

Metafordon · Jakten på meteoriten · Kvantgrindar

Fysikaktuellt

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

NR 1 • FEB 2022



Rymdresor på schemat

Svenska Fysikersamfundet

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

Ordförande: Jonathan Weidow, jonathan.weidow@chalmers.se

Sekreterare: Joakim Cederkäll, joakim.cederkall@nuclear.lu.se

Skattmästare: Lage Hedin, lage.hedin@physics.uu.se

Adress: Svenska Fysikersamfundet, Institutionen för fysik och astronomi, Uppsala universitet, Box 516, 751 20 Uppsala

Bankgiro: 5402-5499

E-post: styrelsen@fysikersamfundet.se

För medlemsfrågor, kontakta Lage Hedin, 076-231 01 37 eller medlemsregistret@fysikersamfundet.se

Sektioner

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

Kosmos

Fysikersamfundet ger ut årsskriften Kosmos. Redaktör är Anders Kastberg.

Fysikaktuellt

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

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

Ansvarig utgivare: Jonathan Weidow.

Kontakta redaktionen via: fysikaktuellt@fysikersamfundet.se

För insänt, ej beställt material ansvaras inte.

Manusstopp för Fysikaktuellt 2/2022 är 22 mars.

Medlemskap

Svenska Fysikersamfundet har ca 1 000 individuella medlemmar, stödjande medlemmar (företag och organisationer) och stödjande institutioner. Årsavgiften är 400 kr, dock 250 kr för pensionärer och forskarstuderande, samt 100 kr för grundutbildningsstudenter. Stödjande medlemskap debiteras 4 000 kr per år.

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



Medlemsförmåner

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

Layout: Christina Kjellstrand

Tryck: Trydells, Laholm 2021



OMSLAGSBILDEN: Bilden på framsidan är ett montage. Bilden som syns på datorn är från en av Christer Fuglesangs kursomgångar 2017. Uppgiftens rubrik var "Passenger Ship to Mars", och den handlade om att konstruera ett rymdskepp som skulle kunna ta 30 passagerare. Läs mer på sidan 8. Bild: Pixabay och Christer Fuglesang

Stödjande medlemmar

- Glerups Utbildning AB www.glerups.se
- Scanditronix Magnet AB www.scanditronix-magnet.se
- Myfab, www.myfab.se

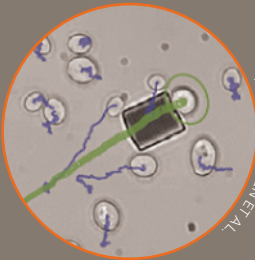
Stödjande institutioner

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

Glöm inte att anmäla adressändring till medlemsregistret@fysikersamfundet.se

Innehåll

- 3 **SIGNERAT** Jonathan Weidow
- 4 **AKTUELLT**
- 5 **JAKTEN PÅ METEORITEN**
- 8 **RYMDRESOR PÅ SCHEMAT**
- 10 **AVHANDLINGEN** Chi Zhang tar ett steg på vägen mot kvantdatorer
- 13 **INTERVJU** Chi Zhang
- 14 **MEDICINSK FYSIK** Vår strålningsmiljö
- 16 **METAFORDON**
- 18 **LISE MEITNER-DAGARNA**
- 19 **WALLENBERGS FYSIKPRIS**
- 22 **FYSIK I NORDEN** Island
- 23 **SVERIGES UNGA AKADEMI** Tioårsjubileum
- 24 **KALENDRAR** Den indiska lunisolära kalendern
- 26 **FLIMMER OCH ANDRA LJUSEFFEKTER**
- 28 **GOD FYSIK** Semlans brytningsindex
- 29 **RECENSION**
- 30 **VARDAGENS FYSIK** Vindrutans fysik



Forskare på Chalmers har tagit fram mikroskopiska farkoster som går att styra med ljusets polarisation. sidan 16

Tack för förtroendet!

Först och främst vill jag tacka för det fortsatta förtroendet att få leda Svenska Fysikersamfundet i ytterligare en mandatperiod. Detta hedersuppdrag innebär många intressanta och stimulerande uppgifter och det är mycket roligt att få chansen att göra detta i tre år till. Därefter vill jag tacka alla som på olika sätt har varit med och bidragit till vår verksamhet under den senaste perioden. Det är en ynnest att få arbeta tillsammans med så många duktiga och driftiga fysiker!

Covid-19 har medfört förändringar i upplägg för många av våra aktiviteter. Men vi har ändå lyckats genomföra i princip allt det vi hade tänkt oss, och mer därtill. Fysikdagarna arrangerades 2019 i Linköping och Nordiska Fysikdagarna digitalt från Uppsala 2021. Såväl *Fysikaktuellt* som *Kosmos* har varit proppfulla av både spännande och lärorika artiklar. Vi har kunnat genomföra både Wallenbergs fysikpris och Lise Meitner dagar. Via "månadens problem" och hemsidan har vi nått ut till skolor och allmänheten i övrigt och vi har dessutom interagerat med andra samfund inom ramen för arbetet inom EPS och IUPAP. Utöver detta har de flesta av våra sektioner också kunnat fortsätta med sin verksamhet.

Ett exempel på ett nytt initiativ under den gångna perioden som jag vill lyfta fram är Oseenmedaljen för bästa avhandling i fysik i Sverige, vilken nu har delats ut två gånger och där vi har påbörjat arbetet med att utse en vinnare för 2022.

Vid årets första möte med Svenska Fysikersamfundets styrelse kunde jag konstatera att det råder en stor entusiasm inför den kommande mandatperioden. Det pågår full planering in-



FOTO: CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLAN/ANNA LENA LUNDQVIST

för Fysikdagarna i Lund i sommar och i Stockholm 2023 och vi räknar med att kunna besöka Nordiska Fysikdagarna i Helsingfors 2024.

Ett arbete som inleddes under 2021 är att försöka digitalisera och tillgängliggöra alla tidigare utgåvor av *Kosmos*, det vill säga hela vägen från 1921. Vi hoppas nu kunna hitta finansiering och slutföra det arbetet. Vi vill också bredda vår verksamhet till att även möta yngre barn än vad vi gör idag. Syftet är att så ett frö av fysikintresse som kan bära frukt i ett bredare intresse för fysik senare i livet. Förhoppningsvis vill du som läsare engagera dig i någon av alla de aktiviteter som Svenska Fysikersamfundet arbetar med.

Jonathan Weidow

JONATHAN WEIDOW
Ordförande Svenska Fysikersamfundet

Förslag på gång: Kapa en femtedel av fysiken

■ I arbetet med att förändra betygsmodellen på gymnasiet riskerar fysiken att hamna i kläm. Idag gäller att gymnasieelever måste ha med sig 250 p i fysik för att få "särskild behörighet" som behövs för att komma in på högskoleutbildningar som till exempel medicin och de flesta civilingenjörsutbildningarna. Men nu förbereder Skolverket ett förslag om att ändra på detta för de elever som går på Teknikprogrammet.

Skolverket arbetar med att anpassa gymnasiet så att ämnesbetyg ska kunna återinföras, och då har det uppstått ett "strukturtekniskt problem" där timmarna på teknikprogrammet inte riktigt räcker till. Idén är då att minska fysiken till 200 p på detta program, och samtidigt ändra i reglerna för särskild behörighet så att 200 p fysik + 200 p teknik likställs med dagens 250 p i fysik.

"Vi har precis påbörjat arbetet med ämnesplanen i fysik", skriver Paula Starbäck, undervisningsråd på Skolverket i en kommentar. "Vi får dessvärre inte diskutera det pågående arbetet då det är en lång process och inga beslut är tagna."

Enligt Paula Starbäck planeras de nya ämnesplanerna att gå ut på remiss i slutet av året, och det kommer då finnas möjlighet för alla intressenter att inkomma med synpunkter.

Andreas Isacsson är programansva-

rig för Fysikprogrammet vid Göteborgs universitet, och har mångårig erfarenhet av undervisning på Chalmers civilingenjörsutbildningar. Han är djupt bekymrad över vad den föreslagna tjugoprocentiga minskningen av fysikämnet skulle få för konsekvenser:

– Sedan flera år tillbaka ser vår lärarkår att allt mer grundläggande stoff inom fysik måste repeteras, säger han. Fysik och teknik är komplementära ämnen, snarare än överlappande. Fysiken utgör den vetenskapliga grund som tekniken vilar på. Tekniken har, allteftersom den utvecklats, i sin tur hjälpt oss att förstå fysiken och vår omvärld. Förståelse för den underliggande fysiken, som förklarar hur och varför tekniken fungerar som den gör, skapar därmed ett mervärde för teknikämnet. Att försöka ersätta fysik med teknik drabbar därför inte enbart de som vill studera fysik, det drabbar i hög grad även studenter inom tekniska utbildningar.

– Till sist är fysik också viktigt för att skaffa sig ett sunt förhållningssätt till den vetenskapliga metoden och vetenskapligt verifierbara fakta, något som blir allt viktigare i vårt samhälle. Sammantaget vore det därför djupt olyckligt att försöka ersätta fysik på gymnasier med teknik.

CHRISTINA KJELLSTRAND
för Fysikaktuellt

Fysikdagar i Lund i sommar

■ Fysikdagarna 2022 hålls i Lund, 14–16 juni. Temat blir svensk acceleratorbaserad forskning med fokus på CERN, FAIR, MAX IV och ESS. Utöver parallella sessioner kommer det att finnas ett brett program med plenarföredrag och en postersession.

Du hittar mer information och aktuellt program på <https://indico.cern.ch/e/fysikdagarna2022>.

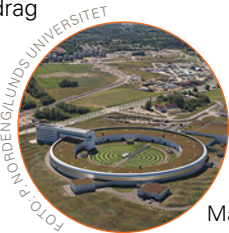
Det kommer att finnas möjlighet att delta till redu-

cerad avgift för gymnasielärare och studenter.

Vi ser fram emot att se dig, förhoppningsvis personligen, i Lund!

ANNA ARNADOTTIR, JOAKIM CEDERKÄLL, MALIN SJÖDAHL, PER ENG-JOHNSON, PETER CHRISTIANSEN (CHAIR), SUSANNE TEGLER, TOMAS BRAGE, TORBJÖRN LUNDBERG OCH URBAN ERIKSON

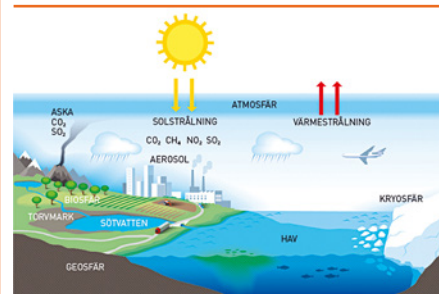
Max IV utanför Lund.



Information till medlemmar

■ Från och med i år skickar vi ut medlemsaviser med e-post. Om du inte har fått avin kan det bero på att du inte har meddelat e-postadress eller har en felaktig e-postadress registrerad i medlemsregistret. Meddela då gärna en korrekt e-postadress till kansliet på: lage.hedin@physics.uu.se.

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



KVA förklarar klimatförändringar

■ I oktober, lagom till klimatmötet i Glasgow, gav Kungliga Vetenskapsakademien ut skriften *Vetenskapen säger – om klimatet*. Den 15 sidor långa skriften finns tillgänglig online (du hittar den på www.kva.se/sv/publicerat), och syftet är att sammanfatta och på ett populärvetenskapligt sätt förklara den nuvarande vetenskapliga kunskapen om klimatförändringarna (i *Fysikaktuellt* 4/2021 finns fler referenser, med anledning av Nobelpriset i fysik).

Poddtipset

The Meridian

■ Astronomidoktoranderna Rebecca Forsberg och Nic Borsato från Lund pratar med inbjudna gäster om deras forskning. I varje avsnitt presenterar de också ett av sina favorit-objekt från astronomin. Lyssna på:

poddtoppen.se/podcast/158415151/the-meridian



FOTO: ANDREAS FORSBERG/ANDERS ZETTERQVIST



Meteoriten är cirka 30 cm lång och har fullt med små gropar (regmaglypter), som orsakats av smältning. Den mörka ytan består av en tunn smältskorpa som fläckvis fallit bort.

Jakten på meteoriten

Det började klockan 22.27 den 7 november 2021, när ett tre sekunders långt och **mycket ljusst sken** lyste upp himlen över Mellansverige. Eric Stempels låg i sängen med barnen, och fick direkt frågan: "Vad var det?"

Det var svårt att svara rakt av, skenet påminde om en bil som passerade med helljuset på, men det varade för länge, och så befann vi oss på övervakningen. Med ett flerårigt intresse för himlafenomen började jag räkna sekunderna, och hörde sedan ett märkligt, utdraget lågfrekvent buller. Jag uppskattade avståndet till källan till ca 40 kilometer.

Kort därefter började jag få meddelanden på telefonen, som så ofta när någon har sett något ovanligt på himlen.

Men, eftersom jag själv också var vittne till fenomenet fattade jag denna gång tidsigt misstanken om att det i närheten av Uppsala hade gått ett eldklot, namnet på de ljusstarkaste meteorfenomenen. Meddelanden, ögonvittnesrapporter och de första videorna från övervakningskameror stärkte misstankarna, men vädret var molnigt, så ingen hade bildmaterial som kunde bekräfta att det var ett eldklot.

SEDAN 2013 FINNS DET I Sverige ett nätverk av kameror som övervakar himlen,

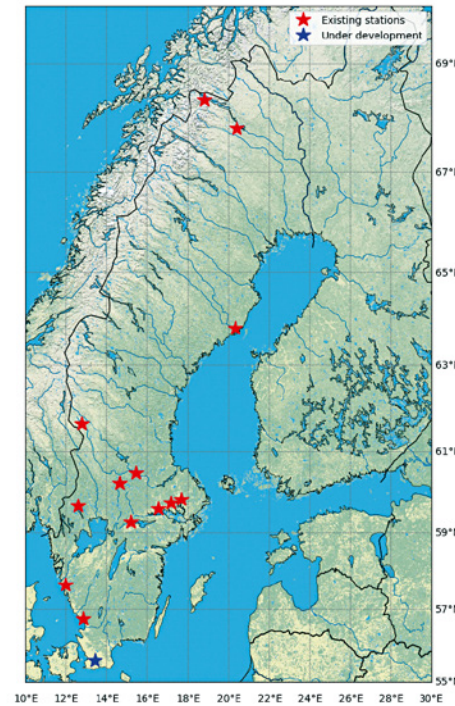
just för att kunna ha ett observationellt underlag för himlafenomen, speciellt meteoriter och de mer ljusstarka boliderna. Eftersom meteorfenomenen vanligtvis inträffar på en höjd mellan 100 och 30 km över jordytan är det viktigt med en bred kameratäckning med ett intervall om några hundra kilometer. Detta har åstadkommit med hjälp av ett *citizenscience projekt*, där kamerorna har satts upp av privatpersoner, lokalföreningar av amatörastronomer, och av universitet och andra myndigheter. Kamerorna ►

► är kalibrerade mot stjärnhimlen, och skickar helautomatiskt videinspelningar av himlafenomen till en centraldator i Uppsala.

När jorden möter grus eller rymdstenar kommer de in i atmosfären med ganska stora hastigheter, vanligtvis mellan 15 och 60 km/s. Atmosfären är kosmiskt sett ganska tjock, och på några sekunder bromsas rymdstenen, som vetenskapligt kallas meteoroid, till en hastighet nära noll. Beroende på hur stor meteoroiden var från början så brinner antingen allt material upp, eller, i undantagsfall, så finns någon procent av kroppen kvar. Om något material når jordytan kallas detta för meteorit.

De beräkningar som ligger till grund för att studera meteoror och bolider är relativt enkla. Eftersom infallshastigheten är stor är det rimligt att anta att det ljusa spåret bildar en rakt linje i atmosfären. Genom att sedan kombinera siktlinjer från olika meteorkamerastationer går det att beräkna infallsbanan, infallshastigheten och inbromsningen (se faktaruta).

Händelsen i närheten av Uppsala hade på grund av det molniga vädret inte regist-



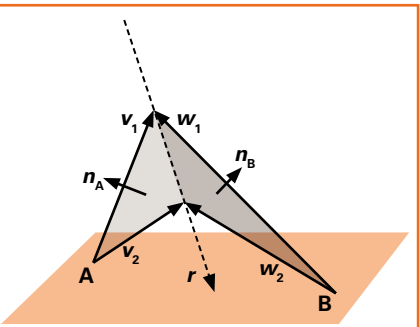
Det svenska kameranätverket. Inspelningarna samlas automatiskt i Uppsala.

Beräkningen av meteorspåret

Med hjälp av observationer från två eller fler kamerastationer är det möjligt att räkna ut var meteorspåret befann sig i atmosfären, och i vilken riktning meteoren gick.

Beräkningen är relativt enkel. Från kamerastationerna **A** och **B** utgår siktlinjer till början och slutet av det meteorspår, som i figuren till höger är vektorerna $\vec{v}_1$ och $\vec{v}_2$ för station **A**, och $\vec{w}_1$ och $\vec{w}_2$ för station **B**. Normalvektorerna för det plan som bildas av vektorerna är då $\vec{v}_1 \times \vec{v}_2 = \vec{n}_A$ och $\vec{w}_1 \times \vec{w}_2 = \vec{n}_B$. Riktningen av meteorspåret är sedan $\vec{n}_A \times \vec{n}_B = \vec{r}$.

Vanligtvis har man många flera observationer och stationer än i detta exempel, och då ger vektorräkning för olika par



av stationer inte nödvändigtvis samma resultat. Då går det att hitta den matematisk bästa lösningen för meteorspåret genom att göra en minsta kvadrat-anpassning där man minimerar avståndet mellan siktlinjerna och meteorspåret.

rerats på någon av de svenska kamerorna, med undantag för en liten prick på kameran i Umeå. Bättre var det för observatorerna i grannländerna – i Finland, Norge och Danmark hade eldklotet fångats på deras meteorkameror. Bara någon timme efter ljusblitzen var de första beräkningarna klara. De pekade tydligt på att det hade skett ett meteoritfall norr om Enköping, i närheten av byn Ådalen. Ett problem var att inbromsningen av meteoroiden inte gick att mäta, vilket gjorde att ingångsmassan var osäker. I sådana fall är man tvungen att gissa ingångsmassan utifrån ljusstyrkan, en metod som är okänd för att vara osäker. Eldklotcentret CNEOS i USA hade dock fått en mätning av ljusstyrkan från en amerikans spion-satellit, som pekade på en ingångsmassa kring 8 000 kg.

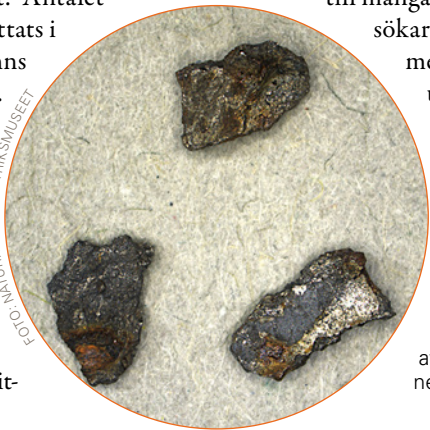
METEORITFALL ÄR ganska ovanliga, och det vanligaste är att meteoriter hittas först många år efter fallet. Antalet meteoriter som har hittats i Sverige är få, totalt finns 18 kända fyndplatser. Bara i nio fall har meteoriter hittats efter ett observerat fall, den senaste gången 1954 vid Hökmark, söder om Skellefteå.

Det är ännu ovanligare att ett meteorit-

fall registreras så väl att det går att räkna ut var i solsystemet meteoriterna kommer ifrån – i dagläget har detta bara gjorts för 38 meteoritfall i hela världen. Det är dock tydligt att en ökad kameraövervakning, såväl aktivt med meteornätverk, som genom tillfälliga inspelningar på ”vanliga” övervakningskameror, bidrar starkt till ett allt mer omfattande bildunderlag av eldklot och bolider.

OMRÅDET I NÄRHETEN av Ådalen som intialt kunde indentifieras som intressant var flera kvadratkilometer stort, men redan dagen efter ljusfenomenet var jag på plats med en kollega för att göra en första bedömning av förutsättningar för meteoritsök. Området var blandat, med öppna åkrar och tätare skog. En vecka senare gjordes den första mer organiserade sökinsatsen, där vi gick skallgång över åkrarna. Det var tydligt att nyheten om ett sannolikt meteoritfall hade nått ut till många, och antalet meteoritsökare ökade snabbt, även med intressenter från utlandet.

Meteoritsök är ingen enkel verksamhet, den går att



Några av de fragment av meteoritskorpan som hittades med hjälp av en neodymbiummagnet, ca 3 millimeter stora.

jämföra med svampjakt, där man gärna delar sina erfarenheter men inte vilka ställen man helst går till, eller var man gör sina fynd. Meteoriter är en av de ovanligaste stenar man kan hitta på jorden. De har enormt potential att berätta mer för oss om solsystemets uppkomst, och kanske också om livets ursprung. Att meteoriter hittas, studeras och införs i vetenskapliga samlingar är därför väldigt viktigt. Tyvärr finns det många oseriösa meteoritsökare, som helst vill ta hem stenarna för att skära upp dem och sedan sälja delarna på en likaså oseriös marknad.

Det visade sig dock att meteoritfallet nära Ådalen inte var så omfattande som de första beräkningarna antydde. Trots flera veckor av idogt letande, först på åkrarna, och sedan, i brist på andra plaster, i skogen, gjordes inga fynd. Detta var något oväntat, för en meteoroid på flera tusen kilogram skulle lätt kunna ge upphov till flera tiotals, kanske hundratals centimeterstora meteoriter. Under veckorna framkom dock några fler kameraobservationer, samt upplysningar från meteoritsökare vilka områden som hade kammats igenom. Sökområdet kunde minskas.

GENOMBROTTET KOM när två erfarna svenska meteoritsökare, Andreas Forsberg och Anders Zetterqvist, hittade ovanliga skador i skogens markyta. Det fanns skador i mossan, samt en ytskada på ett större stenblock, troligen orsakat av något knyt-nävestort. Det hittades ingen meteorit i marken, dock kunde sökarna med hjälp

Meteoroidens inbromsning i atmosfären

Under sin färd genom atmosfären utsätts meteoroiden för en kraftig inbromsning. Inbromsningen orsakas av motståndskraften som uppstår när meteoroiden trycker undan luften framför sig. Detta kan uttryckas med hjälp av följande ekvation:

$$F_{\text{drag}} = m \cdot a = m \frac{dv}{dt} = -\frac{1}{2} c_d \rho_a v^2 A$$

Luftmotståndskoefficienten c_d beror på kroppens form och hastighet. Det är vanligt att anta att meteoroider är klotformiga. Atmosfärens densitet återfinns i ρ_a , och A anger meteoroidens tvärsnitt, som är kopplat till meteoroidens massa genom dess densitet. Värdet för c_d och ρ_a finns tabellerade för olika hastigheter och



Upphittarna Andreas Forsberg (till vänster) och Ander Zetterqvist med den unika järnmeteoriten från Ådalen, som föll den 7 november 2020.

av en neodymbiummagnet få fram mil-limeterstora metallflisor. Undersökning av flisorna visade att det helt säkert rörde sig om fragment av en järnmeteorit. Detta var oväntat, eftersom bara några procent av meteoritfallen är järnmeteoritfall. Ett par veckor senare hittade sökarna till slut en 14 kg stor och 30 cm lång järnmeteorit, det första meteoritfyndet efter ett observerat fall på över 66 år. Att det var en järnmeteorit förklarade varför så få fynd gjordes. Järnmeteoriter har en densitet på närmare 8 500 kg/m³, istället för ”bara” 3 500 kg/m³ för stenmeteoriter. Den exponerade ytan under fallet är därmed

mindre, och likaså antalet förväntade meteoritstenar.

HÄRIFRÅN TAR DOCK berättelsen en tråkigare vändning. Det naturliga skulle vara att meteoriten underkastas en vetenskaplig undersökning för att fastställa dess interna struktur och sammansättning. Tyvärr har det uppstått en tvist om äganderätten mellan upphittarna och markägaren, en tvist som kommer att avgöras i domstol under våren 2022. På grund av denna tvist ligger alla vidare undersökningar av meteoriten på is. Det enda som kan sägas är att en ytmätning av nickelinnehållet antyder att det är en såkallad oktahedrid, en undergrupp av järnmeteoriter. Men även denna klassifikation är osäker eftersom meteoriternas yta påverks av upphettning under fallet. Det som dock redan är tydligt är att meteoritfallet nära Ådalen är unikt på många sätt. Det är det första observerade järnmeteoritfallet i Sverige, den första järnmeteoriten i världen med en känd bana i solsystemet, och en av väldigt få järnmeteoriter som har hittats kort efter fallet, och därmed har en färsk yta som inte utsatts för nedbrytning i naturen.

ERIC STEMPELS
Institutionen för fysik & astronomi,
Uppsala universitetet

RYMDRESOR PÅ SCHEMAT

Studenter som siktar mot stjärnorna

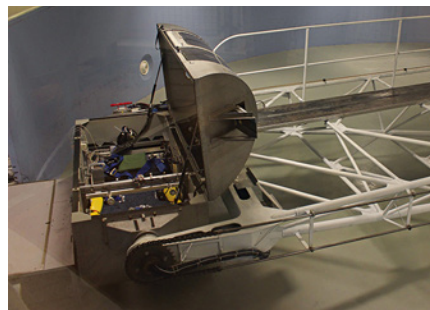
Det är något med att **resa ut i rymden** som sätter fart på vår fantasi. På såväl KTH som Chalmers används fiktiva rymdresor i undervisningen för att stimulera morgondagens ingenjörer.

I maj 2014 invigdes KTH Rymdcenter, med syfte att samordna, synliggöra och stödja den omfattande rymdverksamhet som finns på KTH. KTH är indelat i fem skolor och på samtliga finns grupper involverade i någon form av rymdrelaterade projekt. Totalt jobbar runt 100 personer på KTH helt eller delvis med rymdverksamhet. Ett rymdtekniklaboratorium har inrättats med infrastruktur för att testa instrument och material som utvecklas för rymden. Labbet har bland annat termovakuumkammare, klimatkammare, vibrations- och chockbord. Till labbet är även knutet en humancentrifug och humantryckskammare som tidigare tillhörde KI men nu är på KTH:s grupp för omgivningsfysiologi. Den här infrastrukturen används även av industrin och i rymdundervisningen.

FORSKNINGEN ÄR BRED: från ny teknik anpassad för rymdmiljö, i såväl mekanik som elektronik och raketmotorer, via utnyttjande av data från rymden för att studera utveckling och fenomen på jorden



FOTO: JOANIM EGGERS/KTH



KTH:s humancentrifug finns i Solna. Gondolen (nedre bilden) har plats för en person, och centrifugen kan generera upp till 15 gånger jordens tyngdkraft.

och i atmosfären till studier av elektromagnetiska fält i rymden och extrema fenomen som GRB (Gamma Ray Burst) och ultra-högenergetisk kosmisk strålning. Själv har jag på sistone studerat hur man skulle kunna placera mängder av solparasoll i närheten av Lagrangepunkten L1, mellan solen och jorden, för att kompensera den globala uppvärmningen från koldioxidutsläppen.

DET GÖRS DOCK INTE mycket forskning direkt riktad mot bemannad rymdfart, förutom den del som sker på Omgivningsfysiologi. Däremot förekommer det i undervisningen. Själv ger jag en kurs i "Human Spaceflight" sedan 2014. Den ligger i första året på masternivån och vänder sig i första hand till studenter på Aerospace-programmet, men även andra med rätt grundkunskaper inom rymdfart kan ta den. Bemannad rymdfart är populärt! I år har runt 60 studenter anmält sig, trots att kursen är helt valfritt.

En stor del av kursen utgörs av ett projektarbete där studenterna delas upp i

två team ("blue" och "red") som löser samma uppgift. Varje team delas upp i grupper om 4–5 studenter som jobbar med olika delar av den övergripande uppgiften. Varje team tilldelas även en mentor från rymdindustrin (OHB Sweden de senaste åren) som stödjer och ger tips om vad man bör tänka på. Uppgiften kan vara farkostdesign, logistik, de livsuppehållande systemen och annat. Varje år är det ny uppgift och det har handlat om rymdhotell, resor till månen och en asteroid och så klart Mars-färder. Även i år handlar kursen om Mars. Den här gången gäller det att designa en "minimal" Marsresa, baserat på idéer från äventyrare som utforskat allt från bergstoppar till polerna.

STUDENTERNAS UPPGIFT blir att göra en design av både farkost och färd, och studera hur nerbantad (i massa) man kan göra en Marsresa men ändå ha en relativt god överlevnadschans. Riskanalys ingår i uppgiften. Alla rapporter från årens projekt finns upplagda på KTH Rymdcenters webb, och i april kommer årets rapporter läggas upp. Då kan ni se hur "lätt" det kan bli att ta sig till Mars.

CHRISTER FUGLESANG
KTH

Läs mer

KTH Rymdcenter: <https://www-edit.sys.kth.se/preview/www/2.10/2.844/2.15151/2.62258>

Rapporter från "Human Spaceflight"-kursen: https://www-edit.sys.kth.se/preview/www/2.10/2.844/2.15151/2.62258/2.62261/1.1016817?l=en_GB

Teknologer mot Mars

Även på Chalmers ges en kurs där förstaårsstudenter i ett grupparbete med väldigt öppna förutsättningar ska designa en Marsresa.

■ *Investmentbolaget Mars Development ska finansiera ett projekt för att transportera rymdturister till Mars. För att genomföra resan har rymdfärjan "Mars Voyager X module" köpts in. Detta är en modern rymdfärja med plats för totalt 50 personer till vilken ett valfritt bränslesystem kopplas in. Tillsammans med dina grupp-kamrater företräder du ett företag som ska försöka vinna den anbudsprocess Mars Development har inlett för att förverkliga sina planer om att transportera rymdturister till Mars. Konkurrensen är dock stenhård så räkna med att få kämpa hårt för att kunna bli det företag som vinner.*

Detta är en del av de instruktioner som förstaårsstudenterna på civilingenjörsutbildningen i teknisk fysik vid Chalmers tekniska högskola möter i en modul om 1,5 hp i sin första fysikkurs, "Fysikingenjörens verktyg". Kursen är en introduktionskurs med huvudsakligt syfte att förse studenterna med grundläggande färdigheter i hantering av några av de verktyg som används av fysiker och ingenjörer.

TEKNISK KOMMUNIKATION utgör ett integrerat inslag i modulen. Syftet med detta är att studenterna ska utveckla grunden för ett genremedvetet skrivande, karaktäriserat av språkrikthet, textriktighet och känsla för stilistiska skillnader i skrivande riktat till en tydlig mottagare.

Kursen syftar även till att studenterna ska börja utveckla entreprenöriella förmågor. Inspiration till konceptet har jag hämtat från University of Liverpool och Göteborgs universitet som har haft uppgifter som har tangerat vår. Vårt upplägg är dock mer fokuserat på skrivprocessen och har en tydligare entreprenöriell touch.

VI HAR HÅLLIT i undervisningsmodulen i tre år. Den första kunde ges på campus, den andra gavs helt på distans (på grund av covid-19) och den tredje i hybridform. En central ingång har varje år varit en gästföreläsning av Aaron Dinardi från Aarospace Solutions. Aaron har arbetat åtta år som Launch Vehicle Mission Manager, varav fyra år på SpaceX, och stöttar nu Swedish Space Corporation – specifikt i dess strävan efter att expandera Esrange till att även innefatta omloppsuppskjutning från Sverige. Aarons bakgrund ger konceptet en helt annan känsla av autenticitet. Den grund som Aaron lägger med fysiken bakom rymdresor, information om olika raketer, förklaringar om omloppsbanor och liknande har visat sig tillräcklig för att studenterna skulle kunna lösa sin uppgift på ett gott sätt. Efter att ha fått en föreläsning om hur man skriver en förstudierapport, fyra handledarledda övningar och två skrivseminarier har alla studenter, i grupper om fem till sex, lyckats lösa uppgiften.

Mottagandet har varit blandat. Studenterna uppger att det tycker att uppgiften känns autentisk och att de faktiskt har fått arbeta som de föreställer sig att de kan komma att göra som färdiga ingenjörer. Dessutom tycker majoriteten att det har varit en häftig uppgift, särskilt som de inte kunde speciellt mycket om området innan. Men det är också många som tycker att det är väldigt svårt och annorlunda att lösa en så pass öppen uppgift, där de själva behöver göra en massa antaganden. Å andra sidan är det delvis det som vi eftersträvar.

JONATHAN WEIDOW
Chalmers tekniska högskola

"Ni ska försöka vinna den anbudsprocess Mars Development har inlett för att förverkliga sina planer om att transportera rymdturister till Mars."

Jezero-kratern på Mars kanske är målet för nästa semesterresa? Bilden togs av Mars-rovern Perseverance den 8 juli 2021.

FOTO: NASA/JPL-CALTECH/ASU/MSSS

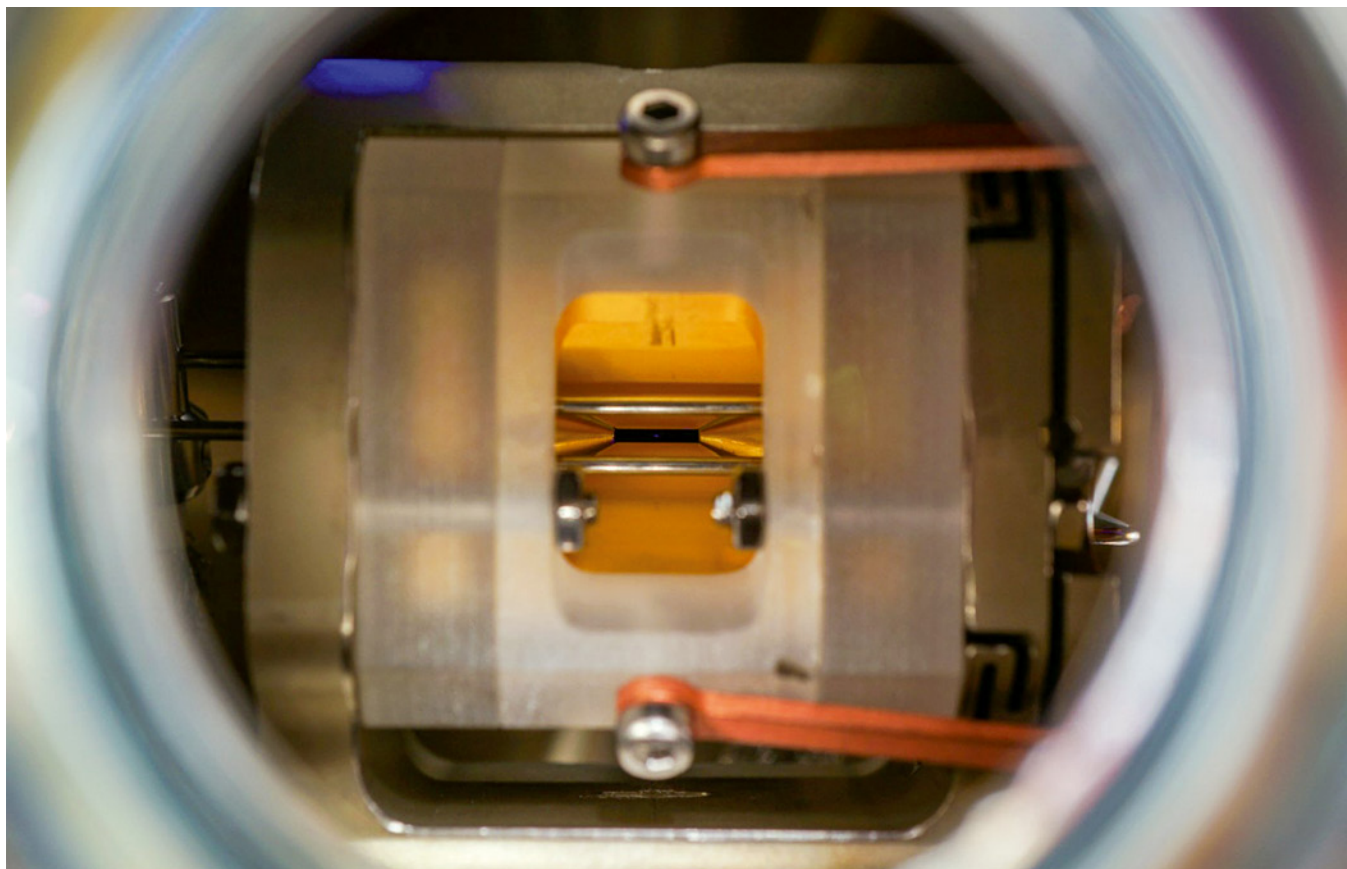


FOTO: MARKUS HENNICH

FIGUR 1 Jonfällan. Elektroder (guldblåden på bilden) skapar ett fält som fångar jonerna.

AVHANDLINGEN

En kvantgrind på vägen mot superdatorer

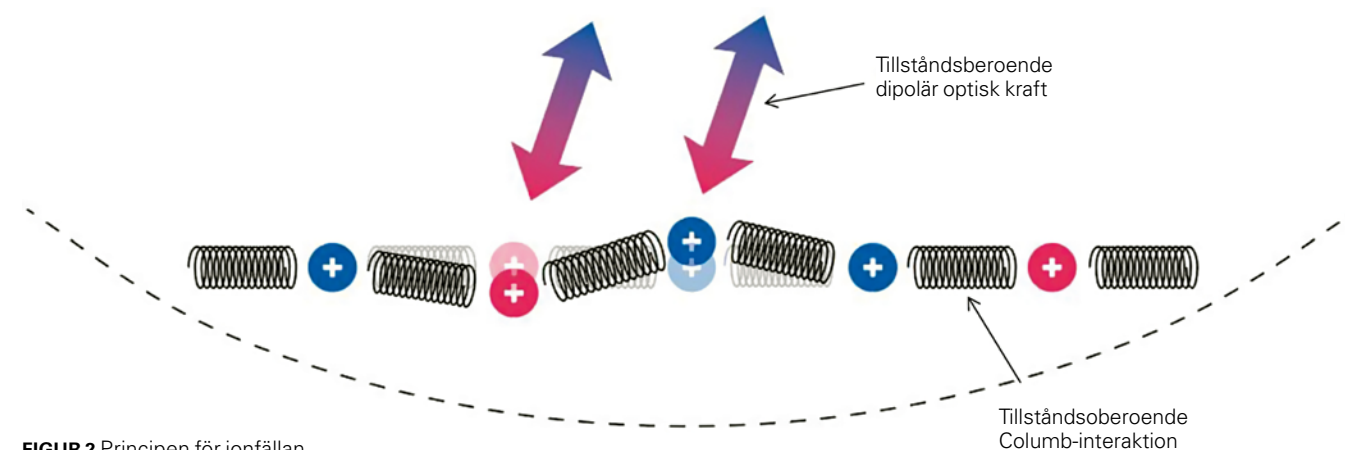
Kvantdatorer förutsägs komma att vara mycket effektivare än konventionella datorer för vissa beräkningsproblem. I sitt avhandlingsarbete har **Chi Zhang** utvecklat en ny kvantgrind, ett viktigt steg mot att förverkliga dessa superdatorer.

För att konstruera en kvantdator krävs byggstenarna, kvantbitarna (*qubits*) och ett fullständigt logiskt system av kvantlogiska operationer, grindar (*gates*), mellan kvantbitarna. Beräkningskraften hos en kvantdator ökar exponentiellt med antalet kvantbitar och antalet grin-

dar under den tid som kvantbitarna kan hållas igång, ostörda av omgivningen. Kvantbitar är mycket känsliga för omgivningen och deras kvanttillstånd kan snabbt störas ut. För att kunna förverkliga kvantdatorernas potential att lösa komplexa problem som är bortom nuvarande

”vanliga” datorers förmåga, behöver man både kunna koppla samman fler kvantbitar och på dessa kunna utföra betydligt fler operationer än idag, innan kvantbitarna störs ut.

I en artikel i *Fysikaktuellt* 4/2018, skriven av Göran Johansson och Gunnar



FIGUR 2 Principen för jonfällan. Olika färger visar olika atomära tillstånd.

Björk, beskrevs de grundläggande principerna för beräkningar med en kvantdator och det gavs även exempel på några lovande kandidater för kvantdatorerna. Som påpekades i artikeln fokuserar den internationella forskningen idag på olika plattformar som kan skalas upp till kvantberäkningar, det vill säga att integrera många kvantbitar och utföra kvantlogiska operationer under livstiden för dessa kvantbitar.

Varje kvantdatorplattform har sina fördelar, som ges av karaktären på det underliggande fysikaliska systemet. Kombinationen av två eller flera system kan bli mer än summan av de individuella systemen och ge en möjlighet till uppskalning. Jag ska här introducera tankarna och resultaten i min doktorsavhandling som har bestått i att kombinera teknologin för infångade joner med den starka dipolära växelverkan mellan Rydberg-atomer. Fångade Rydberg-joner är en ny plattform för kvantinformaton. Detta tillvägagångssätt kombinerar den avancerade kontrollen av fångade joner på kvantnivå med den starka dipolära växelverkan mellan Rydberg-atomer.

DET EXPERIMENTELLA SYSTEMET i min avhandling är en jonfälla (figur 1 och 2). Guldblåden är elektroder som skapar det fält som fångar jonerna, och den blå punkten på fotot är en kristall av joner.

Infångade jon-kvantbitar är extremt långlivade, de kan överleva mer än en timme jämfört med till exempel hundratal mikrosekunder för en supraledande

Fast and scalable entangling gate in trapped ions via Rydberg interaction

- Författare: Chi Zhang
- Institutionen för fysik, Stockholms universitet, september 2020
- ISBN: 978-91-7911-238-7 (print); 978-91-7911-239-4 (pdf)
- Länk till avhandlingen: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:su:diva-183740>
- Handledare: Prof. Markus Thomas Hennrich
- Opponent: Prof. Peter Zoller, Univ. of Innsbruck



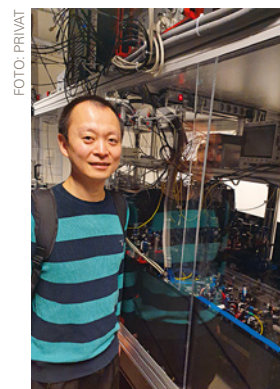
olika beroende på deras kvantbitstillstånd, och sedan växelverkar kvantbitarna elektrostatiskt när de rör sig i fällan. Denna växelverkan är långsam (eftersom den är indirekt) och blir mer komplicerad i stora kristaller eftersom det då finns fler vibrationstillstånd.

I SYSTEM MED NEUTRALA atomer växelverkar de elektroniska tillstånden när de exciteras till *Rydbergtillstånd* (figur 3, se nästa sida). Rydbergtillstånd är högt exciterade tillstånd där den exciterade elektronen är långt från atomkärnan och därigenom svagt bunden. Därmed är de elektroniska vågfunktionerna stora och mycket polariserbara (eller formbara). Följaktligen kan atomer i Rydbergtillstånd växelverka med varandra på stora avstånd genom att polarisera varandra.

Men Rydbergtillstånd kan vanligtvis inte fångas med de optiska pincetter som används för att fånga in neutrala atomer. Kvantgrindarna kanske fungerar bättre om Rydbergtillståndet kan fångas på

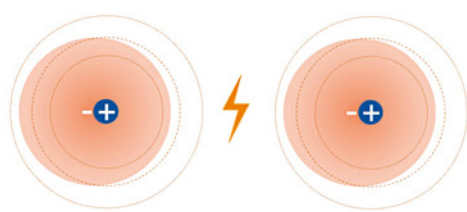
kvantbit. Detta beror på att de atomära jonerna har två i stort sett oberoende egenskaper: laddning och elektrontillstånd. Laddningen växelverkar med det yttre elektriska fält som används för att hålla fast jonerna i fällan. Deras elektroniska tillstånd kan växelverka med laserljus utan att växelverka med den omedelbara omgivningen, vilket är bra eftersom växelverkan med omgivningen skulle förstöra kvantbiten.

Men detta betyder också att kvantbitarna inte växelverkar direkt med varandra. För att få till en kvantgrind måste tillståndet på olika kvantbitar kommunicera med varandra. Detta kan göras med en tillståndsberoende kraft. Vi använde oss av en laserpuls som drar i jonen om den är i grundtillståndet, medan pulsen trycker på jonen om den är exciterad. Vi applicerar kraften periodiskt, så att jonerna rör sig



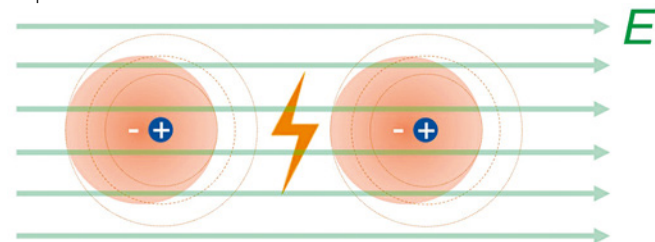
Chi Zhang framför experimentet vid Stockholms universitet.

van der Waals-interaktion



FIGUR 3 Neutrala atomer exciteras till Rydbergtillstånd med ett externt fält. Den exciterade elektronen är långt från atomkärnan, vilket leder till att atomerna kan växelverka med varandra (genom att polarisera varandra) på större avstånd.

Dipoler inducerade av ett externt fält



► liknande sätt som de lågt liggande elektroniska tillstånden i joner.

Så vad händer om vi exciterar infångade joner till Rydbergtillstånd för att utföra en kvantberäkning? På detta sätt skulle kvantbiten hållas fången av den tillståndsoberoende Coulombväxelverkan och kommunicera via den tillståndsberoende Rydbergväxelverkan. Denna idé föreslogs av Markus Müller och hans medarbetare 2008. Rydbergexcitation av infångade joner har nu påvisats av både en forskningsgrupp i Mainz, Tyskland och vår forskningsgrupp vid Stockholms universitet.

I mitt doktorsarbete lyckades vi realisera en stark dipol-dipol växelverkan mellan Rydbergjoner och demonstrera en sub-mikrosekund sammanflätande grind mellan två joner.

FÖRVERKLIGANDET AV DENNA utmärkta idé var dock inte så enkel. Ett problem vi stötte på var att den enkla Rydbergväxelverkan mellan joner är mycket svagare än den mellan neutrala atomer. Eftersom jonerna är dubbelt positivt laddade är de elektroniska vågfunktionerna mycket mindre och de två Rydbergjonerna kan inte direkt polarisera varandra. Detta problem löstes genom att applicera ett resonant mikrovågsfält för att helt polarisera Rydbergjonerna (fig.3). Rydbergjonerna får då dipolmoment från mikrovågorna och växelverkar starkare med varandra. Vi observerade denna växelverkan genom en så kallad

Rydberg-blockad, för första gången med fångade joner. Denna effekt innebär att när två eller fler joner växelverkar, kan endast en av dem kan exciteras till ett Rydbergtillstånd. Vi kunde sedan applicera en adiabatisk sekvens för att undgå blockadeffekten och excitera båda jonerna till Rydbergtillstånd. Med denna teknik kunde vi realisera en två-jon sammanflätande grind som utfördes på 700 ns, vilket är cirka två storleksordningar snabbare än en typisk grind mellan infångade joner.

DENNA SAMMANFLÄTANDE kvantgrind skulle fungera automatiskt i en stor jonkristall eftersom den inte beror på hur jonerna rör sig i kristallen. Men det visade sig tyvärr att det maximalt polariserade Rydbergtillstånd vi använde i två-jon fallet växelverkar med radiofrekvensfällan (guldbladen i fig.1). Detta är inte ett problem för två-jon kristallen eftersom den kan kylas ner till sitt grundtillstånd. Men i en stor jonkristall är kylning en utmaning – det är helt enkelt fler joner och fler rörelsetillstånd att kyla. Jonfällan fungerar genom att radiofrekvensfältet i centrum av kristallen är noll och dess styrka ökar linjärt ut från centrum. Men i en stor jonkristall kan jonerna alltså röra sig iväg från fällans centrum och Rydbergtillstånden av dessa varma joner kan då växelverka med fällan. Fällan utgör en del av omgivningen för jonerna och vi ville ju att fällan endast skulle växelverka med laddningen hos jonerna, för att på så

sätt fånga jonerna. När den också växelverkade med elektrontillstånden hos jonerna, det vill säga omgivningen, förstördes kvanttillstånden.

Som tur var hittade vi ett sätt att finjustera känsligheten hos Rydbergtillstånden till radiofrekvenser nära noll genom så kallad mikrovågsbeklädnad. Det innebär att vi använde mikrovågor för att blanda olika Rydbergtillstånd som har motsatt känslighet (attraktiv och repulsiv) för fällans fält. Eftersom detta finjusterade Rydbergtillstånd växelverkar med ungefär halva styrkan jämfört med det fullt polariserade Rydbergtillståndet tvingades vi byta till ett högre Rydbergtillstånd (med större vågfunktion och starkare växelverkan) för att kompensera för förlusten i styrka hos växelverkan. Vid detta höga Rydbergtillstånd måste även effekten av kvadrupolfältet från fällan kontrolleras, eftersom den elektroniska vågfunktionen hos jonerna nu var så stor att gradienten av radiofrekvensfältet kunde observeras (gradienten av ett dipolfält är ett kvadrupolfält). Lyckligtvis hade jag under första året av mitt doktorsarbete av en slump observerat sådana kvadrupoleffekter, och då även utvecklat en korrekt modell för dessa. Därigenom kunde vi framgångsrikt applicera den sammanflätande Rydbergkvantgrinden på en 12-jonskristall med samma grindhastighet. Så vitt vi känner till är detta den första kvantgrinden som har samma hastighet i en två-jons- och i en 12-jons-kristall.

PARALLELLT MED ATT UTVECKLA kvantgrinden använde jag mikrovågor för att forma växelverkanspotentialen mellan två Rydbergjoner. Med hjälp av denna speciella energipotentialkurva föreslog vi, tillsammans med våra teoretiska kolleger, ett system för att göra kvantsimuleringar av mångkropparsfysik med fångade Rydbergjoner. Detta är väsentliga steg mot att förverkliga både en kvantdator och en kvantsimulator baserad på fångade Rydbergjoner.

CHI ZHANG
Imperial College, London
översättning: Elisabeth Rachlew
och Göran Johansson

Nyfiken forskningsresa med mål bortom standardmodellen

2016 påbörjade **Chi Zhang** sitt forskningsarbete vid Stockholms universitet, baserat på en idé om att kombinera joner och Rydbergatomer för att skapa qubits i en kvantdator.

Experimentet vid Stockholms universitet är en imponerande uppsättning med jonfälla, lasrar, och mängder av optik för att bearbeta och producera de laserstrålar som behövs för experimentet.

Chi Zhang kommer från staden Xian i Kina (mellan Lanzhou och Chengdu) och gick vid universitetet i Hefei (Kinas naturvetenskapliga och tekniska universitet) innan han kom till München för en master. Efter sin master blev han erbjuden en PhD vid Stockholms universitet, och efter att ha klarat av den fick han direkt ett individuellt Marie Curie-stipendium vid Imperial College i London för att arbeta med att mäta elektronens dipolmoment.

I MÜNCHEN MÖTTE CHI Zhang sin blivande fru Huiting Huang, också hon från Kina, som studerade lingvistik. Tillsammans flyttade de till Stockholm, och snart till London. Hans fru har blivit "smittad" av sin entusiastiske fysiker till man, och studerar nu fysik vid SU. Hennes lingvistiska kunskaper har också gjort det möjligt för henne att lära sig både tyska och svenska, medan Chi Zhang själv fick lära sig engelska först vid universitet i Hefei. Efter sin postdoc på [the Centre for Cold Matter vid Imperial College](#) har Chi fått erbjudande om fyra år vid Caltech. Forskningens internationella karaktär, där man arbetar i världsomspännande nätverk som medför att forskare bor och reser över hela jorden, har alltså redan gett Chi Zhang en forskningsresa från Kina till Tyskland, Sverige, England och sen till USA. Efter dessa sejourer kanske det blir tillbaka till Europa, säger han.

Chi Zhangs erfarenhet som student i Kina, doktorand i Europa och nu en



Chi Zhang och hans fru Huiting Huang vid en resa till Zermatt i Schweiz.

mogen forskare, har gett honom insikter om hur det är att arbeta som forskare internationellt. Chi Zhang säger själv att studierna i Europa ger den unge doktoranden mer frihet att själv fokusera på de forskningsfrågor han anser vara viktiga och spännande, medan i Kina kanske professorn bestämmer för mycket. Å andra sidan är situationen för studenterna i Kina mycket väl tillrättalagd med bostäder, med ett fint fungerande campus med restauranger och andra faciliteter (som till exempel gym) som studenterna kan behöva. Därmed behöver de inte lägga ner tid på att leta rätt på dessa anläggningar utan kan använda all tid till sina studier och forskningsuppgifter.

CHI ZHANG ÄR EN mycket entusiastisk fysiker, han kan kanske sägas vara smit-

Chi Zhang

Kommer från: Xian, Kina.

Gör: postdoc vid Imperial College, London.

Aktuell: Presenterade sin avhandling vid vid Stockholms Universitet i september 2020.

tad av nyfikenheten att göra fler grundläggande experiment som kan visa på ny fysik, på fysik bortom standardmodellen. Experimenten kräver både fingerfärdighet, tålmod och en känsla för finess med alla de små optiska element som ingår.

ELISABETH RACHLEW
Professor emerita, KTH

Vår strålningsmiljö

Sedan jorden bildades har joniserande strålning från radioaktiva ämnen och kosmisk strålning varit en del av den naturliga miljön. I och med upptäckten av röntgenstrålningen 1895 och neutronen 1932 har även strålning från tekniska anordningar och radioaktiva ämnen som produceras av människan bidragit till strålningsmiljön. Vi utsätts alltså dagligen för **en varierande stråldos** av olika ursprung.

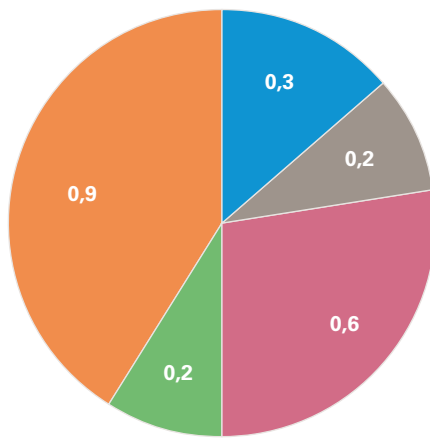
Sverige är den genomsnittliga stråldosen (effektiv dos¹) drygt 2 mSv per år. Om vi inte räknar med den radioaktiva ädelgasen radon kommer det största bidraget från medicinska undersökningar, följt av naturligt förekommande radioaktiva ämnen i marken och kosmisk strålning. Vi får också ett bidrag från vår egen kropp (och andras) genom ⁴⁰K som utgör 0,012 % av naturligt kalium. Nedfallet av ¹³⁷Cs från atmosfäriska kärnvapenprov och från Tjernobylyolyckan ger idag ett mycket litet bidrag till den genomsnittliga stråldosen, bortsett från särskilt exponerade grupper som renskötande samer och jägare.

Naturligt förekommande radioaktiva ämnen

Några av de naturligt förekommande radioaktiva ämnena har funnits på jorden sedan planeten bildades, eller produceras som sönderfallsprodukter av dessa. De brukar benämnas *primordiala radionuklider*, till skillnad från så kallade *kosmogena radionuklider*, vilka huvudsakligen produceras i jordens atmosfär när kosmisk strålning växelverkar med atomkärnor i atmosfären.

Primordiala radionuklider kan vara enskilt förekommande eller ingå i en sönderfallskedja. De enskilt förekommande finns ofta kvar från den tid då jorden bildades, och de sönderfaller (med mycket få undantag) till stabila dotterkärnor. Karaktäristiskt för dessa är deras långa halveringstid, vilket är en förutsättning för att de inte ska ha hunnit försvinna från jorden. Ett exempel är ⁴⁰K ($T_{1/2} = 1,28 \cdot 10^9$

Genomsnittlig årlig stråldos i Sverige (exklusive radon), mSv/år



- Kosmisk strålning
- ⁴⁰K i kroppen
- Mark och byggnadsmaterial (exkl. radon)
- Mat och dricksvatten
- Medicinsk diagnostik

år). Eftersom vi dagligen får i oss en viss mängd radioaktivt kalium med födan är aktiviteten av ⁴⁰K i en vuxen människa ca 4 000–5 000 Bq (sönderfall per sekund), vilket ger en årlig stråldos på ca 0,2 mSv/år.

Sönderfallskedjor har sitt ursprung i att en radionuklid i stället sönderfaller till en dotterkärna som också den är radioaktiv. På detta sätt uppkommer en kedja av sönderfall som avslutas med en stabil dotterkärna. De tre sönderfallsserierna som finns idag är uranserien, toriumserien och aktiniumserien, vilka samtliga slutar med en stabil blyisotop. I förhistorisk tid fanns dessutom en fjärde serie,

neptuniumserien, men radionukliderna i denna var alltför kortlivade för att finnas kvar.

Stråldosen från radioaktiva ämnen i berggrunden varierar mycket mellan olika platser på jorden. I Sverige är den genomsnittliga stråldosen (extern exponering) ca 0,05 mSv/år, men variationer förekommer, beroende på om underlaget är granit eller består av sedimentära bergarter. I bland annat Brasilien och Indien finns områden där den absorberade dosraten² i luft har uppmätts till över 500 mGy/år på grund av höga koncentrationer av uran och torium. I området Ramsar i Iran har den årliga stråldosen uppmätts till över 200 mSv/år, beroende på radiumhaltiga heta källor i omgivningen.

Ett av de radioaktiva ämnen som förekommer i alla sönderfallsserierna är radon, som fått stor uppmärksamhet på grund av hälsoriskerna i bostäder. Långvarig exponering för gasen ger en ökad relativ risk för lungcancer, och för rökare ger det dessutom en avsevärt högre absolut risk. Radon kommer vanligen in i våra bostäder från marken eller byggmaterialet. När gasen kommit in i byggnaden och sönderfaller kan de elektriskt laddade sönderfallsprodukterna, även kallade radondöttrar, fastna på aerosoler. Fördelningen av radongas, radondöttrar på aerosoler och radondöttrar som svävar fritt i luften har stor betydelse för hälsoaspekterna vid inandning. Den radonisotop som är av störst betydelse då det gäller radon i bostäder är ²²²Rn, vilken återfinns i uranserien som en sönderfallsprodukt av ²²⁶Ra. Även om den svenska berggrunden

innehåller förhållandevis mycket torium medför den korta halveringstiden (55 s) att radonisotopen i toriumserien, ²²⁰Rn, inte hinner transporteras till inomhusluften från marken.

Antropogena radioaktiva ämnen

Upptäckten av fissionsprocessen och dess tillämpning inom kärnenergi och kärnvapenteologi har inneburit att en stor mängd radioaktiva ämnen som tidigare inte fanns på jorden har producerats. Dessa har också spridits till omgivningen genom till exempel driftsutsläpp från kärntekniska anläggningar, kärnvapenprov och olyckor.

Vid klyvning av ²³⁵U i en lättvattenreaktor produceras fissionsprodukter som ⁹⁰Sr, ¹³¹I och ¹³⁷Cs. Dessutom bildas aktiveringsprodukter genom neutronaktivering av vatten och metaller i reaktorn och kylsystemet, vilka vid korrosion kan spridas i kylvatten och luft. Fissionsprodukterna är väl inkapslade och når under normala förhållanden inte omgivningen i nämnvärd utsträckning. Utöver fissionsfragment och aktiveringsprodukter produceras även transuraner genom neutroninfångning i ²³⁸U i bränslet.

De radionuklider som bildas som

klyvningsprodukter vid en kärnvapenexplosion (fissionsbomb) är delvis desamma som i en kärnreaktor, men beroende på att fissionsprocessen i en kärnvapenexplosion pågår under en mycket kort tid, medan en kärnreaktor är i gång under flera år, bildas helt olika proportioner mellan kortlivade och långlivade dotterprodukter. Detta gör det möjligt att avgöra huruvida ett radioaktivt nedfall har sitt ursprung i en kärnladdning eller kärnreaktor.

I termonukleära vapen utnyttjas fusionsreaktioner som ger upphov till radioaktiva ämnen som produceras då omgivande material aktiveras. Dock används en fissionsladdning för att ge de temperaturer som behövs för fusionsprocessen, vilket innebär att de radionuklider som bildas vid en fissionsexplosion även förekommer vid en fusionsexplosion. Omfattningen av det radioaktiva nedfallet från en kärnvapenexplosion beror på detonationshöjden. En explosion på hög höjd genererar i stort sett inget lokalt nedfall.

Övriga källor till strålning

Vår årliga stråldos från naturligt förekommande källor, bortsett från radon i byggnader, är alltså omkring 1 mSv.

Verksamheter med joniserande strålning tillåts ge en årlig stråldos till allmänheten som är lika stor. Dosbidraget från medicinska undersökningar är också omkring 1 mSv/år, men varierar förstås väldigt mycket från individ till individ. I detta fall finns heller inga dosgränser utan det är den medicinska bedömningen som avgör om exponeringen är berättigad. Risken för skada vid dessa låga stråldoser bedöms som mycket liten men intensiv forskning bedrivs för att kunna kvantifiera även de effekter det är fråga om vid låga stråldoser.

MATS ISAKSSON
Professor i medicinsk strålningsfysik, avdelningen för Medicinsk strålningsvetenskap, Göteborgs universitet

¹ Storheten *absorberad dos* anger hur mycket energi strålningen överfört per massa till det bestrålade materialet och anges i enheten gray, där 1 Gy = 1 J/kg. Inom strålskyddsarbete behöver man även ta hänsyn till att olika strålslag ger olika biologisk effekt för en given absorberad dos, samt att olika vävnader i kroppen är olika känsliga för strålning. Detta leder till storheten *effektiv dos*, som anges i enheten sievert, Sv.

² *Dosraten* beskriver hur stor absorberad dos som ges under en viss tid.

Fakta: olyckor

Det här är några av de olyckor som resulterat i spridning av radionuklider till omgivningen:

29 september 1957 inträffade en olycka vid en anläggning för framställning av plutonium vid Kyshtym i södra Ural i nuvarande Ryssland. Den totala utsläppta aktiviteten var omkring 74 PBq, mestadels bestående av relativt kortlivade radionuklider. Olyckan räknas som den tredje allvarligaste som inträffat, efter Tjernobyl och Fukushima.

10 oktober 1957 blev härden i en grafitmodererad reaktor i Windscale, England delvis utbränd och klyvningsprodukter spreds utanför reaktorn. ¹³¹I i mjölk utgjorde under en tid ett allvarligt strålskyddsproblem.

24 januari 1978 splittrades den sovjetiska satelliten Kosmos 954, som drevs av en kärnreaktor, i atmosfären över Kanada. Man lyckades återfinna ca 65 kg av satelliten, men 75 % av de radioaktiva ämnena

tros ha spridits i den övre delen av atmosfären och fördelats globalt.

28 mars 1979 ledde en kombination av omständigheter till att den ena reaktorn vid kärnkraftverket Three Mile Island utanför Harrisburg, Pennsylvania i USA havererade. Radioaktiva ädelgaser och mindre mängder ¹³¹I släpptes ut i atmosfären men gav inga höga stråldoser.

26 april 1986 exploderade reaktor 4 i kärnkraftverket i Tjernobyl norr om Kiev i nuvarande Ukraina. Stora områden kring kraftverket har evakuerats, men den sista reaktorn var i drift ända till år 2000. Olyckan orsakade 31 dödsfall på grund av strålskador den första tiden men dess långsiktiga påverkan på människor är svårberäknad.

13 september 1987 stals en övergiven utrustning för strålbehandling, innehållande 51 TBq ¹³⁷Cs, från ett sjukhus i Goiânia, Brasilien. Källans hölje slogs sönder och innehållet spreds i omgivningen. Ett kvarter



FOTO: IAEA

Den del av en apparat för strålbehandling som stals från ett övergivet sjukhus i Brasilien 1987.

vid förvaringsplatsen kontaminerades med omkring 15 TBq och lika mycket återfanns vid en hälsocentral dit en person tagit en del av källan.

11 mars 2011 drabbade en kraftig jordbävning och en efterföljande tsunami regionen Tohoku i Japan. Stora delar av kylsystemen till kärnkraftverket Fukushima slogs ut, vilket ledde till att tre reaktorer havererade under de följande dygnen och stora mängder radioaktivt material släpptes ut i atmosfären och havet. Ett stort område kring kärnkraftverket beräknas vara obeboeligt i decennier framöver.

METAFORDON

Mikroskopiska partiklar som drivs med ljuskraft

Forskare vid Chalmers har tagit fram **mikroskopiska farkoster** som går att styra med ljusets polarisation. Hemligheten ligger i utnyttjandet av så kallade metaytor.

Optiska krafter är inget man känner av i vardagen men de har länge spelat en viktig roll inom fysiken. Stråltryck från stjärnljus är ett centralt begrepp inom astronomi och i den mikroskopiska världen har den optiska pincetten möjliggjort extremt känsliga kraftmätningar på biologiska makromolekyler som DNA.

Den optiska pincetten utvecklades av Arthur Ashkin (Nobelpris i fysik 2018, se *Fysikaktuellt* nr 4/2018) under 1980-talet och grundar sig i så kallade optiska gradientkrafter. Dessa gör det möjligt att fånga in en mikroskopisk partikel, till exempel en jästcell, i ett skarpt laserfokus och sedan flytta runt partikeln genom att röra laserstrålen. Men är det möjligt att kontrollerat manipulera mikroskopiska objekt i en helt ofokuserad ljusvåg, utan dessa gradientkrafter? Ja, det går faktiskt, i varje fall om man utnyttjar ett nytt koncept inom optikforskningen, nämligen en *metayta*!

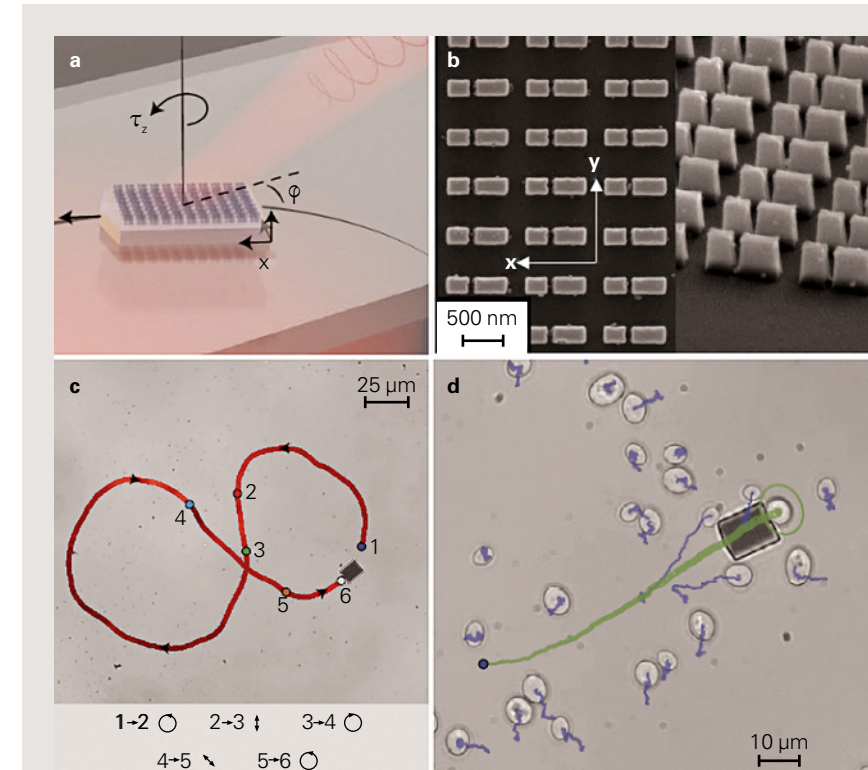
Principen bakom experimenten som illustreras i figur 1 är ganska enkel: En foton bär på en rörelsemängd $p=h/\lambda$, där h är Plancks konstant och λ är våglängden i mediet. Om en partikel genom en "elastisk kollision" (= spridning) förmår

"Rekylen från det diffrakterade ljuset genererar i sin tur den kraft som driver metafordonet framåt."

ändra fotonens riktning måste partikeln ta upp rörelsemängd vinkelrätt mot den ursprungliga utbredningsriktningen för att den totala rörelsemängden före och efter kollisionen skall bevaras (på samma sätt som för biljardbollar). På så sätt kan en ofokuserad ljusvåg driva en partikel över en yta, även om ljusvågen faller in vinkelrätt mot denna. Förutsättningen är att partikeln dels förmår ändra ljusets utbredningsriktning på ett kontrollerat sätt, dels att partikeln är "lagom" liten, med hänsyn taget till ljusets intensitet och partikelnas friktion och massa.

"METAFORDONEN" I FIGUR 1 är ca $12 \times 10 \times 1 \mu\text{m}^3$ stora och består av ett gitter av kiselmetaatomer inbakade i glas. Kislets höga brytningsindex gör att ljuset sprids effektivt från varje metaatom. Metaatomerna är avlånga och organiserade i par där varje par fungerar som en optisk "nanoantenn".

Nanoantennerna sprider infrarött ljus primärt i den negativa x-riktningen om ljuset är polariserat längs x, medan polarisation längs y ger en symmetrisk spridning (figur 1b). Periodiciteten (gitterkonstanten) längs x är vidare tillräckligt stor för att ljuset skall diffrakteras med en hög



FIGUR 1 Metafordon: mikroskopiska partiklar som drivs av ljuskraft och kan styras med ljusets polarisation. Nanofabrikation och experiment utfördes av Daniel Andrén inom ramen för ett doktorandprojekt vid Chalmers fysikinstitut. Figurerna är bearbetade från originalpublikationen: D. Andrén et al., *Nature Nanotechnology* 16, 970–974 (2021).

avböjningsvinkel medan avstånden längs y är för små för diffraktion.

Effekten blir att en x-polariserad ljusvåg som faller in mot metafordonet längs z-axeln böjs av mot den negativa x-riktningen. Rekylen från det diffrakterade ljuset genererar i sin tur den kraft som driver metafordonet framåt, det vill säga i den positiva x-riktningen. För y-polariserat infall genereras däremot ingen kraft.

ANLEDNINGEN TILL ATT nanoantennerna är avlånga är att detta ger en möjlighet att styra metafordonet. Nanoantennerna har en hög polariserbarhet längs den långa axeln (x), vilket betyder att en linjärt polariserad infallande ljusvåg med det elektriska fältet orienterat med en vinkel mot x-axeln genererar ett vridmoment som strävar att orientera varje nanoantenn, och därmed hela metaytan, längs med x-axeln.

Genom att vrida polarisationen kan man alltså kontrollera i vilken riktning metafordonet färdas!

Experimenten i figur 1 har utförts under mikroskop med metafordonen vilande på ett objektglas i vatten. Ljuskällan är en laser med våglängd $\sim 1 \mu\text{m}$, osynligt för ögat, och med en uteffekt motsvarande i storleksordning 1 mW per metafordon. Genom att variera polarisationen kan ett metafordon styras i komplicerade mönster (figur 1c) och trots den låga ljusintensiteten är det möjligt att förflytta andra små objekt, till exempel jästceller, genom att metafordonet puttar dem framför sig (figur 1d).

MAN KAN FRÅGA SIG vad allt det här skall vara bra för? Sanningen är att just de här metafordonen förmodligen aldrig kommer till "nytta". Men grundkonceptet, att med hjälp av en metayta generera optiska

Fakta • Metaytor

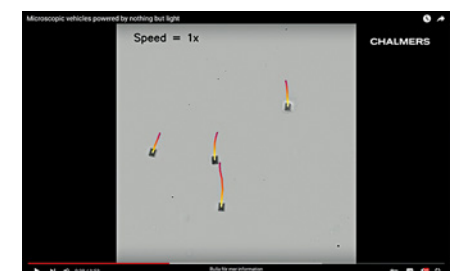
En optisk metayta består av ett tätt packat lager av designade partiklar med storlekar och avstånd mindre än ljusets våglängd. På så sätt "ser" metaytan homogen ut. Varje partikel i metaytan (varje "metaatom") sprider ljus. Genom att summera spridningen från samtliga metaatomer skapas en transmitterad och en reflekterad ljusvåg (jämför Huygens princip).

Genom att designa metaatomerna på så sätt att det spridda ljuset från var och en fördröjs (fasskiftas) olika mycket beroende på var på ytan metaatomen befinner sig, kan metaytan till exempel forma en transmitterad vågfront som konvergerar mot en punkt – den kan alltså fungera som en positiv lins. Man kan också konstruera supertunna motsvarigheter till en stor mängd andra klassiska optiska komponenter.

Fördelen, jämfört med till exempel diffraktiv optik, är att metaatomerna kan designas för att kontrollera både fasskift, amplitud och polarisation, vilket ger helt nya möjligheter. Nackdelen är att metaoptiken än så länge är dyr och komplicerad att tillverka, eftersom metaatomernas utformning kräver avancerade litografiska processer. Det är också svårt att räkna ut exakt hur metaatomerna skall placeras och utformas.

krafter som verkar tillbaka på metaytan själv och får den att röra sig, kan förhoppningsvis inspirera till nya användbara idéer. Tids nog får vi veta!

MIKAEL KÄLL
Chalmers tekniska högskola



Se mer

En trevlig film som visar metafordonen "in action" hittar man på YouTube. Sök på "Meta-vehicles", eller gå till: <https://www.youtube.com/watch?v=CMkRSquPWk0>



Några av deltagarna vid 2021 års Lise Meitner-dagar.

Lise Meitner-dagarna 2021

En digital heldag i fysikens tecken

Den 20 november gick 2021 års upplaga av Lise Meitner-dagarna av stapeln. Ett 70-tal elever från hela Sverige fick under en heldag uppleva ett fullspäckat program med föreläsningar, workshops, utställningar och tävlingar.

■ På grund av oklarheter kring höstens smittspridningsläge togs i september beslutet att ställa om Lise Meitner-dagarna till ett digitalt evenemang. Målet var att se till att deltagarna fick engagera sig aktivt, precis som det skulle ha sett ut om dagarna genomförts "på plats".

Evenemanget invigdes med ett välkomsttal av programansvarig Sebastian Montén. Kvickt gick fokus över till en Kahoot-tävling som bestod av quizfrågor på tema Lise Meitner. Deltagarnas förkunskaper kring Meitners historia testades, och vinnaren premierades med mer kunskap i form av en bok. Exempel på frågor är "Vad har Meitnerium för atomnummer?" och "Vad var Lise Meitners riktiga förnamn?". En ledtråd till den sista för er läsare: svaret är *inte* Lise.

EFTER ETT INTENSIVT QUIZ var det dags för programmets första föreläsning. Svante Jonsell, lektor i teoretisk atom-

fysik vid Stockholms universitet, gav en överblick över området antimateria och de vetenskapliga och tekniska svårigheter som forskare stöter på när de tar sig an utmaningen att försöka förstå hur antimateria skiljer sig från vanlig materia. Efter en lunchpaus fick deltagarna ta del av en utställning med bidrag från Chalmers, KTH, Uppsala universitet, Unga Forskare och FysikLek. Deltagarna fick hoppa runt i olika rum där de kunde ställa frågor och ta del av vägledning och experiment från studenter och representanter från de olika universiteterna och organisationerna.

SENARE VAR DET DAGS för evenemangets andra föreläsning. Moa Skan, som doktorerar inom astrofysik vid Stockholms universitet, berättade om sin väg genom akademien och gav värdefulla tips till ett hälsosamt och roligt studentliv. Vi fick även ett litet smakprov från hennes forskning inom explosiva utbrott på solens yta och i dess atmosfär. Nästa programpunkt var en frågepanel bestående av studenterna Rasmus Häggkvist från UCL i London samt Daniel Nilsson och Magnus Bertilsson från Uppsala universitet. Panelen besvarade elevernas frågor kring hur det är att studera fysik på universitetsnivå, hur det fungerar med utlandsstudier,

hur många dimensioner det finns, och självklart inom vilket område som paneldeltagarna skulle vilja tilldelas Nobelpris.

NÄR DAGEN NÄRMADE SIG sitt slut fick eleverna, tillsammans i grupper om fyra personer, lösa olika kluringar som var mer eller mindre fysik-, matematik- och logikrelaterade. Syftet var att främja en diskussion bland deltagarna och möjliggöra för eleverna att knyta nya bekanskskaper. Evenemanget avslutades självfallet med ett Kahoot-quiz, som sammanfattade några av de saker som eleverna hade lärt sig under dagen.

Vi i arrangörsgruppen vill tacka alla deltagare och övriga inblandade som gjorde Lise Meitner-dagarna 2021 möjligt. Extra stort tack till Svenska Fysikersamfundet. Särskilt vill vi tacka Lage Hedin, som är vår klippa i stormen och frälsare i nöden!

EMMA HOLM, VICTORIA RAALAS,
SEBASTIAN MONTÉN, SIGFRID
STJÄRNHOLM
Arrangörsgruppen för
Lise Meitner-dagarna 2021

Svar på quizfrågorna: Meitnerium har atomnummer 109, och Lise Meitners riktiga förnamn var Elise.

Polhemskolan i Lund segrare

Fysikersamfundets tävling för gymnasieelever, **Wallenbergs fysikpris**, arrangerades precis som tidigare år mitt i mörka vintern, torsdagen i vecka 4. Under fem timmar fick eleverna svettas över sex utmanande fysikuppgifter, och en dryg vecka senare var rättningsarbetet klart och vinnande skolor utsedda, liksom vilka 18 elever som går vidare till den individuella finalen.

För andra året i rad är det Lunda-gymnasister som placerar sig överst på prispallen i skoltävlingen. Årets segrare är Polhemskolan, och härifrån kommer även fyra av de arton finalisterna i den individuella tävlingen: Erik Bryland, Nina Eklund, Jonas Gehrmann och Emil Scharin.

– Det är kul att försöka lösa klurigare problem, säger Erik som tog sig till finalen i Wallenbergs fysikpris redan förra året, och även med stor framgång har provat på att tävla i matematik, kemi och astronomi. I år har jag förberett mig extra mycket genom att lösa väldigt många gamla tävlingsuppgifter.

Gillar att tävla

Alla fyra gillar att tävla, och fritiden ägnas åt att vara tränare i simhopp (Nina), spela pingis (Erik), träna (Jonas) samt spela innebandy (Emil). De hade nog tyckt att det skulle varit ännu roligare om själva tävlingen skedde i lag där man försöker klara uppgifterna tillsammans. Nu löser varje elev uppgifterna på egen hand, och sen får de tre (eller fler, om några hamnat på samma poäng) som fått ihop flest poäng utgöra skolans lag. Nina och Erik är anmälda till en tävling nu i vår som görs i grupp, Gymnasiecaset, arrangerad av sektionen för Industriell ekonomi vid Linköpings universitet. Här gäller det för

ett lag på fyra elever att tillsammans lösa ett antal uppgifter på bara 60 minuter.

– Tävlingar bidrar definitivt till att motivera en del elever som sedan tidigare är duktiga. De kan sakna utmaningar i de vanliga kurserna, men får via tävlingarna svårare problem att ge sig på, säger Hans Jakobsson som är lektor i matematik och fysik på Polhemskolan, och lärare för några av eleverna i laget. Det finns förstås också duktiga elever som är mer fokuserade på att få så bra betyg som möjligt och de intresserar sig inte så mycket för den här typen av uppgifter.

– Inför tävlingarna i fysik och matematik brukar jag vid ett eller två tillfällen samla de elever som är intresserade till en timmes inspirationsträff, fortsätter Hans. Jag eller någon tidigare elev på skolan går igenom lösningar till ett par gamla tävlingsuppgifter och sen får eleverna jobba själva med några uppgifter. Det brukar leda till att några av dem tittar på fler gamla tävlingsproblem på egen hand. Det sistnämnda krävs nog om man ska lyckas riktigt bra på tävlingen.

I år var tre Lundaskolor topp-fem. Har du någon förklaring till att Lund under de senaste åren haft så många gymnasister som är så här bra i fysik?

– Vi har framför allt mycket duktiga elever, både rent allmänt och vad gäller de allra mest högrepresterande. Det är väldigt

Vinnande skolor 2022

- | | | |
|----|-----------------------------------|------|
| 1 | Polhemskolan, Lund | 78 p |
| 2 | Rosendalsgymnasiet, Uppsala | 74 p |
| 3 | Kungsholmens gymnasium, Stockholm | 65 p |
| 4 | Katedralskolan, Lund | 61 p |
| 4 | Spyken, Lund | 61 p |
| 6 | Baldergymnasiet, Skellefteå | 59 p |
| 7 | Södra Latins gymnasium, Stockholm | 56 p |
| 8 | Minerva gymnasium, Umeå | 55 p |
| 9 | Berzeliuskolan, Linköping | 53 p |
| 10 | Europaskolan, Strängnäs | 52 p |
| 10 | Katedralskolan, Linköping | 52 p |

Finalister 2022

- | | | |
|----|-------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Erik Bryland | Polhemskolan, Lund |
| 1 | David Mörtberg | Rosendalsgymnasiet, Uppsala |
| 3 | Oskar Brännholm | Björknäs-gymnasiet, Boden |
| 3 | Emil Scharin | Polhemskolan, Lund |
| 5 | Oskar Albinsson | Baldergymnasiet, Skellefteå |
| 5 | Demian von Below | Rosendalsgymnasiet, Uppsala |
| 5 | Shirley Lidman | Kungsholmens gymnasium, Stockholm |
| 5 | Anna Naucér | Kungsholmens gymnasium, Stockholm |
| 9 | Jonas Gehrmann | Polhemskolan, Lund |
| 9 | Carl Nordahl | Östra Reals gymnasium, Stockholm |
| 11 | Nina Eklund | Polhemskolan, Lund |
| 11 | Isak Fleig | Minerva gymnasium, Umeå |
| 11 | Ossian Kärrholm | Katedralskolan, Lund |
| 11 | Jonathan Larsson | Södra Latins gymnasium, Stockholm |
| 11 | Alve Lindell | Spyken, Lund |
| 11 | Antonio Trogen | Soltorgsgymnasiet, Borlänge |
| 17 | Carl Stenblom | Katedralskolan, Lund |
| 17 | Joel Westerling | Rosendalsgymnasiet, Uppsala |

populärt att gå på gymnasiet i Lund, även om man inte bor i kommunen. Ungefär 60% av våra gymnasieelever kommer från någon annan kommun än Lund. ►



FOTO: HANS JAKOBSSON

Segraren i årets skoltävling, Polhemskolan i Lund fick även med hela fyra elever till den individuella finalen. Från vänster: Nina Eklund, Erik Bryland, Jonas Gehrmann och Emil Scharin.

► Det bidrar förstås till en ansamling av elever som kan lyckas bra i tävlingar.

– Men det finns också nackdelar med Lunds popularitet, fortsätter Hans. Det är svårt för Lundaelever att komma in på studieförberedande gymnasieprogram på de kommunala gymnasierna i Lund och vi får en utarmning av gymnasier i andra kommuner.

– Sedan har vi förstås också duktiga och engagerade lärare, inte minst i fysik. Att till exempel uppmuntra elever att ställa upp i tävlingar och förbereda dem för det är i hög utsträckning upp till enskilda lärare.

Smidig rättning

Rättningen ägde rum veckoslutet innan regeringen lättade på alla coronarestriktioner och det blev därför ingen sedvanlig lördagssammandragning av lärare från hela landet i Göteborg. Istället samlades mindre rättningsgrupper i Lund, Borås, Göteborg och Uddevalla, och dessutom tillkom ytterligare rättande som valt att arbeta hemifrån. Sedan förra året scannar lärarna in sina elevlösningar och rättandet sker på datorskärm. Mycket smidigt, och Susanne Tegler som organiserade rättningen fick stor och välförtjänt uppskattning för det arbete hon lagt ner.

I år fick tävlingen in bidrag från 66 gymnasieskolor och 373 elever, en klar ökning från förra årets 46 skolor och 229 elever, men inte i nivå med deltagandet för två år sedan, 74 gymnasieskolor och



Glada miner hos rättningsgruppen i Lund när rättningsarbetet var överstökad: tre Lundaskolor hamnade topp-fem i årets skoltävling! Från vänster: Gunnar Ohlén, Ludwig Wemlén, Erik Thomé, Vilma Zela, Susanne Tegler, Adam Warnerbring, Erik Tegler och Hans Jakobsson. Hans är lektor i fysik och matematik på segrande Polhemskolan och var därför dubbelt glad!

590 elever. Ett tecken på att coronaåren satt sina spår så att färre elever tror sig om att ha tillräckligt med kunskaper för att det ska vara någon idé att ställa upp i tävlingen? Vi hoppas på att nästa år kunna komma upp i "normalt" deltagande igen!

Men prestationerna var fina, i år behövdes hela 21 av möjliga 30 poäng för att ta sig till final. Och de två som fick allra bäst resultat i uttagningstävlingen, Erik Bryland samt David Mörtberg från Rosendalsgymnasiet i Uppsala, var bara en poäng från full pott.

Fysikvecka och tjejsatsning

Som vanligt arrangerar Fysikcentrum Göteborg en "fysikvecka" för finalisterna

i mitten av mars med inspiration, träning och en första finaltävling där det gäller att visa sina experimentella färdigheter. Till fysikveckan bjuds även sex av de tjejer från årkurs 2 som deltagit i tävlingen in för att få extra peppning inför nästa års tävling, något som brukar vara mycket uppskattat.

Tre olympiader

Därefter väntar inte mindre än tre fysikolympiader på deltagare bland våra finalister: I slutet av april arrangeras den nordisk-baltiska fysikolympiaden i Tallinn, som alla de svenska finalisterna deltar i. Den är en tävling i sig, men också den avslutande delen av finalen i Wallenbergs fysikpris. En månad senare arrangeras den europeiska fysikolympiaden i Ljubljana, dit de fem elever som placerade sig bäst i uttagningstävlingen erbjuds att åka. Och slutligen, i mitten av juli, är det dags för IPhO, den internationella fysikolympiaden som i år hålls i Minsk. Då är det de fem som placerat sig bäst i finaltävlingen som erbjuds att representera Sverige.

Vi tackar Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond som finansierar uttagningstävlingen och tillsammans med Skolverket gör det möjligt för oss att delta i olympiaderna.

ANNE-SOFIE MÄRTENSSON
Göteborgs universitet

Årets uppgifter: Bennubesök och glidflykt från Avicii arena

■ Som vanligt hade den grupp som satt samman tävlingsuppgifterna (Fredrik Olsson, Lage Hedin, Ulf Jonasson, Jim Lindholm, Christian Karlsson, Gunnar Ohlén och Susanne Tegler) sett till att täcka in en stor del av gymnasiefysiken. I den första uppgiften skulle en variabel resistor anpassas så att den gav rätt spänning över en inkopplad LED-lampa. I den andra gällde det att, utifrån en bifogad graf, beräkna hur stor andel av avgiven effekt som strålas ut när ett upphettat järnklot svalnar.

Nästa uppgift gällde flykthastigheten på Bennu, den asteroid som 2018 fick besök av NASA:s rymdfarkost OSIRIS-REx, medan den fjärde uppgiften var mer jordnära: Hur långt kan en tolvårig flickas "kast med liten boll" bli, utan ansats?

De två sista tävlingsuppgifterna, om mätning som möjliggör den nya kilogramdefinitionen respektive om risken med isbitar som glider ner från taket på Avicii arena, presenteras i sin helhet nedan. Lösningförslag finns på Fysikersamfundets hemsida under fliken Wallenbergs fysikpris.

Uppgift 5: Definitionen av ett kilo

■ Sedan år 2019 finns en ny definition på SI-enheten 1 kg. En förutsättning för att man ska kunna använda denna definition är att man kan göra en våg som relaterar massan till elektriska storheter. I Sverige utvecklas en sådan "Kibblevåg" på RISE (Research Institutes of Sweden) i Borås.

Bilderna till höger visar principen för en Kibblevåg, som är en form av balansvåg. Den vänstra "vågskålen" består av en spole som befinner sig i ett radiellt magnetfält.

Den övre bilden visar vågen i det inledande experimentet där man låter spolen röra sig med farten v i magnetfältet.

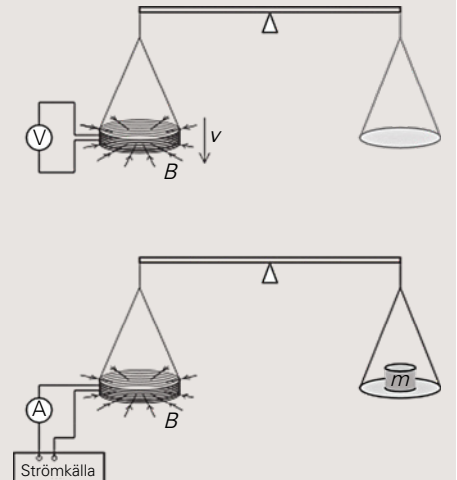
Den nedre bilden visar vägningen av massan m där balansvågen är i jämvikt.

När man ska använda vågen gör man två mätningar. Först en förberedande där man låter spolen röra sig nedåt. Man mäter den hastighet v som strömslingan rör sig i magnetfältet, samtidigt som man mäter den spänning U som induceras i kretsen. Därefter används vågen som en balansvåg. För att bestämma massan m mäter man den ström I som krävs för att jämvikt ska råda.

Bestäm massan med följande värden på v , I och U :

$U = 101,91 \text{ mV}$
 $I = 138,92 \text{ mA}$
 $v = 1,4410 \text{ mm/s}$

I Borås är värdet på $g = 9,8166 \text{ m/s}^2$.



Uppgift 6: Is på arenan

■ Om ett isflak under vintertid kommer på glid på Avicii arena i Stockholm så riskerar det att skada någon. Avgör hur långt bort isflaket, som längst, kan nå marken.

Globen har radien 55,20 m och höjden 85,20 m.

Globen i Stockholm bytte officiellt namn till Avicii arena i maj 2021, för att hedra musikern Tim Bergling (med artistnamnet Avicii), som gick bort 2018.



FOTO: HOLGER ELLGAARD/WIKIMEDIA COMMONS

Experimenterande och liberal gymnasiefysik

Island sticker ut. Inga nationella ämnesplaner, inga nationella prov och ingen betygshets. Men stark tradition av laborativ undervisning.

vår artikelserie om hur gymnasiefysiken är utformad i de nordiska grannländerna¹ har vi nu kommit fram till den sista anhalten, Island. Här är det valfrihet och lokal anpassning som gäller, både för gymnasieskolor och elever. För ungefär tjugo år sedan avskaffades den nationella ämnesplanen i fysik och varje enskild gymnasieskola får sedan dess själv ta fram planer för de fysikkurser den vill erbjuda. Planerna ska dock godkännas av Utbildningsdepartementet. Gymnasieskolorna på Island ligger, till skillnad från grundskolorna, under statligt huvudmannaskap, men har alltså stort utrymme för att profilera sig.

För att få en bild av hur Islands gymnasiefysik ser ut har vi vänt oss till Ingibjörg Haraldsdóttir. Hon har precis lämnat lärarjobbet, men har stor erfarenhet och ett stort kontaktnät efter att ha verkat som fysiklärare på gymnasienivå ända sedan 1981.

En tiondel väljer fysik

Ungefär en tiondel av varje årskull väljer att läsa fysik på gymnasiet. För några år sedan kortades den isländska gymnasieutbildningen från fyra till tre år, och i samband med detta infördes många gymnasieskolor ”öppna linjer” där eleverna relativt fritt kan mixa kurser i olika ämnen. Följden blev ett elvtapp på den matematik- och fysikintensiva naturvetenskapliga linjen, där minst två fysikkurser ska ingå (normaleleven läser tre).

Nu erbjuder många gymnasieskolor fyra till fem olika fysikkurser varje termin, varav i snitt tre brukar få tillräckligt med elever för att startas. Varje kurs mot-

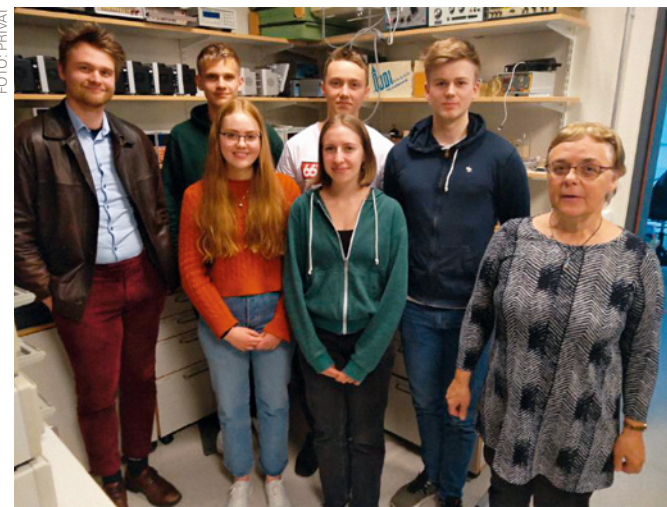


FOTO: PRIVAT

Ingibjörg Haraldsdóttir, längst till höger, är förutom gymnasie- lärare också en av Islands ledare på fysikolimpiaderna. Här tillsammans med 2021 års lag och den andre ledaren, Matthias Harksen (längst till vänster).

”Traditionellt har den experimentella delen av fysiken haft en stark ställning på Island.”

INGIBJÖRG HARALDSDÓTTIR

svarar fyra 60-minuterslektioner per vecka under en termin. Ett typiskt innehåll i den första kursen är grundläggande rörelselagar, Newtons lagar, potentiell och kinetisk energi samt eventuellt rörelsemängd och värmeenergi. Innehållet i den andra kursen varierar mer från skola till skola, men vanligt är vägfysik med mekaniska

vågor, ljud och ljus samt elektriska kretsar och elektrisk effekt. Övriga kursers innehåll har större spridning.

– Det är väldigt olyckligt att vi nu har färre elever som väljer att läsa fysik, och färre kurser att erbjuda dessa. Kanske vi istället nu mer än nånsin behöver fler som studerar fysik och relaterade ämnen, och att alla får möjlighet att se hur viktig – och vacker – fysiken är.

Laborationer och inträdesprov

– Traditionellt har den experimentella delen av fysiken haft en stark ställning på Island, fortsätter Ingibjörg. När vi hade nationella regler var en stor del av undervisningstiden vikt åt laborationer med högst 12 elever åt gången. Nu är det här en fråga som avgörs av varje skolledning, men på många gymnasier har man lyckats behålla regeln. Själv tycker jag det här är en väldigt viktig fråga. Det är omöjligt att göra relevanta experiment med 20–25

elever, och experimenterandet behövs för att eleverna ska få konceptuell förståelse i ämnet.

Avsaknaden av nationella kursplaner innebär att Island också saknar nationella prov i fysik. Är det inte svårt att hålla gemensamma nivåer för de olika betygstegen då?

– Det är egentligen bara att nå godkännivån som är riktigt viktigt för våra elever, menar Ingibjörg. Och där finns det en samsyn bland Islands gymnasie- lärare om var den ska ligga. Nivån är sådan att i princip alla elever som anstränger sig klarar den. Urvalet till attraktiva universitetsutbildningar som medicin sker genom inträdesprov. Och vill man klara dessa bra är det klokt att läsa – och tillgodogöra sig – många fysikkurser.

Engelsk litteratur

Något tryckt fysikläromedel på isländska finns inte, utan istället används engelskspråkig litteratur, till exempel *Physics* av Giancoli. Men merparten av lärarna kompletterar i varje kurs med egenhändigt framtagna häften på isländska. Eleverna behöver behärska fysikbegreppen på både engelska och isländska.

Du som läser detta kanske nu funderar på en möjlig framtid som läromedelsförfattare på den isländska marknaden? Här får du som avslutning hjälp med att kontrollera att dina kunskaper i isländska räcker till för detta. Facit hittar du längst ner på sidan 29.

Para ihop följande isländska fysikbegrepp med motsvarande svenska:

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1. Hröðun | A. Spänning |
| 2. Skriðbunga | B. Våglängd |
| 3. Spenna | C. Hastighet |
| 4. Vegalengd | D. Likström |
| 5. Hraði | E. Rörelsemängd |
| 6. Jafnstraumur | F. Acceleration |

ANNE-SOFIE MÄRTENSSON
Göteborgs universitet

¹ Se *Fysikaktuellt* 3/2019, 1/2020, 3/2020 och 1/2021 för artiklar om Danmark, Norge, Finland respektive IB-programmet.



FOTO: ERIK THORSJUA

Entrén till Tekniska museet smyckades med blommor och ballonger vid SUAs tioårsjubileum.

Jubilar firades med bok och ballonger

Sveriges Unga Akademi fyllde tio år förra året. Akademien, som aktiverar såväl unga som äldre forskare, firades under höstlovet.



■ Sveriges unga akademi är en tvärvetenskaplig akademi för ett urval av de bästa yngre forskarna i Sverige. Akademien utgör en oberoende plattform som ger yngre forskare en stark röst i den forskningspolitiska debatten, och som arbetar med att föra ut forskning till barn och unga. Inom akademien möts yngre forskare över lärosätes- och ämnesgränser. Akademien bildades 2011 på initiativ av Kungliga Vetenskapsakademien och har 35–40 ledamöter valda på fem år.

UNDER 2021 PUBLICERADE Sveriges Unga Akademi (SUA) *Forskardrömmar*, en bok med syfte att inspirera ungdomar till forskning. Den följdes bland annat upp av möten med ungdomar på besök vid Tekniska museet under höstlovet i november 2021. *Forskardrömmar* innehåller 60 berättelser från barn som, som vuxna, blev forskare i Sverige. Berättelserna kan läsas av och för nyfikna barn idag.

Höstlovet är den period under året som Tekniska museet har flest besökare, mellan 2000 och 3000 besökare per dag kom till museet när SUA var där. Forskarna hade stationer i samtliga större utställningar på museet. Flera illustrerade sin forskning på stora skärmar.

Andra hade med sig saker, som ett digitalt doftspel eller en synt där musiken som spelades komponerades tillsammans med en AI.

FORSKARNA BJÖD PÅ många aktiviteter och visade till exempel hur klimatförändringar sker, varför och var det är konflikter i världen, hur vår näsa fungerar, hur små de minsta partiklarna som finns i vår värld är och hur vi vet det, och hur vi kan få ny energi för hela världen genom att slå samman väte kärnor, det vill säga fusionsenergi. Barnen följde glatt en tipspromenad och de som svarade fick som pris boken *Forskardrömmar*.

Du kan läsa mer om SUA på www.sverigesungaakademi.se.

ELISABETH RACHLEW
Prof. em., KTH

Kalender utvecklade den indiska matematiken

I förra numret av *Fysikaktuellt* beskrevs hur vår kalender, en solkalender, har växt fram. I det här numret ska vi titta närmare på den indiska traditionella kalendern, som är en **lunisolär kalender**.

en lunisolär kalender måste man synkronisera tre förlopp: den solära delen av kalendern skall synkroniseras med solen, den lunära med månen och slutligen skall dessa delar synkroniseras med varandra.

Den indiska astronomin utgår från en geocentrisk världsbild och använder ett sideriskt solår, tidsintervallet mellan två på varandra följande ankomster av solen till samma punkt på stjärnhimlen. I vår nuvarande västerländska kalender använder man det tropiska solåret, som är tidsintervallet mellan två passager för solen norrut genom jordens ekvatorialplan. Det är något kortare än det sideriska året. En anledning till att det sideriska året använts i Indien är att det är förhållandevis lätt att bestämma längden av ett sådant, till exempel genom att observera första gången under året en viss stjärna blir synlig i öster vid solens uppgång. Längden av det tropiska året är betydligt svårare att bestämma och det gjordes inte heller med någon större noggrannhet förrän på 1500-talet.

DEN KOSMOLOGIMODELL som finns i den ursprungliga *Sūryasiddhānta*, en hinduisk text om astronomi vars titel ordagrant kan översättas till "Läran om solen", formulerades omkring år 500, sannolikt av den indiske astronomen och matematikern Aryabhata (476–550) (figur 1). Modellen är baserad på astronomiska observationer vid denna tid. I den tidiga kalender som baseras på denna modell användes solens och månens medelrörelser. I senare versioner av kalendern använde man himlakropparnas sanna rörelser, vilket gör kalendern betydligt mer komplex.



FIGUR 1 Staty av astronomen och matematikern Aryabhata, Inter University Center for Astronomy and Astrophysics, Pune, Indien.

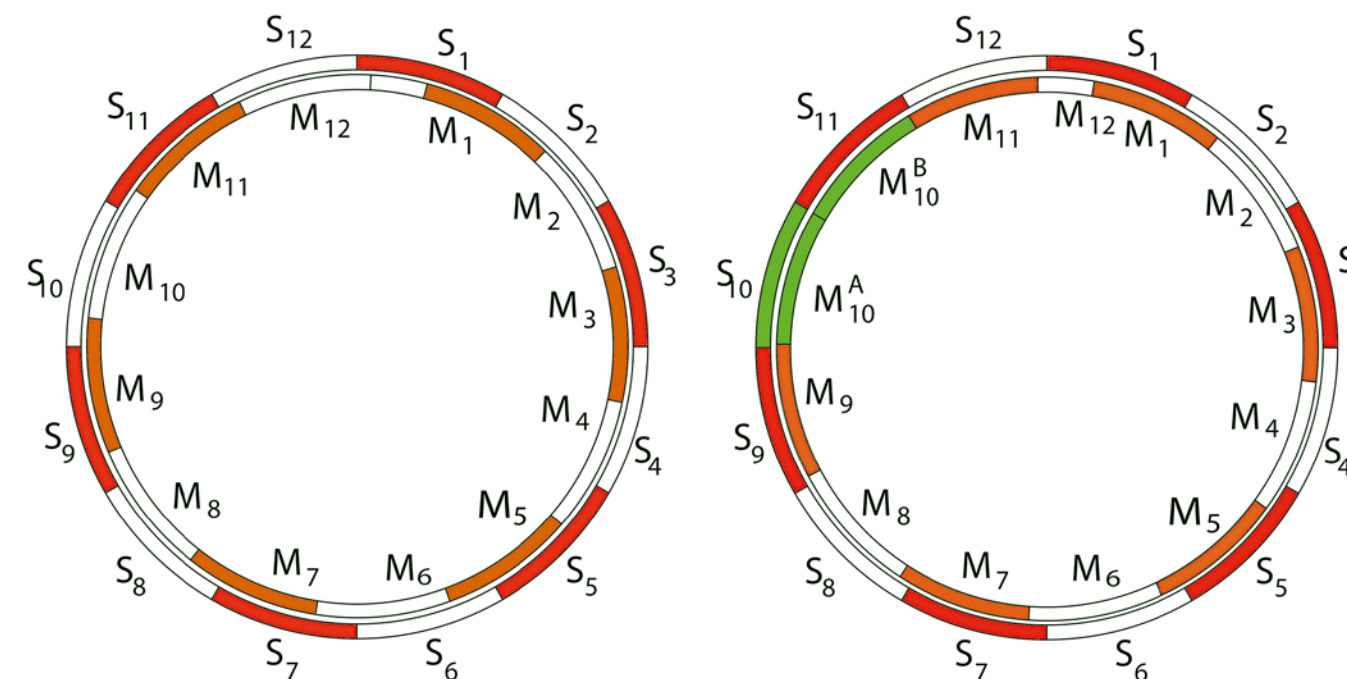
I den indiska astronomin använder man inte decimalbråk, utan längden av det sideriska solåret uttrycks genom att ange att solen gör 4 320 000 omlopp på 1 577 917 800 dagar, vilket ger en längd på året av 365,25875 dagar. Månens rörelse uttrycks med att den gör 57 753 336 omlopp på stjärnhimlen på 1 577 917 800 dagar. Detta ger den sideriska månåden på 27,32167 dagar, nästan exakt det moderna värdet. Relativt solen gör månen 57 753 336 – 4 320 000 omlopp. Alltså blir den synodiska månaden, längden mellan två på varandra följande fullmånar, 29,530587 dagar lång. Detta är, så när som på sista decimalen, detsamma som det moderna värdet. Den anmärkningsvärda precisionen beror på att det är ganska lätt att bestämma längden på den synodiska månaden genom att mäta tiden mellan mån- eller solförmörkelser med stort tidsavstånd.

Tolv synodiska månåden utgör cirka 354 dagar, 11 dagar mindre än solåret. Därför måste man då och då stoppa in en extra månåden för att synkronisera solens och månens rörelser.

DET INDISKA SOLÅRET börjar när solens sideriska longitud är 0°. De följande solmånaderna startar när solens longitud uppnår multipler av 30°. För att beräkna longituden behöver vi en startpunkt, en epok som i *Sūryasiddhānta* satts till midnatt den 18 februari år 3102 före vår tideräkning. Vid denna epok antas medel-longituderna för solen, månen och planeterna alla vara noll. När den indiska astronomin först blev känd i Europa tog man denna tidiga startpunkt som ett bevis på att den indiska astronomin var oerhört gammal. I själva verket är det bara praktiskt att ha en startpunkt som ligger långt bak i tiden för att man skall slippa hantera negativa tider och för att kunna starta sol, måne och planeter från en gemensam nollpunkt.

När vi nu vet startpunkten och solens dagliga rörelse kan vi räkna ut precis när solåren och solmånaderna börjar. Detta kan inträffa när som helst på dygnet. På samma sätt kan man räkna ut när månåden börjar vid nymånen genom att addera multipler av 29,530587 dagar till startpunkten. Vi har nu synkroniserat solmånaderna med solens rörelse och månåden med månens rörelse. Återstår att synkronisera dessa olika månader och införa skottmånader.

En solmånad har i medeltal $365,25975/12 = 30,4382$ dagar och är något längre än en synodisk månåden.



FIGUR 2A Normalt år med tolv månåden.

FIGUR 2B Skottår med tretton månåden. Två månåden börjar i solmånad S_{10} och månåden M_{10} blir dubblerad.

Månåden får ett namn som bestäms av i vilken solmånad den startar. Men eftersom månåden är kortare än solmånaden kommer det då och då inträffa att man får två månåden som startar i samma solmånad. De två får då samma namn men med tillägget *adhika* = "extra" till den första av dem, som på detta sätt blir en skottmånad. Se figur 2A och B.

Proceduren garanterar en perfekt och automatisk synkronisering av sol- och månkalendern. Rent praktiskt startar månåden i den civila kalendern vid närmast följande soluppgång efter den egentliga exakta tidpunkten. Solkalendern används bara som ett ramverk för månkalendern, som är den som används i praktiken.

I DEN INDISKA KALENDRER har man förutom den vanliga dagen en mån-dag som kallas *tithi*. Den har en längd av $1/30$ av en synodisk månad, det vill säga omkring $29,53059/30 = 0,98453$ dagar.

Under en *tithi* rör sig månen 12° relativt solen. Enheten *tithi* användes också som en enhet för månens rörelse redan i den babyloniska astronomin. Varje månåden består på detta sätt av precis 30 *tithi*. Från nymåne, 1, räknas *tithi* växande

2, 3 upp till 15, fullmåne, och sedan avtagande 1, 2, 3 till 15. Varje *tithi* kan matematiskt börja vid vilken tidpunkt som helst på dygnet men den som ger nummer åt dagen är den *tithi* som är pågående vid soluppgången den dagen.

Eftersom en *tithi* är något kortare än en soldag kommer man att då och då ha att en *tithi* som börjar efter en soluppgång och slutar innan nästa. I numreringen av soldagarna kommer då denna dags *tithi* att uteslutas och månåden får bara 29 nummerade dagar. Månadernas längd kommer därför att växla mellan 29 och 30 dagar på ett sådant sätt att månådens längd i medeltal blir precis den rätta, återigen en perfekt synkronisering.

OM MAN ISTÄLLET ANVÄNDER solens och månens sanna longituder blir sol- och månådenas längd inte konstant och för att beräkna månådenas början måste man lösa implicita ekvationer genom successiva approximationer. Det leder till att en månåden kan bli längre än en solmånad.

I sällsynta fall leder det till att man får en solmånad i vilken ingen månåden börjar, varvid månåden utesluts ur kalendern. Detta kompenseras dock all-

tid av en extra månad som infaller under samma år.

ETT PROBLEM MED KALENDRERNS struktur är att en sekundliten ändring i beräkningarna av när en månåden startar kan innebära att en skottmånad flyttas. Detta kan få stora konsekvenser i olika legala och administrativa sammanhang. En person som kan göra noggranna kalenderberäkningar har därför av hävd haft hög status i Indien och de ofta mycket komplexa beräkningarna har haft stor betydelse för utvecklingen av indisk matematik.

Med undantag av Vietnam är alla de traditionella kalendrarna i Sydostasien – Burma, Laos, Thailand och Kambodja – avkomlingar till den klassiska indiska kalendern, men algoritmerna och kalendrarna har förenklats och standardiserats. Den som är intresserad kan hämta en Javaimplementation (för Mac och Windows) av indiska och sydostasiatiska kalendrar på www.atp.lu.se/~larsg/downloads.



LARS GISLÉN
Fil.dr., Teoretisk fysik, Lund

Flimmer och andra ljuseffekter

Nya belysningsinstallationer med LED (ljusemitterande dioder) ger ibland upphov till problem med **"flimmer"**. Men nya EU-direktiv är ett steg i rätt riktning.

och med införande av LED-lampor har flimmer åter blivit ett problem. Det här är ett problem som redan lösts en gång, under 1980- och 90-talen, då utvecklingen av högfrekvensdon fick lysrören att sluta flimra.

När det gäller LED:s är det viktigt att påpeka att det aldrig är ljusdioden i sig själv som flimrar. Det är alltid den drivande elektroniken som avgör om LED:en kommer att flimra eller ej. Eller för att vara mer precis: om ljuset från LED:en kommer att vara modulerat som funktion av tid eller inte. För flimmer handlar om mer än vad vi menar med ordet "flimmer" till vardags.

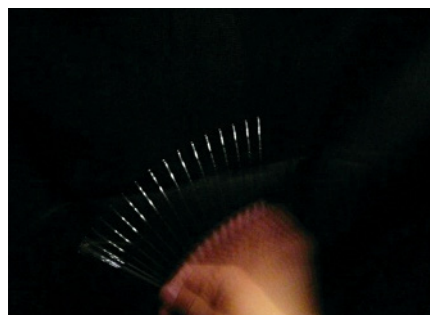
Vad är flimmer?

I vardagligt tal används oftast ordet flimmer för att beskriva något som en lampa, eller ljuset från en lampa, *gör* – nämligen att den hastigt blinkar eller fluktuerar i intensitet. Som ordet flimmer definieras rent vetenskapligt är detta inkorrekt. Flimra är inget en lampa gör. Flimmer är något *man ser*. Vad *lampan* gör, är att den ger upphov till temporal ljusmodulation, eller TLM (Temporal Light Modulation), det vill säga ljus som varierar med tiden.

Om man råkar ut för temporal ljusmodulation finns det flera saker, förutom flimmer, som man kan komma att observera.

1 Flimmer

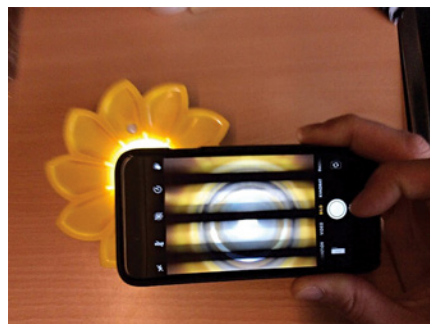
Om du tittar på ljuset från en lampa, och du ser att intensiteten varierar – då ser du *flimmer*. Men detta gäller bara om du inte rör dina ögon och inte heller ljuskäl-



FIGUR 1 Stroboskopiska effekter.



FIGUR 2 Phantom arrays.



FIGUR 3 Artefakter vid videoupptagning.

lan rör sig. Detta innebär att flimmer bara går att se så länge modulationsfrekvensen är under ungefär 90 Hz. Över 90 Hz, kan våra ögon inte längre se temporala variationer. Ungefär där går gränsen för det mänskliga synsinnets tidsupplösning. Hastigare variation smälter samman i ett sudd.

2 Stroboskopiska effekter

Om det är rörelse inblandat, till exempel att ljuskällan rör sig eller om någonting rör sig i ljuset (som en hand eller en penna) och man ser mönster, då kallas detta *stroboskopiska effekter* (figur 1).

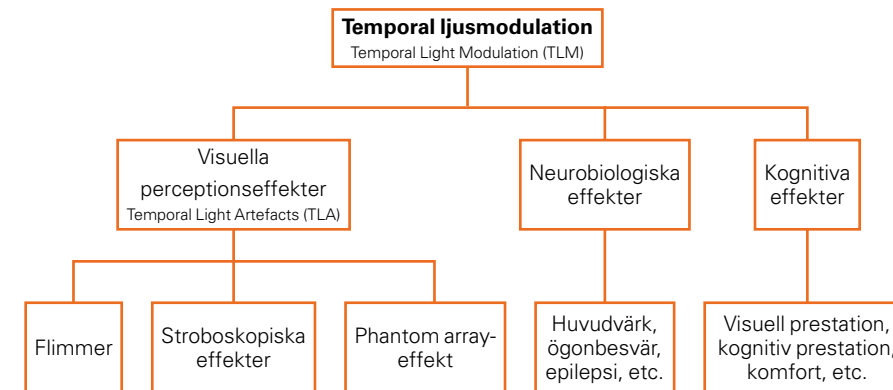
3 Phantom arrays

Slutligen finns det en tredje effekt, som uppstår vid ögonrörelser. Om du ser mönster under det korta ögonblick du rör på ögonen, då ser du så kallade *phantom arrays* (figur 2). Både stroboskopiska effekter och phantom arrays kan uppfattas vid mycket högre frekvenser än 90 Hz. Ända upp till 11 000 Hz har rapporterats.

Alla dessa tre effekter är exempel på temporala ljusartefakter, eller TLAs (Temporal Light Artefacts), som orsakas av temporal ljusmodulation (figur 4).

Dessa tre ljusartefakter är per definition visuella effekter. Men det har också visats att temporal ljusmodulation (eller bara modulation) kan ge upphov till icke-visuella effekter, som huvudvärk, migrän och ögonbesvär. Det kan också påverka kognitiv prestation och läshastighet. Dessutom har man sett att barn och överkänsliga personer påverkas mer än andra.

Dessa neurologiska och kognitiva effekter är antagligen allvarligare än de vi-



FIGUR 4 Översikt över olika effekter till följd av temporal ljusmodulation (TLM).

suella temporala ljusartefakterna, då de personer som påverkas av dem inte alltid nödvändigtvis inser eller förstår att det just är ljuset som är orsaken till problemen.

Förutom dessa effekter på människor, kan TLM också påverka bildkvaliteten i samband med fotografering och video-upptagning, till exempel vid video-samtal. Vid användning av kameror på telefoner och datorer kan rullande randmönster uppstå på skärmen (figur 3). Dessa teknologiska effekter tas inte upp närmare i denna artikel.

Varför uppstår TLM?

Modulationen orsakas alltid av den elektriska drivaren. Eftersom vi har 230 volts växelspanning i vägguttagen, måste denna transformeras ner till lägre spänning och till likström. Modulationen uppstår på grund av undermåliga elektriska komponenter. Det kan vara en utmaning att få plats med all elektronik i en E14-sockel, men det är definitivt möjligt. Det finns gott om LED-lampor på marknaden som inte modulerar alls. Men för producenten kan det ibland vara billigare att exkludera viktiga komponenter som skulle eliminera modulation och flimmer.

Faktum är att även den gamla glödlampan modulerade ljuset till en viss grad. Men en LED, Light Emitting Diode, är ju en diod, en likriktare. Den vill bara ha ström åt ett håll, det vill säga likström. En konstant likström skulle ge ett totalt modulationsfritt ljus. Med LED har vi alltså antligen chansen att få det ljus vi alltid velat ha.

Hur mäter man TLM?

Sedan en längre tid tillbaka har man kunnat mäta TLM med till exempel Percent Flicker (även kallat Modulation Depth) och Flicker Index. Dessa mätmetoder utvecklades då ljuskällor modulerade enbart vid 100 Hz (bland annat lysrör och glödljus). Dessa mått tar alltså inte hänsyn till frekvensen och är därmed olämpliga för mätning på ljuskällor som modulerar vid andra frekvenser.

Eftersom problem med flimmer och ljusmodulation uppstår vid flera olika frekvenser när det handlar om LED-ljuskällor, har det gjorts en del forskning på hur man kan mäta och kvantifiera effekterna av TLM på mer rättvisande sätt. Detta är inte minst viktigt i samband med det ökande antalet installationer av "dynamiska" belysningsanläggningar där både dimning, tunable white och så kallad dygnsrytmsbelysning kan medföra negativa konsekvenser på grund av TLM. Att kunna kvantifiera och ange gränsvärden

för dessa olika effekter blir därför allt mer angeläget.

För tillfället finns det två mätstandarder: PstLM för flimmer (upp till och med 90 Hz) och Stroboscopic Visibility Measure (SVM) för stroboskopiska effekter (upp till och med 2000 Hz). Det finns ännu inget mått för phantom arrays.

Lyckligtvis har EU enats om gränsvärden för flimmer och stroboskopiska effekter i de uppdaterade eco-designdirektiven, med resultatet att från september 2021 får PstLM inte överskrida ett värde på 1, och stroboscopic visibility measure (SVM) får inte överskrida 0,4. Dessa värden gäller vid "full load", det vill säga i odimrat läge.

Tyvärr finns det i dagsläget inga mått för de allvarligaste effekterna: de neurologiska och kognitiva. Med tanke på konsekvenserna borde kanske dessa effekter ligga till grund för gränsvärdena för modulation för allmänbelysning? Här behövs mer forskning.

JOHANNES LINDÉN

Fysiker och ljusforskare på Designvetenskaper, LTH, Lunds Universitet

Se mer

I LTH:s julkalender kan du se hur flimmer påverkar hjärnan. *Fysikaktuellt*s redaktionsmedlem är för-sökskaninen som ligger i en MR-kamera och utsätts för ljus som flimrar på olika sätt: youtu.be/zkY5FW00GPY



Mätstandarder

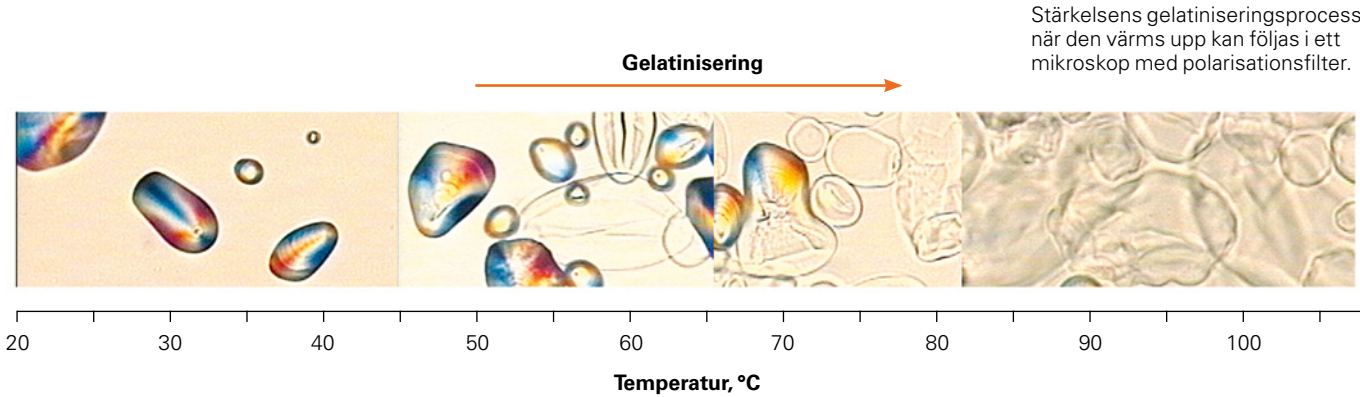
Ett SVM-värde på 1 betyder att stroboskopiska effekter är synliga i 50% av fallen, för en standardobservatör.

Måttet för flimmer, PstLM, är designat på samma sätt: PstLM = 1 betyder att flimmer är synligt i 50% av fallen, för en standardobservatör.

Observera att olika gränsvärden lämpar sig för olika användningsområden. Till exempel kan man tänka sig lägre gränsvärden för skolor och sjukhus, jämfört med lagerlokaler eller gatubelysning.



Mätning av TLM-effekter.



Fastlagsbullens fysik

Det går att hitta spännande fysik överallt! Här ska vi titta närmare på de **optiska egenskaperna** hos en fastlagsbulle (semla för er i norra Sverige) och se hur man kan få en bulle som inte blir torr och som håller längre.

Om du läser Fysikaktuellt på utgivningsdagen är det fettisdag nu på tisdag (1 mars 2022), och alltså dags att ladda upp inför de 40 dagarnas fasta fram till påsken. Idag är det kanske inte så många som fastar inför påsken, men ändå slinker det ner runt 50 miljoner fastlagsbullar per säsong i Sverige. Bakelsen finns nuförtiden i alla möjliga former, men godast är väl ändå den traditionella fastlagsbulle med en fluffig, kardemummadoftande vetebulle fylld med krämig mandelmassa och tjockt vispad grädde.

att uppnå detta vill vi att degen ska binda mycket vätska, samtidigt som vi vill få en stabil struktur när bullarna bakas.

EN METOD ÄR ATT låta en del av stärkelsen i mjölet gelatiniseras (förklustras) innan det blandas med resten av ingredienserna. Det är här kopplingen till fysiken dyker upp! Stärkelsens amylopektinmolekyler bildar en grenad dubbelhelixstruktur som ger en kristallin struktur i stärkelsegranulerna. Detta leder i sin tur till spännande optiska egenskaper.

Amorfa material har samma brytningsindex i alla riktningar. I välordnade kristaller kan brytningsindex däremot variera beroende på vilken polarisation ljuset har, och i vilken riktning det infaller. Opolariserat ljus som infaller med en viss vinkel kommer att brytas på två olika sätt i kristallen – fenomenet kallas för *dubbelbrytning*. Kalkspat är ett välkänt exempel på en dubbelbrytande kristall och dubbelbrytning används bland annat för att tillverka vågplattor som kontrollerar polarisationsegenskaperna hos ljus.

När stärkelse värms upp tillsammans med vätska förloras den kristallina strukturen på grund av att vätskan tränger in

och bryter upp dubbelhelixstrukturen, samtidigt som förmågan att binda vätska ökar. Man säger att stärkelsen *gelatiniserar*. Denna gelatiniseringsprocess kan studeras genom att mäta hur de optiska egenskaperna succesivt ändras (se bild ovan). Processen är också det som möjliggör att degen, och sedan bullarna, binder mer vätska och alltså har potential att bli både fluffigare och saftigare. Att man inte gelatiniserar all stärkelse i förväg beror på att man vill ha en viss strukturell integritet hos de färdigbakade bullarna.

INSPIRATIONEN TILL RECEPTET kommer från en traditionell japansk metod att baka som kallas *tangzhong*.

I Japan brukar metoden användas för att baka väldigt fluffiga "milk bread", men författarna till denna artikel kan intyga att det fungerar bra också till vetebullar, lussekatter och brischolebröd. När grillsäsongen nu kommer igång igen kan vi varmt rekommendera egenbakade brischole-hamburgerbröd bakade med tangzhongmetoden – mycket gott!

JOHAN MAURITSSON OCH MALIN SJÖÖ
Lunds universitet



Stärkelsens brytningsindex i degen kan avslöja hur saftig bullen blir när den bakas.

RECEPT Vetebullar med tangzhong

Till tangzhong

60 g vetemjöl
3 dl mjölk

Till vetebullar

1 sats tangzhong
690 g vetemjöl
135 g socker
30 g jäst
2,6 dl mjölk
1 ägg
0,75 tsk salt
4 tsk mald kardemumma
75 g smör

Gör så här

Det är bra med viktförhållandet **1:5** mellan mjöl och vätska när du gör din tangzhong.

Värm vetemjöl med mjölk under omrörning tills det tjocknar (du kokar i princip klister, men nu kallar vi det för tangzhong). Låt svalna.

Blanda din tangzhong med resten av mjölet (gärna ett mjöl med mycket protein) socker, jäst, mjölk och ägg och låt din degblandare knåda degen i 10 minuter.

Tillsätt salt, nymalda kardemumma-kärnor och smör som du har delat i kuber. Knåda i ytterligare 10 min. Degen ska vara ganska lös och klistrig.

Låt degen vila i ca 10 minuter, eller låt degen jäsna till ungefär dubbel storlek, innan du rullar dina bullar. Hur du väljer att jäsna din deg beror på vilken struktur du vill ha på bullarna och hur mycket tid du har.

Eftersom degen är ganska lös kan det vara bra att kyla den innan du formar dina bullar (använd ca 60 g per bulle) och gräddar dem 8–10 min i 225 °C.



Att koka tangzhong är i princip som att koka klister.



En resa längs Mekongfloden ger ett personligt perspektiv på klimatförändringarna.

Klimatförändringar får en gedigen bakgrund

The Physics of Climate Change

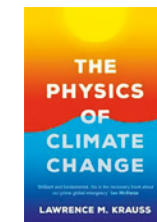
Lawrence M Krauss

Förlag: Apollo

Utgivningsår: 2021

ISBN: 978-18-0024-478-8

Språk: Engelska



Teoretiske fysikern Lawrence M Krauss har skrivit flera aktuella böcker om fysikens stora frågor och vårt universum. Några exempel är *Ett universum ur ingenting*, *Den största historien – hitills* och *The physics of Star Trek*. Denna gång ger han sig på att från en fysikers ögon förstå vad klimatfrågan handlar om. Han lyckas mycket väl med att logiskt redogöra för hur mänskligheten har börjat förstå vad vi alla har ställt till med.

Krauss går genom de första upptäckterna och insikterna, och tar oss sedan framåt genom årtiondena till nutiden och vad vi nu kan förstå av de komplexa sambanden och växelverkningarna mellan jorden, jordens atmosfär, vår sol, och de mycket olika tidsskalor som måste tas i betraktande.

DEN ENKLA BILD som kan sammanställas från vår kunskap om solens instrålning, avståndet från jorden till solen och temperaturen vid solens yta förkastades redan på 1890-talet av meteorologen Arrhenius i Stockholm som en alldeles

för förenklad modell. Han insåg tidigt att samverkan mellan flera processer – som strålning, konvektion, diffusion och så vidare – måste inkluderas och förutsåg en kvantitativ temperaturökning som funktion av förändrad koldioxidhalt. Tack vare utveckling av snabba datorer, ett globalt nätverk av observationer och samarbeten mellan fysiker, kemister, geologer, meteorologer med mera kan vi nu se en ganska klar bild av var vi står.

BOKEN ÄR RIK PÅ referenser, figurer och tips om vidare läsning och är fri från de så vanliga spekulationerna om "tipping points" och olika undergångsscenarier. Med en bakgrund som denna bok kan vi diskutera klimatfrågan med varandra på ett insiktsfullt sätt och därmed åstadkomma den förändring vi alla ser som nödvändig, som kunde kallas vår tids renässans.

Krauss ger ett personligt perspektiv i inledning och avslutning genom att skriva om en resa i Asien, speciellt sina observationer kring Mekongfloden. Hans personliga vinkel kan inspirera oss alla till observationer av vad som händer i vår egen miljö och även kanske vad vi själva bör göra.

ELISABETH RACHLEW
Prof.em., Fysik, KTH

Hur bra är du på isländska?

Här är rätt svar till testet på sidan 23: 1-F, 2-E, 3-A, 4-B, 5-C, 6-D



FOTO: LISA JOHNSON/PIXABAY

Inget för rutgångare

De första bilarna gick inte så fort, och hade inte behov av någon skyddande **framruta**. När hastigheten så småningom ökade uppstod också frågan hur man gör en ruta som håller.

Under tidigt 1900-tal gick bilar så pass fort att glasrutor började användas för att skydda bilförare och passagerare från vinddraget (figur 1). Dåtidens glas var dock bräckligt och kunde splittras i vassa bitar om ett föremål träffade glasrutan eller om fordonet var inblandat i en olycka.

Laminerat glas

År 1903 råkade den franske kemisten Benedictus tappa en dåligt rengjord glas-kolv. I den fanns cellulosanitrat som hade avdunstat och lämnat en tunn hinna på insidan. Glaset i kolven sprack, men glasskärvorna hängde fortfarande ihop och kolven behöll, tack vare filmen, nästan sin ursprungliga form.

Han lär ha läst i en tidning att många bilförare skadades av att vindrutans glas splittrades vid kollisioner. Han provade därför att lägga ett lager av celluloid mellan två glasskivor och fick patent på sitt "laminerat glas" år 1909.

Licenstagning av laminerade vindrutor inleddes i England 1912, men biltillverkarna var tveksamma i början. Emellertid användes laminerat glas i gasmasker under första världskriget, och glaset visade sig hållbart. I USA ökade



FIGUR 1 Peugeot 1910 med vindruta av glas.



FIGUR 2 Vindruta med skottskada med det spindelnätsliknande mönster som är typiskt för laminerat glas.

antalet stämningar mot bilfabrikanter för skärskador vid kollision. Detta var sannolikt två av orsakerna till att laminerat glas i vindrutor blev vanliga i bilar på 1920-talet.

De första typerna av laminerat glas

hade ändå begränsat penetrationsmotstånd. År 1936 kom man på att lägga ett tunt lager av polyvinylbutyral (PVB) mellan två skivor av glas, något som används även i dagens laminerade glas. Med flera olika lager ökar styrkan och med tjocklekar på upp mot 7 cm kallas glaset skottsäkert. Det har ett sprött yttre skikt, som när det splittras av en kula sprider ut energin över en större yta (figur 2). Sedan klarar det mer flexibla underlaget att förhoppningsvis absorbera resten av energin.

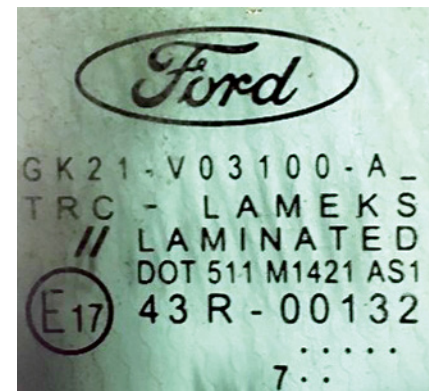
Stenskott

Numera behöver inte hela vindrutan bytas, utan stenskott kan lagas lokalt. Emellertid får stenskott nära kanterna eller i siktfältet inte lagas. I området intill klarar man 15 mm stora skador och i området framför passageraren upp till 25 mm.

Det första företag som tillverkade ett reparationskit var Minnesota Mining and Manufacturing (3M) 1971. Sedan dess har tekniken förfinats, blivit billigare och fått försäkringsbolagens välsignelse. En lagning klaras på under 30 min, utan RUT-avdrag, till en ringa kostnad. Först rengörs skadan från smuts och glasbitar, och slipas vid behov. För att skadan ska



FIGUR 3 Härdat glas som spräckts, kanske med en stulen hammare.



FIGUR 4 Denna märkning finns i bakrutans nedre hörn (figur 5). Rutan är laminerad, tillverkad i Turkiet, godkänd av Finland och uppfyller kraven från både EU och USA. Siffran och prickarna (månad) nederst anger tillverkningsåret.



FOTO: MAX KESSELBERG

FIGUR 5 Överst bakruta och underst vindruta, som Ryds Bilglas förutseende försett med skärskydd, fäst med blå tejp, längs brottkanterna.

synas minimalt måste lagningsvätskan ha lämplig viskositet för att med kapillärkraftens hjälp fylla hela utrymmet. Vätskan ska dessutom ha ett brytningsindex som matchar glasets. Kvarvarande luft måste därför sugas ut, ty luftens brytningsindex skiljer sig mycket från glasets.

Innehållet i vätskan är hemligt, men komponenternas polymerkedjor behöver kopplas ihop, så att materialet får en hård 3D-struktur. Detta görs med UV-ljus. Om man justerar brytningsindex och viskositet med "trial and error", eller om man vägleds av någon fungerande teoretisk modell, vore intressant att veta. Överflödigt material skrapas sedan av eller skärs bort, och skulle det kvarstå en liten grop fylls den med "Pit-Filler". Även fillern hårdas med UV-ljus och slutligen kan skadan poleras.

Lagningen är, utöver en skönhetsfråga, också en säkerhetsfråga. En vindruta ska ta upp kraften från en kastad sten, från en utlöst krockkudde (på passagerarsidan), och hindra passagerarna från att fara ut genom rutan vid kollision. Den ska också ge styrka till bilens tak, och hindra det från att knäckas och tryckas ihop, om bilen skulle hamna på taket.

Härdat glas

Härdat glas har gamla anor, men österikaren Seiden var först med att patentera en framställningsmetod på 1930-talet. Sodaglas går vid 510°C gradvis över från fast till flytande form och vid 560°C

när glaset det plastiska området. I nutida processer hettas glaset därför upp till omkring 650°C, varvid glaset expanderar. När det är genomvarmt, avkyls det mycket snabbt med luft som blåses på bägge sidor, medan glasets inre fortfarande är mjukt. Efter en stund svalnar även glasets inre "kärna", som då drar sig samman. På så sätt "fryses" ytan och ger glaset ett hårt skal. Därmed får kärnan dragspänningar och ytan tryckspänningar.

Härdat glas är upp till fem gånger starkare än vanligt glas och används bland annat till sidorutor i bilar och till busskurer. Om ett hörn eller en kant skadas så att man kommer in i det område där dragspänning råder, utlöses spänningarna. Då granulerar glaset, det vill säga spricker i många små trubbiga bitar, som åtminstone är lätta att sopa upp (figur 3). Likaså kan ett slag med ett vasst föremål nå in till dragspänningsområdet, vilket är avsikten med de hammare som finns i bussar (figur 3). Rutor avsedda som nöd-utgång ska vid en olycka kunna krossas, och är därför gjorda av härdat glas. Dricksglas hårdade på motsvarande sätt lanserades 1946 av det franska företaget Saint Gobain som "okrossbara", under namnet Durex.

Från slutet av 1930-talet började biltillverkare använda härdat glas i bak- och sidorutor. Härdat glas måste visserligen mättbeställas, då det inte går att skära efter hårdningen, men det är förhållandevis billigt. Härdat glas är fortfarande godkänt

till bak- och sidorutor även på nya bilar, men sedan 1967 måste vindrutan av säkerhetsskal vara av lamellglas.

Godkännande

Allt glas i fordon, såväl laminerat som härdat, ska ha europeisk eller amerikansk godkännandemärkning. För att passa båda marknaderna förekommer märkningarna ofta blandat, vilket påminner om Rosettastenen. Vanligen återfinns en märkning i något av de nedre hörnen (figur 4).

På fabriksmonterade vindrutor brukar bilmärkets logotyp (här: Ford) finnas överst, men ingen bilfabrik har egen produktion. Märket visar också tillverkarens varumärke (TRC – LAMEKS) och ett kodnummer (GK21 V03100), samt landet som har godkänt (E17). Europeisk säkerhetsstandardisering (43R) med godkännande nummer (00132). Amerikansk säkerhetsstandardisering handhas av Department of Transportation och märkningen anger tillverkaren (DOT 511), dennes modellnummer (M1421) och American Standard (AS1), där 1 betyder laminerat glas.

I nästa nummer ska jag titta närmare på egenskaper och funktion hos bilglas genom att analysera två kasserade rutor från Ryds Bilglas (figur 5).

MAX KESSELBERG

Fysikum, Stockholms universitet



NATUR &
KULTUR

Fysik 1 och 2 för gymnasiet

Fysik för gymnasieskolan 1 och 2 Digital* är ett nytt läromedel som utgår från det centrala innehållet i kursplanen för Fysik 1 och Fysik 2. Läromedlet innehåller begreppslistor, quiz och en stor mängd av uppgifter på flera nivåer med fullständiga lösningsförslag. Genom att varva teori med exempel, bilder och filmer så förstärks innehållet.



Nyhet!

Prova
i 30 dagar
utan kostnad!
[nok.se/
fysikdigital](http://nok.se/fysikdigital)

*Fysik för gymnasieskolan
1 och 2 Digital har bytt namn
från Digilär Fysik Gy.