

Meditation · Ny forskningsradar · Mikrovågsugnen

Fysikaktuellt

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

NR 1 • FEB 2023



Skidåkningens 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 1/2023 är 10 januari.

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 2023



OMSLAGSBILDEN: Hur kan skidor både fästa och glida på snö? Och hur stor roll spelar skidans konstruktion för vilken valla man ska ha? Läs mer på sidan 6. Foto: Vegard Breie/Madshus

Stödjande medlemmar

- Gleerups Utbildning AB
www.gleerups.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
- Luleå tekniska universitet – institutionen för system och rymdteknik
- Lunds universitet – Fysiska institutionen
- 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**
Urban Eriksson
- 4 **AKTUELLT**
- 6 **FYSIKEN BAKOM**
SKIDÅKNINGENS MAGI
- 10 **WALLENBERGS FYSIKPRIS**
Första plats
för Norra Real
- 14 **EISCAT 3D**
Nästa generations
forskningsradar
- 16 **FYSIKDAGARNA 2023**
- 18 **UTHÅLLIGA**
ELKRAFTNÄT
- 20 **MR-KAMEROR**
OCH MEDITATION
- 23 **SCHOLARS AT RISK**
- 24 **IYPT**
En tävling i vetenskapligt
tänkande
- 26 **GOD FYSIK**
Martini och GT
- 28 **XL-CALIBUR**
Nya äventyr inom
röntgenpolarimetri
- 30 **VARDAGENS FYSIK**
Mikrovågsugnen



FOTO: J. MAURITSSON

Vesper Martini fluorescerar när man belyser den med ultraviolett ljus. Läs mer om det, varför man inte ska skaka den, och hur man får till den perfekta isen till sin drink på sidan 26.

Utmaningen att lära sig astronomi och fysik

Astronomi är ett spännande ämne som jag tycker förtjänar mer uppmärksamhet både i fysikundervisningen och här i *Fysikaktuellt*. Jag har 30 års erfarenhet av att undervisa i astronomi både på gymnasiet och högskola/universitet. Eftersom det är ett av mina stora intressen har jag valt att läsa mycket astronomi, men framför allt forska inom fysik- och astronomididaktik. Jag leder Lund universitets fysikdidaktikforskargrupp (LUPER) som ägnar sig åt just fysik- och astronomididaktisk forskning. Här studerar vi bland annat studenters kommunikation och meningsskapande i fysik och astronomi, samt hur kunskap kommuniceras internt inom disciplinen. Det som då behövs är någon form av teoretiskt ramverk att förhålla sig till, och också utveckla. Det jag företrädesvis använder heter *socialsemiotik*. Inom detta ramverk studerar vi hur kunskap skapas och kommuniceras inom olika sociala grupperingar (elever, forskare i fysik och astronomi, och så vidare) genom användandet av det som kallas *semiotiska resurser*, till exempel grafer, tabeller, formler, gester, ord, simuleringar och apparater. Jag brukar säga att lära sig fysik är att likna vid att lära sig ett nytt språk, men inte bara att använda ord och meningar för att kommunicera, utan också alla de andra resurserna. Som nybörjare behöver man lära sig både läsa och skriva alla dessa resurser, och dessutom bygga sin förståelse för vad de betyder; det är verkligen som att lära sig ett nytt språk!

I astronomi blir detta extra tydligt då universum inte är direkt tillgängligt för oss – vi kan inte se det (förutom lite prickar på himlen, månen och solen) – vilket gör att när man ska lära sig om universum så måste det ske genom de semiotiska resurser som astronomer och astronomiutbildare skapat – en formidabel utmaning!

Hur ska man dessutom kunna veta vad som är korrekt? Simon Holmström



tog upp ett exempel i förra numret om "plattjordare". Här ser man tydligt hur kommunikation kan gå fel genom att man använder semiotiska resurser som är direkt felaktiga för att "sälja" sin version av hur universum (jorden) ser ut. Detta visar på hur otroligt viktigt det är att noggrant utvärdera den vetenskapliga korrektheten hos de semiotiska resurser som dyker upp, och överväga hur de ska hanteras i undervisningen. Kommunikationen med hjälp av dylika resurser är alltså helt avgörande för vad elever kommer att lära sig. Läraren, med sina kunskaper, kommer ännu en gång att vara avgörande för elevernas meningsskapande och kunskapsutveckling, för att undvika spridning av pseudo-vetenskap och annan vidskepelse.

Sen gäller det ju också att eleverna urskiljer det som är viktigt i dessa resurser, vilket i sig är en utmaning.

URBAN ERIKSSON

Nationellt resurscentrum för fysik
Lunds universitet

Hållbara föreläsningar

■ Under 2023 kommer Vetenskapsakademiens återkommande föreläsningar att ha temat "Hållbarhet". Att delta på plats är kostnadsfritt och öppet för allmänheten, men föranmälan krävs. Föreläsningarna livesänds också, och går att se i efterhand.

Håll utkik efter kommande föreläsningar på www.kva.se/evenemang och se tidigare på www.kva.se/evenemang/?passed=1. Bland annat höll Anna Rutgersson, professor i meteorologi vid Uppsala universitet, i början av februari en föreläsning om extremväder.

IVA-medalj till Samuelson

■ Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA) belönade i höstas professor Lars Samuelson, Lund universitet, med en guldmedalj för "synnerligen framstående insatser" inom nanovetenskap och nanoteknologi. Samuelsson har bland annat byggt upp – NanoLund – Sveriges första center för nanovetenskap.



FOTO: IVA

Poddtipset



Fri tanke-podden

■ I förlaget Fri tankes podcast samtalar författaren och förläggaren Christer Sturmark med forskare och andra intellektuella som formar idédebatten.

Lyssna bland annat på Eleonora Svanberg om att bli teoretisk fysiker, Adam Becker om kvantfysikens stora gåtor eller Gustav Söderström om AI-utvecklingen.

fritanke.se/podcast



■ Har du tips på en bra podd, vlogg eller liknande som kan vara intressant för *Fysikaktuellt*s läsare? Mejla fysikaktuellt@fysikersamfundet.se!

Ny ämnesplanremiss: fysik i skönhetsindustrin?

■ När gymnasieskolan går över till ämnesbetyg från och med hösten 2025 införs också nya ämnesplaner som visar vilket innehåll som ska behandlas, och vilka betygskriterier som ska gälla, i de olika ämnena. I slutet av januari presenterade Skolverket sitt förslag på sådana för bland annat fysikämnet, se www.skolverket.se/download/18.5e6fbb7183ff3c49822f77/1673960011234/Fysik.pdf.

Även för efterföljaren till Fysik 3-kursen, "Fysik – fördjupning", finns ett förslag till ny ämnesplan.

Nu kan var och en, fram till den 23 mars, skicka in synpunkter på förslagen. Fysikämnet kommer framöver att bestå av

två "nivåer" istället för kurser, den första på 150 poäng och den andra på 100 poäng.

Texten är mer komprimerad än i nu gällande planer vilket leder till osäkerhet: Är det till exempel meningen att halveringstid och aktivitet inte längre behöver tas upp när radioaktivt sönderfall behandlas eftersom dessa begrepp är borttagna i förslaget? Och kanske finns det en och annan som reagerar på skrivningen att när

fysik (och kemi) ska kopplas till "omvärlden" i Fysik, nivå 2, så är det "filmer, populärkultur och skönhetsindustri" som lyfts fram som lämpliga exempel.

Länk till förslaget.



Meteoritfallet avgjort – men domen överklagas

■ I *Fysikaktuellt* nr 1/2022 kunde du läsa om hur det gick till när meteoritsökarna Andreas Forsberg och Anders Zetterqvist hittade den på många sätt unika järnmeteorit som föll utanför Enköping i Uppland den 7 november 2020. Markägaren, Johan Benzelstierna von Engeström ansåg dock att meteoriten borde tillfalla honom, och ärendet hamnade i domstol.

I Sverige finns i dagsläget ingen särskild lagstiftning beträffande meteoriter. Benzelstierna von Engeström hävdade i rätten att meteoriten borde tillfalla ägaren av den mark där den fallit, medan Forsberg och Zetterqvist argumenterade för att allmänrätten gäller.

I december dömde Uppsalas tingsrätt till Forsbergs och Zetterqvists fördel.

Rätten anser att

meteoriten är att betrakta som lös egendom, som inte tillhörde någon. Därmed anser rätten att äganderätten tillfaller upphittarna.

Johan Benzelstierna von Engeström har överklagat domen till Svea hovrätt.

– Det är inte alls omöjligt att det här kommer att hamna i Högsta domstolen så småningom, säger Karin Åhman, professor i statsrätt på Stockholms universitet, till P4 Uppland.

CHRISTINA KJELLSTRAND
Fysikaktuellt

Meteoriten är cirka 30 cm lång. Den mörka ytan består av en tunn smältskorpa som fläckvis fallit bort. De små groparna (regmaglypter) orsakas av smältning.



FOTO: A FORSBERG/A ZETTERQVIST



FOTO: VANESSA SANDBLOM

Lise Meitner-dagarna hölls på AlbaNova i Stockholm. Deltagarna bjöds på laborationer, föreläsningar och en fin middag på hotell Birger Jarl.

Äntligen på plats igen!

Efter ett års intensiv planering och två års uppehåll på grund av covid-pandemin så var det äntligen dags för **Lise Meitner-dagarna 2022**.

Den 25:e november tog 110 förväntansfulla gymnasieelever från hela Sverige plats i Oscar Klein-salen på AlbaNova vid Stockholms universitet för att delta i invigningen av de sjunde Lise Meitner-dagarna. Under tre intensiva dagar fick deltagarna lyssna på föreläsningar, laborera och ta del av andra spännande fysikrelaterade aktiviteter.

Fredagen inleddes med en introduktionsföreläsning om Lise Meitner av docent Andreas Heinz från Chalmers i Göteborg. Dagarna bjöd på totalt sju föreläsningar med varierat innehåll. Några av titlarna var "Att plugga fysik när man känner sig dum i huvudet" av Eleonora Svanberg, "Optiska pincetter" av Magnus Andersson och "Matchmaking för molekyler" av David Degerman.

FÖRELÄSNINGARNA BRÖTS AV med interaktiva aktivitetspass och laborationer. Studenterna fick bland annat lära sig om vetenskapligt förhållningssätt genom att spela vetenskapsspelet "Expedition Mundus" med Sveriges unga akademi. De fick dessutom ta del av kreativ och inspirerande fysik med fysikläraren Hans Persson, samt en interaktiv föreläsning om kärnkraftverk med Vattenfall. Under lördagen ordnade Wallenbergs fysikpris

"Jag trivdes mycket bra. Det var lärorikt och roligt. Stort tack till alla arrangörer, föreläsare och aktivitetsledare."

"Jag vill redan tillbaka."

"Wallenberg-labbarna var superroliga och även labben med Vetenskapens hus."

Några av deltagarnas kommentarer om Lise Meitner-dagarna 2022.

och Vetenskapens hus laborationer med studenterna, och på kvällen hölls en fin middag på hotell Birger Jarl, med underhållning av spexet Corpus Karolinska från Karolinska Institutet.

Helgen avslutades med en fartfylld fysikshow av doktoranderna Laura och Ellen från Stockholm Universitet. De visade upp spännande experiment och förklarade finurliga fysikaliska fenomen som: hur "ser" ljudvågor ut? Kan man ha dragkamp mot luft? Exakt hur kallt är flytande kväve?

Med detta vill vi tacka för oss. Det har varit en ära att få vara med och arrangera Lise Meitner-dagarna 2022. Ett särskilt stort tack till Svenska fysikersamfundet, Stockholms universitet, KTH och Vetenskapens hus. Vi vill även tacka de tidigare arrangörerna Oskar Vallhagen och Julia Järlebark som hjälpte till under dagarna.

LÅTER DETTA INTRESSANT? Tveka inte att söka till Lise Meitner-dagarna 2023. Håll utkik på vår hemsida, lisemeitner-dagarna.se, för information om anmälan, och mejla info@lisemeitnerdagarna.se om du har några frågor.

VANESSA SANDBLOM
Arrangörgruppen



Moderna skidor fungerar bra i preparerade spår men mindre bra i lössnö.

Fysiken bakom skidåkningens magi

Den 5 mars är det dags för årets upplaga av Vasaloppet, 101 år efter det första. Vi tar en närmare titt på **hur skidor både glider och fäster**, och varför traditionella träskidor och moderna skidor med plastbelag kräver olika vallning.

Januari 2023. Magin som uppstår mellan snö och skida har förundrat mig sedan min kärlek till skidåkning väcktes på ett par Limex träskidor för 40 år sedan. I en hyllning till skidåkningens pionjärer, 100 år efter det första Vasaloppet, åkte jag förra vintern Jubileumsvasan på ett par nio fot långa tjärvallade skidor med björksula. Det var lika mycket ett fysiskt kraftprov som ett forskningsprojekt för att bättre förstå skidmagins fysik.

Skidorna

”Tegsnäs” står skrivet på en stor fabriksbyggnad halvvägs mellan Umeå och Lycksele. Jag svänger av Blå vägen och parkerar framför dörren. Tomas och 60 tjär-

doftande skidor välkomnar mig. Skidorna är nyttillverkade men ser gamla ut. Nio fot långa, grafitbetsade och utan spann¹ – som för 100 år sedan.

Då handlade skidåkning om skogshug-gares transport genom djup snö till och från avverkningsplatser. Hårt arbete och enkel fysik. Korta skidor sjunker i djup snö och långa skidor bär: Trycket P från skidåkarens tyngd F_G mot snön minskar omvänt proportionellt mot skidans area A ,

$$P = \frac{F_G}{A}.$$

Mina första långa träskidor skaffade jag för drygt 20 år sedan, efter att med svett och svordomar lärt mig att i ospårad djupsnö är glid från nyvallade plastbelag

sekundärt. Utlockad av en halvmeter nysnö såg jag fram emot ett Elsa Beskovskt vinteräventyr på mina smala tävlings-skidor. Så snabba i preparerade spår, så odugliga i lössnö. Med styva spann och en tredjedels bärande area jämfört med nio-fotare gräver de ner sig i snön och vill inte komma upp. All energi går åt till att komprimera och flytta snö. Två kilometer och en timme senare gav jag upp.

I TEGSNÄSSKIDANS fabriksbyggnad samlar Tomas ihop ett dussintal skidor, lägger dem på ett bord och börjar para ihop dem.

– De här är lika.

Jag granskar sulorna och de obefintliga spannen men ser inte vad Tomas ser.

Hundratals timmar i vallaboden med plastskidor ger inga ledtrådar om vad som utmärker en bra träskida med björksula. Mina träskidor med betydligt hårdare rödsula² som burit mig genom lössnö på så många vinteräventyr ger, förutom längden, heller inga referenser. Jag nickar och litar på att Tomas har rätt.

Björkarna brinner gula och snön är minst en månad bort. Ändå är det för sent.

– Tjären kommer att nötas bort direkt. Skidorna måste stå mot en sydsida en sommar för att dra in tjären och få en hård och hållbar yta, säger Tomas.

Han har provat UV-ljus och IR-värme, men inget är som en sommar i solen. Jag intalar mig att kunskapen om hur man med paraffin, vallajärn, sicklar och borstar får fart på plastskidor kommer att avslöja björksulans hemligheter. Det fungerar ju på rödsula. Jag har fel.

När bindningarna med bockad plåt och läderremmar är på plats är det redan skidföre. Skidorna har stått i spänn men tjärburken är fortfarande öppen. Vardagsrallyt har kommit emellan.

Till premiärturen gnuggar jag bara lite mjukt paraffin under skidorna. Samma vallning som ger perfekt balans mellan glid och fäste på rödsula efter några kilometers inkörning. På björksulan är dock paraffinet snabbt borta och resten av skidturen blir effektiv styrketräning.

Friktionen

Paraffinet spacklar till viss del igen sulans träfiberojämnheter och lämnar en tunn, hydrofobisk film under skidan. En slätare sula minskar torrfriktionen när skidan kolliderar med snökristaller och de vattenavstötande egenskaperna minskar våtfriktionen mot den smörjande vattenfilm som även vid minusgrader uppstår bakom skidspetsen när trycket ökar, snökristaller krossas och friktionen genererar värme.

Torrfriktionen

$$F_{F_{\text{torr}}} = \frac{\tau}{\sigma} F_N,$$

där τ är skjuvspänningen hos det mjukare materialet, σ är normalspänningen och F_N är normalkraften. För bästa glid krävs ett hårt belag³ som vassa snökristaller inte greppar tag i – snöns skjuvspänning dominerar – medan fäste kräver ett mjukt



139 personer, lika många som i det första Vasaloppet, deltog i Jubileumsvasan 2022.

belag, eller fästvalla, för snökristallerna att haka i – vallans skjuvspänning dominerar.

Moderna klassiska plastskidor med spann glider bra med kroppsvikten fördelad på båda skidorna. Då orkar spannen lyfta fästvallan från snön och snökristallerna möter bara det hårda belaget. Plastbelag görs i dag av polyeten med ultrahög molekylvikt, känt för sin låga friktion och förmåga att binda paraffiner som med varierande hårdhet och tillsatser är framtestade för ännu bättre glid i olika fören.

Med all kroppsvikt på en skida och tyngden på framfoten kollapsar dock spannet på en anpassad skida. Snökristallerna tränger in i fästvallan och ger hög statisk friktion. För kalla, vassa snökristaller krävs en hård fästvalla så att snökristallerna pressas in vid diagonalspark⁴ och släpper efter. För runda, grovkorniga iskristaller i plusgrader fungerar bara ett mjukt klister som vid fränskjutets höga tryck greppar om iskristallerna för att släppa dem när glidsteget tar över. Oavsett före leder snö som fastnar under skidorna till uselt glid och dåligt humör.

Att det överhuvudtaget går att diagonal med både fäste och glid på en spannlös skida med samma valla längs hela skidan beror på att den statiska friktionen är högre än den dynamiska. Snö och skida greppar hårdare tag i varandra när de inte rör sig mot varandra.

MEN INGEN SKIDMAGI med bara torrfriktion. Förutom i kindbitande trettio-graderskyla är vattens trippelpunkt då is, vatten och ånga existerar i jämvikt tillräckligt nära för att skapa magi med en

smörjande vattenfilm som minskar friktionen. Ruset av att åka på ett tunt lager rimfrost med närmast friktionslösa skidor har en halveringstid på nästan en vecka.

Våtfriktionen

$$F_{F_{\text{våt}}} = \frac{\eta_w A_C v}{b}$$

är oberoende av normalkraften och bestäms av vattens temperaturberoende dynamiska viskositet η_w , vattenfilmens kontaktyta mot skida A_C , hastigheten v och vattenfilmens tjocklek b – så länge flödet är laminärt. När det är riktigt blött blir vattenfilmen för tjock för laminärt flöde och friktionens omvända proportionalitet mot vattenfilmens tjocklek bryter samman. Kvadratiska termer av hastigheten blir också signifikanta.

Under fem minusgrader går det trögare ju kallare det är, eftersom den högre torrfriktionen dominerar alltmer över den lägre våtfriktionen. I dessa kalla fören minskar friktionen något med ökad hastighet när vissa områden, tack vare friktionsvärme, övergår från torr- till våtfriktion. Bakom hälen, där trycket är som störst, ökar temperaturen flera grader i snön. Hastighetens effekt på friktionen är tydlig i övergången från gnekande skejtskidor⁵ uppför – med omstart i snön vid varje skär – till skidor som släpper i parallellglid utför.

I varmare fören ökar friktionen med ökad hastighet på grund av våtfriktionens hastighetsberoende. En alltför tjock och utbredd vattenfilm leder till sug från adhesionskraften mellan vatten och belag. Värst är nysnö i blidväder. Finkornig snö binder stora mängder fritt vatten när den ►

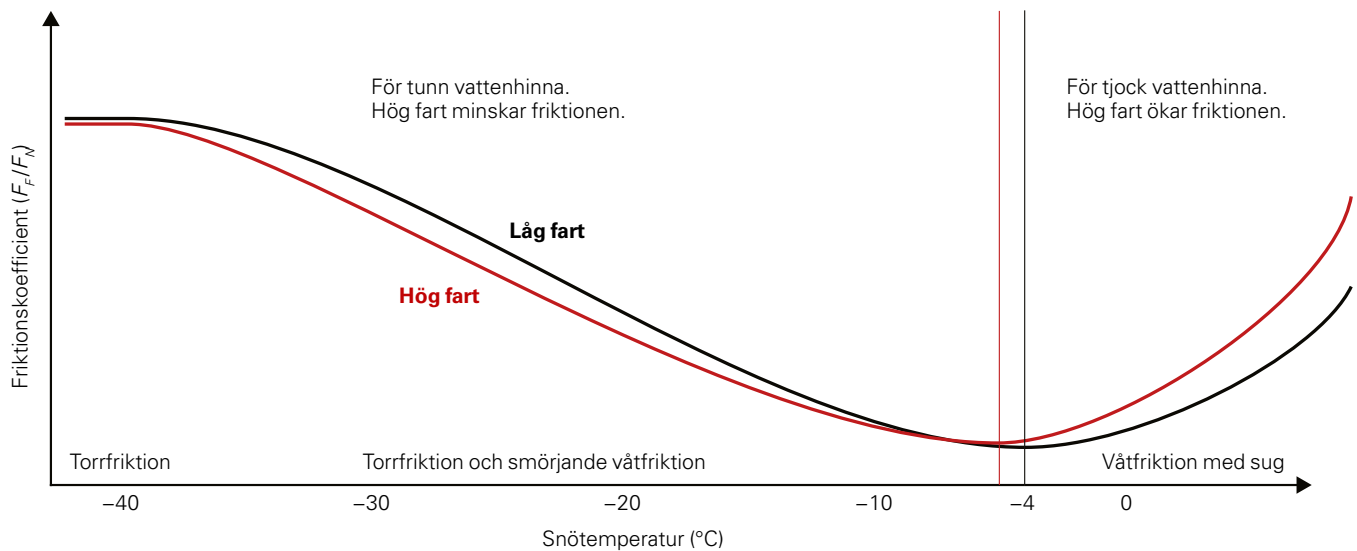
1 *Spann* är den upphöjda delen i mitten av skidan där fästvalla läggs på klassiska skidor.

2 *Rödsula* är benämningen på belag tillverkade i bankiray, ett mycket hårt och slitstarkt träslag från Indonesien.

3 *Belaget* är underdelen av skidan som har kontakt med snön.

4 *Diagonalåkning* är åkstilen där åkaren växelsvis skjuter ifrån med höger arm och vänster ben, respektive vänster arm och höger ben.

5 *Skejt* är namnet på den åkteknik som liknar skridskoåkning. Skejtskidor vallas bara med glidvalla och är kortare än klassiska skidor.



Friktionskoefficienten som funktion av snötemperatur och åkhastighet.

- töar medan omvandlad, grovkorning snö är självdränerande.

Mellan dessa ytterligheter är skidåkningen som bäst. Lite beroende på luftfuktighet och snötyp är -4°C den optimala temperaturen för skidåkning då vattenfilmen blir lagom tjock för bästa smörjning (se diagram ovan).

Strukturen

December ägnas åt olika experiment med sickel, tjära och varmluftspistol. Skidorna är för långa för min vallabod så jag står ute med skidorna vilande på två barnsparkar. Med krökt rygg värmer jag decimeter för decimeter av skidan och torkar sedan bort

den heta tjäran med en trasa. När träet reser sig av värmen sicklar jag dem försiktigt släta. Snart ser skidorna okej ut. Ytan håller dock bara för den mjukaste kallsnön; skidorna är träreana redan efter en timmes åkning i omvandlad snö. Utan möjlighet att låta skidorna stå en sommar i solen behöver jag bättre tjära.

Jag beställer en burk som kokas i Pajala. Säljaren tipsar via sms: "Värm in och torka bort så mycket som möjligt av överflödet med en trasa. En vit trasa ska inte färgas." Jag värmer tio centimeter och torkar bort den heta tjäran. Det sticker i tummen av värmen som letar sig genom trasan. Ett varv till. Varmluftspistolen tvingar upp

mer tjära mellan träfibrerna. Efter andra varvet färgas trasan inte längre. Färdigt.

När skidorna stått över natten granskar jag resultatet: en blank och hård yta som framhäver träfibrernas färgskiftningar. Test på snö bekräftar att glidet är bättre, men fortfarande inte i klass med mina rödsuleskidor och naturligtvis ohjälpligt långsammare än smala tävlingskidor med plastbelag.

Kanske är anläggningsytan för stor? Våtfriktionens linjära areaberoende och gamla tiders breda styrspar lockar till två experiment. Att minska kontaktytan genom att sätta skidorna i spänn för att åstadkomma en spännkurva likt moderna klisterskidor visar sig vara hopplöst. Men en överhandfräs fixar ett bredare styrspar och nya tester visar eventuellt på en förbättring. Åtminstone vill jag tro det.

I ett sista försök att ytterligare reducera kontaktytan mellan vätskefilmen och skidan tar jag dagen före Jubileumsvasan fram mina strukturrullar och trycker smala linjära spår i björksulan med tjäryta. Det är en rutin före varje tävling på plastskidor. Fin struktur i kall nysnö och grövre struktur i varmare grov snö. Oftast 2 millimeter skärande struktur från hälen och bakåt för att bryta vattenfilmen som annars blir så tjock och utbredd att smörjningen övergår i sug.



FOTO: MARTIN ROSALL

Tjärad björksula och stenslipat plastbelag. Att hitta perfekta strukturer för olika snöförhållanden är en blandning mellan vetenskap och konst.

PLASTSKIDOR STENSLIPAS för att skapa en mikrostruktur i belaget. Bästa glidet uppstår på mikroskopiska åsar åtskilda av

räta eller korsande diken beroende på före. I praktiken är därför den faktiska kontaktytan mellan snö och skida bara mellan en tusendel och en hundra del av den totala belagsytan. Att hitta den perfekta kombinationen av stenslip och handstruktur för tävlingsspårets snö är en blandning av empirisk vetenskap och konst. När andra delar bilder på katter i sociala medier skickar jag närbilder på nyborstade belag till dem som ser skönheten i nyplöjda mikroskopiska åkrar av blänkande polyeten med ultrahög molekylvikt.

Loppet

Skidorna ligger i snön i riktning mot Mora. Det är tävling i luften. Sista minuten tänker jag på Ernst Alm. Vid starten hundra år tidigare var han en blyg skogsarbetare från Norrlands inland, långt från historieböckerna. Vad tänkte han på? Om fäste och glid skulle hålla hela vägen till Mora? När den sjufaldige Vasaloppsvinnaren Janne Stefansson sänker Transtrands sockenflagga klockan 7.04 rusar skidåkarhorden iväg som om loppet vore en stadssprint upplyst av marschaller.

Fram till Evertsberg njuter jag av tjärans möte med den kalla snön. Efter Evertsberg är både den knappa morgonkylan och det tunna lagret tjära borta. Efter påfyllning av blåbärssoppa och energi varvar jag stakning och diagonalåkning hela den sju kilometer långa utförskörningen som följer kontrollen. I min femtonde färd mellan Sälen och Mora får jag ingen chans till återhämtning trots publikens löfte i Evertsberg: "Nu får du vila utför!" Sådan är träskidåkningen i fuktig snö. Fartställning är en raritet.

Flera timmar ensamskidåkning följer. Horisontellt rör jag mig sakta med sugande vätfriktion mot målportalen i Mora och vertikalt befinner jag mig någonstans mellan den grova, våta snön som slitit tjäran av skidorna och mina vacklande tankar. Tomas på skidfabriken hade rätt: Skidorna måste stå mot en sydsida en sommar för att dra in tjäran och få en hård och hållbar yta.

Täta led med skrikande åskådare de sista hundra metrarna innan målportalen överröstar tankarna och euforin tar över.



FOTO: PRIVAT

Martin Rosvall i Jubileumsvasan. Här ensamskidåkning med trärena skidor i blötsnö efter Evertsberg.

I en annan tid och på annan snö, men med samma kärlek till skidåkning, skär jag mållinjen fem minuter efter Ernst Alms hundra år gamla segertid.

Ett år senare

Efter loppet ringer Erik Ludvigsson mig. Han ägde tidigare Tegsnässkidan och vallamärket Lind-Ex. Knappast någon har kokat ihop fler tjärvallablandningar än Erik. Vi analyserar vallningen inför Jubileumsvasan och resultatet. Erik funderar och ber att få återkomma.

Lagom till majvärmens levereras en tjärblandning i en gammal syltburk. Den rinner inte i rumstemperatur. Jag frågar vad den innehåller och Erik svarar hemlighetsfullt:

– Det finns i skogen.

Jag tjärar skidorna och hänger upp dem på sydsidan av huset. Nu ska det ske.

Åtta månader senare ligger snön djup och jag granskar resultatet. Sommarvärmens har tvingat in tjäran i björksulan och förångat de lättflyktiga hartserna. Kvar är en yta med magiska egenskaper. Hård när det är knarrkallt så skarpa snökristaller fäster och släpper i takt med diagonalåkningens frångjut och glidsteg. Mjukare när det är varmare

för att greppa trubbigare iskristaller. Den sommarvärmebehandlade tjärvallningen maximerar skillnaden mellan statisk och dynamisk friktion. Sparka och glida. Sparka och glida. Inga ekvationer fångar känslan. Det är magi i Kung Vinters värld.

MARTIN ROSVALL

Institutionen för fysik, Umeå universitet

Texten använder utdrag från "Jakten på skidåkningens själ i Jubileumsvasan" av Martin Rosvall publicerad i Kungl. Skytteanska Samfundets Årsbok *Thule* 2022, sid. 207–217.

Läs mer

FP Bowden and TP Hughes, "The mechanism of sliding on ice and snow", *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*, 172(949):280–298, 1939.

B Glenne, "Sliding friction and boundary lubrication of snow", *Journal of Tribology-transactions of The ASME*, 109:614–617, 1987.

K Schindelig, M Hasler, J Van Putten, S Rohm, and W Nachbauer, "Temperature below a sliding cross country ski", *Procedia Engineering*, 72:380–385, 2014.

N Lintzén, *Properties of snow with applications related to climate change and skiing*, PhD thesis, Luleå tekniska universitet, 2016.

L Bäurle, Th U Kaempfer, D Szabo, and ND Spencer, "Sliding friction of polyethylene on snow and ice: contact area and modeling", *Cold Regions Science and Technology*, 47(3):276–289, 2007.



WALLENBERGS FYSIKPRIS 2023

Första plats för Norra Real i Stockholm

I år var det Norra Real i Stockholm som knep första platsen i lagtävlingen inom **Wallenbergs fysikpris**. De tre eleverna i laget, Melvin Storbacka, Alvin Palmgren och Mattias Bjerklov, plockade tillsammans ihop imponerande 78 poäng vilket innebär att de också alla tre bjuds in till den individuella finalen.

Fysikersamfundets tävling för gymnasieelever, Wallenbergs fysikpris, består av sex uppgifter som ska lösas individuellt under fem timmar en torsdag i slutet av januari. De 18 elever som får flest poäng går vidare till en final där deltagande i den internationella fysikolympiaden hägrar för de fem som placerar sig i topp. Men uttagnings tävlingen är också en tävling skolor emellan där poängen för varje skolas tre bästa elever läggs samman.

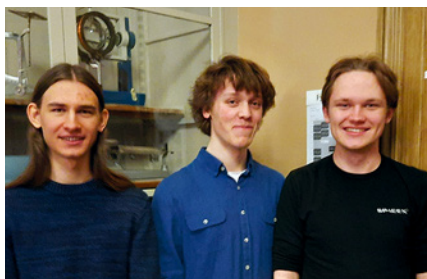
I år var det Norra Real och Södra Latins gymnasium i Stockholm som tog hand om första respektive andra platsen i skoltävlingen, medan Polhemskolan i Lund och Kitas gymnasium i Göteborg delade på tredjeplatsen.

Glenn Wouda, fysiklärare på Norra Real, är väldigt glad över första platsen och berättar att skolan har erbjudit träning inför tävlingen:

– Jag har haft träningstillfällen nästan varje måndageftermiddag. Men våra elever har väldigt hög grundmotivation och förmåga, så jag behöver inte göra så mycket egentligen. Skolan har också kursen Fysik 3, där jag har skrivit den bok vi använder. Att flertalet fysiklärare på skolan har bakgrund inom forskning och industri tror jag bidrar lite till att väcka och öka elevernas intresse.

Ett tävlingsvant lag

Alla tre eleverna i det vinnande laget har tävlat förut, framför allt i astronomi, men



Det segrande laget i årets skoltävling, Norra Real i Stockholm, från vänster: Alvin Palmgren, Mattias Bjerklov och Melvin Storbacka. Alla tre kom även med till den individuella finalen.

Vinnande skolor 2023

1	Norra Real, Stockholm	78 p
2	Södra Latins gymnasium, Stockholm	68 p
3	Polhemskolan, Lund	65 p
3	Kitas gymnasium, Göteborg	65 p
5	Möckelngymnasiet, Karlskoga	64 p
6	Rosendalsgymnasiet, Uppsala	62 p
7	Danderyds gymnasium, Danderyd	60 p
8	Katedralskolan, Lund	56 p
8	Nyköpings Enskilda gymnasium, Nyköping	56 p
10	Europaskolan, Strängnäs	55 p
10	Hvitfeldtska gymnasiet, Göteborg	55 p

också i matematik. Melvin Storbacka skrev uttagnings tävlingen till Wallenbergs fysikpris även förra året när han gick i tvåan:

– Jag tyckte att det var en stor skillnad på att skriva provet nu i trean, när man gått igenom nästan all relevant fysik, nu kändes uppgifterna mest roliga och utmanande. Förra året var jag med i Internationella astronomi- och astrofysikolympiaden, så det ska bli väldigt kul att nu under våren få fokusera mer på fysik. I framtiden hoppas jag kunna forska inom teoretisk fysik, det känns som något jag skulle tycka var väldigt kul, samtidigt som man kan bidra till vetenskapens utveckling.

Alvin Palmgren och Mattias Bjerklov håller med om att det var roliga uppgifter i uttagnings tävlingen. Alvin:

– Problemen var riktigt intressanta! Det sista, där accelerationssträckan för en bakhjulsdriven bil skulle bestämmas, var extra klurigt, men också det roligaste. Jag har nog alltid varit intresserad av hur världen fungerar och av de naturvetenskapliga ämnena känns det som att fysik ger de mest "grundläggande" svaren. Sedan gillar jag också själva problemlösningsaspekten och matten.

– Jag är intresserad av fysik för att ämnet både innehåller naturvetenskapens koppling till verkligheten och delar av matematikens logik, inflikar Mattias. Fysik är, för att citera Ernest Rutherford, ►

Årets uppgifter: James Webb och fullerener

■ Accelerationssträcken för en bakhjulsdriven elektrisk bil och rörelseenergin hos de sönderfallskärnor som bildas när borneutronabsorptionsterapi (BNCT) används för behandling av tumörer. Det var två av de sex uppgifter som de tävlande i årets upplaga av Wallenbergs fysikpris skulle plocka fram. Frågekonstruktörerna (Lage Hedin, Ulf Jonasson, Niklas Malmgren, Gunnar Ohlén, Fredrik Olsson, Christian Karlsson och Susanne Tegler) serverade som vanligt en väl

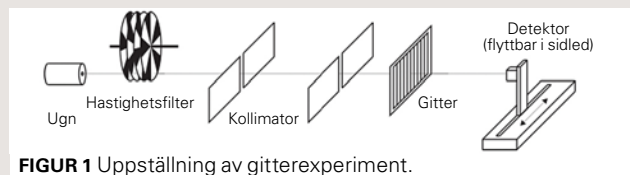
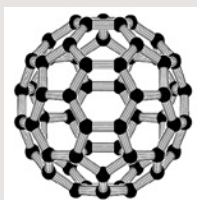
blandad kompost där också effekten på en svenskköpt elektrisk värmare som tas med till USA efterfrågades, liksom specifika värmekapaciteten för ett okänt ämne.

Riktigt dagsaktuella var de två uppgifter som presenteras i sin helhet nedan. Kan du själv bestämma hur långt bort James Webb-teleskopet befinner sig och vilken fart förra årets nobelpristagare Anton Zeiliger lät fullerenmolekylerna ha när han testade deras kvantmekaniska egenskaper?

Uppgift 4: Fullerenmolekylen

■ Den österrikiske fysikern A. Zeilinger som delade årets nobelpris med två andra är känd för att göra experiment som testar gränserna av kvantmekaniken. Ett exempel på detta är ett experiment där han tillsammans med sina medarbetare testade om fullerenmolekylen C_{60} , uppför sig som en kvantmekanisk partikel. C_{60} kallas fotbollsmolekylen, då den är rund och har samma struktur som en vanlig fotboll.

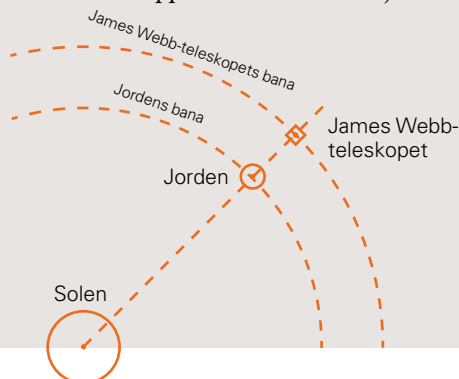
Det avgörande testet på en partikels kvantmekaniska egenskaper är om man kan visa interferens i ett gitterexperiment. Experimentuppställningen framgår av figur 1.



FIGUR 1 Uppställning av gitterexperiment.

Uppgift 5: James Webb-teleskopet

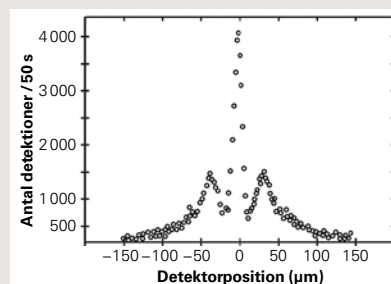
■ James Webb-teleskopet är ett rymdbaserat teleskop som skickades upp för ett år sedan. Teleskopet har sin plats i en så kallad Lagrangepunkt. Denna position innebär att teleskopet har samma omloppstid runt solen som jorden har. Solen,



I ugnen upphetas en gas av C_{60} som kan lämna ugnen genom ett litet hål. Eftersom de har olika fart och riktning behöver man välja ut de molekyler som har rätt fart och riktning. Detta görs med hjälp av ett hastighetsfilter och en kollimator. När molekylerna träffar gittret har de alltså en definierad fart och riktning, naturligtvis med viss osäkerhet. Molekylerna detekteras på ett avstånd av 1,20 m från gittret. Gitterkonstanten är 100 nm.

Resultatet av experimentet visas i figur 2. Eftersom det blir ett interferensmönster visar experimentet att fullerenmolekylen beter sig som en kvantmekanisk partikel.

Vilken fart har C_{60} -molekylerna i experimentet?



FIGUR 2 Resultat av gitterexperimentet.

jorden och teleskopet ligger därför på en rak linje så att teleskopet hela tiden har den störande strålningen från jorden och solen i samma riktning och kan skärma av denna.

Hur långt bort från jorden befinner sig teleskopet?

The James Webb Space Telescope (JWST) is a space telescope which conducts infrared astronomy. As the largest optical telescope in space, its high resolution and sensitivity allow it to view objects too old, distant, or faint for the Hubble Space Telescope. This will enable investigations across many fields of astronomy and cosmology, such as observation of the first stars, the formation of the first galaxies, and detailed atmospheric characterization of potentially habitable exoplanets.

Text från Wikipedia



FOTO: JOHAN MAURITSSON

Rättningen kunde äntligen ske på plats i Göteborg igen. Från vänster syns: Susanne Tegler, Kerstin Ahlström, Max Kesselberg, Hans Jakobsson (skymd), Gunnar Ohlén, Adam Warnerbring och Ami Knee.

► den enda vetenskapen som inte är "stamp collecting". Jag tycker att kvalificeringsuppgifterna var mycket intressanta. De var krävande och behandlade många olika områden inom fysiken.

Äntligen möjligt med gemensam rättning igen

I år fick tävlingen in bidrag från 76 gymnasieskolor, vilket innebär att antalet skolor nu är tillbaka på nivån innan coronautbrottet. Däremot är det en bit kvar gällande antalet deltagande elever: I år skickades det in lösningar från 436 elever, jämfört med 570 elever för tre år sedan. Men de bidrag som kom in hade å andra sidan lyckats väl med problemlösandet – årets medelpoäng hamnade på höga 10,0 poäng av 30 möjliga.

Även rättningsarbetet kunde i år återgå till det normala, med gemensam samling i Göteborg under en lördag. Trettio lärare från olika delar av landet slöt upp för att tillsammans gå igenom och bedöma nästan tvåtusen uppgifter. Rättningen sker sedan ett par år tillbaka på datorskärm och Susanne Tegler i Fysikersamfundets undervisningssektion, som organiserar arbetet, fick välförtjänt uppskattning för det smidiga upplägget.

Göteborg, Tallinn, Hannover och Tokyo väntar!

Härnäst följer för de arton finalisterna en "fysikvecka" som Fysikcentrum Göteborg arrangerar i mitten av mars. Då bjuds det på inspirerande föreläsningar, experimentell träning och första delen av finalen, där tre experimentella uppgifter ska lösas. Till

fysikveckan bjuds även sex "VIP-tjejer" in utom tävlan i en speciell satsning på att få fler flickor att delta i tävlingen. De tjejer från årskurs 2 som deltagit i tävlingen och fått flest poäng kan då få en extra peppning inför nästa års tävling, något som brukar vara mycket uppskattat.

För att bli en av de 18 elever som går vidare till finalen krävdes det drygt 21 poäng. I år var sex av dessa flickor, en rekordstor andel. Kanske är det tjejsatsningen som genomförts under ett antal år som nu ger resultat?

Efter fysikveckan väntar tre fysikolympiader på deltagare bland finalisterna: I mitten av april arrangeras den nordisk-baltiska fysikolympiaden, NBPhO, i Tallinn, som alla de svenska finalisterna deltar i. Denna olympiad är dels en tävling i sig, dels den avslutande delen av finalen i Wallenbergs fysikpris. I juni är det dags för den europeiska fysikolympiaden EuPhO, som i år arrangeras i Hannover. Dit erbjuds de fem elever som placerade sig bäst i uttagningstävlingen att åka. Och slutligen, i mitten av juli, hålls det äntligen – efter tre års väntan – en stor internationell fysikolympiad, IPhO, igen. I sommar är det Tokyo som är värd för denna, och de fem finalister som placerat sig bäst i finaltävlingen erbjuds då att representera Sverige.

Ett varmt tack till Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond som finansierar uttagningstävlingen och tillsammans med Skolverket gör det möjligt för oss att delta i olympiaderna.

ANNE-SOFIE MÅRTENSSON
Göteborgs universitet

Finalister 2023

- 1 **Melvin Storbacka**, Norra Real Stockholm 28 p
- 1 **Emil Ryd**, UWC Red Cross Nordic, Flekke, Norge 28 p
- 3 **Edvin Cambrand**, Möckeln-gymnasiet, Karlskoga 27 p
- 4 **Milles Åhman**, Polhemskolan, Lund 26,3 p
- 5 **Alvin Palmgren**, Norra Real, Stockholm 25,4 p
- 6 **Mattias Bjerklov**, Norra Real, Stockholm 25,3 p
- 7 **Ragna Norrlund**, Rosendals-gymnasiet, Uppsala 25,1 p
- 8 **Gustav Aldenius**, Nyköpings enskilda gymnasium, Nyköping 25 p
- 9 **Markus Farnebäck**, Berzelius-skolan, Linköping 24 p
- 9 **David Kjellgren**, Nösne-s-gymnasiet, Stenungsund 24 p
- 9 **Sixten Nyblad Ek**, Södra Latins gymnasium, Stockholm 24 p
- 12 **Todd Bergegårdh**, Kitass gymnasium, Göteborg 23 p
- 12 **Ellen Pelander**, Celsiusskolan, Uppsala 23 p
- 12 **Line Thunman**, Södra Latins gymnasium, Stockholm 23 p
- 15 **Hanna Stagen Enwall**, Danderyds gymnasium, Danderyd 22,3 p
- 16 **Karina Bache**, Kitass gymnasium, Göteborg 22 p
- 17 **Linda Nordmark**, Viktor Rydbergs gymnasium, Djursholm 21,2 p
- 18 **Josef Paulsson**, Platengymnasiet, Motala 21,2 p



GÖTEBORGS
UNIVERSITET

INSTITUTIONEN FÖR FYSIK

LÄRARE I FYSIK?



FÖLJ
MED
TILL
CERN!

Institutionen för fysik vid Göteborgs Universitet erbjuder tre gymnasielärare i fysik en unik möjlighet att följa med på studieresa till världens största partikel-accelerator CERN i Genève. Resan äger rum 10-13 april 2023.

Institutionen bjuder på boende samt arrangerar hela vistelsen och alla besök vid laboratoriet men ersätter inte flygbiljetter eller andra resekostnader.

Inkom med intresseanmälan senast 14 mars.



Nästa generations forskningsradar

På tre platser på Nordkalotten byggs just nu nya stora avancerade radarstationer. Dessa kommer att vara delar av forskningsradarsystemet **EISCAT_3D** som bland annat ska användas för att studera processer i jordens övre atmosfär.

EISCAT (European Incoherent SCATter) Scientific Association är en internationell forskningsorganisation som sedan 1981 har drivit radaranläggningar för just den här typen av forskning. Den nya anläggningen är ett stort steg framåt för EISCAT, men också förstås för forskningen som kan genomföras.

En stor del av forskningen som användarna av EISCATs radarsystem ägnar sig åt rör växelverkan mellan solen och jorden. Solljuset står för den energi som driver de stora globala systemen i atmosfären och världshaven, som i sin tur kontrollerar väder och klimat på jorden. Den mer högfrekventa delen av solljuset joniserar den övre delen av jordens atmosfär och bildar på så sätt jonosfären. Inte nog med det, solen skickar även ständigt ut en strid ström av laddade partiklar, den så kallade solvinden, som tack vare



FOTO: CRAIG HEINSELMAN

Ett litet testsystem för EISCAT_3D med 91 antennelement framför EISCATs gamla 32 m-mottagarantenn i Kiruna.

jordens magnetfält styrs förbi jorden men som också delvis kan fångas upp och på så sätt bidra till norrsken (och sydsken). De sistnämnda är aspekter av vad man brukar kalla för rymdväder. Med rymdväder menar man de förhållanden i jordens magnetfält och jonosfär, orsakade av solen och

solvinden, som kan medföra störningar i både rymd- och jordbaserade tekniska system och tjänster. För att förstå rymdväder krävs noggranna observationer, och det är här som den typ av radarsystem som EISCAT driver kommer in.

EISCATs RADARSYSTEM ANVÄNDER sig av inkoherentspridningsmetoden. Alla radarsystem bygger på principen att man först skickar ut en radiosignal mot det man vill undersöka, sedan tar man emot och analyserar signalen som kommer tillbaka. Det som är speciellt för inkoherentspridningsmetoden är att det är de fria elektronerna i jonosfären som undersöks.

Var och en av elektronerna som den utsända radiosignalen träffar sprider signalen genom Thomsonspridning (spridning av elektromagnetisk strålning mot en fri laddad partikel), och den således spridda signalen får ett litet frekvensskifte som beror på hur elektronen rör sig. I och med att det är



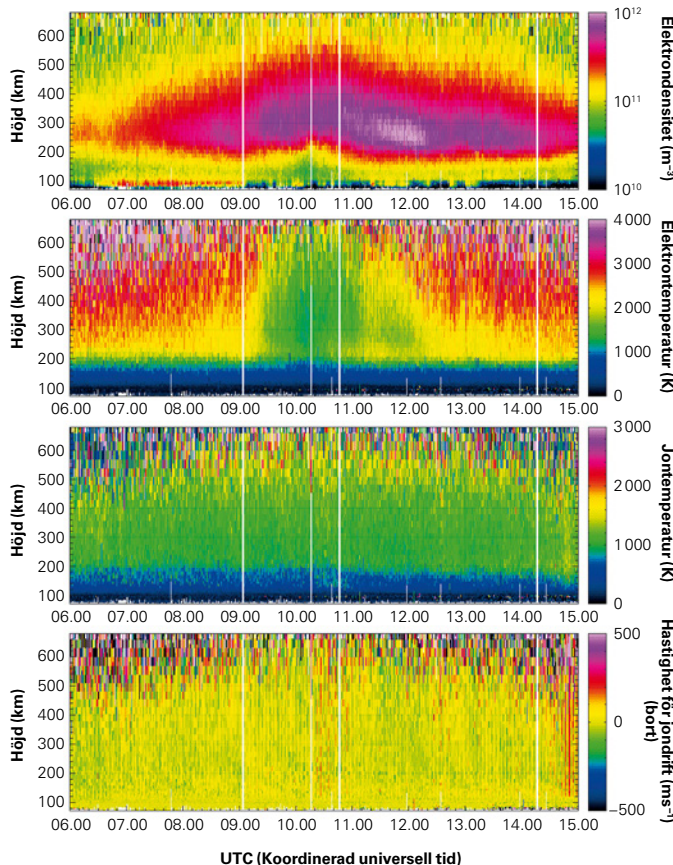
Mottagarstation för EISCAT_3D under uppbyggnad nära Torneträsk.

FOTO: CRAIG HEINSELMAN

oerhörda mängder elektroner som träffas av den utsända radiosignalen försvinner fasinformation från signalen som kommer tillbaka, retursignalen är *inkoherent*, och analysen av den måste ta hänsyn till detta. Elektronerna rör sig dock inte helt oberoende, utan deras rörelse styrs till viss del av vad jonerna har för sig. Jonernas rörelse i sin tur styrs av de inneboende vågor som alltid finns i ett plasma på grund av termiska rörelser, samt av det storskaliga plasmaflödet. Detta gör att den mottagna signalen får ett frekvensspektrum som är förhållandevis smalt och har en speciell dubbelpuckelform. Från detta spektrum kan man bestämma elektrontätheten, elektron- och jontemperaturerna, och plasmaflödets hastighet i en riktning. Om radarsystemet dessutom har tre geografiskt utspridda mottagare kan man räkna ut plasmaflödets fullständiga hastighetsvektor. Standarddata från EISCATs anläggningar är en beskrivning av jonosfären via höjdberoendet av dessa parametrar.

RETURSIGNALEN FRÅN elektronerna i jonosfären är väldigt svag, så för att inkoherentspridningsmetoden ska fungera krävs det kraftfulla sändare och känsliga (det vill säga stora) mottagare. Radarn ska vara stor och stark, och sådana system är dyra att bygga och driva vilket gör att bara ett fåtal länder på egen hand kan ha sådana anläggningar. Därför bildades 1976 EISCAT Scientific Association som en internationell organisation för att driva just den typen av radarsystem. EISCATs huvudkontor ligger i Kiruna, och de nuvarande medlemmarna i EISCAT är Sverige, Norge, Finland, Japan, Storbritannien och Kina. EISCAT har haft radarsystem i drift sedan 1981 i Tromsø, Kiruna och Sodankylä, och även på Svalbard sedan 1996. Tekniken i dessa anläggningar börjar bli lite ålderstigen och därför är en ersättare nu på gång: EISCAT_3D.

Till skillnad från de nuvarande EISCAT-systemens över 30 meter stora parabolantennor kommer EISCAT_3D att bestå av grupper av små, enklare antennelement. Signalerna till och från dessa kan



Data från EISCAT över hur jonosfären över Tromsø svarade på solförmörkelsen 20 mars 2015. Den maximala förmörkelsen skedde strax efter klockan 10 UTC.

Figuren visar höjdberoendet av elektrontätheten, elektron- och jon-temperaturerna samt plasmas flödes-hastighet i EISCAT-antennens synriktning. EISCAT_3D kommer att kunna användas för att skapa tredimensionella kartor över liknande händelser.

justeras elektroniskt så att det så gott som ögonblickligen går att ändra riktning på radiosignalen, utan att mekaniskt vrida någon del av antennen. Med hjälp av EISCAT_3D kommer det därmed att bli möjligt att skapa tredimensionella bilder av jonosfären över Nordkalotten, och att göra dessa mätningar kontinuerligt.

I ETT FÖRSTA SKEDE kommer EISCAT_3D att bestå av tre anläggningar: en 5 MW-sändare och mottagare bestående av runt 10 000 antenn-element som byggs på en sandmo utanför Skibotn i Norge, en mottagare på en udde i Torneträsk (Sverige) och en mottagare intill en myr nära Kaaresuvanto i Finland.

Mottagarstationerna har runt 5000 element var. Byggandet av anläggningarna har sin-kats en del på grund oförutsedda markarbeten som behövs göras, samt covid-19-pandemin med dess földeffekter inom exempelvis tillgången på

halvledarkomponenter. Under hösten 2022 kom i alla fall byggena igång på alla tre platserna, och arbete med installation och tester kommer att pågå under 2023. EISCAT_3D-systemet beräknas kunna starta vetenskapliga mätningar under 2024.

EISCAT_3D KOMMER ATT stå för ett stort steg framåt för vår förståelse av processerna som pågår i den övre atmosfären och i jonosfären. Dessutom kommer anläggningen att kunna användas för andra radartillämpningar, som exempelvis inmätning av rymdskrot (se *Fysikaktuellt* nr 2/2022). Det finns alltså mycket att se fram emot de närmaste åren.

ANDERS TJULIN
EISCAT Scientific Association

Läs mer

McCrea, I., Aikio, A., Alfonsi, L. et al, "The science case for the EISCAT_3D radar", *Prog. in Earth and Planet. Sci.* 2, 21 (2015).
<https://doi.org/10.1186/s40645-015-0051-8>

Århundraden av modern fysik

Svenska Fysikersamfundets konferens, **Fysikdagarna**, hålls 14–16 juni vid AlbaNova universitetscentrum i Stockholm. Konferensen bjuder på föreläsningar om aktuella ämnen som klimatförändringar, astronomiska observationer och fysikundervisning, samt laboratorievisningar och en posterutställning.

Det gemensamma programmet blandas med sektionsspecifika aktiviteter. För ytterligare information och länk till anmälan, besök www.fysikersamfundet.se.

Fysikdagarna

– en konferens för alla fysiker

I programmet ges allmänt tillgängliga plenarföreläsningar. I de olika sektionernas program ges mer specialiserade presentationer och en uppdatering kring aktuella resultat i olika fält.

Under gemensamma pauser för lunch och fika ges möjlighet att träffa medlemmar i olika sektioner, och unga forskare från hela landet uppmuntras att presentera sin forskning i posterutställningen.

Aktiviteter särskilt

riktade mot gymnasielärare

Undervisningssektionen har satt

samman ett program för gymnasielärare späckat med spännande fysik. Bland annat ges en föreläsning om NASA-uppdraget DART, som ändrade omloppsbanan för asteroidmånen Dimorphos.

Vetenskapens Hus arrangerar en workshop kring solenergi och vindkraft. I Fysikdagarnas utställning medverkar också ett flertal läromedelsförlag.

Fredagen den 16 juni planeras utflykter med lunch till antingen Nobelmuseum eller Ytterby gruva. På grund av begränsningar i antalet besökare kommer det vara "först till kvarn" som gäller.

En inblick i experimentell verksamhet i Albano-området

Under Fysikdagarna kommer det finnas möjlighet att boka in sig på besök i olika forskningslaboratorier med guidning på svenska eller engelska, beroende på vem som agerar guide.

Följ till exempel med på en rundtur i jakten på mörk materia i XENON-laboratoriet, passa på att få en inblick i "rymdlådan" DESIREE, en av de största experimentella forskningsanläggningarna på Stockholms universitet, få en



FOTO: STOCKHOLM UNIVERSITET

DESIREE (Double ElectroStatic Ion Ring Experiment), en av Stockholms universitets största forskningsanläggningar.

uppdatering om nya kvantmekaniska rön i laboriet för kvantoptik, eller besök forskarna i ytfysik som berättar om vad man lärt sig om kemiska processer i katalysatorer på en atomär nivå.

MICHAEL ODELIUS

För organisationskommittén



Fysikdagarna hålls på AlbaNova i Stockholm.

Registreringen är öppen till och med den 5 maj, läs mer på www.fysikersamfundet.se.

FYSIKDAGARNA 2023

Stockholm 14-16 juni

Vädersolar sett från AlbaNova
Foto: Richard Thomas

Arrangeras på AlbaNova Universitetscentrum av
Svenska Fysikersamfundet tillsammans med Stockholms universitet och KTH

Plenarföreläsningar (på engelska)

Klimat och klimatförändringar

Raymond Pierrehumbert, University of Oxford

James Webb rymdteleskop

Macarena Garcia Marin, European Space Agency

IceCube neutrinoobservatoriet

Olga Botner, Uppsala universitet

Genus och fysik

Anna Danielsson, Stockholms universitet

Nobelpriset i fysik 2022

Armin Tavakoli, Lunds universitet

Nobelprisets historia

Karl Grandin, Kungl. Vetenskapsakademien

Forskningsaktiviteter på Nordita

Sofia Qvarfort, Nordita

**Visningar av forskningslaboratorier, och
parallella program för olika sektioner i
Fysikersamfundet, med särskilda aktiviteter
för undervisningssektionen.**



Fysikaliska fenomen har fascinerat i århundranden

Vädersolstavlan, en av de äldsta avbildningarna av Stockholm, hänger i Storkyrkan i Gamla stan och föreställer haloringer över den medeltida huvudstaden. Tavlan har valts som symbol för Fysikdagarna, eftersom den visar på vår fascination över fysikaliska fenomen och hur de kan representeras. (CC-BY Foto: Nora Odelius)

För ytterligare information och anmälan,
besök <http://www.fysikersamfundet.se>

Registreringen öppnar 24 februari och stänger 5 maj



<https://indico.fysik.su.se/e/fysikdagarna2023>



Hur skapar vi hållbara elkraftnät?

Uthålliga elkraftnät – framtidens energisystem

Elektricitet är en av mänsklighetens största uppfinningar. Elektrifieringen revolutionerade samhället, från att skapa ljus i hem till att möjliggöra industriell utveckling. Idag står vi inför ett dilemma: vi använder alltmer energi, samtidigt som vi måste minska våra utsläpp av koldioxid. Det behövs **en omställning av energisystemet** där ett uthålligt elkraftnät ger nyckellösningar.

Elektricitet innebär ett flöde av elektroner, och finns i samma stund som den produceras. Kapaciteten hos en anläggning som producerar elektricitet brukar anges i *installerad effekt*, med enheten watt (W). Denna anger hur mycket elektricitet anläggningen kan producera vid en viss tidpunkt. För en vindkraftsturbin kan den installerade effekten exempelvis ligga på omkring 3 MW, jämfört med en kärnkraftsreaktor på 300–1 000 MW.

Elkraftsystemet (eller elkraftnätet) är en infrastruktur som flyttar elektrisk energi från energikälla till användare. För att göra detta på ett tillförlitligt, säkert och energieffektivt sätt har ett elkraftsystem utvecklats med en blandning av likspänning och växelspanning. Likspänning innebär en konstant spänningsnivå medan växelspanning innebär att spänningen växlar riktning. Huvuddelen av elkraftnätet utgörs av ett system där både spänning och ström växlar riktning med

en viss frekvens (i Sverige och Europa med 50 perioder per sekund).

Elkraftnätet består av komponenter som luftledningar, kablar och transformatorer, samt kopplingsanordningar (mellan olika spänningsnivåer och komponenter) och omvandlare (exempelvis mellan likström och växelström). Ett traditionellt elkraftnät är uppbyggt av enstaka elkraftverk som förser stora geografiska områden med elektrisk energi via kraftledningar i elnätet. Den totala längden av elnät i Sverige uppgår till ca 590 000 km, vilket skulle räcka till månen och halva vägen tillbaka.

Elnätet kan delas in i tre delar: stamnät (eller transmissionsnät), region och lokalnät. Spänningen i kraftledningarna är mycket hög i stamnätet, uppemot 400 000 volt. Spänningen sänks med transformatorer till 230 volt i våra eluttag. En högre spänning leder till lägre förluster vid överföringen, medan lägre spänning är säkrare för elkonsumenten. Elektrisk ström (i)

mellan två punkter är lika med elektrisk spänning (U) dividerat med resistansen (R) (mätt i Ω). R är ett motstånd mot flödet och kan beskrivas som en förlust i strömöverföringen. I Sverige motsvarar förluster i överföring i elnätet ca 2% av årlig elproduktion.

Smarta elnät, omställningen för uthålliga elnät och GreenGrids

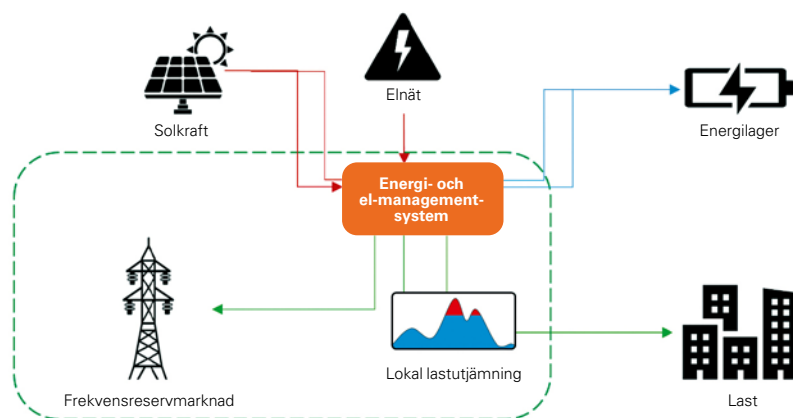
Det globala energisystemet befinner sig i en gigantisk omställning. Målet är att använda mindre fossila bränslen och mer förnybara energikällor, och att använda energin på ett effektivare sätt. Det har gjorts stora satsningar runt om i världen på att bygga ut och modernisera elkraftnäten för att nå dessa mål. Ett av de viktigaste sätten att nå målen är så kallade smarta elnät.

Det finns många exempel på nytta av smarta elnät. Hushållens efterfrågan på el kan optimeras med hjälp av smarta mätare, prissättning av elen

i realtid och smarta vitvaror. El kan levereras med kontrollerad spänning och effekt, där de smarta mätarna automatiskt rapporterar driftavbrott. Högspanningskomponenter och kraftstationer kan fjärrövervakas så att bolag kan planera och genomföra förebyggande underhåll av exempelvis transformatorer eller kraftledningar. De smarta mätarna innebär en revolution i synen på elkonsumenter. I traditionella elkraftnät är konsumenten bara en nod i överförings-systemet. Med smarta mätare kan konsumenten nu få kontinuerlig information om sin egen konsumtion: hur mycket el som *förbrukas* av enskilda apparater i hushållet, eller hur mycket el hushållet *producerar* med exempelvis solceller. En utmaning med denna utveckling är dock en ökad risk för hot genom så kallad cybersäkerhet och det är viktigt att information skyddas mot tredje part.

En central del i omställningen av energisystemet är att öka andelen el från förnybara energikällor liksom sol och vind. Denna typ av elproduktion är kort-siktigt varierande och beror av väderförhållanden och brukar anges intermittent. En stor andel anslutning av intermittent elproduktion innebär en utmaning för elkraftnätet som ständigt måste hålla en balans mellan elproduktion och elkonsumtionen. Vattenkraft som istället varierar säsongsvist med väder, och kärnkraft som varierar beroende på tillfört kärnbränsle är enklare att planera och kallas därför även för planerbar elproduktion.

Vi kan idag se en tydlig trend i att gå från storskalig till lokal elproduktion, så kallad distribuerad småskalig elproduktion. Detta brukas kallas för mikronät. I ett mikronät kan man planera ett lokalt energisystem där man effektivt kan använda tillgängliga energiresurser exempelvis från solkraft och värme (från exempelvis fjärrvärme eller värmepump) och elektricitet. En annan utveckling för att minska fossila bränslen ges av elfordon. Elfordon ger en ytterligare dimension till elnätet, dels genom en geografisk rörlighet och dels genom att kunna variera funktion som elkonsument eller energilager. Allt detta gör elnätet, det framtida uthålliga elnätet, allt mer komplext. Det kopp-



Flexibilitet erhållen från elnät med lokal elproduktion och energilager.

las också samman med andra sektorer i samhället, som information, transport och värmesektorn.

Figuren ovan visar ett exempel från ett mikronät, och hur det kan erbjuda flexibilitet. Ett exempel är projektet GreenGrids-Flex (läs mer i "Behind the Meter Strategies Energy management system with a Swedish case study") inom vilket modeller tagits fram för lokal produktion i solkraft och batterilagring. Vid tre olika studier (en ishall, en förskola och ett affärscentrum) har man kunnat visa på vinsten i ett lokalt mikronät där elproduktion som inte behöver användas i stunden lagras och senare kan säljas. Den kan säljas på en marknad för att kunna minska effektoppar (när det är hög last i elkraftnätet) eller hjälpa till att hålla frekvensen i elkraftnätet.

Utmaningar för Sverige och Europa

Sverige har kommit långt när det gäller att använda el från förnybara energikällor och har varit ett föregångsland i att införa smarta elmätare. Nästa steg är en övergång i transportsektorn från fossila energikällor till en eldriven fordonsflotta, vilket idag sker i stor omfattning. Detta i sin tur ställer krav på infrastruktur för att kunna ladda fordonens batterier eller ansluta dem till nätet. I ett nästa steg kan elfordon kopplas till elnätet som energilager.

Det finns också ytterligare potential för energieffektivisering och exempelvis en större användning av likström.

Moderniseringen av elnätet ställer nya krav på kunskap, och det finns brist på erfarenhet och utbildad personal. Här måste vi ställa krav på utbildningen av framtidens ingenjörer, så att behoven av denna kompetens kan fyllas.

Elförsörjningen och omställningen av energisystemet måste idag även sättas i ett sammanhang om ett energiberoende och en säkerhetsfråga. Ukraina invaderades den 24 februari 2022 av Ryssland. Detta har lett till stora konsekvenser för människor, ekonomi liksom försörjningen av energi och mat. Många länder har svarat med hårda sanktioner mot Ryssland, vilka har stor inverkan på energiförsörjningen i världen. Ryssland står för 40 procent av världens tillgångar på fossila bränslen. I och med kriget har behovet av alternativa energikällor och utökad elproduktion från energikällor med låga klimatutsläpp blivit än mer akut.

LINA BERTLING TJERNBERG
professor i elkraftnät, KTH

Läs mer

Mot framtidens energi – den osynliga revolutionen bakom eluttaget, KTHs energiplattform och Vetenskap & Allmänhet, 2022. (Boken kan laddas ner digitalt, kostnadsfritt, eller beställas som bok). www.energiantologi.se

"Behind the Meter Strategies Energy management system with a Swedish case study", Hamza Shafique, Lina Bertling Tjernberg, Dan-Eric Archer, and Samuel Wingstedt, *IEEE Electrification Magazine*, vol. 9, no. 3, s. 112–119, 2021.

www.kth.se/profile/linab/page/greengrids-flex



Har fysikprofessorn Johan Maurittsson (till vänster) någon chans i en meditationstävling mot yogaläraren Maja Petersson?

MR-kameror och meditation

– ett kul sätt att popularisera fysik

Kan man **tävla i meditation**? Hur mäter man i så fall resultatet, och har en fysikprofessor någon chans mot en yogalärare?

Fysiker och lärare kan nå ut till nya målgrupper om man introducerar fysiken i ett lite annorlunda sammanhang. I ett fortlöpande projekt arbetar vi – en grupp bestående av två fysiker, en hjärnforskare och en yogalärare – med att presentera grundläggande fysik på nya sätt. Vi började med att göra några ”luckor” (korta filmer) i LTH:s julkalender och har sedan ändrat och utvecklat innehållet över tid. Vi har varit runt på bland annat bibliotek, konferenscenter och universitetets populärvetenskapliga arrangemang. En av



Johan pratar för gymnasieelever på Lunds universitets NMT-dagar 2022.

frågorna vi tagit oss an är: hur hänger magnet, MR och meditation ihop? Och vilka målgrupper uppskattar vilka delar?

Vi brukar inleda den här presentationen med några enkla experiment som framförallt handlar om induktion (se faktaruta). Detta för att koppla ihop fysiken med hur en MR-kamera (magnetresonans-kamera) fungerar.

EXPERIMENTEN FÖLJS UPP av en genomgång av hur en MR-kamera fungerar (läs mer om MR-kameror i till exempel i

Fysikaktuellt 2/2017 och i *Kosmos* 2022). Om presentationens första del framförallt lockar de yngre besökarna så brukar de lite äldre ha egen erfarenhet av MR-kameror och ha många olika funderingar, allt från varför de låter så mycket till hur säkra de är. Efter detta berättar vi hur funktionell MR (fMRI) kan påvisa hjärnaktivitet.

Vid 7 T-faciliteten i Lund finns Sveriges starkaste MR-kamera. Eftersom kameran har ett så starkt magnetfält (7 T) går det att få bilder med hög upplösning, vilket framförallt lämpar sig för att avbilda hjärnan. Som jämförelse har MR-kameror som används i sjukvården magnetfältsstyrkor på 1,5 T eller 3 T. Forskningen vid 7 T-faciliteten är till sin natur tvärvetenskaplig och flera olika discipliner samarbetar ofta. På samma sätt är det med vårt projekt, som kombinerar lingvistik, fysik, yoga och MR-kameror. Den tvärvetenskapliga aspekten är en viktig del i att visa upp fysik i ett annorlunda sammanhang.

SÅ HUR FUNGERAR fMRI? Redan när ett foster är ungefär 40 dagar gammalt börjar hjärnan skicka signaler, och sedan slutar den inte förrän vi dör. Hjärnan tar in och tolkar allt vi ser, hör, känner, luktar och smakar. Efter ett tag sorterar den in de här intrycken i minnen som vi senare kan plocka fram och tänka på. Cellerna i hjärnan (neuroner) kommunicerar med varandra med hjälp av elektrokemiska signaler, alltså elektriskt laddade molekyler. Neuronerna skickar signaler mellan varandra genom direkta kopplingar och det går fort, hundradelar av en sekund. Det är trångt i hjärnan, så det finns inte plats för energilagring som i kroppens muskler. Hjärncellerna behöver därför hela tiden ny energi och syre från blodet när de arbetar. Hela hjärnan är inte aktiv samtidigt, vi rör ju till exempel inte alla muskler samtidigt, så kroppen hushållar med energi genom att bara blodkärlen till de områden i hjärnan som jobbar öppnas.

När blodet flödar in i områden som arbetar kan vi se vilka områden i hjärnan som är aktiva. Det kan vi göra i en MR-kamera eftersom blod innehåller järn som ger små störningar i bilderna. En enkel fMRI-uppgift är ett så kallat "finger tapping test". Samtidigt som

Se experimenten!

Johan utför
finger tapping-test:
youtu.be/JeX3SNsPYn8

Meditation i
MR-kameran:
youtu.be/aUoqj3IK4OI



fMRI-bildtagningen pågår får försökspersonen trycka ett finger i taget mot tummen, först med ena handen och sedan med andra. Genom att jämföra MR-bilderna när fingrarna rörs och när de är stilla kan vi lokalisera hjärnbarken som styr rörelsen (motorkortex) en referens för att kunna mäta förändringar. I denna del

av presentationen brukar vi schematiskt visa hur blodkärlen i hjärnan ser ut, och visa en film på när Johan utför ett finger tapping test. Det är också ett lämpligt ställe att stanna upp och reflektera över att det faktiskt inte är fingerrörelsen som får olika delar av hjärnan att lysa upp utan precis tvärtom – hjärnans aktivitet gör att Johans fingrar rör sig.

IDAG ÄR DET MÅNGA som sysslar med yoga, mindfulness och meditation och tycker att det har en bra effekt på hur de mår. Som fysiker kan man inte låta bli att undra om det inte borde gå att mäta hur bra yoga verkligen fungerar, inte bara för kroppen utan för huvudet också. Vi har gjort två experiment som vi presenterar ►

Inledande experiment om induktion

1) Magnet i koppar- vs plaströr

Vi brukar börja med att låta två frivilliga ur publiken komma fram och välja varsitt rör som antingen är gjort av plast eller av koppar. Rören är lika långa, och varken plast eller koppar är magnetiskt. Det borde alltså vara en rättvis "tävling" att låta deltagarna hålla sitt rör vertikalt, släppa en magnet genom det och försöka fånga magneten på andra sidan. Men det visar sig vara svårt att hinna fånga magneten som åker genom plaströret, medan det är förvånansvärt enkelt att fånga upp magneten från kopparröret. Skillnaden är såklart att koppar leder ström väldigt bra, vilket plast inte gör. Induktion skapar ett fält i kopparröret, som bromsar magneten. Ju fortare magneten faller desto starkare bromsande fält, tills vi når en balans.

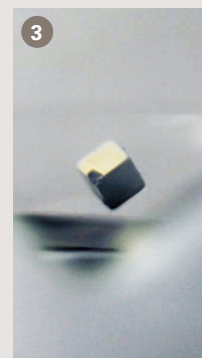
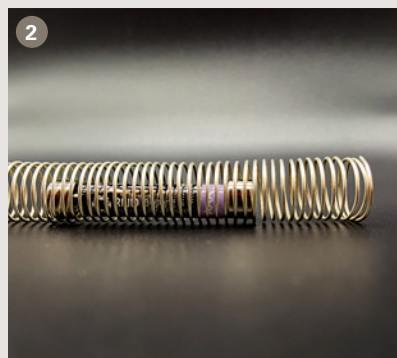
2) Tåg i kopparspole

Om vi vänder på experimentet och istället för ett kopparrör tar en spole som vi leder

en ström genom, skapar vi ett magnetfält. Om vi stoppar in en magnet i spolen (på rätt håll) så kommer den att drivas framåt av detta magnetfält. Ett elegant sätt att skapa detta minitåg är med hjälp av ett batteri och två magneter. Magneterna, lite större än batteriet, sätts i varsin ände av batteriet. När vi stoppar in vårt lilla tåg i spolen kommer magneterna att skapa kontakt med spolen. Strömmen i spolen kommer bara att vara där vi vill ha den, över batteriet, och det resulterande fältet driver magneter och batteri genom spolen.

3) Leviterande magnet över keramisk supraledare

Avslutningsvis demonstrerar vi en keramisk supraledare, något som används även för att skapa magnetfältet i MR-kameror. Materialet blir supraledande när det kyls ned med flytande kväve, och det illustreras genom att placera en liten magnet som svävar över den.

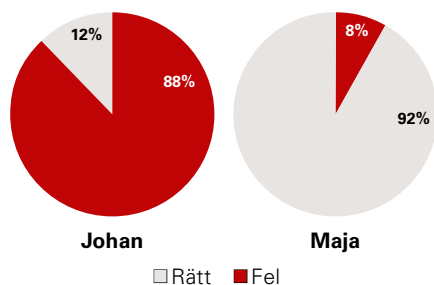


- för åhörarna, först en liten meditations-tävling mellan en fysikprofessor (Johan) och en yogainstruktör (Maja) både i och utanför MR-kameran, följd av en guidad meditation i kameran.

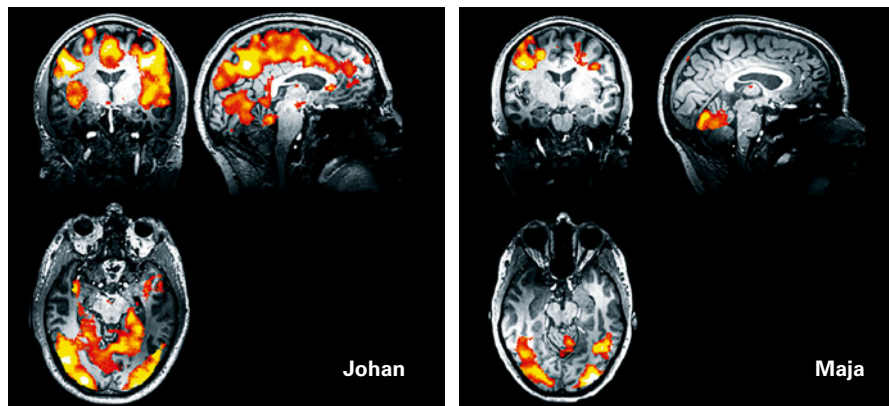
KONCENTRATIONSTESTET bestod av två delar, utanför respektive i MR-kameran. Testet utanför kameran gick ut på att så snabbt som möjligt trycka på en knapp när en siffra dök upp på en skärm, men om siffran var en 8:a skulle man inte trycka. Detta standardtest visar hur väl hjärnan kan undertrycka en impuls att agera. Efter testerna jämfördes resultaten för hur många feltryckningar som Johan respektive Maja gjorde. Resultaten visade en otvetydig skillnad (figur 1). Johan var i och för sig snabbare, men tryckte också på 88% av 8:orna, medan Maja bara tryckte fel i 8% av fallen.

Testet med fMRI var möjligt ännu intressantare: Maja och Johan fick göra några olika tester medan hjärnaktiviteten mättes. Instruktioner visades på en skärm och svaren gavs genom att trycka på olika knappar. Tanken med det här testet är att hjärnan, om den arbetar effektivt, anpassar hur stor del som aktiveras beroende på testens svårighetsgrad.

Figur 2 visar aktiviteten i Johans och Majas hjärnor när de utför uppgifterna. Resultaten är slående. I Majas hjärna syns aktivitet i synkortex och motorkortex, som aktiveras när man tittar på uppgiften respektive när man trycker på knappen, samt i lillhjärnan som styr grundläggande sensorisk och kognitiv bearbetning. I motsats till Maja så arbetar hela Johans hjärna



FIGUR 1 Hur ofta tryckte Johan och Maja på 8:an fast de inte skulle? Innan vi visar resultaten brukar vi fråga publiken vad de tror och det brukar bli en del kul kommentarer och skratt. Mer skratt blir det sedan när vi visar hur överlägsen Maja var.



FIGUR 2 Aktiviteten i Johans respektive Majas hjärnor när de utför koncentrationstestet. Det är tydligt att Johans hjärna får jobba mer än Majas för att lösa uppgiften.



FIGUR 3 När Maja guidar Johan genom en andningsövning ser vi ökad aktivitet (gula-röda områden) i det område av hjärnan som tar in information från omgivningen (det somatosensoriska nätverket, utmärkt med blått).

på högvarv. Här är det Johans tur att erkänna att det kanske dags att ta även den meditativa delen av yogan på allvar!

Den insikten använder vi för att knyta ihop presentationen. Vi lät Maja guida Johan i en meditation samtidigt som han låg i MR-kameran. I experimentet undersökte vi vad som händer i hjärnan när vi går igenom olika stadier i en *yoga nidra*, en guidad meditationsteknik som även kallas yogisk sömn och som utforskar olika medvetandetillstånd. Sen kunde vi jämföra hur hans hjärna arbetade under olika stadier av nidran.

Medveten andning, som är en del av *yoga nidra*, är populär som avslappningsövning och är kanske det många tänker på när de tänker på meditation. Därför är resultaten från denna del av *yoga nidra* de som åhörarna lättast kan relatera till. Vi kan också se i figur 3 att när Johan lägger fokus på sin andning ser vi ökad aktivitet (gula-röda områden i bilden) i hans

somatosensoriska nätverk (utmärkt med blått). Hans hjärna fokuserar helt enkelt mer på att känna in kroppen.

ATT PÅ DETTA SÄTT blanda experiment, bilder och filmer med personliga erfarenheter gör presentationerna levande, vilket väcker intresse hos åhörare från många målgrupper. Det är också ett roligt sätt att presentera fysik som enkelt går att anpassa när vi ser vad publiken är intresserad av. Ett fint bevis på att vi har nått fram är att vi brukar få stanna kvar länge efter varje tillfälle och svara på frågor.

JOHAN MAURITSSON
Fysikprofessor, Lunds universitet
KARIN MARKENROTH BLOCH
MR-fysiker, Lunds universitet
MAJA PETERSSON
Yogalärare
MIKAEL NOVÉN
Hjärnforskare, Lunds universitet



ILLUSTRATION: C. KJELLSTRAND/PIKABAY

Internationell forskarsolidaritet

Kriget i Ukraina har fått många av oss att undra vad vi kan göra för kollegor i utsatta situationer. Nätverket **Scholars at Risk** är ett svar på den frågan.

När jag var doktorand vid Fysikum i Uppsala fanns det internationella seminariet. Dit kom fysiker från olika mindre bemedlade länder och fick vara med i en forskningsgrupp. Detta var en erfarenhet av stort värde. Själv hade jag Krishna Garg från Jaipour och Hashimi från Kabul som forskarkolleger, och vi fortsatte ha kontakt när de var tillbaka vid sina hemuniversitet. Att få tillfälle att lära känna kollegor från andra delar av världen och med olika möjligheter att få bedriva ett forskningsarbete är mycket lärorikt.

Ett annat initiativ för forskare i fattigare länder skapades för 50 år sedan av Pugwash, International Foundation for Science. IFS har under alla år gett ekonomiska bidrag till unga forskare i fattigare länder, i bland annat Sydamerika, Afrika och Asien. Nyligen firades 50 års-jubileet vid Ingenjörssakademien i Stockholm med deltagande av många stipendiater (www.ifs.se/ifs-blog/celebrating-50-years-of-ifs-and-looking-to-the-future.html).

1999 STARTADES ETT NÄTVERK i Chicago, Scholars at Risk (SAR), med syfte att verka för att bistå akademiska kollegor i

SCHOLARS AT RISK NETWORK

protection advocacy learning

utsatta situationer (www.scholarsatrisk.org). De tio senaste åren har utvecklingen i många länder visat att det tyvärr inte är ovanligt att akademiker och lärosäten utsätts för stora inskränkningar i sin akademiska frihet.

SAR har raskt växt och nätverket finns nu i många länder i hela världen. I Europa har ett lokalt nätverk skapats, och sedan 2016 finns den svenska sektionen som idag omfattar 30 medlemmar, varav 25 är universitet. Den svenska sektionen startades och har utvecklats till ett aktivt nätverk av Karolina Catoni från Göteborgs universitet. Nätverket har under senaste åren fått ekonomiska bidrag från olika givare för att kunna stödja till exempel afghanska, syriska, turkiska och ukrainska forskare att fortsätta sina vetenskapliga arbeten vid svenska universitet (www.scholarsatrisk.org/sections/sar-sweden).

SAR har skapat ekonomiska möjlighe-

ter för forskare att fortsätta sitt vetenskapliga arbete även då situationen i hemlandet har blivit farlig. Under de senaste åren kan vi tänka på situationen för akademiker i Yemen, Syrien, Afghanistan, Turkiet, Ungern och nu senast Ukraina och Iran. Från rapporten 2022 kan vi konstatera att SAR kunnat arrangera hjälp till över 170 utsatta forskare, mer än något tidigare år.

SEDAN DEN RYSKA INVASIONEN i Ukraina 24 februari 2022 befinner sig miljontals ukrainare på flykt. Universitet och välkända internationella forskningslaboratorier har helt förstörts. Det internationella solidaritetsarbetet med våra kollegor har nu satts på akut prov. Många universitet har svarat och vi har nu i Sverige ett sextiotal akademiker från olika institutioner i Ukraina som aktivt arbetar med sin vetenskapliga forskning. Men fler möjligheter behövs. För att delta i detta solidaritetsarbete med utsatta kollegor i världen, kontakta den svenska sektionen av SAR!

ELISABETH RACHLEW
Prof.em., KTH



FOTO: LARS GRÄSJO

Svenska Rebecka Mähring presenterar problemet "Popsicle Chain Reaction" under IYPT 2019 i Warszawa.



FOTO: IYPT

Det svenska laget 2019, med Simon Sonden (stående) som opponent.



FOTO: PRIVAT

"Hittills har jag löst både teoretiska och praktiska problem och tack vare detta har jag lärt mig att bli en bättre problemlösare", säger Bahar Safari, som håller på med årets tävling.

En tävling i vetenskapligt tänkande

I 35 år har fysiktävlingen **International Young Physicists' Tournament**, IYPT, erbjudit gymnasieelever utmanande forskningsprojekt, med möjlighet att arbeta tillsammans i grupp. I Murree i Pakistan väntar i juli nästa tävling, då fem svenska gymnasister ska möta lag från ett trettiotal andra länder.

IYPT tävlar man i experimentell problemlösning – men tävlingen innebär mer än så. IYPT skiljer sig från andra vetenskapliga tävlingar genom att den inte innehåller något prov, utan mer påminner om en "vanlig" forskningsprocess. De 17 experimentella problem som utgör kärnan i tävlingen publiceras ett år i förväg. Tävlingsmomentet är sedan presentation och diskussion av resultaten mellan tre parter, vilka innehar rollerna som pre-

sentatör, opponent och referent – samtliga understödda av sina respektive lag. Totalt utgörs ett lag av fem elever, och rollerna växlar mellan olika problem. Dessa så kallade "physics fights" bedöms av en grupp domare från olika länder.

Problemen är valda för att vara ganska enkla att komma i gång med, men de ska också ha både bredd och djup – så att det alltid finns mer att undersöka. Ofta är det inte klart vilken fysik som egentligen

är tillämplig, utan deltagarna upptäcker efter hand vilka mekanismer och faktorer som är relevanta.

I Sverige är arbetet med IYPT upplagt så att alla gymnasieelever som vill kan välja att arbeta med ett av de 17 problemen under höst och vinter, och därefter skicka in en rapport till det svenska IYPT-teamet. I april sker uttagningen av det svenska laget under en presentationshelg dit ett femtontal elever bjuds in. Laget tränar

sedan tillsammans för att kunna klara av att presentera merparten av de 17 uppgifterna innan avresan till den internationella finalen. Upplägget har glädjande nog visat sig attrahera många flickor och lagets könsfördelning brukar vara jämn. Det har också gått bra för de svenska lagen, med flera topp-tio-placeringar under senare år.

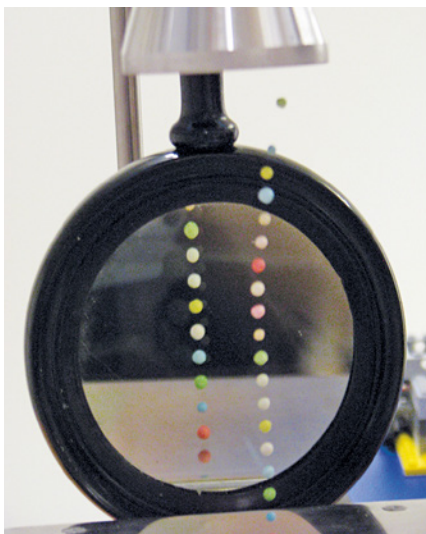
IYPT-problem som gymnasiearbete och argumentationsträning

I sitt gymnasiearbete ska en elev välja ett problem att undersöka eller utreda. Eleven ska sedan göra en bakgrundsstudie med källhänvisningar, skapa frågeställningar utifrån denna samt göra avgränsningar så att arbetet kan fullföljas inom en given tid. Formuleringarna av IYPT-problemen ger goda möjligheter att uppfylla dessa krav, varför även elever som inte lockas av själva tävlingsmomentet kan ha glädje av IYPT:s uppgiftsbank. Uppgifterna är lämpade för arbete i mindre grupper, även om det går att genomföra ett projekt på egen hand.

– Jag fick höra om IYPT av min fysiklärare eftersom jag letade efter utmaningar i fysik och dessutom gillar att forska och utföra experiment, berättar Bahar Safari, som håller på med årets problem.

– När jag läste problemen insåg jag att det finns en hel del fysikaliska fenomen som vi observerar i vardagen som har intressant fysik bakom sig. Att kartlägga teorin för dessa observationer genom att själv utföra experiment och samla data är därför oerhört intressant och det ledde till att jag började jobba med ett projekt. Hittills har jag löst både teoretiska och praktiska problem och tack vare detta har jag lärt mig att bli en bättre problemlösare, planera och samarbeta samt utforska nya områden i fysik som vi inte jobbar så mycket med i klassrummet. Mitt projekt innehåller både litteraturstudie, praktiska moment, programmering och analyser som alla har varit väldigt lärorika.

Förutom att få erfarenhet av hur experimentell forskning bedrivs har eleverna som arbetat med IYPT kunnat fördjupa sig i fysik och fysikens metoder – i vissa fall upp på universitetsnivå. Dessutom har de arbetat med hur en presentation ska genomföras. De har tvingats att lyssna,



2018 var akustisk levitation – små kulor hålls svävande på en stående ultraljudsvåg – fokus för ett av problemen

tänka och formulera längre, sammanhängande frågor eller svar på stående fot – något som tidigare deltagare framhållit som en stor fördel i sina vidare studier.

Framtiden för IYPT

De senaste cirka tjugo åren har tyngdpunkten för det svenska arbetet med IYPT legat i Malmö-Lund-området. Sedan 2010 har lite större insatser gjorts för att vid lärarsamlingar och presentationer på fysikdagar sprida både kännedom och aktiviteter över landet.

Det huvudsakliga arbetet sker naturligtvis på varje elevs skola, under överinseende av lärare och handledare. Men samlande aktiviteter, som till exempel en

forskarhelg baserad på aktuella tävlingsproblem, kan med fördel organiseras lite mer centralt, i större städer i närheten av elevernas hemorter. Sådana aktiviteter kan fungera som starthjälp eller vidare inspiration i projektet. Det ger också kontakter mellan elever med liknande intressen från olika skolor och med olika handledare.

I oktober 2017 arrangerades för första gången en sådan forskarhelg av IYPT Sweden på Fysicum i Lund. Sedan hösten 2018 har Vetenskapens Hus i Stockholm tillsammans med Fysikum på Stockholms universitet också arrangerat forskarhelger.

Att arbeta med IYPT är ett trevligt och annorlunda sätt att träffa fysikintresserade gymnasieelever, och vi hoppas att fler erfarna lärare, forskare och tidigare deltagare vill vara med och bidra som domare, handledare, diskussionshjälp vid det fysikaliska modellbyggandet eller genom att öppna upp fysikinstitutioner och science center så att eleverna kan genomföra mer avancerade mätningar och experiment än vad en normal gymnasieskola kan bidra med.

LARS GRÄSJÖ

ELVIRA AHLQVIST MOBERG

IYPT Sweden

Läs mer

www.iypt.se

www.iypt.org

”Helg med högtryck för unga fysiker”, *Origo* nr 1/2018 (www.iypt.se/sv/for-larare)

”Learning to become ignorant: Improving the epistemic knowledge in science education”, *Sci Educ.* 2023;107:9–27. onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/sce.21753

■ Problemen för 2023 års tävling publicerades den 24 juli 2022. Här är några exempel:

Siren

Om du riktar en luftström mot en roterande skiva med hål kan ett ljud höras. Förklara fenomenet, och undersök hur ljudets egenskaper beror på de relevanta parametrarna.

Eulers pendel

Ta en tjock skiva av ett icke-magnetiskt material och fäst en neodymmagnet ovanpå den. Häng en magnetisk stav (som till exempel kan sättas ihop av cylindriska neodymmagneter) under skivan. Vik undan

staven så att den bara rör skivan med sin långsida och släpp sedan den. Studera pendelns rörelse under olika förutsättningar.

Inbromsningsbana

En sandfylld bana tar upp och omfördelar den kinetiska energin hos ett fordon. Hur lång måste banan vara för att ett fritt rullande föremål (till exempel en boll, ett däck eller en modellbil) helt ska stanna? Vilka parametrar och faktorer bestämmer denna sträcka?

Du hittar alla 17 problem (på engelska) på www.iypt.org/problems/problems-for-the-36th-iypt-2023

Is och fluorescens

Barken från växten cinchona, rik på ämnet kinin, ligger bakom två av **världens mest kända drinkar**. Kinin kan hjälpa mot malaria och molekylen fluorescerar tjugusigt när man belyser den med ultraviolett ljus.

Spanska pilgrimer lärde sig redan på 1600-talet att en dryck baserad på cinchona-barken skyddar mot malaria, men det var först när britterna härjade i Afrika och Asien på 1800-talet som den fick sitt stora genombrott. I stora mängder blir den väldigt besk och svår att dricka, så britterna tog vad de hade till hands för att spä ut den. En dryck som skyddar mot sjukdom brukar kallas en tonic och det britterna hade med sig i överflöd var gin. Därmed såg gin och tonic (även känd som "GT") världens ljus.

Om GT är världens vanligaste drink så är en martini nog den mest kända: James Bonds favoritdrink, Mad Men-reklamkampanjens "tre martini"-luncher, det ikoniskt formade glaset ... Men vi ska nu se att vi dessutom kan koppla den till isande termodynamik, optik, grundläggande atomfysik och en gnutta kemi.

CHURCHILL SÄGS HA SAGT att för att få en lagom mängd vermouth i drinken räcker det att någon öppnar en flaska på andra sidan av rummet... ("I would like to observe the Vermouth on the other side of the room while I enjoy my Martini"). Churchill lär också ha sagt att "gin och tonic har räddat fler liv och sinnen än alla läkare i imperiet", men man får nog anta att drinken har krävt en del liv och sinnen också. De flesta förknippar nog martini med James Bond och den klassiska repliken: "I would like a Martini – shaken, not stirred", men i *Casino Royal*, den första boken som Ian Flemming skrev om agent 007, så drack Bond en annan drink. Han beställer in en vesper martini och ber av någon outgrundlig anledning att drinken ska skakas och inte röras.

Det finns fantastiskt mycket kul fysik

och kemi bakom en perfekt drink och här ska vi se på skillnaden mellan en skakad och en rörd drink, hur detta påverkar isen och valet av is i drinken. Hur gör man riktigt fin is? Kan man se skillnad på originaldrinken och den vanligare martinin med hjälp av UV-ljus?

Vi kommer snart till fysiken, men först recepten:

Vesper martini

3 delar gin
1 del vodka
0,5 del Lillet blanc
Ett långt citronskal och oljan från detta

Martini

5,3 delar London dry gin¹
1 del Noilly prat
1 stänkt citrusbitter
En oliv eller ett långt citronskal

I båda drinkarna blandas alla ingredienserna med fördel i ett rörglas och rörs med stora kuber av klar is som långsamt smälter. Drinkarna serveras sedan i väl kyllda glas med en tunn strimma citronskal, efter att oljan från skalet pressats över drinken.

I originalversionen säger Bond att han vill ha Kina Lillet, men den drycken ersattes 1986 av Lillet blanc. Namnet "kina" i originalet kommer från cinchona-barken som används som smaksättare. Lillet är ett

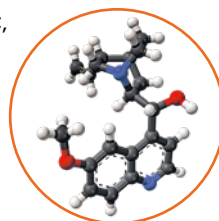
smaksatt vin från Bordeaux där basen är ett vin gjort på druvan semillon. Det diskuteras om dagens Lillet blanc verkligen smakar som Kina Lillet smakade när Bond beställde sin drink, eller om vi inte kommer närmare originalets smak om vi istället byter ut Lillet blanc mot Cocchi americano, som har en tydligare beska från kinin.

Ett förslag till en tre martini-lunch är att jämföra de två ovannämnda förslagen mot en vanlig martini på gin och vermouth. Författarna kan konstatera att vesper är en trevligt balanserad drink där Cocchi tillför en tydligare beska än lillet blanc, men båda är goda. Den vanliga martini är däremot förvånansvärt obalanserad och spritdriven i smaken.

TONIC, LILLET BLANC, Kina Lillet och Cocchi americano innehåller, som nämnts, alla kinin.

Förutom att skydda mot malaria har kinin en annan speciell egenskap – den fluorescerar om man belyser molekylen med UV-ljus. Fluorescensen kan alltså hjälpa oss avgöra koncentrationen av kinin i en tonic. Herschel och Stokes observerade kininets egenskaper kring 1850, vilket lade grunden för utvecklingen inom fluorescens och dagens tillämpningar inom många områden.

En demonstration som brukar var mycket uppskattad är att med hjälp av en uv-laser och en flaska eller ett glas med tonic illustrera fluorescens samtidigt som man visar hur totalreflektion fungerar. Här fungerar ett martiniglas utmärkt,



Kinin-molekylen.



En klassisk martini.



TILL VÄNSTER Kinin var en av de första molekylerna där fluorescens observerades. Fluorescens uppstår när molekylen absorberar ljus med kort våglängd (hög energi) för att sedan återemittera ljus med längre våglängder (lägre energi). Överskottsenergin omvandlas till värme i processen. Kinin absorberar UV-ljus och fluorescerar vackert i blått.

TILL HÖGER Skakad (vänster) och röd (höger) drink.

eftersom det är format som ett prisma och det är enkelt att lysa in i det snett nedifrån och observera hur ljuset totalreflekteras i ytan.

Men, hur var det nu med malarian? Förutom att mildra sjukdomssymptomen har kinin också en negativ effekt på malariamyggornas smakreceptorer som får dem att flyga sin väg. Dagens tonic har dock en betydligt lägre halt kinin än originalet och det skulle krävas många liter (uppgifterna varierar från 10 till 67) för att uppnå effekt.

IS ÄR EN VIKTIG del i varje drink och har framförallt tre effekter: det uppenbara är att isen kyler drinken till önskad temperatur, men i processen smälter också lite is och späds ut drycken till rätt styrka, och om det finns estrar med (som i en gin) så kommer dessutom aromerna att frigöras av det tillsatta vattnet.

Hur man tillverkar sin is är också spännande. För att få en riktigt klar och fin is, som är vacker i glaset och inte smälter för fort, vill man undvika sprickbildning och bubblor vid infrysningen.

Vatten är en fantastisk molekyl och vi är vana vid att den har speciella egenskaper. Till exempel expanderar vatten då det fryser (volymen ökar med nästan 10%) och om då iskuberna fryser från alla sidor samtidigt kommer den först bildade, yttersta isen att spricka när isen innanför sedan fryser. För att undvika detta lär vi oss av hur is bildas i naturen.

En sjö som fryser på vintern kan få

alldeles klar blankis om väderförhållandena är de rätta. På sjön fryser isen bara från ett håll (ytan) och spricker därför inte när vattnet under steltnar. För att få samma resultat i frysen finns formar som är isolerade så att iskuberna bara fryser från ett håll. Det här sättet att frysa isen minskar också mängden lösta småbubblor, eftersom dessa pressas nedåt när isen fryser från ovan (för att minska antalet bubblor ytterligare kan det vara bra att hålla upp vattnet på en karaff en liten stund innan vi håller det i formen, koka vattnet är givetvis ännu effektivare, men känns lite onödigt).

Den isolerade infrysningen gör dessutom att infrysningshastigheten blir långsammare. En långsam infrysning ger stora och färre iskristaller, medan en snabb infrysning (1°C/min eller mer) ger många små iskristaller. När isen sedan smälter är det ytan som smälter först. Eftersom vatten leder värme sämre än is stannar smältningen av då vattnet tar upp värme, innan isen fortsätter smälta.

SÅ, VARFÖR SKA MAN då röra sin martini och inte skaka den som Bond bad om? Det beror som vanligt på vad det är man vill uppnå, men om vi antar att målbilden är en både kall och klar drink, som inte har blivit alltför utspädd av vatten, så bör den röras.

Klar och vacker drink-is.

Det går möjligen lite fortare att kyla drinken om den skakas, eftersom isen slås sönder i mindre bitar och kontaktytan is-vatten ökar, men man vill sällan ha sin drink kallare än -7°C och det uppnår man nästan lika snabbt om man rör drinken över stora iskuber. Man har dessutom bättre kontroll på processen om man rör drinken, både hur mycket den späds och temperaturen (det är enklare att hålla en termometer i ett öppet rörglas än en sluten shaker). De små isbitarna i den skakade drinken gör dels att den blir grumlig, dels att den späds ut mer.

Drinkar med citrus eller äggvita ska givetvis skakas, men det återkommer vi till i ett senare nummer.

Skål och gutår!

JOHAN MAURITSSON OCH MALIN SJÖÖ
Lunds universitet

¹ Det finns många åsikter om mängden London dry gin i en martini. 5,3 delar är ett medelvärde baserat på flera olika recept.



Nya äventyr inom röntgenpolarimetri

Under sommaren 2022 skickades **röntgenteleskopet XL-Calibur** upp från Esrange i Kiruna, hängandes i en enorm ballong. Men det går inte alltid som man tänkt sig med forskning.

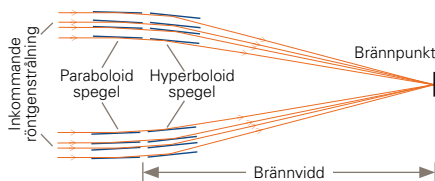
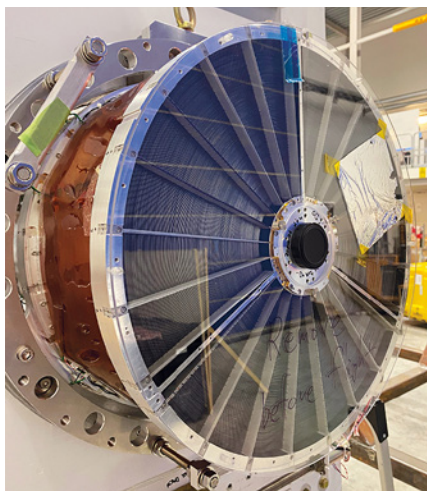
Fysikaktuellt nr 3/2018 presenterades resultat från ett nytt slags röntgenteleskop (döpt till PoGO+). Teleskopet skickades upp i stratosfären (ca 40 km höjd) från Esrange rymdcenter utanför Kiruna sommaren 2016, med hjälp av en heliumfylld ballong dubbel så stor som Globen. Målet för det svensk-japanska teleskopet var att undersöka två av de ljusstarkaste röntgenkällorna synliga från Sverige – Krabban, en roterande neutronstjärna (pulsar) omringad av en nebulosa, och Cygnus X-1, ett binärsystem bestående av en svart hål och en superjättestjärna – på ett nytt sätt, genom att mäta den linjära polarisationsgraden av röntgenstrålningen.

Pulsarer och svarta hål är för kompakta och avlägsna för att avbildas med nuvarande röntgenteleskop teknik. Vår kunskap om dessa extrema objekt kommer istället från teleskop som mäter strålningens energi, riktning och ankomsttid. PoGO+ var specifikt framtagen för att mäta polarisation, som beskrivs av två parametrar: polarisationsriktningen (i vilket plan det elektriska fältet svänger) och polarisationsgraden (andelen av strålningen som är polariserad). Polarisationsegenskaperna beror på miljön vid himlakroppen, till exempel fördelningen av material och magnetfält.

UNDER SOMMAREN 2022 befann jag mig återigen på Esrange. Det var dags att förfin våra tidigare mätningar med hjälp av ett helt nytt teleskop, XL-Calibur, utvecklat tillsammans med kollegor i USA och Japan. En röntgenspegel (utvecklad i Japan) är monterad i ena änden av en mycket styv optisk bänk av kolfiber. I andra änden är detektorn (polarimetern) monterad (figur 1).



FIGUR 1 XL-Calibur skickas upp från Esrange rymdcenter 12 juli. Till vänster syns hela ballongen med teleskopet längst ner.



FIGUR 2 XL-Caliburs röntgenspegel (diameter 45 cm). Fokuseringsprincipen visas i den schematiska bilden.

Röntgenstrålningens korta våglängd innebär att fokusering genom refraction, som för synligt ljus, är opraktisk.

I stället används strykande infall ("grazing incidence")-reflektion från en hopsättning av 213 koncentrisk aluminiumfolie-cylindrar (figur 2). Cylinderytorna är försedda med alternerande tunna lager av platina och kol för att öka reflektiviteten. Fokallängden är 12 m.

Spegelns egenskaper innebar att den optiska bänken måste riktas mot himmeln med bågsekundprecision – ingen lätt bedrift när teleskopet hänger 100 m under en enorm ballong som bärs upp av de stratosfäriska vindarna. Detta innebär att om XL-Calibur skulle riktas mot fullmånen, skulle den optiska axeln begränsas till ett 2 km brett område – 0,05% av månens diameter.

HUR RÖNTGENFOTONERNA växelverkar i detektormateriet beror på energin. För XL-Caliburs energiområde (15–80 keV) är spridning från elektroner (Comptonspridning) dominerande och spridningsvinkeln mäts för att uppskatta polariseringsegenskaperna.

Polarimetern består av en berylliumstav (det låga atomnumret ger ett högt spridningstvårsnitt) omringad av halvledare (CdZnTe) som detektorer (figur 3). Eftersom polarimetern är liten som en colaburk, är den relativt enkel att skydda från de störande kosmiska partiklarna i stratosfären. PoGO+ var mycket större och därmed svår att skydda av, vilket begränsade mätprecisionen.

Själva skyddet består av en så kallad antikoincidenssköld byggd av ett scintillerande kristallmaterial, $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ (som kallas BGO) (figur 4). BGO har samma täthet som järn men är klart som glas. Den höga tätheten innebär att en del av bakgrundsstrålningen stoppas innan den

när polarimetern. Genomgående partiklar deponerar energi i skölden, vilket ger upphov till mikrosekundlånga pulser av UV-scintillationsljus som detekteras av fotomultiplikatorrör och skapar elektroniska signaler som skickas till data-insamlingssystemet.

24 JUNI VAR ALLTING på plats och färdigtestat. Det måste vara väldigt vindstilla för att kunna släppa upp ballongen. Under NASAs ledning försökte vi skicka upp ballongen sju gånger innan vädret samarbetade. Till slut fick vi en lyckad uppsändning 12 juli 01.45 (UTC) – den näst sista dagen innan de stratosfäriska vindarna förväntades börja avta och uppsändnings-säsongen skulle sluta. So far, so good...

Ballongen nådde marschhöjd, och stämningen på marken var mycket bra. Vi kunde snabbt konstatera att vår antikoincidenssköld fungerade som förväntat. Bakgrunds-nivån, mätt av polarimetern, var tillräcklig låg för att tillåta en storleksordning förbättringar av polarisationskänsligheten, jämfört med tidiga ballong-missioner. Men trots denna lovande början, uteblev tyvärr vetenskapliga mätningar på grund av diverse tekniska problem.

Ballongen bärs som sagt av de stratosfäriska vindarna. Det går att påverka banan genom att ändra på ballongens marschhöjd. Tidigt i flygningen genomförde NASA-piloter ett rutinsläpp av barlast för att öka ballongens altitud. Men barlastsystemet fungerade inte som förväntat och alldeles för mycket släpptes ut. Ballongen rusade uppåt, och gondolen snurrade runt, ur

balans. Att rikta den optiska bänken med bågsekundsprecision var omöjligt.

Det tog flera dagar att rätta upp gondolen och få tillbaka kontroll över riktssystemen. Under de få flygdagar som återstod gick det inte att se någon signal från de röntgenkällor teleskopet pekades mot. Undersökningar genomförda efter flygningen visade att röntgenspegelns fokuspunkt inte träffade polarimetern, troligtvis på grund av en felkalibrering.

EFTER FLERA ÅRS förberedelser var det frustrerande att inse att XL-Calibur inte skulle kunna leverera nya vetenskapliga resultat på denna flygning. En vecka efter uppsändning landade teleskopet med hjälp av fallskärm. Landningen skedde på en mjuk mosse i Nordvästterritorierna i Kanada, ca 500 km nordväst om Yellowknife. Teleskopet var oskatt och utrustningen är nu tillbaka i labbet på Washington University i St Louis, USA, där det ska testas inför ett nytt flygförsök från Esrange under sommaren 2024. Antikoincidenssystemet kommer att skickats tillbaka till KTH för testning och uppgradering.

PÅ ANDRA HÅLL HAR röntgenpolarimetern nyligen tagit ett stort steg framåt. I december 2021 skickades ett nytt rymdteleskop upp. Satelliten IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer, utvecklad av NASA och Italien) har utvecklats specifikt för att mäta den linjära polarisationen hos mjukröntgenstrålningen (4–8 keV). XL-Calibur mäter inom hårdröntgenområdet (15–80 keV), där strålningen kan penetrera de runt 3 g/cm² av atmosfären som finns kvar på 40 km höjd och nå ett ballongburet teleskop. För lägre energier, måste mätningar ske i omloppsbana.

I mjukröntgenområdet kan detektorer utnyttja fotoelektrisk absorption för att avgöra polariseringsegenskaper. En ny slags detektor, "Gas Pixel Detector", har utvecklats specifikt för IXPE för att kunna mäta riktningen av fotoelektronen som skapas när röntgenfotonen absorberas i ett tunt gaslager (helium och dimetyler, valda för att de har en liten diffusionskoefficient).

Resultat från IXPE-observationer av ett flertal röntgenkällor har nyligen

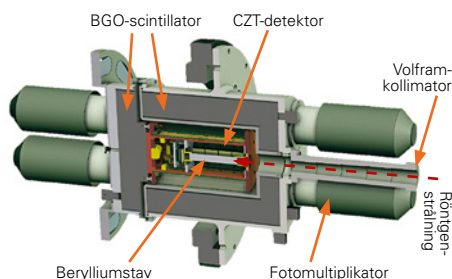


FIGUR 4 Antikoincidenssystemet lyfts in i vakuumtanken av KTH-forskarna Nirmal Iyer och Mózi Kiss. Tester kommer att simulera förhållandena på 40 km höjd. KTH-gruppens bidrag till XL-Calibur finansieras av Rymdstyrelsen och Vetenskapsrådet. Kristall-scintillatorn finansieras av KAW Stiftelsen och köptes ursprungligen in för PoGO+-projektet.

publiceras. Planen var att XL-Calibur skulle observera Cygnus X-1 samtidigt som IXPE, eftersom bredband-mätningar har mer diagnostisk kraft. IXPE mätte en låg polariseringsgrad (några procent) med mycket hög precision (20 sigma!), vilket stödjer teorin om att en korona (den inre delen av ackretionsskivan närmast det svarta hålet) är utsträckt i ackretionsskivans plan.

Intressant nog kom vi fram till samma slutsats med PoGO+, om än med mycket mer begränsad statistisk precision. Exakt vilken geometri koronan har kan belysas med precisionsmätningar på högre energi. XL-Caliburs nästa flygning i 2024 kan inte komma snabbt nog för mig!

MARK PEARCE
Fysikinstitutionen, KTH



FIGUR 3 Röntgenspegeln fokuserar röntgenljus på berylliumstaven. Fotoner som Comptonsprids från staven mäts av CdZnTe detektorer och spridningsvinkeln beror på polariseringsegenskaper. Mätningar sker i ett antikoincidenssystem för att motverka störningar från kosmisk strålning.

Läs mer

Q. Abarr et al., "XL-Calibur - a second generation balloon-borne hard X-ray polarimetry mission", *Astroparticle Physics* 126 (2021) 102529. arXiv:2212.04139.

N. Iyer et al., "The design and performance of the XL-Calibur anticoincidence shield", *Nuclear Instruments and Methods A* 1048 (2023) 167975. arXiv:2010.10608.

H. Krawczynski et al., "Polarized X-rays constrain the disk-jet geometry in the black hole x-ray binary Cygnus X-1", *Science* 378 (2022) 650. arXiv:2206.09972.

En liten köksrevolution

Näst efter kylskåpet är **mikrovågsugnen** den mest använda köksutrustningen. Den möjliggör att vi kan "laga" vår mat snabbt och behöver inte vistas alltför länge i våra påkostade kök. Mikrovågorna i ugnen alstras av den märkliga magnetronen.

Enligt Första Mosebok i Bibeln skapade Gud ljuset redan första dagen, något Maxwell utvidgade till alla våglängder, vilka Hertz med gnistsändare påvisade och Marconi använde till trådlös överföring.

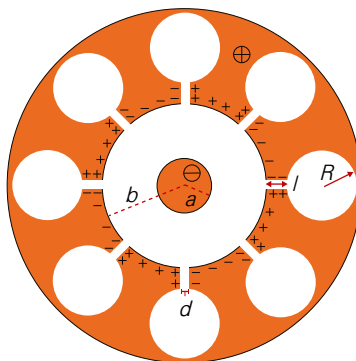
Tysken Hülsmeyer visade med sitt *Telemobiloskop* principen för radar. Hans gnistsändare gav våglängder runt 50 cm och 1904 kunde han i Rotterdams hamn detektera passerande fartyg. Utmärkt för att undvika kollision vid mörker och dimma. För att kunna få en reflex (eko) krävs att våglängden är av högst samma storleksordning som objektet. Därför strävade man mot kortare våglängder, högre effekt, men också mot mindre bandbredd. Trioden och andra vakuumrör för sågs med magneter som fick elektronerna att snurra runt katoden. När dessa sedan fick passera kaviteter i anoden uppstod resonanskretsar, vilka gav frekvensskärpa och sedermera ledde till magnetronen. Lika genial som svårbegriplig.

Magnetronen

I magnetronen finns en ca 2 cm lång, het katod i mitten, omgiven av ett vakuumutrymme och utanför en anod med kaviteter (figur 1). Mellan katod och anod ligger en spänning radiellt, och ett statiskt magnetfält axiellt. Elektroner som lämnar katoden böjs därför av och om fälten anpassas kan elektronbanan bli nästan cirkulär. När de sedan passerar en kavitets, vars parallella delar ger en kapacitans (C) och cylindriska delar ger en induktans (L), uppstår en resonans vars frekvens ges av

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Kanalen i kaviteten kan ses som en plattkondensator med bredden 1 mm, längden 6 mm och höjden 17,5 mm.



Cylindern ses som en envarvig spole med radien 7 mm, längden 17,5 mm och B-fältet cirka hälften av det i mitten på en långspole. Med

$$C = \epsilon_0 l \frac{b}{d}$$

och

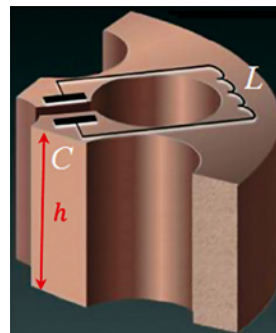
$$L = 0,5 \pi \mu_0 \frac{R^2}{b}$$

fås

$$f \approx 2,1 \text{ GHz.}$$

Serendipitet

Flera olika förslag på magnetroner med allt kortare våglängd och högre effekt presenterades under 1930-talet. Randall och Boots i Birmingham testade med olika många kaviteter och uppnådde 10 cm våglängd och en effekt på 10 kW. En design med sex resonanskaviteter skickades 1940 i hemlighet till USA för mass-tillverkning av magnetroner till radar. Det skedde på Raytheon Manufacturing Company, där Percy Spencer och hans medarbetare då sägs ha upptäckt att magnetronens mikrovågor även kunde värma upp livsmedel. Det ledde till den första mikrovågsugnen 1947. När de blev mindre och billigare nådde de hemmen i USA på 1970-talet. Husqvarna (figur 2) och Philips i Norrköping tillverkade ugnar i Sverige på 1970-talet, men först på



FIGUR 1 Magnetron med åtta kaviteter. Typiska mått för mikrovågsugnar är $h = 17,5$ mm, $R = 7$ mm, $d = 1$ mm, och $l = 6$ mm.

1980-talet blev de vanliga. 1988 var *mikra* med på Språkrådets lista över nyord.

Från att bidragit till de allierades framgångar under andra världskriget gör magnetronen numera nytta i hemmen. Mikrovågorna i nutida radartillämpningar genereras i stället av exempelvis vandringsväggrör och klystroner.

Inuti kammaren

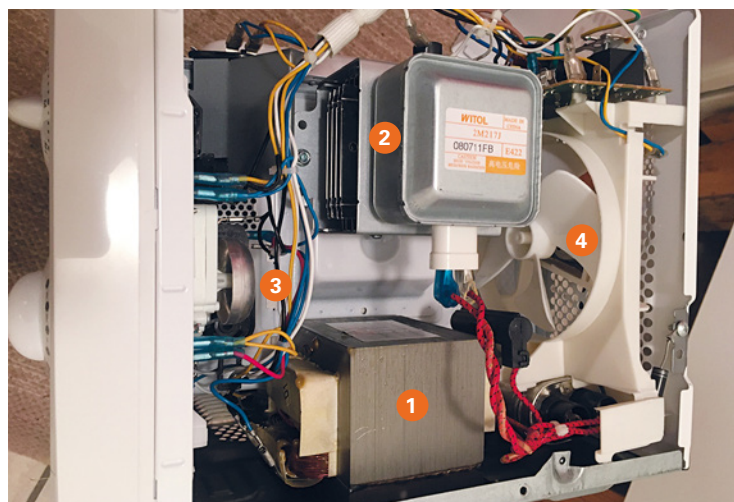
Mikrovågorna i en ugn alstras i en magnetron och matas via en vågledare av metall in i kammaren. Vågledaren har vanligen rektangulärt tvärsnitt, där minst en dimension måste vara större än halva



FIGUR 2 Husqvarnas Cupol var en av de tidigaste mikrovågsugnarna i Sverige. Den lanserades i början av 1970-talet.



FIGUR 3 Till höger i kammaren sitter vågledarens utlopp (1). Det är här frilagt och glimmerskivan (2) är ställd vid sidan.



FIGUR 4 Fotot visar mikrovågsugnens högra sida. Här syns transformator (1), magnetron med kylflänsar (2), ringlocka (3) och fläkt (4).

FOTO: MAX KESSELBERG

våglängden. Vågledaren skyddas av en utbyttbar glimmerplatta ($10,6 \times 6,4 \text{ cm}^2$) som tål höga temperaturer och i viss mån är transparent för mikrovågor (figur 3).

Utan glimmerplatta reflekteras för mycket av mikrovågorna in i magnetronen, vilket kan skapa kortslutning och skada magnetronen. Likaså hindrar plattan smuts eller fett, som kan överhettas och börja brinna, från att komma in i vågledaren. Glimmerplattan bör också hållas ren, ty stänk av mat som samlas där kan orsaka gnistor och i värsta fall sprickor. Även ånga kan bära aromatiska molekyler som gradvis kan förorena plattans ytskikt. Den kan emellertid bytas lätt till lågt pris.

Väl inne i kammaren reflekteras mikrovågorna mot metallväggarna och det uppstår stående vågor. Dessa orsakar hot spots i bukarna, som ligger på ett avstånd av halva våglängden, vilka kan detekteras med en chokladkaka (se *Fysik-aktuellt* nr 4/2022). För att få en jämnare uppvärmning kan ugnen förses med en fläkt med metallblad som bryter stående vågmönstret, eller oftast numera med en roterande tallrik som för maten in i och förbi bukarna.

Ugnen ska inte köras tom, för finns där ingen mat som kan absorbera energin kommer för mycket av mikrovågorna att studsas tillbaka och träffa magnetronen. Det kan försämra dess effekt eller i värsta fall förstöra den. Metall i kammaren kan likaledes skada magnetronen genom

att reflektera tillbaka mikrovågorna. Aluminiumfolie kan dessutom skärma maten från mikrovågorna. Från föremål med spetsar, som gafflar, kan gnistor hoppa. Metalldekorationer på porslin kan fungera som antenner och bli störda.

Kammarens metallväggar fungerar som en Faradays bur. En sådan består av ett elektriskt ledande hölje, som skärmar av elektriska fält, men även växlande elektromagnetiska fält, givet att dess öppningar är mindre än våglängden hos det växlande fältet. Mikrovågornas våglängd är cirka 12 cm och luckans öppningar cirka 1 mm, en betryggande marginal. Samtidigt utgör luckans öppningar inget hinder för vanligt ljus, vars våglängd ligger på cirka 500 nm.

Utanför kammaren

För att förhindra läckage av mikrovågor har luckan två säkerhetskontakter. Gränsvärdet för eventuellt läckta mikrovågor vid luckan är 5 mW cm^{-2} på fem centimeters avstånd från ugnen. Enligt Strålsäkerhetsmyndigheten finns inga kända strålskyddsrelaterade risker med normal användning av mikrovågsugnar.

Till höger bakom ugnens reglage återfinns dess "maskineri" (figur 4). Transformatorns ena lindning på sekundärsidan förser katoden med så pass stark ström, 3,3V/10A, att den glöder och avger elektroner. Den andra lindningen

förser anoden med cirka 2000 V högspänning, som sedan likriktas och dubblas medelst en kondensator och diod i serie (kaskadsteg).

VARNING: Vill man felsöka måste man utöver att dra ur nätsladden, se till att kondensatorn laddas ur. Dess spänning är flera 1000 V och laddningen mer än tillräcklig för att utgöra livsfara om man laddar ur den via kroppens resistans på omkring 1 k Ω .

Magnetronen blir mycket varm och har därför kylflänsar. Dessutom finns en fläkt med plastblad som suger in sval luft utifrån, vilket förlänger livstiden. Även transformatorn kyls och luftflödet fortsätter sedan in genom ugnen för att ta bort ånga och förhindra kondens. Har ugnen använts mer än några minuter fortsätter fläkten att snurra efteråt till dess ugnen svalnat.

I en ordinär mikrovågsugn kan till exempel 1 100 W generera omkring 700 W nyttig effekt, det vill säga verkningsgraden är cirka 65 %. Förlusten uppstår främst vid genereringen av mikrovågor. Däremot lagar man bara den mat man äter (inget spill) och värmer enbart maten. En induktionshäll ligger på 85 procent.

Nästa nummer handlar om mikrovågornas möte med vår mat och varför den blir varm.

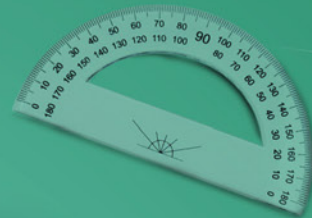
MAX KESSELBERG
Stockholms universitet



**NATUR &
KULTUR**

Fysik 1 och 2 för gymnasiet

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



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

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