

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

f Fysikaktuellt

NR 4 • DEC 2016

Nobelpriset 2016

Läs mer sid 8–13

ISSN 0283-9148

Uddmanska
huset – EPS
Historic Site

Sid 6

Laserdriven
acceleration av
elektroner i plasma

Sid 14

Bokrecension:
"Vårt klot så
ömkligt litet"

Sid 18

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

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

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

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

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

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

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

Omslagsbild: Foto: Emil J. Bergholtz 2016.
Bilden illustrerar topologi.

Layout: Göran Durgé
Tryck: Trydells, Laholm 2016

Utgivningsdatum 2017 för Fysikaktuellt
Nr 1, manusstopp 1 feb. Hos läsaren 6 mars.
Nr 2, manusstopp 15 maj. Hos läsaren 15 juni.
Nr 3, manusstopp 5 sept. Hos läsaren 26 sept.
Nr 4, manusstopp 16 nov. Hos läsaren 15 dec.

Stödjande medlemmar

- ALEGA Skolmateriel AB
www.alega.se
- Gammadata Instrument AB
www.gammadata.net
- Gleerups Utbildning AB
www.gleerups.se
- Laser 2000
www.laser2000.se
- Myfab
www.myfab.se
- Scanditronix Magnet AB
www.scanditronix-magnet.se

Stödjande institutioner

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

Glöm inte att anmäla adressändring till medlemsregistret@fysikersamfundet.se

Innehåll

3	SIGNERAT <i>Leslie Pendrill</i>
4-5	AKTUELLT/NOTISER
6-7	EPS HISTORIC SITE "UDDMANSKA HUSET I KUNGÄLV" <i>Mia Halleröd Palmgren</i>
8-13	NOBELPRISET 2016 "TEORETISKA UPPTÄCKER AV TOPOLOGISKA FAS-ÖVERGÅNGAR OCH MATERIEFASER" <i>Emil J Bergholtz</i>
14-15	AVHANDLINGEN "LASERDRIVEN ACCELERATION AV ELEKTRONER I PLASMA" <i>Martin Hansson</i>
16-17	INTERVJU MARTIN HANSSON <i>Margareta Kesselberg</i>
18	BOKRECENSION "VÅRT KLOT SÅ ÖMKLIGT LITET" AV ULF DANIELSSON <i>Henning Rodhe</i>
19	ANNONS NATUR&KULTUR
20	BOKRECENSION "RELATIVITETEN" AV JEFFEREY BENNETT <i>Curt Nyberg</i>
21	ASTRONOMIBILDER <i>Dan Kiselman</i>
22-23	FYSIKDAGARNA <i>Margareta Kesselberg</i>
24-25	PORTRÄTT SUSANNE TEGLER <i>Margareta Kesselberg</i>
26-27	BILDQUIZ <i>Anne-Sofie Mårtensson m fl.</i>
28-29	VARDAGENS FYSIK "HEJ TOMTEGUBBAR SLÅ I GLASEN..." <i>Max Kesselberg</i>
30	ANNONS WALLENBERGS FYSIKPRIS 2017
31	FYSIKALISKA LEKSAKER "OSYNLIG SPARK" <i>Per-Olof Nilsson</i>
32	ANNONS GAMMADATA

"Fysikavund – släpp det!"

Uppmaningen kommer från R Nelson i on-line artikeln: "Physics envy: Get over it" (R Nelson 2015: "Physics envy: Get over it.", Issues in Science and Technology 31:71 – 78)

Vad är då fysikavund, vem lider av det, och varför? Svaren kan ge oss fysiker en insikt i hur andra, till exempel sociologer eller medicinare, ser på fysiken och på andra vetenskaper och deras roller.

I sökandet efter en ökad stringens i sociala mätningar och beslut, uppmanar Nelson alla att: vara realistiska och erkänna begränsningar när sociala mätningar ska kvantifieras, samt att: undvika att drabbas av "fysikavund", alltså låta bli att betrakta fysik som en urmodell för vad all vetenskap borde kunna vara, om man endast hade haft tillräckligt med tid, resurser och talang.

Vad erbjuder då fysiken som andra discipliner inte kan? Nelson exemplifierar fysikens styrka med teorin för planeters rörelser. Även om planeter tydligt skiljer sig åt på ett stort antal olika sätt så visade Newton att det är möjligt att karaktärisera alla planeters banor med i stort sett samma begrepp, och i termer av endast några få kvantitativa parametrar.

Däremot har alla planeter komplexa ytor, och detaljerna på ytorna varierar kraftigt från planet till planet. Med givetvis en viss grad av förenkling, menar Nelson att, inom andra vetenskaper än fysiken, är det just mångfald eller variabilitet som är essensen av vad som ska studeras.

"Förväntningarna på att all vetenskap kan uppnå fysik-liknande, kvantifierbar objektivitet som kan tillåta oss att med precision optimera vitt skilda politiska områden som cancerbehandling, industriell innovation, grundutbildning och miljöskydd, är en fantasi. Här behöver man istället fokusera på att förbättra våra processer för det demokratiska beslutsfattandet", avslutar Nelson.

Jag håller inte med Nelson i allt. Som ett led i framtagningen av ett gemensamt språk och kompletterande metoder för samarbete mellan sociologer, fysiker och



andra, har vi nyligen föreslagit ett angreppssätt som bör vara tillämpbart på såväl fysikaliska som sociala mätningar.

När kunskaper är begränsade och man inte har fullständig information om ett system, leder detta till osäkerhet och beslutsvanda som exempelvis kan innebära godkännande av en felaktig produkt eller felaktig identifiering av en substans. Grundidén är att, prestandamått, det vill säga hur väl ett mätsystem utför en bedömning – egentligen mätosäkerheten – verkar kunna behandlas med snarlika metoder, vare sig det handlar om enkäter, tentamina och så vidare inom samhällsvetenskap, eller vid bedömning av hur väl ett mätinstrument visar om ett objekt eller en produkt ligger inom eller utanför en specifikationsgräns.

Ämnet debatterades under sommaren 2016 i en simulerad rättegång i Berkeley, där jag, tillsammans med tre andra fysiker, sociologer, psykiatriker och advokater, gav argument för och emot kompatibilitet mellan mätningar inom de fysiska och sociologiska vetenskaperna.

Men hur fysikavunden ska kunna ersättas av något mera konstruktivt förtjänar en fortsatt diskussion!

Leslie Pendrill
LESLIE PENDRILL
STYRELSELEDAMOT I FYSIKERSAMFUNDET
SP, SVERIGES TEKNISKA
FORSKNINGSINSTITUT



"Wallenbergs fysikpris 2016" delades ut under årets fysikdagar

Nätverksanalytikern och professor Albert-László Barabási kände sig hedrad när han fick vara prisutdelare i den nationella fysiktävlingen i Sverige. Föreläsningssalen var välfylld vid prisutdelningen och de 15 pristagarna fick symboliska chokladmedaljer runt halsen utöver de individuella prispengarna. (Läs mer om Wallenbergs fysikpris på samfundets hemsida)

Prisutdelaren Albert-László Barabási föddes i Rumänien, men kom tidigt till

Ungern där han växte upp berättar han för FA. Han berättar att man ansåg honom mycket duktig i matematik, vilket gjorde att han fick gott självförtroende för att fortsätta studera, vilket inte var helt självklart med hans bakgrund.

I Ungern finns en viss tradition med kunskapstävlingar och László ställde för första gången upp i en kunskapstävling när han gick i åk 9. Det blev ingen framstående placering, men när han ställde upp i åk 12 gick det så bra att han fick

medalj i den lokala uttagningen i Ungern.

– Jag blev dock inte uttagen till den internationella olympiaden, berättar han under vår kortintervju efter att han föreläst och varit prisutdelare för "Wallenbergs fysikpris 2016".

– Men mitt självförtroende växte rejält i och med framgången på nationell nivå, berättar László. Jag lärde mig att ta tag i svåra saker direkt.

Nobelföreläsningarna är gratis och öppna för alla

2016 års Nobelföreläsningar i fysik, kemi och ekonomi

Datum: 8 december **Tid:** 09.00-15.15 (kan ej förbokas)

Plats: Aula Magna, Frescati, Stockholms universitet

Språk: engelska

KVAs webb direktsänder föreläsningarna: www.nobelprize.org

Tack Göteborg!

En stort och varmt tack till Fysikcentrum Göteborg för genomförandet av Fysikdagarna 2016. Arrangemanget blev en förebild som det blir utmaning för efterföljarna att nå upp till: Brett och högklassigt program, heltäckande sektionsdeltagande, fler deltagare än på många, många år, välorganiserat med klar och tydlig kommunikation – och dessutom mycket välkomnande och trevligt. Konferensen blev verkligen som utlovat en inspirationskälla som gav nya perspektiv.

För den som missade att vara med – eller vill ta del av några av höjdpunkterna igen – finns flera föredrag inspelade, se länkar på vår hemsida www.fysikersamfundet.se. Här kan du se och lyssna till KVA-prisade fysikläraren Jenny Jansson från Kyrkskolan i Ludvika, nätverksanalytikern Albert-László Barabási och kosmologen Lawrence M. Krauss.

/ Svenska fysikersamfundets styrelse



LTH:s julkalender – öppnar dina kunskapsluckor

Med hjälp av experiment, studiebesök, vardagsföreteelser och en stor portion lundensisk humor gör studenterna Ina, Ingrid och Hans-Christian den mörka decembermånaden något ljusare med en ny lucka i LTH:s julkalender att se fram emot varje morgon.

Årets upplaga kommer att kretsa kring frågor och myter, som till exempel: "Vad händer om jordens magnetfält försvinner?", "Blir man verkligen snäll av pepparkakor?", "Gäller tresekundersregeln?" och "Kan man koka ägg på toppen av Mount Everest?". Ulf Ellervik gästar även i år och förklarar varför man blir olyckligt kär och varje lördag krossar Docent Mauritsson kända och väletablerade matmyter tillsammans med livsmedelsforskaren Malin Sjöö. På

tisdagar visar Linnea Lindh enkla experiment som alla kan göra hemma och på torsdagar introducerar Johanna Hjalte en ny mattekluring.

Nytt för i år är att svårighetsgraden på avsnitten kommer att stiga under veckans gång. Förhoppningen är att skolor på så sätt lättare ska kunna planera sina aktiviteter och utnyttja materialet.

Tanken bakom kalendern, som startades av Alexander Mirholm och Ulf Ellervik 2007 som en kemi-julkalender, är att på ett underhållande sätt öka intresset för teknik och naturvetenskap bland elever i grundskolan och på gymnasiet.

Kalendern hittas via länken: www.lth.se/julkalendern/2016

Studenterna som producerar årets julkalender är: Ina Rehnholm, Ingrid Odlén och Hans-Christian Nilsson.





Uddmanska huset och Lise Meitner har tagit plats på Europas fysikhistoriska karta

Uddmanska huset i Kungälv har utsetts till "EPS Historic site" av The European Physical Society.

Den österrikiska kärnfysikern Lise Meitner var gäst i huset när hon kom fram till hur det är möjligt att klyva en atomkärna. Hon knäckte gåtan med fission under en snöig Kungälvspromenad under julhelgen 1938. Enligt sägnen ska hon ha ritat upp lösningen i snön för systersonen och fysikern Otto Frisch, som också var med på turen. Upptäckten ledde till Nobelpriset i kemi 1944, men det var inte Lise Meitner som fick det, utan hennes kollega Otto Hahn. Själv blev hon historisk ändå och nu får Uddmanska huset på Västra

gatan 9 en plakett som berättar om hennes gärning. Invigningen hölls under Svenska Fysikersamfundets stora konferens Fysikdagarna, som arrangerades av Fysikcentrum i Göteborg. Under lördags-eftermiddagen den 29 oktober gjorde ett sjuttioal konferensdeltagare en gemensam utflykt till Kungälv för att gå i Lise Meitners fotspår. På plats fanns också intresserade Kungälvbor. – Lise Meitner var enastående. Det är väldigt roligt att hon hedras. Otto Hahn tackade ju inte ens henne när han tog emot Nobelpriset, säger Inga Maria Linge, som kom för att se avtäckningen av den nya plaketten i sällskap av väninnan Gunborg Lindahl, snart 100 år. Efter ceremonin fortsatte konferensdeltagarna till stadshuset i Kungälv där det

blev tal, teater och musikunderhållning. – Vi är glada över att Lise Meitners gärning uppmärksammas och att platsen lyfts fram i ett internationellt sammanhang, säger Björn Jonson, professor emeritus i subatomär fysik på Chalmers. Han är en av dem som ligger bakom att Uddmanska huset utsetts till en fysikhistorisk plats. Fram till nu har Sverige bara haft en EPS Historic site: Tycho Brahes observatorium på Ven. I Europa finns i dag ett 30-tal platser som anses ha haft stor betydelse i fysikhistorien.

MIA HALLERÖD PALMGREN
CHALMERS



Foto: Lage Hedin



Intresserade och tillresta deltagare från Fysikdagarna lyssnar och upplever en historisk invigning. Kungälv bjöd på fint höstväder och även nyfikna Kungälvbor som nyfiket tog del av den historiska invigningen.

Foto: Mia Halleröd Palmgren



Ordföranden i Svenska Fysikersamfundet Anne-Sofie Mårtensson invigningstalade och avtäckte plaketten som nu pryder Uddmanska huset i Kungälv. Foto: Lage Hedin

Nobelpriset i Fysik 2016 utdelas "för teoretiska upptäckter av

Priset ges för tidiga teoretiska arbeten som banat väg för det paradigmskifte som just nu revolutionerar materialvetenskapen, och som gäller hur materia och dess olika tillstånd bäst bör förstås och beskrivas. Mer specifikt handlar arbetena om exotiska faser av materia som i huvudsak uppträder vid mycket låga temperaturer, särskilt i system som kan betraktas som en- eller tvådimensionella, såsom atomära kedjor eller tunna elektrongaser.



DAVID J. THOULESS

Född 1934 (82 år) i Bearsden, Storbritannien. Fil.dr 1958 vid Cornell University, Ithaca, NY, USA. Emeritus Professor vid University of Washington, Seattle, WA, USA.



F. DUNCAN M. HALDANE

Född 1951 (65 år) i London, Storbritannien. Fil.dr 1978 vid Cambridge University, Storbritannien. Eugene Higgins Professor of Physics vid Princeton University, NJ, USA.



J. MICHAEL KOSTERLITZ

Född 1942 (73 år) i Aberdeen, Storbritannien. Fil.dr 1969 vid Oxford University, Storbritannien. Harrison E. Farnsworth Professor of Physics vid Brown University, Providence, RI, USA.

topologiska fasövergångar och topologiska materiefaser"

Uöver de faser vi lär oss om i skolan – fast form, flytande form, gas och plasma – uppvisar vissa material ovanliga och genuint kvantmekaniska egenskaper när de kyls ner till temperaturer nära den absoluta nollpunkten, $-273,15$ grader Celsius. Att förstå dessa system i detalj är oerhört svårt. Att lösa Schrödingerekvationen som styr partiklarnas uppförande är ofta besvärligt redan för tre växelverkande partiklar, nära på omöjligt ens approximativt för tio stycken och helt hopplöst för makroskopiska system bestående av 10^{23} partiklar eller mer.

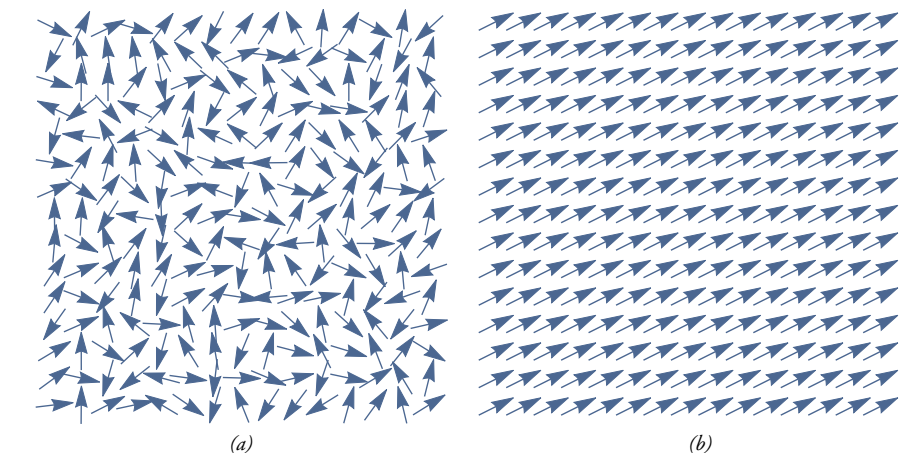
Utmaningen formulerades väl i en berömd artikel med titeln "More Is Different" av Philip W. Anderson (Nobelpris 1977) där han argumenterade för att system bestående av många partiklar kan uppträda kvalitativt annorlunda än sina enskilda beståndsdelar, och därmed att ett reduktionistiskt program i viss mening är dömt att misslyckas. De "kvasipartiklar" som effektivt beskriver de kollektiva egenskaperna hos sådana mångpartikelsystem lyder helt enkelt andra lagar än de "elementarpartiklar" som anses fundamentala inom partikelfysiken. Istället kräver den extrema komplexiteten hos dessa system en annan sorts intuition, och att man utvecklar kvalitativt nya vägledande modeller och principer.

En sådan princip formulerades av Lev Landau (Nobelpris 1962), som visade att de allra flesta faser, och fasövergångar däremellan, kan förstås i termer av symmetrirott och lokala ordningsparametrar. Till exempel karakteriseras övergången

till fast form av att en kontinuerlig translationssymmetri bryts, då den kristallstruktur som uppstår vid fasövergången har en lägre grad av symmetri, nämligen bara en diskret translationssymmetri. Atomerna som utgör kristallen kan fortfarande vara oordnade i den meningen att deras spinn (dvs. deras kvantmekaniska magnetiska moment) är oordnat (se figur 1a). Men om temperaturen sänks ytterligare kan ännu en fasövergång ske, åtföljd av ännu ett symmetrirott: de atomära spinnen formerar sig i ferromagnetiska eller antiferromagnetiska konfigurationer som bryter rotationssymmetrin (se figur 1b). Båda dessa fasövergångar låter sig beskrivas av lokala ordningsparametrar: partikeltätheten respektive den lokala magnetiseringen.

Landaus princip har visat sig oerhört framgångsrik för att förstå såväl klassiska som kvantmekaniska faser och fasövergångar. Numera vet vi dock att alla faser och fasövergångar inte är av detta slag. Detta gäller särskilt system som kan beskrivas av en- eller tvådimensionella modeller – såsom elektroner begränsade till ytan mellan två halvledarmaterial eller i kedjor av växelverkande spinn som kan uppträda inuti starkt anisotropa material. Här visar sig lokala ordningsparametrar vara otillräckliga för att beskriva förloppet under en fasövergång.

Detta leder oss till ämnet topologi och de upptäckter som belönats med årets Nobelpris i fysik. Även om priset innefattar flera delupptäckter, och trots att den bakomliggande matematiken är förhål-



Figur 1: Symmetrirott vid magnetisering. (a) visar ett av många oordnade tillstånd som karakteriserar ett fast tillstånd vid hög temperatur. (b) visar en ferromagnet med en bruten rotationssymmetri och magnetisering som lokal ordningsparameter.

landevis avancerad, går det att kvalitativt förstå de centrala idéerna med hjälp av enkla illustrationer. Populärt, och faktiskt mycket upplysande, har priset förklarats i termer av bakverk – se figur 2! Bakverken illustrerar nämligen två centrala aspekter av vad topologi handlar om:

- (i) Det är **globala egenskaper**, till skillnad från lokala, som topologiskt sett är de relevanta.
- (ii) De globala egenskaperna karaktäriseras av **diskreta värden** (t.ex. antalet hål i bakverken).

I början av 70-talet insåg Kosterlitz och Thouless att topologi, i den första bemärkelsen (i), kan spela en avgörande roll för fasövergångar i tunna skikt. Deras insikt var att vortex, eller virvlar, snarare än lokala defekter är de väsentliga byggstenarna i bland annat vissa tvådimensionella magnetiskt ordnade system (figur 1b). Ett enskilt vortex (figur 3a) är en topologisk defekt och kan tillskrivas en topologisk laddning, säg +1. Värdet på den topologiska laddningen motsvarar helt enkelt det antal varv som det lokala spinnnet vrider sig, då man följer en sluten kurva som innesluter vortexets centrum (markerat rött i figur 3a) ett varv runt. På samma sätt finns antivortex med laddning -1, där spinnnet vrider sig åt motsatt håll när man följer kurvan runt vortexet (figur 3b).

Det visar sig att energin för en sådan



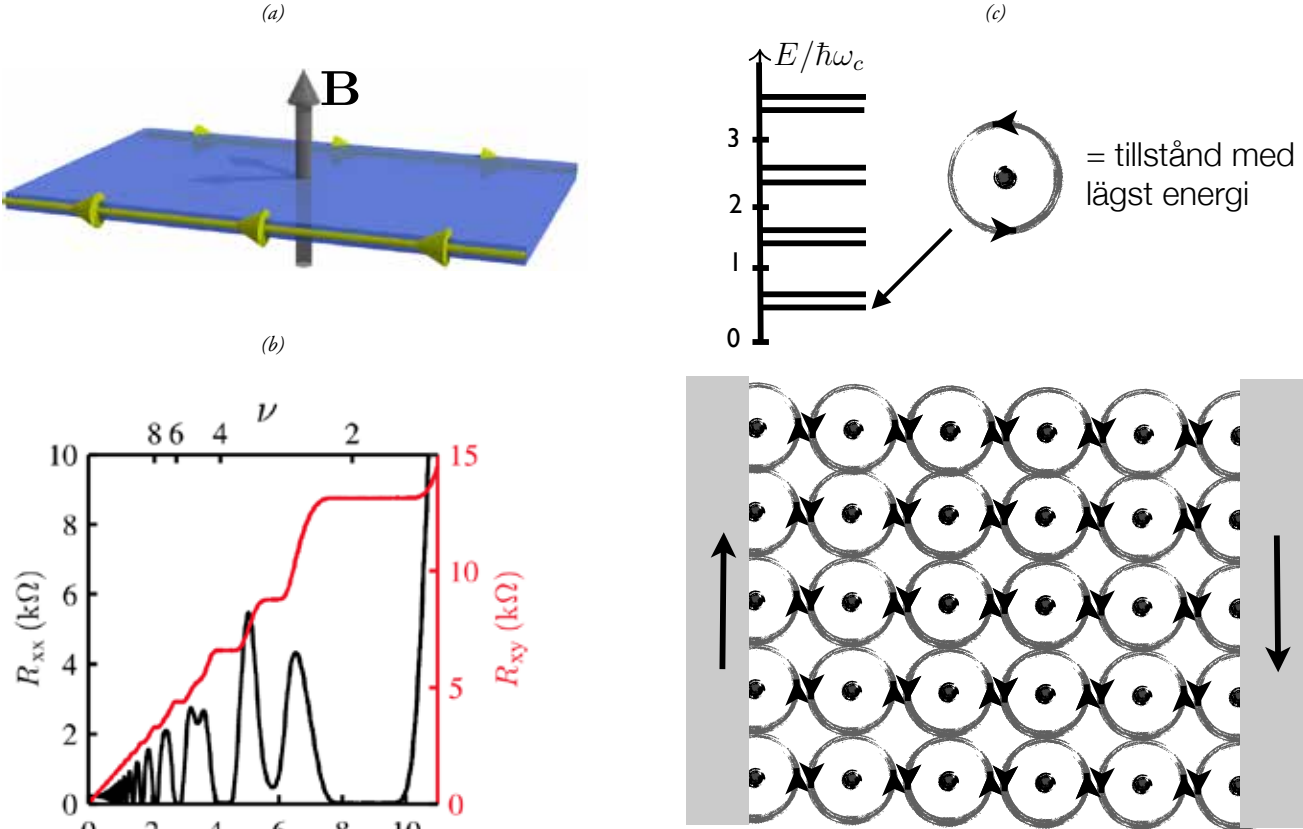
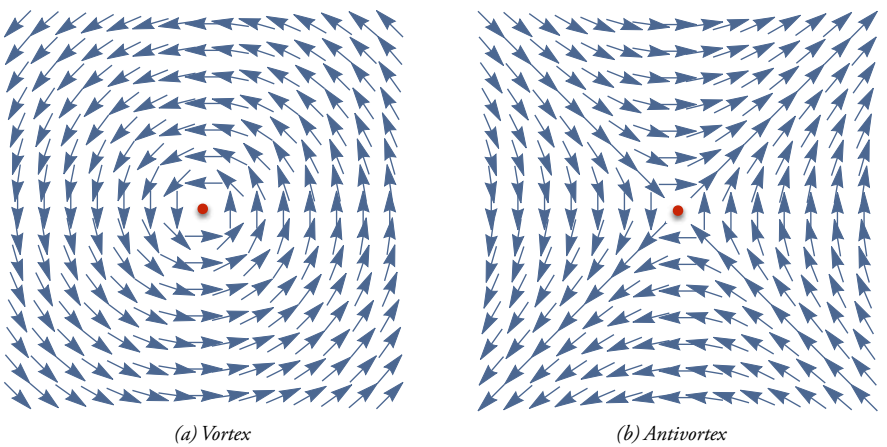
Figur 2: Topologi och bakverk. Topologiskt bryr man sig inte om detaljer, som precis vad bakverket är gjort av. Det viktiga är de heltal som karaktäriserar objekten, såsom antalet hål (deras "genus"). Här är alltså de två munkarna till höger topologiskt ekvivalenta (genus 1), trots att en av dem är doppad i choklad, medan övriga bakverk är topologiskt olika (genus 0 respektive 3).

topologisk defekt divergerar (logaritmiskt) med systemets storlek. Därmed kan de tyckas irrelevanta för makroskopiska system. Men man kan inse att om de väl skapas är de stabila: för att komma tillbaka till grundtillståndet från ett tillstånd med ett vortex krävs en makroskopisk och därmed "dyr" omarrangering av många enskilda spinn. Detta är i kontrast

till lokala spinn-excitationer; ett enskilt spinn som är ur fas med sina grannar kan enkelt rätas in i leden.

Ett vortex-antivortex-par är topologiskt trivalt, dvs. det har total laddning 0, men det kostar ändå en viss mängd energi då de befinner sig på ett ändligt avstånd från varandra. Men om de kolliderar tar

Figur 3: Topologiska excitationer i en ferromagnet. (a) visar ett vortex med topologisk laddning +1, medan (b) visar ett antivortex med motsatt laddning, -1. Den topologiska laddningen bestäms av hur spinnnet roterar längs en sluten kurva som omsluter excitationens centrum, markerat med en röd punkt.



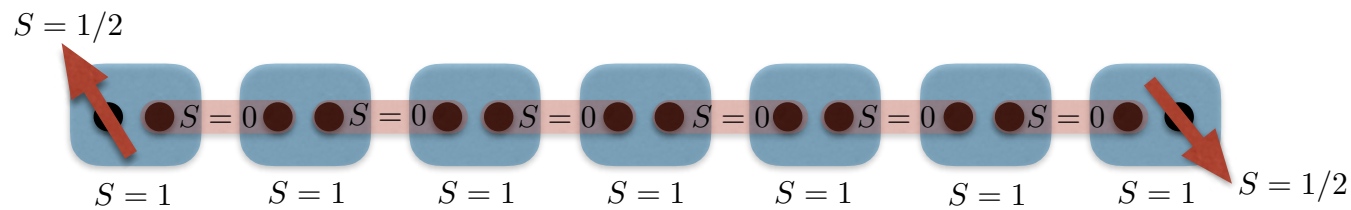
Figur 4: Kvanthalleffekten. (a) föreställer experimentet: en tvådimensionell elektron gas (blå) i ett starkt magnetfält ger upphov till kanttillstånd där ström kan ledas enbart i en riktning (gula pilar). (b) visar resultaten av en resistansmätning som funktion av magnetfältet, dvs. som funktion av

antalet fyllda Landau-nivåer (figur från Suddards et al, New Journal of Physics 14 (2012) 083015). (c) visar hur en fyllt Landau-nivå är en isolator, förutom på kanterna där den leder ström enbart i en riktning genom att elektronerna där kan hoppa mellan närliggande, brutna, vortex.

de faktiskt ut varandra och kostar således ingen energi. Vid låga temperaturer går det att beskriva systemet som en gas av vortex-antivortex-par som är bundna till varandra genom en effektiv Coulombattraktion. Vid högre temperaturer spelar entropin, dvs. (logaritmen av) antalet möjliga mikrotillstånd, en allt större roll. Vid en kritisk temperatur sker det av denna anledning en fasövergång till en fas där vortex-antivortex-paren har brutits upp (i viss likhet med ett plasma där elektronerna frigörs från atomkärnorna). Vad som är speciellt med denna fasövergång, och som var helt oväntat när den upptäcktes, var att den inte är associerad med en bruten symmetri. Delar av dessa insikter framfördes av Berezinskii, men då han

avled 1980 var han inte aktuell som pristagare. Däremot kallas denna nya typ av fasövergångar ofta Berezinskii-Kosterlitz-Thouless (BKT) övergångar. Fasövergångar av BKT-typ är inte bara intressanta i sig själva, utan den detaljerade teorin, till stor del utarbetad av Kosterlitz, förklarar experiment i en mängd olika system såsom tunna skikt av supraflytande Helium-4 (som flyter utan resistans) och supraledare (som leder ström utan resistans). Den andra aspekten av topologi (ii) tar sig spektakulärt uttryck i kvanthalleffekten (Nobelpreis 1985 och 1998), ett fenomen som uppstår i tvådimensionella elektron-gaser som befinner sig i starka magnetfält.

Figur 4 visar en skiss av experimentet (a), resultatet (b), samt en förenklad semiklassisk förklaring av fenomenet (c). Låt oss börja med förklaringen. I ett starkt magnetfält formerar sig elektronerna i så kallade Landau-nivåer. Var och en av dessa nivåer har ett antal tillstånd som är proportionellt mot magnetfältets styrka. Man kan tänka på varje enskilt tillstånd som ett litet vortex som upptar en viss bestämd yta: på en ockuperad yta får bara tillstånd i andra Landau-nivåer plats. Energiskillnaden mellan närliggande Landau-nivåer är även den proportionell mot styrkan på magnetfältet, och om detta är tillräckligt starkt fyller elektronerna enbart upp de lägsta tillgängliga tillstånden.



Figur 5: Fraktionalisering i en spinn-1 kedja, där fria spinn-1/2 kvasipartiklar bildas på kanterna.

I figur 4c har vi en situation där alla tillstånd i den lägsta Landau-nivån är fyllda. Här kan ingen ström ledas genom systemet; det är en isolator då alla elektroner bara utför lokala cirkulära rörelser dikterade av formen på de fyllda tillstånden eller vortexen (vars riktning bestäms av magnetfältet). Däremot kan ström ledas utmed systemets kanter. Här kan inte den cirkulära rörelsen fullföljas och elektronerna får istället hoppa mellan närliggande brutna cirklar – systemet leder alltså ström men bara i en riktning! Det finns precis ett tillstånd som bär ström vilket innebär att konduktiviteten (ledningsförmågan) blir e^2/h . Om N Landau-nivåer är fyllda blir konduktiviteten i stället Ne^2/h . Vad som är verkligt spektakulärt är att det bildas plåtar precis motsvarande dessa värden med en oerhörd precision (figur 4b visar resistansen, dvs. $1/\text{konduktiviteten}$ i två dimensioner, som funktion av magnetfältet).

1982 visade Thouless, i samarbete med Kohmoto, Nightingale och den Nijs (TKNN) att ledningsförmågan kan uttryckas som en topologisk invariant – ett heltal gånger e^2/h , där heltalet har ett ursprung relaterat till den topologiska laddningen hos de vortex vi diskuterade ovan. Detta förklarade inte bara de observerade mätvärdena vid plåtarna, utan, långt viktigare, även den otroliga precisionen i resistansmätningarna. Varken mängden orenheter eller växelverkan mellan elektronerna kan ändra på värdet hos den topologiska invarianten så länge de är måttliga, precis som att en liten tugga typiskt inte ändrar antalet hål i bakverken i figur 2 – för det krävs att man tar en rejäl tugga. Senare arbeten identifierade

TKNN-invarianten som ett Chern-tal introducerat på 1940-talet av matematikern Chern.

1988 visade Haldane, genom att studera en enkel "leksaksmodell", att ett magnetfält faktiskt inte behövs för att åstadkomma en kvantiserad Halleffekt. Principen var alltså djupare och inte specifik för Landau-nivåer i starka fält. Det centrala är istället att tidsinversionssymmetrin är bruten, dvs. att fysiken inte ser likadan ut om den spelas baklänges – ett magnetfält är bara ett av många alternativ för att åstadkomma detta.

Haldanes banbrytande arbete var nästan helt ignorerat fram till den experimentella upptäckten av grafen – atomtunna skikt av grafit – 2004 (Nobelpris 2010) och Kanes och Meles efterföljande teoretiska förslag att grafen är en ny typ av "topologisk isolator" vars robusta kanttillstånd, i kontrast till de i kvanthalleffekten, är avhängig tidsinversionssymmetri. Kanes och Meles modell utgör helt enkelt två kopior av Haldanes modell, men där tiden går baklänges i en av kopiorna. Vad som var slående med detta arbete var att de identifierade en ny typ av topologisk invariant som gör kanttillstånden stabila – men bara så länge systemet har tidsinversionssymmetri. Om symmetrin däremot är bruten kan man deformera systemet till en "trivial" isolator utan kanttillstånd, utan att passera en fasövergång.

Det visade sig dock att grafen inte är en topologisk isolator, eftersom spinnbankopplingen – en avgörande ingrediens i Kanes och Meles modell – helt enkelt är för svag. Däremot realiserades den

typen av topologisk isolator i tunna skikt av kvicksilvertellurid (HgTe). Idag finns ett helt periodiskt system som klassificerar topologiska isolatorer och supraledare i olika dimensioner och symmetriklasser. Många av dem har redan realiserats experimentellt. Även Haldanes Chern-isolatorer har nyligen förverkligats, i magnetiserade skikt av material som i tre dimensioner är topologiska isolatorer (2013) samt i experiment med kalla atomer (2014).

Denna utveckling är speciellt märkligt med tanke på att det inte var länge sedan den allmänna uppfattningen – saluförd av prominenta forskare som Kohn (Nobelpris i Kemi 1998) med artiklar som "Theory of the Insulating State" – var att alla isolatorer i princip är ekvivalenta och möjliga att deformera till varandra utan att passera en fasövergång. I skenet av den nya kunskapen borde faktiskt de flesta böcker om materialvetenskap och fasta tillståndets fysik skrivas om – och det gäller särskilt de kapitel som forskare världen över trodde sig förstå bäst!

Haldane prisas även för en annan fundamental upptäckt. I början av 1980-talet undersökte han kedjor av växelverkande spinn och fann en kvalitativ skillnad mellan spinnkedjor bestående av hel- och halvtaliga spinn (i multiplar av $\hbar$). Heltaliga spinnkedjor förutsades ha ett energigap till excitationer medan halvtaliga spinn generiskt gav upphov till kedjor med gaplösa excitationer. Även denna upptäckt var mycket oväntad, men har senare bekräftats i en rad experiment och genom fördjupade teoretiska insikter.

Matematiskt hade Haldanes analys, baserad på en effektiv fältteori, slående likheter med Kosterlitz och Thouless analys av vortex i två dimensioner. Fysikaliskt har spinnkedjorna med energigap (alltså de bestående av heltaliga spinn) stora likheter med de topologiska isolatorerna: båda systemen har gaplösa excitationer endast på kanterna och dessa är stabila givet tillämpliga symmetrier.

En upplysningsmodell av en spinn-1 kedja med dessa egenskaper formulerades av Affleck, Lieb, Kennedy och Tasaki och illustreras i figur 5. Här kan man tänka sig varje spinn-1 (blå rektangel) som uppbyggt av två spinn-1/2 (svarta punkter). Var och en av dessa spinn-1/2 bildar i sin tur singlettillstånd (spin-0, skuggat rött) tillsammans med varsin spinn-1/2 tillhörande närmaste spinn-1 grannen. På varje kant blir då ett fritt, "oparat", spinn-1/2 över. Detta är ett slående exempel på fraktionalisering; av en kedja enbart bestående av spinn-1 partiklar har vi plötsligt kvasipartiklar med spinn-1/2, dvs. något som är "mindre" än de grundläggande byggstenarna!

Ett annat viktigt exempel på fraktionalisering är den fraktionella kvanthalleffekten (Nobelpris 1998), där stark växelverkan mellan elektronerna i en delvis fylld Landau-nivå ger upphov till nya plåtar i ledningsförmågan. Dessa kan förstås med hjälp av så kallade "anyoner", kvasipartiklar som bär t.ex. en tredjedel av elektronladdningen.

Haldanes spinnkedjor leder oss in på dagens forskningsfront. Medan det senaste decenniet har dominerats av topologiska isolatorer och supraledare, riktas nu allt mer uppmärksamhet mot växelverkande topologiska faser. I en dimension är dessa väl förstådda, men i högre dimensioner känner vi ännu bara till enstaka exempel, såsom de fraktionella kvanthalltillstånden och spinnvätskor som uppträder i "frustrerade" magneter, där spinnen är arrangerade i gitter vars struktur inte medger enkla ordnade konfigurationer.

En annan forskningsfront gäller topologiska metaller och så kallade semi-metaller som saknar ett energigap men ändå

besitter exotiska topologiska egenskaper. Gemensamt för dessa studier är att de kopplar samman idéer och begrepp från vitt skilda delar av fysiken. Kvasipartiklar i form av Dirac-, Weyl-, och Majorana-fermioner har de senaste åren observerats i form av kvasipartiklar, medan endast Dirac-fermioner tycks existera i partikelfysiken där dessa begrepp ursprungligen utvecklades. På samma sätt spelar axionfält och anomalier en viktig roll i topologiska material, trots att begreppen från början hör hemma inom högenergifysik. I topologiska material ger avsaknaden av Lorentz-symmetri samt förekomsten av orenheter, defekter, och (gräns)ytor en extra krydda åt dessa fenomen.

Det finns flera viktiga och mer allmänna lärdomar att dra från årets pris. Teoretisk fysik är, och bör inte heller vara, begränsat till att återskapa kurvor som med allt högre precision stämmer överens med mätdata. I stället påvisar priset vikten av den nyfikenhetsdrivna teoretiska fysiken, av att studera enkla men kvalitativt anorlunda leksaksmodeller och att titta i riktningar dit ingen tidigare sett. Det understryker även vikten av det man brukar kalla serendipitet. Som Haldane själv har uttryckt saken: man upptäcker inget fundamentalt nytt bara för att man har ett forskningsanslag med det syftet; man finner inte det oväntade på beställning. Istället bör man, enligt Haldane, se sig om i okända riktningar. De riktigt avgörande nya insikterna förutsätter inte bara tur och skicklighet, utan även tillräcklig uppmärksamhet för att faktiskt lägga märke till det oväntade som kommer i ens väg.

Trots att årets pris ligger bakom en så pass omfattande revolution inom flera områden tog det tid innan arbetena fick uppmärksamhet. Samtliga av de prisbelönta artiklarna citerades faktiskt bara en handfull gånger under de första åren, medan de nu har citerats flera tusen gånger var. Även vad gäller möjliga användningsområden är tidsskalorna långa. Dock visar historien att väsentligen alla grundläggande upptäckter inom fysiken förr eller senare leder till betydande teknologiska framsteg, och topologisk kvantmateria kommer knappast att utgöra ett

undantag. Med dagens explosiva utveckling inom materialvetenskap och närliggande områden, såsom optiska gitter med kalla atomer, när det gäller att manipulera och designa kvantmekaniska system, är utsikterna sannerligen goda. Topologiska kvantdatorer, med topologiska egenskaper som robusta informationsbärare, är en kittlande dröm med oerhörd potential även om de teknologiska utmaningarna ännu är monumentala. På vägen dit kanske vi får ta del av effektiva kvantminnen, högpresisionskretsar immuna mot defekter och komponenter med låg energiförbrukning och värmegenerering baserade på "topotronik".

EMIL J. BERGHOLTZ
FYSIKUM,
STOCKHOLMS UNIVERSITET

Referenser:

www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2016/popular-physicsprize2016-sv.pdf

J M Kosterlitz and D J Thouless. Ordering, metastability and phase transitions in two-dimensional systems. *Journal of Physics C: Solid State Physics*, 6(7):1181, 1973

J M Kosterlitz. The critical properties of the two-dimensional xy model. *Journal of Physics C: Solid State Physics*, 7(6):1046, 1974.

D. J. Thouless, Mahito Kohmoto, MP Nightingale, and M Den Nijs. Quantized hall conductance in a two-dimensional periodic potential. *Physical Review Letters*, 49(6):405, 1982.

F.D.M. Haldane. Model for a Quantum Hall Effect without Landau Levels: Condensed-Matter Realization of the "Parity Anomaly". *Physical Review Letters*, 61(18):2015, 1988.

F.D.M. Haldane. Continuum dynamics of the 1-D Heisenberg antiferromagnet: Identification with the O(3) nonlinear sigma model. *Physics Letters A*, 93(9):464, 1983.

F.D.M. Haldane. Nonlinear Field Theory of Large-Spin Heisenberg Antiferromagnets: Semiclassically Quantized Solitons of the One-Dimensional Easy-Axis Néel State. *Physical Review Letters*, 50(15):1153, 1983.

Laserdriven acceleration av elektroner i plasma

Partikelacceleratorer används för att skapa strålar av elektriskt laddade partiklar med hög rörelseenergi och har under lång tid varit väl använda inom de experimentella vetenskaperna, sjukvården och industrin. Inom sjukvården används strålar av accelererade elektroner till exempel för att skapa röntgenstrålning som kan användas för att avbilda olika kroppsdelar. Strålar av accelererade elektroner, och i sällsynta fall även protoner, används också direkt för strålbehandling av cancertumörer. Mindre känt är kanske att det uppskattas finnas omkring 35 000 partikelacceleratorer med olika tillämpningar inom såväl forskning och medicin som inom industrin. Exempelvis används partikelacceleratorer för jonimplantering i halvledare som ingår som komponenter i den moderna vardagens elektronik.

Till de mer kända anläggningarna inom experimentell vetenskap hör CERN, med den stora cirkulära acceleratoren Large Hadron Collider (LHC) som har en omkrets på 27 kilometer, avsedd för experiment inom högennergifysik. Cirkulära acceleratorer av elektroner används för generering av intensiv röntgenstrålning vid så kallade synkrotronljusanläggningar, såsom det nyligen invigda MAX IV-laboratoriet i Lund. Som en vidareutveckling står hoppet till frielektronlasrar som också använder sig av accelererade elektroner. Dessa anläggningar är ofta mycket stora och dyra vilket, som vi ska se, beror på en grundläggande begränsning hos konventionella partikelacceleratorer.

I sin enklaste form kan en partikelaccelerator skapas genom att lägga en elektrisk spänning mellan två metalliska poler, så att det uppstår ett accelererande elektriskt fält mellan polerna. Laddade partiklar som placeras i detta fält kommer då att röra sig mot en av polerna och sam-

tidigt öka sin rörelseenergi. Acceleratortekniken har under åren utvecklats och de acceleratorer som byggs idag är förstås betydligt mer avancerade än så, men de bygger fortfarande på elektriska fält begränsade av metalliska strukturer. De metalliska strukturerna leder till en fundamental begränsning i hur starkt det accelererande elektriska fältet kan vara. När fältet blir för starkt splittras nämligen atomerna på de metalliska ytor, och delas upp i positivt laddade joner och negativt laddade elektroner. Dessa laddade partiklar accelereras av de elektriska fälten och skapar gnistor, vilket inte bara begränsar styrkan på det elektriska fälten utan även kan skada utrustningen.

Den vanligaste metoden, som används i samtliga moderna acceleratorer, för att minska detta problem går ut på att applicera de elektriska fälten med hög frekvens, så kallad radiofrekvens, vilket gör atomerna mindre benägna att splitt-

ras. Trots detta är den maximala elektriska fältstyrkan begränsad till storleksordningen 100 miljoner volt per meter. Detta kan verka mycket i jämförelse med de elektriska fält man påträffar i vardagen, men för att nå de energier som krävs i dagens moderna acceleratoranläggningar måste partiklarna ändå accelereras över sträckor på flera hundra meter.

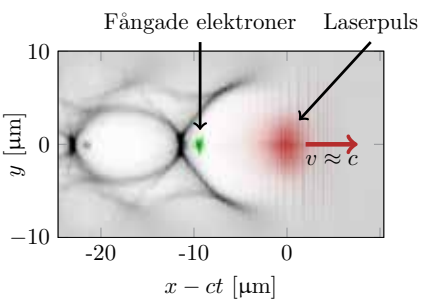
I mitt avhandlingsarbete har jag studerat en alternativ metod för acceleration av elektroner, där accelerationen sker i ett plasma istället för i en metallisk struktur. Ett plasma kan beskrivas som en blandning av positivt laddade joner och negativt laddade fria elektroner. Beståndsdelarna i ett plasma kan inte vidare splittras av de elektriska fälten, och betydligt högre accelererande fält kan därmed bibehållas. De accelererande fälten som skapas i de experiment som presenteras i min avhandling är ungefär 1000 gånger starkare än de fält som kan hanteras vid konventionella acceleratoranläggningar, och accelerationssträckan kan därför i princip minskas med motsvarande faktor.

Metoden för att accelerera elektroner till höga energier kallas på engelska laser wakefield acceleration. Som namnet antyder går det ut på att utnyttja de starka fält som skapas i kölvågen bakom en laserpuls. Laserpulsens som används är fokuserad till en diameter av några tiotals mikrometer och pulsen har en varaktighet på cirka 40 femtosekunder (en femtosekund motsvarar 0,000 000 000 000 001 sekunder). Laserpulsens kan ses som en projektil med en energi i storleksordningen 1 joule. Den färdas i experimenten genom ett tunt plasma, skapat genom jonisering av en gas, exempelvis vätgas. Under sin färd trycker laserpulsens undan plasmats elektroner, likt en plog. Bakom laserpulsens återstår endast de positivt laddade jonerna som verkar attraherande på elektro-

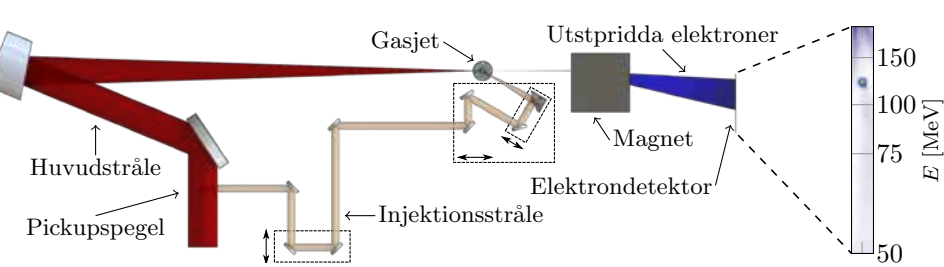
nerna omkring, vilka därmed börjar röra sig tillbaka till sin ursprungsposition. Det bildas på så vis en plasmavåg i form av en bubbla, tömd på elektroner, som följer laserpulsens i dess framfart med en hastighet mycket nära ljusets hastighet i vakuum (se figur 1).

Merparten av de experiment som beskrivs i min avhandling går ut på att på ett kontrollerat sätt placera ett litet antal elektroner inne i bubblan bakom laserpulsens. Då dessa elektroner placeras i den bakre delen av bubblan kommer de att utsättas för en kraft riktad mot centrum av bubblan på grund av den positiva laddningen. Dessa elektroner kommer snabbt upp i hastigheter nära ljusets, men eftersom bubblan hela tiden rör sig framåt med en nästan lika hög hastighet kan denna kraft verka på elektronerna över flera millimeter trots att bubblan själv endast är omkring 10 mikrometer lång. Detta kallas att elektronerna injiceras och fångas i acceleratoren, och på så vis kan en stor mängd energi överföras från laserpulsens, via plasmats, till rörelseenergi hos elektronerna.

Det finns en mängd olika metoder för kontrollerad injektion av elektroner i en plasmaaccelerator och flera av dessa har studerats i de experiment som beskrivs i avhandlingen. Ett sätt att göra detta går



Figur 1. Illustration av laserpulsens framfart genom ett plasma. Plasmaelektronerna (gråskala) trycks undan av laserpulsens (röd) vilket skapar en plasmavåg i form av en bubbla som följer laserpulsens. En liten mängd negativt laddade partiklar (grön) har placerats och fångats av de elektriska fälten i denna våg och utsätts för en stark kraft mot centrum av bubblan, på grund av den skapade laddningsfördelningen. Elektronerna accelereras på så vis i riktning mot laserpulsens.



Figur 2. Experimentuppställning för kontrollerad injektion av elektroner genom kollision av två korta fokuserade laserpulser. Huvudpulsens (röd), som bär på en energi på ungefär 500 mJ och driver en plasmavåg med ett starkt elektriskt fält, kolliderar med en injektionspuls, som bär på en energi av ungefär 50 mJ. Under kollisionen hettas plasmaelektronerna upp och några av dessa fångas av plasmavågen och accelereras till relativistiska hastigheter i den 2 mm långa gascellen. De genererade elektronstrålarna detekteras efter att ha blivit utspridda med hjälp av ett magnetiskt fält, vilket möjliggör bestämning av elektronernas energi. Den högra panelen visar en typisk elektronstråle med liten energispridning.

ut på att modulera plasmats densitet, så att laserpulsens först går genom ett tätare plasma för att sedan nå ett tunnare. I denna övergång ändrar bubblan sin form och växer. Elektroner som befinner sig precis vid bubblans bakkant faller då in i den växande bubblan och påbörjar sin acceleration framåt mot högre rörelseenergi.

I andra experiment fångas elektroner genom att en liten mängd gas av ett atomslag med högre atomnummer blandas in i den annars rena vätgasen. Elektronerna i de inre skalerna är fortfarande bundna till atomkärnan då partikeln nås av laserpulsens topp (dvs. där pulsens fältstyrka är som störst). Styrkan på laserpulsens topp är dock så hög att även dessa elektroner frigörs. Eftersom framkanten av laserpulsens redan trängt undan en stor mängd elektroner och på så vis skapat ett utrymme tomt från elektroner vid laserpulsens topp, kommer de elektroner som frisläpps där lättare kunna fångas i bubblan.

En tekniskt krävande metod (se figur 2) som leder till elektronstrålar med hög kvalitet är att låta laserpulsens som

driver plasmaacceleratorn kollidera med en aningen svagare laserpuls. När dessa möts i plasmats, skapas under en mycket kort stund en stående elektromagnetisk våg, i vilken plasmaelektronerna hettas upp. När de två pulserna sedan passerar varandra upphör den stående vågen, och de upphettade elektronerna befinner sig då i de starka fälten från bubblan. Vissa av dessa upphettade elektroner har då tillräcklig hastighet för att direkt fångas i denna bubbla och fortsätter då att accelereras till höga energier. Att kvaliteten på dessa elektronstrålar blir hög beror delvis på att positionen där injektionen sker blir mycket väl kontrollerad och begränsad, och de injicerade elektronerna når därför samma slutenergi.

Metoden att använda laserdrivna plasmavågor för att accelerera elektroner verkar lovande för framtida acceleratoranläggningar och andra tillämpningar på grund av dess förmåga att accelerera partiklarna till höga energier över en kort sträcka. Metoden medför dock även en mängd svårigheter och problem som måste lösas innan detta kan bli verklighet. En av svårigheterna som måste bemästras är de stora skott-till-skott variationer som de flesta experiment påvisar. Man behöver även uppnå en bättre styrbarhet över parametrarna hos de resulterande elektronstrålarna. Experimenten som jag utfört i min forskning bidrar till utvecklingen av dessa acceleratorer, eftersom båda dessa svårigheter till stor del kan avhjälpas genom kontrollerad injektion av elektronerna. Förhoppningen är därför att en eller flera av de beskrivna metoderna kan användas för en framtida robust och stabil laser-plasmaaccelerator för elektroner.

MARTIN HANSSON
LUNDS UNIVERSITET



Martin har gjort en annorlunda resa efter gymnasiet

Martin ger intryck av en myskille som trivs ihop med familjen och att klura ut lösningar på tekniska utmaningar och problem. Han gillar när det handlar om helhetsgrepp och att få vara med och sätta alla pusselbitarna på plats.

Från början var Martin Hansson osäker på vad han ville ägna sig åt i framtiden. Det skulle bli något naturvetenskapligt eller tekniskt det visste han, men inte riktigt vad. Efter gymnasiet gjorde han ett studieuppehåll och började att jobba som programmerare. Något som Martin inte ångrar. Det gav tid till att fundera över framtiden.

Martin blev kvar som programmerare under tre år innan han bestämde sig för att ta upp studierna igen och valde då civilingenjörsutbildningen med inriktning mot elektroteknik vid Lunds Tekniska Högskola.

Det är en ganska avslappad nybliven doktor i atomfysik som FA intervjuar över Skype. Han verkar nöjd med tillvaron, trots att han inte har tid med annat utanför jobbet än att vara småbarnsförälder just nu.

Har du haft någon nytta av att göra ett studieuppehåll som du ser det?

– Ja, definitivt, svarar Martin. Jag fick en bild av verkligheten och vad som krävdes där ute innan jag började mina högskolestudier.

– Det var mycket lättare för mig att förstå varför en kurs var viktig. Många av de som gick till högskolan direkt efter gymnasiet klarade inte det, konstaterar han.

– Jag var väl motiverad att studera när jag började, berättar Martin. Dessutom blev det grundläggande fysikprogrammet mer och mer intressant, även om elektroteknik fortfarande var intressant tillägger han.

Hur ser framtiden ut just nu?

– Jag ser mig inte som en forskarkariärst, svarar Martin. Jag och min fru har funderat mycket på framtiden under sommaren som gått.

Martin funderar och reflekterar. – Jag brinner verkligen för tillämpad problemlösning i labbmiljö. Det är inte helt lätt att greppa en framtid, men tillämpad teknik kommer det definitivt att vara i någon form. Dessutom tycker jag det är roligt att undervisa.

Jag blir nog kvar i Lund. Familjen är rotad här och vi har ju både MAX IV-laboratoriet och ESS i framtiden. Det kommer säkert att finnas forskningsingen-

jörstjänster som kan vara intressanta med min bakgrund.

– Det är riktigt kul att undervisa på grundnivå, när man får pedagogiska utmaningar, tillägger Martin under vårt samtal.

Familjen betyder mycket för Martin, det märks under vårt samtal på olika sätt. Martin är född och uppvuxen i Lund och kontakten med föräldrarna och hans två bröder är fortfarande viktig. Martin bor idag med hustru och en liten dotter på två år, i egen villa i Södra Sandby, strax utanför Lund. Han trivs bra i Skåne och vill gärna stanna.

Vilka egenskaper som du har är till nytta i problemlösningssituationer känner du?

– Jag är bra på logiskt tänkande, konstaterar han. Det hjälper mig i mitt praktiska arbete och med problemlösningar. Det fungerar med analys och åtgärder och man kommer framåt.

– Jag är ganska envis, ger inte upp så lätt, säger folk som känner mig och det stämmer nog medger Martin.

Martin berättar att han gärna vill hålla i hela problemet för att lösningen skall bli optimal, men kreativa stunder eller inspirerande kafferaster har han inget emot. Han tycker att det är mycket intressant och stimulerande med bollande om fysikproblemen vid en tekniklösning.

Martin medger att han jobbar nog bäst på egen hand. Men det beror ju på hur stor projektet är såklart.

Finns det personer i din omgivning som påverkat ditt yrkesval?

– Nej, jag har inte haft någon direkt avgörande person för mina val att välja fysikutbildning som jag uppfattar det, funderar Martin. Jag hade en bra fysiklärare på gymnasiet och min pappa är tekniker och företagare så kanske har jag blivit påverkad indirekt.

– Min pappa har drivit eget företag sedan 80-talet, om än i liten skala, och med företaget i källaren under större delen av min uppväxt, berättar Martin.

– Detta har givetvis påverkat mig och lett mig in på det tekniska spåret. Jag har



Martin Hansson

- Född: 1986 i Lund.
- Bor i villa i Södra Sandby strax utanför Lund.
- Familj: Hustru Sophia och dotter Aina (2 år). Föräldrar och två bröder i Lund.

Utbildning:

- Gymnasieskolan Spyken i Lund, Naturvetenskapligt program (2004)
- Civilingenjör i elektroteknik, LTH (2011)
- Teknologie doktorsexamen i fysik, LTH (2016)
- Nuvarande arbete: Fortsatt tjänst på avdelningen för atomfysik.
- Framtidsplaner: Fortsatt arbete med teknik i nära kontakt med forskning.
- Fritidsintressen: Trädgårdsarbete och renovering av huset, samt teknik i alla dess former...

sedan tidiga år hjälpt till i företaget och deltagit i produktion och tillverkning med bland annat egen kretskortstillverkning och CNC-styrd fräsbearbetning.

– Men det avgörande är nog att det under första året på elektroteknikprogrammet ingick en ganska allmän och bred kurs i fysik. Kurs och föreläsaren bidrog mycket till att jag justerade kursinnehållet till mer fysik framöver, avslutar Martin.

MARGARETA KESSELBERG
FYSIKAKTUELLT

Med jorden i kosmiskt perspektiv

Detta är något så ovanligt som ett försök till en sammanhängande beskrivning av planeten Jorden – dess tillkomst, utveckling och plats i universum –, av livets utveckling och av mänsklighetens predikament under den nuvarande tidsperioden (antropocen). Därtill är den skriven av en framstående fysiker som samtidigt är en utmärkt stilist. Boken kan sägas följa i spåren av nobelpristagaren Svante Arrhenius bok "Världarnas utveckling" från 1906.

Ulf Danielssons (UD) bok börjar och slutar med frågan om människans påverkan på klimatet och denna fråga löper som en underliggande röd tråd genom hela boken. En nyfikenhet på vad som styr klimatets växlingar och en djup oro för vad den ökande växthuseffekten ska få för konsekvenser har uppenbarligen varit författarens drivkraft. Han har velat använda sina naturvetenskapliga kunskaper till att först skaffa sig en egen förståelse för klimatsystemet och sedan förmedla denna kunskap på ett begripligt sätt till en bredare allmänhet. Men boken handlar inte bara, eller ens i huvudsak, om klimatfrågan i dagens perspektiv. Anslaget är bredast tänkbara i både tid och rum, från universums tillkomst (Big Bang) till vårt solsystems undergång om flera miljarder år.

I ett inledande kapitel skildras Jordens plats i planetsystemet och i universum. Satellitfotot upptill visar vår unika, levande, blåa (haven) och vita (molnen) planet. Den solbelysta baksidan av den livlösa månen passerar samtidigt jordski-

van. Vi får lära oss om kosmiska hot mot oss orsakade av solutbrott, supernovor och gammastrålningsexplosioner; mycket osannolika händelser men med potentiellt katastrofala konsekvenser. Till skillnad mot den ökande växthuseffekten ligger dessa hot dock helt utanför vårt inflytande.

I följande kapitel flyttas fokus till Jorden. UD tar med oss på en fascinerande historisk resa som skildrar hur människans uppfattning om Jorden, dess hav, kontinenter och atmosfär utvecklats genom århundradena. Här får vi läsa om hur portugiser och spanjorer under 1400- och 1500-talen med hjälp av sin kunskap om segling och vindar utvidgade den för europeerna kända delen av Jordens yta. Ett exempel är Ferdinand Magellans

Vårt klot så ömkligt litet
Inbunden
Språk: Svenska
Antal sidor: 309
Utg.datum: 2016-09-16
Förlag: Fri Tanke Förlag
Dimensioner: 227 x 155 x 20 mm
Vikt: 735 g
ISBN: 9789187935572



Bild: NASA

djärva segling runt Sydamerikas sydspets år 1520. Ett senare exempel är Fritjof Nansens våghalsiga försök år 1893 att nå Nordpolen genom att låta sitt skepp Fram infruset i isen driva med havsströmmen mot polen. UD visar hela tiden på ett pedagogiskt sätt hur vindarnas och havsströmmarnas utseende kan förklaras med hjälp av grundläggande fysikaliska lagar. Varför rör sig luften kring ett lågtryck på norra halvklotet motsols och på södra halvklotet medsols? Orsaken är den



inte helt lättförklarade corioliskraften som uppkommer genom jordens rotation. Ett historiskt perspektiv på hur vår kunskap om klimatsystemet utökats finns också med i detta avsnitt.

En tyngdpunkt i boken är kapitlen där UD reder ut begreppen kring växthuseffekten. Varför är vissa gaser – CO₂, H₂O, CH₄ – växthusgaser medan andra gaser som förekommer i mycket högre koncentration – N₂, O₂ – inte är det? Varför leder ökande halter av växthusgaser till att det blir varmare vid jordytan men kallare på högre höjd (stratosfären)? Vem var den förste som förstod att det måste finnas en naturlig växthuseffekt för att förklara den relativt höga temperaturen på jorden? Vem var den förste som gjorde en realistisk uppskattning av vad en fördubbling av luftens halt av koldioxid innebär? Svaren på dessa och många andra frågor finns i boken.

Ett detaljerat avsnitt behandlar jordens fysik – kontinenternas rörelser, erosion, vulkanism etc. – och hur vi har lärt oss om klimatets och livets utveckling under årmiljoner genom att studera de spår som avsatts i glaciärisar, sediment och berggrund.

I de avslutande kapitlen diskuterar UD hur vi människor idag, genom förbränning av fossila bränslen och avskogning, bidrar till att höja halten av koldioxid i atmosfären. Man får sannolikt gå tiotals miljoner år bakåt i tiden för att hitta så höga värden. För att stoppa ökningen av halten av CO₂ i atmosfären och därmed ha en chans att undvika mer än 2 graders temperaturökning, måste utsläppen inom bara några få årtionden praktiskt taget helt upphöra. Hur snabbt en framtida uppvärmning kommer att fortskrida är visserligen osäkert men att en fortsatt ökning kommer är, som Barack Obama uttryckt det, utom rimligt tvivel.

Ulf Danielsson avslutar sin utmärkta – viktiga! – bok med att uttrycka en "akut oro" för mänsklighetens framtid.

HENNING RODHE
PROF. EM. I METEOROLOGI,
BOLINCENTRET FÖR KLIMATFORSKNING
STOCKHOLMS UNIVERSITET

Heureka!

Skapa förutsättningar för ett aktivt lärande med Heurekas interaktiva böcker.

Heureka Fysik 1 Interaktiv bok

45 filmade genomgångar
13 interaktiva simuleringar
16 förkunskapstest
16 kapiteltest

Heureka Fysik 2 Interaktiv bok

46 filmade genomgångar
55 interaktiva simuleringar
15 förkunskapstest
15 kapiteltest

Prova direkt på nok.se/provainteraktiv

Allt material nås via den interaktiva boken



Teori- och demonstrationsgenomgångar



Interaktiva simuleringar



Heureka! Fysik 1 och 2 Basåret

Vi har lyssnat på önskemål från lärare som undervisar elever på naturvetenskapligt och tekniskt basår. Resultatet är ett läromedel med material från Heureka! Fysik 1 och 2 och fördjupande innehåll från Heureka! Fysik 3 och tidigare upplagor.

NYHET

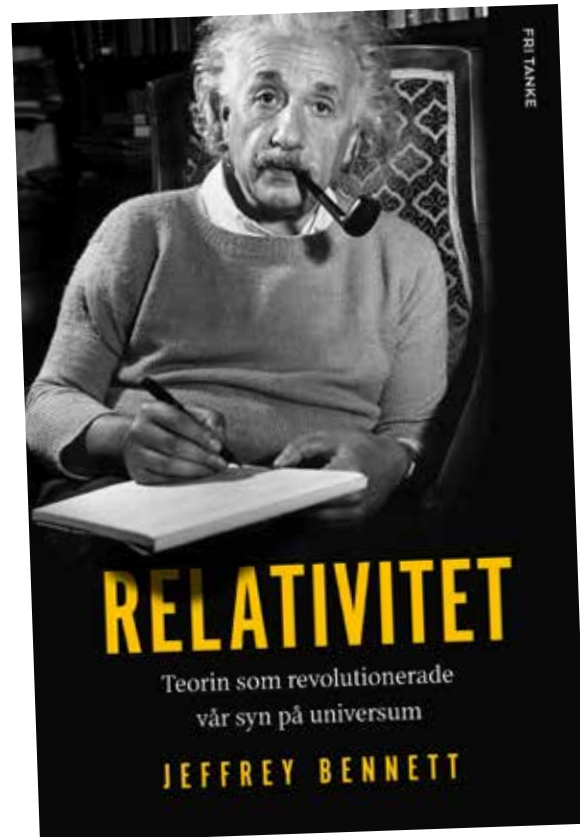
Relativiteten förklarad

Förra året var det 100 år sedan Einstein publicerade sin allmänna relativitetsteori. I samband med jubileet utgavs flera böcker som beskriver Einsteins relativitetsteori. En av dessa är Relativitet av Jeffrey Bennett. Boken har som mål att helt utan matematik ge läsaren en inblick i Einsteins båda relativitetsteorier, den speciella och den allmänna.

Författaren utgår från en resa till ett svart hål. Vi uppmärksammas på de fenomen som då observeras, t.ex. tidsdilatation vid höga hastigheter och starka gravitationsfält. Förklaringarna kommer senare och ges då med hjälp av olika tankeexperiment, där läsaren sitter i ett rymdskepp och en annan person i ett likadant rymdskepp. Under resan får vi också inblick i vad svarta hål är, hur de bildas och hur de kan observeras.

Förklaringarna till de konstiga observationerna börjar med att den speciella relativitetsteorins grundpostulat sätts upp. I tankeexperiment, där de två rymdskeppen rör sig i förhållande till varandra, eller där en sprinter försöker springa ikapp ljuset, förklarar författaren tidsdilatation, längdkontraktion och samtidighetens relativitet. Det står nu klart att tid och rum inte kan behandlas separat utan måste vävas samman i rumtiden, ett fyrdimensionellt rum. En resa i rumtiden beskrivs med en världslinje. Rumtidsverkligheten är densamma för alla men uppfattningen av rummet och tiden separerade från varandra skiljer sig mellan observatörer som rör sig relativt varandra.

För att förklara observationerna som gjordes i det svarta hålets starka gravitationsfält vänder sig författaren till den allmänna relativitetsteorin. Återigen hjälper



Relativitet
Teorin som förändrade
vår syn på universum
av Jeffrey Bennett
Översättare: Pär Svensson
ISBN: 9789187513725
Utgivning: 2015
Pris: 261 SEK

oss ett tankeexperiment, där läsaren nu låter sitt rymdskepp accelerera, att förstå hur Einstein kom fram till sin "lyckligaste ingivelse". Denna ingivelse utmynnade i ekvivalensprincipen, dvs. att gravitationseffekter och accelerationseffekter är ekvivalenta. Detta leder till att Einstein förklarar gravitationen på ett helt nytt sätt. Författaren använder rumtidsdiagram för att förklara varför gravitationen är en manifestation av att rumtiden är krökt.

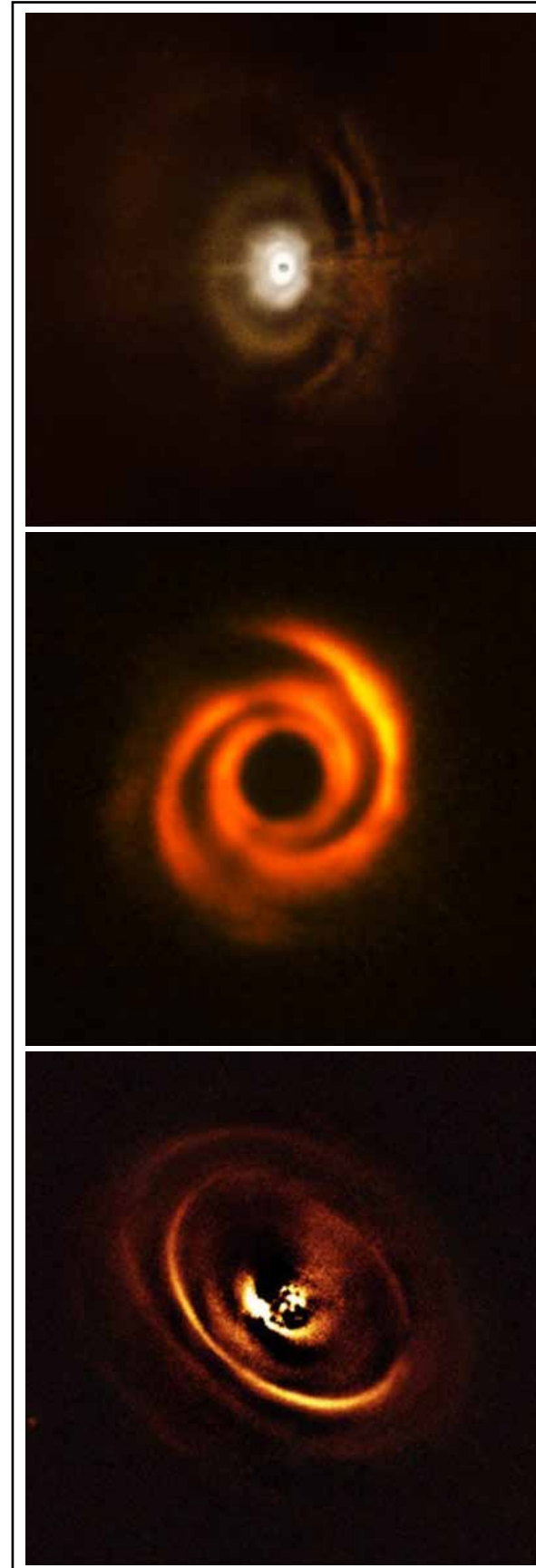
Boken avslutas med en diskussion om relativitetsteorins konsekvenser, speciellt universums expansion. I slutet finns också noter som ger förtydliganden till delar av texten.

Boken är lättläst och inspirerande. Den kan rekommenderas både för ny-

börjare och för den som söker ytterligare insikt i teorin.

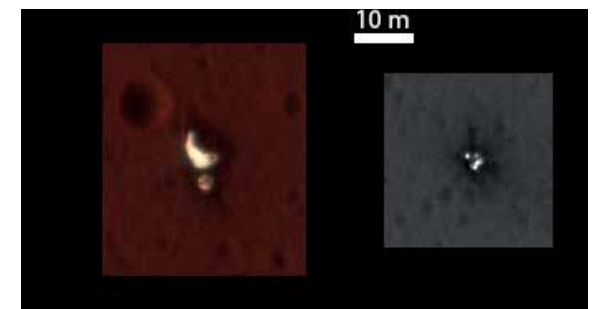
Tyvärr finns en del förvirrande korrekturmissar, t.ex. när tidsdilatationen beräknas. Dessutom skrivs inte tvåan upphöjd när kvadraten på ett tal skall beräknas, hastigheten uppges vara "g" på ett ställe i boken och på ett annat ställe påstås det att "alla kroppar faller med samma acceleration på jorden (oavsett luftmotstånd)".

CURT NYBERG
GÖTEBORGS UNIVERSITET



Den europeiska rymdflygstyrelsen ESA försökte mjuklanda på planeten Mars den 19 oktober. Landaren Schiaparelli lösgjorde dessvärre sin fallskärm för tidigt och bromsraketerna stängde därtill av efter bara några sekunder. Resultatet kunde senare fotograferas av marskretsaren Mars Reconnaissance Orbiter. Förutom kratern efter själva landaren har man även funnit fallskärmen (nederst till höger) och värmeskölden (nederst till vänster). Tekniken i Schiaparelli är även tänkt att användas för en kommande europeisk marsbil...

Projektets kretsare, Trace Gas Orbiter, kom emellertid lyckligen in i sin bana och kommer bland annat att leta efter metan i Mars' atmosfär. Metan är intressant för att det skulle kunna ha biologiskt ursprung.



Europeiska sydobservatoriet, ESO, Very Large Telescope har ett nytt instrument som kallas SPHERE. Detta använder adaptiv optik för att parera jordatmosfärens störningar och sinnrika optiska anordningar för att skymma bort ljuset från en stjärna så att dess omgivningar kan studeras. Bilderna visar tre olika system där en nybildad stjärna omges av en gas- och stoft-skiva där planeter kan komma att bildas.

Objekten och deras avstånd är: HD97048 (500 ljusår), RX J1615 (600 ljusår), HD135344B (450 ljusår).

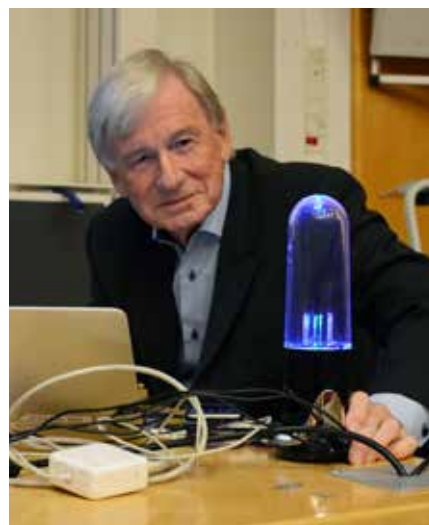
För det senare har man redan hunnit se förändringar i skivan vilket visar att man kommer att kunna följa dess dynamik och utveckling.



Glada och nöjda arrangörer under fredagkvällens middag på Chalmers. Från vänster: Mia Halleröd, Peter Apell, Josefin Hellberg, Anne-Sofie Mårtensson, Ola Löfgren och Anna Wallin.



"Jag är på rymmen från sjukhuset och måste vara åter innan rondan", började P-O Nilsson sitt föredrag något skämtsamt. En fallolycka hade gjort honom tillfälligt rullstolsburen.



Fysikdagarna

Fysikcentrum i Göteborg,
27–29 oktober 2016

Peter Apell, vår värd för årets fysikdagar, lyckades tillsammans med sitt team bjuda på ett utmärkt arrangemang. Fysikdagarna 2016 innehöll intressanta och kreativa programpunkter i ett högt tempo.

Göteborg planerade för 200 deltagare, men det kom nästan 400. "Nya perspektiv i fysik" var ett genomgående

tema, men det fanns nya perspektiv även på genomförandet. Den höga ambitionsnivån har höjt ribban för framtida Fysikdagar

Nätverksanalytikern Albert-Laszlo Barabási, en av huvudtalarna, höll ett mycket intressant föredrag om nätverkssystem. Astrofysikern Lawrence M. Krauss föredrag om gravitationsvågor lockade till funderingar. FA hoppas åter-

komma i vår med artiklar som tar upp de båda huvudtalarnas forskning. "Årets fysiklärare 2016, Jenny Jansson, berättade om sina undervisningsprojekt, vilket FA hoppas följa upp i en artikel under våren.

Chalmersveteranen P-O Nilsson gjorde ett mycket uppskattat framträdande om "Kreativitet – mänsklighetens viktigaste resurs".

P-O Nilsson är som sedan många år



Jenny Jansson från Ludvika, i våras utsedd till "Årets fysiklärare 2016" av KVA och en av talarna under Fysikdagarna.

Foto: Mia Halleröd Palmgren



"Fråga Lund-kändisen" Gabriella Stenberg-Wieser kom från Kiruna och Institutet för Rymdfysik, och berättade om Rosetta och Philae.



Astrofysikern Lawrence M. Krauss berättade om hur gravitationsvågorna ger oss möjlighet att förstå universums utveckling. FA hoppas återkomma under våren 2017 med en uppföljande artikel.



Albert-Laszlo Barabasi en av huvudtalarna vid Fysikdagarna tillsammans med samfundets ordförande Anne-Sofie Mårtensson.

Foto: Margareta Kesselberg



Ovan: En av många utställare med det senaste inom utrustning och läromedel. Till höger: Fysikdagarnas projektledare Peter Apell på väg till den väntande middagen i Chalmers kårrestaurang.

en uppskattad skribent och publicerar i varje Fysikaktuellt "Fysikaliska leksaker".

Kärnfysiksektionen hade besök av Agnes Angerud som berättade om hur man botar cancer med avancerad strålterapi. Sektionen Fysik och samhälle hade bjudit in Jessica Nymark från VOLVO som berättade om en dag på jobbet för en fysiker.

Under andra dagen kunde man bland

annat pröva tillverkning av grafen, lyssna på seglingens fysik, testa kreativa labbar, satsa på frågesport med temat konst och fysik eller besöka utställare och testa nya läromedel eller instrument.

På lördagen, den tredje dagen, fanns ett stort utbud av studiebesök att anmäla sig till. Du kunde välja på att närvara vid "EPS Historic Site" invigningen i Kungälv (Läs mer sid 5) eller besöka Borås och

Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) eller Navet Science Center. För deltagare som var kvar på Chalmers fanns det möjlighet att få en visning av renrummet eller besöka elektronmikroskopilabbet.

Stort tack för fantastiskt välorganiserade och trevliga dagar!

MARGARETA KESSELBERG
FYSIKAKTUELLT

Tillbaka till framtiden

Hon lämnade näringslivet för att mitt i livet återvända till skolan som gymnasielärare i fysik och matematik.

Susanne Tegler har gjort en ovanlig resa genom att lämna näringslivet för skolan. Övergången blev lite av en kulturkrock, berättar hon. Men möjligheten att påverka och inspirera unga människor väger tungt och gör verkligen lärarjobbet så speciellt och positivt. Susanne känner stor respekt för alla lärare som med förhållandevis låga löner gör ett fantastiskt jobb.

Susanne är teknisk fysiker och lärare i matematik och fysik. Hon undervisar idag på gymnasieskolan Spyken i Lund. Tidigare har hon arbetat inom telekomsektorn i sexton år.

Arbetet i skolan ger ofta långa veckor, periodvis 50-60 timmar, berättar Susanne. I näringslivet fick man kompensations på något sätt, konstaterar Susanne. Hon hoppas i framtiden få se läraryrket som ett attraktivt alternativ till att bli ingenjör i näringslivet.

När började du arbeta som lärare?

– Jag gick lärarutbildningen åren 2009-2010, berättar Susanne. Det behövs fler lärare i fysik, tillägger hon.

Susanne tycker om att träffa ungdomar och att undervisa. Redan under studietiden på teknisk fysik i Lund arbetade hon med undervisning, men hon ville pröva på att arbeta i näringslivet och med lockande erbjudanden därifrån lämnade hon akademien, trots att en doktorandtjänst väntade inom atomfysik i Lund.

Vad är det som lockar med skolan?

Susanne är nyfiken på att utveckla metoderna inom fysikundervisningen. Hon talar om att skapa mer utmanande uppgifter för eleverna och stimulera deras kreativitet, något som Susanne verkligen tror på. De många tillrättalagda uppgifterna idag ger träning men är troligen inte tillräckligt för att skapa framtidens ingenjörer och fysiker.

Sverige behöver nya duktiga naturvetare som gör att vi kan utveckla ny teknik för ett mer hållbart samhälle, konstaterar hon.

Susanne Tegler, 49 år

Född och uppvuxen i Karlshamn, Blekinge
 Familj: Gift med Johan och har barnen Emma 21 år, Erik 19 år och Elin 17 år.

Utbildning: Gymnasieskolan i Karlshamn
 Civilingenjör, Teknisk Fysik i Lund, 1986-91
 Lärarutbildning, 2009-2010

Intressen: akvarellmålning, litteratur, djur, natur, problemlösning

Tidigare arbeten:

Laborationshandledare, övningsledare, LTH 1987-1992

Handelsbolag, 1990-1992

Telia Research, 1993-2001

Teleca, 2001-2007

Sony Ericsson, 2007-2009

Polhemskolan, 2011

Nuvarande arbete:

Gymnasieskolan Spyken, 2011-

– Vi måste ta vara på de som redan är väldigt duktiga. Susanne berättar också att på hemsidan ”Teglers fysik och matematik” (sökbar och öppen på nätet) har hon kategoriserat många av problemen från olika kunskapstävlingar så att man kan använda dem på lämpliga ställen i fysikkurserna.

Vilka personliga egenskaper känner du är viktiga som lärare och fysiker?

– Nyfikenheten att utvecklas, lusten att lära är en viktig drivkraft, säger Susanne. Jag vill veta hur saker fungerar helt enkelt och hur vi kan lösa nya komplexa uppgifter framöver.

– Jag gillar tillämpningar inom fysiken, fortsätter Susanne. De väcker min nyfikenhet. Dessutom måste du som lärare vara strukturerad och organiserad.

Susanne ger intrycket av att vara en allmänt nyfiken person. Hon har läst extra kurser i alltifrån ryska till astronomi, visar det sig under vårt samtal över Skype. Bokhyllan i bakgrunden fylld av både fysik- och annan litteratur från golv till tak antyder att så är fallet.

Vad tycker du om kursbetygen på gymnasiet?

– Jag tycker att ämnesbetyg i slutet av tredje året är att föredra framför kursrelaterade betyg, säger Susanne. Det skapar stress hos en del elever att kanske redan terminen efter åk 9 få ett slutbetyg i ett



Foto: Emma Tegler

het. Tekniken med datorkomponenter, var relativt utvecklad vid den här tiden. Det gällde främst minnen och hårddiskar som vi importerade i liten skala och installerade.

Du har själv tre barn, där mellanbarnet Erik varit en av fem svenska deltagare vid årets internationella fysikolympiad i Schweiz.

– Ja, Erik har alltid varit intresserad av fysik och då har vi kunnat utmana varandra, berättar Susanne men tillägger att alla barn har sina egna intressen och talanger som de måste få utveckla på sitt eget sätt och i sin egen takt.

Berätta lite om din bakgrund?

– Jag är född och uppvuxen i Karlshamn, Blekinge, säger Susanne. Jag var en flitig besökare på biblioteket genom hela min uppväxt alltsedan jag som liten regelbundet fick låna hem kassar med böcker.

– Under en stor del av min uppväxt arbetade jag extra på en bondgård med fodring, höskörd och även med att mjölka kor, berättar hon. Naturen var en stor del av min barndom.

Vad har du för intressen?

– Jag låter helt enkelt saker som jag tycker är meningsfulla få uppta mycket av min tid, säger Susanne. Såsom min familj och under terminstid mina elever. På sommaren hinner jag läsa mycket böcker inom såväl skönlitteratur som facklitteratur.

Hur ser du livet om tio år?

– Jag kan tänka mig att börja doktorella, men just nu trivs jag väldigt bra där jag är, avslutar Susanne.

FA önskar Susanne lycka till med det viktiga arbete hon brinner för.

MARGARETA KESSELBERG
 FYSIKAKTUELLT

gymnasieämne som sedan följer med dig och finns i det sammanfattade slutbetyget.

– Eleverna borde få en chans att utvecklas i sina ämnen under längre tid.

Vad är viktigast just nu i skolvardagen?

– Jag vill hjälpa eleverna att få en helhetsbild av komplexa problem, känner hon.

Susanne håller sig uppdaterad över generationsgränserna genom sina gymna-

sieelever och egna barn: Emma, som läser till veterinär i Uppsala, Erik som läser teknisk fysik i Lund och Elin som är 17 år och fortfarande går på gymnasiet.

Du har varit entreprenör och haft ett handelsbolag, redan under studietiden i Lund.

Susanne berättar leende för FA.

– Jag och min man Johan, som också läste på LTH, importerade datorkomponenter. Vi hade firman i vår studentlägen-



- A**
- 1 Fasövergång i IR-uppheatat tenn avbildad med svepelektronmikroskopi.
 - X Strandlinje och Al-Idrisibergen på Pluto fotograferade från NASA:s rymdsond New Horizons.
 - 2 Sarkoidos och skadade lungalveoler under behandling med fotodynamisk terapi.



- B**
- 1 Fotomultiplikatorer för vinkelupplöst detektion av leptoner, instrumentet använt av Martin Perl då tauonen upptäcktes.
 - X Germaniumdetektorer av anrikat ^{76}Ge för detektion av neutrinolöst dubbelt betasönderfall, Gran Sasso-laboratoriet i Italien.
 - 2 Jonfälla i David Winelands laboratorium i Boulder, möjliggör mätning och styrning av enstaka kvantsystem.



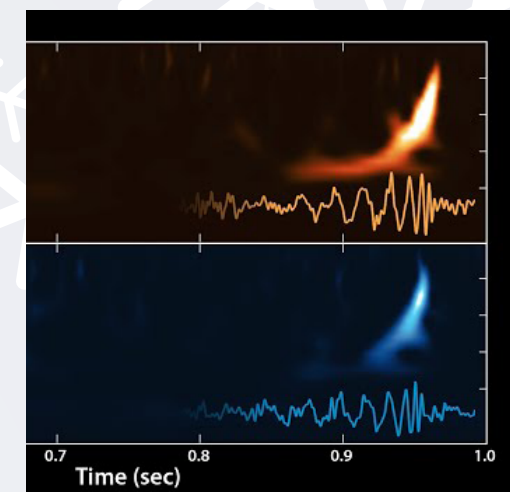
- C**
- 1 Solcellspark med mobila enheter, försöksanläggning avsedd för våtmarksområden.
 - X Seismografstation med djup- och vinkelupplösning specialdesignad för att kunna detektera kärnvapensprängningar under jord.
 - 2 Delar av ett jättelikt radioteleskop för frekvensintervallet 10 till 250 MHz, ska användas för att studera signaler från universums barndom.



Fysikaktuelltts redaktion bjuder som vanligt läsekretsen på ett quiz med fysikanknytning i årets sista nummer. Precis som förra året gäller det att lista ut vad åtta bilder föreställer. Skicka din lösning senast den 15 januari till fysikaktuellt@fysikersamfundet.se. Vi lottar ut Ulf Danielssons nya bok, **Vårt klot så ömkligt litet**, bland dem som tippat rätt. I nästa nummer av Fysikaktuellt publiceras den rätta lösningen.



- D**
- 1 Signal från två svarta hål som smälter samman mer än en miljard ljusår från oss, uppmätt i Hanford respektive Livingston.
 - X Ljudpuls från fladdermus (Dvärgpipistrell), mikrofon framför respektive bakom fladdermusen.
 - 2 Test av fiberkabel: Insignal (orange) respektive utsignal (blå).

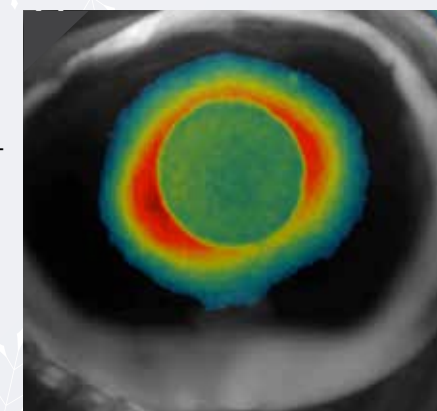


- E**
- 1 Apparat vid säkerhetskontroll på flygplatser; man behöver inte längre ta av skorna.
 - X Mobil utrustning för C-14 datering av fossil i fält.
 - 2 Laserscanner som mäter fotens form så att man slipper prova skor innan man köper dem.

- F**
- 1 Flaskan innehåller en ferrofluid som skapar fina mönster när man håller en magnet i närheten.
 - X I flaskan finns de två första exemplaren av insulinproducerande blodiglar.
 - 2 Flaskinnehållet består av ultrahögrent kol för grafenproduktion.



G



- H**
- 1 Förmodligen Tycho Brahes anfader Mogens Brahe. Utsmyckningen är en av få hela stenar som finns kvar av Brahes Stjärneborg, och återfinns nu på Landskrona Rådhus.
 - X Giordano Bruno, men porträttet som skänktes till Vatikanen av Romuniversitetets studenter år 1924 visas inte offentligt.
 - 2 Vet inte, men huvudet finns på fasaden på Origohuset på Chalmers fastän det saknas på arkitektritningarna av huset.





Hej tomtegubbar slå i glaset...

Att slå i ett glas... kan man också göra med en sked, som när man ska hålla tal. Tönen svarar mot glasets resonansfrekvens. Slaget orsakar en inbuktning, vilken fortplantar sig som transversella vågor som rör sig åt olika håll och bildar en stående våg. Vibrationerna överförs till den omgivande luften, vilket skapar en ljudvåg med glasets resonansfrekvens. Enklast går det med glas på fot och med tunt gods.

Glasets form och materialets tjocklek påverkar tonen. Många menar att kristallglas har en vackrare klang än vanliga glas. I försöken att få en mer lättsmält glasmassa testade man på 1600–1700-talen att blanda i blyoxid och fick på köpet ett glas med högre klarhet, som påminde om bergkristall. Det kan vara en förklaring till benämningen kristallglas. Den är dock missvisande eftersom glas är amorft och saknar kristallstruktur.

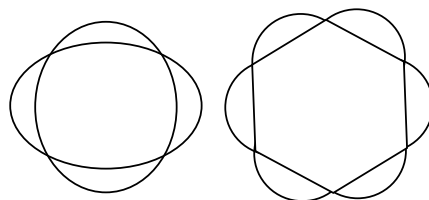
Hur låter ett glas?

Frekvensen för ett cylinderformat glas beror ganska lite på höjden, och då den transversella vågens utbredningsfart är proportionell mot $\sqrt{f}$ blir frekvensen omvänt proportionell mot radien i kvadrat. För om tiden för vågen att röra sig ett varv runt glaset tas som vågens period blir $\frac{1}{f} = \frac{2\pi r}{\text{konst} \sqrt{f}}$ och därmed för $f \propto r^{-2}$

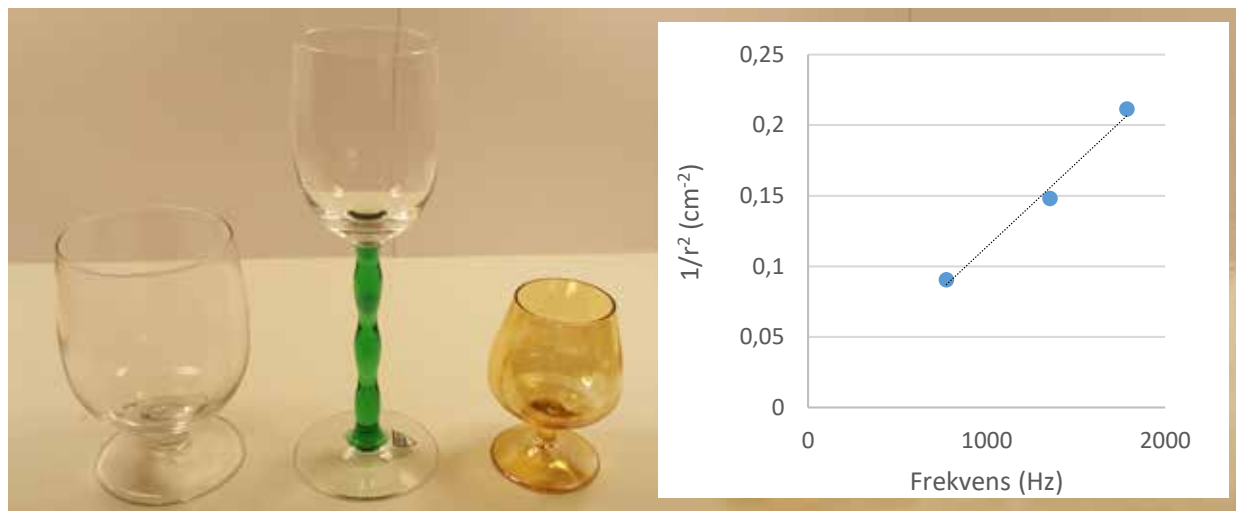
Med hjälp av gratisprogrammet Audacity mätte jag frekvensen för tre glas hemmavid, och det stämde ganska bra (figur 1).

Samma ton kan man också få genom att med lätt tryck dra med ett fuktat finger längs överkanten på glaset. Det gäller att trycka lagom hårt, men farten när man drar har föga betydelse. Skillnaden i friktion när fingret ömsom fastnar ömsom glider kommer att orsaka vibrationer i

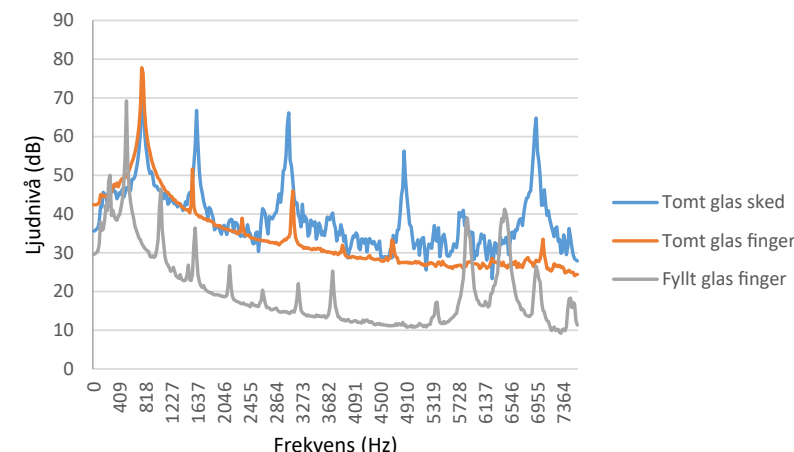
sidorna av glaset. Man får grundmoden och den har två meridiala nodlinjer (m) men ingen longitudinell (n). Den betecknas (m,n) = (2,0) i figur 2. Med skeden kan även högre moder som (3,0) exciteras (figur 3), vilket förändrar klangfärgen. När jag jämförde en träsked med en metallsked fick jag samma frekvenser, men topparna var olika höga.



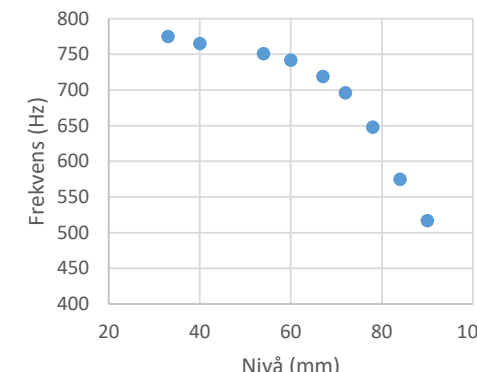
Figur 2: Glaset sett uppifrån med grundmoden (2,0) och nästa mod (3,0). Tänker man sig att nodlinjerna passerar botten (sydpolen) finns 2 respektive 3 meridiala nodlinjer.



Figur 1: Tre glas med diametrarna 6,7 cm, 5,2 cm och 4,3 cm har frekvenserna 775 Hz, 1356 Hz och 1787 Hz. (Det gröna höga glaset ingår i nobelservisen. Passar ju bra i detta nummer.)



Figur 3: Spektrum från vänstra glaset i figur 1 i tre olika fall.



Figur 4: Frekvensen varierar med mängden vatten. Nivån är mätt från bordet.

Häll vatten i glaset

Prova med vatten i glaset. Då sjunker tonhöjden, vilket framgår av den undre kurvan i figur 3. Detta beror på att vattenvolymen inuti glaset gör det mycket tyngre och gör det svårare för glasväggarna att vibrera. Ljudvågen som alstras av vibrationerna blir långsammare och får en lägre frekvens.

Frekvensen sjunker nästan linjärt med vattennivån, när glaset är fyllt till drygt 60 procent. Ju närmare vattenytan är övre kanten desto mer beror frekvensen på mängden vatten. Frekvensen beror också på vätskans densitet, och alkohol bör ge högre frekvenser än vatten, dvs. ligga över kurvan i figur 4.

Om du drar med fingret längs överkanten på ett nästan fyllt glas kan du se små vågor och krusningar på vattenytan intill glaset. Tittar du extra noga ser du att vågorna följer med fingret.

Ljuv musik

Ibland syns gatumusikanter traktera en glasharpa. Den består av ett stort antal glas av olika storlekar, fyllda med olika mängder vatten. Musikanten drar flyhänt fingrarna på glasens överkanter. Ta fram åtta glas och stäm dem till en enkel durskala med hjälp av olika vattenmängder. Förmodligen krävs något eller några glas med större diametrar för att kunna halvera frekvensen från ett litet tomt glas. Överraska sedan omgivningen genom

att spela "Hej Tomtegubbar". Benjamin Franklin satte 1762 ett antal glas på en horisontell stång som vevades. Den kallades glasharmonika, för vilken kända namn som Mozart och Gluck har skrivit musik.

Spräck glaset med rösten

Energiöverföring fungerar bäst när sändare och mottagare har samma frekvens. Vid exempelvis radio- eller TV-mottagning måste man ställa in mottagarens frekvens så den överensstämmer med sändarens. Har man två likadana glas kan vibrationer från det ena glaset få det andra vibrera om du placerar dem mycket nära varandra. Då kan du få ett sugrör som i figur 6 att flytta sig, när du drar med fingret på det andra glaset.

Om man kan sjunga den frekvens (f_0) som svarar mot (2,0)-moden, dvs. resonansfrekvensen, tillräckligt starkt kan glaset spräckas. En fördel är om Q-värdet ($f_0/\Delta f$) är högt, dvs. att resonansen är skarp (Δf är liten) och glaset därmed kan absorbera mycket av den infallande energin. Detta visas på: http://www.metacafe.com/watch/3779902/how_to_shatter_glass_with_your_voice/.

MAX KESSELBERG
FYSIKUM
STOCKHOLMS UNIVERSITET



Figur 5: En glasharmonika.



Figur 6: Två likadana glas som står nära varandra och på det ena ligger ett avklippt sugrör.



WALLENBERGS FYSIKPRIS 2017

KVALIFICERINGSTÄVLING

26 januari på din skola

Tävlingen sker individuellt, men priser delas också ut till bästa skollag. Varje skolas tre bästa deltagare utgör skolans lag.

Anmäl dig till din fysiklärare!

Läs mer på www.fysikersamfundet.se/wallenbergs-fysikpris

FINALTÄVLING

De 12–15 bästa i kvalificeringstävlingen får komma till en finaltävling under våren 2017.

Som en del av finaltävlingen deltar finalisterna i Tallinn Open Physics Olympiad i Tallinn, Estland 3–5 maj 2017 (preliminärt).

Läs mer på www.fysikersamfundet.se/wallenbergs-fysikpris

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

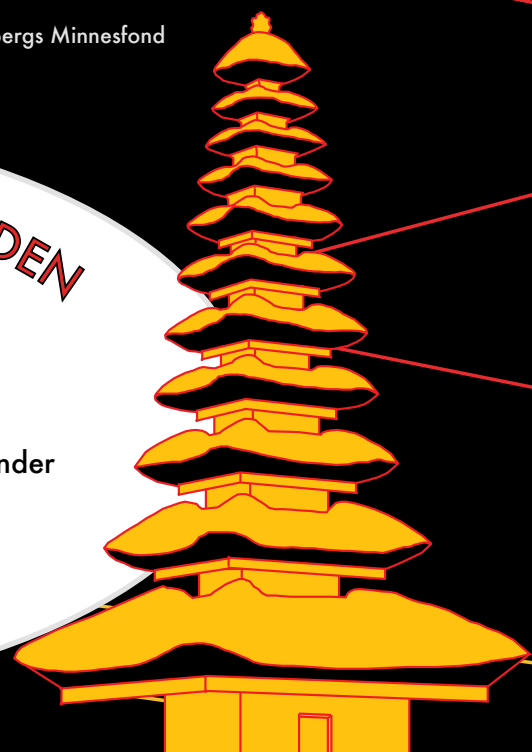
INTERNATIONELLA FYSIKOLYMPIADEN

16–24 juli 2017 på Bali, Indonesien

De fem bästa i finaltävlingen får göra en oförglömlig resa och representera Sverige vid den internationella fysikolympiaden.

Nästan 400 ungdomar från ungefär åttio länder tävlar i fysik under två dagar. Resten av veckan är fylld med utflykter, föredrag och möten med fysikintresserade från hela världen.

Kanske blir det du som får åka!



FYSIKALISKA LEKSAKER



Bild 1

Osynlig spark

Detta lilla experiment kan ge upphov till en mängd spekulationer innan du vet svaret. Allt du behöver är ett gummiband som du spänner ut mellan tummen och pekfingret. För att här göra experimentet lite mer vetenskapligt använder jag här istället för tummen och pekfingret två spikar, som jag slagit ner en träplanka, se bild 1. Framför ena spiken är ett papper placerat. Om man sträcker ut bandet vid den andra spiken och släpper det så flyger pappret iväg! Händelsen är så snabb att man kan inte med ögat se vad som händer. Uppenbarligen åker bandet på något sätt ut från spiken och slår iväg pappret. Om du inte är övertygad om detta förlopp kan du ta bort pappret och känna en snärt med handen.

Den longitudinella våghastigheten i bandet kan skrivas som $c = \sqrt{E/\rho}$, där E är elasticitetsmodulen och ρ densiteten. Dessa kvantiteter kan man mäta hemma i köket. Jag erhöll $E = 1,5 \text{ MPa}$ och $\rho =$

990 kg/m^3 , vilket ger $c = 39 \text{ m/s}$. Tidskonstanten i experimentet är grovt sett $\tau = l_0/c = 2,6 \text{ ms}$, där $l_0 = 10 \text{ cm}$ är bandets relaxerade längd.

På bild 2 illustrerar jag vad som händer. Den longitudinella vågfronten mellan sträckt och relaxerat band propagerar med hastigheten $v = c$. När fronten når spik A lossnar bandet från spiken och slår ner pappret. Observera att detta sker utan att bandet "vet om" vad som händer vid

spik B. Därför fungerar experiment på samma sätt utan spik B! Det fortsatta förloppet är mer komplicerat eftersom den longitudinella rörelsen följs av en transversell rörelse. Detta påverkar dock inte nedslagningsmekanismen av kortet.

PER-OLOF NILSSON
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

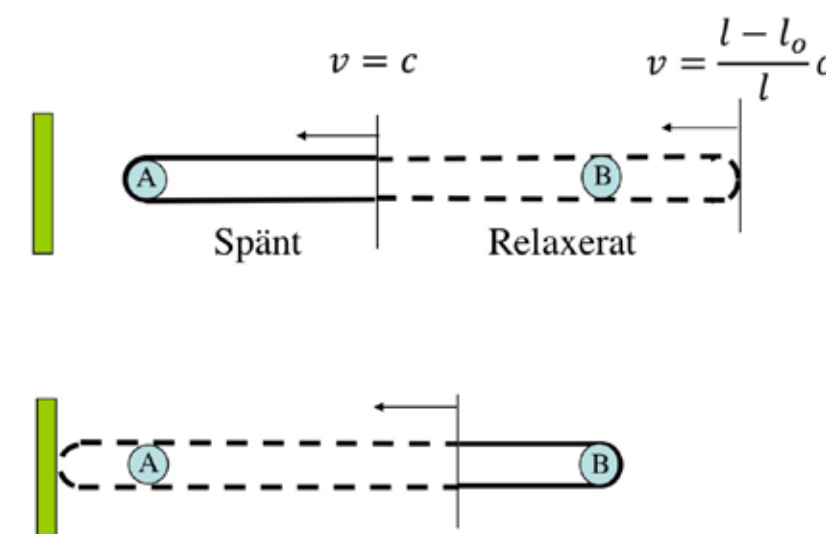
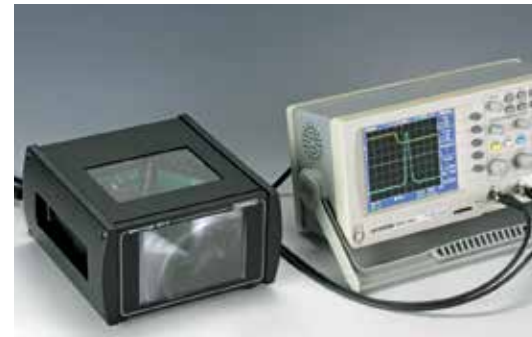


Bild 2

Framtidens Laborativa Läromedel



Kontakta oss för en
visning eller fortbildningsdag
på din skola.



Speed-of-Light
JULKAMPANJ: 4 475 KR
Ordinarie pris: 4 975 kr
Oscilloskop ingår ej
Samtliga priser exkl moms



Bestäm ljushastigheten i vatten med
hjälp av enbart en avståndsmätare
med laser. Experimentbeskrivning
finns på inspirationssidan på
www.gamdata.net



Beställ broschyr
JULKAMPANJ 2016
info@gamdata.se

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

www.gamdata.se
info@gamdata.se

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

Webshop
www.gamdata.net

