

Fusion · Materialvetenskapliga skatter · Rymdskrot

Fysikaktuellt

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

NR 2 • MAJ 2022



Seglingens fysik

ISSN 0283-9148

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 3/2022 är 5 augusti.

Medlemskap

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

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



Medlemsförmåner

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

Layout: Christina Kjellstrand

Tryck: Trydells, Laholm 2022



OMSLAGSBILDEN: Bilden på framsidan visar en segelbåt från det svenska varvet Hallberg-Rassy. Läs mer om seglingens fysik på sidan 5. Foto: Rick Tomlinson/Hallberg-Rassy

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** Richard Brenner
- 4 **AKTUELLT**
- 5 **EN FYSIKER UTE OCH SEGLAR**
- 9 **WALLENBERGS FYSIKPRIS** Final och nordisk-baltisk fysikolympiad
- 12 **AVHANDLINGEN** Oseenmedaljen 2022 går till Magnus Rahm
- 16 **FYSIK I NORDEN** Intervju med Sveriges skolminster
- 18 **FRAMSTEG FÖR FUSIONEN** Experiment bekräftar de teoretiska modellerna
- 21 **GOD FYSIK** Kaffekask
- 22 **FYSIKDAGARNA I LUND**
- 24 **KONST OCH FYSIK**
- 26 **SKRÄP PÅ HÖG NIVÅ** Skrot i omloppsbana ställer till det i rymden
- 29 **RECENSION**
- 30 **VARDAGENS FYSIK** Hur ser du ut?



Hösten 2021 lyckades forskarna vid fusionsforskningsanläggningen JET generera rekordmycket engeri. Men viktigare än rekordet är att resultaten visar att de teoretiska modellerna stämmer. Sidan 18

Forskning och forskningsinfrastruktur

I dag skiljer vi mellan forskning och utveckling, vars syfte är att framställa och tillgängliggöra forskningsinfrastruktur, och själva utnyttjande av denna struktur. Stuprörstänkande hittar man bland annat hos Vetenskapsrådet, där ämnesråden och rådet för infrastruktur har olika strategier. Dessa sammanfaller tyvärr sällan i en enhetlig plan. Det finns också en tendens inom forskarkåren att se utnyttjande av forskningsinfrastruktur som mer riktig och viktig forskning, än utveckling och drift av densamma. Läget vid universitet och högskolor är inte bättre.

Betydelsen av forskningsinfrastruktur för vetenskapens framsteg kan inte över-skattas. Utan infrastruktursatsningar som Hubble Space Telescope, LIGO, LHC, WMAP och andra skulle vår horisont vara betydligt mer begränsad. Observationer antingen stöder eller kullkastar modeller och teorier om vår värld. Självfallet är data och analys av dessa den skörd som direkt kopplar till den vetenskapliga frågeställningen, men utan utveckling och drift av instrument skulle det inte finnas någon sådd att skörda.

Ett av de grundläggande problemen är att utveckling och drift i många aspekter skiljer sig från rent utnyttjande av infrastruktur. Detta gäller bland annat storleken på gruppen forskare som samarbetar, tidsskalen och kostnaden för att genomföra arbetet. Olikheter finns även i vilka färdigheter och resultat som anses meriterande för en individ eller ett forskningsområde. Problemet med meritering och karriärvägar för personer som arbetar inom forskningsinfrastruktur har länge varit välkänt. Forskningsfinansieringen har under de senaste åren allt mer fokuserats på individen snarare än på grupper av forskare eller forskningsmiljöer. Samtidigt finansieras främst projekt som kan slutföras med stor säkerhet under en begränsad tidsperiod. Denna utveckling är tyvärr motsatt den som skulle krävas för att



stärka arbetet med forskningsinfrastrukturer. Man skulle önska att synen på och formerna kring forskningsfinansiering breddas. Några åtgärder som skulle förbättra situationen är till exempel att vid bedömning av meriter väga in fler parametrar än enbart publikationer och citeringar, att införa forskningsmiljöutlysningar som komplement till projektutlysningar, och skapandet av en långsiktig nationell strategi kring forskningsinfrastruktur som inbegriper både utveckling och utnyttjande.

Även om jag i grunden är optimist så är jag rädd för att det kommer att dröja ett bra tag innan vi får ett system där vi har balans mellan utveckling och utnyttjande av forskningsinfrastrukturer. Under tiden kan vi glädja oss åt James Webb-teleskopet¹, som kommer att ge oss nya och skarpare ögon mot en till idag utforskad horisont.

Richard Brenner

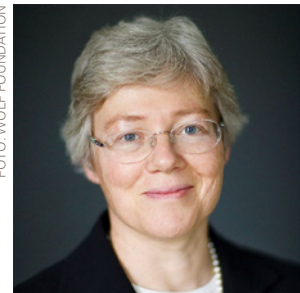
RICHARD BRENNER
Uppsala universitet

¹ Läs mer om James Webb-teleskopet i *Fysikaktuellt* nr 4 2021.

Saknar du din medlemsavi?

■ Från och med i år skickar vi ut medlems-aviser 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-post-adress i medlemsregistret. Meddela då gärna en korrekt e-postadress till kansliet på: lage.hedin@physics.uu.se. Tänk också på att kontrollera så att din avi inte råkat hamna i skräpposten!

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



Anne L'Huillier, Lunds universitet.

Wolf-priset till svensk fysiker

■ Wolf-priset i fysik, som ofta räknas som det mest prestigefyllda fysikpriset efter Nobelpriset, går för första gången till en svensk forskare. Wolf-priset delas sedan 1978 ut årligen i juni.

Fransk-svenska fysikern Anne L'Huillier, professor i atomfysik vid Lunds universitet, tilldelas 2022 års Wolf-pris tillsammans med Paul Corkum och Ferenc Krausz för sina "banbrytande insatser för forskningen om ultrasnabb laser och attosekundfysik".

Du kan läsa mer om Anne L'Huillier i *Fysikaktuellt* 1/2017.

Webbtipset



■ Den populärvetenskapliga nyhetssajten ScienceAlert har också en youtube-kanal, där man bland annat hittar den här filmen, som visar hur jordens medeltemperatur förändrats 1880–2021:

www.youtube.com/watch?v=46zcAt3vf_4



Skolverksförslag skjuts på framtiden

■ I förra numret av *Fysikaktuellt* skrev vi om att Skolverket höll på att förbereda ett förslag om att minsta mängden fysik på teknikprogrammet. I februari kom ett remissförslag där Skolverket närmare förklarar hur de tänkt kring de obligatoriska ämnena i gymnasiet när kursbetygen om några år ska ersättas av ämnesbetyg.

I själva remissförslaget har idén om att minska mängden fysik på teknikprogrammet nu tagits bort, och förslaget för det programgemensamma ämnet fysik 1 ligger återigen på dagens nivå, 150 poäng. Däremot finns idén om att minska fysik 1 till 100 poäng kvar som en "alternativ lösning" för att få in mer naturkunskap på teknikprogrammet.

Tanken med att eventuellt öka mängden naturkunskap är, enligt remissförslaget, att få in ett bredare hållbarhetsperspektiv på teknikprogrammet. Konsekvensutredningen nämner också både att en del elever uppfattar fysik 1 som alltför omfattande, och att utredarna sett ett "visst överlappande ämnesinnehåll mellan fysik och teknik". Nackdelen med detta förslag anges vara att både teknik och fysik är "centrala äm-

nen för fortsatta ingenjörsstudier" och att dagens kurs i fysik 2 utgör ett särskilt behörighetskrav till bland annat civilingenjörsutbildningar.

Men än så länge skjuts alltså idén om att minska fysiken på teknikprogrammet med en femtedel på framtiden, och Skolverket lovar också i remissförslaget att man kommer att samråda med lärosäten i frågan.

CHRISTINA KJELLSTRAND
för *Fysikaktuellt*

Läs mer

Hela remissförslaget finns på www.skolverket.se/om-oss/var-verksamhet/regerings-uppdrag-och-remisser/

Där hittar du också [konsekvensutredningen avseende remissförslaget](#) (bilaga 1).



Remissförslag



Konsekvens-utredning

Ny styrelse för Fysikersamfundet

■ Efter val bland medlemmarna samt via KVA och IVA kommer Svenska Fysikersamfundet under mandatperioden 2022–2024 ha en styrelsesammansättning enligt följande:

- Jonathan Weidow, Chalmers, Ordförande
- Nils Almqvist, Luleå tekniska universitet
- Kenneth Bodin, Algoryx, Umeå
- Richard Brenner, Uppsala universitet (KVA)
- Urban Eriksson, NRCF, Lunds universitet
- Herbert Gunnell, Umeå universitet
- Simon Holmström, Katedralskolan, Växjö

- Göran Johansson, Chalmers (KVA)
- Kerstin Jon-And, Stockholms universitet
- Eva Lindroth, Stockholms universitet (KVA)
- Linda Megner, Stockholms universitet
- Kajsa Uvdal, Linköpings universitet
- Katarina Wilhelmsen, Totalförsvarets forskningsinstitut
- Johan Åkerman, Göteborgs universitet (IVA)

Styrelsen har till sekreterare utsett Joakim Cederkäll, Lunds universitet, och till skattmästare Lage Hedin, Uppsala universitet.

En fysiker ute och seglar

Ingen kan segla förutan vind, men att **segla i motvind** går alldeles utmärkt. Jonatan Slotte förklarar varför.

FOTO: RICK TOMLINSON/HALLBERG-RASSY



Familjebåten Hallberg-Rassy 37 får agera exempel i den här artikeln.

Som fysiker kan man då man för första gången sätter sig i en segelbåt ha en litet annan inställning till detta att ta sig fram med hjälp av segel än vad en normal landkrabba har. Jag avser till exempel:

- Att man inte oroar sig för att segelbåten med fast köl kommer att stjälpas även om den lutar "farligt" mycket.
- Att man inte ifrågasätter sjöbjörnen som sitter vid rodet och påstår att den snabbaste riktningen man kan segla i *inte* är plattläns (alltså med vinden rakt bakifrån).
- Att man inser att det inte på något vis är omöjligt att ta sig fram för segel i motvind.

Ovanstående påståenden är alla enkla att förstå för en fysiker med hjälp av elementära kunskaper i Newtons mekanik, lite kännedom om vätskor och gaser och en smula vektorkalkyl.

Själv är jag en så gott som fullständigt självlärd seglare, på gott och ont. Mina seglingserfarenheter inskränkte sig till att vara passagerare exakt fyra gånger innan jag införskaffade min första segelbåt. Den begagnade båt jag köpte – efter att i 30-års present av min hustru fått "lov att skaffa segelbåt" – var en Avance 24, skrovnnummer 20, från 1976. Seglarkarriären började i all enkelhet med att jag körde ut från hemmahamnen, hissade storseglet och iakttog vad som hände. Vad som fick

min hustru att följa med är något jag fortfarande har svårt att förstå, men familjen seglar än idag, så allt kan inte ha gått fel till.

Vilka tankar gick då genom mitt fysikerhuvud under de där första ögonblicken då jag verkligen seglade själv? Först, hur båtens lutning inverkar på hur mycket man måste kompensera skrovstyrningen med rodet. Sedan, efter att focken (det vill säga förseglet) blivit hissat, undrade jag varför stigvinkeln förbättrades?

Tanken bakom den här artikeln är att försöka besvara de ovanstående fysikaliska frågorna. Den här artikeln kommer dock inte att göra någon till en bättre seglare, ►

► för om det är något jag lärt mig under mina 18 säsonger som en seglande fysiker, så är det att inget på sjön slår erfarenhet.

Stabilitet

En segelbåt som går för motor påverkas av två krafter i planet, vinkelrätt mot rörelseriktningen, figur 1a. Tyngdkraften, som här är indelad i två delar, $\vec{G}_1$ är båtens tyngd och verkar i båtens tyngdpunkt och $\vec{G}_2$ är kölens tyngd, som verkar i kölens tyngdpunkt. Vattnets lyftkraft $\vec{L}$ verkar i det undanträngda vattnets tyngdpunkt. Nettotyngden och lyftkraften är lika stora då båten flyter, de verkar i motsatta riktningar och längs båtens vertikala symmetriaxel.

När båten börjar röra sig för segel förändras situationen. Vinden driver båten framåt, men verkar även med en kraftkomponent $\vec{F}_L$ horisontellt vinkelrätt mot båtens rörelseriktning. Denna kraft, tillsammans med den vågräta stödkraften från vattnet $\vec{F}_v$, får segelbåten att börja luta, vilket kan kännas obehagligt första gångerna man upplever det. Men det finns ingen orsak till panik, fysiken sköter om att båten inte kantrar. Som man kan se i figur 1b, kompenseras momentet som får båten att luta av momenten från lyftkraften och kölens tyngdkraft (tänk dig att vridaxeln och origo är placerade i $\vec{G}_1$:s verkningspunkt). Ju mer båten lutar, desto mindre blir momentet ($\vec{r}_{FL} \times \vec{F}_L$) på grund av vinden. Samtidigt ökar det upprättande momentet från lyftkraften ($\vec{r}_L \times \vec{L}$)



Det krävs mer än bara vind för att vända en segelbåt med köl.

och kölens tyngdkraft ($\vec{r}_{G2} \times \vec{G}_2$). För att stjälpna en segelbåt med fast köl räcker det därför inte med enbart kraftig vind, det krävs också rejäla brytande vågor – men till och med en fysiker förstår att inte vara ute på havet i sådant väder.

Som fysiker bör man också notera att verkningspunkten för lyftkraften flyttas bort från symmetriaxeln då segelbåten lutar. Ju mera rätblocksaktigt båtens tvärsnitt är desto längre bort från symmetriaxeln flyttar verkningspunkten. Detta är orsaken till att modernare segelbåtar, med mera rätvinkliga tvärsnitt, behöver mindre massa i köl än äldre, smäckrare

segelbåtar med klassiska vackra linjer. I moderna segelbåtar utgör således lyftkraftens kraftmoment en större del av det upprättande momentet än i en äldre båt. Detta betyder också mer utrymme nere i ruffen – och kanske ett inte lika estetiskt utseende.

Skrov och skrovhastighet

Då du för första gången styr en seglande segelbåt med rorkult, märker du omedelbart att när båten börjar luta kan du inte hålla rodet riktat rakt framåt, om det är ditåt du vill segla. Förklaringen är att båten, då den lutar, inte längre är symmetrisk för det längs båtskrovet strömmande vattnet. Detta betyder att motståndskraften inte blir rakt akterut, utan riktas snett akterut mot vindsidan. Således tenderar en lutande segelbåt att svänga upp i vind, och detta måste kompenseras med att vrida rodet i motsatt riktning. Ifall båten lutar för mycket kan inte skrovstyrningen längre kompenseras och båten förlorar sin styrförmåga. För att undvika detta minskar man i en segelbåt på segelarean, man revar seglen. Moderna familjesegelbåtar, med breda tvärsnitt, bör inte seglas med större lutning än ca 20° och typiskt styr båten upp i vind då lutningen går över ca 30°. Klassiska segelbåtar med smalare tvärsnitt seglar betydligt bättre med större lutningar.

Till skillnad från en motorbåt så kan man inte öka en segelbåts hastighet godtyckligt genom att öka den framdrivande effekten, till exempel genom att öka segelarean eller försöka minska motståndet från vattnet. Skillnaden ligger i att motorbåten kan man få att "klättra över" sin egen bogvåg, vilket under normala förhållanden inte är möjligt för en segelbåt.

Ifall du studerar vågbildningen kring en båt som startar från vila, märker du att då båtens hastighet ökar, minskar antalet vågor som per tidsenhet rör sig ner från båtens bog mot aktern. Vågor i vatten är dispersiva: vågens hastighet beror på dess våglängd och längre vågor rör sig fortare än vågor med kortare våglängd. I något skede, med ökande båthastighet, kommer det endast att finnas en våg längs skrovet. Efter detta blir det mycket svårt för en segelbåt att öka på hastigheten, eftersom

båten befinner sig helt i den vågdal som den själv skapar.

Härav följer att en segelbåts maxhastighet bestäms av dispersionsrelationen för vågorna och av längden på båtens vattenlinje. Dispersionsrelationen ges av:

$$\frac{g}{k} = \frac{g\lambda}{2\pi} = c^2,$$

där g är tyngdaccelerationen, k vågtalet, λ våglängden och c våghastigheten. I båt-sammanhang skrivs detta som

$$v = 2,43\sqrt{L},$$

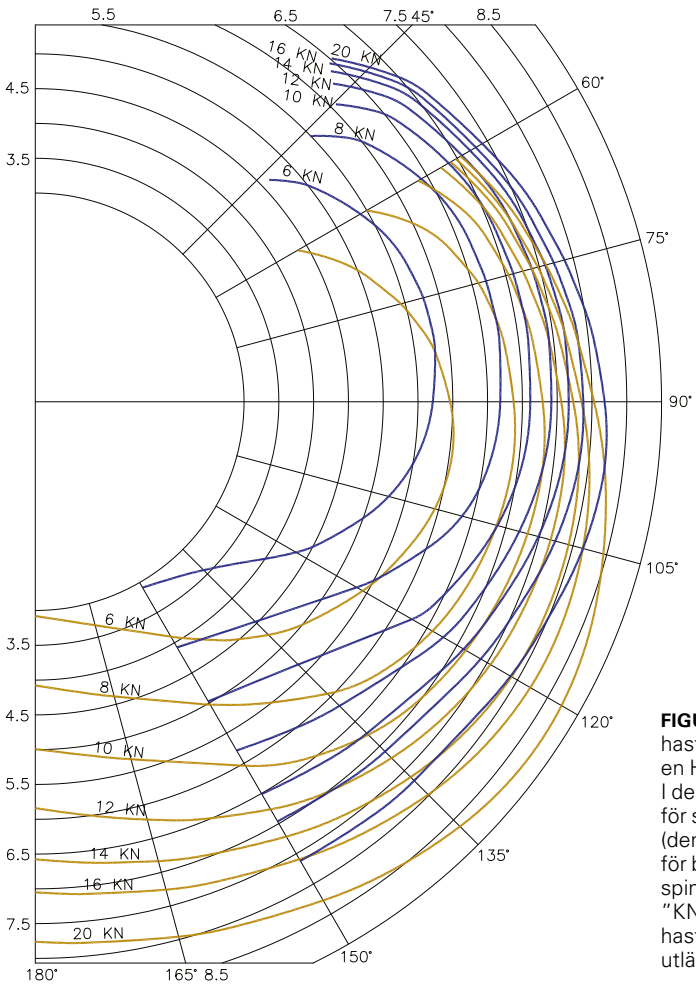
där L är längden på båtens vattenlinje i meter och v är den maximala skrovhastigheten i knop (1 knop = 1 852 m/h).

För segel

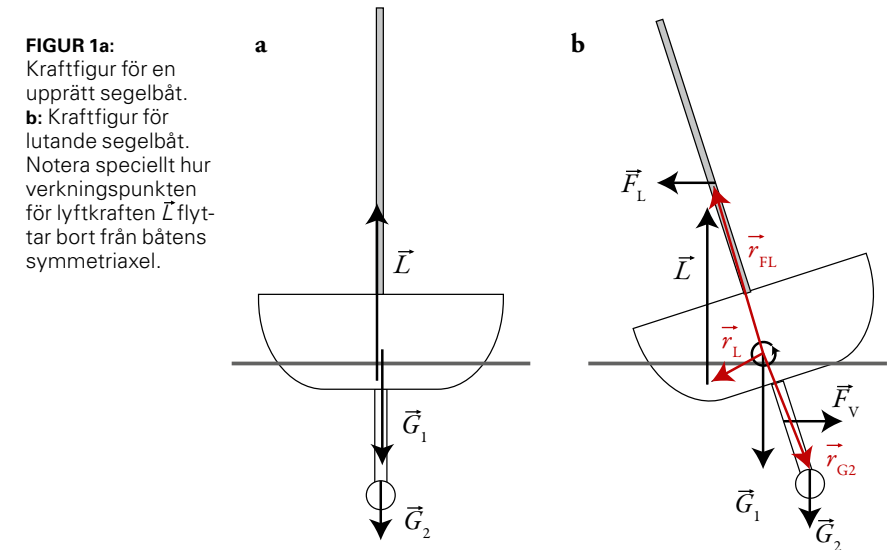
I figur 2 ses ett beräknat hastighetsdiagram (medelhastighet) för en familjebåt, en Hallberg-Rassy 37:a. Den radiella koordinaten ger vindstyrkan i knop. De blå kurvorna är medelhastigheter för båten vid olika vindriktningar (vinkelkoordinaten) då båten går med ett normalt segelställ, det vill säga storsegel och genua¹ (de bruna kurvorna är motsvarande hastigheter då båten går för storsegel och spinnaker²).

Ur grafen är det lätt att utläsa att vinden rakt bakifrån (plattläns) inte är den snabbaste riktningen man kan segla i. Orsaken är att den skenbara vinden, den vindstyrka och vindriktning som mäts i segelbåten, är som minst vid plattläns. Båten kan då inte segla fortare än det blåser. De facto kan segelbåten aldrig ens komma upp i samma hastighet som vinden när det blåser rakt bakifrån, eftersom den bromsande kraften från framför allt vattnet alltid verkar i motsatt riktning mot båtens rörelse.

Ett annat intressant faktum som kan utläsas ur grafen är att det inte är något problem för en dylik familjebåt, med relativt stort displacement (7 500 kg), att segla snabbare än vinden, så länge som vindriktningen är gynnsam. Detta gäller generellt alla modernare segelbåtar.



FIGUR 2 Beräknat hastighetsdiagram för en Hallberg-Rassy 37:a. I den blå kurvan går båten för storsegel och genua (den bruna kurvan står för båtens hastighet med spinnaker och storsegel). "KN" står för knop, och hastigheterna för plattläns utläses vid 180 grader.



FIGUR 1a: Kraftfigur för en upprätt segelbåt. b: Kraftfigur för lutande segelbåt. Notera speciellt hur verkningspunkten för lyftkraften $\vec{L}$ flyttar bort från båtens symmetriaxel.

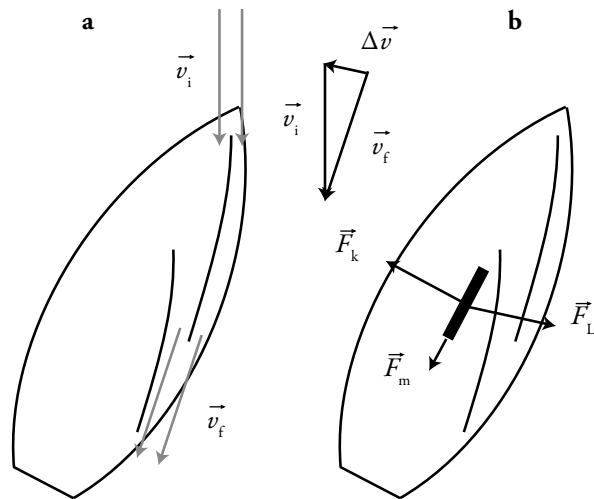


Det klassiska svenska varvet Hallberg-Rassy grundades 1943 på Orust.

men på vind- och läsidan av seglet inte är isokroniska, vilket är en förutsättning för Bernoulli-effekten. Experiment visar att strömningstiden längs seglets övre sida (vindsidan) är märkbart kortare än strömningstiden längs seglets undersida (läsidan). Detta i sin tur leder till att det uppstår virvlar kring akterliket. ►



FIGUR 3a: Schematisk figur för hur riktningen för luftströmmen ändras då den strömmande luften träffar förseglet.
b: Kraftfigur i horisontalplanet för en segelbåt.



► Principen för att segla i motvind kan i stället visas med hjälp av lite elementär mekanik. Figur 3a visar luftströmmen kring förseglet på en båt som seglar bidevind. Som figuren visar ändras luftströmmens riktning på grund av seglet. Detta i sin tur betyder, enligt Newtons andra lag, att seglet påverkar luften med en kraft riktad i vektorn $\Delta \vec{v}$ s riktning. Motkraften, enligt Newtons tredje lag, till denna kraft är kraften $\vec{F}_k$ (figur 3b). $\vec{F}_k$, som figuren visar, kommer att vara riktad snett framåt. För att segelbåten inte ska driva i vindriktningen måste $\vec{F}_k$ s komponent vinkelrätt mot båtens symmetriaxel kompenseras. Den kompenserande kraften $\vec{F}_m$ står båtens köl för. Motståndet på grund av bland annat vattnet, $\vec{F}_m$, kompletterar kraftdiagrammet för en båt som rör sig med konstant hastighet, alltså när nettokraften i horisontalplanet är noll.

Redan med denna rudimentära modell för framdrivning av en segelbåt i motvind kan man göra vissa relevanta observationer. För det första är det helt centralt vid kryss och bidevindssegling att båten har köl. Utan köl blir segling i bidevind omöjligt eller mycket ineffektivt då kraften $\vec{F}_k$ mer eller mindre försvinner. Detta fenomen kan man studera experimentellt i en jolle med centerbord, där det är omöj-

ligt att kryssa ifall centerbordet är uppe. Eftersom jollen är helt flatbottnad saknas kraften $\vec{F}_k$ och jollen driver okontrollerat i vindriktningen. För det andra kommer vinkeln i vilken luften träffar seglet och hur luften lämnar seglet vid akterliken att starkt inverka på hur båten seglar. Dessa två faktorer är centrala då man trimmar seglen, det vill säga försöker maximera deras framdrivande effekt.

Med ovanstående enkla modell kan man förklara hur segelbåten kan segla i motvind, men inte svara på frågan varför vinkeln man kan segla i förbättras då båten seglar med både storsegel och fock/genua. Två segel ger självklart en större framdrivande kraftkomponent, men också en större komponent vinkelrätt mot båtens symmetriaxel (figur 3b). Segelarean kan också inverka på båtens lutning, som i sin tur leder till att båtskrovet svänger båten uppåt i vind. Då hastigheten ökar leder detta till att den "lyftande" kraften på kölen växer och verkar i "rätt" riktning i förhållande till vinden. Detta kan dock inte vara den primära orsaken till att stigvinkeln ökar. Slupriggen, med ett försegel och ett storsegel, är den överlägset vanligaste riggen i nya fritidsbåtar. En central roll i denna rigg spelas av mellanrummet mellan storseglet och focken, där den strömmande luften pressas in med en ökande strömningshastighet som följd. Detta leder till en Bernoulliliknande effekt³. På grund av växelverkan mellan de två seglen ökar

kraften i lovert och vinkeln man kan segla i förbättras.

Avslutningsvis

Jag har i ovanstående medvetet undvikit att diskutera aerodynamiken kring ett segel, vilket självklart spelar en central roll vid framdrivning av en segelbåt. Som läsaren säkert förstår så är litteraturen full av teori i ämnet på grund av mera vågräta segeltyper, det vill säga flygplansvingar. Det som i praktisk bemärkelse skiljer en flygplansvinge från ett segel är att vingen bibehåller sin form då den används, till skillnad från ett segel vars form är mera bearbetningsbar. Detta betyder att aerodynamiken kring en flygplansvinge i viss bemärkelse är lättare att behandla i teorin. Självklart spelar också materialet och hur seglet är sytt en stor roll för ett segels prestanda, men nog kommer man framåt med de 30 år gamla potatissäckarna till dacron-segel man ärvde av båtens förra ägare också. I en segelbåt är detta med att bemästra aerodynamiken något som man gör via trial and error-metoden. Ju erfarenare man är som segeltrimmare, desto mindre "error" blir det. Fast även om seglen inte är trimmade till 100% så kommer man ganska långt med principen att spänna skoten då man styr upp i vind och släppa på dem då man styr lägre i vind.

Själv kör jag med seglingsfilosofin att en segelbåt är framme samtidigt som man kastar loss, men det tog nog ca 15 år innan mina barn anammade samma filosofi.

JONATAN SLOTT
Institutionen för teknisk fysik, Aalto-universitetet och Institutionen för fysik, Helsingfors universitet

Artikeln har tidigare publicerats i den finska tidskriften Arkhimedes, nummer 3/2012.

Läs mer

Alexander L. Fetter och John Dirk Walecka, *Theoretical Mechanics of Particles and Continua*. McGraw-Hill, New York, 1980.

Bryon D. Anderson. "The physics of sailing". *Physics Today*, 61(2):38, 2008.

Evan Jones, Arne W. Fliflet, och Bryon D. Anderson. "Sailing and the physics of lift, comments and replies on 'The physics of sailing'". *Physics Today*, 61(9):8, 2008.

FOTO: JONATHAN WIEDOW



Tjugofem gymnasister från Boden i norr till Lund i söder deltog i årets fysikvecka.

WALLENBERGS FYSIKPRIS 2022

Både seger och silver

Med en topplacering i den experimentella deltävlingen i Göteborg och dessutom en silvermedalj på den nordisk-baltiska fysikolympiaden var det en väldigt nöjd Oskar Brännholm från Boden som klev upp på förstaplatsen när poängen från de två delmomenten i finalen i **Wallenbergs fysikpris** räknades samman.

I mars var det äntligen dags för fysikinstitutionerna på Chalmers och Göteborgs universitet att åter kunna ta emot finalisterna i Wallenbergs fysikpris för en träningsvecka på plats i Göteborg. Lagom till att virusrestriktionerna hävdes bjöds på ett digert program med föreläsningar om fysikens grunder från mekanik till elektromagnetism, träning på experimentell problemlösning och populärvetenskapliga föredrag, bland annat om "metafordon" (se artikel av Mikael Käll i förra numret av *Fysikaktuell*). Dessutom ingick besök i MC2:s renrum, utflykter till Onsala rymdobservatorium och Göteborgs södra skärgård, och som pricken över i bjöd doktoranderna Johanna Timhagen och Veronica Ideböhn på kvävekyld

drottningglass bland P-O Nilssons fysikaliska lekar i institutionernas arena för unga naturintresserade, FysikLek.

Torsdagen var vikt för det första tävlingsmomentet i finalen, du kan läsa mer om det på nästa uppslag!

Satsning på fler flickor

Med en fysikvecka på plats var det åter möjligt att fortsätta den satsning som görs för att öka antalet flickor som deltar i Wallenbergs fysikpris. I år hade sju flickor från årskurs två och nedåt bjudits in för att, utom tävlan, vara med under veckan. En av dessa var Selma Landin från Södra Latin i Stockholm:

– Jag tyckte veckan var väldigt rolig och lärorik med intressanta lektioner och



Oskar Brännholm från Björknäs gymnasiet i Boden, segrare i årets upplaga av Wallenbergs fysikpris.

jag blev verkligen sugen på att läsa mer fysik. Jag tyckte särskilt om den långa laborationen vi gjorde på onsdagen, det var kul att applicera fysiken på verkligheten. Fysik känns som det mest intressanta naturämnet, man kan lätt omsätta sina kunskaper på omvärlden.

Tror du veckan gjort att du kommer ägna mer tid åt fysik under året som ►

³ Jag använder här medvetet uttrycket Bernoulliliknande, då villkoren för Bernoullis ekvation knappast uppfylls, men följden är liknande.



FOTO: ANNE-SOFIE MÄRTENSSON
Line Thunman (till höger) och Selma Landin deltog tillsammans med fem andra tjejer i årets satsning på att få fler flickor att delta i tävlingen. De var båda mycket nöjda med veckan och hoppas komma tillbaka nästa år.

► kommer för att öka dina chanser att komma till finalen?

– Jag blev mer taggad på att plugga fysik, och jag tycker att fysiken här hemma känns enklare nu. Sedan vet jag inte om den har ökat mina chanser att komma till finalen, men jag hoppas det!

Line Thunman från samma gymnasium inflikar:

– Jag har lärt mig mycket om både fysik och fysikstudier, och det tror jag att jag kommer ha stor användning av i framtiden. Dessutom var det intressant att få en inblick i hur den experimentella finaltävlingen går till och se hur man skulle lösa problemen. Jag ser fram emot kvaltävlingen nästa år!

Tallinn nästa för finalisterna

I slutet av april var det så dags för alla finalisterna att som en andra del av finaltävlingen delta den nordisk-baltiska

fysikolympiaden, NBPhO. Den arrangerades som vanligt i Tallinn med tävlande från Sverige, Estland, Finland, Lettland, samt gästande lag från Saudiarabien, Serbien, Rumänien och Vietnam. Under var och en av två tävlingsdagar skulle en experimentell och några teoretiska uppgifter lösas i en blandad och klurig kom-pott där bland annat närsynthet, Venus skenbara ljusstyrka, ett bombplan, en AC-krets och magneter ingick.

Det svenska laget fick med sig en imponerande medaljskörd hem: förutom att Oskar Brännholm fick en silvermedalj fick Isak Fleig guld, Erik Bryland och David Mörtberg silver samt Alve Lindell och Demian von Below brons. Oskar blev väldigt glad över vinsten och berättar att han har varit intresserad av vetenskap och fysik så länge han kan minnas:

– Fysik är så otroligt utmanande eftersom det beskriver universum på den mest grundläggande nivån. Men sen är det också det att man får lära känna så många fina människor i samband med en sån här tävling.

På tävlingens hemsida, nbpho.ee, finns en fullständig resultatlista samt tävlingsuppgifter och lösningsförslag.

Ingen internationell olympiad, men en europeisk

Enligt tidigare planer skulle årets internationella fysikolympiad (IPhO) ha arrangerats i Minsk. När Ryssland angrep Ukraina från bland annat Belarus beslöt Svenska fysikersamfundets styrelse att vi inte skulle delta i olympiaden.

Tio i topp i finalen av Wallenbergs fysikpris 2022		
Placering	namn, ort	poäng
1	Oskar Brännholm, Björknäsgymnasiet, Boden	38,2
2	David Mörtberg, Rosendalsgymnasiet, Uppsala	36,5
3	Isak Fleig, Minerva gymnasium, Umeå	36,3
4	Erik Bryland, Polhemskolan, Lund	34,65
5	Joel Westerling, Rosendalsgymnasiet, Uppsala	32,9
6	Demian von Below, Rosendalsgymnasiet, Uppsala	29,8
6	Alve Lindell, Spyken, Lund	29,8
8	Oskar Albinsson, Baldergymnasiet, Skellefteå	28,5
9	Anna Naucleur, Kungsholmens gymnasium, Stockholm	25,6
10	Carl Stenblom, Katedralskolan, Lund	24,9

Motsvarande beslut togs i många andra länder, och i början av april beslöt IPhO:s medlemsförsamling i ett extrainkallat zoom-möte att Minskolympiaden skulle ställas in.

Det finns i skrivande stund inget besked om huruvida det kan bli någon form av ersättningsolympiad, men möjligheten att ordna en online-variant undersöks.

Klart är dock att det blir en europeisk fysikolympiad. Det är i år Ljubljana i Slovenien som står värd för den. Här deltar Sverige med fem av de finalister som placerade sig bäst i uttagningstävlingen: Erik Bryland, David Mörtberg, Oskar Brännholm, Emil Scharin och Demian von Below.

Stort tack till Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond för generöst ekonomiskt stöd, och till alla som på olika sätt medverkat under finalen, inte minst de två tidigare olympiaddeltagarna Oskar Vallhagen och Adam Warnerbring som var lagledare under NBPhO.

ANNE-SOFIE MÄRTENSSON
Göteborgs universitet



Årets finalister och lagledare på plats i Tallinn för att tävla i den nordisk-baltiska fysikolympiaden. Det blev ett rejält medaljregn över laget: guld till Isak Fleig, silver till Erik Bryland, Oskar Brännholm och David Mörtberg samt brons till Alve Lindell och Demian von Below.



Årets experimentella uppgifter: Lite surt mellan hopp och ljus

■ Efter tre dagars förberedelser var det på torsdagen dags för tävling för finalisterna. Tre experimentella uppgifter skulle lösas, var och en på högst 80 minuter. I år hade uppgiftskonstruktörerna (Julia Järlebark, Max Kesselberg, Oskar Vallhagen och Lucas Unnerfelt)

Kan du bygga ett batteri av en citron?

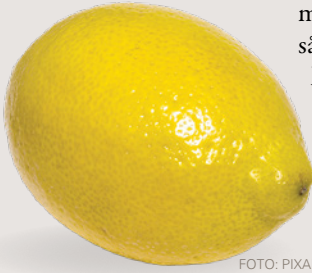


FOTO: PIXABAY

Uppgift 3: Fiberoptik

■ Redan 1841 visade schweizaren Daniel Colladon att ljus kunde ledas i vattenstrålar, vilket snart blev ett populärt salongsexperiment. Amerikanen William Wheeler patenterade 1881 en metod att via glasrör leda ljus från en elektrisk bågampa i källaren till olika rum i ett hus. På 1960-talet utvecklades lasern och intresset för optisk kommunikation ökade, men dåtidens glas var alltför ogenomskinligt. Renheten ökade efterhand och 1988 lades den första Atlantkabeln. Dock måste kablar behandlas varsamt och får inte böjas alltför mycket.

Ni ska nu få undersöka hur mycket en fiber kan böjas innan dämpningen av signalen blir alltför stor. Sambandet mellan dämpningen a av ljusintensiteten i fibern, uttryckt i dB per längdenhet (definierad negativ), och fiberns krökning kan skrivas som

$$a = -k \frac{e^{-r/r_c}}{\sqrt{r}},$$

där r är krökningsradien, r_c är fiberns kritiska krökningsradie och k är en positiv konstant. Dämpningen a efter en

plockat fram lite surt, lite hoppsurrogat och en tunn optisk fiber.

Det var en citron som stod för det sura inslaget. Finalisterna skulle förvandla den till en elektrokemisk cell genom att sätta in ett kopparbleck och en förzinkad skruv i den, och därefter bestämma detta batteris elektrokemiska spänning och inre resistans. Inte så lätt, begreppet inre resistans hör inte längre till gymnasieskolans standardvokabulär.

I DEN ANDRA UPPGIFTEN gällde det att modellera hur svikten böjs ner av en simhoppares tyngd. Dock fanns

viss längd l av fibern är relaterad till ljusintensiteten I vid denna punkt enligt

$$\alpha = al = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right),$$

där I_0 är intensiteten för en rak fiber.

Uppgift: Undersök sambandet mellan dämpning och krökningsradie för den optiska fibern och bestäm den kritiska krökningsradien r_c .

Ledning: På grund av icke-ideala effekter uppnås bäst resultat om fibern endast lindas ett varv och krökningsradien hålls i intervallet 3–20 mm.

Materiel: 5 m optisk fiber, en monokromatisk ljuskälla i form av en låda med lysdiod, utrustning för mätning av ljusintensitet i form av en låda med fotodiod, multimeter, tratt, skjutmått, sladdar, två 9 V-batterier, märkpenna, tejp.

Instruktion till mätutrustningen: Mätutrustningen består av två stycken lådor, varav den ena innehåller en lysdiod som agerar ljuskälla och den andra innehåller en fotodiod som mäter ljusintensiteten då ljuset passerat genom den optiska fibern. Koppla samman lå-

varken bassäng eller svikt tillhands, utan de tävlande fick nöja sig med att böja ner en inspänd linjal med hjälp av en dynamometer. Den tredje uppgiften presenteras i sin helhet nedan. Här skulle finalisterna undersöka hur intensiteten för ljus som leds genom en optisk fiber dämpas när fibern böjs.

ALLA TRE UPPGIFTERNA FINNS tillgängliga på [fysikersamfundets hemsida](http://fysikersamfundets.hemsida) under fliken "Wallenbergs fysikpris". Där finns också lösningsförslag samt tips på hur man själv kan sätta ihop de lådor som användes i den tredje uppgiften.



FOTO: WALLENBERGS FYSIKPRIS

Tillgängligt materiel.

dorna med den optiska fibern genom att sticka in den i hålen som finns borrarade i respektive låda. Knappen på lådan med lysdiod används för att tända och släcka lysdioden. Koppla in batterierna till lådan med fotodioden. Koppla in multimetern i kontakterna på lådan med fotodioden. Spänningen som uppmäts med multimetern är proportionell mot ljusintensiteten på fotodioden.

Observera att det kan vara nödvändigt att ta av locket från lådorna för att justera så att fibern ligger tätt an mot lys- respektive fotodiod.



Magnus Rahm gillar fågelskådning, och velade ett tag mellan biologi och fysik. Här en kylig lördagmorgon i mars på Hönö, längst västerut ut i Göteborgs norra skärgård.

FOTO: LARS ERIC RAHM

OSEENMEDALJEN 2022

På spaning efter nya material

Oseenmedaljen 2022 tilldelas **Magnus Rahm** från Chalmers med avhandlingen "There Is an Alloy at the End of the Rainbow: Structure and Optical Properties From Bulk to Nano", för att ha utvecklat beräkningsmetoder för termodynamiska och optiska egenskaper hos nanolegeringar.

Hur känns det?

Fantastiskt! Man är alltid lite orolig att ingen ska läsa det man skriver. Att någon har läst den och dessutom uppskattat den är fantastiskt roligt. Jag är också överraskad och ödmjuk eftersom jag vet att det finns så många avhandlingar som är väldigt bra. Det gör det extra hedrande att just min avhandling har blivit uppmärksamrad.

Kände du till Oseenmedaljen?

Nej, det måste jag tyvärr erkänna att jag inte gjorde.

Hade ni möjlighet att vara på plats när du disputerade?

Jag disputerade i juni 2021 och det var bara några få som kunde vara på plats, kommittén och opponenter var med via Zoom. Jag var inställd på att det var så det skulle gå till så det kändes okej. Fördelen

var att vi kunde ha en opponent från Baltimore som kanske inte hade kunnat vara med om det inte hade varit över Zoom. Detsamma för kommittémedlemmarna från andra sidan Atlanten.

Har du firat ordentligt?

Njä, det blev tyvärr inte så mycket firande just i anslutning till disputationen. Kanske kan jag använda prispengarna till att fira ordentligt nu!

Det ska bli kul att vara med på Fysikdagarna och presentera mitt arbete.

Vad gör du nu?

Jag har en postdoc-tjänst på samma ställe som jag gjorde min avhandling på. Det var en bra lösning under rådande omständigheter, innan jag söker en ny tjänst. Skulle jag lämna akademien är jag rädd att arbetet inte kommer att handla så mycket om fysik och det skulle jag såklart sakna, men en tjänst i akademien känns ganska osäker.

Hur fastnade du för fysik?

Det har smugit sig på. Det kanske mest handlar om att jag uppskattar problemlösning och det lockade fysiken med. Det vägde ett tag mellan biologi och fysik eftersom jag har en passion för fågelskådning. Men till slut insåg jag att biologi är något jag vill behålla som en hobby och inte något som jag vill arbeta med, så jag sökte in på Chalmers. Starten på Chalmers var en chock med högt tempo och mycket nytt material så jag funderade på om jag hade hamnat rätt, men stannade kvar vilket jag så klart är mycket glad över nu.

Fågelskådning handlar en hel del om optik – det lockade aldrig att fortsätta på det spåret?

Nej, jag tycker att optik är svårt och det har inte varit min grej. Kanske mest för att optik ofta handlar om experiment och jag känner mig lite för klumpig för det. Jag arbetade med experiment en sommar och insåg att jag inte hör hemma i ett labb.

Den vanligaste frågan om den häftiga optiken vid fågelskådning är också oftast bara hur långt kan du se med den.

Efter mitt sommarjobb i ett labb kände jag att min talang och mitt intresse för problemlösning passar bättre till programmering och teori. Jag brukar säga att våra beräkningar är som att göra det perfekta experimentet eftersom vi kan bestämma vilka atomer vi ska ta med och hur de ska placeras.

Projektet som jag anställdes på ligger nära det experimentella, och tanken är att vi ska kunna guida vilka designer som sedan testas.

Vad kommer det du forskat på att användas till?

"Våra beräkningar är som att göra det perfekta experimentet."

Ett exempel är att med liten utrustning kunna mäta hur luftkvaliteten är på olika ställen.

Vad gör du nu?

Jag, som många andra, tittar på halid-perovskiter för att ersätta kisel i solceller. Jag optimerar neurala nätverksmodeller och studerar molekylärdynamik. Det är väldigt spännande att försöka förstå dynamiken.

FA önskar all lycka i framtiden och hoppas att du fortsätter med både fågelskådning och fysik, och till slut lyckas hitta en effektiv solcell på andra sidan regnbågen!

JOHAN MAURITSSON
Lunds universitet

Läs mer om Magnus Rahms avhandling på nästa uppslag!



FOTO: LISA GAHNERTZ

Magnus Rahm

Uppväxt och boende: i Mölndal.

Fritidsintressen: Fåglar, löpning, musik.

Familj: Mamma, pappa, två systrar och en väldigt massa systerdöttrar.

Examen: Civilingenjör i teknisk fysik, Chalmers.

Favoritfågel: Det är svårt att välja, det finns många favoriter. Men en jorduggla blir man aldrig ledsen av.



Jorduggla.

FOTO: RODOLPHE WIKIMEDIA COMMONS

Oseenmedaljen

I år är det tredje året som Svenska fysikersamfundet delar ut Oseenmedaljen för bästa avhandling i fysik i Sverige. Möjliga mottagare av priset är personer som har försvarat en doktorsavhandling i fysik vid ett svenskt universitet under föregående år.

De institutioner som är stödjande medlemmar till Svenska fysikersamfundet kan skicka in nomineringar. Pristagaren erhåller en medalj, ett diplom och 100 000 SEK. Prissumman är en donation från Marcus och Amalia Wallenbergs minnesfond.

Styrelsen för Svenska fysikersamfundet beslutade att Oseenmedaljen 2022 tilldelas Magnus Rahm från Chalmers med avhandlingen "There Is an Alloy at the End of the Rainbow: Structure and Optical Properties From Bulk to Nano", för att ha utvecklat

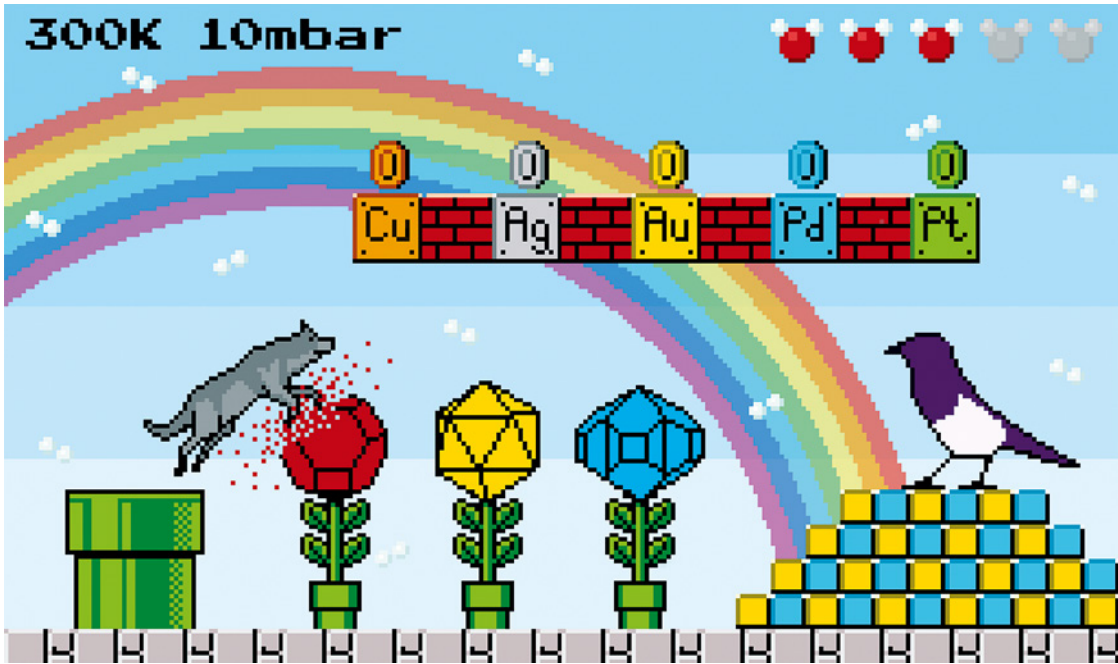


beräkningsmetoder för termodynamiska och optiska egenskaper hos nanolegeringar.

Av nomineringsbrevet framgår det att Magnus är drivande och visar på en självständighet i sitt arbete med en utomordentlig analytisk förmåga och även en god förmåga att samarbeta med andra forskare. Arbetet är gränsöverskridande mellan fysik och materialvetenskap och Magnus har arbetat med andra teoretiker, men också i nära samarbete med experimenter.

Kommittén för Oseenmedaljen

Johan Mauritzson, Lund
Kenneth Bodin, Umeå
Kajsa Uvdal, Linköping
Göran Johansson, Chalmers



Omslagsbild till Magnus avhandling. Bilden innehåller de flesta av de komponenter som ingår i avhandlingen: regnbågen som knyter an till titeln och legeringars optiska egenskaper, logotyperna för två kodpaket (vargen och skatan), de ädelmetaller som de flesta artiklarna handlar om, nanopartiklar med olika former, samt en legering med ett ordnat gitter.

Legeringen vid regnngbågens slut

Magnus Rahm och hans kollegor har med hjälp av klusterutvecklingar tagit fram en modell för att undersöka legeringar som förhoppningsvis kan leda till nya materialvetenskapliga skatter.

I landet Wakanda finns världens enda vibraniumgruva. Vibranium är en metall som suger åt sig vibrationer som en tvättsvamp. Sedan kan superhjälten Black Panther kanalisera den upptagna energin för att rädda sig ur allsköns trångmål. Det här är förstås bara påhitt från serietidningsvärlden, men det krävs inte mycket fantasi för att se hur specialdesignade material kan bli en viktig komponent när verklighetens utmaningar ska lösas. Till skillnad från Black Panther får vi hålla oss inom det periodiska systemet när nya material ska tas fram, men faktum är att det begränsade utbudet av grundämnen erbjuder ett närmast oändligt smörgåsbord för den som är finurlig

There Is an Alloy at the End of the Rainbow: Structure and Optical Properties From Bulk to Nano
■ Författare: Magnus Rahm
■ Institutionen för fysik, Chalmers tekniska högskola, 2021
■ ISBN 978-91-7905-485-4
■ Länk till avhandlingen: research.chalmers.se/publication/523675/file/523675_Fulltext.pdf
■Handledare: Paul Erhart
■Opponent: Tim Mueller, Johns Hopkins University, Baltimore, USA

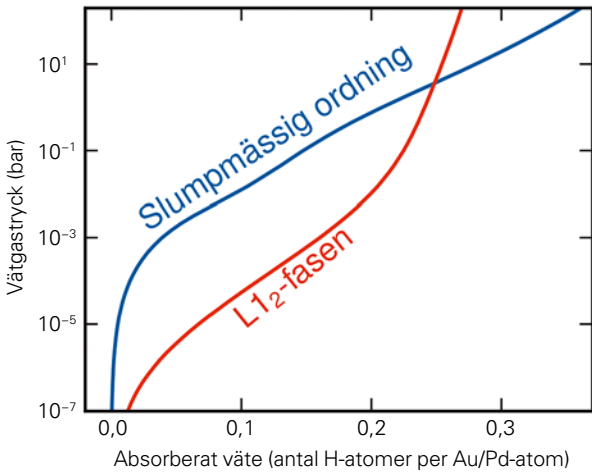
nog att ta fram de rätta kombinationerna. För materialvetaren innehåller skatten vid regnngbågens slut mer än bara guld.

I min avhandling har jag tillsammans med mina kollegor använt beräkningsmetoder för att undersöka legeringar, det vill säga blandningar av metaller. Att legeringar ofta har bättre egenskaper än oblandade metaller är förstås ingen ny insikt (bronsåldern har ju fått sitt namn av en anledning), men inom nanoteknologi är det först på senare år som denna möjlighet har börjat undersökas på allvar. Beräkningsmetoder är en oundgänglig del i den forskningen. I allmänhet är det ju både billigare och enklare att, till exempel, byta "Ag" mot "Au" i ett Python-script än att köpa en burk med guld och göra om experimentet en gång till. Arbetet i min avhandling har två syften. Dels är det en språngbräda för vidare forskning i fältet

genom referensdata och mjukvara, dels har vi undersökt ett antal material i detalj för att identifiera den perfekta legeringen för vårt syfte – vårt vibranium.

ETT EXEMPEL SOM ÄR centralt i min avhandling, är nanopartiklar av palladium och guld. Sådana nanopartiklar suger åt sig vätgas och får då en något annorlunda plasmonresonans – de ändrar färg. Den som har en vätgasdriven bil med sådana nanopartiklar intill tanken har därmed en sportslig chans att upptäcka en lätta innan bilen exploderar. Sensorer av det här slaget har utvecklats på Chalmers tekniska högskola under ett drygt decenniums tid. Trots det finns det fortfarande kunskapsluckor angående de mest grundläggande aspekterna av materialet.

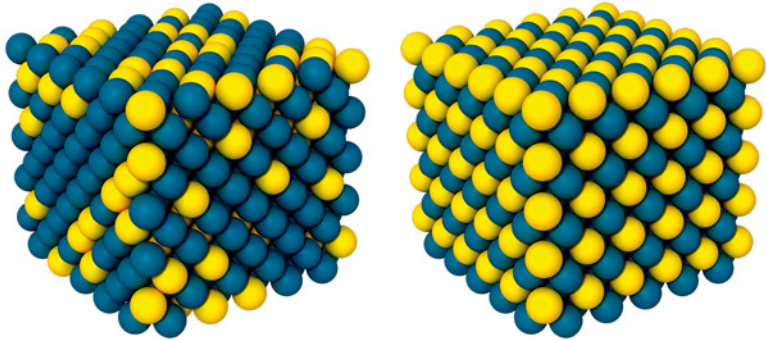
För att modellera det kombinerade systemet av palladium, guld och väte tog vi hjälp av så kallade klusterutvecklingar. En klusterutveckling är en generalisering av den berömda Ising-modellen. Den senare uttrycker systemets energi som en summa över par av närmsta grannar; par av likadana grannar bidrar med en viss energi, par av grannar av olika atomslag bidrar med en annan. I en klusterutveckling tittar man inte bara på par av närmsta grannar, utan inkluderar även par av näst närmsta grannar, näst näst närmsta grannar (och så vidare), samt kluster av tre eller fler atomer. Varje sådant kluster måste associeras med en energi. För att göra det utnyttjar man täthetsfunktionalteori (mer känt under sin engelska förkortning DFT) för att beräkna den totala energin för ett stort antal atomstrukturer med olika ordning på atomslagen. Sedan löser



Simulerade isotermer för väteabsorption i legeringar av palladium och guld vid rumstemperatur. När vätetrycket ökar absorberas mer och mer väte i materialet. Vid låga tryck absorberar L1₂-fasen betydligt mer väte än den slumpmässigt ordnade fasen.

man en matrisekvation, vanligen med hjälp av olika maskininlärningsmetoder. Det här kräver sin beskärda del mjukvara, och under min tid som doktorand utvecklade vi ICET, en Python-baserad kod som nu är fritt tillgänglig (<https://icet.materialsmodeling.org>).

RESULTATET ÄR EN MODELL som kan förutsäga energin för en atomstruktur med godtycklig ordning på atomslagen. Jämfört med referensdatan från DFT är noggrannheten vanligen några millielektronvolt per atom, men beräkningen är flera storleksordningar snabbare. Poängen är att det nu går tillräckligt fort för att man ska kunna göra Monte Carlo-simuleringar och beräkna materialets fria energi som funktion av koncentration och temperatur. Den fria energin är i sin tur skelettet till fasdiagrammet, som säger vilken fas materialet befinner sig i vid given temperatur, guldkoncentration och vätetryck.



Legering av palladium (blå atomer) och guld (gula atomer), slumpmässigt ordnat (till vänster) och den så kallade L1₂-fasen (till höger). Den senare kan skapas genom att baka materialet vid ett par hundra grader i ett lagom högt vätgastryck.

Efter många timmars simuleringar växte så småningom en intressant bild fram: med ungefär 25 % guld och lagom höga vätetryck började det annars så oordnade guld—palladium-gittret bilda en särskild ordnad fas som brukar kallas L1₂. Jag var först lite skeptisk till om detta verkligen kunde vara en verklig effekt eller bara ett lustigt fel i vår modell, men det visade sig snart att något liknande hade observerats experimentellt i en nästan bortglömd artikel från ett par decennier sedan. En pessimist hade kanske blivit besviken över att vår fas redan fanns i litteraturen, men för mig ledde det till att jag började lita på att vår modell faktiskt var meningsfull.

Det som gör L1₂-fasen särskilt spännande är att den är mer mottaglig för väte än den oordnade fasen. En sensor baserad på L1₂ bör kunna detektera vätgas redan vid tryck som är ett par storleksordningar lägre än vad den oordnade fasen klarar av. För att uppmuntra experimenter att bekräfta detta använde vi vår modell för att beräkna precis vilka förhållanden som krävs för att L1₂ ska bildas. Kruxet är att det handlar om vätetryck på ungefär 1 atm vid temperaturer kring ett par hundra grader, vilket kräver tungan rätt i mun och särskild utrustning. Vi hoppas ändå att någon ska testa detta i experiment, för även om det inte är ett verklighetens vibranium vi talar om, och kanske inte ens legeringen vid regnngbågens slut, så tror vi att det är en värdefull lösning på ett verkligt problem.

MAGNUS RAHM
Chalmers

FYSIK I NORDEN

Skolministern: Nationella fysikprov på gymnasiet alltför dyrt och resurskrävande

Det skulle bli för dyrt att utveckla och genomföra fler nationella prov än de vi idag har i svenska, engelska och matematik. Det menar **Sveriges skolminister** Lina Axelsson Kihlblom när vi ber henne förklara varför Sverige till skillnad från grannländerna inte har några nationella fysikprov på gymnasienivå.

I förra numret av *Fysikaktuellt* presenterade vi hur gymnasieundervisningen i fysik fungerar på Island. Där finns varken nationella ämnesplaner eller nationella prov, men så har också betygen liten betydelse där eftersom urvalet till åtråvärd högre utbildning sker genom inträdesprov. I tidigare delar av vår serie om fysikundervisningen i Norden har vi sett att obligatoriska nationella prov däremot är en självklarhet i såväl Danmark som Norge och Finland. Här tas det årligen fram nya offentliga prov för att ge underlag för en likvärdig betygssättning på nationell nivå. Vi kontaktade skolminister Lina Axelsson Kihlblom för att höra hur hon tänker kring denna skillnad mellan Sverige och grannländerna.

VI PASSADE OCKSÅ PÅ att fråga om den aktuella ämnesbetygsreformen. Skolverket har i sin remiss pekat på att om nivåbetygen utvecklas på liknande sätt i

Läs mer

Här hittar du de tidigare delarna i serien:

Danmark	Fysikaktuellt 3/2019
Norge	Fysikaktuellt 1/2020
Finland	Fysikaktuellt 3/2020
IB-programmet	Fysikaktuellt 1/2021
Island	Fysikaktuellt 1/2022

den ämnesutformade utbildningen som i den nuvarande så kommer många elever som läser Matematik nivå 3b att få ett ämnesbetyg som ligger två steg under det nivåbetyg de fick efter Matematik nivå 1b. Den elev som klarat av nivå 2 med ett högt betyg löper alltså en betydande risk att få sitt meritvärde sänkt om han eller hon fortsätter att läsa fler nivåer av matematik.

En markant skillnad mot hur det är i Danmark, Norge och Finland är att det i Sverige på gymnasienivå saknas obligatoriska nationella avslutande prov i fysikämnet. Borde inte även vi ha ett sådant verktyg för att göra betygssättningen likvärdig mellan olika skolor?

– Det är väldigt resurskrävande att utveckla och genomföra nationella prov. Dels är det väldigt dyrt, dels tar det mycket tid från undervisningen när proven ska förberedas och vid det efterföljande rättningsarbetet. Regeringen har

”Dels är det väldigt dyrt, dels tar det mycket tid från undervisningen när proven ska förberedas och vid det efterföljande rättningsarbetet.”

LINA AXELSSON KIHBLBOM, SKOLMINISTER



FOTO: KRISTIAN POHL/REGERINGSKANSLET

Skolminister Lina Axelsson Kihlblom tror att fler elever väljer att fördjupa sig i matematik när ämnesbetyg införs – Skolverkets statistik talar för motsatsen.

därför gjort avvägningen att nationella prov ska ges i svenska/svenska som andraspråk, engelska och matematik i den högsta obligatoriska kursen för det program och inriktning som eleverna går på, säger skolminister Lina Axelsson Kihlblom.

Borde inte de nationella proven vara offentliga? Hur kan man föra en diskussion om dem och deras relevans om de är hemliga?

– Som jag nämnde tidigare är det väldigt dyrt att utveckla nationella prov, därför är det vanligt att uppgifter i proven återanvänds. Vissa uppgifter är också så kallade ankaruppgifter, det vill säga uppgifter som återkommer i proven för att kunna följa kunskapsutvecklingen och som kontroll vid utvärderingen av hur proven fungerat och därför är det väldigt viktigt att de inte offentliggörs.

I framför allt Danmark har gymnasielärarna som grupp mycket stora möjligheter att påverka fysikundervis-

ningen: det är de som tillsammans med en ämneskonsulent på departementet tar fram studentskrivningarna, bestämmer vilket aktuellt område som ska behandlas i den sista fysikkursen och sköter fortbildningen när ett nytt område ska in. Hur ser du på möjligheten att införa inslag av sådant professionsinflytande även i Sverige?

– Det är Skolverket som har ansvar för att utforma och kontinuerligt utveckla bland annat ämnesplaner för gymnasieskolans ämnen men också nationella prov. I det arbetet deltar i stor utsträckning verksamma lärare, både som experter och i olika referensgrupper.

Just nu har Skolverket ute en remiss om införandet av ämnesbetyg i gymnasieskolan. Hur viktigt är det att reglerna utformas så att eleverna ges möjlighet att fortsätta studera ämnen som matematik och engelska utan att behöva oroa sig för att detta kan

innebära en markant sänkning av slutbetygets meritvärde?

– Det är lätt att man betraktar ämnesbetyg med nuvarande kurssystemets glasögon. Men vi behöver se ämnesbetygssystemet från ett nytt perspektiv där det är betyget på den högsta nivån som utgör ämnesbetyget. Jag ser gärna att fler elever väljer att fördjupa sig i till exempel matematik och jag tror att fler också kommer att fortsätta vilja göra det för att exempelvis få en särskild behörighet till en utbildning, avslutar skolminister Lina Axelsson Kihlblom.

MED DENNA ARTIKEL AVSLUTAR vi serien om gymnasiefysiken i Norden. Till frågan om villkoren för fysikundervisningen i den svenska skolan lär vi dock få återkomma.

ANNE-SOFIE MÄRTENSSON
Göteborgs universitet

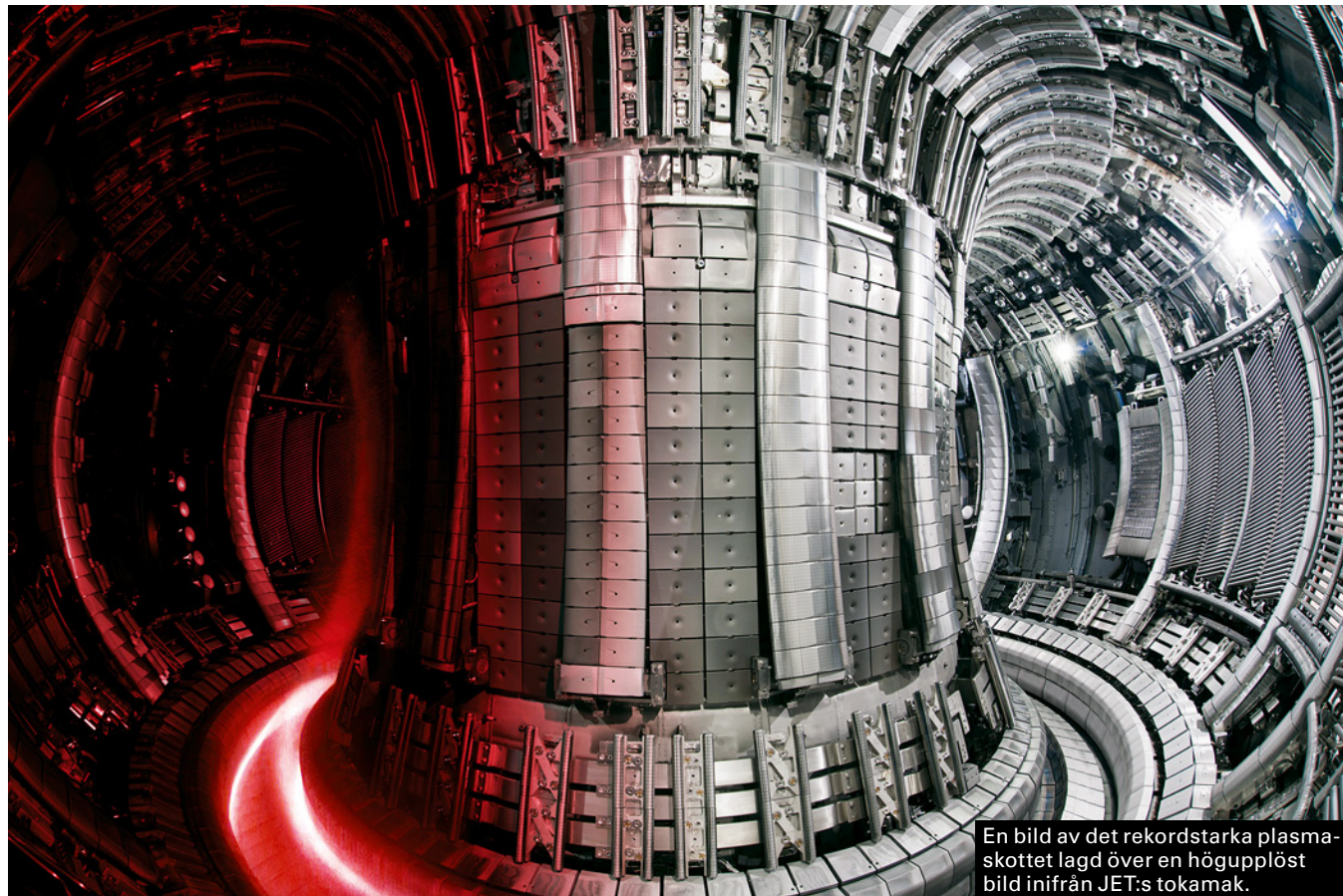


FOTO: UKAEA

En bild av det rekordstarka plasma-skottet lagd över en högupplöst bild inifrån JET:s tokamak.

Framsteg för fusionen – modellerna stämmer

De nya rekordresultaten från forskningsanläggningen JET är ett stort steg mot förverkligandet av **drömmen om fusion** som energikälla, inte minst för att de visar att forskarnas modeller stämmer med resultaten.

I februari 2022 möttes vi av rubriker som "Nuclear-fusion reactor smashes energy record" (*Nature* 9/2) och "Vägen mot fusionskraft allt rakare" (*SvD* 9/2). Det rapporterades i många nyhetsmedier om dessa framgångar, som kom från den europeiska fusionsforskningsanläggningen JET (Joint European Torus) utanför Oxford i Storbritannien. Mitt under covidpandemin lyckades fusionsforskarna

få det heta deuterium-tritium-plasmat att generera 59 MJ fusionsenergi och hålla det stabilt under fem sekunder. Hur lyckades de med detta?

PÅSKEN 1983 STARTADES det europeiska fusionsenergiprojektet JET, som då var världens största tokamak (figur 1). 1991 var det dags för första försöket med en liten inblandning av tritium (T) i deute-

riumplasma, för att utnyttja det högre reaktionstvärsnittet för D+T reaktionen jämfört med D+D. 1997 utökades dessa försök med större tritiuminblandning och plasmat genererade ett rekord på 22 MJ fusionsenergi (DTE1, figur 2).

Det här var ett mycket fint resultat, men det visade sig samtidigt att alltför mycket av plasmat väteisotoper absorberades av grafitväggen. Därför beslutade



FOTO: UKAEA

I väntan på pulsen. Forskarna observerar efter att alla inställningar är gjorda.

man 2011 att byta hela innanmätet till en metallvägg, bestående av huvudsakligen beryllium och volfram (figur 1). Detta arbete innebar installation av mer än 15 000 komponenter med en datorstyrd arm, och krävde 350 olika verktyg!

Men med denna nya vägg, som även ska användas i nästa fusionsexperiment, ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), upptäcktes det att att plasmat inneslutningsegenskaper blev sämre än med grafitväggen. Tio år av experimenterande tog vid, och hösten 2021 kunde de alltså kröns med de rekordresultat för D+T-plasma som nyhetsmedia nyligen rapporterat om.

FÖR ATT PLASMAT SKULLE uppvisa de egenskaper som krävdes för att ge maximalt energiutbyte visade det sig att många av plasmat parametrar (som täthet, temperatur och renhet) behövde styras i realtid. Olika fysikaliska processer i plasmat behöver kontrolleras, dessutom på olika tidsskalor, till exempel hur snabbt uppvärmning kan ske, hur snabbt plasmaströmmen kan ökas och hur plasmastabiliteter kan undvikas. Alla plasmat parametrar måste också kunna mätas med den avancerade instrumentation som byggts upp runt tokamaken. Med dessa sofistikerade mättekniker kunde även teoretiska modeller av avancerade plasma-

scenarier utvecklas, vars förutsägelser sedan kunde jämföras med de experimentella resultaten. Detta är ett stort framsteg för våra modeller eftersom vi nu har tillförlitliga förutsägelser och inte endast, som tidigare, tolkning av uppnådda resultat.

DE SENASTE EXPERIMENTELLA rekordresultaten kunde forskarna nå genom att tålmodigt justera alla plasmaparametrar, samtidigt utveckla teori och modeller och till slut använda det bränsle som ger bäst reaktionstvärsnitt, nämligen deuterium och tritium. Resultaten kunde nås genom att upphetningseffekten pressades till maximum, men tiden man kan hålla plasmat begränsas av att JET har magnetfältspoler av koppar. Dessa värms upp vid de höga magnetfält (3–4 tesla) som krävs

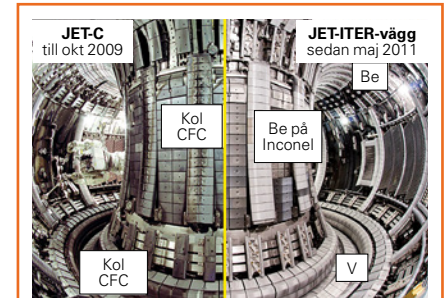
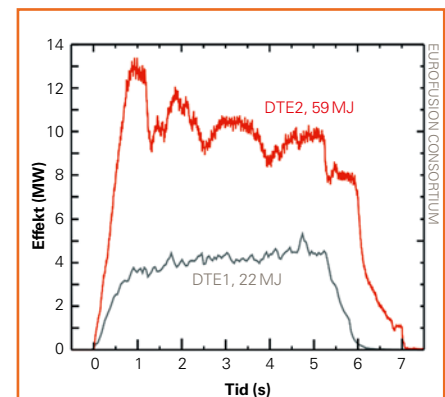


FOTO: EUROFUSION CONSORTIUM

FIGUR 1 Figuren visar JET inuti, till vänster som den ursprungligen såg ut, med insidan täckt av grafitplattor (CFC står för Carbon Fiber Composite), och till höger som den ser ut efter ombyggnaden 2011, med insidan täckt av berylliumklädda plattor med volfram i divertorn där magnetfältet träffar kärlet. Till vänster är även den datorstyrda monteringsarmen synlig.



FIGUR 2 Diagrammet visar den uppmätta effekten som funktion av tid under plasmaskottet. Neutralstråleuppvärmningen är begränsad till fem sekunder. Den undre kurvan visar rekordet från experiment 1997 och den övre kurvan resultat från 2021.

Tokamak

En *tokamak* (ordet är en rysk akronym) är en torusformad magnetkammare.

I tokamaken är plasmat inneslutet av två magnetfält, i) ett toroidalt fält producerat av externa spolar, och ii) ett sekundärt magnetfält som produceras av plasmaströmmen. De magnetiska fältlinjerna bildar en spiralformad geometri. Dessutom krävs ett tredje vertikalt fält som fixerar läget av plasmaströmmen i torusen och formar plasmat kant.

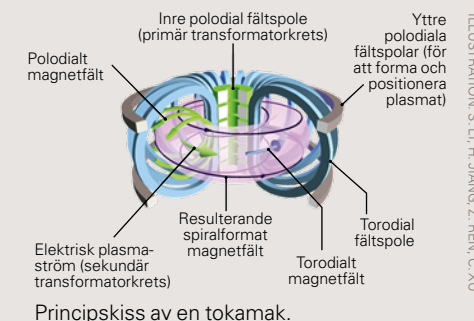


ILLUSTRATION: S. LI, H. JIANG, Z. REN, C. XU



FOTO: UKAEA

Ett glatt gäng i kontrollrummet efter att rekordet uppnått.

Energijämförelser

Den energi som produceras i en termisk fusionsreaktion är ca en miljon gånger större än den som produceras vid förbränning av till exempel kol, sett till den bränslemängd som används.

Vid experimentet vid JET producerades 59 MJ fusionsenergi under fem sekunder med en minimal bränsleförbrukning av gasblandningen deuterium och tritium (ca 0,1 mg av vardera). Vid förbränning av kol behövs det cirka 2 kg bränsle för att producera 59 MJ energi, energitrycket är alltså runt en miljon gånger effektivare i fusionsprocessen än i den fossila förbränningsprocessen.

► för att hålla plasmat på plats. Nästa storskaliga experiment, ITER, kommer att använda supraledande spolar och kan därmed hålla plasmat betydligt längre. ITER planeras att starta 2025/26, och D+T-experiment förväntas ske runt 2035.

EXPERIMENTEN VID JET HAR bekräftat att våra modeller för plasmas dynamik och energiinnehåll stämmer, vilket gör att ITER har goda möjligheter att uppnå de resultat som man siktar mot, att producera 500 MW fusionseffekt.

I *Fysikaktuellt* 3/2011 beskrev Tünde Fülöp dåvarande status för fusionsforskningen. Nu, tio år senare, har alltså de europeiska fusionsforskarna vid JET (förenade genom EUROfusion) gjort fina framsteg. Glädjande nog sker just nu en väldigt snabb utveckling vid många fusionslaboratorier över hela världen. För första gången kommer också privata finansierare med i racet mot praktisk användning av fusionsenergi.

Vid Commonwealth Fusion Systems

(CFS), i samarbete med Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA, har fantastiska framsteg gjorts med nya högttemperatursupraledande magneter (REBCO, rare earth barium copper oxide) där man visat att dessa kan producera magnetfält upp till 20 T. Magnetfältstyrkan är viktig, eftersom fusionseffekten är proportionell mot fjärde potensen av den. Även plasmas stabilitet påverkas positivt av högre magnetfält. Det innebär att med högre magnetfält kan mer kompakta tokamaker konstrueras.

VÄGEN LIGGER DÄRMED öppen för kompakta fusionskraftverk som både är billigare och kan byggas snabbare än dagens experimentreaktorer. Vid CFS och MIT håller forskarna på att bygga ett kompakt experiment med högt magnetfält, kallat SPARC, med beräknad experimentstart år 2025. SPARC kommer vara av samma storlek som dagens medelstora tokamaker men ha ett betydligt starkare magnetfält: två och en halv gånger starkare än ITER:s.

ITER – nästa steg för forskarna

ITER är ett internationellt megaprojekt för fusionsforskning, som byggs bredvid kärnforskningscentret Cadarache, några mil norr om Marseille i Frankrike. Huvudreaktorn beräknas vara klar under 2025.

ITER:s mål är bland annat att under korta tidsperioder producera mer energi än vad som krävs för att upprätthålla plasmat, att upprätthålla fusion under längre tidsperioder och att testa teknologier som krävs för ett fungerande fusionskraftverk. Läs mer på www.iter.org.

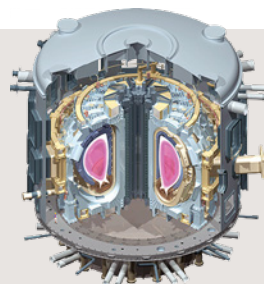


ILLUSTRATION: ITER ORGANISATION

ITER i genomskärning. Utifrån och in syns: kryostat, magnetspoler, plasmakärl, plasmavägg, transformatorspole.

Enligt konservativa uppskattningar kommer SPARC producera >50 MW fusions-effekt med en positiv effektbalans, i en plasmavolym på 15 kubikmeter.

VI HAR ALLTSÅ EN spännande tioårsperiod framför oss inom fusionsforskningen. Vi förväntar oss många nya genombrott som steg för steg kommer att föra oss närmare fusion som energikälla. På en fråga om vilken världsförändrande idé han skulle vilja se mänskligheten förverkliga sa Stephen Hawking: "I would like nuclear fusion to become a practical power source. It would provide an inexhaustible supply of energy, without pollution or global warming." Att åstadkomma det är svårt och tar tid, men belöningen kommer att vara värt besväret.

ELISABETH RACHLEW
Prof.em., KTH

TÜNDE FÜLÖP
Prof., Chalmers

Mer om fusion

En presentation av fusionsresultaten vid JET finns på www.youtube.com/watch?v=H99hvPIC4is

Ian Chapman, "How to put the sun in a bottle", www.youtube.com/watch?v=zn1SJOPgewo

M. Barbarino, *Nature Physics*, "A brief history of nuclear fusion", 16, 890 (2020)

M Greenwald, "Status of the SPARC physics basis", *J Plasma Phys.* 86, 861860501 (2020)

R J Goldston, J A Schwarz, "Fusion's role in fighting climate change", *The Bulletin*, Nov.15, 2021

Kaffekask och Beer-Lamberts lag

Hur fungerar egentligen det klassiska "receptet" på **kaffekask**, där man använder sig av mynt för att dosera spriten?

Kaffekask eller kaffegök? Kärt barn har många namn, vad dryckerna har gemensamt är att de består av kaffe som man håller någon sorts sprit i. I en kaffegök är det konjak medan kasken brukar ha renat, och vad som ingår i kaffepunsch torde framgå av namnet. Kaffekask är en företeelse som kanske inte är så gastronomisk, men det finns rolig fysik att fundera över kopplat till drycken.

Traditionen med kaffekask lever kvar bland äldre och på landsbygden. Jag minns själv första gången jag träffade min frus farfar ute på Österlen och det tvunget skulle drickas kaffekask. Jag ville såklart göra ett gott intryck på mina nya släktingar och drack med god min trots att det inte var så gott. När jag äntligen hade lyckats få i mig koppen fick jag frågan om påtår. Det ville jag såklart inte ha, men artig som jag är frågade jag försiktigt om jag kunde få en halv kopp kaffe. Svaret möttes av ett bullrande skratt och en kraftig ryggdunk som jag inte förstod just då, men som blev tydligt när koppen nu fylldes med hälften kaffe och hälften sprit – ridå. Jag insåg då att jag visserligen passerat testet, men också att jag måste tvinga i mig ännu en hel kopp, nu ännu starkare kask. Nu till fysiken!

ETT RECEPT PÅ KAFFEGÖK som det ofta pratas om är att 1) lägga ett eller två små mynt på botten av koppen, 2) hålla på med kaffe tills man inte längre ser mynten och 3) hålla på brännvin tills man kan se dem igen (figur 1). Fungerar det verkligen? Tanken med receptet är givetvis att den klara spriten ändrar partikeltätheten i drycken så att den blir transparent och att det till slut går att se genom den, men om vi antar att det svarta i kaffet är små "kaffepartiklar" som inte ändrar form när vi håller i sprit så borde det inte gå, eftersom vi tittar ner i koppen uppifrån och antalet partiklar mellan våra ögon och myntet alltså inte ändras. Beer-Lamberts lag beskriver sambandet mellan antalet



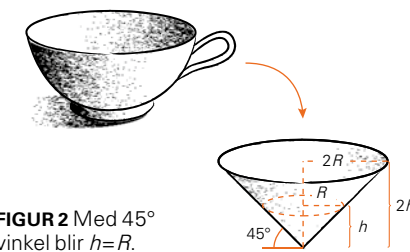
FOTO: JOHAN MAURTISSON

FIGUR 1 Det tycks gå att hålla på brännvin tills mynten syns igen. Men varför?

partiklar per volymenhet, N , partiklarnas absorptionstvärsnitt, σ , hur långt ljuset passerar genom vätskan, l , och transmitansen, T , enligt: $T = e^{-\sigma l N}$.

I EN CYLINDERFORMAD kaffekopp kommer volymen att öka linjärt med höjden vätska i koppen, det vill säga: samtidigt som vi späder ut partikeltätheten ökar vi också sträckan genom drycken som ljuset måste passera, och de två effekterna balanseras perfekt. En möjlig lösning, som Göran Grimvall beskrev i en intervju i *Ny Teknik* 2004, som definitivt gör att myntet blir synligt är om man helt enkelt fortsätter att hålla sprit i koppen även efter att den är fylld. Drycken rinner då över kanten, antalet kaffepartiklar minskar och efter en stund kan man se myntet (N minskar medan l förblir konstant). Det här är givetvis en möjlig lösning, men det känns som att det inte ligger riktigt i linje med receptskaparens intentioner.

En annan lösning på problemet gör det dock möjligt att se myntet utan att drycken svämmar över kanterna. När vi idag tänker oss en kaffekopp är det oftast



FIGUR 2 Med 45° vinkel blir $h=R$.

en cylinderformad mugg med raka kanter, men så har kopparna inte alltid sett ut. När receptet först myntades var det vanligare med små kaffekoppar av fint, tunt porslin, där kanterna lutade ganska mycket utåt. Detta gav en större yta, så att kaffet svalnade lite fortare (att dricka kaffe på fat var en annan variant). Här har vi lösningen på problemet: i en kaffekopp som har en liten botten och en mycket bredare öppning kommer antalet kaffepartiklar mellan myntet och ytan att minska när man håller på sprit. Om vi för enkelhetens skull tänker oss en kaffekopp formad som en kon där sidorna är vinklade 45° (figur 2) kan vi räkna ut hur volymen (och omvänt antalet partiklar per volymenhet) ändras när höjden kaffekask i koppen ökar. Att vi valde just vinkeln 45° är för att då är radien, R , vid vätskeytan samma som höjden, h , av kaffe i koppen. Den initiala volymen, V_1 , med bara kaffe i koppen ges av:

$$V_1 = \frac{\pi R^2 h}{3} = \frac{\pi R^3}{3}$$

Om h , och därmed även R , dubblas blir volymen med kaffekask:

$$V_2 = \frac{\pi (2R)^3}{3} = 8V_1$$

En dubblad höjd ger leder alltså till 8 gånger större volym för kaffepartiklarna att fördelas över och det blir möjligt att se mynten på botten av koppen igen.

Trevlig sommar, och gutår!

JOHAN MAURTISSON
Lunds universitet

Fokus på acceleratorfysik i Lund

Svenska Fysikersamfundets stora konferens, **Fysikdagarna**, hålls i år i Lund. Temat är acceleratorbaserad forskning. Föreläsningar och poster-sessioner kommer att hållas på AF-borgen i centrala Lund, men som vanligt innehåller programmet såväl studiebesök som workshops och trevliga middagar. Läs mer här nedan, och på indico.cern.ch/e/fysikdagarna2022.

SAMMANSTÄLLT AV CHRISTINA KJELLSTRAND

Undervisningssektionens program för gymnasielärare

■ Som vanligt har undervisningssektionen ett specialprogram för gymnasielärare under Fysikdagarna. Detta hålls på onsdagseftermiddagen och fredagsförmiddagen, på torsdagen är det gemensamma föreläsningar för alla deltagare.

Konferensen för gymnasielärare inleds på ESS, där vi under hela onsdagseftermiddagen har program och visning som rör verksamheten på detta stora internationella forskningscentrum. Lokaler är färdiga och installationerna av protonaccelerator och övriga faciliteter pågår.

Vi kommer inledningsvis att få en föreläsning som beskriver fysiken som gör att man kan få fram strålar av neutroner som kan användas i experiment. En andra föreläsning behandlar den experimentella verksamheten. Mycket

av fysiken vid ESS kan användas i gymnasiefysiken – en workshop kommer att handla om detta. Under eftermiddagen kommer vi även att göra en rundtur på anläggningen.

Programmet på ESS ger gymnasielärare en unik möjlighet att få en första inblick i laboratoriets verksamhet. Eftermiddagen avslutas med en gemensam middag ute på ESS.

På fredagsförmiddagen har vi ett program med fokus på medicinsk fysik, med föreläsningar om nya forskningsresultat. Vår erfarenhet är att detta är ett område som intresserar många lärare, samtidigt som det finns intressanta tillämpningar i undervisningen.

Mötet arrangeras med hjälp av medel från stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs minnesfond.

AMO-sektionen intar AF-borgen

■ Atom- och Molekylfysiksektionen har ett gediget program med talare på onsdagen, klockan 13–17 i Gustafsalen på AF-borgen. Efter AMO-sektionens program så börjar poster-sessionen direkt.

Efter en kort introduktion av Atom- och Molekylfysik i Lund och Sverige kommer programmet bland annat att innehålla presentationer av Suvasthika Indrajith (Ph.D., Stockholms universitet) som berättar om experimenten vid DESIRE, Ludvig Kjellsson (Ph.D., Uppsala universitet) som pratar om MAX-IV, och Linnea Lindh (Ph.D., Lunds universitet) som berättar om kemisk fysik.



Max IV.

Plasmasektionen diskuterar delning

■ Plasmasektionen är sedan en tid tillbaka vilande. Det finns idag inget nationellt möte som samlar sektionens medlemmar och sektionen har inte heller bedömt det som intressant att införa fler möten i redan överbokade kalendrar.

Det har diskuterats att dela sektionen och låta redan etablerade möten där exempelvis rymdfysiker eller fusionsforskare träffas utgöra sektionens möten i de nya sektionerna. Inga beslut har dock tagits och alla som har goda förslag är hjärtligt välkomna att höra av sig till sektionens ordförande Gabriella Stenberg, på gabriella@irf.se.

Flygbild över ESS i januari 2021, då bygget fortfarande pågick för fullt.



FOTO: PERRY NORDEN/ESS

FYSIKDAGARNA 2022 Lund 15-17 juni



Arrangerat av Svenska Fysikersamfundet tillsammans med Lunds universitet

Tema: acceleratorbaserad forskning i Sverige

Nyheter från

- MAX IV
- ESS
- LINXS
- FAIR
- CERN
- Antimateria

och föredrag om

- Fysikutbildning
- Könnsbalans inom fysik

Samt: postersession – en trevlig blandning av mingel och vetenskap.

För ytterligare information och anmälan, besök www.fysikersamfundet.se

Bokade talare

- Achim Schwenk, Technical University of Darmstadt
- Eugenia Etkina, Rutgers University
- Meytal Eran-Jona and Yosef Nir, Weizmann Institute of Science
- Sara Strandberg, Stockholms universitet
- Svante Jonsell, Stockholms universitet
- Stephen Molloy, MAX IV

f SVENSKA
FYSIKER
SAMFUNDET



Detta är den fjärde och avslutande delen av den serie artiklar som gått under rubriken **konst och fysik** här i *Fysikaktuellt*. Den här gången undersöker vi likheter och skillnader mellan konsten och fysiken.

Pär Halje, Jan Cardell, Emma Ströde och Tobias Ambjörnsson. På den infällda bilden syns Leif Lönnblad.



Är fysik ett konstnärligt hantverk?

En vacker, ja till och med vörlik marskväll, samlades två konstnärer och tre fysiker för ett samtal kring konst och fysik i en underjordisk ateljé i Malmö. Med tunga stäldörrar och rå betong gav ateljén en lätt skyddsrumskänsla, som fick tankarna att gå till den avskyvärda aggressionen bara 100 mil bort.

Vi som träffades var från fysiksidan Pär Halje, fysiker i botten, nu verksam som biträdande forskare inom integrativ neurofysiologi, Tobias Ambjörnsson, universitetslektor inom beräkningsbiologi och biologisk fysik, och Leif Lönnblad, professor i teoretisk partikelfysik som också i flera decennier berört ämnet "vetenskap och konst" i sin kurs *Den vetenskapliga metoden*.

Som läsaren ser beskrivs våra fysiker med titlar och verksamhetsområden. De är alla tre verksamma vid Lunds

Universitet. Våra två deltagande konstnärer, som frimodigt ställde upp på denna utmaning, kan inte beskrivas lika institutionellt. Jan Cardell och Emma Ströde, båda med Göteborgsanknytning, beskrivs bättre av vad de faktiskt skapar än med titlar. Två färskt exempel från Chalmers campus är Jan Cardells *Veras laboration* och Emma Strödes *Att se sig själv i andra*. Vera Sandberg, som avbildas i Jan Cardells skulptur, var 1917 den första kvinnan i Sverige som blev civilingenjör, i kemi. Emma Strödes verk har fått sin titel från en bok av idéhistorikern Sven-Erik Liedman. I båda skulpturerna står människan klart i centrum, och frågan är om den inte gör det också för våra fysiker?

FYSIK, FRÅN GREKISKANS φυσικός (*physikos*), betyder "naturlig" och innebär läran om naturen. Konst är inlänat från

lågtygskans *kunst* som har en koppling till verbet kunna. Så på sätt och vis står orden närmare varandra än vad det kan synas vid första anblicken. Den engelska motsvarigheten, *art*, kommer å sin sida från latinet med betydelsen "arrangemang" eller "arrangera" vilket för mig låter mer som ett hantverk. Men faktum är att äldre tiders konst beskrivs mer som just hantverk än det vi idag menar med konst. Kanske är det också där fysiken befinner sig – vi utövar ett hantverk! Där hantverk är ett kreativt sätt att skapa saker för hand, är ju konsten mer av ett kreativt sätt att uttrycka både mänskliga och abstrakta tillstånd.

MED TANKE PÅ VAD Göran Grimvall visat på i två tidigare artiklar i denna serie (se *Fysikaktuellt* 3 och 4/2021) är det tydligt att det visuella dominerar kommunikationen i både konst och fysik. Jag spanar

alltid in bilderna i en artikel innan jag avgör om den är värd att läsa vidare. I sammanhanget är det intressant att vår värd Jan Cardell är välkänd för sina mekaniska orkestrar, som ju delvis handlar om en ljudupplevelse, men de vore intet om man inte kunde se dem i form av interaktiva installationer.

VÅRT SAMTAL HADE KUNNAT återges som en ren transkribering, med vad var och en sa. Jag har istället valt att försöka lyfta fram återkommande aspekter utan att hänga upp dem på en enskild person. Jag hörde under kvällen många nästan samstämmiga synpunkter, bland annat att både konstnärer och fysiker:

- vill berätta något, förmedla kunskap och förståelse. Att göra det okända känt.
- gjorde fler saker själv förr. Numer köper man in utförarkapacitet från andra.
- gav ett starkt uttryck för den fantastiska första fasen i idéskapandet och dess möjliga realisering. Resan fram till färdig "produkt" är inte alltid lika omväxlande om än viktig då den kan ge nya infallsvinklar.
- upplever det som med ett psykologiskt begreppet brukar kallas "flow" – flyt på ren svenska.
- upplever att teoretiseringen ökar i både utbildning och yrkesutövande.
- frågar sig ibland om det andra gör verkligen är intressant.
- jobbar mycket på den säkra sidan, även om det till viss del hämmar kreativiteten.
- ofta behöver hantera en beställare med tillhörande "ansökningshelvete".
- insatser mäts och deras relevans diskuteras ständigt.

NATURLIGTVIS KOM VI OCKSÅ in på mer fundamentala skillnader. Bland dessa märks till exempel att:

- det är olika grader av känslor inblandade, i vägen till och i den färdiga "produkten".
- fysikern vill, och ska, vara allmäntillgängligt objektiv medan konstnären strävar efter att vara allmäntillgängligt subjektiv.
- fysiker jobbar på en institution medan konstnärer oftare är frilansare.

FOTO: MICHEL THOMAS



TILL VÄNSTER:
Veras laboration,
av Jan Cardell.
OVAN: Tre verk av de
deltagande fysikerna:
Leif Lönnblad, Pär
Halje och Tobias
Ambjörnsson.



FOTO: PETER APELL

Att se sig själv i andra, av Emma Ströde.

duceras för att anses ha vetenskapligt värde.

- Konstnären har en ateljé, medan fysikerns kreativitet tar form i labbet, fikarummet eller i en diskussion vid en svart tavla.

TILL SIST, SOM I så många diskussioner med intressanta personer, kom det fram en tanke om att vi borde träffas igen och diskutera, varför inte på temat medvetande? I sammanhanget var det speciellt konstnärerna som såg sitt arbete som att utforska den egna existensen. Kanske kunde vi bli bättre fysiker om den insikten också gäller vår egen yrkesutövning? Vår neurofysiolog föreslog att man kunde använda "förvåningssignalen" P300. Det är en mätbar respons i hjärnan när man reagerar på ett yttre stimuli som sådant och inte dess fysiska attribut. På så sätt skulle man med en enkel mätning kunna avgöra såväl utställningsbesökare som fysikkollegors reaktion av förvåning på det vi skapat.

För när jag nu sammanfattar "bunkersamtalen" så är det tydligt att det är egenskaper som nyfikenhet och förvåning som verkligen förenar våra konstnärer och fysiker.

PETER APELL
Professor i fysik, Chalmers

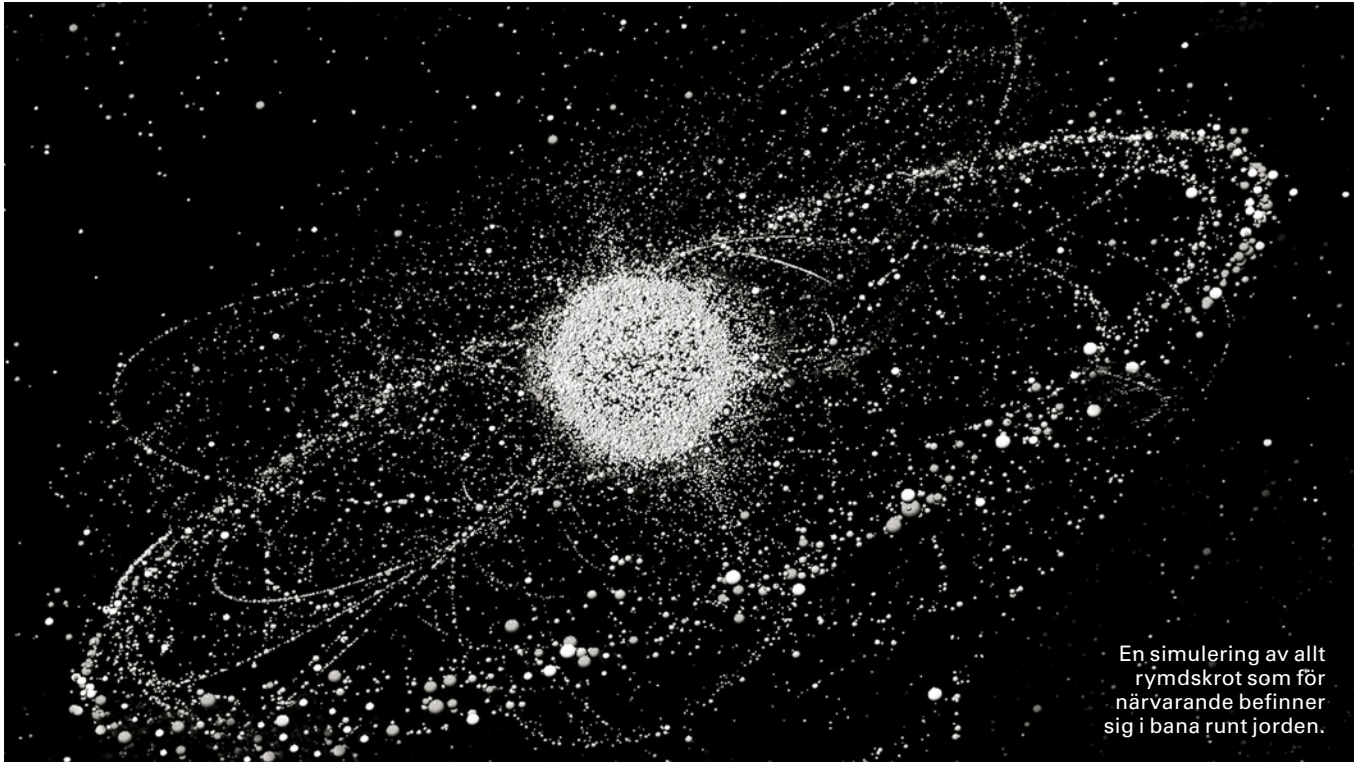


ILLUSTRATION: STUDIO ROOSEGAARD/ESA

Skräp på hög nivå

En ny fas i rymdåldern är här, driven av minskade uppskjutningskostnader och kommersiella intressen. Tiotusentals nya satelliter innebär **kraftigt ökad risk för kollisioner** – även om man inte räknar med medvetna nedskjutningar som den Ryssland utförde i november 2021. För att utvecklingen inte ska ta en ände med förskräckelse kommer det att krävas en oerhört noggrann kartläggning av rymdskrotet.

Industriverksamheter kopplade till satellituppskjutningar i Arktis växer så det knakar i de nordiska länderna. Rymdbasen Esrange Space Center utanför Kiruna räknar med att i närtid kunna skjuta upp den första satelliten från europeisk mark, och vid norska Andøya Space pågår en liknande utveckling. Världens första satellit, Sputnik-1, sköts upp av Sovjetunionen den 4:e oktober 1957. Ur ett teknikutvecklingsperspektiv utgör det startskottet för rymdåldern. 1957 var också det första internationella geofysiska året. Som Sveriges

bidrag grundades Kiruna Geofysiska Observatorium, där även radiosignaler från Sputnik-1 kunde registreras när satelliten passerade över norra Skandinavien. Sputnik-1 hade en elliptisk bana med en lägsta höjd på 215 km. Den bromsades därför av atmosfären och föll ner efter bara tre månader. I Kiruna fortsätter dock de geofysiska registreringarna än idag i obruten takt. Numer utgör de en del av kärnverksamheten vid Institutet för rymdfysik (IRF). Europas första satellit kallades ESRO-1A och sköts upp i samarbete med

NASA från Vandenberg, Kalifornien, 1968. Med sig hade den ett instrument från Kiruna för norrskensstudier. ESRO-1A återinträdde i atmosfären 1970. Den första helsvenska satelliten, Viking, sköts upp i februari 1986 från Franska Guyana. Viking var en succé och möjliggjorde observationer av norrskensovalen från ovan och *in situ*-mätningar av geofysiska förhållanden i den jordnära rymden. Sedan maj 1987 går det inte längre att kommunicera med den, men den cirklar fortfarande kvar runt jorden. Där kommer den, på grund

av sin höjd ovan atmosfären (i cirka 800 km × 13 500 km elliptisk bana), att förbli under överskådlig framtid – om inte ett städuppdrag skulle iscensättas. Ett flertal teknikutvecklingsprojekt för att kunna fånga in objekt med hjälp av en städsatellit uppskickad till en rymdskrotnära omloppsbana pågår. Metoderna som provas innefattar såväl harpuner och nät som gripklor, och må likna koncept ur en gammal spionfilm, men kan bli nödvändiga för att minska antalet stora inaktiva objekt, som riskerar att splittras i tusentals fragment om de kolliderar med annat rymdskrot. Sådana händelser har skett förut och kommer att ske igen.

EN AV DE MEST uppmärksammade oavsiktliga kollisionerna hittills inträffade 2009, då en satellit inom telefonitjänsten Iridium krockade med den inaktiva satelliten Kosmos-2251. Eftersom Iridium 33 var aktiv och kunde manövreras hade kollisionen i princip kunnat undvikas. Stora objekt som Kosmos-2251 kartläggs med hjälp av radarsystem och optiska metoder och deras bandata publiceras i öppna kataloger. Sannolikheten för kollision hade dock i det här fallet bedömts som låg.

För att minska risken för liknande händelser i framtiden ska satelliter som skjuts upp till låg jordbana idag inte lämnas kvar där, utan redan från början planeras att återinträda och förstöras i jordatmosfären inom högst 25 år efter sin aktiva livstid. Med tanke på att tiotusentals nya satelliter planeras inom bara de närmaste åren är det egentligen alldeles för länge. Tidsspannet har anpassats efter hur lång tid det tar för en satellit i låg jordbana att återinträda utan att den aktivt behöver sänkas i höjd med motorkraft. Satelliter som läggs i bana längre bort från jorden, till exempel de geostationära kommunikationssatelliterna på 36 000 km höjd, ska enligt dagens riktlinjer flyttas till en så kallad kyrkogårdsbana där risken för kollisioner med andra objekt bedöms låg.

Men en låg sannolikhet för kollision innebär fortfarande att kollisioner kan komma att hända, framförallt när antalet objekt drastiskt ökar. Som tumregel utförs så kallade banmanövrar av aktiva satelliter när sannolikheten för kollision med ett



FOTO: IRF

Institutet för rymdfysik

Institutet för rymdfysik (IRF) är ett statligt forskningsinstitut under Utbildningsdepartementet och har verksamhet i Kiruna, Umeå, Uppsala och Lund. Huvudkontoret finns i Kiruna (bilden). IRF bedriver forskning och forskarutbildning i rymdfysik, rymdteknik och atmosfärfysik.

annat känt objekt överstiger 1 på 10 000. Med tiotusentals objekt i bana som var och en utsätts för en låg risk flera gånger under sin livstid, kommer några av dem förr eller senare att kollidera och förstöras. Det ökande antalet nytt rymdskrot leder därefter till ökad risk för nya kollisioner. Till slut ökar antalet nya rymdskrotsobjekt exponentiellt även om inga fler nya satelliter tillförs. Detta poängterades redan 1978 av den amerikanske forskaren Donald Kessler. En ostopptbar och exponentiell ökning av antalet nya objekt brukar därför benämnas *Kesslersyndromet*. Kesslersyndromet kan redan vara ett faktum för vissa specifika banhöjder. Om inget görs riskerar fler höjdivtervall att omfattas, vilket i värsta fall skulle kunna innebära början till slutet för rymdåldern.

DEN 15 NOVEMBER 2021 sköt Ryssland ner den inaktiva satelliten Kosmos-1408 med en missil från rymdbasen Plesetsk. Den knappt två ton tunga satelliten splittrades i tusentals delar och hundratusentals fragment, varav många kommer att fortsätta cirkulera jorden i årtal. Nedskjutningen väckte kraftiga reaktioner runt om i världen, och även om den inte är unik så utfördes den i en tid då medvetenheten om konsekvenserna är höga.

Bland antisatellittest i modern tid kan nämnas att NASA också utfört ett sådant i närtid, då satelliten USA-193 år 2008 besköts med en missil på en höjd av cirka

350 km. Det sista kartlagda rymdskrotet från USA-193 som återfanns i öppna kataloger återinträdde i atmosfären efter 20 månader. Kina utförde under 2007 ett antisatellittest på mer än 850 km höjd när vädersatelliten Fengyun-1C förstördes med en missil. Ju högre höjd, desto tunnare är atmosfärens täthet vilket medför långsammare inbromsning och desto längre stannar objekten kvar i omloppsbana. Fragment från Fengyun-1C utgör fortfarande idag ett stort hot mot andra satelliter.

På senare år har Indien vuxit som rymdnation. Instrument från IRF färdades 2008 runt månen ombord på den indiska satelliten Chandrayaan-1 och ett nytt IRF-instrument ska följa med från Indien till Venus med Shukrayaan-1. De stora framgångarna i rymden till trots gjorde även Indien den 27:e mars 2019 ett antisatellittest för att demonstrera sin förmåga. I ett officiellt uttalande framhöll Indien att experimentet, ur deras perspektiv, hade lyckats och hävdade att rymdskrotet på grund av måltavlan Microsat-R:s relativt låga banhöjd (cirka 300 km) skulle bromsa in i atmosfären och försvinna inom några veckor. Radarmätningar som vi har utfört med forskningsanläggningen EISCAT har bekräftat att en del av skrotet hamnade på banhöjder ända upp till 1 000 km höjd. Ett objekt återfinns fortfarande (mars 2022) i öppet tillgängliga kataloger.

ENLIGT UPPSKATTNINGAR AV DEN europeiska rymdorganisationen ESA finns det 1 miljon objekt större än 1 cm och 130 miljoner objekt större än 1 mm (se tabell). Objektens banor förändras kontinuerligt ►

Objekt i omloppsbana

Antal objekt som uppskattas befinna sig i omloppsbana (4 april 2022).

Storlek	Antal
>10 cm	36 500
1–10 cm	1 000 000
1 mm–1 cm	130 000 000

Källa: ESA (www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers)

Ett foto av dubbelstjärnan Albireo i Svanen taget i december 2019. Två av totalt tio 2,5-minuters-exponeringar fångade "galler" av passerande Starlinksatelliter.

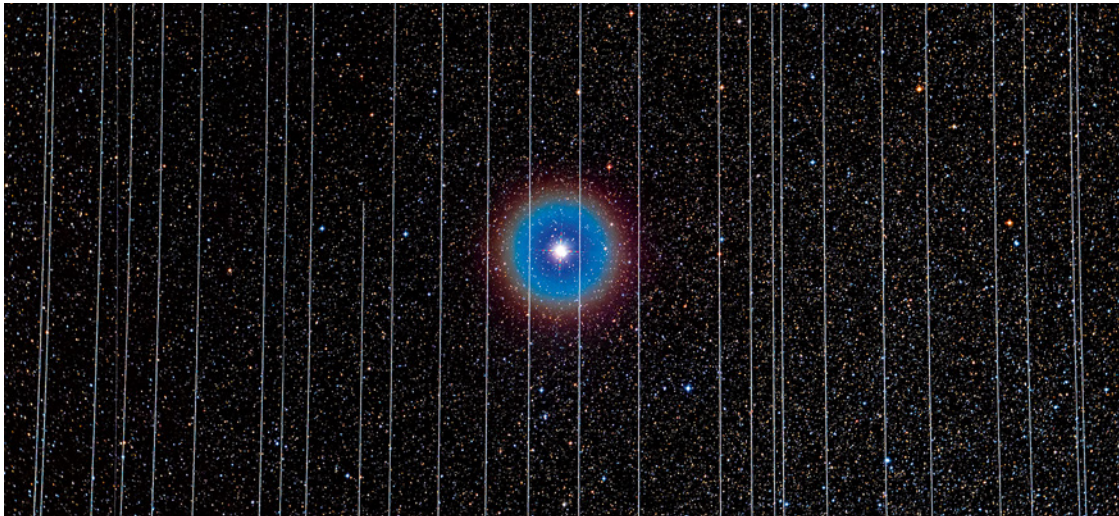


FOTO: RAFAEL SCHMALLNOIR/LAB

► – främst genom den lilla men trots allt inte obefintliga atmosfärsinbromsningen, men också på grund av var i jordens asymmetriska gravitationsfält de färdas. Atmosfärens täthet på hundratals kilometer höjd över jordytan varierar kraftigt beroende på solaktivitet och rymdväder. Ju mer aktiva geomagnetiska förhållanden desto mer expanderar atmosfären, vilket orsakar högre täthet på satellithöjder och starkare inbromsning. Objekt vars omloppsbanor är kända bokförs som sagt i kataloger, men för att objekten inte ska tappas bort måste nya inmätningar av var de är när göras ofta. Dagens öppna kataloger omfattar cirka 30 000 objekt.

EFFEKTEN AV SOLAKTIVITET på atmosfärsinbromsning är särskilt dramatiskt på de riktigt låga jordbanorna. Detta fick SpaceX dyrköpt medfarna i februari 2022 då 38 (!) av deras nyligen uppskjutna satelliter återinträdde i atmosfären och brann upp när deras ombordraketsmotorer inte kunde ta dem vidare från den höjd på 230 km där de lämnats av bärraketen. Satelliterna skulle ingå i megakonstellationen Starlink för satellitbaserad internetuppkoppling, som i ett första steg planeras bestå av 12 000 satelliter. SpaceX skjuter i dagsläget upp cirka hundra nya satelliter i månaden, och det finns redan planer för att utvidga konstellationen med ytterligare 30 000 satelliter. Flera andra satellitkonstellationer planeras av andra företag, vilket tillsammans kommer att

Rörelseenergi som en gevärskula

Rörelseenergi är proportionellt mot hastigheten i kvadrat. En gevärskula för älgjakt kan väga cirka 10 gram och färdas i 0,7 km/s, vilket är ungefär en tiondel så hög hastighet som en satellit i jordbana. Ett litet rymdskrot på 0,1 gram har alltså ungefär lika stor rörelseenergi som en gevärskula. Så små rymdskrot kartläggs inte i dagsläget – den undre gränsen för befintliga system går vid flera centimeters diameter.

medföra utmaningar för såväl undvikande av kollisioner som astronomiska observationer av natthimlen, det senare på grund av solbelysta förbipasserande satelliter.

De nedfallande Starlinksatelliterna visar tydligt hur viktig roll rymdväder kan spela vid satellituppskjutningar. IRF:s rymdväderforskare följer aktiviteten på solen och gör prognoser för geomagnetiska störningar. I ett aktivt skede av rymdväder kan det vara säkrare att låta satelliter stå kvar på uppskjutningsrampen tills atmosfärens expansion har avtagit än att riskera att de kommer ner som stjärnfall. IRF utvecklar också, tillsammans med norska och finska kollegor, radarmeter och metoder för observationer av rymdskrot med forskningsradarsystemet EISCAT, för att bidra till ESA:s kartläggning. Tillsammans med Rymdbolaget (SSC) utvecklas optiska metoder för

studier av rymdobjekt. Registreringar av rymdobjekt skulle i princip kunna bedrivas parallellt med IRF:s övriga observatorieverksamhet om det inte var för att sådan data även har en säkerhetspolitisk aspekt. I rymden finns inte bara satelliter för forskningsändamål och kommersiella syften, utan även militära objekt vars omloppsbanor inte återfinns i de öppna katalogerna. Dessa kan inte alltid särskiljas från rymdskrot. IRF:s roll är därför som akademisk part inom forskning och utveckling.

RYMDSTYRELSEN HAR på uppdrag av regeringen utfört en utredning av nationell förmåga till rymdlägesbild. Som ansvarsfull rymdnation behöver Sverige inte bara utveckla förmågan att skjuta upp satelliter utan även kartlägga rymdskrot och bidra till hållbart utnyttjande av rymden.

JOHAN KERO OCH DANIEL KASTINEN
Institutet för rymdfysik, Kiruna

Läs mer

Kessler and Cour-Palais. "Collision frequency of artificial satellites: The creation of a debris belt". *Journal of Geophysical Research*, v 83, 1978.
Rymdstyrelsens rapport: *En operationell rymdlägesbild – förslag till hur en nationell förmåga kan etableras*. www.rymdstyrelsen.se/nyheter/2021/uppdrag-att-foresla-etablering-av-en-funktion-for-operationell-rymdlaagesbild/
Den nya Rymdlagen: www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2021/11/sou-202191/

FOTO: PIXABAY

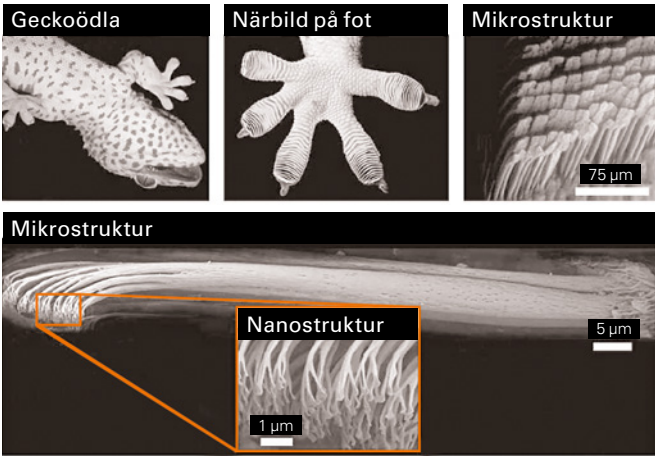


FOTO: WIKIMEDIA COMMONS

Geckoödlans förmåga att hänga upp och ner men ändå kunna lösgöra sig på några millisekunder förklaras med nano- och kvantfysik.

I skärningspunkten mellan kvantfysik och fysiologi

Kvantfysiken och livet

HUBIQ (Human Biology and Quantum Physics): Joar Svanvik, Göran Johansson, Ingemar Ernberg, Göran Wendin, Tomas Lindblad
Förlag: Volante
Utgivningsår: 2021
ISBN: 978-91-8904-330-5



Ett spännande möte sker när en teoretisk fysiker är inbjuden till Läkarsällskapet för att förklara årets Nobelpris i fysik. Året är 2012. Skärningspunkten mellan kvantfysik och fysiologi, medicin – visst måste det finnas gemensamma punkter? Diskussionen under kvällen blir lång och fortsätter under flera år och diskussionsgruppen utökas och får ett namn, HUBIQ (Human Biology and Quantum Physics)-gruppen. Resultaten av dessa möten finns i en spännande bok, *Kvantfysiken och livet*.

Kanske tänker vi fysiker genast att nu kommer en upprepning av Erwin Schrödingers bok från 1944, *What is Life?* (*Vad är liv*, 2019, Fri Tanke). Men vi

serveras här tolv spännande kapitel, och redan i kapitel ett diskuterar HUBIQ-gruppen hur Schrödinger kom fram till att livet måste ha grundats på kvantfysikaliska händelser. För inte kunde livet ha utvecklats med klassiska principer – i så fall skulle ju livet kunna vara förutsägbart. Sedan 1944 har både kvantfysiken och biologin gett många nya forskningsresultat som gör att vi nu kan fundera lite längre än vad som var möjligt för Schrödinger.

SÅ FORTSÄTTER VI OCH blir bekantade med geckoödlans fötter. Och nu har vi tur för nanofysiken tillsammans med kvantfysikens tunnelfenomen kan förklara den fantastiska klätterförmågan hos den underliga ödlan! Hur kan den hänga upp och ner och lösgöra sig på några millisekunder?

När vi lotsas vidare till fenomen vid en solförmörkelse får vi en aning om vart HUBIQ-gruppen vill leda våra tankar. Vi ska börja fundera på oss själva, och komma förbi Darwins utvecklingslära fram till kvantfysikens spännande fenomen, som koherens, som vi vet kräver en

ostörd miljö. För om det inte vore så skulle vi kunnat ha kvantdatorer i stället för våra nuvarande ganska långsamma halvledardatorer. Kan kvantprocesserna verkligen existera i vår levande och brusande miljö, mitt bland alla celler? Eller ska vi, som vi kanske gjort under många år, nöja oss med Darwins förståelse av hur allt liv hänger samman på ett historiskt sätt?

Men nej, evolutionsteorin räcker inte för att förklara hur fåglarna kan flyga sina långa turer varje år och hitta tillbaka, hur våra ögon kan uppfatta mycket snabba skiftningar, hur växter och djur samverkar för att överleva – och till slut det största mysteriet – vad är egentligen vårt medvetande?

HUBIQ-GRUPPEN HAR LYCKATS att med tolv välskrivna kapitel aktivera min nyfikenhet till att dyka djupare ner i den digra läs mer-listan. Och boken har ett brett tilltal – inte en enda ekvation i de tolv kapitlen, utan ett ledigt språk som kan attrahera oss alla.

ELISABETH RACHLEW
Prof. em., Fysik, KTH

Hur ser du ut?

I förra numret av *Fysikaktuellt* tittade jag närmare på hur **glaset i vindrutor** fungerar. Men hur bra ser vi egentligen genom rutorna, och vad kan påverka sikten?

I bilen ser du mestadels ut genom vindrutan. Utsikten påverkas av toning, reflexer, skrapmärken samt stenskott om oturen är framme. Sedan 2003 har glasskadorna ökat med en faktor fyra, och uppgick 2019 till omkring 600 000 i antal, svarande mot en sjättedel av kostnaderna i motorfordonsförsäkringen.

Transmission

Vindrutor var förr ”klara”, men bättre än 92 procent blir det inte. Vid vinkelrätt infall reflekteras 4 procent vid varje luft-glas-passage om brytningsindex är 1,5, och när infallsvinkeln närmar sig 45 grader minskar transmissionen till runt 90 procent. För vindrutor ska ljusgenomsläppligheten vara minst 75 procent (Transportstyrelsens författningssamling, TSFS 2013:63). För de främre sidorutorna ska ljusgenomsläppligheten vara minst 70 procent, medan rutorna bakom föraren får vara mörktonade. Vindrutan jag fick från Ryds Bilglas (figur 5 i [förra numret](#)) var 5 mm tjock, och släppte igenom 80 procent när jag mätte med en luxmeter.

Siktsträcka

Vindrutor drabbas inte bara av stenskott. Med tiden blir rutan även påverkad av partiklar, väder och vind, torkare samt isskrapande, vilket bidrar till att ljuset sprids. Det är särskilt störande vid mörkerkörning och vid lågt stående sol, under vår och höst. En undersökning från Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI, visade att siktsträckan var 200 meter för en ny vindruta, men bara 90 meter för en bilruta som körts 15 000 mil. Bilprovningen underkände år 2008 endast 0,13 procent på grund av sliten vindruta. Kanske är det, av trafiksäkerhetsskäl, dags att ta fram en lättanvänd

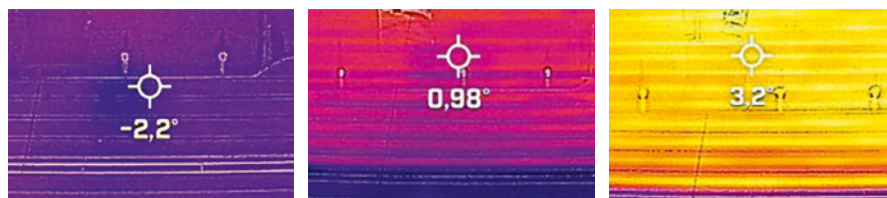


FIGUR 1 Halvtonsmönster, 3,5 cm brett, i kanten av en vindruta. När jag lade givaren till luxmeters halv vägs in sjönk transmissionen från cirka 80 till 67 procent och när hela mönstret precis täcktes, sjönk transmissionen till 29 procent.

mätutrustning och införa gränsvärden vid bilbesiktningen?

Halvtonsmönster

Före 1950-talet hölls vindrutor på plats av metallramar. Numera används PVB-lim (polyvinylbutyral), vilket är mer ekonomiskt och i de flesta situationer starkare. Längs glaskanten finns ett smalt, etsat, svart område, som ska förbättra limfog. Den är också till för att skydda PVB-limet från solens ultraviolette strålar. För att dölja limskarvarna på ett estetiskt tilltalande sätt förses kanterna ibland med ett gradvis mörknande mönster, byggt på så kallad halvtonsteknik (figur 1). ”Halvton” är en tryckteknik,



FIGUR 2 En härdad bakruta på en 2004 års SAAB. Temperaturen steg från -2 till 3 °C på cirka 30 s. Trådarna är omkring 1 mm tjocka och ligger på rutans insida på 2,5 cm inbördes avstånd.

där bilden ersätts med en serie jämnt fördelade prickar av varierande storlek. Ögat förmår inte upplösa prickarna, vilket ger intrycket att bilden är kontinuerlig, trots att mellanrummen är vita och inte behöver någon trycksvärta.

Värmetrådar

Bilrutor kan imma igen i såväl monsuväder som i vinterväder. I båda fallen är rutorna kallare än luften i kupén och fukten kondenserar på dem. Med hjälp av riktad luft från AC respektive värmare avfuktas vindrutan, men inte bakrutan. Tysken Kunert (1927–2012) introducerade värmetrådar i bakrutor på 1950-talet. De utgörs vanligen av en serie parallella, resistiva ledare fästa på glaset, som värms upp när ström passerar genom dem, och därmed avdunstar kondens och tinar is.

Dessa ledare kan bestå av ett silverkeramiskt material tryckt och bakat på den inre ytan av härdat glas. Trådarna kan skadas av att man putsar rutan eller torkar av imma, och av vassa föremål. De kan dessbättre repareras genom att man penslar på en elektriskt ledande färg.

De 18 värmetrådarna i figur 2 täcker en yta på $120\text{ cm} \times 45\text{ cm}$, vilken har en area på cirka $0,55\text{ m}^2$. Om den är täckt med ett islager på 1 mm blir isens massa cirka 0,50 kg. Isens smältentalpitet är 334 kJ/kg och därmed åtgår drygt 165 kJ för att smälta islagret, om det har tempe-

raturen 0 °C . Ska det klaras på 8 min krävs en effekt på omkring 350 W och därmed en ström på nära 30 A, fördelad på de parallellkopplade trådarna.

Problem med frost och fastfrusna torkare på vindrutan kan också avhjälpas med värmetrådar, ofta av volfram. De är placerade i mitten av det laminerade glaset. De är tunna (figur 3), men kan ändå upplevas störande, även om man oftast fokuserar på större avstånd. Diametern är svår att mäta, så jag tog upp ett diffraktionsmönster med en HeNe-laser (figur 4). Det gav diametern $30\text{ }\mu\text{m}$, det vill säga ungefär som ett hårstrå. I en nyare variant är trådarna ersatta med ett tunt, nästan transparent metallskikt.

Moderna vindrutor

Moderna vindrutor är försedda med alla handa komponenter och funktioner, såsom kameror, antenner, sensorer för imma, regn och ljus, värmetrådar, dämpning av ljud och värme, filthållningsassistans, skyltavläsning, antireflexbehandling och head-up-display. Allt detta avspeglar sig i priset, och medan en enkel ruta kan kosta runt 1 000 kr ligger priset för en med speciellt glas och många finesser på upp emot 25 000 kr.

Kameror är insmugna bakom backspegeln och tittar fram överst genom den parallelltrapets som finns upptill på vindrutan. Bredvid finns regnsensorn, där ljuset från en IR-lysdiod reflekteras från rutan mot en fotodiod. När regn hamnar på rutan minskar skillnaden i brytningsindex vid gränsytan mellan glas och luft och mindre ljus reflekteras tillbaka, varpå vindrutetorkarna slås på. I ljussensorn, ofta placerad intill, finns en fotodiod som vid möte på natten kan blända av helljuset.

På liknande vis reagerar imsensorn vid imma på rutans insida och startar fläkten. Värmeavvisande glas har ett skikt som reflekterar bort solvärmens.

Reflexfria glas har ett skikt på insidan, som minskar reflexer från bilens instrumentbräda och andra interiördetaljer. Bilarnas design har gått mot mer lutande och mer kupade vindrutor, och därmed blir det svårare att undvika reflexer i glaset.



FIGUR 3 Värmetrådar med 2,5 cm inbördes avstånd i en laminerad vindruta.



FIGUR 4 Diffraktionsmönster med HeNe-laser (våglängd 633 nm) från en värmetråd. Centralmaximets bredd är 4 cm på 90 cm skärmavstånd, vilket ger en tråddiameter på $30\text{ }\mu\text{m}$.

Head-up-display (HUD) kommer ursprungligen från flyget, och i en bil projiceras data på en uppfällbar, transparent plastskärm. Föraren kan därmed se all viktig information, utan att flytta blicken från vyn framför fordonet.

Efterfrågan på tysta kupéer har ökat i bilarnas tidevarv. Lågfrekventa ljud från vägbana ($100\text{--}300\text{ Hz}$), däck ($500\text{--}1\,500\text{ Hz}$) och motor ($300\text{--}3\,000\text{ Hz}$) sprids främst via karossen. Dieslbilar har av tradition försetts med tjocka vindrutor, eftersom ljuddämpningen beror på massan. Högfrekventa ljud från fartvind ($1\,000\text{--}6\,000\text{ Hz}$) tar sig in via vindrutan. Emellertid har glas egenfrekvenser i området ($1\,500\text{--}4\,000\text{ Hz}$), och resonanserna där fungerar tyvärr som ett bandpassfilter.

Tjockare glas dämpar mer, men väger också mer vilket ökar bränsleåtgången. I stället har så kallat akustikglas försetts med ett skikt av speciallim mellan de två skikt av PVB-lim som håller samman glasskivorna. Därmed hamnar egen-

frekvenserna högre än det frekvensintervall där tal sker, vilket förbättrar ljudmiljön utan att glasets tjocklek ökar.

Byte av vindruta är numera inget för amatörer. Den som utför arbetet måste beställa rätt sorts ruta, montera alla komponenter och funktionsprova. Kameror och regnsensor måste även kalibreras, och filthållningsassistans och skyltavläsning måste dessutom provköras.

Slutet är nära

Kasserade rutor kan återvinnas. Glaset grovsorteras, krossas och siktas för att få krossbitar som är mindre än 5 mm. Det krossade glaset är känsligt för fukt, och måste lagras inomhus. Metall och laminat separeras, och laminatet kan användas som mjukgörare i plastprodukter. Det krossade glaset, slutligen, används som råvara vid mineralullstillverkning.

MAX KESSELBERG
Fysikum, Stockholms universitet



Fysik för gymnasiet – tryckt och digitalt!

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



**Prova
30 dagar!**



**Ny
omarbetad
upplaga!**

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

Läs mer på nok.se