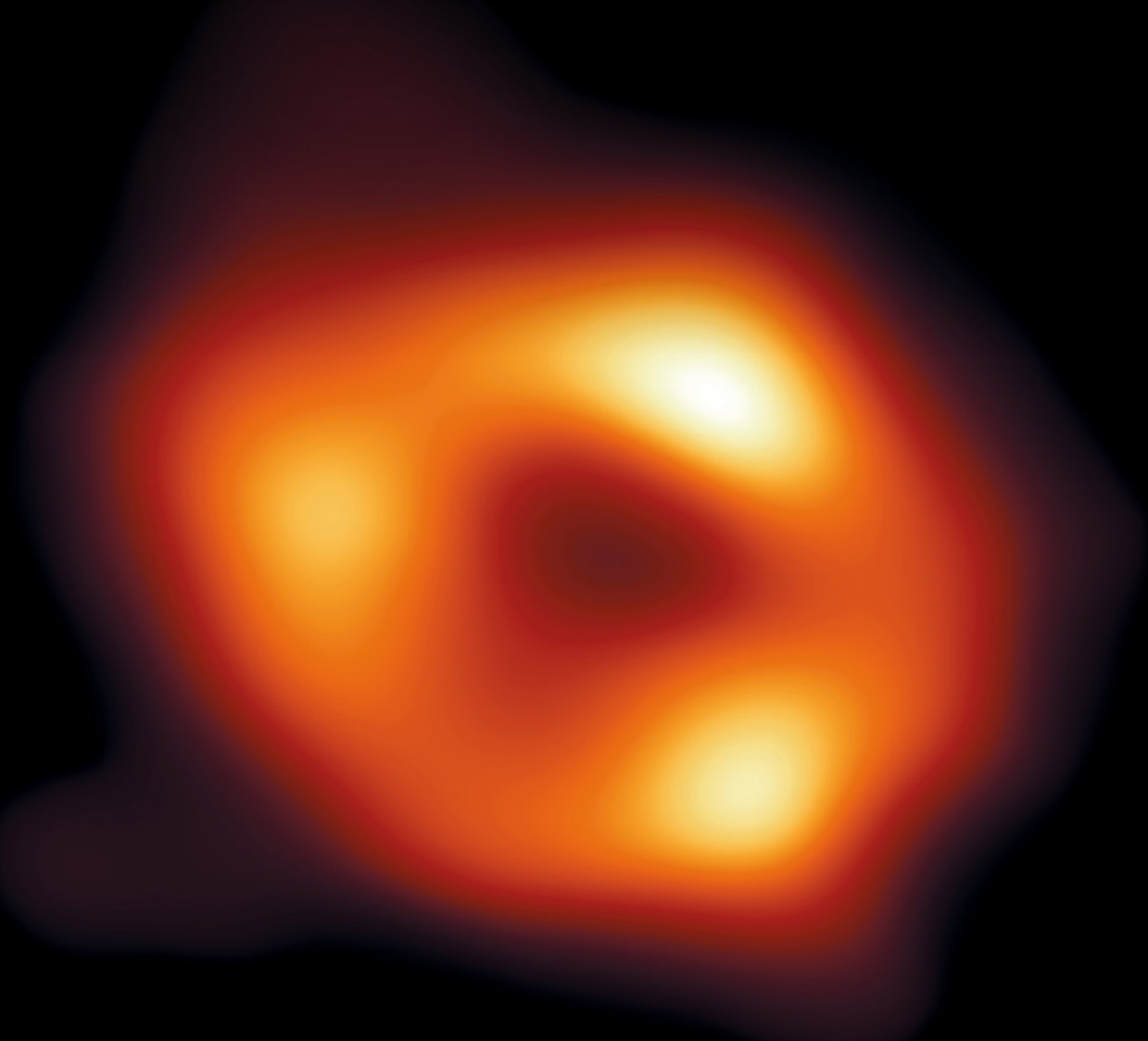


Lågdimensionell magnetism · FOI · Glassens fysik

Fysikaktuellt

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

NR 3 • SEPT 2022



Samarbetet bakom bilden

Svenska Fysikersamfundet

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: Jonathan Weidow, jonathan.weidow@chalmers.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

Bankgiro: 5402-5499

E-post: styrelsen@fysikersamfundet.se

För medlemsfrågor, kontakta Lage Hedin, 076-231 01 37 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 Anders Kastberg.

Fysikaktuellt

Vår medlemstidning utkommer med fyra nummer per år, och distribueras även till alla gymnasieskolor med naturvetenskapligt eller tekniskt program.

Redaktion: Christina Kjellstrand, Måns Henningson, Johan Mauritsson, Anne-Sofie Mårtensson, Asta Pellinen Wannberg och Elisabeth Rachlew.

Ansvarig utgivare: Jonathan Weidow.

Kontakta redaktionen via: fysikaktuellt@fysikersamfundet.se

För insänt, ej beställt material ansvaras inte.

Manusstopp för Fysikaktuellt 4/2022 är 21 oktober.

Medlemskap

Svenska Fysikersamfundet har ca 1 000 individuella medlemmar, 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 debiteras 4 000 kr per år.

Bli medlem genom ansökan på: www.fysikersamfundet.se/bli-medlem/ eller med qr-koden.

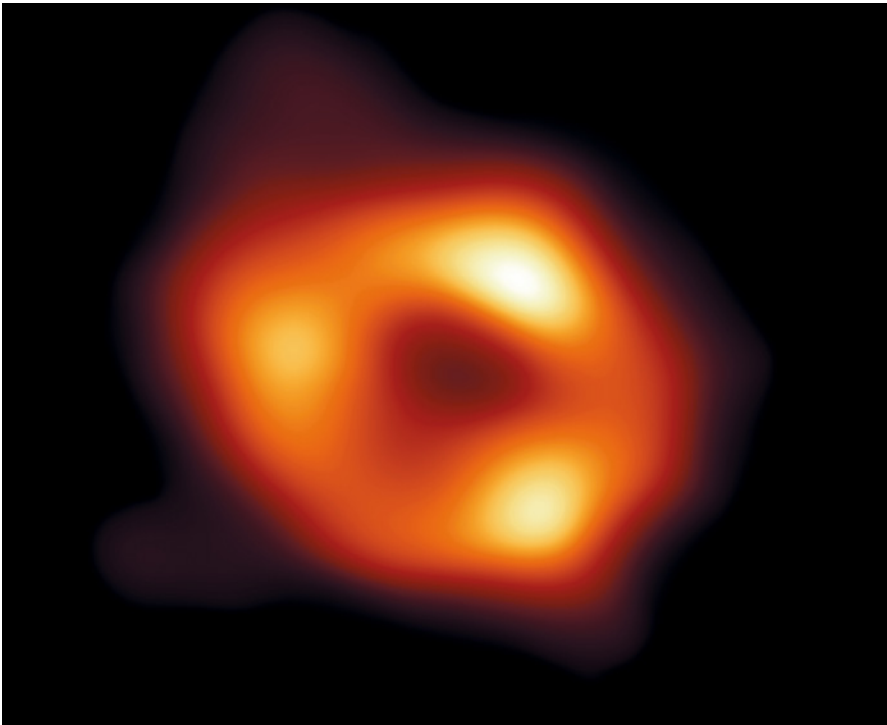


Medlemsförmåner

- Fysikaktuellt 4 nummer/år
- KOSMOS
- 10 % rabatt på böcker hos Fri Tanke förlag. Ange koden "fysikersamfundet" i kassan på fritanke.se.
- Förmånsprenumeration på Forskning & Framsteg. Erbjudandet gäller 10 nr (20% rabatt).Länk till beställningssida: http://fof.prenservice.se/KodLandning/Index/?Internetkod=057-0571329

Layout: Christina Kjellstrand

Tryck: Trydells, Laholm 2022



OMSLAGSBILDEN: Bilden på framsidan är den första bilden som tagits av Sgr A*, det supermassiva svarta hålet i Vintergatans centrum. Bilden är ett resultat av ett omfattande internationellt samarbete, där även svenska forskare ingår. Läs mer på sidan 7.

Foto: EHT Collaboration

Stödjande medlemmar

- Glerups Utbildning AB www.glerups.se
- Scanditronix Magnet AB www.scanditronix-magnet.se
- Myfab, www.myfab.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 tillämpad fysik
- Linköpings universitet – Institutionen för fysik, kemi och biologi (IFM)
- Linköpings universitet – Institutionen för naturvetenskap och teknik (ITN)
- Linnéuniversitetet – Institutionen för fysik och elektroteknik
- Luleå tekniska universitet – Institutionen för teknikvetenskap och matematik
- Lunds universitet – Fysiska institutionen
- Lunds universitet – Institutionen för astronomi och teoretisk fysik
- Nordita, Nordic Institute of Theoretical Physics
- Stockholms universitet – Fysikum
- Uppsala universitet – Institutionen för fysik och astronomi
- Umeå Universitet – Institutionen för fysik

Glöm inte att anmäla adressändring till medlemsregistret@fysikersamfundet.se

Innehåll

- 3 SIGNERAT Linda Megner
- 4 AKTUELLT
- 5 FÖRSTA BILDEN AV SGR A* Internationellt samarbete bakom fotot
- 10 FYSIKDAGARNA 2022
- 12 AVHANDLINGEN Ola Kenji Forslund har studerat lågdimensionell magnetism
- 16 IPHO Hela laget på prispallen
- 18 EUPHO Svenskt silver i Ljubljana
- 20 FÖRSTA BILDERNA FRÅN JAMES WEBB-TELESKOPET
- 22 VAD GÖR DE EGENTLIGEN PÅ FOI?
- 24 FYSIKHISTORIA Eva von Bahr
- 26 GOD FYSIK Glass
- 29 RECENSION
- 30 VARDAGENS FYSIK Lock och kapsyler



FOTO: JOHAN MAURITSSON

De flesta av oss har nog ätit både en och två glassar i sommar. Men hur många har tänkt på vilken roll fasövergångar spelar vid såväl tillverkningen som njutningen? Sidan 26

Ett slöseri med begåvade studenter

En bekants son är en av de mest fysikbegåvade ungdomar jag träffat. När han gick i gymnasiet ställde han frågor som visar på kunskap och förståelse i fysik och matematik som vida överstiger nivån på studenter jag undervisar i fysik både på universitetet och KTH. Nyligen berättade han att han pluggar Elektroteknik på KTH, eftersom han inte kommit in på teknisk fysik, som var hans första val.

Jag funderar över detta. Missar intagningssystemet våra potentiellt bästa fysiker? Han kom inte in via betyg, eftersom A i alla naturvetenskapliga ämnen inte räcker för att kompensera ett antal B i andra ämnen. Högskoleprovets uppgifter tyckte han var väldigt lätta, men att det var svårt att hinna med. Jag kollade själv på några uppgifter från det senaste högskoleprovet och får hålla med – förmågan att kunna lösa svårare uppgifter verkar knappast testas. Jag känner igen detta från min egen skoltid: test var ofta enkla men det var ont om tid. Det verkar som om testerna missar att värdera det som kanske är det viktigaste under fysikerutbildning och som ofta är orsaken till att företag anställer fysiker: djup förståelse och förmåga att lösa komplicerade uppgifter. Jag vet inte om det är viktigt för alla utbildningar, men i tekniska/naturvetenskapliga utbildningar är det ju ofta viktigare än att vara snabb, och när jag antar doktorander är dessa förmågor nästan krav.

Det är överhuvudtaget konstigt att alla utbildningar söks med ett och samma meritvärde. Varför viktas inte naturvetenskapliga kvalitéer mer när man söker en naturvetenskaplig utbildning? Då skulle ett sämre gymnasiebetyg i något mindre relevant ämne inte stänga ute de med naturvetenskapligt sinne. Eller varför finns det inte olika delar på högskoleprovet, åtminstone någon med lite mer komplicerade uppgifter, som kan viktas olika beroende på vilken utbildning man söker? Och varför värderar vårt



skolsystem det högre att kunna lösa lättare uppgifter snabbt än att alls kunna lösa mer komplicerade uppgifter?

Vissa högskolor och universitet verkar ha insett detta slöseri av våra studentresurser och tar in via så kallad särskild prövning, där studenterna gör ett matematik- och fysikprov med rätt krävande uppgifter för att få tillträde. Min bekants son hade troligen kommit in via detta, om inte pandemin hade stoppat provet från att hållas. Det är dock endast en liten andel som kommer in på detta vis och endast på vissa utbildningar på några universitet/högskolor.

Jag tror att vi skulle behöva gå mer i den riktningen, att inse att olika utbildningar kräver olika förmågor, om vi inte vill missa våra mest begåvade fysiker – eller mest begåvade i andra ämnen med för den delen, som kanske inte kommer in på den utbildning de sökt just på grund av ett dåligt fysikbetyg.

Linda Megner

LINDA MEGNER
Stockholms universitet



Från vänster: Sune Svanberg, Lunds Fysiska Institution och Lunds Lasercentrum, Karl Grandin, EPS och KVA, Luc Bergé, EPS, Joachim Schnadt, Fysiska Institutionen, och Mats Helmfrid, Lunds kommunfullmäktige.



Gamla Fysicum sett från Biskopsgatan i Lund. Idag håller Pufendorf-institutet till i byggnaden.



Minnesplaketten.

Invigning av ny EPS Historic Site

Gamla fysikinstitutionen vid Lunds universitet invigdes den 10 maj 2022 som en European Physical Society Historic Site.

Byggnaden, som är belägen vid Biskopsgatan 3 i Lund, var basen för Lundafysikerna under åren 1885 till 1950. Den innehöll två instrumentalar, ett auditorium, 12 kontor, ett bibliotek och en verkstad. Byggnaden blev senare bas för klassiska studier (Classicum) tills den efter renovering 2009 blev säte för det interdisciplinära Pufendorf-institutet (Pufendorf Institute of Advanced Studies). Invigningsceremonin var planerad till 26 maj 2020, men måste med kort varsel framflyttas på grund av Covid-19-pandemin.

NOMINERINGEN SOM EPS Historic Site är baserad på Johannes (Janne) Rydbergs verk. Rydberg (1854–1919) var aktiv inom analys av atomära spektrallinjer, som Bunsen och Kirchhoff runt 1850 hade funnit vara specifika för olika atomslag.

Balmer presenterade 1885 en formel som beskrev vätskets spektrallinjer. Rydberg, som egentligen var matema-

tiker med ett stort siffersinne, fann en mer generell formel, som även fungerade till exempel för alkalimetallerna. Han presenterade sina resultat 1887 i en ansökan till Kungliga Vetenskapsakademien och i mera detalj 1888 i ett föredrag för Matematisk-Fysiska föreningen i Lund. En fullständig presentation gavs i en vetenskaplig artikel, som publicerades på tyska år 1890 i *Zeitschrift für Physikalische Chemie*.



Johannes Rydberg (1854–1919)

Det mest anmärkningsvärda med Rydbergs formel var att den innehöll en konstant, som var den samma för alla element och alla spektrallinjer. Niels Bohr kunde 1913 inom ramen för sin tidiga atommodell ge ett teoretiskt värde på denna konstant, och det var god överensstämmelse med det experimentella värde som Rydberg funnit. Konstanten, som förekommer i alla böcker om kvantmekanik och atomfysik, benämnes nu efter Rydberg, och har med laserspektroskopiska metoder kunnat bestämmas till extremt hög precision.

Rydbergs namn är även kopplat till de mycket undersökta Rydberg-atomerna, som är extremt högt exciterade och blivit tillgängliga för undersökningar med laserspektroskopi. Vidare är Rydberg-Ritz

kombinationsprincip inom atomspektroskopi välkänd.

Det kan noteras att Manne Siegbahn (1886–1978) också var verksam i byggnaden, där han gjorde sina banbrytande precisionstudier inom röntgenspektroskopi. Bengt Edlén (1906–1993), som 1941 löste det gamla problemet med ursprunget till gåtfulla spektrallinjer i solkoronan, var en annan namnkunnig Lundabaserad atomfysiker.

INVIGNINGSCEREMONIN organiserades och leddes av Sune Svanberg, som även skrivit nomineringen. Stacey Ristinmaa Sörensen, föreståndare för Pufendorf-institutet och själv fysiker, välkomnade en stor skara kollegor och studenter, som samlats för att fira. Fysiska institutionens prefekt, Joachim Schnadt, gav en översikt om Rydbergs verk och Mats Helmfrid från Lunds kommunfullmäktige uttryckte sin uppskattning från stadens sida. Ordföranden i EPS urvalskommitté för historiska platser, Karl Grandin från Kungliga Vetenskapsakademien, introducerade EPS-programmet tillsammans med Luc Bergé, EPS President, som även utförde den högtidliga avtäckningsceremonien för dokumentationsskylten till tonerna av ett brassband.

Direkt efter invigningsceremonin gavs ett Rydberg-föredrag vid nya

i Lund

Fysicum, med stöd av Kungliga Vetenskapsakademien genom dess Nobelinstitut för fysik. Talare var Jun Ye, JILA, National Institute of Standards and Technology and University of Colorado. I sitt föredrag "Tick Atoms in Unison" beskrev han bland annat hur extremt noggranna atomur påverkas av gravitations-effekter, som är manifesterade även vid klockans vertikala förflyttning på en enkasta mm!

En minnesvärd dag avslutades med en Rydberg-middag i den invigda byggnaden, med 30 gäster och tal av bland andra Lunds universitets rektor, Erik Renström.

SUNE SVANBERG
Professor i atomfysik, Lunds Tekniska Högskola

Tidigare invigda svenska EPS Historic Sites är Tycho Brahes observatorium på Ven, Uddmanska huset, Kungälv (associerat med Lise Meitner) och Gamla Fysicum, Uppsala (associerat med Anders Ångström).

Vid ceremonin i Lund distribuerades ett särtryck från Fysikersamfundets årsbok *Kosmos* från 2020, som beskriver såväl Rydbergs som Ångströms verk: J. Mauritsson och Anne-Sofie Mårtensson: "Ångström och Rydberg, på plats i fysikshistorien", *Kosmos* 2020, sid. 162-177.

Fem miljoner till Wallenbergs fysikpris

Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond har beslutat att donera 5 miljoner kronor, att användas under en femårsperiod, till tävlingen Wallenbergs fysikpris.

Wallenbergs fysikpris är en tävling för elever i årskurs 2 och 3 på gymnasiet som anordnas av Svenska Fysikersamfundet (se Fysikaktuellt nr 1 och 2/2022). Förutom att vara en breddtävling i fysik är Wallenbergs fysikpris uttagningstävling

för de europeiska och internationella fysikolympiaderna, som du kan läsa mer om på sidorna 16–19.

En rapport om hur pengarna har använts ska årligen lämnas till stiftelsen.

CHRISTINA KJELLSTRAND
Fysikaktuellt



Imponerande resultat på Forsknings-VM

I årets upplaga av Forsknings VM, Regeneron ISEF, kom Simon Holmqvist och Albin Sjögren från Polhemskolan i Lund på andra plats i kategorin "Physics and Astronomy".

Regeneron ISEF International Science and Engineering Fair är världens största vetenskapstävling för unga, med uppåt ett par miljoner deltagare i uttagningarna och 1 800 ungdomar i final. Årets final hölls i maj i Atlanta, USA, och prispengarna uppgick till sammanlagt över 5 miljoner dollar.

Simon Holmqvist och Albin Sjögren undersökte i sitt projekt "Stability Analysis of Multiple Star Systems" stabiliteten hos ett system med tre stjärnor som rör sig kring varandra, med stjärnsystemet 2 Camelopardalis (2 Cam) som exempel. – Jag är så tacksam över att den här möjligheten finns – att träffa unga forskare över hela världen och kultivera vårt intresse. Det är otroligt att jag fick ta del av det, säger Simon Holmqvist i ett pressmeddelande.

Även resten av laget från Unga forskare gjorde bra ifrån sig: Lovis Bergstrand från Uddevalla gymnasieskola deltog i kategorin "Earth And Environmental Sciences", och Andreas Törnkqvist och Moltas Lindell från Curt Nicolin Gymnasiet i Finspång vann fjärde pris med projektet "How far can you see" i kategorin "Systems Software".



Sveriges Unga Forskningslandslag. Från vänster: Andreas Törnkqvist, Lovis Bergstrand, Moltas Lindell, Simon Holmqvist och Albin Sjögren.

– Ett fantastiskt resultat från Sveriges Unga Forskningslandslag, vi är oerhört glada och stolta, säger Magnus Frodigh, global forskningschef på Ericsson som är en av de officiella sponsorerna av årets landslag.

Du kan se en virtuell posterutställning med alla bidrag på projectboard.world/isef (klicka mitt på bilden för att "gå in"). De svenska bidragen hittar du under: "Physics and Astronomy" (PHYS061T), "Systems Software" (SOFT052T), och "Earth And Environmental Sciences" (EAEV074).

CHRISTINA KJELLSTRAND
Fysikaktuellt

Undervisningssektionen

Ny styrelse och nytt kursplansförslag

■ Fysikersamfundets undervisningssektion valde ny styrelse under sommarens Fysikdagar (läs mer om dem på sidorna 10–11). Hans Jakobsson från Lund tog över ordförandeklubban och passade på att tacka avgående Kerstin Ahlström för tio års lång och trogen tjänst på posten. Övriga styrelseledamöter är: Susanne Tegler från Lund, Lars Gråsjö från Danderyd, Sven Ljungqvist från Uppsala och Amy Knee från Stenungsund. Lage Hedin, Uppsala, och Kerstin Ahlström, Borås, är adjungerade ledamöter.

I samband med att ämnesbetyg ska införas på gymnasiet ska alla kursplaner ses över. Undervisningssektionen har därför skissat på ett förslag på ny kursplan som skickats över till Skolverket. En viktig punkt i förslaget är att det blir tydligare än idag vad som ingår i det centrala innehållet, så uttrycket ”orientering om” har rensats bort. Stoffet har också delvis grupperats om så att innehållet inte ska

bli så splittrat. En viktig utgångspunkt har varit att svårighetsnivån inte ska öka från Fysik 1 till Fysik 2, progressionen sker istället genom breddning. På så sätt undviks att elever avstår från påbyggkursen för att de är oroliga för att fortsatta studier resulterar i ett sänkt ämnesbetyg.

I förslaget anges också att betygs-kriterierna behöver kompletteras med nationellt framtagna prov som ger stöd vid lärarnas betygsättning: ”I annat fall gör varje lärare eller skola en egen tolkning vilket innebär att betygsättningen inte blir likvärdig.” Förslaget i sin helhet finns tillgängligt på [Fysikersamfundets hemsida](#).

Senare i höst kommer Skolverket att presentera sitt förslag på ny kursplan och därefter går detta ut på allmän remiss under december till februari.

ANNE-SOFIE MÄRTENSSON
Göteborgs universitet

Månadens problem

■ Varje månad under terminstid serveras alla intresserade gymnasister ett nytt fysikproblem, kallat ”Månadens problem”, av lektorsgruppen inom

Fysikersamfundets undervisningssektion. Under förra året gällde det till exempel att undersöka hur mycket en fotboll deformeras när den blir sparkad, och förklara varför du slutar springa på steniga stränder när du växt ur barnskorna.

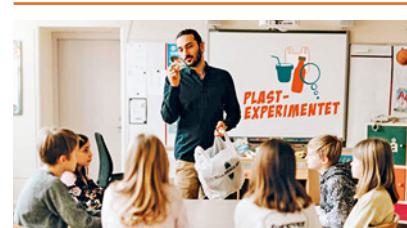
Problemen läggs ut på Svenska fysikersamfundets hemsida och skickas även ut till ett hundratal fysiklärare runt om i Sverige. Elever får arbeta i lag och kan vinna biobiljetter till laget. Månadens problem är tänkt att vara ett komplement till Wallenbergs fysikpris och förhoppningen är att det kan vara ett sätt att få elever intresserade av att delta i tävlingen. Samtidigt finns nu för fritt användande en rik samling gamla uppgifter på hemsidan. Gå in och titta på www.fysikersamfundet.se/manadens-problem.



Saknar du din medlemsavi?

■ Från och med i år skickar vi ut medlemsaviser med e-post. Om du inte har fått avin kan det bero på att du inte har meddelat e-postadress, eller har en felaktig e-postadress i medlemsregistret. Meddela då gärna en korrekt e-postadress till kansliet på: lage.hedin@physics.uu.se. Tänk också på att kontrollera så att din avi inte råkat hamna i skräpposten!

Det går också att betala medlemsavgiften direkt till bankgiro 5402-5499. Ange då namn, adress och helst medlemsnummer.



En bättre värld med ForskarFredag

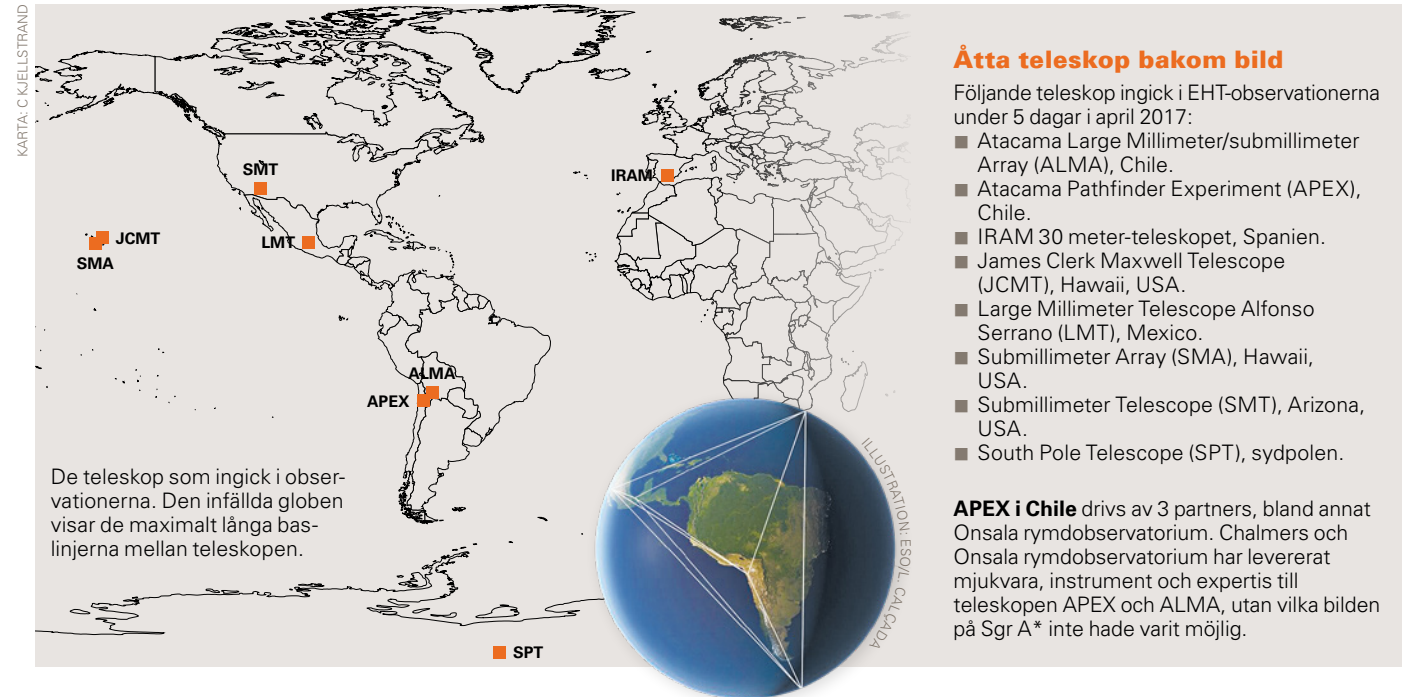
■ När den här tidningen kommer ut pågår ForskarFredag, som i själva verket är en hel veckas arrangemang, på ett 30-tal platser i landet. Temat för 2022 är ”En bättre och friskare värld”. På forskarfredag.se kan du läsa mer om arrangemangen, och där och på på bland annat vetenskapenshus.se/forskarfredag, kan du se en del av föredragen via Zoom, eller i efterhand.

Förtydligande

■ I förra numrets artikel om segling blev det lite otydligt i beskrivningen av figur 2 på sidan 7. Rätt ska vara att den radiella koordinaten ger båtens hastighet, medan vindens hastighet är en parameter (6 KN, 8 KN etc.) som fixerats för var och en av kurvorna.

Rättelse

■ I förra numret av *Fysikaktuell* blev det också fel i listan över de nya styrelsemedlemmarna. Herbert Gunell (Umeå universitet) stavar sitt namn så, och inte på något annat sätt.



Åtta teleskop bakom bild

Följande teleskop ingick i EHT-observationerna under 5 dagar i april 2017:

- Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), Chile.
- Atacama Pathfinder Experiment (APEX), Chile.
- IRAM 30 meter-teleskopet, Spanien.
- James Clerk Maxwell Telescope (JCMT), Hawaii, USA.
- Large Millimeter Telescope Alfonso Serrano (LMT), Mexico.
- Submillimeter Array (SMA), Hawaii, USA.
- Submillimeter Telescope (SMT), Arizona, USA.
- South Pole Telescope (SPT), sydpolen.

APEX i Chile drivs av 3 partners, bland annat Onsala rymdobservatorium. Chalmers och Onsala rymdobservatorium har levererat mjukvara, instrument och expertis till teleskoperna APEX och ALMA, utan vilka bilden på Sgr A* inte hade varit möjlig.

Unik bild resultatet av internationellt samarbete

Den 12 maj 2022 presenterade Event Horizon Telescope (EHT)-samarbetet **den första bilden av Sgr A***, det supermassiva svarta hålet i Vintergatans centrum. Bilden och dess tolkning är resultatet av mer än 300 forskare och ingenjörers arbete från hela världen, inklusive forskare från Chalmers och Onsala rymdobservatorium.

Event Horizon Telescope (EHT) är namnet på ett internationellt samarbete vars syfte är att ta de första direkta bilderna någonsin av ett svart hål. Eftersom svarta hål inte avger något ljus, är målet att avbilda dess ”skugga” eller ”silhuett” orsakad av avböjning av ljus under extrem gravitation. För att göra detta skulle det i princip krävas ett radioteleskop i mm-vågsområdet med en diameter lika stor som jorden. Detta är naturligtvis inte praktiskt möjligt.

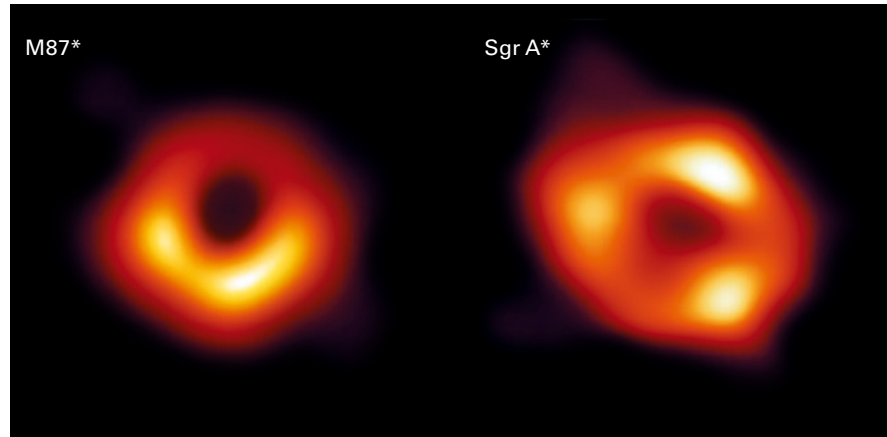
I stället använder EHT en observationsteknik som kallas långbasinterferometri (Very-long-baseline inter-

ferometry, VLBI). Den utvecklades på 1960- och 70-talen och används för att uppnå mycket hög upplösningsförmåga genom att man samtidigt observerar samma kosmiska källa med ett antal radioteleskop utspridda över jorden. Observationerna synkroniseras med hjälp av vätemasrar, en mycket noggrann klocka. Upplösningsförmågan skalar direkt med den observerande våglängden, och omvänt med avståndet mellan teleskoperna.

Onsala rymdobservatorium är en av pionjärerna inom VLBI. Redan 1968 deltog man som det första europeiska

observatoriet i ett VLBI-experiment med 25 m-teleskopet vid Onsala.

FÖR ATT UPPNÅ målet med EHT-observationerna krävs att man observerar vid ca 1 mm (eller kortare) våglängd, vilket har varit en utmaning. Genom utvecklingen av banbrytande instrumentering på 2000-talet kunde EHT använda VLBI-tekniken – som annars mest används vid cm-radiovåglängder – vid kortast möjliga våglängder (ca 1 mm). Detta skapar ett virtuellt teleskop med högsta möjliga vinkelupplösning från ytan av jorden. De ingående enskilda teleskoperna i nätverket ►



De två första bilderna av svarta hål, M87* och Sgr A*. M87* är ungefär tusen gånger större än Sgr A*, men på grund av avståndet ser de båda hålen ungefär lika stora ut från jorden.

FOTO: EHT COLLABORATION

redan 1915 av Einsteins allmänna relativitetsteori, och dagens astronomer tror att det, med mycket få undantag, finns ett supermassivt svart hål i alla galaxer (ett supermassivt svart hål har en massa på ca 10^6 – 10^9 solmassor). Det supermassiva svarta hålet ger energi till centrumet av galaxen, där det omvandlar gravitationspotentialenergin från infallande materia till jetstrålar av laddade partiklar som sträcker sig i tiotusentals ljusår från galaxens centrum.

DEN CENTRALA REGIONEN av Vintergatans centrum finner vi om vi på södra halvklotet riktar blicken mot stjärnbilderna Skytten (Sagittarius), Ormbäraren (Ophiuchus) och Skorpionen (Scorpius). Det finns fullt av stjärnor i Vintergatans centrum, men vi kan inte se dem tydligt med optiska teleskop. Det synliga ljuset skymms av interstellärt damm.

Om vi däremot observerar samma region i radioområdet framträder en mycket kompakt radiokälla som kallas Sagittarius A* (Sgr A*). Den upptäcktes 1974 av astronomerna Bruce Balick och Robert L Brown. Ett supermassivt svart hål blev den ledande hypotesen till att förklara egenskaperna hos Sgr A*. Sedan dess har Sgr A* studerats med alla tänkbara teleskop och våglängdsområden. Genom att observera Sgr A* vid många tillfällen i alla våglängder, kan man framställa dess spektrala energifördelning. Dessa observationskampanjer avslöjade att styrkan på strålningen Sgr A* sänder ut, från infrarött till röntgenstrålning, förändras mycket på relativt kort tid.

Genom att studera stjärnors banor runt Sgr A* under 20 års tid lyckades två grupper av forskare från UCLA och MPE beräkna massan och radien på det svarta hålet. Andrea Ghez (UCLA) och Reinhard Genzel (MPE) delade 2020 Nobelpriset i fysik för dessa mätningar (läs mer om det i *Fysikaktuellt* nr 4/2020). De bestämde massan till 4 miljoner solmassor och händelsehorisonten till ca 6 miljoner km, det vill säga ungefär 15 gånger avståndet mellan jorden och månen.

Materia rör sig mycket snabbt i en bana runt Sgr A* i närheten av dess händelsehorisont. Det tar bara mellan 4 och

30 minuter för ett varv. Det betyder att dess ljusstyrka och mönster ändras ständigt, vilket gjorde arbetet med att skapa en unik bild extremt utmanande. Särskilt då det egentligen krävs observationsdata under flera timmar för att framställa en bild. Man skulle kunna jämföra med att titta ut genom fönstret en regnig dag. Du ser ett landskap som kontinuerligt deformeras och förändras på grund av vattendropparna på fönsterglasat. Om du tar tre bilder och jämför dem skulle du kanske kunna rekonstruera de största strukturerna, men inte de finare detaljerna. Dessutom kan materia nära det svarta hålet också plötsligt öka i ljusstyrka. Detta har varit en av utmaningarna med att framställa bilden av Sgr A*. Dessutom skymms Sgr A* av ett plasma som sprider radiovågor som kommer från området runt det svarta hålet. Denna spridningseffekt är mycket mindre uttalad för M87*, trots att Sgr A* befinner sig mycket närmare oss.

Förutom den otroliga logistiken för att skapa bilden, krävdes det mycket avancerat teoretiskt arbete i varje del av processen. Till slut, den 12 maj 2022 kunde bilden av Sgr A* presenteras. Det främsta resultatet är att den visar, med en direkt observation, att Sgr A* är ett supermassivt svart hål med en massa på 4 miljoner solmassor. Dessutom är bara det att bilderna av M87* och Sgr A* liknar varandra – trots den stora skillnaden i massa – mycket intressant. Einsteins allmänna relativitetsteori förutsäger att svarta hål, till skillnad från andra objekt i universum, ser likadana ut oberoende av massa. Kring svarta hål tar den extrema gravitationen över helt och det resulterar i en ljusstark ring kring ett mörkt centrum, ungefär som en doughnut.

SVARTA HÅL ÄR OBJEKT där de mest grundläggande teorierna som förklarar hur universum fungerar – den allmänna relativitetsteorin och kvantfysiken – förväntas komma i direkt kontakt. Även om var och en av dessa teorier fungerar utmärkt i sin respektive regim saknar vi en teori som förenar båda. Med hjälp av data från EHT kan vi nu studera vad som händer mycket nära händelsehorisonten.

Förutom de grundläggande fysikaliska

teorierna finns det många obesvarade frågor om hur ett plasma i närheten av svarta hål fungerar. Egenskapen hos den heta gasen som dras in i ett svart hål är avgörande för att tolka bilderna eftersom det är det glödande plasmat som producerar strålningen som vi observerar med teleskopen. Med hjälp av EHT-observationerna kan vi tolka gasens egenskaper och beteende under mycket extrema förhållanden.

SEDAN 2017 HAR EHT observerat under 2018, 2021 och 2022. Under dessa observationer har fler teleskop tillkommit och förbättrad utrustning installerats i teleskopen. Data från 2018 och 2021 håller för närvarande på att analyseras. Data från observationerna 2022 håller på att transporteras från teleskopen till superdatorcentrumen i USA och Tyskland. Sgr A* och M87* förblir de viktigaste målen för EHT, och förhoppningen är att EHT i framtiden kommer att kunna presentera den första filmen av ett svart hål.

CHIARA CECCOBELLO
Chalmers tekniska högskola

MICHAEL LINDQVIST
Chalmers tekniska högskola
Onsala rymdobservatorium

Om författarna

Chiara Ceccobello

deltog i den fantastiska studien av Sgr A* i egen-skap av expert på parameter-uppskattning och teoretiska studier av emission från ackreterande svarta hål. Hon var med i "Model Comparison and Feature Extraction" (MCFE):s arbetsgrupp inom EHT-samarbetet. Chiara använde en superdator på Chalmers för att bestämma det svarta hålets vinkelstorlek. Hon jämförde olika geometriska ringmodeller med bilden av Sgr A*-data och bestämde vilken som passade bäst med hjälp av mjukvaran THEMIS (Broderick et al. 2020). För att kalibrera proceduren jämförde hon med syntetiska data som producerades med General relativistic magnetohydrodynamic (GRMHD)-simulationer.



Michael Lindqvist

astronom vid Chalmers, Onsala rymdobservatorium, är expert på VLBI och har arbetat med att göra APEX redo för VLBI-mätningar. Han deltar även i EHT-observationerna på plats i Atacamaöknen i Chile.

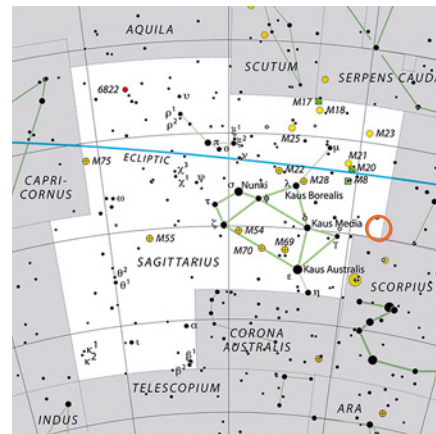


► är belägna på hög höjd med torr atmosfär för att undvika effekten av vattenånga som dämpar radiosignalen.

OBSERVATIONERNA RESULTERADE i en total datamängd av 3,5 petabytes, som sedan behövde bearbetas för att erhålla den slutliga bilden av Sgr A*. Denna process har tagit flera år, mycket längre än bearbetningen av bilden av det svarta hålet i den elliptiska galaxen M87, det första supermassiva svarta hål som EHT avbildade. Båda bilderna bygger på data från 2017, men där bilden på M87* of-fentliggjordes i april 2019 var bilden på Sgr A* alltså inte färdig förrän i maj 2022. Den främsta anledningen var att man stötte på utmaningar som man inte varit med om tidigare, och därmed behövde utveckla nya metoder för att avbilda det svarta hålet i Vintergatans centrum. Data från teleskopen kombineras och bearbetas för att erhålla den slutliga bilden. För detta krävs olika typer av expertis inom antennoptimering, mottagarutveckling, korrelation av signaler, kalibrering, dekonvolveringsmetoder inom bildbehandling, teori om svarta hål, jetstrålar och allmän relativitetsteori, numeriska simuleringar och så vidare.

SÅ VAD ÄR DET då EHT presenterat, och varför är det speciellt? Låt oss byta fokus från tekniken EHT använt mot astronomin.

Supermassiva svarta hål förutspåddes



FYSIKDAGARNA I LUND

Med fokus på acceleratorforskning

Under tre junidagar välkomnades vi till Lund för **Fysikdagarna 2022**. Temat var svensk acceleratorbaserad forskning med fokus på CERN, FAIR, MAX IV och ESS vilket kopplar till Lund på ett utmärkt sätt. Drygt 200 deltagare deltog i en mycket lyckad konferens med flera guldorn.

Fysikdagarna 2022 hölls 15–17 juni i Lund, delvis i AF-borgen och delvis på Fysicum. Egentligen skulle vi ha träffats i Lund redan förra året men till följd av covid-19 fick Nordiska Fysikdagarna i Uppsala förläggas till 2021, varför detta arrangemang behövde skjutas på ett år. Första dagen ägnades åt parallella sessioner inom sektionerna och avslutades med en allmän postersession. Under den senare hölls det även en tävling för bästa posterpresentation. Under nästföljande dags konferensmiddag offentliggjordes det att vinnaren av denna tävling blev Emma Campillo från Lunds universitet. Undervisningssektionen ordnade under under den första konferensdagen också studiebesök till ESS, vilket ju bara ligger ett par kilometer nordost om stadskärnan.

DEN ANDRA KONFERENSDAGEN innehöll ett gemensamt program för alla deltagare, allt förlagt till centrala AF-borgen. En stor del av dagens plenarföreläsningar kopplade till konferensens tema. Först ut var Elizabeth Blackburn från Lunds universitet som informerade om LINXS (Lund Institute of Advanced Neutron and X-ray Science). Under detta paraply knyts olika vetenskapssamhällen samman för att driva forskningsfronten framåt inom områden som läkemedelsvetenskap, livsmedelsvetenskap och materialvetenskap. Senare under dagen kom även Martin Bech och Sara Blomberg, båda från Lunds

universitet, och visade på goda forsknings-exempel som LINXS har gett upphov till.

Efter Elizabeth tog Stephen Molloy vid. Stephen är chef för acceleratoraktiviteterna vid MAX IV och han introducerade deltagarna till källor för synkrotronstrålning, berättade om anläggningen han arbetar vid samt gjorde en utblick inför framtiden. Därefter uppdaterade Andreas Schreyer, vetenskaplig direktör vid ESS, oss om hur arbetet fortlöper med utvecklingen av nästa generations neutronkälla och vilka instrument som finns där.

Exempel på resultat från CERN presenterades av Svante Jonsell från Stockholms universitet. Specifikt handlade detta om antiväte och Svante berättade om planer på olika experiment kopplade till det, bland annat hur gravitation fungerar för antimateria. Kopplad till CERN var också Sara Strandberg, även hon från Stockholms universitet. Sara gav en historisk tillbakablick om CERN, redogjorde för standardmodellen och berättade om Higgsbosonen – både om upptäckten, men också om hur framtida precisionsmätning av dess egenskaper kan informera ytterligare om universum.

Deltagarna bjöds också på en presentation av Achim Schwenk från TU Darmstadt om FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research), upptäcker av olika isotoper och den teoretiska förståelsen av den starka växelverkan, kopplingar till grundämnenas syntes, neutronstjärnor

och så kallad "multimessenger"-fysik diskuterades också.

PLENARFÖRELÄSNINGARNA VAR dock inte enbart kopplade till konferensens tema. Eugenia Etkina från Rutgers Graduate School of Education informerade om ISLE, The Investigative Science Learning Environment approach. Med olika konkreta exempel visade Eugenia hur studenter tar till sig kunskap om fysik genom kombinationen av experiment och aktivt resonering. "Learning by doing" är inte tillräckligt, utan måste kombineras med reflektion för ett meningsfullt lärande. Vi fick även en föreläsning av Meytal Eran Jona från Weizmann-institutet. Meytal visade vilka extra hinder som många kvinnliga doktorander i fysik möter i Israel såsom sexuella trakasserier, diskriminering, svårigheter i balansen mellan arbetslivet och hemmet samt olika fysiska och psykologiska hälso-problem. Även om vissa av resultaten var kontextberoende finns det mycket för oss i Sverige att ta med oss vad det gäller att förbättra förhållandena för kvinnliga fysiker.

Konferensmiddagen var en succé! Utöver god mat och trevligt umgänge bjöds vi på en presentation av Troels Petersen, verksam vid Niels Bohr-institutet. I stället för ett föredrag om partikelfysik, vilket är hans ordinarie fält, handlade det uteslutande om covid-19. Tillsammans med kollegor utvecklade



Allt handlade inte om konferensens tema. Eugenia Etkina pratade om hur studenter tar till sig kunskap om fysik.



FOTO: ANDREA RAMNATH



Den allmänna postersessionen som avslutade den första dagen var välbesökt.



Konferensmiddagen på AF-borgen blev en succé. Bland annat berättade partikelfysikern Troels Petersen om hur han och hans kollegor simulerade smittspridning under pandemin med matematiska modeller.



FOTO: JOHAN MAURITSSON

Magnus Rahm tilldelades Oseenmedaljen 2022.

Troels under pandemin matematiska modeller för att kunna simulera smittspridning av olika varianter av covid-19. Modellerna visade sig i många fall vara otroligt träffsäkra och användes flitigt av danska myndigheter. Troels lyckades trollbinda publiken när han på ett gott sätt visade hur vi som fysiker kan göra meningsfulla bidrag i helt andra forskningsfält än våra egna.

SISTA DAGEN PÅ KONFERENSEN innebar fortsatta parallella sessioner för sektionerna i Fysicum men också två allmänna aktiviteter av Svenska Fysikersamfundet. Först ut hölls ett årsmöte vilket hade säll-

synt dålig uppslutning. Den andra aktiviteten handlade om Oseenmedaljen. Johan Mauritsen, ordförande för kommittén, överlämnade medalj och diplom till årets vinnare – Magnus Rahm från Chalmers tekniska högskola. Magnus höll därefter en mycket intressant presentation om sin avhandling "There is an Alloy at the End of the Rainbow: Structure and Optical Properties From Bulk to Nano" (läs mer om Magnus och hans avhandling i *Fysikaktuellt* nr 2/2022). Tillställningen var mycket välbesökt och med facit i hand kanske det hade varit klokt att ha inlett med denna ceremoni och därefter ha haft årsmötet.

Svenska Fysikersamfundet tackar den lokala organisationskommittén ledd av Peter Christiansen, och i övrigt bestående av Anna Arnadottir, Joakim Cederkäll, Malin Sjö Dahl, Per Eng-Johnsson, Susanne Tegler, Tomas Brage, Torbjörn Lundberg, Torsten Åkesson, och Urban Eriksson, för en utomordentligt välordnad konferens! Fysikdagarna 2023 kommer att arrangeras i Stockholm (preliminärt 14-16 juni) och våren 2024 är det dags för Nordiska Fysikdagarna i Helsingfors. Väl mött vid dessa tillfällen!

JONATHAN WEIDOW
ordförande för Svenska Fysikersamfundet



Ola och en kollega, i full fart med ett experiment.

1D to 3D Magnetism in Quantum Materials: A study by Muons, Neutrons & X-rays

- Författare: Ola Kenji Forslund
- Kungliga tekniska högskolan, Stockholm, 2021
- ISBN: 978-91-8040-081-7
- Länk till avhandlingen: <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1614511/FULLTEXT01.pdf>
- Handledare: Martin Månsson, As. Prof., KTH, Applied Physics, Materials and Nanophysics.
- Opponent: Robert Kiefl, Professor, University of British Columbia, Kanada.



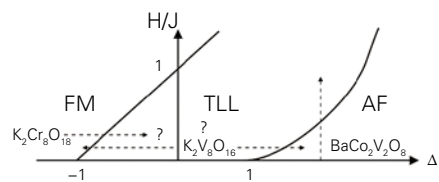
AVHANDLINGEN

Attraherande krafter

Lågdimensionell magnetism är ett forskningsfält som har utvecklats mycket under de senaste decennierna. Från en teoretisk synvinkel så var det lättare att ta fram exakta, lösbara lösningar utan att behöva ta hänsyn till de mer komplicerade modellerna i tre dimensioner. Man insåg senare att de lågdimensionella modellerna inte bara var rent teoretiska, utan att riktiga material faktiskt uppvisar de här fenomenen – något som **Ola Kenji Forslund** studerat i sin avhandling.

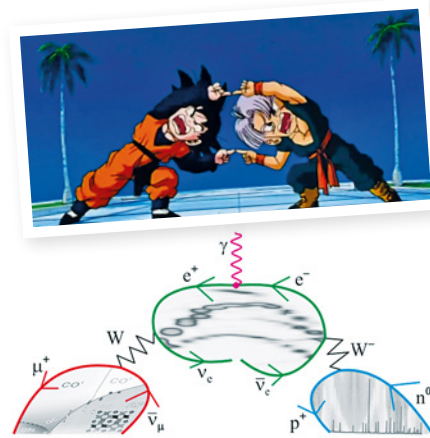
Själva idén med lågdimensionell magnetism är ganska simpel: Föreställ dig en vanlig kylskåpsmagnet (ferromagnet). Ta nu magneten och skär av lager efter lager tills du bara har ett par atomlager kvar, så att du i praktiken har gjort magneten tvådimensionell. Initialt kan man tro att magneten fortfarande är en ferromagnet eftersom vi enbart har ändrat antalet dimensioner från 3 till 2. Denna förändring är dock tillräcklig för att ändra egenskaperna så mycket att vi får ett mer komplicerat system – som kanske inte ens är magnetisk längre.

Lågdimensionell magnetism började studeras år 1920 när Wilhelm Lenz fö-



FIGUR 1 Lösningen av XXZ-modellen under påverkan av ett magnetfält (H) som en funktion av anisotropin (Δ). När Δ är 1 (eller -1) är materialet tredimensionellt och en ferromagnetisk (FM) eller en antiferromagnetisk (AF) lösning förväntas. När Δ ligger mellan dessa värden förväntas en fas som kallas *Tomonaga-Luttinger Liquid* (TLL). I mångkroppsfysik ligger ett stort fokus på att studera TLL-fasen. $K_2Cr_8O_{16}$, $K_2V_8O_{16}$ och $BaCo_2V_2O_8$ är några av de prover som Ola studerade i sin avhandling.

reslog en modell som idag är känd som *Isingmodellen*: en matematisk modell som beskriver en ferromagnet i ett endimensionellt system. Lenz konstruerade en modell bestående av diskreta variabler, som representerade det magnetiska spinn, och gav den som ett problem till sin student Ernst Ising. Genom att bara ta hänsyn till en dimension, det vill säga låta elektronspinn endast ha två diskreta värden ($+1$ och -1), kunde Ising lösa problemet och påvisa att en magnetisk fasövergång inte existerar i en dimension. Idag har modellen generaliserats och är känd som *Heisenbergmodellen*. I figur 1 syns fasdiagrammet för lösningen



FIGUR 2 Bilden på avhandlingens framsida är inspirerad av fusionscenen mellan Gohan och Trunks i den klassiska anime-serien *Dragon-ball* (infälld). Bilden inkluderar sönderfallsdiagrammet (också känt som *Feynman-diagram*) för en myon (till vänster, $\tau_\mu = 2,2 \mu s$) och en neutron (till höger, $\tau_n = 877 s$), samt en partikel-antipartikel annihilation. Myonen sönderfaller till en positron (e^+), en myonneutrino ($\bar{\nu}_\mu$) och en elektronneutrino (ν_e) medan neutronen sönderfaller till en elektron (e^-), en proton (p^+) och ytterligare en elektronneutrino (ν_e). I mitten av diagrammet finns en annihilation mellan en positron (e^+) och en elektron (e^-), vilket resulterar i en foton (γ). Alla partiklar som användes i avhandlingen är därmed inkluderade.

av Heisenbergmodellen för en dimension (vilket även kallas *XXZ-modellen*). Figuren inkluderar de förväntade faserna som en funktion av anisotropi (en egenskap som är relaterad till "dimensionen") och magnetfält, och några av de prover jag studerade i min avhandling är inkluderade i figuren.

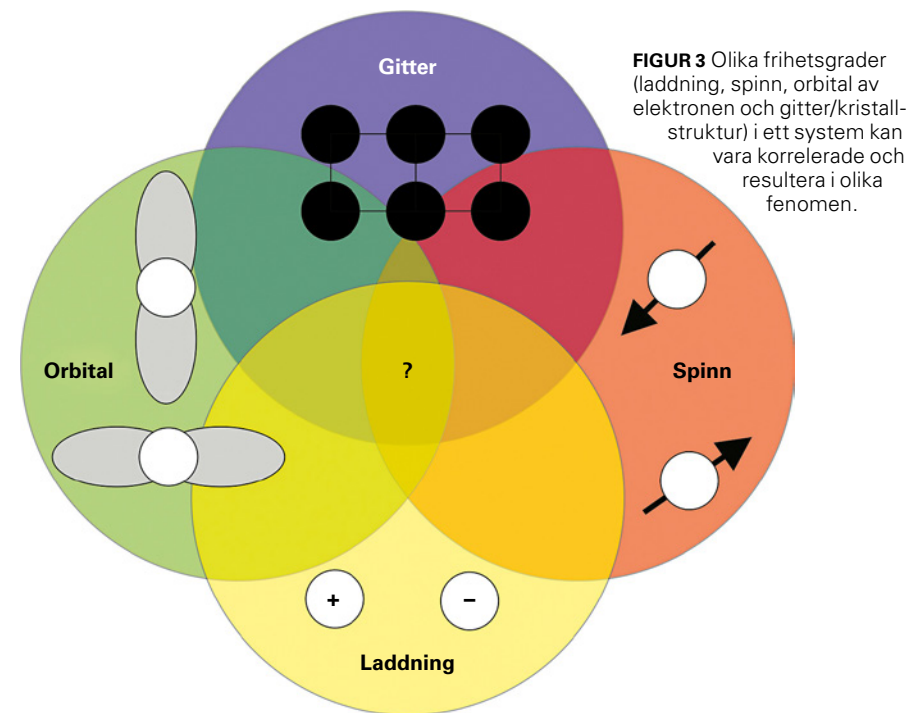
Merrin-Wagnerteoremet brukar anses vara det grundläggande teoremet inom området, och även anledningen till att begreppet lågdimensionell magnetism är så utbrett. Teoremet säger att ett system med ≤ 2 dimensioner inte kan ordna sig magnetiskt vid $T \neq 0 K$ – alltså att en ferromagnet inte kan existera i $\leq$ tvådimensionella system. Men bara för att ett material inte ordnar sig magnetiskt betyder det inte att systemet är ointressant. Tvärtom! Eftersom systemet inte längre ordnar sig magnetiskt kan det istället uppvisa nya materiatillstånd, egenskaper eller fenomen man tidigare inte har stött på. Ett sätt att uppnå lågdimensionell magnetism, förutom att fysiskt ändra på materialets dimension (som i exemplet ovan), är att studera

material med gitterstruktur (kristallstruktur) som naturligt har en lågdimensionell miljö. Detta var fokuset i min avhandling.

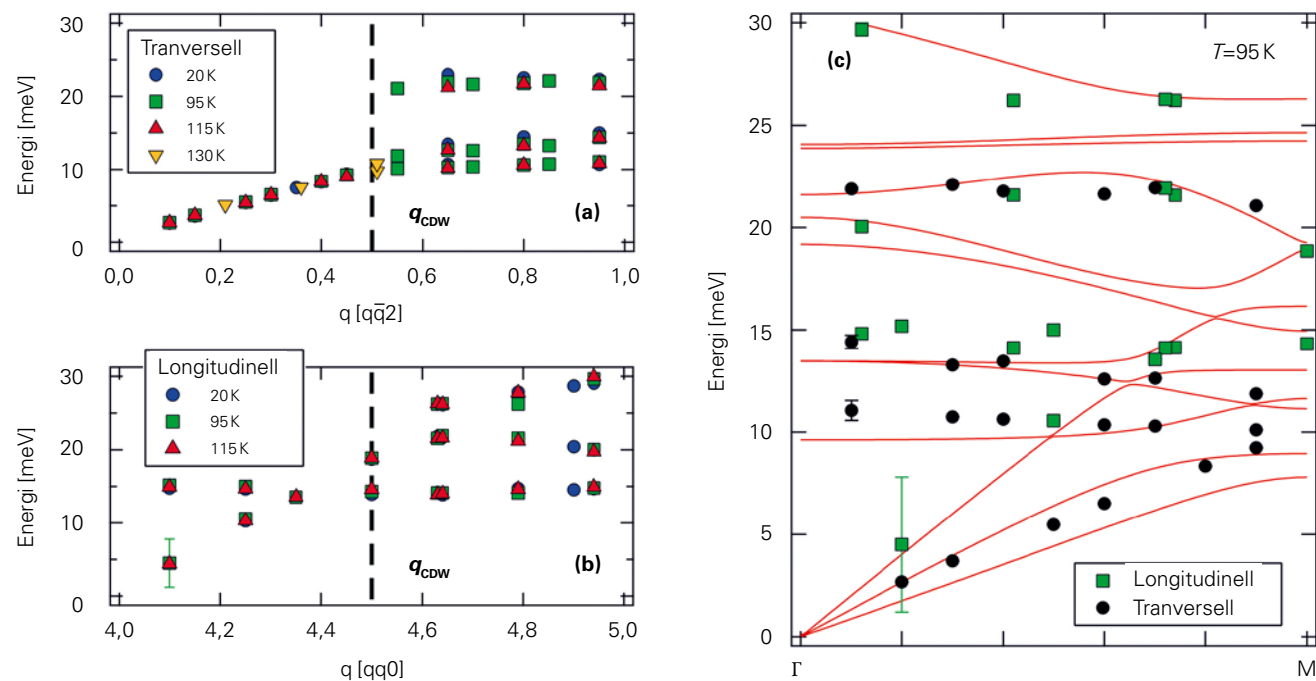
I MIN AVHANDLING har jag använt mig av olika partikelstrålar (myoner, neutroner och fotoner, se figur 2) för att studera korrelationer mellan elektroner med olika frihetsgrader i olika material (figur 3). Frihetsgraderna utgörs av olika fundamentala storheter, till exempel är spinn magnetiskt medan laddningen är elektrisk, och därför behöver man anpassa sin forskningsmetodik. Huvudsakligen växelverkar myonen med det magnetiska spinn, neutronen ser både gittret och spinn medan fotoner kan växelverka med laddningen och orbitalen. Genom att kombinera olika metoder kan man få pusselbitarna på plats och får en förståelse för var fysiken i materialen härstammar ifrån. Till exempel kan en samverkan mellan laddning och gitter resultera i en fasövergång. Generellt förstärks korrelationen mellan partiklar vid låga temperaturer i och med att de termiska fluktuationerna försvagas och kvantmekaniska fenomen förstärks, särskilt i lägre dimensioner. Så i mina studier har materialen kylts ner till $0,1 K$ ($-273,05^\circ C$) och

därmed låtit kvantmekaniska fluktuationer diktera hur systemet beter sig.

ETT AV FENOMENEN JAG studerade upptäcktes för ungefär 15 år sedan i ett endimensionellt prov och beskriver ett materials fasövergång från en metall till en isolator. Inom forskningen för korrelerade material finns det en hel del exempel på prover som genomgår denna typ av övergång. Det som är speciellt med just detta prov är att materialet även är en ferromagnet, något som inte verkar påverkas av övergången. Det finns en teori om metall-isolator-övergångar som kallas för *Hubbardmodellen*, som har lyckats förklara övergången i en mängd olika prover. Hubbardmodellen utgörs av två olika termer: en term som vill låta elektroner fritt hoppa omkring (och alltså beskriver ett metalliskt system) och en term som försöker få elektronerna att vara på sin plats (det vill säga beskriver en isolator). Genom att förstärka eller försvaga den ena eller den andra termen kan man åstadkomma en metall-isolator-övergång. Problemet är att denna teori inte innefattar metall-isolator-övergångar för ferromagneter. Det här har naturligtvis intresserat forskare världen över. Så småningom kom det vetenskapliga



FIGUR 3 Olika frihetsgrader (laddning, spinn, orbital av elektronen och gitter/kristallstruktur) i ett system kan vara korrelerade och resultera i olika fenomen.



FIGUR 4 Fononutbredningen mätt vid temperaturerna 20, 95, 115 och 130 K för (a) transversell och (b) longitudinell fononpolarisation. Mätningarna visar på fononenergin som en funktion av q (momentöverföring). (c) Uppmätt data vid 95 K (gröna och svarta punkter) jämfört med resultat från beräkningar (de röda heldragna linjerna). Om tidigare antaganden om samverkan mellan elektroner och fononer stämmer bör man förvänta sig en kondensering av fononerna vid q_{CDW} , vilket motsvarar M-punkten i figur (c). Datapunkterna vid och nära M förväntades alltså gå mot 0 meV.

► samfundet fram till att ferromagnetiska metall–isolator-övergångar drivs genom ett samarbete mellan elektroner och fononer (kristallvibrationer), och frågan ansågs därmed vara löst.

EFTERSOM DET INTE FANNS något konkret bevis för den här teorin var min idé att studera fononerna för att se om det verkligen är de som driver fram fasövergången. Genom att använda mig av tekniken *inelastic X-ray scattering* studerade jag hur fononerna utbreder sig i provet. Denna teknik är väldigt lik *inelastic neutron scattering*. Båda teknikerna utgår från att man först mäter den ingående energin på partikeln ifråga, för att sedan låta den kollidera med provet (vilket kallas för spridning) och till slut mäta den utgående energin från partikeln. Genom att kvantifiera energiförändringen och riktningen hos partikeln kan man förstå hur fononerna i provet vibrerar.

Förvånansvärt nog visade mina mätningar att fononerna inte hade något med metall–isolator-övergången att göra. Genom att noggrant mäta fononutbredningen vid olika temperaturer (figur 4)

kunde jag helt avvisa medverkan från fononerna. Om den tidigare idén om att det är en samverkan mellan elektroner och fononer som driver fram en metall–isolator-övergång för en ferromagnet stämmer så skulle man förvänta sig att fononen kondenserar till 0 meV vid M-punkten. M-punkten specificerar en särskild plats i det inventerade rummet, vilket i sin tur är Fouriertransformen av gitterstrukturen av provet. Det är dock ganska tydligt från figur 4 att en sådan kondensering av fononer inte äger rum, vilket också bekräftades av detaljerade DFT-beräkningar (de röda heldragna linjerna i figur 4). Istället för en samverkan mellan elektroner och fononer verkar det som om lokala elektronkorrelationer resulterar i valensfluktuationer, och dessa fluktuationer pressar kristallstrukturen till att driva fram en strukturell förändring. En sådan förändring, tillsammans med lokala elektronkorrelationer, resulterar i en ferromagnetisk metall–isolator-övergång.

JAG TYCKER FÖRSTÅS ATT det här är oerhört spännande, men du som läsare kanske undrar varför sådan här grundläggande

forskning om korrelerade material är viktig. Förutom att den ger en bredare förståelse för fysikens lagar så kan man faktiskt tillämpa fenomenen i olika uppfinningar. I dagsläget ligger ett stort fokus på forskning inom spinntronik, en teknik där man utnyttjar både elektronens laddning och dess ”spinn” i vardagselektronik vi använder hela tiden (du kan läsa mer om spinn i *Fysikaktuellt* nr 1/2021). Genom att utnyttja elektronens spinn, istället för bara laddningen som i traditionell teknik, är tanken att man mer effektivt kan skriva och skicka data. Därmed finns här en stor potential för till exempel kvantdatorer. Att utreda korrelationen mellan olika frihetsgrader är alltså oerhört viktigt för att framgångsrikt driva utvecklingen av spinntroniken och andra områden. Grundforskning, som den som beskrivs här, är alltså grunden för de modeller och data som vi använder för att förstå korrelationer i till exempel lågdimensionella system.

OLA KENJI FORSLUND
Chalmers tekniska högskola

En konstruktiv lek för att luska ut naturens hemligheter

Ola Kenji Forslund växte upp i Nagoya, Japan och kom till Borås först i tioårs-åldern. ”Min svenska var inte så bra, men jag kunde hålla på med siffror och matematik”, säger han om hur det kom sig att han blev fysiker.

Efter studentexamen flyttade han till Linköping för vidare studier, däribland ett utbytesår i Japan. Fysik och matematik var lockande, och 2015 drog han till partikelfysiklaboratoriet CERN för sitt examensarbete, att framställa antimateria (antiväte) och ta reda på om den beter sig som materia. Det blev experiment, möten med forskare från många länder, och ett sug att fortsätta med forskning. I Linköping hade Ola mött sin käresta, Ai Kuno, och de båda gav sig av till Stockholm där de kunde fortsätta med sina drömmar och intressen.

2016 FICK OLA en doktorandtjänst vid materialfysik på KTH. Programmet handlade om forskning för bättre batterier, men Ola hade fastnat för magnetismen och fortsatte på den vägen. I december 2021, när det var dags för opponering på avhandlingen, hade Ola redan gjort sig en forskarkarriär där han kunde redogöra för hur olika partiklar växelverkar med materialstrukturer i en, två och tre dimensioner. Hur förändras elektronernas växelverkan när vi går till lägre dimensioner? För att kunna ställa rätt frågor behövs myoner, neutroner, fotoner att undersöka de kvantmekaniska korrelationerna med. Ola bestämde att han måste kunna utnyttja laboratorier där dessa partiklar producerades. Det ledde till samarbeten i Kanada (TRIUMF, Vancouver), Japan (Spring-8, Sayo och J-PARC, Tokai), USA (SNS, Oak Ridge), Schweiz (PSI, Paul Scherrer Institute, Villigen), Frankrike (Institute Laue Langevin, ILL, Grenoble) och Storbritannien (ISIS, Didcot). Och för att



Ola Kenji Forslund

Uppväxt: Ola växte upp i staden Nagoya i Japan, där hans föräldrar jobbade som missionärer. De flyttade till Borås när han var 10 år gammal, och där stannade han tills han började studera i Linköping.

Bor nu: I en lägenhet i Solna med sin fru. Pendlar till Chalmers.

Fritidsintressen: Att spela volleyboll och TV-spel är intressen Ola har haft med sig sedan han var liten. De senare åren har han också börjat intressera sig för programmering. Hans hobbyprojekt inkluderar en automatisk tradebot – ett program som automatiskt köper/säljer värdepapper baserat på en algoritm – och ett storskaligt spel som han hoppas kunna släppa på spelplattformen Steam nästa år.

undersöka de växelverkningar som sker måste dessutom olika material tillverkas. På frågan om hur hans prover tillverkas svarar Ola: ”Samarbeten, bland annat med kemister, det finns många duktiga i till exempel Tyskland eller Japan”. Efter fyra–fem år av experiment presenterade han sin doktorsavhandling med 25 publikationer, något som skvallrar om den mångfald av samarbeten han byggt upp för att kunna genomföra sin forskning.

Hur har du hunnit med så mycket?

”Det går fort när man har analyserat data att skriva rapport, jag brukar börja skriva direkt vid experimentet.”

OLA TÄNKER SNABBT, det är alls ingen idé att vila på lagrarna, här sprudlar idéerna och nya experiment är på gång hela tiden. Forskningen är spännande, och Ola vill absolut fortsätta med den. Vad är, till exempel, universalitet i magnetismen? Att ställa frågor, hitta på hur de kan besvaras, och fullföra idéerna går snabbt för Ola. Det är som en konstruktiv lek mot det allra hemligaste i naturen.

Parallellt finns även lusten för datorspel och programmering. Bilden på framsidan av hans avhandling avslöjar hans rika fantasi: ett Feynmandiagram tillsammans med fusionsscenen från *Dragon ball* mellan Goten och Trunks! Ola ser framtiden komma med sin fru, deras väntande nya familjemedlem, och alla utmaningar och upplevelser som livet kan erbjuda. Och Ola är redan på gång med en postdoc tillsammans med en grupp vid Chalmers. ”Korrelerade system är intressant. Hur sker dessa korrelationer?”

Hans brokiga uppväxt har gett honom en utmärkt förmåga att växelverka med det internationella forskarsamhället och utveckla och bredda våra kunskaper om världen omkring oss. Vi önskar honom lycka till!

ELISABETH RACHLEW
Professor emerita, KTH

Hela laget på prispallen

Vid årets **internationella fysikolympiad** tog Sverige hem två brons och tre hedersomnämningen. Den fina trenden, inledd 2015, med spets och bredd håller i sig. Mycket beroende på den träning vi numera kan ge deltagarna tack vare det ekonomiska stöd vi får från Skolverket och Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond.

Olympiaderna 2020 och 2021 anordnades på distans på grund av covid och årets, som skulle gått i Minsk, fick ställas in när Ryssland invaderade Ukraina. Dystert läge, som dock ljusnade, när Schweiz med kort varsel (30 april) erbjöd sig att anordna en olympiad, fast på distans. I likhet med vissa idrottsgrenar bestämdes att deltagare från Belarus och Ryssland endast fick delta under neutral flagg.

En enastående insats av Schweiz som på drygt två månader, mot normalt drygt två år, lyckades anordna en olympiad, visserligen på distans. Loggan, inspirerad av James Webb-teleskopet, valdes för att illustrera det samarbete med ett flertal IPhO-engagerade, som möjliggjorde tävlingen.

Nytt grepp

De två föregående olympiaderna har genomförts via Zoom, där deltagarna antingen suttit hemma eller samlats nationellt. Då missas umgänget med de andra nationerna, och för att uppfylla mottot i stadgarna "the aim of enhancing the development of international contacts in the field of school education in physics", togs i år två initiativ. DESY bjöd in Tjeckien, Danmark, Estland, Tyskland och Slovenien att samlas i Hamburg. Schweiz (!) bjöd in Belgien, Frankrike, Island, Israel, Luxemburg, Sverige och Österrike att samlas i Danmark (!).

Någon mil utanför Sæby på Jylland bodde vi på en sommartom internatskola med dusch och toalett i korridoren. Studenterna hjälpte till med städning och



Teoriprov för 40 studenter. På golvet syns datorerna som användes vid simuleringen.

matlagning till drygt 60 personer, och ledarna hjälpte till att möblera och att vakta i skrivsalen. Det lilla formatet bidrog till att lag och ledare kunde umgås mer än vad som normalt är möjligt. Totalt deltog i hela olympiaden 368 studenter från 75 länder.

Uppgifterna

Vid olympiaden 2021 skickades den experimentella utrustningen ut till deltagarländerna. Den korta förberedelseiden i år innebar att experimentell utrustning inte hann tas fram, än mindre skickas ut. De experimentella uppgifterna genomfördes därför med simulering.

I den första uppgiften tänktes studenten befinna sig på en okänd planet och skulle bland annat bestämma planetens radie, gravitation, massa och atmosfärens tjocklek.

Som av en händelse fanns där, som i Pisa, ett torn. En promenad bort tills tornet precis syntes gav planetens radie. Galilei lär ha släppt två olika klot från samma höjd. Sedan dess har utvecklingen

gått framåt och studenten kunde variera fallhöjden, klotets radie och densitet, och slapp dessutom bära upp klotet inför varje nytt försök. Programmet gav falltiden och det horisontella avståndet från startpunkten till nedslagsplatsen. Det blåste också en vind horisontellt och det gällde att beräkna vindens fart, atmosfärens molmassa, densitet och tjocklek, samt lufttrycket vid tornets fot. Det gällde också att avgöra vilken storhet som påverkade beräkningen av planetens massa mest av luftmotståndet, corioliskraften, centrifugalkraften, variationer i tyngdaccelerationen beroende på höjd eller relativistiska korrekationer.

I den andra uppgiften gavs ett uttryck för strömmen i en vakuumdiod, som funktion av spänning, radie på kollektorn och längd på emittern, samt en faktor som berodde på kvoten mellan radierna för kollektor och emitter. De tre storheterna hade vardera en exponent som skulle bestämmas. Faktorns värde skulle beräknas för fallet att kollektorns radie var 10 gånger emitterns radie. Slutligen skulle inverkan på faktorn av olika värden på kollektorns radie och rörets längd bestämmas. Till alla experimentella svar begärdes ovanligt nog feluppskattning.

I den första teoriuppgiften skulle studenterna hitta ett magnetfält kring magneter av olika geometrier och konfigurationer. Därefter skulle fältlinjer och krafter redovisas när en magnet befann sig i olika positioner mellan mellan två ferromagnetiska plattor. På foton visades horisontellt magnetiserade kulförmiga

magneter i två tvådimensionella gitter, det ena kvadratisk (= fyra närmsta grannar) och det andra hexagonalt (= sex närmsta grannar). Energin för att lyfta en kula begärdes, och huruvida konfigurationen simulerade antiferro- eller ferromagnetism.

James Webb-teleskopets första bilder publicerades under olympiaden (läs mer om dem på sidan 20). Påpassligt efterfrågades för teleskopet i den andra teoriuppgiften bland annat storleken på avbildningen av närbelägen röd jätte, diametern på diffraktionsmönstrets centralmaximum, och den temperatur bilden av stjärnan skulle få om CCD-kameran inte kylde.

Ur en graf med mörkströmmens temperaturberoende begärdes temperaturen på en precis detekterbar fotonkälla. Osäkerheten som beror på utläsningsbrus, mörkström och fotonräkning skulle uppskattas. Vid given temperatur skulle den fotonström beräknas som var en faktor 10 större än osäkerheten, samt intensiteten på primärspiegeln. IR-känsliga CCD:er måste operera vid låga temperaturer, och genom placeringen i Langrangeunkten L2 är solskyddet hela tiden riktat mot solen. Skyddet består av fem tunna, separerade skikt som avger och tar emot strålning, samtidigt som strålning flödar ut mellan skikten. Sammantaget begärdes uttryck och numeriska värden för temperaturen på första och femte skiktet, givet solarkonstanten.

För att kyla CCD:n till behövliga 7 K utnyttjas Joule-Thomson-effekten. Frågan var om inre energi, temperatur, entropi, tryck och volym minskat, varit lika eller ökat, efter att en mol helium passerat pluggen. I en graf där inre energin per massa ges som funktion av volym per massa visas isotermer och isentroper för helium. Givet volym och temperatur efter passagen efterfrågades temperatur och tryck före passagen.

Ett nytt grepp, *skalningslagar*, var temat för den tredje teoriuppgiften. Ett spagettistrå stöddes på mitten och var 50 cm långt innan det brast under sin egen tyngd, när dess diameter är 1 mm. Hur mycket längre kan strå vara om diametern är 1 cm?

Två cylindriska sandslott med korn-



Den lokala utdelningen av bronsmedaljer. Från vänster: Hubert Leroux (Frankrike), David Mörtberg, Adrian Serrano Capatina (Schweiz) och Joel Westerling.

storlekar som skiljer sig med en faktor 10 skulle jämföras avseende ett vertikalt tryck. Det grovkorninga sandslottet tålde 10 N, så vad tålde det finkorninga?

Ett rymdskepp far i väg med den upplevda accelerationen 10 m/s^2 . Passagerarna måste hinna tillbaka inom en förväntad livstid på 50 år. Skeppet måste då vända efter distansen d , men om accelerationen ökas till 15 m/s^2 hinner skeppet d' . Bestäm kvoten d'/d .

Ett träklot med viss diameter skulle utan friktion kunna guppa i vatten med frekvensen ω_0 , men på grund av friktionen blev frekvensen $0,99\omega_0$. Hur liten diameter kan ett träklot ha för att överhuvudtaget kunna guppa?

Uppgifterna finns på ipho2022.com/exam-problems.



De svenska deltagarna med isbjörnsmaskoten *Sven*. Från vänster: Bo Söderberg, Joel Westerling, Erik Bryland, David Mörtberg, Isak Fleig, Alve Lindell, Oskar Vallhagen och Max Kesselberg.

Svårt så det förslog

Efter en viss tillnyktring under de senaste olympiaderna var årets upplaga åter kanonsvår. För guld räckte knappt hälften av möjliga poäng. Bästa nation var Kina, där sämsta kines hade mer än fem poäng mer än bästa icke-kines på sjätte plats. I Europa kom Rumänien främst och i Norden var Sverige bäst, fast Finland och Norge deltog inte. I vårt lag fick David Mörtberg och Joel Westerling från Rosendalsskolan i Uppsala varsitt brons, samt Erik Bryland från Polhemskolan i Lund, Isak Fleig från Minerva gymnasium i Umeå och Alve Lindell från Spyken i Lund varsitt hedersomnämmande.

Avslutningsceremonierna brukar vara pampiga tillställningar. På distansolympiader kan medaljer och hedersomnämningen givetvis inte delas ut, utan skickas ut senare. På internatskolan var ceremonin visserligen enkel, men ändå mer handfast än vid de föregående åren.

Om inget lika lömskt som det som hemsökt världen de senaste åren dyker upp, kommer Japan att arrangera Fysikolympiaden juli 2023.

Bo SÖDERBERG, OSKAR VALLHAGEN
OCH MAX KESSELBERG
lagledare



Ljubljanas skyddande drake vakar över de svenska deltagarna, från vänster: Max Kesselberg, Anne-Sofie Mårtensson, Erik Bryland, Demian von Below, Emil Scharin, David Mörtberg och Oskar Brännholm.

FOTO: ANJA LUKSIC

EuPhO 2022

Svenskt silver i Ljubljana

Det svenska laget gjorde en fin insats på **årets europeiska fysikolympiad** och fick med sig två medaljer och ett hedersomnämnannde hem: silver till David Mörtberg från Rosendalsgymnasiet i Uppsala, brons till Oskar Brännholm från Björknäsgymnasiet i Boden samt hedersomnämnannde till Emil Scharin från Polhemskolan i Lund.

Den europeiska fysikolympiaden EuPhO arrangerades i år i Sloveniens vackra huvudstad Ljubljana. Hela 182 gymnasister från 37

nationer deltog i denna den sjätte upplagan av tävlingen. När IPhO återigen tvingades ut på distans (se sidorna 16–17) lockade den europeiska tävlingen till

såväl utomeuropeiska lag, däribland Vietnam, Mexiko och Saudiarabien, som europeiska lag som inte deltagit tidigare, bland annat alla våra nordiska grannar.



FOTO: VOJKO OPALKAR

Det blev ett synnerligen koncentrerat mörkrumsarbete när EuPhO-deltagarna tog itu med årets experimentella uppgifter.

Och ingen kunde bli besviken, organisatörerna med Jurij Bajc and Barbara Rovšek i spetsen bjöd på en helt igenom välarrangerad och gemytlig olympiad under både tävlingsdelen och kringarrangemanget.

Tävlingsuppgifterna

Själva tävlingsdelen bestod som vanligt av en experimentell och en teoretisk del. I år var den experimentella delen en mörklagd men mångfacetterad historia som erbjöd utmaningar på alla svårighetsnivåer. Utrustade med en spänningskälla, färgfilter, ljusmätare, IR-termometer, gradskiva, en svart IR-absorberande plastskiva och en vit dito, samt en LED- och en glödlampa gavs de tävlande tre olika uppgifter att lösa:

- Hur ser sambandet ut mellan pålagd spänning och temperatur för glödlampans volframtråd?
 - Hur ser sambandet ut mellan konsumerad elektrisk effekt och belysning för de båda lamporna?
 - Vilken albedo har den vita plastskivan?
- Som traditionen på EuPhO bjuder gavs få ledtrådar för hur man kunde gå till väga, och att komma på att ljuskällornas riktningensberende borde undersökas var det inte många som hann med att lista ut.

I den första av de tre teoriuppgifterna presenterades en lite annorlunda variant

av en harmonisk oscillator: med vilken period svänger en flytande cylinder som förmås guppa upp och ner i en vätskefylld liten bägare?

Den andra uppgiften handlade också om oscillationer, men nu termiska sådana. I en krets har en resistor som genomgår en temperaturberoende fasövergång kopplats i serie med en spole och en spänningskälla. Om den pålagda spänningen ligger inom ett visst intervall kommer då resistor-materialets fas, och därmed resistorns motstånd, att regelbundet växla från ett läge till ett annat. De tävlande fick i uppgift att, givet vissa parametervärden, bestämma perioden för denna svängning.

I den sista teoriuppgiften hade en dipol placerats i ett likformigt magnetfält. Fyra olika situationer presenterades, och för var och en fanns en uppgift att lösa: hur rör sig dipolen initialt om dess hastighet inte ändras, om dess masscentrum ska röra sig i en cirkel, om den ska börja backa, och var finns den asymptot som dipolens masscentrum närmar sig givet vissa villkor?

Fint svenskt resultat

Segrade gjorde Vlad-Stefan Oros från Rumänien som tog full pott på teori-delen och fick 42 av möjliga 50 poäng på tävlingen som helhet. Det svenska laget

gjorde en fin insats med en silvermedalj till David Mörtberg från Rosendalsgymnasiet i Uppsala som kronan på verket.

– Jag gillar formatet på EuPhO-uppgifterna med ”stora” frågor och inte så många delfrågor, säger David. Man får helt enkelt lista ut det mesta själv. Experimentdelen var extra rolig, den krävde en del klurande och jag är riktigt nöjd med sista delen där jag fick fram bra mätvärden. Bland teoriuppgifterna var tvåan, den med den oscillerande resistorn, min favorit.

– I mars nästa år ska jag in i lumpen, och i väntan på det blir det lite ekonomikurser. Men efter militärtjänsten blir det med största sannolikhet en fortsättning på fysikspåret och läsa teknisk fysik någonstans!

Hela resultatlistan finns på tävlingens hemsida, eupho2022.si, där man också hittar filmklipp från olympiaden och länkar till tävlingsuppgifterna. Vi tackar Skolverket och Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond för det ekonomiska stöd som gör deltagandet i olympiaden möjligt.

MAX KESSELBERG OCH
ANNE-SOFIE MÅRTENSSON
lagledare



En jämförelse mellan en bild av galaxhopen SMACS 0723 tagen av Hubble-teleskopet 2017 (till vänster) och motsvarande område avbildat av James Webb (till höger). En del av galaxerna syns förvrängda och bågliknande vilket beror på att gravitationen från galaxhopen förvränger ljuset från bakomliggande objekt. De sex "strålarna" som ser ut att komma från stjärnorna på bilden från James Webb beror på diffraktion i de hexagonala speglarna.

Universum i nytt ljus

Den 12 juli släpptes de första "riktiga" bilderna från **James Webb Space Telescope (JWST)**. Det rör sig om "Early Release Observations" (EROs) av ett antal astronomiska objekt för att demonstrera vad JWST kan göra och ge forskarsamfundet demonstrationsdata att öva sig på inför de mer ambitiösa observationsprogram som strax därefter började utföras.

De astronomiska objekt som observerades var en galaxhop (SMACS 0723), Stephans kvintett (en grupp av växelverkande galaxer) ett område i Carinanebulosan där nya stjärnor bildas, den södra ringnebulosan (NGC3132, en nebulosa skapad av en döende stjärna) och WASP-96b (en exoplanet, det vill säga en planet kring en stjärna utanför vårt eget solsystem). Bilder och spektrogram togs för de olika objekten, och alla vetenskapliga instrument på JWST testades.

ATT JWST ÄR ETT viktigt projekt visades inte minst då bilderna av SMACS 0723 presenterades redan på kvällen den 11 juli vid en livesänd presskonferens där USA:s

president Joseph Biden, vice president Kamala Harris och chefen för NASA medverkade.

MAN KAN JÄMFÖRA med Hubble-teleskopet. ERO-bilderna av SMACS 0723 når redan längre ut i universum än Hubbles djupaste bilder, trots en bråkdel av observationstiden, och vetenskapliga manuskript som beskriver galaxer som kanske är mer avlägsna än vad som någonsin observerats har redan cirkulerats. Betydligt längre exponeringar av det avlägsna universum kommer att tas under det kommande året, så spektakulära resultat kan emotses.

Flera svenska astronomer är starkt involverade i olika projekt på JWST som

undersöker närbelägna objekt, som exoplaneter, till objekt i det avlägsna universum. Sverige har också med hjälp av stöd från KAW och Rymdstyrelsen bidragit till konstruktionen av MIRI (Mid Infrared Instrument), det av JWST:s instrument som kan se längst ut i det infraröda våglängdsområdet, och svensk industri har också bidragit till JWST:s konstruktion.

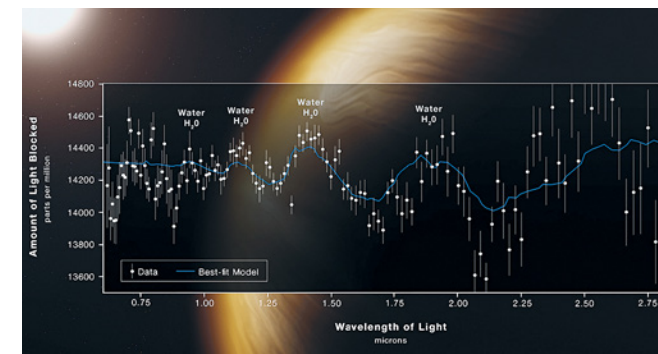
GÖRAN ÖSTLIN
Astronomi, Stockholms Universitet

Läs mer

Du kan läsa mer om James Webb-teleskopet och de svenska bidragen till det i [Fysikaktuellt nr 4/2021](#).



Stephans kvintett, en grupp av växelverkande galaxer i Vintergatans närhet. När galaxerna kolliderar skapas nya stjärnbildningsområden som kan ses som den röda emissionen i bilden.



När en exoplanet passerar framför en stjärna kan man undersöka atmosfärens sammansättning hos exoplaneten. Spektrogrammet ovan av WASP 96b visar bland annat vatten i dess atmosfär. Ett av JWSTs viktigaste projekt är att undersöka atmosfärer hos exoplaneter och att hitta planeter där liv (så som vi känner det) skulle kunna vara möjligt.



Ett kosmiskt landskap, Carina-nebulosan, avildad med JWST. I rött/brunt syns stoftmoln inom vilka nya stjärnor bildas. I blått ses områden där den molekylära gasen från vilken stjärnor bildas fotodissocieras av UV-strålningen från unga stjärnor.

Vad gör de egentligen på FOI?

Sedan slutet av februari i år har säkerhetspolitiska **forskare från FOI** haft en framträdande roll i media för att kommentera och förklara utvecklingen av kriget i Ukraina. Som många säkert känner till har FOI också omfattande verksamhet inom ett flertal tekniska och naturvetenskapliga forskningsområden. Bland forskarna finns civilingenjörer, fysiker, kemister, statsvetare och många andra.

FOI, eller Totalförsvarets forskningsinstitut som är det fullständiga namnet, är en myndighet under Förvarsdepartementet. På FOI bedrivs forskning inom ett brett spektrum av områden, från säkerhetspolitik och försvarsekonomi till cyberförsvar, sensorer, vapen och undervattens teknik. Ungefär 80 procent av FOI:s verksamhet är teknisk-naturvetenskaplig. FOI:s forskningsområden speglar behoven för den långsiktiga utvecklingen av försvarets förmåga. Övergripande handlar det om att förstå vad som händer i omvärlden och vad detta innebär i form av hot och behov för den egna förmågan. På ett mer konkret plan handlar det om att kunna se men inte synas, höra men inte höras och att kunna verka samtidigt som man har ett så bra eget skydd som möjligt. Samtidigt ska man kunna leda och kommunicera mellan olika enheter i olika miljöer och få fram förnödenheter där de behövs. Allt medan man förhåller sig till den pågående tekniska utvecklingen och agerar inom de regelverk som finns.

På FOI är huvuddelen av forskningen tillämpad, forskningen är alltså inte i huvudsak fokuserad på ämnesutveckling i sig utan användning av resultat och metoder inom olika tillämpningsområden. Forskningen är ofta multidisciplinär, eftersom syftet är att undersöka tillämpade frågeställningar som inte är begränsade till en specifik vetenskaplig disciplin.

Bland fysikerna på FOI finns både teoretiker och experimenter med många



FOI: Totalförsvarets forskningsinstitut

Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI (www.foi.se), är ett av Europas ledande forskningsinstitut inom försvar och säkerhet.

FOI:s uppdragsgivare finns inom försvaret och andra myndigheter samt bland kommuner och företag.

FOI har ca 1 000 anställda varav ungefär 800 forskare, där 40 procent har forskarutbildning.

olika specialiteter: atom- och molekylfysik, beräkningsfysik, plasmafysik, materialfysik, kondenserade materiens fysik, kärn- och partikelfysik, rymd- och atmosfärfysik med mera.

MEN VAD JOBBAR EGENTLIGEN fysiker med på FOI? Det finns inget entydigt svar på den frågan, det beror på vem man frågar. För att besvara frågan lite mer generellt så pratade jag med ett antal fysiker som arbetar på FOI, och jag ska nu försöka ge både en generell bild och några mer specifika exempel.

Vissa fysiker jobbar inom eller nära sina egna specialistområden. Det gjorde jag själv under flera år, när jag arbetade med kärnvapenfrågor. Inom detta område jobbar flera kärnfysiker, men också atom- och molekylfysiker och teoretiska fysiker. Ett exempel inom detta område är ett system för detektion av ädelgaser som emitteras vid kärnvapendetonationer – SAUNA (läs mer i *Forskning och framsteg* nr 6, 2020 "Vässad svensk teknik avslöjar kärnvapen") – som bygger på forskningsresultat från FOI. Fysiker och andra forskare vfrån FOI stödjer också regeringskansliet med teknisk expertis i olika nedrustningssammanhang.

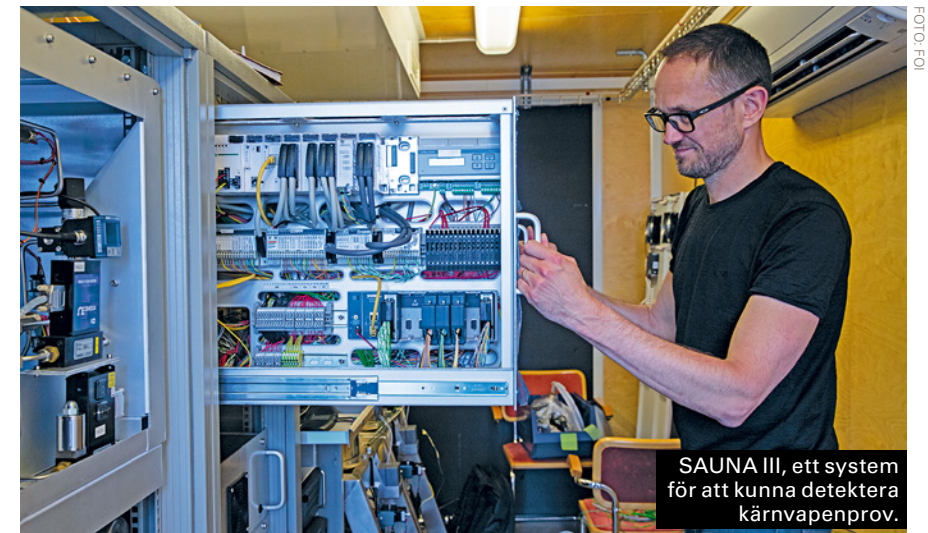
Andra exempel är forskare inom plasmafysik som arbetar med elektromagnetiska vapen som bygger på kunskaper inom elektrodynamik och plasmafysik. Det handlar bland annat om att generera mycket kraftig mikrovågsstrålning med elektronrörsteknik, genom att accelerera elektroner till relativistiska hastigheter som får interagera med en resonant kavitet. Att beskriva den mycket höga laddningstätheten och de höga hastigheterna är ett komplicerat och olinjärt problem.

Inom sensorområdet arbetar fysiker bland annat med laserteknologier och lasersystem där en aktuell fråga handlar om hur atmosfären (turbulens) påverkar olika typer av laserbaserade sensorsystem för fjärravkänning och avbildning och hur experimentella resultat från en komplicerad fältmiljö kan förklaras med teoretiska

modeller. Både teoretiska fysiker och experimenter jobbar också med sensorfrågor och signaturer inom undervattensområdet. En viktig fråga inom detta område är att mäta, modellera och minimera signaturer från farkoster, exempelvis ubåtar, för att minska sannolikheten för upptäckt. Detta kräver god kännedom om den fysiska bakgrunden, möjlighet att modellera plattformar och utsända signaler samt att kunna mäta mycket svaga signaler. Att undersöka elektromagnetiska signaturer från fartyg har flera utmaningar. Dels är fartyg oerhört komplexa och har en mängd olika elektromagnetiska källor, dels är vågutbredning i ledande havsvatten mycket olik, och långt mer komplex, än den man är van vid från luft och fri rymd. Detta har stor påverkan på vad sensorerna mäter.

FÖR ANDRA INNEBÄR forskningen på FOI att de får tillämpa sina kunskaper från grund- och forskarutbildning inom nya områden. En sådan fråga handlar exempelvis om modellering av komplexa system-av-system. Forskare på FOI arbetar med hur man kan knyta ihop modeller av olika delsystem, som exempelvis sensorer, robotar, stridsdelar och kommunikationssystem till en helhet, en modell av ett komplext fysikaliskt system. Forskningen handlar då om hur man hanterar ett stort antal variabler i en kvantitativ analys av sådana system och vilka förenklingar man kan göra i modeller av verkligheten utan att tappa viktig information. Detta är centralt för att kunna göra förutsägelser om hur systemen som helhet fungerar i en verklig miljö.

Jag passade också på att ställa frågan om vilken nytta man rent allmänt har av sin forskarutbildning i sitt arbete på FOI. Det första som nästan alla lyfter fram är vetenskapligt förhållningssätt och vetenskaplig metod, med strävan efter transparens, spårbarhet och en argumentation som hänger ihop. Till detta hör också att hålla sig à jour med sitt forskningsområde genom att följa aktuell forskningslitteratur och andra grupper framsteg/aktiviteter. Och förstås att kunna skriva vetenskapliga artiklar, presentera sitt arbete och att samarbeta med andra forskargrupper.



SAUNA III, ett system för att kunna detektera kärnvapenprov.



Experiment med undervattenssensorer i kontrollerad miljö.



Försök med raketmotorer vid FOI i Grindsjön.



Varningsskyltar är ingen ovanlig syn.

Forskarutbildningen har också gett en grund för problemlösning, där en generell förståelse av fysik är till stor hjälp för att lösa andra typer av problem och för att hitta olika lösningsalternativ. Detta handlar bland annat om konsten att snabbt skapa en bild av storleksordningar och vilken fysik som är mest relevant för att beskriva ett komplext, multidisciplinärt problem. Man har också fått en känsla för vad som är tillräckligt bra i en given situation. Det är viktigt att kunna avsluta projekt även om man känner att man inte har nått hela vägen fram så länge som det är tillräckligt bra för den tänkta tillämpningen.

Avslutningsvis – vad tycker fysiker om att jobba på FOI? FOI är en miljö där fysiker som är sugna på att bredda sig kan hitta många intressanta frågeställningar – det finns både expert- och generalistroller. Man har också stora möjligheter att vidareutveckla sin kompetens till nya områden. Behovet av FOI:s forskning ökar sedan flera år tillbaka och därför behöver FOI rekrytera många nya medarbetare, bland annat fysiker.

KATARINA WILHELMSEN
Forskningsdirektör på FOI

Eva von Bahr och
Lise Meitner
i Berlin.

Från Berlin till Brunnsvik

Eva von Bahr (1874–1962) gick inte den rakaste vägen till fysiken, men trots det gjorde hon mycket framgångsrikt karriär i Uppsala och Berlin, innan hon på grund av dåtidens motstånd mot kvinnor att inneha så kallad fullmaktsprofessur övergav fysikerbanan för sin ursprungliga plan – att bli folkhögskollärare.

Eva von Bahr växte upp i en välbeställd högreståndsfamilj i Uppsala, och kom först att utbilda sig i hushålls ekonomi. Hon var dock aldrig särskilt rodd av detta och efter ett par år reste hon till folkhögskolan i Askov i Danmark. Där trivdes hon storligen, särskilt med studierna i matematik och fysik. Hemkommen läste hon vid Stockholms högskola innan hon började sina studier vid Uppsala universitet vid 27 års ålder. Sju år senare var hon disputerad i fysik. Det normala hade då varit att söka sig till lärarbanan, särskilt som just det hade varit hennes ursprungliga plan. Men ett gott betyg på hennes avhandling, hennes omvittnat

goda samarbete med professorn Knut Ångström (1857–1910), samt ett ledigt docentstipendium möjliggjorde en fortsatt forskarbana för henne. von Bahr blev på detta sätt den första kvinnan i Sverige med fysikdocentur.

VAD VAR DET DÅ för fysik som hon arbetade med? Eva von Bahr var experimentalist och avhandlingen som försvarades i Uppsala den 14 december 1908 bar titeln *Über die Einwirkung des Druckes auf die Absorption ultraroter Strahlung durch Gase*. Detta var ett för tiden typiskt intresseområde, där vakuumteknik möjliggjort spektralstudier av gaser av olika tryck.

Avhandlingen publicerades i sammandrag i *Annalen der Physik*, vilket tillsammans med andra publikationer i främst tyska fysiktidsskrifter gjorde att hennes arbete med gasers absorption av strålning blev känt utanför Sverige. Detta bidrog till att hon fick möjlighet att resa till Heinrich Rubens (1865–1922) i Berlin för att bedriva vidare forskning om framför allt vattenångans absorptionspektrum, där hon gjorde upptäckten att dess absorptionsband inte var kontinuerligt. Utifrån sina mätningar av först vattenångans absorptionsband och senare andra enklare gaser fann von Bahr att det inte gick att behandla resultaten utifrån

klassisk teori. När hon stötte på en uppsats av Niels Bjerrum (1879–1958) med en teori om molekylernas absorption där molekylernas rotation tänktes till viss del kvantifierad insåg hon att hennes resultat överensstämde med danskens teori. Resultaten, som var möjliga tack vare den goda experimentutrustningen och hennes noggrannhet, presenterade hon i juli 1913 på ett kollokvium i Berlin med flera blivande Nobelpristagare som åhörare och det rönt så pass stort intresse att diskussionen efteråt innebar att det andra föredraget fick ställas in.

I Berlin kom von Bahr även att samarbeta med James Franck (1882–1964) och de publicerade ett arbete tillsammans. Men ännu mer betydelsefullt var att hon i Berlin lärde känna den fyra år yngre österrikiskan Lise Meitner (1878–1968). De två blev goda vänner och kom att behålla kontakten i alla år.

DET VAR INTE BARA i Berlin von Bahrs resultat uppmärksammades. Niels Bohr (1885–1962) skrev i slutet av 1915 till C.W. Oseen (1879–1944): "E. v. Bahrs Arbejder næsten synes at give directe Bevis for Kvantelovene, eller i hvert Tilfælde for Umuligheden af at behandle Molekylernes Rotation ud fra noget der ligner sædvanlig Mekanik." Ett par år senare, när Bohr för första gången var föreslagen till Nobelpriset, kan man i det årets sammanfattande rapport läsa om von Bahrs experiment, vilka kommenterades med "i hufvudsak för qvanthypotesen gynnsamt resultat."

Så von Bahr rönt stor internationell vetenskaplig framgång, men det politiska läget fick henne att omprioritera. I ett brev till Oseen den 30 mars 1914 var den liberalt sinnade von Bahr rosenrasande på Bondetåget och den efterföljande konstitutionella krisen. Hon skrev att blir det politiskt än värre "då vänder jag definitivt vetenskapen ryggen. Då gör man mer nytta i en ställning, där man har tillfälle att påverka ungdomen." När även hennes mor dog våren 1914, blev beslutet att anta en lärartjänst det självklara valet. Eller som hon skrev i sin självbiografi: "det var med tanken på folkhögskolan jag börjat mina studier och det var med glad

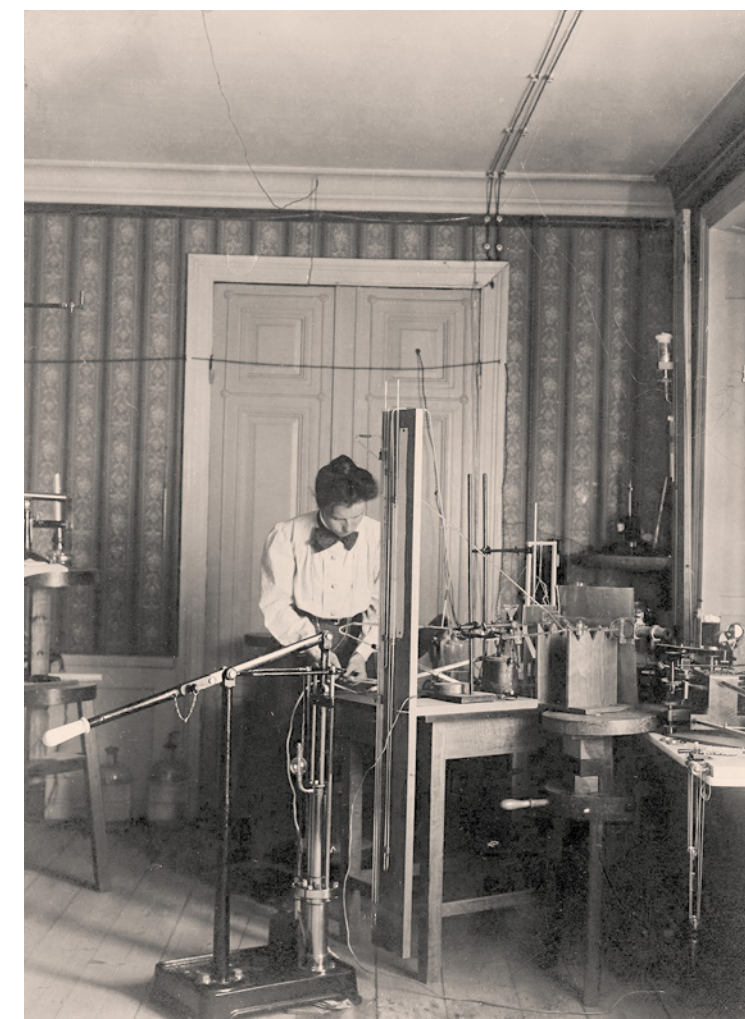


FOTO: KVA

Eva von Bahr
arrangerar sitt
experiment i
Uppsala

förväntan jag nu beredde mig att lämna Uppsala och bosätta mig i Brunnsvik."

HON TRIVDES I BRUNNSVIK, tog aktivt del i skolans arbete och stannade ända till 1927. Hon byggde ett eget hus på området och gifte sig 1917 med Niklas Bergius (1871–1947), lärare på skolan i filosofi och kulturhistoria. Bergius var avhoppad jesuit och von Bahr kom att intressera sig mer och mer för katolicismen. Paret Bahr-Bergius kom att fungera som mentor för författaren Dan Andersson (1888–1920), som var elev på skolan, men stöttade även själva skolan ekonomiskt. Från Brunnsvik flyttade paret senare till Bergius hemtrakter i Kungälv. Och det var där, efter att paret Bahr-Bergius 1938 bjudit sina vänner på en stadig julkul-lunch, som Lise Meitner och Otto Robert Frisch (1904–1979) fann sig tvungna till

en vinterpromenad för att smälta maten. På denna tur redde Meitner och Frisch ut kärnfissionens natur

Efter makens död flyttade von Bahr tillbaka till Uppsala och skänkte då villan hon och maken byggt till den lokala folkhögskolan. Omsorgen om folkhögskolorna låg henne varmt om hjärtat.

KARL GRANDIN
Centrum för Vetenskapshistoria, KVA

Läs mer

Eva von Bahr, "On the Quantum-theory and the Rotation-Energy of Molecules", *Phil. Mag.* S. 6 Vol. 28 No 163 July 1914, 71–83.

Hedvig Hedqvist, *Kärlek och kärnfysik: Lise Meitner, Eva von Bahr och en vänskap som förändrade världen* (2012).

Staffan Wennerholm, "I fysikforskningens utkant: Eva von Bahrs vetenskapliga gemenskaper 1909–1914", *Lychnos* (2007), 7–41.

Iskall fysik



Vad passar bättre en varm sommardag än en kall, sammetslen emulsion som innehåller både dispersion och skum, där faserna fast, flytande och gas samsas om platsen och fasövergångar är en central del av både njutningen och tillverkningen – det är såklart **den underbara glassen** vi pratar om.

Rätt tillverkad, så att iskristallerna inte hunnit växa sig för stora, är glass den perfekta desserten en sommardag. Här ska vi titta lite på glassens fysik (och om vi ska vara helt ärliga – en gnutta kemi också) och presentera några roliga experiment och välsmakande demonstrationer.

Om det verkligen var Marco Polo som tog glassen till Europa får vi låta vara osagt, men att ursprunget till dagens glass antagligen är inspirerat av snö smaksatt med vin eller fruktsaft och honung låter troligt. Det går fortfarande att köpa en "snow cone" eller "shaved ice" på många håll i världen, där man skrapar av is från ett isblock och smaksätter med någon fruktsirap (ofta också med ordentligt med färgämnen). För att få en lenare konsistens behöver vi dock tillsätta både fett och luft.

Det första receptet som påminner om

dagens glass kommer från England där det beskrivs hur man kan frysa in (sötad) grädde, fortfarande heter glass *ice cream* på engelska. Om vi bara ställer in grädde i frysen kommer vi att få en hård klump som inte går att skopa upp och som är svår att äta. Vi behöver alltså den tredje viktiga ingrediensen i glass, nämligen luft. Alla har vi väl någon gång väntat lite för länge innan vi ställt tillbaka glasspaketet i frysen och nästa gång vi tar fram den är den mycket hårdare och svårare att ta ifrån. Det är andelen luft som har minskat, och därmed har glassens konsistens försämrats. Fettet i glassen kommer oftast från mjölk och grädde. I Europa brukar vi tillsätta ägg, medan detta brukar utelämnas i USA. Den fjärde huvudkomponenten i glass är socker (eller annan sötning) som är viktigt för smaken, men som också påverkar tillverkningen och konsistensen. En blandning av ägg, grädd-

mjölk och socker kommer att ha en lägre fryspunkt än vatten och vi måste göra något för att kyla den mer, gärna till ca -18°C .

DET FINNS SÅKLART FLERA roliga fysik-exempel att fundera över och experimentera med vad gäller glass. Vi kommer snart till tillverkningen, men först ska vi ta en liten avstickare till konsistensen och känslan i munnen när man äter glassen. Att det är skillnad på temperatur och värme brukar fysiklärare illustrera med en bastu och hur det känns när man håller vatten på aggregatet. Vi kan göra en roligare illustration med glass och hur olika glassorter känns olika i munnen, trots att de har samma temperatur. Glass är som sagt iskristaller, fett och luft som sötas med socker och smaksatts. Om vi ändrar på proportionerna så kommer glassen att kännas annorlunda. En italiensk gelato

har betydligt mindre luft än en fluffig svensk vaniljglass (som kan bestå till halva volymen av luft), den lite sega gelaton kommer därför att kännas lite kallare i munnen än vaniljglassen även om de har samma temperatur. Vi kan gå ett steg längre och minska fetthalten också och då som exempel ta en indisk kulfi som görs av reducerad mjölk, stärkelse, socker och kardemumma och läskar härligt en varm dag i Delhi (enklare är såklart att ta en ispinne, men kanske inte lika roligt).

I en kulfi tillsätts stärkelse (från ris eller majs) som stabiliserar glassen när den smälter och den känns då lite lenare. Samma sak kan uppnås med hjälp av lite gelatin som i vår svenska vaniljglass, eller pektin i det amerikanska receptet. Gelatin, stärkelse och pektin fungerar som stabiliseringsmedel och förbättrar krämigheten genom att öka viskositeten. Den här effekten är större i den frusna glassen eftersom koncentrationen anrikas i den del av smeten som aldrig fryser helt. Dessutom hjälper dessa ämnen till att öka bildandet av iskristaller, men hämmar tillväxten och vi får därmed en smidig konsistens med små kristaller.



En av artikelförfattarna gör research.

DET KOMMER OUNDVIKLIGEN finnas iskristaller i en glass, men för att få en sammetslen struktur vill man att dessa kristaller ska vara små. För att uppnå det behöver vi frysa glassmeten så fort som möjligt. Den lenaste och fluffigaste glassen får vi om vi hastigt kyler den med flytande kväve. När lundafysikern Hans Uno Bengtsson hittade receptet i *American Journal of Physics* var han snabb att erbjuda denna spektakulära anrättning på Grand Hotell i Lund. Hotellets köksmästare vispade glassmeten kraftigt samtidigt som Bengtsson tillsatte det flytande kvävet och ett stort rökmoln bildades i matsalen till mycket nöje för besökarna.

Att frysa glassen med hjälp av flytande kväve fyller flera funktioner. Eftersom glassen kyls av fort hinner kristallerna inte växa till sig – vi får alltså många små kristaller och en slät konsistens. Den storlek

på iskristaller man normal sett vill uppnå är ca $10\text{--}20\text{ }\mu\text{m}$. Växer de mer, till ca $40\text{--}50\text{ }\mu\text{m}$, vilket kan hända om tillverkningen inte är bra, under lagring, eller om man tar ut och in glassen ur frysen, passerar man detektionströskeln i gommen vilket ger en sandig känsla i munnen.

Att nedkylningen med kväve går så fort beror på att kvävet börjar koka när det kommer i kontakt med smeten. Det går åt mycket energi till fasövergången från flytande till gas och den energin tas från glassmeten. En snabb nedfrysning gör också att sockret i smeten bildar glastillstånd istället för att kristallisera, vilket också bidrar till önskad struktur. Dessutom kommer volymen på glassen att

öka då kvävet kokar genom den under tiden som vi rör. När kväve kokar ökar dess volym nästan 700 gånger. Detta innebär också att man ska vara noga med ventilationen när man hanterar flytande kväve. Det imponerande molnet som bildas runt skålen och sjunker ned längs sidorna är vattenånga i luften som fryser. Det gäller att vispa kraftigt för att inte vissa delar av smeten ska frysa för mycket innan man har hunnit arbeta in tillräckligt mycket luft. Händer det blir smeten istället väldigt hård.

Hur mycket flytande kväve går åt för att omvandla en liter glassmet vid 4°C till två liter glass vid -18°C ?

Nödvändiga data för uträkningen:

$$\begin{aligned} c_{\text{glass}} &\approx 2\text{ kJ/kg}\cdot\text{K} \\ l_{f,\text{glass}} &\approx 210\text{ kJ/kg} \\ \rho_{\text{glass}} &\approx 568\text{ kg/m}^3 \\ c_{\text{N}_2} &\approx 29,124\text{ J/mol}\cdot\text{K} \\ l_{v,\text{N}_2} &\approx 210\text{ kJ/kg} \\ \rho_{\text{flytande kväve}} &\approx 0,808\text{ g/cm}^3 \\ M_{\text{N}_2} &\approx 28\text{ g/mol} \end{aligned}$$

Om vi ställer upp en ekvation där vi antar att allt kväve slutar vid samma temperatur som glassen får vi att det behövs lite mindre än 1 liter flytande kväve. Antagligen kommer mycket kväve att lämna behållaren vid en lägre temperatur (därför det stora molnet) så det är bäst att ha lite extra.

Receptet för att kyla glassmeten med



FOTO: JOHAN MAURITSSON

Ett enkelt experiment med fasövergångar är att blanda lika volymsandelar salt, is och kallt vatten i en påse. Efter att ha skakat påsen en liten stund har temperaturen sjunkit drastiskt. Har man inte tillgång till flytande kväve är det här ett sätt som man kan använda för att frysa glassmeten.

flytande kväve är alltså lätt att komma ihåg: det behövs ungefär lika mycket flytande kväve som glassmet (om smeten är kyld när man börjar).

DET ÄR INTE ALLTID så enkelt att få tag i flytande kväve och vi kan istället utnyttja en annan fasövergång för att kyla ner vår smet, den då is omvandlas till flytande form. Vatten är en fantastisk molekyl och de starka vätebindningarna gör att det krävs otroligt mycket energi till alla temperaturförändringar och fasövergångar. När vi tar ut is ur frysen är den ca -18°C , men snabbt höjs den temperaturen till 0°C och isen börjar smälta.

Eftersom vår glassmet innehåller stora mängder socker och fett så har den en betydligt lägre fryspunkt än vatten och vi behöver vi kyla den mycket mer än till 0°C . Marco Polo lärde sig att fryspunkten för vatten sänks om man tillsätter salpeter, samma effekt kan vi uppnå med vanligt salt. Ett roligt experiment är att blanda lika delar salt, kallt vatten och krossad is i en påse och i denna placera en andra (väl tillsluten) påse med glassmet och sedan skaka påsarna tills glassmeten har stelnat. Den kommer då att få en konsistens som mer påminner om gelato eftersom ingen luft blandas in, men det går snabbt och den blir väldigt len och god.

JOHAN MAURITSSON OCH MALIN SJÖÖ
Lunds universitet

Gör din egen glass

På nästa sida hittar du tre härliga recept! ►

Krämiga glassminnen

Vem gör egentligen den bästa vaniljglassen? Är den amerikanska vaniljglassen, serverad i stora skopor, kanske bättre än en italiensk gelato? Eller är den krämiga svenska glassen ändå bättre än båda två?

Om frågan hade handlat om pistage- eller chokladglass hade svaret varit enkelt: Italien. Men vaniljglassen kan både Sverige och USA bättre. Recepten här har inspirerats av en svensk favoritkanock – Jan Hed – och jag tänkte bjuda på en variant inspirerad av en amerikansk favorit – Alton Brown. I Jan Heds recept kokas en tjock kräm med äggulor och grädde som smaksätts med vaniljstäng, helst från Madagaskar. För att ytterligare öka den krämiga känslan i munnen tillsätter vi gelatin som ändrar konsistensen på glassen och hur den beter sig i munnen när den börjar mjukna och smälter. Det här är en glass som mina barn tycker om och de flesta uppskattar den för att den påminner om barndomens glassminnen.

Alton Brown är amerikan och har andra barndomsminnen och hans glass är dessutom gjord så att vegetarianer kan äta den eftersom han inte har något gelatin i den. Alton Brown använder istället pektin för att få rätt konsistens på glassen som han värmer upp tillsammans med mjölk och grädde och smaksätter med en vaniljpasta, som han tycker fungerar bättre än vaniljstäng i kalla efterrätter. Båda glassmeterna går givetvis att frysa med flytande kväve eller i din favoritglassmaskin. Mjölk, grädde och ägg innehåller också naturliga emulgeringsmedel som bland annat hjälper till att stabilisera fett i glassmeten – emulsionen. Under frysning och inarbetning av luft kommer en del fett att destabiliseras. En del emulgeringsmedel kan då samkristallisera med fett, minska dess rörlighet, och bidra till krämigheten.

Smaklig spis!

JOHAN MAURITSSON

Tre glassrecept

Indisk kulfi

- 7,5 dl mjölk
- 4 msk socker
- 2 tsk majsstärkelse
- 0,5 dl grädde
- kryddor

Värm 5 dl mjölk och låt den reducera i ca 10 min under omrörning. Tillsätt sockret och rör tills allt är upplöst. Puttra vidare i 10 min under omrörning.

Blanda under tiden majsstärkelsen med 2,5 dl mjölk och blanda så att det inte blir några klumpar. Sänk värmen, rör i stärkelesterör och rör om ordentligt.

Nu är det dags att välja hur du vill smaksätta din kulfi: pistagenötter eller saffran kan vara gott, men kardemumma är nog ändå bäst... Blanda kryddorna i smeten, dra av den från värmen och tillsätt grädden. Rör på svag värme tills du har en jämn och tjock smet. Nu är det dags att frysa in smeten.

Den här glassen går bra att frysa i formar med glasspinnar.

Svensk vaniljglass

- 4 äggulor
- 1,5 dl socker
- 2 st gelatinblad
- 3 dl grädde
- 5 dl mjölk
- 1,5 msk vaniljextrakt eller en vaniljstäng

Lägg gelatinbladen i blöt i kallt vatten. Värm grädde och mjölk med vaniljstäng. Man kan få ut ganska mycket smak genom att låta allt dra en stund.

Vispa sedan äggulor och socker och rör ner i gräddmjöken. Värm allt långsamt medan du rör och samtidigt mäter temperaturen. När du har nått 85 °C börjar proteinet i äggulan att koagulera och då drar du av kastrullen. Lägg i gelatinbladen och rör om så att allt blandas och kyl sedan smeten innan det är dags att frysa den.

Amerikansk vaniljglass

- 5 dl mjölk
- 2,5 dl grädde
- 2 dl socker
- 2,5 dl vatten
- 2 msk vaniljpasta
- 1 msk pektin
- 1 nypa salt

Blanda 0,5 dl socker med vatten och varm tills allt har löst sig och blanda då i pektin och koka i ca 1 min.

Blanda resten av sockret med 1 msk vaniljpasta, grädde, mjölk och salt. Värm till 85 °C, dra av värmen och låt blandningen dra i ca 20 min innan du blandar i pektinblandningen och kyler (helst till nästa dag) innan det är dags att frysa glassen.



FOTO: JOHAN MAURITSSON

FOTO: CHRISTINA KJELLSTRAND



Heisenbergs osäkerhetsprincip anger att man inte samtidigt kan känna till ett objekts position och rörelsemängd med hur hög noggrannhet som helst. Samma sak gäller för tidpunkt och energi, som är proportionell till frekvensen. För att tydliggöra principen kan man tänka sig en ton. I ett bestämt ögonblick kan du inte veta dess exakta frekvens. För att bestämma den exakta frekvensen (vilket ju är det man gör när man stämmer ett instrument) måste man lyssna på tonen under en viss tid.

Modern fysik är coolt

Skönheten i kaos

Julia Ravanis

Förlag: Natur & Kultur

Utgivningsår: 2021

ISBN: 978-91-27-17004-9



Julia Ravanis har skrivit en så svängande bok om modern fysik att man tidvis blir lite yr. Författaren är filosofie magister i idéhistoria, civilingenjör i teknisk fysik och för närvarande doktorand i teknikhistoria på Chalmers tekniska högskola.

Julia berättar om längtan att förstå tid, rum och universum och hur världen hänger ihop. Men efter tre års fysikstudier blev det bara ekvationer, ingen verklighetsförankring som på de tidigare jordnära fysikkurserna. Kvantfysik och relativitetsteori tycktes förbli antingen strikt matematiska eller drömligt mystiska. Denna bok är hennes egen tolkning av den teoretiska fysikens budskap.

MAN KÄNNER IGEN den plågsamma färden från att förstå den deterministiska världen till kvantmekaniken som styrs av slumpen och sannolikheter, problem som även Einstein hade livet ut trots att han formulerade den allmänna relativitetsteorin. Modern fysik bygger på obser-

vationer bortanför vår egen upplevelseförmåga, relativitetsteorin i makrokosmos och kvantmekaniken i mikrokosmos, men är båda välförankrade både teoretiskt och experimentellt. För en student kan det ta tid att lossna från sina egna sinnen och tänka relativistiskt eller kvantmekaniskt. Ofta introduceras man dessutom till ämnen via de sköna ekvationerna, fast de historiska beskrivningarna om hur man ens kom på att tänka annorlunda kunde vara en lättare väg.

RAVANIS' HISTORIEKUNSKAPER är värdefulla. Hon har lindat in många mer eller mindre kända berättelser om förhållanden runt upptäckterna, hur teorierna uppstod och egna upplevelser. Spännande är associationen mellan osäkerhetsprincipen och gitarrstämning, där man behöver en liten stund för att kunna bestämma tonhöjden. Kapitlet om mörk materia och mörk energi är givande. Trevligt också att duktiga kvinnliga forskare som gjort banbrytande innovationer om mörk materia, som Vera Rubin, och om att fysikaliska kvantiteter bevaras på grund av symmetrier i naturen, som Emmy Noether, lyfts fram.

I boken blandas svarta hål, vågfunktioner, symmetrier och entropi i rask takt



FOTO: FRIDA WINTERNATUR&KULTUR

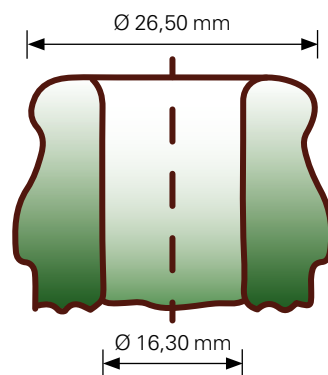
Julia Ravanis.

med metaforer om dejting, kärlek och pojkvänner, filosofiskt grubbel och jämförelser mellan Wilhelm Moberg och Hjalmar Söderberg. Ibland provas ens allmänbildning, det blir bara för kaotiskt och man måste lägga boken åt sidan för att samla sig.

Samtidigt är boken rolig. Den kan nog vara en mycket bra ingångsport till bredare förståelse om den moderna fysiken för studenter, lärare och andra intresserade med lite ungdomlig attityd. Jag själv har den gärna kvar i mitt referensbibliotek för eventuella knepiga frågor jag själv inte vet svaren på.

ASTA PELLINEN-WANNBERG

Professor emerita i fysik, Umeå universitet och Institutet för rymdfysik



FIGUR 1 Kronkork, 26 mm av 0,2 mm tennfri stålplåt med plastinlägg och givetvis 21 tänder. Den väger cirka 1,9 g och passar till flaskor med 26 mm hals.

Lock och kapsyler

Öl har tillverkats sedan urminnes tider, men den är en färskvara, svår att lagra. Det saknades länge **en förslutning** som förhindrade oxidation och att koldioxiden pyste ut.

Många varianter såg dagens ljus, men inte förrän 1892 när William Painter fick patent på sin "crown cork" (U.S. patent no. 468 258) löstes problemet, med en design som finns än i dag. Den kallas kronkork eftersom den liknar en krona, jämför coronavirus. Den gjordes av stål och hade 24 inbuktningar som klämde runt flänsen på flaskhalsens utsida (figur 1). Dagens kapsyler har 21 inbuktningar (räkna), eftersom en med ett jämnt antal lättare hamnar snett i kapsyleraren. De görs oftast av tennfritt stål (DIN EN 17177). Det är billigare och dessutom lättare att lacka än vanlig bleckplåt (stål med tennöverdrag) som används till konservburkar.

Painters fotdrivna kapsylmaskin, som kom 1898, kunde försluta 24 flaskor i minuten. Det övertygade allt fler bryggare, och blev en god start för hans Crown Cork and Seal Company. Kronkorken är numera standard för glasflaskor med 26 mm hals för öl, läsk, och vatten. Den klarar drycker med måttlig kolsyrenivå. Vid tillverkning av champagne krävs kraftigare förslutningar, och då används 29 mm kronkork tills de döda jästsvamparna avlägsnats (*dégorgement*) och en vanlig kork förstärkt med gramma satts i. Kronkorken



FIGUR 2 Kapsylerare för hemmabruk, vars magnet-hållare klarar både 26 mm och 29 mm kronkorkar.

är (ferri)magnetisk och kan enkelt hållas på plats med en magnet upptill på en hemmakapsylerare (figur 2). Det krävs tillräckligt tryck och att man trycker rakt ner, annars kan flaskan spricka.

Inuti kronkorken fanns ursprungligen ett tunt korklager som hindrade att ölen kom i kontakt med metallen. Numera finns ett plastinlägg (figur 1), som utgör själva tätningen mellan flaska och kapsyl. Plastinlägget kan även innehålla ett material som hämmar mikrobiologisk tillväxt.

För att avlägsna en kronkork behövs starka tummar eller tänder, en bordskant

eller vad som finns till hands. Mer civiliserat är flasköppnare (kapsylöppnare). Oavsett metod kan kronkorken sällan användas för återförslutning av flaskan. Affärsmässigt genialt, men föga miljövänligt, med en produkt som inte kan återanvändas. Det lär tillverkas mer än 5 miljarder kronkorkar per år.

Skruvat om lock

Behovet av att lagra livsmedel har alltid funnits, och innan det fanns kylskåp och frysar behövde man bevara maten på andra sätt: torka, salta med flera. I början av 1900-talet började man använda sig av hermetisk konservering – det betyder att man kokar maten i lufttäta burkar. Då förstörs bakterier och andra mikroorganismer.

Men vilken glädje har man av att maten i burken är fräsch, när locket sitter alltför hårt? Svåröppnade burklock är inte bara ett problem för äldre, reumatiker och andra med nedsatt handkraft. Även starka händer misslyckas och metoderna har varit många, såsom varmvatten, knivar, handdukar med mera. Svårigheten beror på undertrycket ("vakuum" i reklamen) som skapas när produkten svalnar efter att locket skruvats fast.



FIGUR 3 I mitten är lockdelarna åtskilda ca 1 mm och till höger är de hoppressade. Klackarna på yttre ringen gör att inre delen följer med när locket skruvas upp.

Men så 2011 lanserade Crown Holding, som Painters gamla företag numera heter, Orbit Closure – sitt patenterade, lättöppnade burklock av metall. Locket är tvådelat med en inre platt del med en axiellt uppåt riktad sidokant, samt en yttre, skruvgängad ring, som öppnar och försluter glasburken medelst en vridande rörelse. När locket skruvas åt fungerar de två delarna tillsammans som ett vanligt burklock. När burken öppnas kan ringen vridas enkelt, eftersom den inte pressas fast på grund av tryckskillnaden. Den inre delen följer sedan ganska lätt med upp när ringen vrids längs glasburkens gängor (figur 3).

Undertryck

Vid fyllningen av glasburken i figur 3 vid normalt lufttryck är temperaturen hos innehållet cirka 80°C när locket sätts på. När innehållet svalnat till 20°C har trycket i burken sjunkit.

Om vi tror att allmänna gaslagen ($pV = nRT$) beskriver gasmängden i burken, blir undertrycket med konstant substansmängd n , volym V , samt med allmänna gaskonstanten R :

$$p_{\text{före}} - p_{\text{efter}} = \frac{T_{\text{efter}}}{T_{\text{före}}} p_{\text{före}} = 17 \text{ kPa},$$
 när innehållet svalnat till rumstemperatur.



FOTO: MAX KESSELBERG



FIGUR 4 Skruvkork till ölflaska som är försedd med gängor på halsen.

Burken har innerdiametern 72 mm och då blir den kraft ($F = pA$) som ska övervinna cirka 70 N, alltså inte försumbar.

Återanvändning

Hygienen är oerhört viktig både för hemmabryggare och hemmasyltare. Bådas kärl måste diskas noga, och bryggaren an-

vänder nya kapsyler, medan syltaren även diskar locken. Redan de gamla locken samlade smuts under och innanför kanten. De nya locken med en inre rörlig del gör rengöringen ännu svårare.

Kronkorken ersätts alltmer av skruvkork för läsk och vatten, speciellt för plastflaskor, och allt kan återvinnas. Öl däremot tappas på glasflaskor och då behövs kronkorken för att hålla tät.

Fast kronkork finns numera i skruvutförande ("twist-off"). Den kan öppnas med handkraft, vilket beror på att flaskans hals har gängor (figur 4). Inlägget är också mjukare med lägre friktion. Flaskan är dock av engångstyp. När en sådan flaska öppnas pyser en del koldioxid ut innan den återförsluts, och huruvida det är en större nackdel för öl än för läsk är en smaksak.

Nyligen presenterades en kronkork som avger ljud vid öppning. En variant utlovas låta som "champagneplopp" när kolsyredrycken öppnas. En prisvärd möjlighet att få ett glamoröst inslag i tillvaron för oss som jobbar i offentlig sektor.

MAX KESSELBERG
Stockholms universitet



Fysik för gymnasiet – tryckt och digitalt!

Fysik för gymnasieskolan 1 och 2 är ett nytt digitalt läromedel som visar att fysik är fantastiskt och spännande. Här finns allt! Exempel från vardagen, begreppslistor och den stora mängden uppgifter stöttar eleven i sin inläring.



**Prova
30 dagar!**



**Ny
omarbetad
upplaga!**

Heureka! har en självklar plats i fysikundervisningen på gymnasiet och nu är det dags för en omarbetad upplaga. Nya *Heureka!* är utvecklad i samarbete med ledande fysiker och lärare. Kommer till HT22.

Läs mer på nok.se