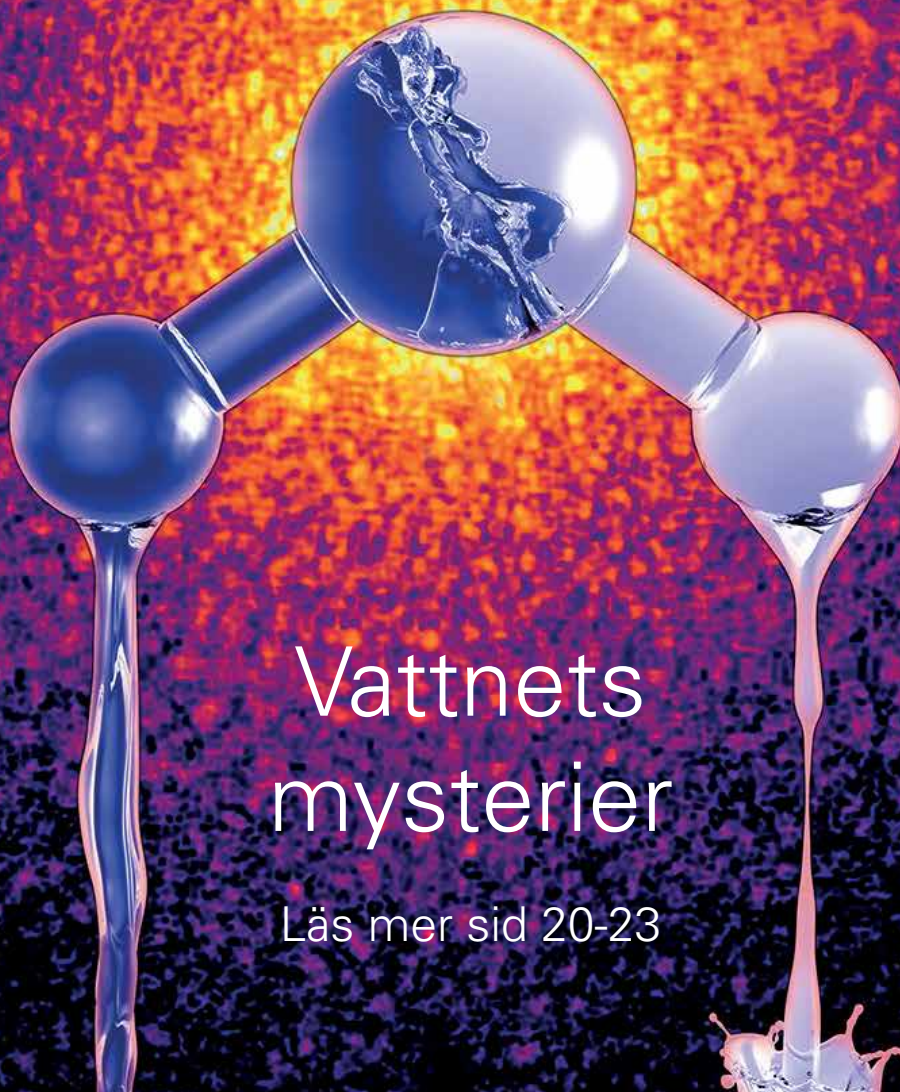


f Fysikaktuellt

NR 2 • MAJ 2019



Vattnets mysterier

Läs mer sid 20-23

ISSN 0283-9148

Svart hål
i nytt ljus!

Sid 4

Carl Wilhelm Oseen
– mannen bakom
medaljen

Sid 18

Porträtt av
Märta Lewander

Sid 28

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

Postgiro: 2683-1
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 Sören Holst, holst@fysik.su.se.

Fysikaktuellt

Vår medlemstidning utkommer med fyra nummer per år, och distribueras även till alla gymnasieskolor med naturvetenskapligt eller tekniskt program.
Redaktion: Margareta Kesselberg, samordning, Måns Henningson, Dan Kiselman, Johan Mauritsson, Anne-Sofie Mårtensson och Elisabeth Rachlew.
Ansvarig utgivare: Jonathan Weidow.
Kontakta redaktionen via: fysikaktuellt@fysikersamfundet.se
För insänt, ej beställt material ansvaras inte.
Utgivningsdatum 2019: 27/2, 29/5, 27/9, 13/12.

Medlemskap

Svenska Fysikersamfundet har ca 800 individuella medlemmar samt stödjande medlemmar (företag och organisationer) och stödjande institutioner. Årsavgiften är 400 kr, dock 250 kr för pensionärer och forskarstuderande, samt 100 kr för grundutbildningsstudenter. Stödjande medlemskap debiteras 4000 kr per år. Bli medlem genom ansökan på: <http://www.fysikersamfundet.se/formular.html> eller med qr-koden.

Medlemsförmåner

- Fysikaktuellt 4 nummer/år
- KOSMOS
- Rabatt på utvalda boktitlar hos Fri Tanke förlag. Länk till erbjudanden: <http://fritanke.se/friends/fysikersamfundet/>
- Förmånsprenumeration på Forskning & Framsteg. Erbjudandet gäller 10 nr (20% rabatt). Länk till beställningssida är: <http://fof.prenservice.se/KodLandning/Index/?Internetkod=057-0571329>

Omslag: Bild med tillstånd av Mattias Karlén (frilans medicinsk illustratör, Stockholm, Sverige). En konstnärs intryck av ultravisköst flytande vatten med olika densitet. I bakgrunden avbildas röntgenfönstret taget från faktiska data av amorf is med hög densitet, som produceras av tryckvatten vid mycket låga temperaturer. Forskarna Fivos Perakis och Katrin Amann-Winkel et al. har varit behjälpliga.

Layout: Göran Durgé

Tryck: Trydells, Laholm 2019



Stödjande medlemmar

- Gleerups Utbildning AB www.gleerups.se
- Laser 2000 www.laser2000.se
- Myfab www.myfab.se
- Scanditronix Magnet AB www.scanditronix-magnet.se

Stödjande institutioner

- Chalmers tekniska högskola – Institutionen för fysik
- Chalmers tekniska högskola – Institutionen för rymd- och geovetenskap
- Chalmers tekniska högskola – Institutionen för mikroteknologi och nanovetenskap – MC2
- Göteborgs universitet – Institutionen för fysik
- Högskolan i Halmstad – IDE-sektionen
- Institutet för rymdfysik, Kiruna
- Karlstads universitet – Institutionen för ingenjörsvetenskap och fysik
- Kungliga tekniska högskolan – Institutionen för fysik
- Kungliga tekniska högskolan – Institutionen för tillämpad fysik
- Linköpings universitet – Institutionen för fysik, kemi och biologi (IFM)
- Linköpings universitet – Institutionen för naturvetenskap och teknik (ITN)
- 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

Glöm inte att anmäla adressändring till medlemsregistret@fysikersamfundet.se

Innehåll

3	SIGNERAT <i>Kerstin Jon-And</i>
4-5	SVART HÅL PÅ BILD: "HUR GICK DET TILL?" "INTERVJU MED MICHAEL LINDQVIST FRÅN ONSALA" <i>Anne-Sofie Mårtensson</i>
5	AKTUELLT/NOTISER
6-7	WALLENBERGS FYSIKPRIS 2019 <i>Anne-Sofie Mårtensson</i>
8-10	OSEENMEDALJEN <i>Karl Grandin</i>
11	ASTRONOMI, KUNSKAP PÅ VÄG <i>Dan Kiselman</i>
12-13	AVHANDLINGEN "ATOMKÄRNORS KVANT- TILLSTÅND OCH DERAS SÖNDERFALL" <i>Victor Ekholm</i>
14-15	INTERVJU VICTOR EKHOLM <i>Margareta Kesselberg</i>
16-19	PORTRÄTT MÄRTA LEWANDER XU <i>Margareta Kesselberg</i>
20-23	INSIKTER OM VATTNETS MYSTERIER <i>Anders Nilsson Fivos Perakis</i>
24-27	MÄTNING AV KOSMISK STRÅLNING <i>Mark Pearce, Tanja Nyman</i>
27	ANNONS "FYSIKDAGARNA 2019" <i>Linköpings universitet</i>
28-30	VARDAGENS FYSIK "FLYGER HUMLAN?" <i>Max Kesselberg</i>
31	FYSIKALISKA LEKSAKER "MÅTT OCH BALANS" <i>Per-Olof Nilsson</i>
32	ANNONS NATUR & KULTUR

Dra nytta av våra forskningsanläggningar!

Jag är glad över att ha fått förtroendet att sitta i Fysikersamfundets styrelse. Det är roligt att som emerita få möjlighet att ha intressanta uppdrag. Och uppdraget att föra fysikens talan i olika sammanhang är verkligen intressant. Ett annat intressant uppdrag jag har som fysiker är att vara delegat i CERN:s råd. När detta skrivs har jag just kommit hem från en vecka med aktiviteter relaterade till detta uppdrag. En av höjdpunkterna under veckan var att delta i 30-årsjubileet av World Wide Web. I mars 1989 presenterade Tim Berners-Lee ett utkast med den blygsamma titeln "Information Management: A Proposal" för sin chef på CERN. Ofta visas en kopia av utkastet där chefen har antecknat "Vague but exciting...". Uppenbarligen var det tillräckligt spännande för att Tim Berners-Lee skulle få möjlighet att fortsätta sitt projekt att lösa problemet hur forskare över hela världen effektivt skulle kunna utbyta information, projektet som utvecklades till www och som minst sagt blev en angelägenhet för många fler än forskare. I samband med firandet diskuterades både vilka möjligheter och utmaningar, t.ex. gällande säkerhet i cyberrymden, som www har medfört. Detta är ett exempel på hur forskningen växelverkar med samhället. Ibland inte bara med direkta forskningsresultat utan också med produkter som utvecklats för att kunna bedriva forskning. Det finns otaliga exempel inom t.ex. medicinen, tänk acceleratörer inom cancerterapi, där forskningen inom fysik har utvecklat apparatur som är direkt användbar i samhället.

Sverige är medlemsstat i ett antal stora internationella forskningsanläggningar, inte bara i CERN. Dessa anläggningar har potential att bidra med mycket mer än frontlinjeforskning, även om det givetvis är huvuduppgiften och skälet till att vi är med. Ofta utvecklas spetsteknologi vid dessa anläggningar



Foto: Serena Nobili

som vår industri kan få del av. En annan aspekt som ligger mig varmt om hjärtat är att det ofta erbjuds möjligheter till utbildning, t.ex. som sommarstudent eller teknisk student. På CERN, som jag bäst känner till, är dessa möjligheter att få gå kurser och delta i forskningsprojekt i internationell miljö kostnadsfria för studenter på universitetets grundutbildning. Det gäller bara att söka, och förstås att bli antagen! Svenska studenter söker dessvärre inte i proportion till vår andel av medlemsavgifterna, kanske beroende på informationsbrist. Med dessa rader vill jag uppmana lärare och studenter att hålla ögonen öppna för dessa möjligheter, använd [www...](http://www.cern.ch) Skulle också önska att våra anslagsgivande myndigheter hjälper till att sprida denna information och därmed uppmuntra intresset för forskning och dess växelverkan med samhället hos våra ungdomar!

Kerstin Jon-And

KERSTIN JON-AND
FYSIKUM, STOCKHOLMS UNIVERSITET,
STYRELSELEDAMOT SFS

Första bilden på ett svart hål – så togs den fram

Den blev en världsnöhet i april: Den allra första bilden av ett svart hål, beläget i mitten av galaxen Messier 87 (M87), 55 miljoner ljusår ifrån oss. Nätverket Event Horizon Telescope (EHT), svarar för bedriften, och den har möjliggjorts genom ett samarbete mellan över 200 forskare. En av dem är Michael Lindqvist vid Onsala rymdobservatorium och Institutionen för rymd-, geo- och miljövetenskap på Chalmers. Berätta!

Vad visar bilden?

Bilden domineras av en ringstruktur med en diameter på cirka 42 mikrobågsekunder (1 grad motsvarar 3600 bågsekunder, jämför med fullmånens utsträckning som är 1800 bågsekunder) med starkare radiostrålning från gasen i söder. Detta kan förklaras genom relativistiska effekter av ett roterande svart hål där gasen (som är extremt upphettad) rör sig mot observatören. Den centrala mörka delen, orsakad av ljusets avböjning under extrem gravitation (jämför med gravitationslinser), har en kontrast på mer än 10:1, vilket matchar den förväntade signaturen för skuggan av det svarta hålet. Det är det närmaste vi kan komma för att avbilda ett helt mörkt objekt som förbrukar allt ljus och all materia. Bilden stämmer väl överens med de modeller som gjorts. Med hjälp av observationerna kan man uppskatta massan på det svarta hålet till cirka 6,5 miljarder gånger solens massa.

Det röda området runt hålet är ju egentligen radiovågor. Varför är det radiovågor som studeras?

Först, det är ingen färgbild i vanlig bemärkelse. Man har valt en färgskala som motsvarar intensiteten av radiostrålningen. Radioteleskop detekterar inte

Michael Lindqvist framför APEX, ett av de sju teleskop som använts för att ta fram bilden av M87. Läs mer om EHT och bilden av det svarta hålet på Europeiska sydobservatoriets hemsida, <https://www.eso.org/public/sweden/news/eso1907/> eller med qr-koden.



synligt ljus (det vill säga "rött/orange"). Det som bland annat gör att EHT-observationerna vid 230 GHz skiljer sig från observationer i andra våglängdsband är den mycket goda upplösningen. Man skulle kunna jämföra den med att läsa en tidning i New York från Götaplatsen i Göteborg.

Flera teleskop har använts. Varför räcker det inte med ett?

För att få fram bilden på M87 användes sju teleskop. Det åttonde EHT-teleskopet, beläget på sydpolen, kan inte se M87 eftersom den galaxen finns på den norra stjärnhimlen. Teleskopet på sydpolen är däremot väsentligt för observationerna av det svarta hålet i centrum av vår

galax, Sgr A*. Vintergatans centrum finns på den södra stjärnhimlen. Det är det andra objektet som EHT vill ta en bild av.

Anledningen till att man använder sig av flera teleskop utspridda över jorden är att man behöver mycket hög upplösning för att kunna observera det svarta hålet. Tekniken kallas långbasinterferometri (VLBI, very long baseline interferometry), en teknik där man observerar samma kosmiska källa med ett antal radioteleskop utspridda över jorden. Redan 1968 deltog Onsala rymdobservatorium i de första transatlantiska VLBI-mätningarna. Det speciella med EHT är att mätningarna gjorts vid en så hög frekvens, 230 GHz. Det har krävts utveckling av ny hårdvara och mjukvara under många år.



Foto: Privat och ESO. Bilden är ett montage.

En annan utmaning har varit att kombinera ALMA-teleskopet i Chile till "ett stort teleskop".

Hur kopplas observationerna från teleskoperna samman?

Data från observationerna spelas in på hårddiskar vid de olika teleskopet. Observationerna måste noggrant synkroniseras med hjälp av atomklockor, det finns en atomklocka vid varje teleskop. Hårddiskarna med data från observationerna, inklusive tidsinformationen, skickas till ett superdatorcentrum, en så kallad korrelator, för bearbetning och analys. Därefter följer ytterligare mycket avancerad bearbetning för att skapa en bild av observationerna.

Vad har du själv arbetat med i projektet?

Jag har främst medverkat till att ett av teleskopet i Chile, APEX (Atacama Pathfinder Experiment), är redo för VLBI-mätningar. Onsala rymdobservatorium är en av tre partners i detta teleskop. De andra är ESO (Europeiska sydobservatoriet) och Max Planck Institute for Radio Astronomy (Bonn, Tyskland).

Vad väntar närmast i EHT?

Detta är bara början. Genom att inkludera flera teleskop kan man förbättra bildkvaliteten. Man kan även observera vid en högre frekvens för att öka upplösningen. Ett annat möjlighet är att skicka ut ett teleskop i rymden och på så sätt öka upplösningen. Modellerna visar detaljer som vi ännu inte kan nå med våra observationer. Det finns självklart massor av frågor kvar som vi vill svara på.

Till sist: Du har varit med om att ta fram den allra första bilden av ett svart hål! Är det en barndomsdröm som blivit sann?

Absolut! Jag är tacksam och ödmjuk över att ha fått vara en liten del av det här genombrottet. Det är resultatet av mycket hårt arbete av ett stort team på mer än 200 personer.

ANNE-SOFIE MÄRTENSSON
HÖGSKOLAN I BORÅS

2019 – periodiska systemets år

Idag är det 150 år sedan den ryske kemisten Dimitrij Mendelejev upptäckte att grundämnena kan ordnas systematiskt i grupper efter sina kemiska egenskaper i det som vi kallar det periodiska systemet. Även innan hade andra försökt göra systematiska indelningar av grundämnena efter deras atomvikt. Viktiga bidrag gjordes t.ex. av britten John Newland och närmast samtidigt som Mendelejev av tysken Lothar Meyer, men Mendelejev var först med att publicera den periodindelning av gruppernas kolumner som huvudsakligen gäller än idag.

Vad Mendelejev dessutom åstadkom med sitt system, som fick bestående effekt för förståelsen av materiens mikrostruktur, var att han lämnade ett antal platser gapande tomma. Därigenom stimulerades fortsatt forskning där nya grundämnen gradvis upptäcktes och luckorna kunde fyllas.

Idag kan vi förstå hur atomernas elektronstruktur uppstår som en effekt av kvantmekaniken och den forskning som Mendelejev stimulerade med sitt system pågår än idag med sökandet efter nya supertunga grundämnen. Kanske är det då också passande att när den sjunde perioden i periodiska systemet nyligen blev komplett, genom syntes av grundämnet med atomnummer 118, så namngavs det efter en av Mendelejevs nutida landsmän, Jurij Oganessian, som arbetat med syntes av supertunga grundämnen sedan 1970-talet.

På grund av att det periodiska systemet har fundamental betydelse för vår förståelse av materiens struktur har FN:s generalförsamling och UNESCO utsett 2019 till periodiska systemets år. Mer information om aktiviteter relaterade till periodiska systemets år kan man finna t.ex. på www.iypt2019.org resp. www.iypt2019.se

Nu har det hänt!

Det internationella måttsystemet (SI) har reviderats till att enbart bygga på naturkonstanter. Den 20 maj 2019 började de nya definitionerna att gälla. Läs mer i



Fysikaktuellt nr 3, 2018 sid 16-17, eller här: <http://www.fysikersamfundet.se/det-nya-internationella-mattsystemet-tid-for-ett-nytt-mattsystemet/>

Lise Meitner-dagarna fyller 5 år!

Nu har planeringen för Lise Meitner-dagarna tagit full fart för femte året i rad! Lise Meitner-dagarna är ett inspirationsevenemang i fysik som 2019 äger rum på AlbaNova vid Stockholms Universitet den 22-24 november. Under tre intensiva dagar får en tjej och en kille från varje gymnasieskola möjligheten att laborera, lyssna på föreläsningar av forskare samt träffa andra fysikintresserade gymnasister från hela Sverige. Målet är att låta eleverna upptäcka inspirerande förebilder och möjligheter inom fysik.

Vill er skola delta på Lise Meitner-

dagarna 2019? Skolanmälan är öppen fram till 14 juni på evenemangets hemsida, www.lisemeitnerdagarna.se. Kan ni själva eller via företag, föreningar eller stiftelser sponsra era platser anger ni det vid anmälan och får då garanterade platser direkt. Det går även i anmälan att ansöka om platser sponsrade av evenemanget. Där är det först till kvarn som gäller så anmäl er skola så snart som möjligt!

Vid frågor kring Lise Meitner-dagarna är det bara att maila info@lisemeitnerdagarna.se. Välkomna!



Foto: Adam Arvidsson

Wallenbergs fysikpris 2019: Tredje gången gillt för Oliver Lindström

Oliver Lindström från Minervagymnasiet i Umeå har varit finalist i Wallenbergs fysikpris ända sedan första året på gymnasiet. När han nu deltog i finalen för tredje gången tog han hand om första priset – och fick dessutom ett guld på Nordisk-baltiska fysikolympiaden! Hugo Eberhard från Lars-Erik Larsson gymnasiet i Lund kom på andra plats, medan Mattias Akke (Katedralskolan i Lund) och Markus Swift (Pro Civitas i Malmö) fick dela på den tredje platsen. Övriga finalisters placeringar finns i listan till höger.

Nordisk-baltiska olympiaden

För fjärde året i rad har deltagandet i Nordisk-baltiska fysikolympiaden (NBPhO) varit en del av finaltävlingen i Wallenbergs fysikpris. I årets olympiad, som arrangerades i Tallinn 24 – 26 april, fick de svenska gymnasisterna tävla tillsammans med deltagare från Estland, Finland och Lettland. Olympiaden samlade över

22 glada gymnasister på Fysikveckan i Göteborg.

sextio gymnasister som fick kämpa med såväl teoretiska som experimentella problem, och bland annat försöka bestämma hur dominobrickor faller i en trappa och hur jordens magnetfält skyddar oss från laddade partiklar i solvinden.

Det blev medaljer av alla valörer till det svenska laget: Förutom att Oliver fick en guldmedalj lyckades Hugo Eberhard och Lennart Küssner (Uddevalla gymnasieskola Östrabo) erövra varsin silvermedalj medan Mattias Acke, Markus Swift, Hugo Berg (Hvitfeldtska gymnasiet i Göteborg), Gustaf Forsberg (Minerva gymnasium i Umeå) samt Benjamin Verbeek (Rosendalsgymnasiet i Uppsala) plockade hem bronsmedaljer. Allra flest poäng samlade Richard Luhtaru från Estland ihop. Hela resultatlistan finns på <https://www.ioc.ee/~kalda/ipho/es/>, där även uppgifterna (så småningom) läggs ut.

Fysikveckan i Göteborg

Redan i mars bjöd fysikinstitutionerna på Chalmers och Göteborgs universitet finalisterna på en träningsvecka i Göte-

Ett av årets experimentella problem: Hur kan man med denna utrustning bestämma ett värde på Boltzmanns konstant?

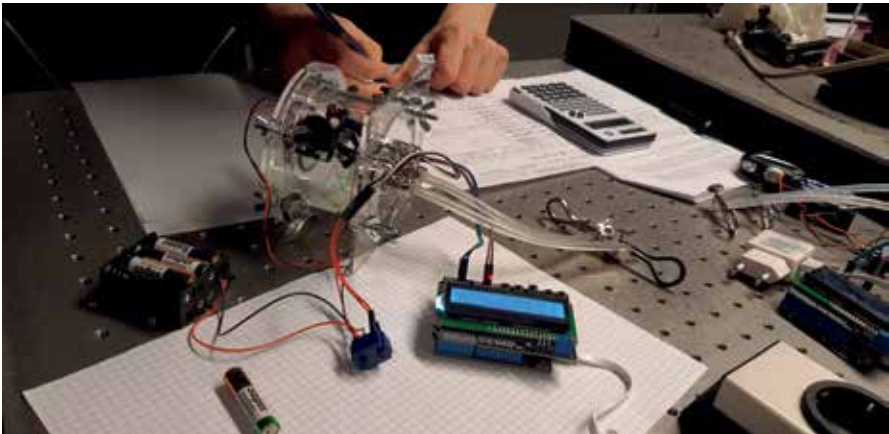


Foto: Adam Arvidsson

borg. På programmet fanns bland annat fysikens grunder från mekanik till elektromagnetism, träning på experimentell problemlösning och populärföredrag om partikelfysik, supraleddning och grafen. Dessutom ingick besök i MC2:s renrum och utflykter till Onsala rymdobservatorium och Universeums regnskog. Fredagens avslutning blev pricken över i:et: Kvävekyld drottningglass och fysikaliska lekar i nya FysikLek tillsammans med P-O Nilsson!

På torsdagen var det inlagt den experimentella tävling som ingår som en del av finalen. De tidigare olympiadeltagarna Andréas Sundström, Julia Järleback, Oskar Vallhagen, Lucas Unnerfelt och Adam Warnerbring hade tagit fram tre kluriga problem: Bestäm ett värde på Boltzmanns konstant genom att mäta hur koldioxid diffunderar genom ett membran, bestäm hur bromskraften från en magnetbroms beror på avståndet från magneten och bestäm hur stor energi som åtgår för att smälta en chokladkaka. Doftspår från det sistnämnda finns nog kvar ännu...

Satsning för att få med fler flickor

I år fanns inte en enda flicka med bland finalisterna, men det finns hopp om en förändring till nästa år. I en satsning för att öka antalet flickor i tävlingen bjuds deltagande tjejer från årskurs två in till Fysikveckan. Förhoppningen är att detta ska leda till ett ökat intresse, och hos årets

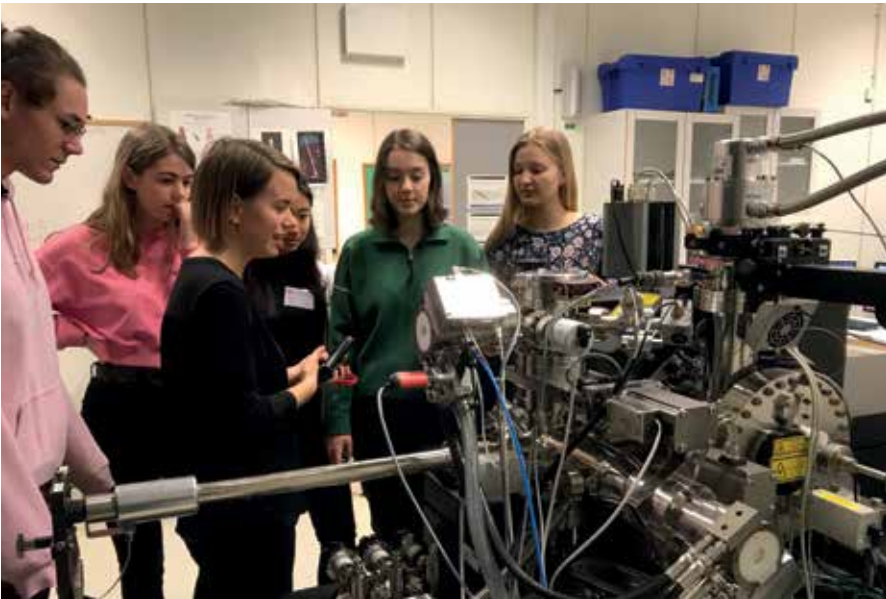


Foto: Adam Arvidsson

deltagare: Li Kerren, Thea Li, Niamh Mc Mullin, Moa Nowakowsk och Hanna Zhang var entusiasmen stor när veckan avslutades. Vi håller tummarna för att det blir ett återseende nästa år!

Stort tack till Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond för generöst ekonomiskt stöd, och till alla som på olika sätt medverkat under finalen, inte minst Johan Runeson och Andréas Sundström som varit lagledare under NBPhO.

ANNE-SOFIE MÅRTENSSON
FYSIKERSAMFUNDET



Foto Andréas Sundström

Kristina Lindgren demonstrerar en atomsond, ett instrument med vilken atomär rekonstruktion av en materialbit är möjlig.

Wallenbergs fysikpris 2019 – resultat

- 1 Oliver Lindström
Minervagymnasiet, Umeå
- 2 Hugo Eberhard
Lars-Erik Larsson gymnasiet, Lund
- 3 Mattias Akke
Katedralskolan, Lund
- 3 Markus Swift
Pro Civitas, Malmö
- 5 Carl Westerlund
Danderyds gymnasium, Danderyd
- 6 Lennart Küssner
Uddevalla gymnasieskola, Uddevalla
- 7 Hugo Berg
Hvitfeldtska, Göteborg
- 8 Benjamin Verbeek
Rosendalsgymnasiet, Uppsala
- 9 Gustaf Forsberg
Minervagymnasiet, Umeå
- 10 Linus Sköldberg
Rosendalsgymnasiet, Uppsala
- 11 Marwan Al-Bardaji
S:ta Ragnhildsgymnasiet, Södertälje
- 11 Oskar Bolinder
Polhemskolan, Lund
- 11 Anton Gustafsson
Danderyds gymnasium, Danderyd
- 11 Gustav Kalandar
Kitas, Göteborg
- 11 Simon Ljungbeck
Polhemskolan, Lund
- 11 Marcus Medhage
Rosendalsgymnasiet, Uppsala
- 11 Valter Schütz
Katedralskolan, Lund
- 11 Gustaf Sundmark
Östra real, Stockholm



De svenska finalisterna på plats i Tallinn.



Då "något nytt och löftesrikt komma fram"

Mannen bakom medaljen – Carl Wilhelm Oseen

I och med att Svenska Fysikersamfundet fyller 100 år nästa år kommer Oseen-medaljer att börja delas ut av Nationalkommittén i fysik till förtjänta nyblivna fysikdoktorer. Det rör sig om den minnesmedalj som Vetenskapsakademien slog 1982 över Svenska Fysikersamfundets förste ordförande, Carl Wilhelm Oseen. Mannen bakom medaljen ska här presenteras närmare. Oseen var också under många år den ledande kraften i Nobelkommittén för fysik och stod bakom flera viktiga Nobelpris, varför underrubriken ovan kan förstås även i den meningen, men det är en annan medalj...

Oseen disputerade 1901 i matematik i Lund. Han bytte därefter inriktning mot matematisk fysik och utsågs till professor i mekanik och matematisk fysik vid Uppsala universitet 1909. Vid en

matematikerkongress i Köpenhamn 1911 lärde han känna Niels Bohr och de hade därefter en lång och ömsesidigt uppskattande kontakt. Den för Bohr så viktiga våren 1913, när dansken arbetade med sin atommodell besökte Niels och hans nyblivna hustru Oseen som då befann sig på ett sanatorium. Tyvärr vet vi inte vad de pratade om, men det hade varit spännande att få lyssna till. Några år senare skulle Oseen tillsammans med Rutherford hjälpa Bohr med att få en professur i Köpenhamn.

Med ambitionen att på så sätt stärka svensk fysik valde Oseen att enbart publicera sig i svenska fysiktidskrifter (framförallt i Vetenskapsakademiens *Arkiv för...*) fram till 1913, detta var möjligen missriktat då ytterst få fysiker på andra håll regelbundet följde de svenska tidskrifterna och det visade sig att tyska hydrodynamiker inte alls kände till Oseens arbeten.

Till yttermera visso fanns det inte heller utrymme för Oseen att publicera allt han ville i akademiens tidskrifter. Han valde därför 1914 att publicera några uppsatser både i *Annalen der Physik* och i *Physikalische Zeitschrift* som kritiskt granskade kvantfysiken. T.ex. menade Oseen att Plancks kvanthypotes inte kunde fungera ihop med Maxwells ekvationer varför hypotesen behövde modifieras, vilket Max Planck gjorde efter att ha läst Oseens uppsats.

Efter att ha brottats med tuberkulos under flera år gjorde Oseen även en viktig insats med att i Sverige introducera den senaste utvecklingen i fysiken, då han höll 15 föreläsningar på en sommarskola 1919 för läroverkslärare i fysik om utvecklingen av relativitetsteorierna och kvantfysiken vilka trycktes som: *Atomistiska föreställningar i nutidens fysik: Tid, rum och materia*. En som blev inspirerad av denna



Längst till vänster: Vetenskapsakademiens minnesmedalj 1982, där framsidan visar en konstnärlig tolkning av flytande kristaller. ARCANA UMORUM REVELAVIT ANISOTROPICORUM 'Han avslöjade de anisotropa vätskornas hemlighet'.

Till vänster: Porträtt av C.W Oseen.

bok var den fysikintresserade juristen, Sten Lothigius, som tidigare hade varit i kontakt med Oseen och som i december 1919 föreslog att man skulle bilda ett fysikersamfund i Sverige med syftet att sammanföra amatörer och vetenskapsmän på området." Så blev det – Svenska Fysikersamfundet bildades året därpå och Oseen blev samfundets förste ordförande. Samfundet ger sedan 1921 ut sin årsbok *Kosmos*, där Oseen var redaktör de första årgångarna och dessutom själv författade ett par initierade uppsatser om relativitetsteorierna.

Oseens egen forskning hade främst gällt hydrodynamik, som han sökte angripa analytiskt, och som mynnade ut i hans monumentala *Neuere Methoden und Ergebnisse in der Hydrodynamik* (1927) – all fysik handlade således inte om kvantmekanik det året. Han hade även under en längre tid fascinerats av de flytande

kristallerna och publicerade på 1930-talet den första realistiska teoretiska beskrivningen av de anisotropa vätskorna.

Oseen valdes in som ledamot i Vetenskapsakademien 1921, men flyttades året därpå från den matematiska klassen till den fysiska klassen och blev samtidigt medlem av Nobelkommittén för fysik. Han kom därvidlag att bli den som löste upp knuten med ett Nobelpris till Einstein. Denne hade blivit världskänd i samband med den solförmörkelseexpedition som engelsmannen Eddington hade genomfört 1919 och som menades bekräfta Einsteins teorier och vedersaka Newtons. Svante Arrhenius skrev om detta till Oseen, att: "Fler som intet förstå, vilja ju höra om den store Einstein, som störtat de Newtonska åsikterna".

Einstein hade nominerats till Nobelpriset i fysik redan 1910, men 1918–22 kom han att nomineras hela 50 gånger av

totalt 165 nomineringar de åren. Han var med andra ord en extremt stark kandidat, men samtliga dessa nomineringar anförde relativitetsteorierna, med ett undantag ska det visa sig. Det var Oseen själv som nominerade Einstein både 1921 och 1922 och då inte för relativitetsteorierna utan för den fotoelektriska lagen. Oseen visste att det fanns en tvekan på sina håll i Nobelkommittén inför att prisbelöna relativitetsteorierna vilka inte ansågs helt experimentellt verifierade och som några ansåg strida mot vetenskapens grundvalar. Oseen själv var övertygad om teoriernas riktighet men insåg svårigheten och samtidigt vikten av att prisbelöna Einstein och att därför nominera Einstein för den fotoelektriska lagen löste på ett sätt detta problem. Likaså möjliggjorde en sådan prisbelöning att även Niels Bohrs atomfysikaliska arbeten, som stödde sig på den fotoelektriska effekten, kunde prisbelönas. Ty även Bohr, som hade 11 av de 47 nomineringarna i fysik 1922, var en synnerligen stark kandidat. Och därtill blev det Oseen som gjorde specialutredningarna av både Einstein och Bohr sommaren 1922, och både Nobelkommittén och Vetenskapsakademien röstade i enlighet med hans förslag. Utöver Einstein och Bohr uppskattade även den tidigare fysikern Eva von Bahr utfallet och skrev i ett brev till Oseen: "För mer än en månad sedan – då Nobelpristagarnas namn offentliggjordes – var jag fast besluten att skriva till Dig. Jag kände ett behov, att tacka Dig, för att Du finns till och tar hand om Nobelpriset, så att fysikerna inte blamar sig på samma sätt som Svenska Akademien. [...] Jag antar, att det stod strid



om Einsteins namn. Hans motståndare som lyckades utesluta relativitetsteorien ur motiveringen, ha väl härigenom blott uppnått, att han i framtiden får priset en gång till.”

Oseen kom efter denna rivstart att spela en helt central roll för Nobelprisarbetet i fysikkommittén ända till sin död. Han läste emellertid inte enbart nomineringar och skrev utredningar utan hade även ett stort litteratur- och konstintresse, han var en icke oäven tecknare och författade flera vetenskapshistoriska arbeten i slutet av sin karriär.

Till sin karaktär var Oseen väldigt kritisk, men kunde göra undantag. Lise Meitner som lärt känna Oseen sedan hon flytt till Sverige karakteriserade honom i ett brev till Max von Laue 1942 på följande vis: ”Han är en väldigt märkvärdig person, mycket smart, väldigt mångsidig i sina intressen, mycket bildad, men så kritisk att han förlamar sig själv.” Oseen uppfattade även själv sin roll främst som kritikerns – redan 30 år tidigare hade han förklarat för Niels Bohr: ”Jag tror icke att jag misstager mig om jag säger, att min läggning är kritikerns, logikerns. Jag tror, att man även med denna läggning har sin

Karl Grandin visar upp Oseen-medaljen vid Svenska Fysikersamfundets styrelsemöte i januari 2019. Oseen-medaljen skall ges till löftesrika avhandlingar i fysik.

mission i vetenskapen. Jag tror, att det icke är blott inom hydrodynamiken, som det är skäl att pröva allt innan man accepterar det. Men det finns ett fall där jag icke vill släppa min kritik lös. Det är, då jag ser något nytt och löftesrikt komma fram.”

Och därför är det, givet Oseens omvittnat kritisk hållning, synnerligen passande att tilldela Oseens minnesmedalj till just löftesrika avhandlingar!

KARL GRANDIN



Vidare läsning

A. Elzinga, *Einstein's Nobel Prize: A glimpse behind closed doors – The archival evidence* (2006).
 K. Grandin, *Ett slags modernism i vetenskapen: Teoretisk fysik i Sverige under 1920-talet* (1999).
 —, ”‘I shall always follow your progress with warm interest’: Niels Bohr’ as seen from a Swedish perspective until 1930,” *One hundred years of the Bohr atom* (2015).
 T. Kaiserfeld, ”’Hellre för många än för få’: Om svenska fysikers föreningsliv under 1900-talets början”, *Fysikaktuellt*, nr 1 (1995).
 C.W. Oseen, *Atomistiska föreställningar i nutidens fysik: Tid, rum och materia – Femton föreläsningar* (Uppsala, 1919).
 —, ”Omkring relativitetsteorien”, *Kosmos*, 1 (1921).
 C.-O. Stawström, ”Hur mottogs relativitetsteorin av svenska fysiker?”, *Kosmos*, 64 (1987).

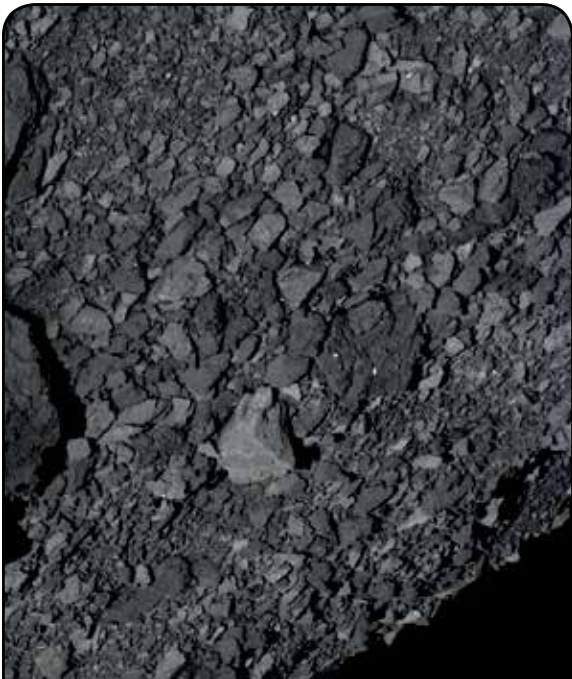
Kunskap på väg



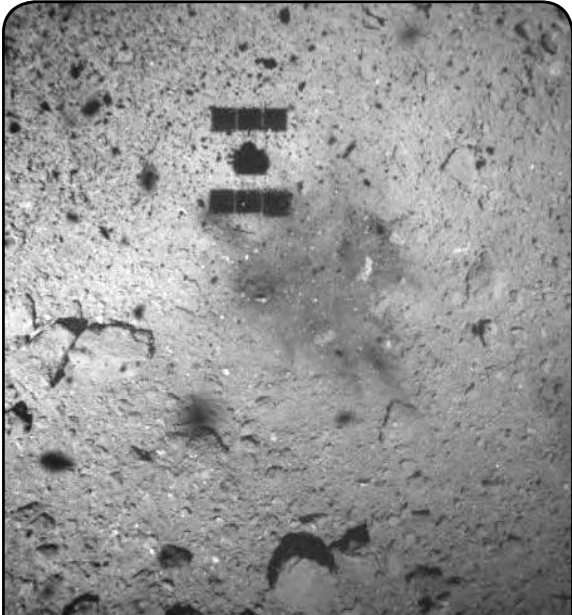
Den 8,4 m stora spegeln till LSST har startat sin resa från tillverkaren i Tucson till observatoriet på Cerro Pachón i Chile.

LSST står för Large Synoptic Survey Telescope som konstrueras för att ha ett extremt stort synfält. När det är färdigt kommer det att kontinuerligt leta igenom natthimlen med en kamera som har 3,2 miljarder pixlar. Varje klar natt kommer det 20 terabyte data som analyseras av ett system som sedan snabbt slår larm om objekt ändrar ljusstyrka eller rör sig. På det viset kommer mängder av novor, supernovor, solsystemsobjekt och antagligen helt nya fenomen att upptäckas för att omedelbart kunna följas upp med andra instrument. Resultatet blir också gigantiska astronomiska kataloger.

LSST finansieras av amerikanska National Science Foundation och Department of Energy med flera internationella bidrag. Credit: Precision Heavy Haul Inc./LSST Project/NSF/AURA.



NASA:s OSIRIS-Rex cirklar just nu kring den jordnära asteroiden Bennu. På närbilden ser vi vilken stenhög den är. Senare kommer rymdsonden att ta med sig lite sten till jorden. Leveransen väntas anlända i september 2023.



En annan jordnära asteroid, Ryugu, har besök av japanska Hyabusa2. Ett antal hoppande minisonder har släppts ned på ytan. I februari nuddade Hyabusa2 Ryugu kort och samlade in lite material från ytan. Bilden visar sondens egen skugga strax ovanför fläcken. När Hyabusa2 återvänder till jorden i december 2020 får vi se vad den fick med sig. (Image credit: JAXA, University of Tokyo, Kochi University m.fl.)

Att undersöka vattenlösningar på molekylnivå med hjälp av röntgenspektroskopi

En regndroppe innehåller mycket mer än bara vatten. Dess yta täcks till en del av organiska molekyler som påverkar droppens fysiokemiska egenskaper. Genom att beskjuta vattenlösningar i vakuum med röntgenstrålar och utnyttja den fotoelektriska effekten kan man få information på atom- och molekylnivå.

Vatten finns naturligt i olika faser – på olika ställen med olika, helt avgörande, funktioner. Alla vi levande varelser består till stor del av vatten. Utan vatten inget liv, och utan liv ingen konst, fotboll eller mandatpingis. Vatten finns i hav, i glaciärer och i atmosfären som påverkar jordens absorption och reflektion av solljus. I vilken fas och var vattnet befinner sig inverkar tex på sinnesstämningen när vi väntar på bussen eller hur lyckad skidsemestern i Järvsö blev. Men något mer allvarligt är att vi står inför en stor samhällsutmaning med en ökande medeltemperatur på jorden. Växthusgaser som koldioxid och metan bidrar till växthuseffekten men små vattendroppar har också en signifikant påverkan. Molnens vattendroppar består inte bara av vatten, utan också av en uppsjö olika ämnen som sot från industrin, lättflyktiga organiska molekyler från skogar, och salter från havet.

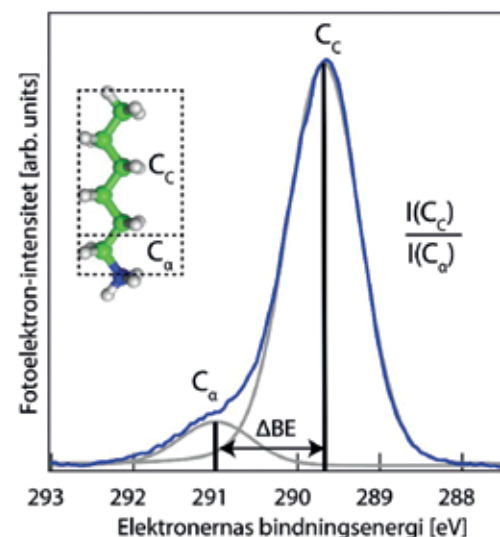
Vissa ämnen tenderar att befinna sig på ytan och andra mer i dropparnas innanmäte (bulken). Om vattenytan beläggas med andra slags ämnen än vatten kan evaporerings-hastigheter och vattenupptagningsförmågan förändras – något som också kan påverka dropparnas storlek och i förlängningen även dropparnas avkylande eller uppvärmande effekt på klimatet.

Avhandlingen berör modellsystem av atmosfärsrelevanta vattenlösningar, men också molekylärbioologi och system av grundforsknings-karaktär. Det genomgående temat är att olika spektroskopiska metoder har använts för att undersöka interaktioner mellan vatten och de ämnen som är lösta, eller interaktioner mellan allt annat som inte är vatten i lösningarna.

Syftet har i vissa fall varit att se kopplingen mellan dessa interaktioner och ytanrikningen av ämnen (tex viktigt för evaporering av vattendroppar i atmosfären), eller – som i fallet med biomolekylen – förstå varför biomolekylen tappat sin funktionalitet när också sulfatjoner finns i omgivningen.

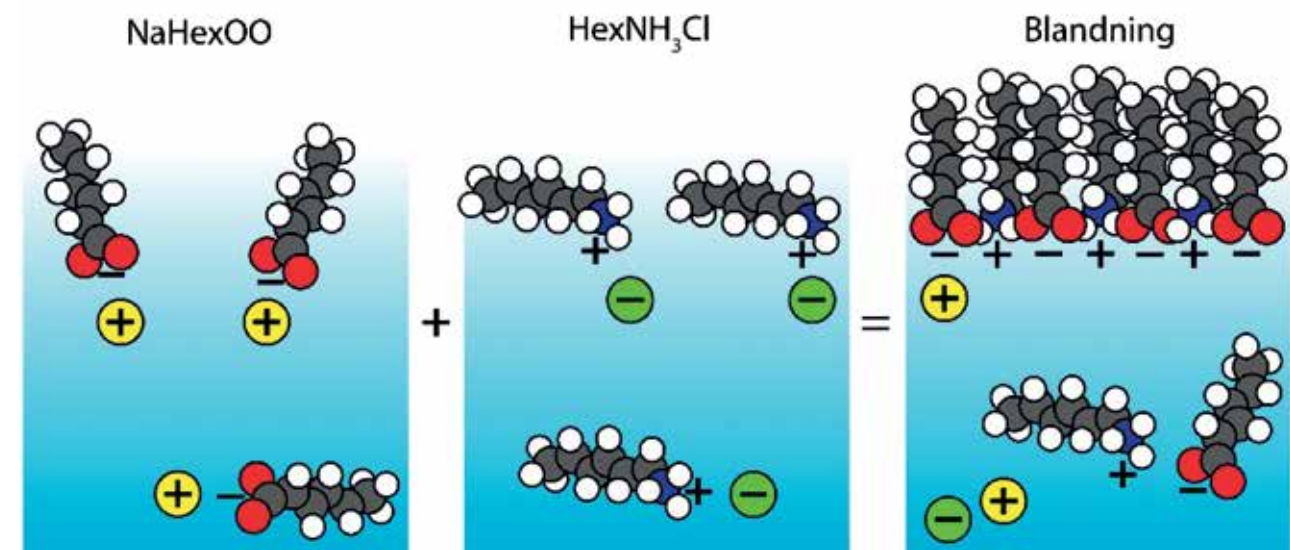
De flesta studierna är baserade på fotoelektronspektroskopi, där en vattenlösning introduceras in i en vakuumkammare som en ca 20 mikrometer tjock stråle som i sin tur bestrålas av röntgenljus med

Figur 1. Ett typiskt fotoelektronspektrum. Här detekteras elektroner emitterade från kolatomerna i den organiska jonen hexylammonium.



en bestämd våglängd. Därefter mäter en elektronanalysator de emitterade elektronernas kinetiska energi och ger information om de atomer varifrån de kom och dessas kemiska omgivning.

Eftersom elektroner lätt krockar med materia, så är majoriteten av de detekterade elektronerna emitterade från vattenlösningens yta (de elektroner som är emitterade från vattenlösningens bulk krockar på vägen mot detektorn). Det betyder med andra ord att fotoelektronspektroskopi i det här fallet också är en så kallad ytkänslig metod. I Figur 1 visas ett typiskt fotoelektronspektrum för de innersta elektronerna i kolatomer (kol 1s-elektroner). I det här fallet kommer signalen från en molekyl som heter hexylammonium



Figur 2. En illustration över hur den negativa jonen hexanoat och den positiva jonen hexylammonium beter sig var för sig i vattenlösning samt hur de binder till varandra och ytanrikas på vattenytan när de befinner sig i samma lösning.

i vattenlösning, där bindningsenergin är något högre för elektronerna emitterade från kolet närmast kväve-atomen, jämfört med de andra kolatomerna.

Genom att analysera intensitetskvoten mellan dessa spektrala toppar kan information om hexylammoniums eventuella orientering vid vattenytan erhållas. Detaljer som dessa har vi i våra studier utnyttjat för att tex visa att alkoholmolekylen hexanol (som etanol fast med sex kol) vid låga ytkoncentrationer ligger parallellt med vattenytan för att istället ställa sig med kolkedjorna riktade utåt då koncentrationen av hexanol på ytan ökar.

Liknande resultat har vi även sett för andra system, där längden av kolkedjan dikterar drivkraften för ytanrikningen och omorienteringen. Kolkedjorna är hydrofoba och blir helt enkelt utstötta från vattenmolekylerna med större kraft ju längre kolkedjorna är. Vi har också jämfört olika typer av funktionella grupper (tex -OH, -NH₃⁺, -NH₂, -COOH, -COO⁻) och sett att både ytkoncentrationen och orienteringen påverkas av vilken funktionell grupp som kolkedjan sitter på för samma kolkedjelängd.

Då verkliga atmosfärsdroppar kan innehålla många olika ämnen samtidigt är det också viktigt att förstå hur de olika komponenterna interagerar och påverkar varandras kemi och ytkoncentration. Från ett mätperspektiv är det av flera anledningar inte praktiskt att mäta direkt på atmosfärsdroppar, framförallt för att

det blir mycket svårt att tolka spektra med så många olika komponenter. I ett försök att utforma modeller för blandade system har vi också, förutom t.ex. hexylammonium, tillsatt inorganiska salter som NaCl och ytterligare en organisk jon – hexanoat.

Det andra fallet finns illustrerat i Figur 2, där vi från mätningarna har sett att både hexanoat och hexylammonium blir kraftigt ytanrikade i vattenlösningen. Med hjälp av simuleringar och genom analys av bindings-energi-skift hos elektronerna har vi funnit förklaringen till den kraftiga ytanrikningen, nämligen att den positiva jonen hexylammonium

bildar jonpar med den negativa jonen hexylammonium. Eftersom de laddade delarna binds ihop blir det enklare för kolkedjorna att också bindas till varandra med van der Waals-interaktioner. Det gör det energimässigt fördelaktigt för de organiska jonerna på de ytor de befinner sig istället för i bulken (på grund av att kolkedjorna är hydrofoba).

Det här är ju förstås bara en av oerhört många kombinationer, men utmaningen och vägen framåt tror jag ligger i att försöka hitta de viktigaste mekanismerna och först studera dem i enklare fall för att senare addera komplexitet. Med både bättre röntgenljuskällor, som synkrotronen MAXIV i Lund, bättre simuleringsmodeller med kraftigare datorer, kommer framtidens forskare inom fysik, kemi och biologi kanske inte att lösa den rådande klimatkrisen på direkten, men det finns goda förhoppningar om att vi åtminstone får information om i vilka riktningar vi bör gå.

Victor Ekholm

- Doktorsavhandling: Ion pairing and Langmuir-like adsorption at aqueous surfaces studied by core-level spectroscopy
- Avhandlingen framlagd den 19 oktober 2018 vid Uppsala universitet, Institutionen för Fysik och Astronomi
- ISBN: 978-91-513-0432-8
- Länk till avhandlingen: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-357369>
- Handledare: Olle Björneholm, Professor, Uppsala universitet
- Bitr. handledare: Jan-Erik Rubenson, Professor, Uppsala universitet
- Opponent: Markus Ammann, Professor, Paul Scherrer Institute

VICTOR EKHOLM
INSTITUTIONEN FÖR ASTRONOMI
OCH FYSIK, UPPSALA UNIVERSITET



Victor tänker bra ute i naturen och vill gärna hitta svar på klimatfrågor med kvantmekaniska metoder

När vi förstår hur molekyler interagerar på vattenytan så har vi kommit en bit på vägen. När vi sedan kan berätta hur vattendroppar styr klimatet och på molekylnivå kan vi mycket lättare motivera olika satsningar, inte minst framtida klimatsatsningar. Modellsystem för hur vattendroppar påverkar lokalklimatet är inte omöjligt i förlängningen.

Det går inte att ta fel på engagemanget hos Victor. Han berättar att med kvantmekaniska metoder kommer man troligen få små molekyler att avslöja vad som händer på deras ytor.

Vad i molekylerna intresserar dig?

– Jag har hittat intressanta atmosfärssystem som fascinerar mig, berättar Victor. Vattenlösningar och hur de samverkar är spännande. Det finns alltid nya infallsvinklar.

– Det är grundforskning som man känner kan få stor tillämpad betydelse.

Du flyttade nyligen till Lund från Uppsala. Vad var det som lockade i Lund?

– Jag fick en postdoc tjänst vid MAX IV direkt efter min disputation och flyttade direkt, berättar en glad Victor. Jag hade kontakt med forskare i Lund redan under min doktorandtid. Den forskargrupp som jag var en del av i Uppsala samarbetade med MAX IV. Under min doktorandperiod var jag ofta nere i Lund. Jag gillade miljön i Lund med ett nytt MAX labb och många internationella samarbetsprojekt på EU-nivå.

Vad är det du gör mer specifikt på Max IV?

Min tjänst är till största delen grundläggande utvecklingsarbete av Veritas. Det är ett projekt för att med hjälp av spektroskopi undersöka lokala interaktioner på atom-nivå i vattenlösningar och gaser. Tjänsten är ungefär 20% forskning

och 80% utvecklingsarbete av Veritas röret, berättar Victor.

Hur vill du beskriva dig själv för våra läsare?

Victor berättar att han är klurig, men det verkar också vara ett sätt att bearbeta intryck tror han. När han berättar om sig så märker man att han verkar vara en lyssnare och ger inte intryck av att vara en som helst jobbar ensam. Det verkar finnas en glädje i att samarbeta och kunna glädjas åt att nå ett gemensamt mål.

– Att processa idéer och andra kunskaper mot det som redan finns känns bra och spännande, säger Victor.

– Ett bra sätt är att byta arbetsplatsen mot naturen och skogen, fortsätter han. Där kan det hända underverk! Jag tänker bra ute i naturen.

Varför blev det fysik?

Victor berättar, så länge jag kan minnas har fysik varit det som gäller. Min grundskollärare Lars var den som gjorde häftiga experiment. Fysik var coolt!

Var har du haft din skolgång?

– Jag har fått min utbildning på grund- och gymnasienivå i Örebro, berättar Victor. Jag gick på Karolinska läroverket där. Mina föräldrar är humanister och har inte alls stimulerat till naturvetenskapliga studier.

Det är idag många som aldrig får chansen att upptäcka andra talanger än de som odlas i hemmen. Om inte skolan har resurser.

Victor verkar ha lätt för att anpassa sig i den omgivning som just nu bjuds.

Det går inte att höra att Victor är uppvuxen i det så kallade gnällbältet, dialekten är helt bortarbetad, trots att redaktören har både släkt och vänner födda i området gick det inte att placera honom rätt. Imponerande!

Under vårt samtal så kommer det fram att hans mamma är från Barcelona-regionen och han är tvåspråkig. Han har träffat sina kusiner varje sommar under uppväxten så att katalanska har kommit på köpet.

Vad gör du nu på Max IV?

– Jag jobbar med att utveckla experimentstationen Veritas vid synkrotronen MAXIV. Vi vill förbättra RIXS-metoden och bli en världsledande anläggning. De nya synkrotronerna erbjuder möjligheten att övervaka processen med grundläggande excitationer i detalj och att individuella excitationer i molekylära system kan studeras var för sig.

Det är uppenbart att den förbättrade spektralkvaliteten kommer att öppna dörren till nya fenomen, och det är tänkt att t.ex. lokala och ultrasnabba elektron-fonon-interaktioner, som bestämmer egenskaperna hos många material, kommer att kunna undersökas i detalj.

Vad gör du när du vill koppla av från arbetet?

Jag brukar ladda batterierna i naturen, berättar Victor. Det är en skön avkoppling att vandra i fjällen, utan uppkoppling. Bara jag och naturen och några vänner. Varje år brukar det bli 7-10 dagar i fjällen. Återvänder gärna till Fulufjället.

Du kommer från Örebro, men pluggade i Uppsala.

Hur många år blev det i Uppsala?

– Jag bodde över tio år i Uppsala och cyklade till och från jobbet/studierna, som alla gör där.

Var bor du nu?

– Jag och min sambo Kajsa bor i en trerumslägenhet i Östra Torn, Lund sedan 1 februari 2019. Den första tiden bodde vi i ett tomt fritidshus utanför Helsingborg om vi fick låna och tågpendlade.

Victor gillar när man jobbar mot samma mål

När Victor på uppmaning av FA skall ge en bild av sig själv som forskare så lyfter han fram en bra mix som han uppfattar det mellan teori och praktik. Jag tycker om att tänka nytt och bolla saker med någon. Samtidigt så gillar jag att undervisa.

Victor tycker om att ta fram ny kunskap och sätta det i ett större sammanhang. Klimatforskning med hjälp av kvantmetoder lockar speciellt och känns samtidigt som mycket meningsfullt.

Victor vill förstå hur molekyler interagerar på vattenytan! Han avslöjar att han är envis och ger inte upp i första taget när det gäller att söka svar på forskningsfrågor. Ett modellsystem för vattendroppar och hur de beter sig i olika lokala miljöer är spännande forskning. Sotpartiklar, storleken på vattendroppar, organiska molekyler, växthuseffektfrågor som behöver undersökas och utredas genom nya instrument.

Det har varit spännande att få lyssna på Victor och de innovativa och kreativa framtidsidéer han har. Hoppas de kommer att bli förverkligade!

MARGARETA KESSELBERG
FYSIKAKTUELLT

Victor Ekholm, 29 år

Född i Örebro men med hjärtat i Barcelona

Familj: Sambo

Bor nu i lägenhet, Östra torn, Lund

Utbildning:

Naturvetenskaplig linje med miljöinriktning, Karolinska läroverket, Örebro (2005-2008)

Masterexamen i fysik vid Uppsala universitet (2013)

Doktorsavhandling vid Uppsala universitet (2018)

Intressen: Fjällvandring, brädspel, hemautomatisering.

Nuvarande arbete: Strålrörs-postdoc på MAXIV i Lund.

Framtidsplaner: "Fortsätta gräva i det okända"





Märta Lewander Xu är en engagerad och orädd företagsledare med goda förebilder. Hon är inte fyllda fyrtio, men har redan lång erfarenhet inom näringslivet som forskningschef, affärsutvecklare och VD för Gasporox. Dessutom har hon doktorerat i atomfysik vid LU 2010. Märta berättar att arbetet under doktorandtiden fick en naturlig fortsättning i bolaget. Fysiken och lasersensortekniken som hon disputerade inom är kärnan i verksamheten i företaget, med potential för nya tillämpningar och nya områden. Gasporox ligger i framkanten av utveckling och implementering av nya tekniker, vilket visat sig vara av hög vikt för fortsatt tillväxt och ökad konkurrenskraft.

Märta vill göra skillnad för så många som möjligt

Märta har koll på läget och där hon känner att tiden inte räcker till för att fungera optimalt ser hon till att handplockade medarbetare finns i hennes ställe. Företaget har nu totalt 14 personer med en organisation som har korta beslutsvägar. Märta berättar att det är genom gemensamma veckomöten och stor transparens i alla processer som det är möjligt att få återkoppling och leverera en bra och hållbar produkt.

Vad är det som främst driver dig i arbetet?

– Jag vill skapa bättre livsvillkor för alla, berättar Märta. Jag vill att så många människor som möjligt skall kunna få del av de tekniska produkter och lösningar som man utvecklar inom den tillämpade forskningen vid akademien. Det skall inte bli en exklusiv kunskap för några, utan en möjlighet för många, förtydligar hon.

– Vi vill genom företaget skapa långsiktiga relationer med våra kunder och jobbar kontinuerligt med att bygga upp och underhålla bra relationer genom att vara lyhörda, flexibla och ställa upp direkt om det behövs.

Märta är delägare i företaget och har även skapat förutsättningarna för

att kunna erbjuda övriga anställda hos Gasporox AB samt dotterbolaget GPX Medical optioner. Driv, teknikintresse och entreprenörsandan ligger i generna hos Märta. Många förebilder finns i släkten och Märta berättar bland annat om drivna föräldrar och en farmor som var utbildad lärare i matematik och fysik. Även Märta utbildade sig till matematik- och fysiklärare, parallellt med studierna inom civ.ing. i teknisk fysik vid LTH. Hon håller ett högt tempo!

Märta lever med sitt jobb och hon drivs av en vilja att möjliggöra forskningsupptäckter till nytta för mänskligheten inom rimlig tid.

Tycker du att grundläggande forskning är onödig?

– Grundforskningen behövs, men det är den tillämpade forskningen som måste bli bättre brobyggare till näringslivet än idag, konstaterar Märta.

När man lyssnar på Märta så förstår man att hon vill skapa plattformar där olika kulturer kan förstå och hjälpa varandra. Näringslivets ekonomiska korta perspektiv och grundforskningens långa perspektiv måste hitta varandra, och hon vill hitta en fungerande balans där.

– Jag vill att forskningsresultat inte

skall stanna i bokhyllan och kanske enbart bli lästa av forskarkollegor, säger Märta. Det är viktigt att innovationer kan utvecklas och komma många till del.

Företag som bygger på forskningsresultat som utvecklas utanför akademien och får en stor spridning i olika tillämpningar är otroligt viktiga, påpekar hon med eftertryck.

Vad gör du helst när du inte arbetar?

– Det är skönt att koppla av och röra sig i naturen, men det behöver inte vara i fjällen som det var under sportlovet. Vi har ett fritidshus på skånska slätten dit jag gärna åker. Jag brukar jogga och går på yoga. Jag tycker om att bara vara i naturen utan planer.

Har du familj?

– Ja, jag är gift med en kinesisk man, och vi har två barn som är fem och sju år gamla.

Talar du kinesiska?

– Ja, sådär, svarar Märta. Mina barn är bättre på kinesiska än vad jag är.

Man kan se stora kontraster i Märtas liv. Under veckorna en engagerad och drivande företagsledare med starkt fokus på resultat. Utöver detta har hon också

flera styrelseuppdrag, bland annat för dotterbolaget GPX Medical, teknikbolaget NEOLund samt universitetgruppen Lund Laser Center (LLC). Arbetet tar en stor del av tiden, men när Märta tar ledigt säger hon att det råder ett ordnat kaos i tillvaron.

Märta beskriver ett livspussel liknande en småbarnsförälders. Fast här är Gasporox AB en extra växande baby som behöver mycket tid och kärlek.

Märta berättar att hon har haft engagemang och driv sedan barnsben. Även om hennes föräldrar inte disputerat så har de varit engagerade i kommunalpolitiken, för att skapa ett bättre samhälle. Flera i hennes omgivning har varit starka ledare och företagare och hon har tagit intryck. Märta vill fortsätta arbetet med att bidra till ett bättre samhälle.

Vad har Gasporox för möjligheter att förbättra människors livsvillkor?

– Vi ser till att kvalitén på förpackningar av livs- och läkemedel förbättras och hållbarheten ökar jämfört med nu. Vi kan med lasersensorer se om maten i en obruten förpackning håller hög kvalitet och kontrollera detta automatiskt. Vår teknik bidrar till minskat svinn, framförallt eftersom vi också gör oförstörande prover som effektiviserar och minskar påverkan på miljön. Hållbarhetsaspekten är viktig för bolaget.

Mot slutet av vårt samtal avslöjar Märta att hon känner sig som två olika personer. Den strukturerade effektiva yrkeskvinnan som drivs av engagemanget att göra livet lättare och bättre för människor och den andra som tar lite dagen som den kommer.

FA tackar för att vi fått tillfälle att prata med Märta, en kvinnlig urkraft på den skånska slätten. Hon kommer troligen genom sina företag att positivt påverka allas livsvillkor framöver, mer eller mindre.

MARGARETA KESSELBERG
FYSIKAKTUELLT

Märta Lewander Xu, 38 år

Familj: man, två barn 5 och 7 år

Bor: villa i Lund och fritidshus i Nordöstra Skåne

Utbildning: Civ.ing. i teknisk fysik vid LTH (2006) Doktor i Fysik vid LU (2010). Lärar-examen i Matematik och Fysik (2007).

Tidigare arbeten:

- Gästforskare, National Center for Atmospheric Research, Boulder USA (2009)
- Forskare vid SwereaKimab, Stockholm (2011)
- Teknisk chef Gasporox (2011-2015)
- VD Gasporox (2015-pågående)
- VD för Gasporox dotterbolag GPX Medical (2017-2019)
- Medförfattare till över 20 publikationer och meduppfinnare till 6 patent.

Nuvarande arbete: VD Gasporox (2015)



Utmärkelser: Sparbanken Färs & Frostas forskningspris för särskilt framstående av-handlingsarbete.

Uppdrag: Styrelseledamot i NEOLund, Adjungerad styrelseledamot för LLC (Lund Laser Centre), Styrelseledamot i GPX Medical

Intressen: Fysik, Entreprenörskap, hälsa, familj och resor

GASPOROX
LASER SENSOR PACKAGE SOLUTIONS

Från Lunds universitet till sensorer på världsmarknaden

Gasporox är ett Lundabaserat bolag som säljer gassensorer för kvalitetskontroll av förpackningar i livsmedels-, läkemedels- och dryckesindustrin. Bolaget använder sig av en unik och patenterad laserteknologi som är effektiv, precis och robust. Gasporox kunder är produktionslinjetillverkare eller inspektionssystemtillverkare för packlinjer som integrerar Gasporox lösning och därmed erbjuder sina kunder en automatisk oförstörande kontinuerlig kvalitetskontroll som är kostnadseffektiv och hållbar ur ett miljöperspektiv. I tillägg till sensorer för integrering säljer Gasporox även direkt till producenterna samt till laboratorier och institut.

Genom att olika gaser absorberar ljus på olika sätt kan de kvantifieras spektroskopiskt. Tekniken som används vid Gasporox bygger på en allmänt känd laserspektroskopisk teknik som kallas TDLAS, Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy, men mot ett nytt tillämpningsområde, nämligen förpackningskontroll. Användning av TDLAS innebär att laservåglängden skannas över gasens absorptionslinje genom att modulera drivströmmen. Detta görs snabbt och kontinuerligt. Genom att detektera hela absorptionslinjen inklusive bakgrunden kan en absorptionssignal fås som är okänslig för annan variation i transmission. Tekniken är robust, kalibreringsfri och en metod som nått hög industriell standard.



Märta Lewander Xu på Nasdaqbörsen i New York

Gaserna som är intressanta att mäta är syre (O_2), koldioxid (CO_2) eller vattenånga (H_2O). Då olika gasmolekyler absorberar ljus på unika sätt och vid olika våglängder används olika diodlasrar för att mäta dessa gaser. Gasporox använder också en unik version av TDLAS-tekniken, som utvecklats av forskare vid Lunds universitet i Sverige, kallad GASMAS, GAs i Scattering Media Absorption Spectroscopy. GASMAS-tekniken är unik genom att metoden tillämpar TDLAS för bestämning av gaser inuti porer, hålrum och förpackningar omgivna av ljusspridningsmedier. Gasporox är experter inom TDLAS-tekniken med fokusområden mat- dryck- och farmaförpackningar där tekniken används för att kvalitetssäkra förpackningarna genom att säkerställa korrekt gasblandning och att förpackningarna är täta. Förpackningsmaterialet kan sträcka sig från helt transparenta material till komplexa icke-transparenta material som endast tillåter att en mindre del av ljuset passerar och detekteras.

Bolagets sensorer mäter gaskoncentrationen inuti förpackningsutrymmet, det så kallade "headspace"-utrymmet och kan också detektera extremt små mängder som läcker ut från förpackningar ge-

nom att mäta ovanför förpackningarna för att detektera gas som läcker ut. Förpackningarna kan vara packade med syre (O_2), koldioxid (CO_2) eller vattenånga (H_2O). Genom att kontrollera gasmängden garanteras korrekt gasblandning i förpackningarna, vilket är avgörande för kvalitet, säkerhet och lång hållbarhet. Förpackningarna kan vara alla typer av påsar, flaskor, tråg eller brickor för livsmedels- eller läkemedelsindustrin, oavsett om de är transparenta eller icke-transparenta och tillverkade av material som plast, glas, folie, kartong eller papper.

Gasporox har också utvecklat patenterad teknik för att mäta den fria gasen som sitter inuti livsmedelsprodukter eller andra material. Gasen finns i porerna inom exempelvis bröd, frukt eller kött. Mätningen kan användas för att studera mogenhet, syretillförsel och gasinnehåll. Denna teknik kan också användas inom materialanalys för att erhålla parametrar som porositet, fukt och gasdiffusion.

Vidare används Gasporox teknik för att mäta gas i människokroppen. En av tillämpningarna utvecklas i dotterbolaget GPX Medical som precis avslutat ett treårigt projekt i lungdiagnostik på för tidigt födda barn. Lungorna är bland

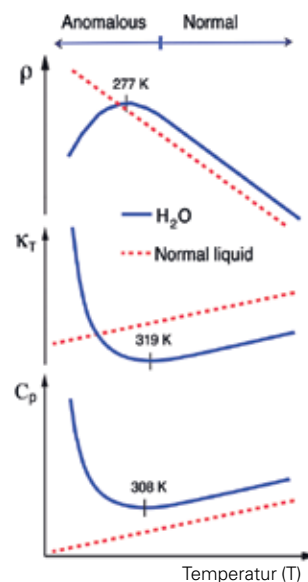
det sista som utvecklas under fosterstadiet vilket innebär att de hos för tidigt födda saknar fullt utvecklad lungfunktion. För att kontrollera att lungorna fungerar tar man regelbundet blodprov och mäter syrehalten. Proven säger inte allt och måste därför kompletteras med regelbunden röntgen för att säkerställa att de inte kollapsat, trots att röntgen är förenat med hög risk för framtida skador. GPX Medical vill därför utveckla ett instrument för att minimera den joniserande röntgenstrålningen med oskadligt laserljus. Tekniken bygger på att laserljuset skickas genom vävnaden och plockar upp absorptionen från den fria gasen. Gasmolekyler i fri form har väldigt smala absorptionsband, under en nanometer, jämfört med omgivande vävnad som primärt påverkar bakgrundstransmissionen. Med användning av TDLAS, och särskilt varianten GASMAS kan man mäta hur mycket av ljuset som absorberas av gasen i lungorna, och på så vis räkna ut syrehalten.

Insikter i vattnets mysterier genom röntgenlaserexperiment

Vatten täcker 2/3 av vår planets yta vilket gör att jorden är blå sedd ifrån rymden. Än så länge har vi inte funnit något liv som inte är vattenbaserat. Det är därför vi söker efter om det finns vatten på planeter i universum, vilket skulle skapa möjligheter för liv. Vatten deltar i de flesta fysikaliska, kemiska, biologiska och geologiska processer av betydelse för vår existens. Tillgången av rent vatten är också en av de största utmaningarna för mänskligheten och blir speciellt akut genom klimatförändringar.

Nu är inte förståelse av vatten endast viktigt utifrån dess stora betydelse men också därför att vatten uppför sig väldigt märkligt. Om vi tittar på ett glas isvatten (figur 1) med en ilagd termometer ser vi något speciellt. Först vet vi att en fast kropp i stort sett alltid har högre täthet än sin vätska. I fallet vatten flyter isen vilket betyder att den har lägre täthet. Om vi mäter temperaturen i vätska ser vi att den är nära noll grader där isen flyter medan i botten av glasets är det 4 °C. Det betyder att fyrgradigt vatten har högre täthet än

nollgradigt vatten. Grafen i figur 2 visar att tätheten för vatten som funktion av temperatur när det är varmt uppför sig som förväntat och ökar när vattnet kyls. Sedan inträffar något märkligt med att vatten har ett täthetsmaximum vid 4 °C och därefter expanderar det vid ytterligare nedkylning. På liknande sätt har vattnets



Figur 2. Temperaturberoendet av tätheten (ρ), kompressibiliteten (K_T) och värmekapaciteten (C_p).

Nyckeln till förståelse finns i underkylt vatten

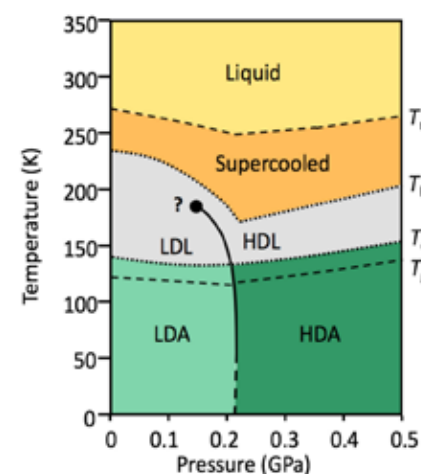
Det är ganska enkelt att underkyla vatten om det är rent och har liten volym. I stort sätt all isbildning vid temperaturer över -35 °C sker genom heterogen isbildning där förekomsten av någon förorening, partikel eller väggarna i en behållare stimulerar istillväxt. Om vi går tillbaka till

möjligheter att komprimeras eller dess värmekapacitet ett normalt beteende när det är varmt och minskar som förväntat med sjunkande temperatur men går sedan genom ett minimum och istället ökar med nedkylningen. Dessa minima är vid betydligt högre temperaturer än täthetsmaximum, runt 46 °C respektive 35 °C. Vatten uppför sig som en vanlig vätska (alkoholer, kolväten, aceton etc.) när det är varmt men blir sedan onormalt strax över rumtemperatur. Dess anomala karaktär ökar vid ytterligare nedkylning. Det finns sammanlagt över 70 olika egenskaper där vatten uppför sig annorlunda än vanliga vätskor när tryck och temperatur varierar.

Faktum är att dessa ovanliga egenskaperna är en förutsättning för vår existens. Om vatten uppfört sig som en vanlig vätska hade världshaven och sjöar lätt bottenfrusit under kalla vintrar och istider vilket hade kraftigt försvårat utvecklingen av det marina livet och därigenom också för däggdjuren. Om temperaturen på djupt vatten sjunker under 4 °C stiger vatten eftersom dess täthet minskar, vilket förhindrar samt gör att isen flyter och ger en skyddande hinna för vidare nedkylning. Dessutom skapar förekomsten av täthetsmaximum en rörelse i världshaven genom små temperaturförändringar som transporterar näringsämnen och plankton från djupa vatten till närmare ytan och skapar föda för de flesta marina djur. Vi skall vara tacksamma för vattnets ovanligt höga värmekapacitet som gör att Golfströmmen effektivt kan lagra värme så att vi får ett behagligt klimat i stora delar av Europa.

figur 2 kan vi se att tätheten fortsätter att sjunka, kompressibiliteten och värmekapaciteten att öka accelererande med sjunkande temperatur. Man har kunnat mäta dessa egenskaper ned till runt -35 °C och därefter sätter homogen isbildning, genom spontana fluktuationer i vätskan, gränsen för möjligheten att genomföra experiment på tidskalor av minuter. Vid dessa experiment har det detekterats att kompressibiliteten och värmekapaciteten kraftigt divergerar vid låga temperaturer. Genom en anpassning av vad som kallas för en "power law", som används för kritiska fenomen, har det föreslagits att kompressibiliteten och värmekapaciteten divergerar mot oändliga värden vid en mystisk temperatur av -45 °C. Det har spekulerats i 50 år vad som sker vid denna temperatur. Finns här ett fenomen som styr vattnets ovanliga egenskaper? Den snabba isbildningen under -35 °C har tidigare omöjliggjort experiment.

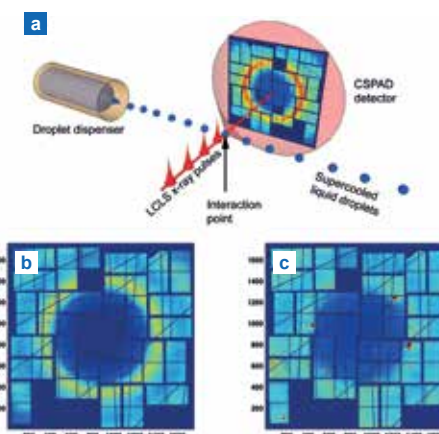
Figur 3 sammanfattar i ett temperatur-tryck fasdiagram en av de mest populära hypoteserna från forskning vid Bostonuniversitetet som bygger på existensen av två distinkt olika vätskefaser och en kritisk punkt emellan dessa. Vid låga temperaturer är det väletablerat att det finns två olika amorfa tillstånd av is som kallas högtäthetsamorf is (HDA) och lågtäthetsamorf is (LDA) med en tryckdriven fasomvandling mellan dem. Man har nyligen visat att det finns två olika glasövergångar till två olika högvätskösa vätskor ifrån dessa amorfa tillstånd som därigenom visar att dessa är glaser och för-



knippade med vätskor. Om man värmer dessa glaser för mycket bildas is väldigt snabbt. Det grå området i figur 3 kallas för "no man's land" där inga tidigare experimentella studier har varit möjliga pga snabb isbildning. Dock har det varit öppet för teoretiska simuleringar och en del av dem har visat på att det finns två lågvätskösa vätskefaser, hög täthetsvätska (HDL) och låg täthetsvätska (LDL) som är förknippade med de två glastillstånden och att det existerar en faslinje mellan dem. Man har funnit i simuleringar att om man följer fasseparationslinjen mot minskande tryck så slutar den i en kritisk punkt där det därefter endast finns en fas. Ifrån denna kritiska punkt utgår fluktuationer in i enfasområdet med strukturer mellan lokala strukturer av HDL och LDL. Den senare har lokal tetraedrisk vätebindningskoordination som i hexagonal is, vilket ger låg täthet genom ett mer öppet vätebindningsnätverk, medan den förra har ett uppbrutet nätverk med flera vattenmolekyler nära varandra men på längre avstånd som ökar tätheten. Det finns en signatur av en kritisk punkt i något som kallas för en Widomlinje som är en fortsättning av fasseparationslinjen in i enfasområdet där det inte finns två faser men istället ett maximum i mera lokala strukturer av HDL och LDL. Dock är detta scenario endast en hypotes och måste bekräftas av experiment.

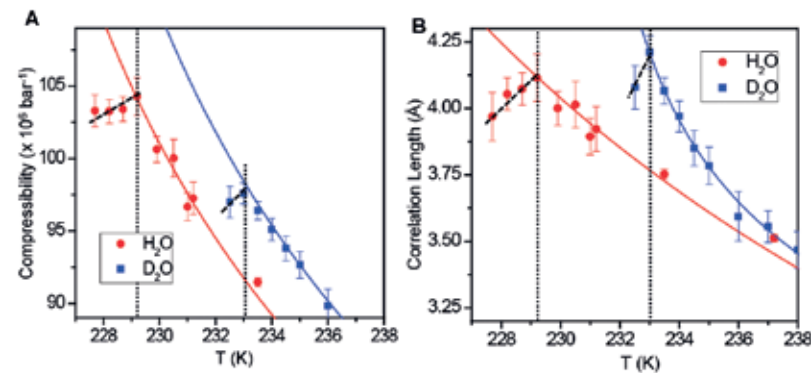
Röntgenlasrar som finns vid LCLS i Stanford, SACLA i Japan, PAL i Korea, Swiss FEL i Schweiz och EUXFEL i Hamburg öppnar för helt nya möjlig-

heter att erhålla mycket korta röntgenpulser. Figur 4 visar hur vi kan genomföra experiment på vatten i "no-man's land" genom snabb nedkylning av mikrometerstora vattendroppar injicerade i vakuum och analysera strukturen genom röntgenspridning med 50 femtosekunder korta pulser innan det hinner frysa (*Nature* **510**, 381(2014)). Avkylning sker genom ballistisk förångning och temperaturen varierar genom att avståndet ändras mellan munstycket och växelverkansområdet. Med en röntgenlaser mäter man inte under en viss tid utan belyser provet med skott som kommer varje 10e millisekund och har mycket hög intensitet. Om is bildas ger det en tydlig signal på detektorn genom att Braggtoppar dyker upp. Eftersom data ifrån varje skott lagras separat har vi kunnat kyla till -46 °C och endast analysera de skott som visar på vatten utan närvaro av is. I en första undersökning på LCLS av röntgenspridningen inom ett rörelsemängdsöverföringsområde som ger information om de två närmaste avstånden mellan syreatomerna i vatten visade vi att vätskan uppvisar en snabb tillväxt av tetraedrisk struktur som motsvarar LDL lokala konfigurationer men att förändringen är kontinuerlig med sjunkande temperatur (*Nature* **510**, 381(2014)). Det betyder att vid den mystiska temperaturen på -45 °C finns det ingen fasomvandling mellan HDL till LDL som har varit en av hypo-



Figur 4. Röntgenspridning ifrån mikronstora vattendroppar. (a) En serie vattendroppar injiceras i vakuum där deras tid innan de träffas av ett röntgenskott bestämmer temperaturen. (b) Ett

enkelt skott av röntgenlasern ger diffus spridning ifrån en ren vattendroppe medan i (c) innehåller droppen små iskrystaller som ger Braggreflektioner sedda som enskilda punkter på detektorn.



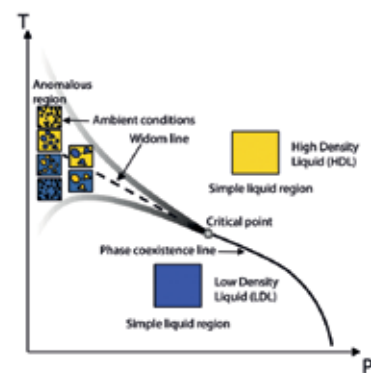
Figur 5. Temperaturberoendet av (A) kompressibiliteten och (B) korrelationslängden för H_2O och D_2O . Skillnaden mellan de två isotoperna indikerar betydelsen av kvanteffekter i vibrationsrörelsen i vatten.

teserna vilken därigenom kunde uteslutas.

För att testa hypotesen om existensen av en kritisk punkt vid ett högt tryck är det nödvändigt att mäta några av de termodynamiska responsfunktionerna som kompressibiliteten eller värmekapaciteten för att därigenom observera om en Widomlinje existerar. I så fall skall responsfunktionen som funktion av temperaturen divergera men inte till oändligheten utan endast nå ett ändligt maximum och sedan sjunka igen. Genom att mäta enbart små vinklar och därigenom liten rörelsemängdsöverföring i röntgenspridning kan man få information om täthetsfluktuationer vid olika längdskalor. Om man går nära noll i rörelsemängdsöverföringen går det att relatera strukturfaktorn till fluktuationer på oändlig längdskala och därmed direkt till den isotermska kompressibiliteten. Vi genomförde experiment med liten vinkelspridning vid röntgenlasern PAL i Korea med tekniken illustrerad i figur 4 (*Science* **358**, 1589 (2017)) och kunde bestämma kompressibilitets och korrelationslängdens temperaturberoende ned till -46°C . Den senare är relaterad till längdskalan hos fluktuationerna. Figur 5 visar att dessa egenskaper har maxima vid -44°C för H_2O och därigenom bekräftar att en Widomlinje som utgår ifrån kritisk punkt finns i underkyllt vatten. Om vi gör liknelsen med att en eld är den kritiska punkten så är Widomlinjen röken ifrån den. Genom jämförelser med teoretiska simuleringar (som dock underskattar fluktuationerna) av kompressibiliteten vid olika tryck och temperaturer har vi kunnat uppskatta att den kritiska punkten ligger omkring 700-900 bar från -50°C .

-60°C . Det betyder att den inte är alltför långt ifrån våra vanliga rumsförhållanden.

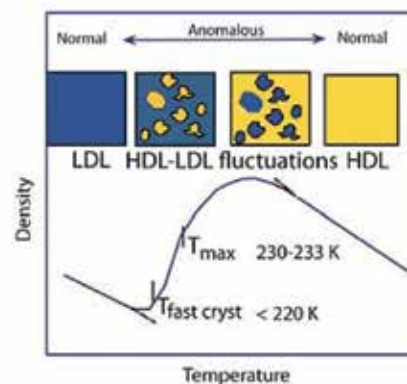
Vi kan sammanfatta våra resultat i en enkel bild i figur 6. Här visas att vid höga tryck finns det två vätskor med en fasseparationslinje dem emellan. När trycket minskar och vi följer fasseparationslinjen finns en kritisk punkt vid övergången mellan två faser till en fas. Vid den punkten går fluktuationer från makroskopiska till mikroskopiska längdskalor. Skulle ett vattenglas finnas vid den punkten skulle vätskan se mjölkaktig ut för att korrelationslängden har en storleksordning som våglängden för vanligt ljus. Om vi följer mot ännu lägre tryck längs förlängningen linjen av två faser in i enfas området (Widomlinjen) får vi maxima i fluktuationerna mellan de två konfigurationerna som bygger upp de makroskopiska faserna, men endast som små mikroskopiska regioner som snabbt uppkommer och försvinner bort. Systemet kan inte bestämma sig vilket ben det skall stå på.



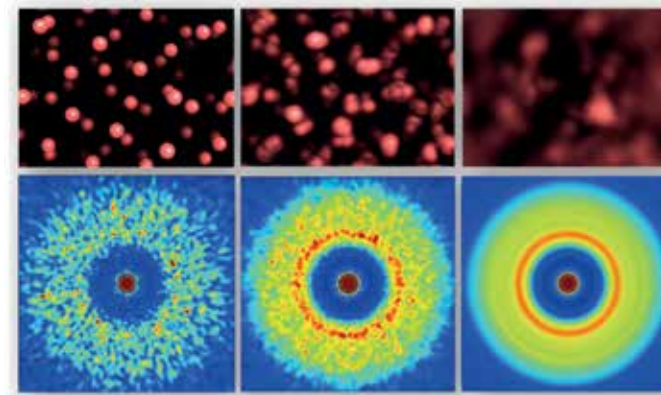
Figur 6. Ett enkelt fasdiagram av vatten som visar två vätskor, en kritisk punkt, Widomlinje i enfas området samt fluktuationer på olika längdskalor som skapas genom närvaron av den kritiska punkten.

Existensen av fluktuationerna blir bredare i temperatur desto längre ifrån den kritiska punkten och definieras som en trätt som utgår ifrån den kritiska punkten. Inom denna trätt är vatten anomalt och uppför sig annorlunda än en enkel vätska. Våra vanliga förhållanden vid rumstryck och rumstemperatur befinner sig inom det anomala området och det är därför vatten uppför sig märklit. HDL konfigurationerna är helt dominerade vid rumstemperatur medan vid Widomlinjen är det en enkel 1:1 balans mellan HDL och LDL.

Ifrån denna bild kan vi förstå varför ett täthetsmaximum uppkommer i vätskan när vatten kyls ned, se figur 7. När vatten är mycket varmt är det utanför trätten och är en renodlad HDL vätska och vid kylning kontraherar vätskan som förväntat hos alla vanliga vätskor. När temperaturen sänks till inom trätten börjar fluktuationer till LDL konfigurationer uppkomma som har lägre täthet och nu ökar inte tätheten lika fort eftersom LDL har lägre täthet än HDL. Vid täthetsmaximum är det en enkel balans mellan kontraktionen av HDL konfigurationerna och mängden av LDL konfigurationer. Vid temperaturer bortom täthetsmaximum ökar LDL lokala strukturerna snabbt och vid Widomlinjen är förändringen som snabbast. Eftersom HDL



Figur 7. Hypotetiskt täthetstemperaturberoende för vattnets densitet.



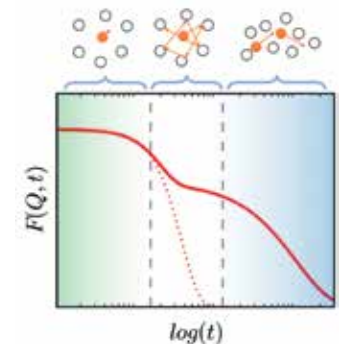
Figur 8. En schematisk bild av den metod som användes för att fånga vattendynamik på ultrasnabb tidskala. Om man kunde fotografera molekylerna i direkta rummet med olika exponeringstider skulle bilden bli gradvis suddigare på grund av molekylernas rörelse. Detta görs med röntgenspridning i det så kallade reciproka rummet, där diffraktionsmönstret smetas ut för längre pulsperioder.

strukturer dominerar ovanför smältpunkten med hög täthet och is har en täthet som LDL, kan vi därigenom förstå att is får lägre täthet och flyter på vatten. En sak som är mycket intressant är att vatten är anomalt inom det temperaturområdet där livet existerar. Vi vet inte om det är ett rent sammanträffande eller om det är mycket viktigt för de biologiska processerna. Något som framtida forskning förhoppningsvis kan besvara.

Den ultrasnabba dansen hos vatten Vanligtvis anser vi att vattenmolekyler i vätskefas rör sig med slumpmässiga rörelser på ultrasnabba tidsskalor orsakade av termiska fluktuationer. Genom att använda den revolutionerande tidupplösningen hos röntgenlasrar har vi upptäckt korrelerad rörelse i vattendynamiken på ultrasnabba tidsskalor. Detta visar sig som en "inlåsningseffekt" då vattenmolekylerna bygger tetraedriska strukturer vid underkylning. Här visas experiment som vi utförde vid LCLS och där vi för första gången kunde undersöka dynamiken hos molekyler i flytande vatten med tidsupplösning under 100 femtosekunder (*Nature Comm.* **9**, 1917 (2018))

Tekniken som användes bygger på att "fotografera" vattenmolekylerna i ett diffraktogram med hjälp av röntgenlasern, se figur 8. Genom att variera röntgenpulsens längd får man olika långa exponeringstider för "fotografiet" och därigenom kommer all rörelse av vattenmolekylerna under exponeringen ge upphov till "oskärpa" i bilden. Analys av oskärpan för olika exponeringstider gör det möjligt att extrahera information om den molekylära rörelsen. När koherenta

Figur 9. Vattendynamik i underkyllt tillstånd (beldragen linje) jämfört med rumstemperatur (streckad linje). Skillnaden uppstår på grund av "inlåsningseffekter" som kan ses i mellanspridningsfunktionen $F(Q, t)$.



röntgenstrålar sprids från ett system av oordnade molekyler, ger de upphov till "gryniga" diffraktionsmönster, som kallas "fläckar". Dessa mönster innehåller information om hur atomerna är arrangerade i rummet. När det spatiala arrangemanget ändras över tid, kommer det motsvarande fläckmönstret också att ändras. Genom att registrera förändringen i reciproka rummet får vi därmed information i direkta rummet. Denna metod ger strukturell information, eftersom den bygger på diffraktion, vilket är en enorm fördel gentemot spektroskopiska tekniker som behöver extra modellering för att ge spatial information.

På denna ultrasnabba tidsskala antog man tidigare att vattenmolekyler rör sig slumpmässigt på grund av vanliga värmrörelser, och därmed uppför sig mer som en gas under kort tid än som en vätska. Denna effekt ses i mellanspridningsfunktionen $F(Q, t)$, vilken är en tidsberoende korrelationsfunktion som återspeglar molekylär rörelse i reciproka rummet. En graf av funktionen visas i figur 9. På de kortaste tidsskalorna har vattenmolekylerna en så kallad ballistisk regim, där molekyler rör sig utan påverkan från grannmolekylerna. På en mycket långsammare tidsskala rör sig molekylerna i en vätska genom diffusion, med andra ord rör de sig tillsammans de omkringliggande molekylerna. Detta medför förändringar i vattnets vätebindningsnätverk. En intressant detalj är att det finns

en regim där emellan när vattenmolekylerna är fångade av sina grannar i en "inlåsningseffekt". Experimenten indikerar att "inlåsningseffekter" spelar en roll även på ultrasnabba tidsskalor, vilket gör att vattenmolekylerna koordineras i en invecklad dans, vilket blir ännu mer märkbart i det så kallade underkylda tillståndet där LDL-konfigurationer med tetraedrisk struktur dominerar vilket effektivt låser molekylerna gentemot varandra.

Det är en helt ny möjlighet att kunna använda röntgenlasrar för att se molekylernas rörelse i realtid på ultrasnabba tidsskalor, vilket öppnar ett nytt experimentellt område som kan kombineras med röntgens unika strukturella känslighet. De experimentella resultaten reproducerades genom datorsimuleringar, vilka visar att den samordnade dansen av vattenmolekyler beror på att tetraedriska strukturer bildas. Att titta på tidsförändringarna i vätebindningsnätverket är en nyckel till att förstå vatten på molekylär nivå, och om dessa kan också kombineras med att förstå den dynamiska aspekten av det föreslagna fasdiagramet i figur 6 kan en mycket djup förståelse erhållas. Det är möjligt att betydelsen av det anomala området ligger i den dynamiskt korrelerade rörelsen mellan olika regioner och den kan visas sig att vara direkt avgörande för molekylär cellbiologi och vår förståelse av livet.

ANDERS NILSSON OCH FOIVOS PERAKIS
FYSIKUM, STOCKHOLMS UNIVERSITET

Kosmisk strålning för alla!

”Det var jättekul att läsa fysik på gymnasiet, men de allra mest spännande ämnena beskrivs i de sista kapitlen och vi nådde aldrig dit.” Denna reflektion från en nyantagen fysikstudent på KTH var en del av motivationen för en av oss (Pearce) att sparka igång ett gymnasieprojektarbete med fokus på kosmisk strålning. Projektets syfte var att belysa den subatomära världen och kopplingar till universum samt att tillhandahålla ett verktyg för att främja experimentellt arbete och hantering av mätdata. Projektet har pågått under 15 år i olika former och sammanfattas i denna artikel. Men först – vad är kosmisk strålning för något?

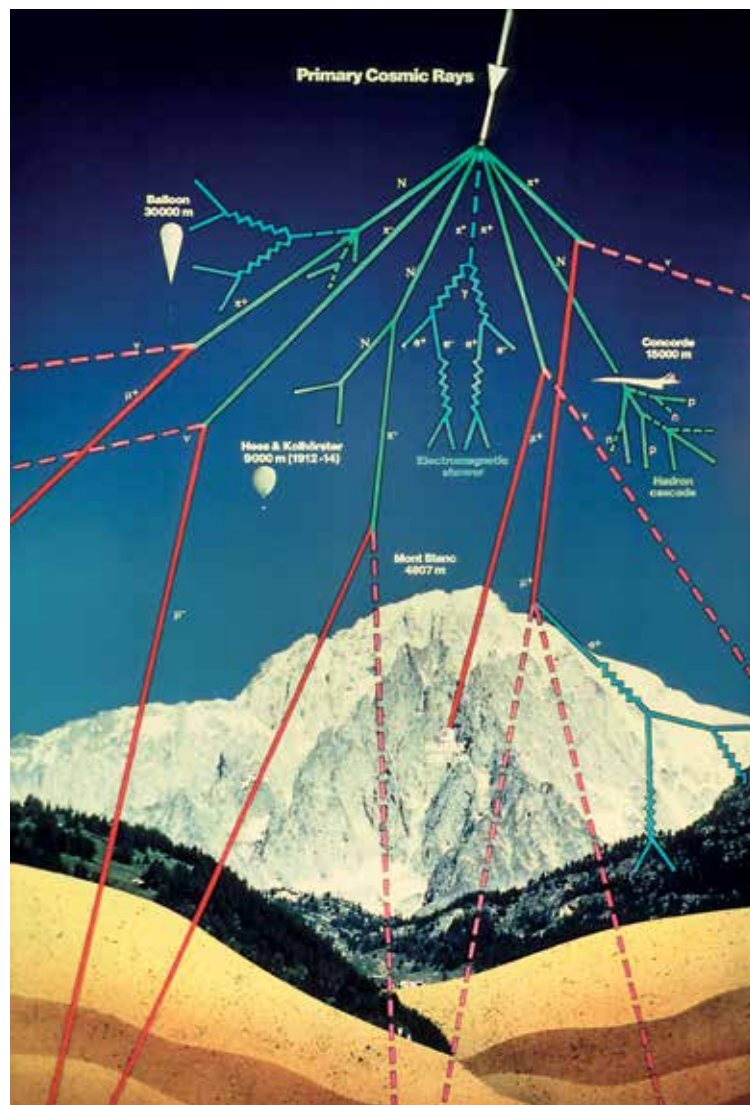
Helt osynligt för oss är det kontinuerliga regn (figur 1) av subatomära partiklar som färdas genom atmosfären till jordens yta. På marken består partikelflödet huvudsakligen av myoner, en slags tung elektron-liknande partikel (med 200 gånger elektronens massa). Du kanske läser tidskriften liggande på ett bord framför dig – under de minuter det tar att läsa färdigt sidan har flera tusen myoner passerat den. Partikelflödet är en del av den naturliga bakgrundsstrålningen. I genomsnitt över jorden ger detta fenomen upphov till ca 15% av den årliga strålningsdosen (variationer kan tillkomma på grund av exempelvis altitud). Det subatomära regnet skapas eftersom jordens atmosfär kontinuerligt bombarderas

av huvudsakligen protoner från rymden – den s.k. primära kosmiska strålningen. Dessa protoner får energi genom ett antal processer med ett resulterande energispektrum som är anmärkningsvärt slätstrukturerat, och väl beskrivet av ett par s.k. ”inverse power law”. Det innebär att en tiofaldig ökning i energi leder till en minskning i flödet med ca en faktor tusen. Partiklarna med lägst energi kommer från solen, t. ex. i solutbrott – en kraftig explosion på solen orsakat av störningar i det magnetfält som håller solplasmat på plats. Källor i vår galax såsom supernovarester ansvarar sannolikt för att accelerera kosmisk strålning upp till ca 10^{15} eV (ett par storleksordningar större än idag möjligt med den kraftigaste partikelaccele-

Figur 1. En skur av subatomära partiklar bildas när en primär kosmisk partikel träffar toppen av atmosfären. Källa: CERN.

ratorn på jorden). Det är dessa primära partiklar som producerar huvuddelen av myonflödet på jorden. Otroligt nog har man i experiment på jorden sett kosmiska partiklar med energi upp till 10^{20} eV, vilket motsvarar ca 5 J. Detta är jämförbart med den kinetiska energin hos en tennisboll som servas med en hastighet av 260 km/timme (den snabbast uppmätta hittills). Vilka kosmiska källor som ger upphov till dessa energirika partiklar är idag fortfarande en öppen fråga.

När protoner slår in i atmosfären kolliderar de med atomkärnor. En skur av se-



Figur 2. Elever undersöker de olika detektorerna för kosmisk strålning på Vetenskapens Hus. De tre som ses till vänster är bärbara och kan lånas av eleverna. Källa: Vetenskapens Hus.

kundära subatomära partiklar bildas och regnar ner mot jorden. Ju mer energi hos protonen, desto kraftigare blir kollisionen och desto större skurens fotavtryck på marken. De sekundära partiklarna bildas på en höjd runt 20 km och består av bl.a. mycket kortlivade pi-mesoner (livstiden är ca 10^{-8} s). Dessa sönderfaller på väg mot jorden och bildar myoner och neutriner. Einsteins speciella relativitetsteori förklarar att i vår referensram lever myoner betydligt längre än när de är i vila (2,2 mikrosekunder). Det gör det möjligt för dem att nå marken och fångas in av mätinstrument.

Detektorer för kosmisk strålning är förhållandevis enkla och billiga att framställa. En av de vanligaste metoderna är att använda en plastscintillator – ett plexiglasliknande material som uppvisar luminescens när det exciteras av jonisering skapad av en elektriskt laddad partikel, till exempel en myon, som passerar genom materialet. Scintillatordetektorer har en lång och viktig historia i experimentell fysik. År 1909 föreslog Rutherford för sina studenter, Geiger och Marsden, att de skulle skjuta en stråle med alfapartiklar mot en tunn guldfolie. De blev förbluffade när deras scintillatordetektor av zinksulfid registrerade några alfapartiklar som studsade tillbaka – den positivt laddade

guldatomkärnan var upptäckt. I detta fall räknades de små ljusblxtarna under många timmar genom ett mikroskop i ett kolsvart rum. Lyckligtvis har tekniken utvecklats och nuförtiden använder man en s.k. fotomultiplikator för att omvandla ljusblxtar till elektriska pulser som kan matas till elektroniken för automatiserad räkning. Signaler från enbart en scintillatorplatta kommer inte bara från myoner – elektriskt brus och andra komponenter från bakgrundsstrålningen bidrar också. Lösningen är att bygga ett slags teleskop för kosmisk strålning genom att använda två parallella scintillatorplattor. Separationen mellan plattorna avgör hur mycket av himlen som teleskopen ser. En signal från båda plattorna samtidigt (i praktiken inom 100 ns) avslöjar passagen av en myon. Antal registrerade myoner sjunker markant när man roterar teleskopet så att plattorna är vinkelräta mot marken – en tydlig indikation på att myonflödet kommer från ovan.

De flesta eleverna som deltar i projektet gör detta som sitt gymnasiearbete, som är ett större projektarbete om 100 poäng. Genom gymnasiearbetet får eleverna möjlighet att använda alla kunskaper från sin gymnasieutbildning för att visa att de är väl förberedda för högskolestudier, samtidigt som de fördjupar sig

inom ett område och tränar på att arbeta på ett vetenskapligt sätt.

Projektet inleds i september och löper över hela höstterminen och delar av vårterminen, numera koordinerat av Stefan Åminneborg (pedagogisk utvecklare i Vetenskapens Hus). Elever från olika skolor möts i Vetenskapens hus på kvällstid vid 6-8 tillfällen. Under dessa träffar erbjuder vi föreläsningar med genomgång av teorin samt laborationer för att lära sig att använda mätutrustningen.

Ursprungligen var målet med gymnasieprojektet att ge eleverna chansen att studera de enorma skurar av partiklar som bildas när en energirik proton träffar atmosfären. Ett nätverk av stora scintillatordetektorer etablerades på AlbaNova universitetscentrum och ett antal gymnasier i Stockholmsområdet. Eleverna fick delta i byggandet av detektorstationer och så småningom var det möjligt att ”se” stora skurar som, t. ex sträckte sig från AlbaNova till gymnasieskolor som låg några kilometer bort – mycket spännande och lärorikt! Att hålla nätverket igång visade sig till slut vara väldigt tidsödande och skolprojektet tog en annan inriktning, i nära samarbete med Vetenskapens Hus. I det nya upplägget var målet att ge eleverna möjligheten att utföra egna mätningar av den kosmiska strålningen med



hjälp av olika myonteleskop (figur 2). Under träffarna hjälper vi till med att formulera frågeställningar, diskutera vilka myondetektorer som är bäst lämpade för de olika frågeställningarna, och stödjer eleverna vid planeringen av deras mätningar med tolkning av mätresultaten. Mellan träffarna får eleverna möjlighet att låna myondetektorer för att genomföra sina mätningar. Projektet avslutas med en minikonferens där deltagarna får presentera sitt arbete för varandra.

Vilka frågeställningar tacklas av eleverna? Att leta efter korrelationer mellan myonflödet och miljövariabler såsom temperatur, lufttrycket, molntäcke och

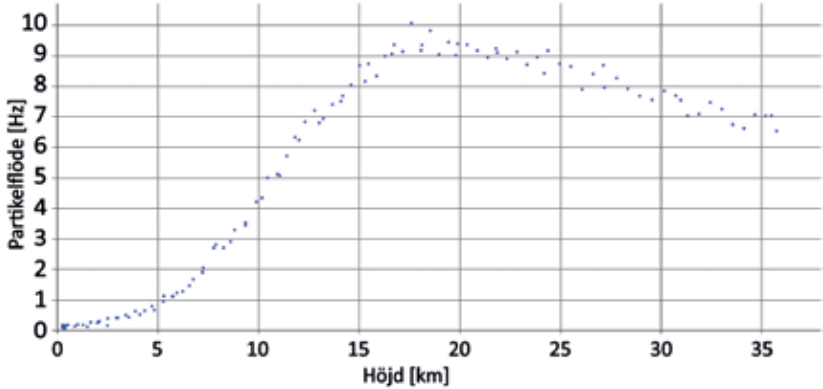
solaktivitet har visat sig vara populärt. Den tydliga antikorrelationen med lufttrycket är helt dominerande – när lufttrycket ökar blir atmosfären tjockare och mer absorberande för kosmiska partiklar. Mätprecisionen hos våra teleskop gör det mycket svårt att påvisa andra korrelationer – en användbar övning i hypotesprövning och statistik – ett av de viktigaste fokusområden inom det kvällsprogram som erbjuds eleverna. En annan populär undersökning är att studera hur mycket materia som behövs för att skärma av myonflödet, t.ex. med hjälp av blyklossar, eller genom besök i tunnelbanan eller en gruva. Detta ger möjligheten att prata

Figur 3. Ballongsläpp från Dalarna. En detektor för kosmisk strålning hänger under ballongen (den vita lådan i slutet av det gula repet). Källa: Vetenskapens Hus.

om utmaningen att konstruera en farkost för att ta människor till Mars utan att exponeringen för skadlig strålning blir för hög. I linje med detta kom en elev på att undersöka om det var möjligt att använda myoner för att ta fram en slags röntgenbild av en för honom okänd fördelning av blyklossar. Svaret var ja – med hjälp av myondetektorer lyckades han ta reda på hur blyklossarna var fördelade. Denna metod används också i vissa länder av tullen för att undersöka stora transportlådor och har även använts för att försöka hitta dolda skattkammare i pyramider.

Undersökningarna har inte bara skett

Figur 4. Variationen i flödet av kosmisk strålning med höjd över marken. Flödet når ett maximum runt 18 km – det s.k. Regener-Pfotzer maximum-altituden där flest sekundära partiklar produceras av den primära strålningen. Spridning av datapunkter beror på att både ballongens uppstigning och nedstigning visas. Källa: Vetenskapens Hus.



på marken. Projektet fick en tydlig koppling till rymden när ett scintillatorteleskop byggdes för Christer Fuglesang att använda på rymdstationen. Mätningar (som spelades in av Christer) ger en annan dimension till projektarbetet eftersom partikelströmmen i rymden domineras av protoner och tyngre kärnor istället för myoner. Detektorer har följt med i elevers handbagage på flygresan under höstlovet och visar tydligt hur mängden strålning ökar med höjden över marken. Detta ger en naturlig ingång till diskussioner om möjliga hälsoeffekter för folk som flyger mycket, som t ex kabinpersonalen, och varför Concorde utrustades med strålningsmätare. En relativt ny och mycket populär innovation är att flyga detektorer med en vätefylld väderballong av gummi (figur 3). Flygningar möjliggörs genom uppstartstöd från KTH rymdcenter. Ett antal lyckade flygningar har skett under ledning av Henrik Åkerstedt (pedagogisk utvecklare i Vetenskapens Hus och lärare på Hersby gymnasium). Data från flera år finns nu tillgängliga i en databas som studenterna kan använda (data kan hämtas från <http://192.16.145.41:4000/>). Med tillstånd från Transportstyrelsen kan ett ballongsläpp göras från ett särskilt område i Dalarna, väster om Borlänge. Under den senaste flygningen i oktober 2018 uppnåddes vår rekordhöjd 36,3 km. Eleverna hjälper till med att förbereda flygningen och har möjlighet att följa med på släppdagen. Eleverna bidrar också vid analysen av data efteråt. Ballongflygningen ger en fin koppling till ämnets ursprung eftersom den kosmiska strålningen upptäcktes av österrikaren Viktor Hess 1912 under en bemannad ballongflygning med ett elektroscop som mätinstrument. Ett exempel på elevernas mätdata visas i figur 4 och visar hur myonflödet ökar med höjden tills man når det s.k. Regener-Pfotzer maximum-altituden där flest sekundära partiklar produceras av den primära strålningen. Naturligtvis ger detta chansen att koppla till betydligt mer avancerad ballongbaserad forskning i astrofysik (se Fysikaktuellt nr 3, september 2018).

Sedan 2005 har fler än 250 elever deltagit i projektet. De flesta eleverna kommer från skolor i stockholmsområdet, men under åren har vi även haft mer långväga deltagare från t ex Göteborg, Gävle och Örebro. Genom detta projekt får eleverna praktisk erfarenhet av att använda avancerade vetenskapliga instrument. Genom att de får formulera egna frågeställningar och testa sina hypoteser får de även lära sig att arbeta på ett vetenskapligt sätt och får en inblick i forskares vardag. Vi som forskare får också en fantastisk möjlighet att inspirera gymnasieelever genom att exponera dem för svåra och abstrakta koncept inom modern fysik.

MARK PEARCE
INSTITUTIONEN FÖR FYSIK, KTH

TANJA NYMARK
VETENSKAPENS HUS

Svenska Fysikersamfundet
tillsammans med Linköpings universitet
inbjuder till



Fysikdagarna 2019

3-5 oktober 2019, Linköping
Tema: Material

För information, program och registrering,
besök www.fysikdagarna2019.se

Arrangeras av Linköpings universitet.



Humlan kan inte flyga – eller...?

Enligt en seglivad myt kan humlan inte flyga, men gör det ändå. Lika seglivad är den felaktiga förklaringen att ett undertryck på ovensidan av en flygplansvinge ger en lyftkraft.

Humlan

Myten att humlan inte kan flyga är en av vetenskapens mest seglivade och har tyvärr gett fysikens prediktionsförmåga dåligt rykte. För mytens uppkomst anges oftast två skilda versioner.

Den ena sägs komma från 1930-talets Tyskland, där en expert i aerodynamik förklarade för en biolog att en humla enligt hans beräkningar inte kunde flyga. Biologen tog det som ett exempel på naturens finurlighet, och sedan spred sig myten till tidningar och vidare ut bland allmänheten.

Enligt en annan version lär den franske entomologen Antoine Magnan inkluderat följande not i introduktionen till sin bok *Le Vol des Insectes* från 1934. ”Jag tillämpade lagen om luftmotstånd på insekter, och jag kom tillsammans med min assistent, ingenjören Saint-Lagué, till slutsatsen att de omöjligt kan flyga.” Sedan kan man undra hur den korta noten i en vetenskaplig bok tog vägen till populärkulturen, och hur den kom att associeras med just humlor.

Enligt aerodynamikens lagar borde inte en humla kunna skapa tillräcklig lyftkraft med sina relativt små vingar, sin låga flyghastighet och sin tyngd. Det är dock inget bevis på att de inte kan flyga, snarare ett bevis på att humlor inte kan glidflyga.

Sedan dess har flera forskare gett sig i kast med frågan. John McMaster, *American Scientist* Vol. 77, No. 2 (March-April 1989), pp. 164-169, beskrev att ving-

profilen varierar med avståndet från fästpunkten.

Charles Ellington, Professor of Animal Mechanics at Cambridge University, nöjde sig inte med att de tidigare beräkningarna var skapliga, utan ville göra dem vetenskapliga. På 1990-talet studerade han humlevingars dynamik. Hans grupp använde en robotinsekt (tobaksspinnare) och rök och kunde visa att det vid ving-



nedslaget bildas virvlar vid vingens framkant.

I verkligheten är humlans vingar inte glatta och stela utan skrovliga och böjliga, och deras form och rörelsemönster skapar en luftvirvel precis ovanför vingen. En höghastighetsfilm finns på (https://www.youtube.com/watch?v=9_hVVRw8cOA)

Michael Dickinson och James Birch vid University of California, Berkeley, publicerade 2005 en studie i tidskriften *Proceedings of National Academy of Sciences* på honungsbin med höghastighetskamera, samt studerade en ”robotinsekt”, som fick flaxa i en tank av mineralolja för att simulera viskositeten av luften som en insekt skulle uppleva. De fann att vingarna inte rör sig upp och ner, utan vanligen rör sig fram och tillbaka och att de vrids vid återföringen, så att luft trycks nedåt både när vingen förs framåt och bakåt.

I en annan studie visades att honungsbin svävade med en vingfrekvens nära 230 Hz och med cirka 90° vingamplitud (45° upp, 45° ner). Om de utmanades med att flyga i Heliox (andningssgas för dykning med 21 % syre och 79 % helium), som har $\rho = 0,41 \text{ kg/m}^3$ jämfört

Figur 1: En humla och en humlevinges ribbnät. De längsgående vingribborna är grövre och ger vingen tillräcklig stadga för att flyga, medan de tvärgående vingribborna är tunnare och ger vingen den elasticitet som behövs.

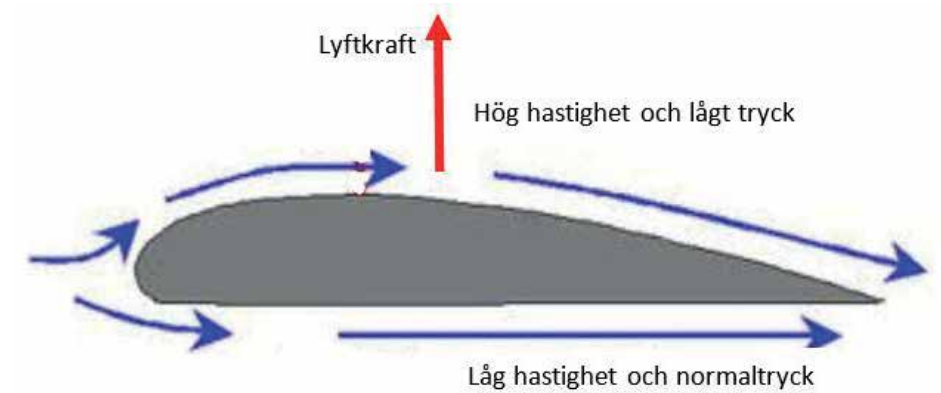
med luft $\rho = 1,21 \text{ kg/m}^3$, behöll de frekvensen, men kompenserade med att öka vingamplituden med nästan 50 procent, varför bina tröttnade snabbare.

Flygplansvinge

Den (alltför) vanliga förklaringen till en flygplansvinges lyftkraft går ut på att vingens välvda ovensida (figur 2) ger en ökning av luftens hastighet på ovensidan, eftersom luftströmmarna på över- och undersidan når bakkanten på samma tid. Resonemanget bygger på att Bernoullis lag: $p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{konst}$, energiprincipen per volymenhet, är tillämplig. Då lägesenergin per volym (ρgh) är (nästan) lika kommer ökningen av $\frac{1}{2}\rho v^2$ på ovensidan ge mindre tryck (p) där, eftersom totala energitätheten är bevarad. Motsvarande sker inte på den plana undersidan och därmed kommer tryckskillnaden ge en lyftkraft. Dessutom antas också felaktigt att luften är inkompressibel.

Även en lekman måste undra hur man i så fall kan flyga uppochnär. En fysiker undrar varför luften längs ovensidan skulle nå bakkanten på samma tid som luften längs undersidan och varför energitätheten skulle vara bevarad? Det är den nu inte eftersom luftmolekyler häftar vid vingen, virvlar bildas i bakkanten och luften har viskositet. En fysiker undrar också hur en ökning av hastighet (acceleration) skulle kunna ge en kraft.

Det är förstås tvärtom, att det behövs en kraft för att få en acceleration. I själva verket måste vingen ha en tillräcklig anfallsvinkel, som tvingar luften nedåt. Då totala rörelsemängden (p) bevaras fås en kraft uppåt enligt $F = dp/dt$. Kan också



Figur 2: Eftersom luften har längre väg att gå på översidan strömmar den där snabbare än på undersidan. Då fås enligt Bernoullis lag ett lägre tryck på ovensidan än på undersidan. Det resulterar i en lyftkraft. En vanlig, men tyvärr felaktig, förklaring.

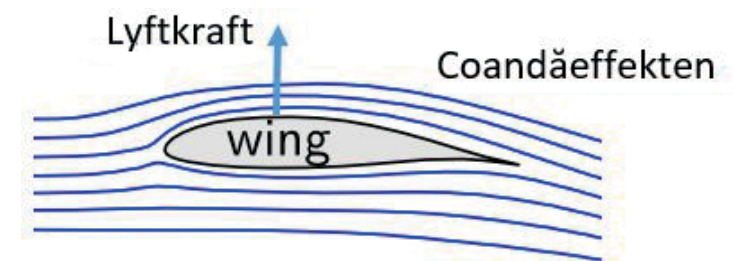
formuleras som Newtons tredje lag. För att flyga, rättvänd eller uppochnär, krävs således att anfallsvinkeln är tillräckligt stor. Ökar man anfallsvinkeln genom att höja planets nos, pressas mer luft nedåt, varpå lyftkraften ökar. Samtidigt ökar givetvis luftmotståndet, och vid alltför stor anfallsvinkel riskerar planet att överstegra (s.k. stall), om motorerna inte klarar att övervinna luftmotståndet.

Lyftkraft

Lyftkraften uppkommer av att vingen tvingar luften nedåt. Dessutom ger en välvd profil en strömning som också för luft nedåt. Det senare beror på coandäeffekten, uppkallad efter den rumänske aerodynamikern Henri Coandă (1886-1972). Den beskriver de strömmande molekylnas tendens att attraheras till närliggande ytor (figur 3). Därigenom förs luften på ovensidan nedåt längs den sluttande bakkanten på vingen, och

eftersom rörelsemängden bevaras fås även här en kraft uppåt. Vingens undersida är rak, så där skapas ingen kraft. Resultatet blir därför en uppåtriktad kraft på vingen. Det innebär att en välvd vinge har lyftkraft, även vid anfallsvinkeln noll. En symmetrisk vinge måste däremot ges en positiv anfallsvinkel för att en lyftkraft ska skapas. Redan Otto Lilienthal beskrev ett antal sinnrika experiment i sin bok *Birdflight as the Basis of Aviation* utgiven 1889, som visade att en välvd vinge gav större lyftkraft än en plan.

Lyftkraften ges av $L = C_L \cdot A \cdot q$, där C_L = lyftkoefficienten, A = vingens area och $q = \frac{1}{2}\rho v^2$ är dynamiska trycket. C_L är en dimensionslös konstant och kan ses som ett mått på hur effektiv en vinge är på att generera lyftkraft. Den beror huvudsakligen på vingens profil och utformning, men även hela den komplicerade strömningen kring vingen kan bakas in i koefficienten. Den kan sedan



Figur 3: Vattenstrålen svänger åt vänster, när den häftar vid plastskeden. Eftersom rörelsemängden bevaras svänger skeden åt höger. Likaså förs luften på vingens ovensida mer nedåt än den på undersidan, vilket ger en lyftkraft.

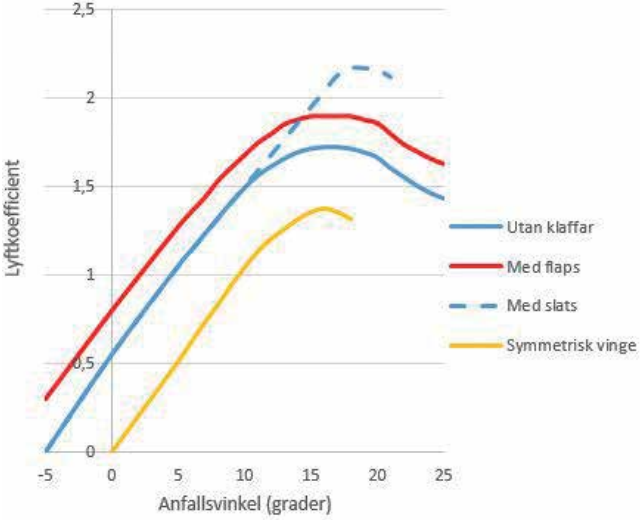
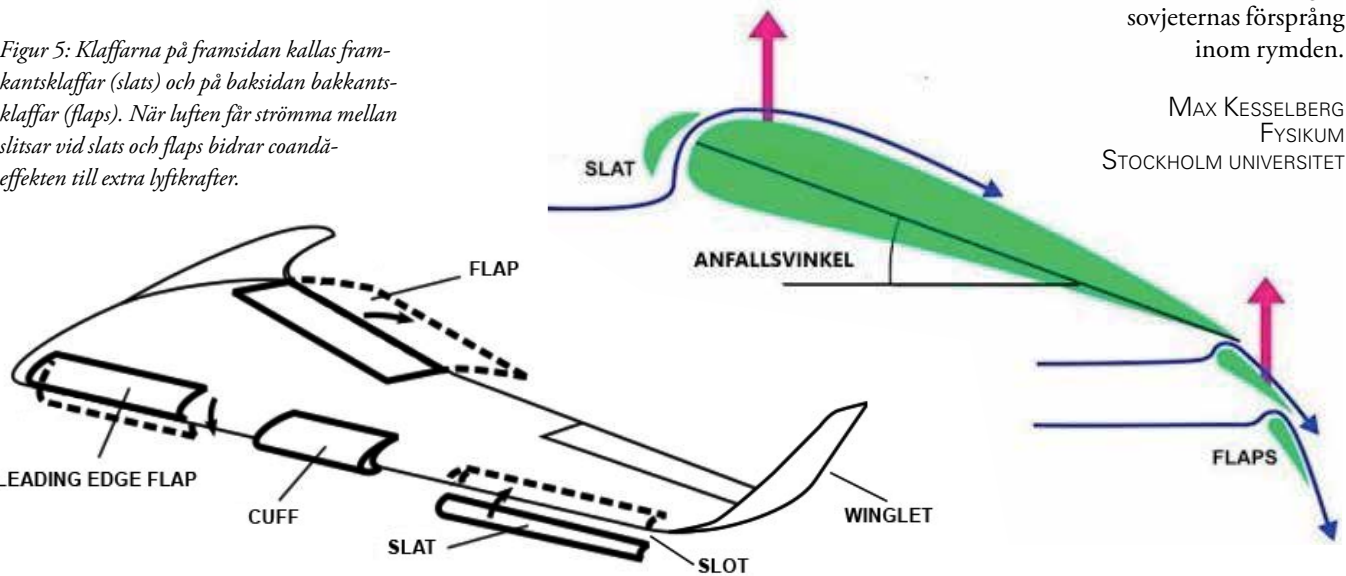
bestämmas experimentellt i en vindtunnel. Eftersom lyftkraften är proportionell mot farten (v) i kvadrat, är farten således en mycket avgörande faktor. Lyftkraften beror, precis som för bin, också på luftens densitet (ρ), vilken är låg där det är varmt eller på hög höjd. Flygplatser som ligger högt som Quito eller där temperaturen ofta är hög som i Dubai, har därför ofta långa rullbanor runt 4 km eller mer. Medan man i Nordeuropa klarar sig med 3 km. Flygplan avsedda för korta banor (som alltså måste kunna flyga långsamt) konstrueras ofta med stora vingar (stort A). Eller också förlägger man starten till natten, för då är det oftast svalare.

Klaffar

Lyftkraften kan ökas genom att öka anfallsvinkeln, givet att motorerna orkar. C_L är ju proportionell mot anfallsvinkeln (figur 4). Klaffar ger ytterligare möjligheter. De ökar vingarean och påverkar luftflödet runt vingen. De finns oftast både på framsidan där de kallas framkantsklaffar (slats), och på baksidan, där de kallas bakkantsklaffar (flaps). De senare ökar arean och de förra ökar inte bara arean utan ger utrymme för större anfallsvinkel före stall.

När flapsen är utfällda ökas luftmotståndet, vilket kräver extra drivkraft från motorerna, utom vid landning. Det ger en extra lyftkraft, både genom att mer luft pressas nedåt och genom coandäffekten

Figur 5: Klaffarna på framsidan kallas framkantsklaffar (slats) och på baksidan bakkantsklaffar (flaps). När luften får strömma mellan slitsar vid slats och flaps bidrar coandä-effekten till extra lyftkrafter.



Figur 4: Vingens lyftkraft är proportionell mot anfallsvinkeln vid måttliga anfallsvinklar och konstant fart. "Flapsen" ökar lyftkoefficienten och "slatsen" möjliggör större anfallsvinkel före stall. En symmetrisk vinge med attackvinkel noll skapar ingen lyftkraft.

(figur 5). Flygplanet kan då flyga med lägre hastighet, vilket gör att det går att landa och starta på kortare rullbanor. När de är infällda får flygplanet mindre luftmotstånd och kan flyga snabbare, men samtidigt krävs högre fart för att skapa tillräckligt mycket lyftkraft för att hålla flygplanet i luften. Längst ut på vingen sitter ibland virveldämpare eller winglets. De är till för att minska flygplanets ving-spetsvirvlar och därigenom dess luftmotstånd.

NACA och NASA

National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) bildades i USA 1915 för att ta igen européernas försprång

inom flyget. NACA utvecklade en serie vindtunneltestade vingprofiler, karaktäriserade med en fyrsiffrig kod som representerade geometriska egenskaper, såsom tjocklek, längd, men också med data för vindtunneltesten, såsom densitet och viskositet. Syftet var att hjälpa flygplanstillverkare. Idag finns programmet "Airfoil Tools" och på <http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=b737c-il#polars> finns exempel på Boeing 737-profiler, som bland annat ger grafer likt dem i figur 4.

Intressant är att Neil Armstrong 1955 anställdes av NACA som testpilot. Han hamnade sedan på National Aeronautics and Space Administration (NASA), när NACA gick upp i NASA. Den senare bildades 1958 för att ta igen sovjeternas försprång inom rymden.

MAX KESSELBERG
FYSIKUM
STOCKHOLM UNIVERSITET

Mått och balans

Stå-upp-figurer (Bild 1) brukar fascinerar små barn. Stöter man till en sådan figur försiktigt så ramlar den inte omkull utan svänger fram och åter för att efter cirka en minut stanna upprätt. Michael Faraday använde en stå-upp-figur på sina föreläsningar i kemi och fysik vid Royal Institution i London. Hans föreläsningar [1] var utformade för att popularisera vetenskap och hjälpte ungdomar att förstå invecklade begrepp.

För att studera nämnda uppförande använder jag här en modell bestående av ett halvklot och en kon av samma material, se bild 2. Cirkelarna visar konens och halvklotets tyngdpunkter. Om konens höjd är $h = \sqrt{3}r$ kommer figurens tyngdpunkt att hamna i gränsytan mellan konen och halvklotet (kvadratsymbol). Om denna figur trycks ner till horisontellt läge är den på gränsen att räta upp sig, eftersom tyngdpunktens vertikala läge inte förändrats. För att figuren skall gå tillbaka till lodrätt läge måste tyngdpunkten sänkas (trianglesymbol). Detta kan åstadkommas på olika sätt. Man kan t ex minska konen höjd, tillverka halvklotet av högre densitet eller lägga in en tung vikt i det.

Ungrarna Gabor Domokos och Peter Varkonvi frågade sig om det finns en konvex, tredimensionell kropp med *homotopy*

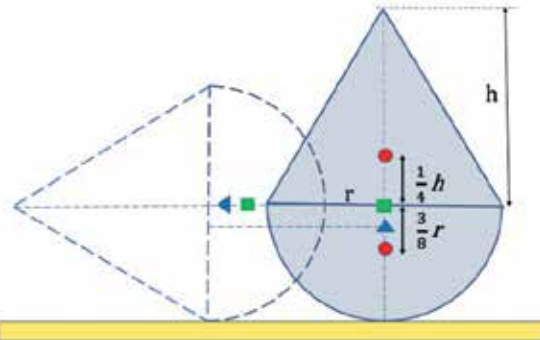


Bild 2



Bild 1

gen massfördelning, som endast har ett stabilt och ett labilt jämviktsläge. Många forskare betvivlade detta, då man visste att det i två dimensioner inte existerar en konvex figur med endast två jämviktspunkter. Frågan resulterade dock 2006 i en sk Gömböc, som betyder en liten, tjock person. Bild 3 visar min Gömböc gjord av rostfritt stål med vikt av 3 kg och med ungefär 10 cm diameter. Denna kan köpas på internet från gomboc-shop.com (499€ + VAT+ frakt). Om en Gömböc placeras på en horisontell yta i en *godtycklig* position återgår den alltid till en och samma stabila jämviktspunkt i likhet med stå-upp-figuren diskuterad ovan. Den instabila jämviktspunkten ligger mitt emot den stabila. Teorin är ganska omfattande och den intresserade hänvisas till referens 2.

Sannolikheten att hitta en Gömböc i naturen är extremt liten då en mycket hög precision hos formen krävs ($< 0,1$ mm). Eventuella ursprungliga strandstenar av Gömböc-form har säkerligen deformerats p g a vågerosion. Däremot har man observerat en approximativ Gömböc-form på sköldpaddsskal, vilket underlättar att djuret lättare kan vända sig om det hamnar på ryggen.

PER-OLOF NILSSON
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



Bild 3

[1] M. Faraday, Course of six lectures of the various forces of matter and their relations to each other, London 1860.
[2] P. L. Varkonyi and G. Domokos, Static Equilibria of Rigid Bodies: Dice, Pebbles, and the Poincaré-Hopf Theorem, J. Nonlinear Sci. Vol. 16, pp. 255–281 (2006)



NATUR &
KULTUR

Heureka!

Fysik på riktigt

Ett modernt basläromedel i fysik för gymnasiet. Med text och bild visas fysikens tillämpningar, historiska utveckling och betydelse för individ och samhälle på ett intresseväckande sätt.

Missa inte...

Kostnadsfritt extramaterial med självvärtande förkunskapstest och diagnoser till varje kapitel.

nok.se/extramaterial

