

Spinnglas · Förspelet till Alfvéns Nobelpris · Doping

Fysikaktuellt

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

NR 1 • FEB 2021



Varför så negativ?

Kometsonden Rosetta fick
en oväntad laddning

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 och Elisabeth Rachlew.

Ansvarig utgivare: Jonathan Weidow.

Kontakta redaktionen via: fysikaktuellt@fysikersamfundet.se

För insänt, ej beställt material ansvaras inte.

Manusstopp för Fysikaktuellt 2/2021 är 24 mars.

Medlemskap

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

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

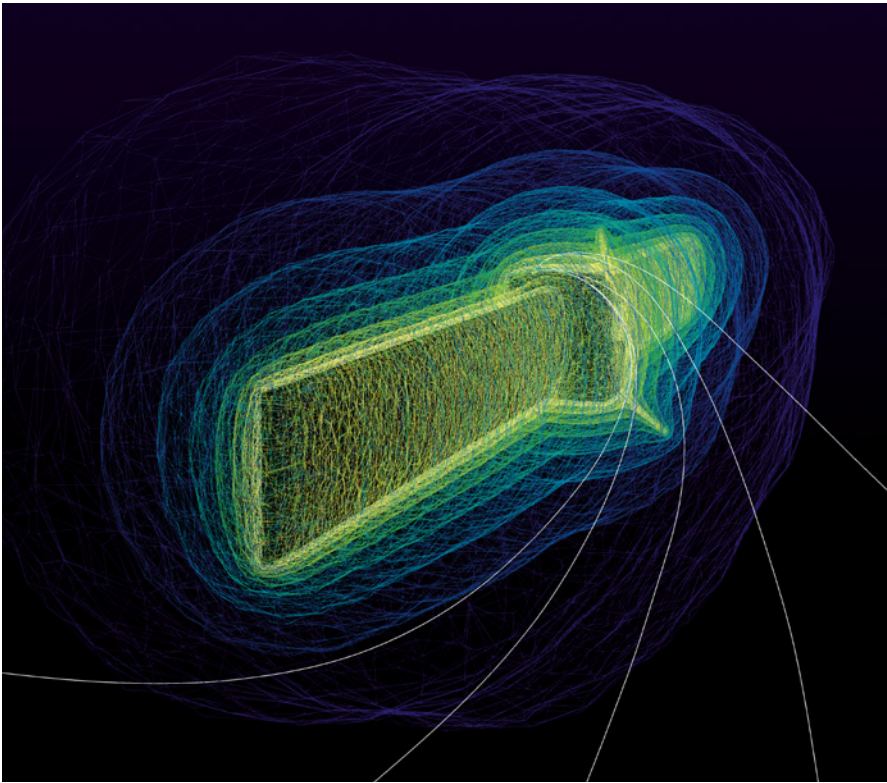


Medlemsförmåner

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

Layout: Christina Kjellstrand

Tryck: Trydells, Laholm 2021



OMSLAGSBILDEN: Med hjälp av numeriska simuleringar kan potentialfältet runt Rosetta och dess påverkan på jonbanorna modelleras. De blå-gröna ytorna beskriver potentialfältet (ekvipotentialytor), och de vita linjerna visar hur joner med helt olika ursprungliga rörelseriktningar till slut når fram till instrumentet från samma riktning. Läs mer på sidan 5.

Illustration: Sofia Bergman, Institutet för rymdfysik, Kiruna

Stödjande medlemmar

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

Stödjande institutioner

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

Glöm inte att anmäla adressändring till medlemsregistret@fysikersamfundet.se

Innehåll

- 3 SIGNERAT Andreas Ekström
- 4 AKTUELLT
- 5 KOMETSONDEN ROSETTA Laddad rymdfarkost ger snurriga joner
- 7 HISTORIEN BAKOM PRISET Förspelet till Hannes Alfvéns Nobelpris 1970
- 11 WALLENBERGS FYSIKPRIS Årets vinnare i uttagningstävlingarna
- 14 FYSIKOLYMPIAD PÅ BEHÖRIGT AVSTÅND
- 16 PARTIKELANALYS OCH MIKROSKOPI
- 18 VART TOG STJÄRNHIMLEN VÄGEN? Stjärnförsöket räknade stjärnorna på natthimlen
- 21 PARTIKELDAGARNA 2020
- 22 PROBLEM MED SUBSTANSANALYS I DOPING
- 25 MAGNETISM MELLAN ORDNING OCH KAOS Spinnglas betar sig inte som andra magneter
- 28 FYSIK I NORDEN IB-programmet
- 30 VARDAGENS FYSIK Korkat – eller inte?



Hur går det till när dopingprov analyseras? sidan 22

SIGNERAT

Tvivla på din sak

Något svepande kan man säga att forskning inom fysik strävar efter att öka vår samlade kunskap om hur naturen fungerar. Som kärnfysiker konstruerar jag till exempel teoretiska modeller för att beskriva och, i bästa fall, förutsäga atomkärnors olika egenskaper. Men ”det är svårt att göra förutsägelser, särskilt om framtiden”. Så lyder ett visdomsord som ibland tillskrivs fysikern Niels Bohr. Det går att applicera på allt. Trots det så stöter man på diverse tvärsäkra påståenden om vad som komma skall, både i media och i olika forum på nätet. Ibland dyker tvärsäkerheten tyvärr upp även i forskningsartiklar. Givetvis kräver en del situationer ett visst mått av förenkling, och det kan ibland vara svårt att undvika till synes tvärsäkra formuleringar. Oavsett komplexitetsnivå eller språkliga begränsningar så får vi inte glömma bort att presentera våra tvivel på ett tydligt sätt¹.

Men det är väl bra att bara säker på sin sak? Jo, det kan det vara och ibland har vi goda grunder för att vara näst intill tvärsäkra. Vi kanske har en överväldigande mängd evidens för att styrka våra påstående. Men tvärsäkra får vi aldrig bli. Det leder oundvikligen till polarisering, det vill säga någon form av gruppering i olika permanenta läger. En för alla helt ofördelaktig situation. Om vi inte tillåter i alla fall en liten gnutta tvivel, åt endera hållet, så kommer vi alltid att stå helt fast i vår övertygelse, oavsett vilken ny data som samlas in. Statistikern Dennis Lindley gjorde en övertydlig poäng av det här:

Lämna en liten sannolikhet för att månen är gjord av grön ost; den kan vara så liten som en på miljön, men ha den sannolikheten där eftersom annars kommer en armé av astronauter som återvänder med månprover av nämnda ost att lämna dig helt oberörd. (Fri översättning)



Givetvis kräver stora påståenden relativt stark evidens. Helt enkelt väldigt mycket grön ”månost”. En av svårigheterna med att lämna tvärsäkerheten bakom sig är att man måste erkänna att man kanske kommer att ha fel, eller i alla fall mindre rätt än vad man trodde från början. Inom vetenskapen använder vi oss hela tiden av sannolikheter. Som alla fysiker vet så är det vanligtvis en lång och ganska svår process att försöka uttala sig om sannolikheten, eller osäkerheten, kopplat till ett resultat, en teori, eller en modell. Men det fina i kräksången är att den vetenskapliga metoden tillåter oss att vara osäkra, och att vi hela tiden tränas i detta. Hur skulle vi annars kunna göra framsteg? Just därför är det så viktigt att vi fysiker efter bästa förmåga inte bara förmedlar vår samlade kunskap om naturen utan också påminner vår omvärld om den oerhörda vikten av lite rimligt tvivel, om så bara en gnutta.

Andreas Ekström

ANDREAS EKSTRÖM
Nyttillträdd sektionsordförande SFS-KF

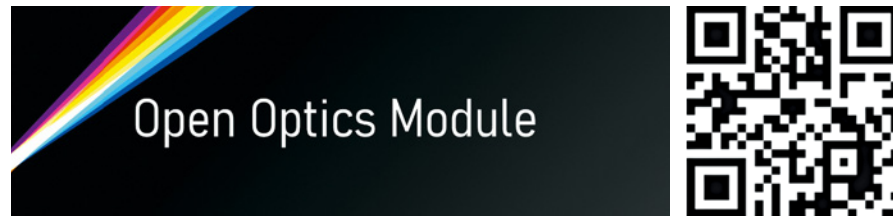
¹ Undantaget logiska utsagor såsom 1+1=2.

Kan vi hjälpa varandra?

Omställningen till online-undervisning våren 2020 var överrumplande för många av oss.

■ Till att börja med var det mycket som fick lösas *ad hoc* och så bra som möjligt. Ofta fick varje lärare själv hitta lösningar – det fanns helt enkelt inte tid till något annat. När lärare letar efter hjälp i undervisningen är det framförallt de närmsta kollegorna som de vänder sig till. Så har det alltid varit, men kanske framförallt i ett läge som det under våren 2020, när det dessutom var väldigt ont om tid. Kanske kan *Fysikaktuellt* och Svenska fysikersamfundet vara ytterligare en kanal för att dela med sig av lärdomar? Att stor del av undervisningen nu görs online borde också underlätta för oss att dela lärdomar och metoder – materialet finns ju redan online, och det spelar inte så stor roll om mottagaren sitter i Lund eller i Umeå.

EN STOR UTMANING FÖR just fysikundervisning handlar om laborationer – det går inte att ersätta alla laborationer med onlineversioner utan att avvika alltför mycket från kursmålen. Då kan en hybridversion ofta vara en bra lösning. Studenterna/eleverna gör en större andel moment online innan laborationen för att sedan kunna tillgodogöra sig



Ladda ner programmet från openopticsmodule.com.

laborationsmomenten effektivare i salen (en variant av "flipped classroom"). Om det är något som den här pandemin har lärt oss om undervisning så är det att värdera tiden med studenterna och framöver kommer vi säkert att göra nya prioriteringar kring hur den tiden ska användas.

FÖR ATT EFFEKTIVT ARBETA med hybridversioner av laborationer behövs det ibland nya verktyg. Ett område som undervisas både på gymnasieskolor och inledande kurser på universiteten är geometrisk optik. Det är också ett område som lämpar sig väldigt bra för hybridlösningar eftersom en del fenomen syns bäst i datorsimuleringar, där strålarna är enkla att se, men en del av det hantverk som det är att hantera optik kan bara läras ut i sal, genom att studenterna själva får öva på det.

Eftersom geometrisk optik bygger på reflektion eller brytning av strålar i

ytter är det enkelt att hantera problemen numeriskt. Det finns i och för sig redan gott om avancerad mjukvara, men dessa är oftast både dyra och för komplicerade för de inledande kurserna. Därför har vi utvecklat ett enklare verktyg för stråloptik som vi gärna delar med oss. Målsättningen har varit användarvänlighet och pedagogik, vi har till exempel begränsat oss till två dimensioner för att det ska bli mer överskådligt och ett snabbare program. Programmet är fritt att ladda hem från www.openopticsmodule.com. Här finns också en beskrivning av hur programmet används och en del enkla exempel att börja med. Ni får väldigt gärna höra av er med förslag på hur programmet kan användas i olika undervisningssituationer!

JOHAN MAURITSSON
OCH SAMUEL SELLECK
Lunds universitet

Välförtjänta prispengar till Oseenmedaljörer

■ Oseenmedaljen delas ut varje år till bästa svenska doktorsavhandling i fysik. Tack vare ett generöst bidrag från Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs

Minnesfond kommer pristagaren nu utöver medaljen och diplom tilldelas 100 000 kr i prispengar.

Anslaget som Svenska Fysikersamfundet har fått gäller för perioden 2020–2024. Den första Oseenmedaljören, Flore Kiki-Kunst, utsågs 2020, men har



Flore Kiki-Kunst, Oseenmedaljör år 2020.

på grund av rådande omständigheter ännu inte fått sin medalj. Vi hoppas att det ska vara möjligt att ha en priscermoni vid Nordiska fysikdagarna i Uppsala i år för henne och årets medaljör.

Till 2021 års Oseenmedalj har åtta nomineringar inkommit.

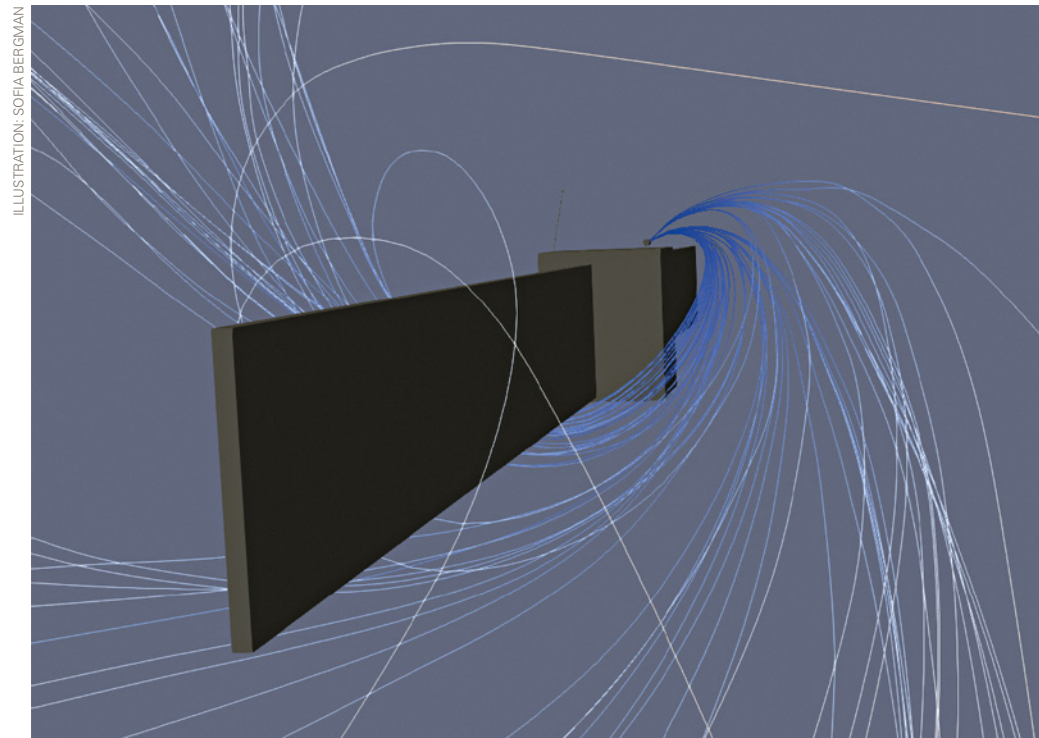


ILLUSTRATION: SOFIA BERGMAN

Farkost-uppladdning

Uppladdningen av en rymdfarkost bestäms ofta av endast tre strömmar: fotoelektronströmmen (I_{fe}), elektronströmmen (I_e) och jonströmmen (I_j). En jämvikt uppstår när farkostpotentialen är sådan att $I_e + I_j + I_{fe} = 0$.

Med hjälp av numeriska simuleringar kan jonernas rörelser runt rymdfarkosten studeras. Linjerna visar hur joner med helt olika ursprungliga rörelseriktningar rör sig i komplicerade banor runt farkosten innan de slutligen når instrumentet från samma riktning.

Laddad rymdfarkost ger snurriga joner

Kometsonden Rosetta laddades upp till en mer negativ elektrisk potential än forskarna hade förväntat sig. Mätningarna av positivt laddade joner med låga energier blev svårtolkade och det tog lång tid att förstå orsaken till den kraftigt negativa uppladdningen.

I augusti 2014 kom ESA:s (European Space Agency) rymdfarkost Rosetta fram till sitt mål: kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko. Under de följande två åren följde rymdsonden med kometen när den först närmade sig solen, passerade perihelium och påbörjade färd utåt i solsystemet igen. Expeditionen avslutades med att Rosetta kontrollerat kraschlandade på 67P och stängdes av.

Varför är kometer intressanta?

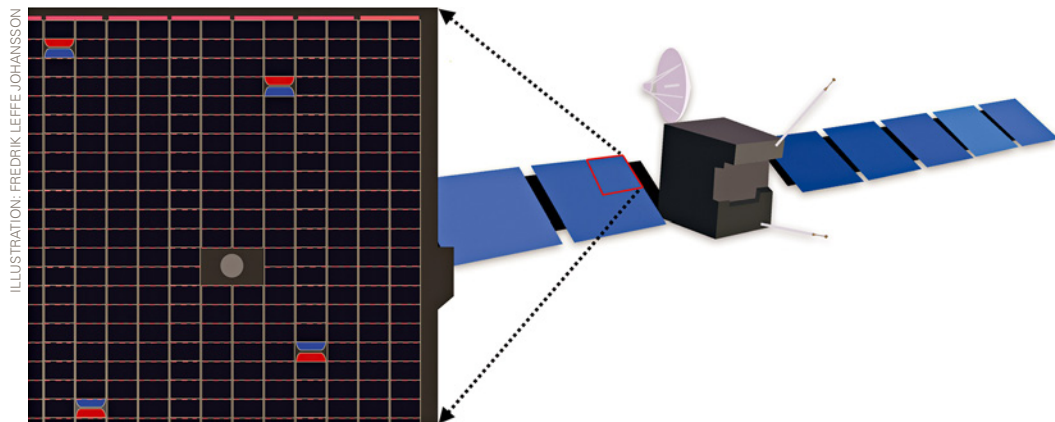
Kometer anses vara 4,6 miljarder år gamla relikter från solsystemets början

och exempel på de byggstenar som skapade vårt solsystem. Kometerna är nycklar för att förstå vårt eget solsystem och hur det bildades, men de är också viktiga för att förstå hur det vatten vi har på jorden kom hit i sådana mängder.

Det som fascinerar rymdfysiker mest är dock kometernas samspel med solvinden. När kometer störs ur sina ursprungliga banor och ger oss en chans att studera dem, kan vi se atmosfärer, jonosfärer, bogchocker och kometsvanar födas och dö under varje varv kometerna gör runt solen. Vi känner igen

flera av de här koncepten från vår egen och andra planeter och månar runtom i universum, men vi kan knappast studera deras uppkomst och försvinnande bättre någon annanstans.

Rosettas plasmainstrumentpaket var designat för att göra den typen av studier. Två av de fem instrumenten i paketet var svenska. De två Langmuir-proberna mätte elektrontätheten, elektrontemperaturen, jonernas drifhastighet och rymdfarkostens elektriska potential relativt det omgivande plasmat. Jonmasspektrometern ►



Detaljerad skiss av en av Rosettas solpaneler. De svarta fyrkanterna är solceller som är gruppvis ihopkoppade via rosa-markerade anslutningar. Varje grupp börjar och slutar med en katod (blå) och en anod (röd). Alla ytor som är röda eller rosa var positivt laddade, och sög in komet-elektroner på så sätt att rymdfarkosten blev väldigt negativt uppladdad.

Ordlista

Perihelium: punkten där kometen är som närmast solen i sin bana.

Solvinden: de laddade partiklar (vätejoner, heliumjoner och elektroner) som kontinuerligt strömmar ut från solen.

Fotojonisation: skapandet av elektroner och joner från neutrala gasmolekyler via joniserande ljusstrålning.

eV (elektronvolt):
1 eV = $1,602 \cdot 10^{-19}$ J

- (Ion Composition Analyzer, ICA) detekterade energin, massan och rörelseriktningen hos positivt laddade joner.

Rymdfarkosten laddas upp

Det är inte alltid lätt att tolka mätningarna från Rosetta. En rymdfarkost påverkas alltid av miljön den befinner sig i och laddas upp elektriskt relativt sin omgivning. Uppladdningen beror både på solen och på plasmaflödet runt farkosten. Energin i solljuset slår loss fotoelektroner från farkostens yta. I ett perfekt vakuum skulle den därför laddas upp positivt.

I ett plasma träffas rymdsonden också av ett flöde av joner och elektroner. Eftersom jonerna är mycket tyngre än elektronerna rör de sig mycket långsammare (om jonernas och elektronernas termiska energi är densamma). Farkosten kommer därför att träffas av fler elektroner per tidsenhet och laddas upp negativt.

Om plasmat har tillräckligt hög densitet dominerar plasmaflödet över fotoelektronströmmen och farkosten blir negativt uppladdad.

Varför så negativ?

Att Rosetta blev så kraftigt negativt uppladdad (upp till -35 V ibland) var ändå en överraskning. Något i rymdmiljön kring 67P var annorlunda än vi förställt oss.

En elektron som skapas vid foto-

jonisation får en energi på ungefär 10 eV. Gasmolekylerna runtomkring är dock mycket kallare och elektronens energi minskar när den kolliderar med den neutrala gasen. Kring 67P var den här processen möjligen inte så effektiv som väntat och vi trodde under flera år detta var orsaken till att Rosetta blev så negativt uppladdad.

Så småningom förstod vi att anledningen var en annan: på solpanelerna fanns tusentals millimeter-stora kopplingar som låg exponerade på $+75$ V. Dessa starkt positiva ytor drog förstås till sig elektroner och det var den elektronströmmen som visade sig vara orsaken till Rosettas oväntat stora negativa uppladdning.

Snurriga joner

En negativt laddad rymdfarkost kommer att attrahera positivt laddade joner. När partiklarna når jonmasspektrometern kommer de att ha en högre energi än vad de hade innan de påverkades av det elektriska fältet kring farkosten, men det är jonernas ursprungliga energi vi är intresserade av. Till exempel, en positiv jon som opåverkad av Rosetta har energin 1,5 eV kommer när vi mäter den att ha energin $(1,5 - U_{fp})$ eV, där U_{fp} är farkostpotentialen (i volt). En negativ farkostpotential ökar alltså jonens energi. Om vi vet vad potentialen är kan vi räkna ut vilken energi jonerna hade från början.

Det är värre med jonernas rörelseriktning. Den oregelbundna formen av rymdfarkosten och de 15 meter långa solpanelerna på varje sida skapar ett komplext potentialfält. En jon som ursprungligen rör sig parallellt med en av solpanelerna kan faktiskt snurra runt hela rymdfarkosten innan den når detektorn från en helt annan riktning (se bild på föregående sida).

För att förstå mätningarna av lågenergijoner har vi därför gjort numeriska simuleringar av hur deras rörelseriktning förändras när de närmar sig Rosetta. På så sätt kan vi i många fall rekonstruera jonernas ursprungliga rörelseriktning och beskriva och förstå strukturer och processer kring 67P.

GABRIELLA STENBERG WIESER
Institutet för rymdfysik, Kiruna

SOFIA BERGMAN
Institutet för rymdfysik, Kiruna

FREDRIK LEFFE JOHANSSON
Institutet för rymdfysik, Uppsala

Läs mer

Bergman et al., "The Influence of Spacecraft Charging on Low-Energy Ion Measurements Made by RPC-ICA on Rosetta", *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125(1):e2019JA027478, 2020

Johansson et al., "A charging model for the Rosetta spacecraft", *Astronomy & Astrophysics*, 642, 2020



Nobelprisutdelningen i Konserthuset den 10 december 1970. Till vänster om Alfvén syns en ung Ingvar Karlsson, och till höger om honom och Prins Bertil skymtar Olof Palme.

Historien bakom priset

I år är det 50 år sedan **Hannes Alfvén** fick Nobelpriset i fysik. Därmed är nu också alla handlingar i Vetenskapsakademiens Nobelarkiv tillgängliga enligt den så kallade "50-årsregeln".

Historien om förspelet till Alfvéns nobelpris 1970 visar hur omsorgsfullt Nobelkommittén för fysik arbetade. I takt med att nomineringarna för Alfvén ökade tog man in synpunkter från såväl svenska som utländska sakkunniga.

Den 27 oktober 1970 tillkännagav Kungl. Svenska Vetenskapsakademien (KVA) att den hade beslutat att tilldela den svenske plasmafysikern Hannes Alfvén Nobelpriset i fysik.

Nyheten om Alfvéns Nobelpris möttes inte av förvåning eller kritik från utlandet, ty det kom inte som någon överraskning för det internationella vetenskapssamhället. Alfvén hade nämnts som nobelpriskandidat sedan 1950-talet, och han var utländsk ledamot av såväl den amerikanska som den sovjetiska vetenskapsakademien. Han hade

också nyligen tilldelats brittiska Royal Astronomical Society's guldmedalj; sällskapets högsta hedersbetygelse. Och i Sverige var Alfvén ledamot av både KVA och Ingenjörsvetenskapsakademien sedan 1947.

Givet dessa utmärkelser förefaller det inte som om Alfvén skulle ha varit missförstådd eller illa behandlad. Men det var så som Alfvén sedan mitten av 1960-talet hade beskrivits i svensk media – och av honom själv sedan han 1966 börjat klaga offentligt över att hans forskningsanslag skurits ner. Han hävdade att detta var en bestraffning för att

han vågat ifrågasätta och kritisera den svenska kärnkraftspolitiken. Alfvén deklarerade att det under dessa förhållanden var omöjligt för honom att fortsätta sin forskning, och han hotade med att flytta utomlands.

HÖSTEN 1967 GJORDE ALFVÉN allvar av sitt hot: han accepterade ett erbjudande om en gästprofessur vid University of California i San Diego och tog ett års tjänstledighet från sin professur i plasmafysik vid KTH. Arrangemanget upprepades kommande år, och så småningom kom han att tillbringa vinterhalvåret ►

"I cannot but wonder if his stature is really up to the standard of a Nobel Prize."

THOMAS G COWLING, VID UNIVERSITY OF LEEDS, 1967

► i San Diego och sommarhalvåret vid KTH.

Alfvéns forskning vid institutionen på KTH fortsatte dock i stort sett som förut, och han publicerade alltjämt artiklar tillsammans med sina svenska kolleger. Men i allmänhetens ögon hade Alfvén flytt landet som en följd av etablissemangets bestraffning för sin frispråkighet i kärnkraftsfrågan.

Handlingar rörande ett Nobelpris blir inte tillgängliga förrän 50 år efter att priset delades ut. I år har det gått 50 år sedan prisåret 1970, så nu kan denna artikel skrivas.

Alfvén hade – liksom de flesta Nobelpristagare – nominerats flera gånger innan han tilldelades priset (Fig. 1). Han nominerades första gången 1953 av Otto Laporte, professor i fysik vid University of Michigan. Motiveringen löd: "for his discovery of magneto hydro dynamics and the application of this field to astrophysics". Alla senare nomineringar upprepade i princip motiveringen, med olika tillägg och utvecklingar.

ÅR 1963 FANNS DRYGA 40 nomineringar till Nobelpriset i fysik, bland dessa 2 för Alfvén. En kom från den berömde kosmisk strålnings-fysikern Satio Hayakawa vid universitetet i Nagoya som nominerade Alfvén och Bruno Rossi på MIT. Hayakawa skrev att "It seems almost unnecessary to state a reasoned justification of the claims, on account of the well-known achievements of these two eminent physicists".

De nyligen gjorda observationerna av satelliterna "Explorer X" och "Explorer XII" 1961 samt Venussonden "Mariner" 1962 hade givit rymdfysiken nya möjlighet genom *in situ* mätningar. Detta föranledde Nobelkommittén för fysik att involvera två specialister inom detta

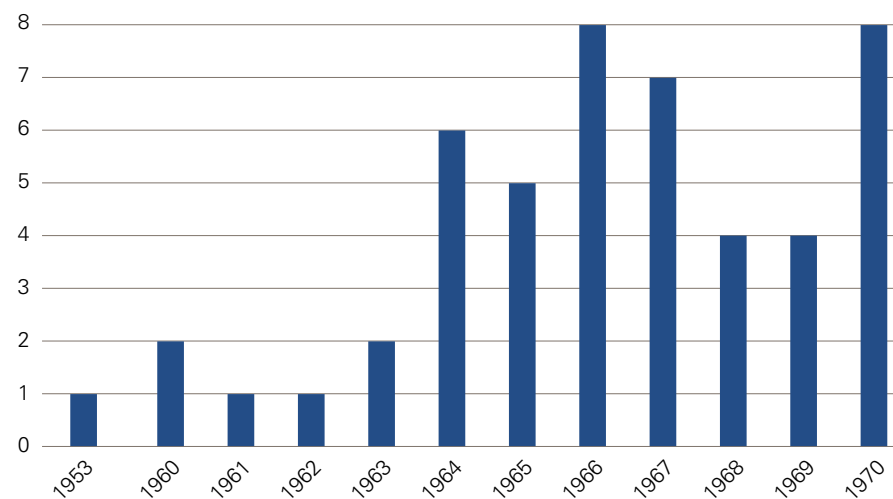


FIG 1. Nomineringar av Hannes Alfvén till Nobelpriset i fysik 1953–1970.

NOBELARKIVET, KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIEN

snabbt expanderade fält: astronomen professor Yngve Öhman i Lund ombads lämna ett utlåtande över Martin Ryle och Bernard Lovell, och Nicolai Herlofson ett utlåtande om Bruno Rossi och Alfvén.

Herlofson var en yngre kollega och tidigare elev till Alfvén. Han invaldes som utländsk ledamot av KVA 1957 och blev professor vid KTH 1963. I sitt utlåtande skrev Herlofson att den magnetohydrodynamik som Alfvén uppträckt hade satt "en avgörande prägel på väsentliga delar av den kosmiska fysiken, och på delar av experimentalfysiken".

År 1964, erhöill Alfvén 6 nomineringar, bland dem från två framstående rymdfysiker: Eugene N. Parker och Subramanyan Chandrasekhar, båda vid University of Chicago. År 1966 bad Nobelkommittén professor Stig Lundquist vid Uppsala universitet om ett utlåtande om Alfvén. Lundquist var – liksom Herlofson – en tidigare elev och kollega till Alfvén, och han hade 1949 varit den förste att experimentellt visa

existensen av MHD-vågor i kvicksilver. Lundquist avslutade sitt utlåtande med slutsatsen att "Ehuru vidden av giltigheten i Alfvéns teorier ej kan överblickas i dag kan deras fysikaliska realism ej bestrides. De senaste årtiondenas idé-utveckling inom geofysik och kosmisk fysik har i högre grad präglats av Alfvéns insatser än av någon annan enskild forskares".

1967 VAR DET 62 NOMINERINGAR till fysikpriset, av vilka 6 var för Alfvén. Nobelkommittén tog nu det anmärkningsvärda steget att be professor Thomas G. Cowling vid University of Leeds att skriva en rapport om Alfvén. Cowling hade, tillsammans med den ryktbare brittiske geofysikern Sydney Chapman, under årtal varit Alfvéns främsta vetenskapliga opponent i tidsskrifter och på konferenser. Oenigheten var välkänd inom det internationella vetenskapssamhället. Ja, den har sagts vara "one of the most memorable controversies in space physics during the 20th century". Skillnaden mellan å ena sidan

Sydney Chapman (och därmed också Thomas Cowling) och å den andra sidan Alfvén har beskrivits som den mellan "a rigorous mathematical physicist" och en "inspirational experimental physicist". De talade så att säga inte samma språk.

Det kan förefalla märkligt att Nobelkommittén tidigare bett två av Alfvéns förutvarande elever och medarbetare om utvärderingar, men Sverige är litet och de sakkunniga få. Nobelkommittén för fysik innehöll vid denna tid även två av Alfvéns doktorandkamrater från tiden hos Manne Siegbahn i Uppsala: Bengt Edlén och Sten von Friesen – båda nu professorer i Lund. Det tycks ha funnits en uppriktig strävan i Nobelkommittén att verkligen bortse från personliga hänsynstaganden och vänskapsband. Att Nobelkommittén vände sig till Thomas G. Cowling, en av Alfvéns mest välkända vedersakare, kan kanske ses som ett uttryck för dess strävan efter en så mångsidig och grundlig bedömning som möjligt?

NÄR COWLING I BÖRJAN av mars 1967 ombads lämna ett utlåtande om Alfvén gjorde han först invändningar: "I may be regarded as not wholly unbiased, since I have on occasions been strongly critical of Alfvén's work". Nobelkommitténs förfrågan hade satt Cowling i en svår situation. Som President för Royal Astronomical Society hade han bara ett par månader tidigare överlämnat sällskapets högsta utmärkelse, dess guldmedalj, till Alfvén. "Enough is enough" tänkte kanske Cowling, men han kunde inte gärna tacka nej till Nobelkommitténs förfrågan.

I sitt svar till Nobelkommittén skrev Cowling att "I regard two of Alfvén's theories, his theory of geomagnetic storms and his theory of sunspots, as essentially unsound". Det var hårda ord i värderingen

av en potentiell Nobelpristagare. Han ifrågasatte också om Alfvéns främsta arbete verkligen var nyskapande:

The question is, how far can MHD be regarded as Alfvén's creation? In one sense, it cannot be regarded as new at all; it involves nothing more than the idea of conventional electromagnetism.

Därefter attackerade Cowling Alfvéns prioritet till denna – som han tyckte icke särskilt originella upptäckt – och skrev att det fanns många tidigare arbeten, däribland några av honom själv, som innehöll mycket av Alfvéns senare slutsatser. Han sammanfattade sin kortfattade utvärdering:

With all Alfvén's best work there is usually an element of dross mixed, and he is often unable to distinguish the one from the other. Thus, though I was glad to welcome him among our Gold Medalists, I cannot but wonder if his stature is really up to the standard of a Nobel Prize.

NOBELKOMMITTÉN FANN Cowlings rapport ovanlig, och kommitténs ordförande Erik Rudberg skrev till de övriga ledamöterna att även om "formen på hans utlåtande (...) inte är den vi äro vana vid" så måste nu hans synpunkter beaktas. I sin sammanfattande skrivelse till Vetenskapsakademien om förslag till årets Nobelpris i fysik ägnade Nobelkommittén en sida åt att redogöra för Cowlings kritik – men konstaterade också att denna kritik inte hade ändrat deras uppfattning om betydelsen av upptäckten av MHD-vågor. Detta år ville de dock rekommendera ett Nobelpris inom ett annat område av fysiken.

Nobelkommittén beställde inte några

nya utlåtanden inom geokosmisk fysik, och inte heller någon ny utvärdering av Alfvén, vare sig 1968 eller 1969. Det fanns alltså ännu inget utlåtande som hade granskat och värderat betydelsen av Cowlings förödande kritik.

ÅR 1970 VAR DET 8 nomineringar för Alfvén. Nobelkommittén för fysik ansökte nu hos Akademien att få anlita Torsten Gustafson, professor i teoretisk fysik i Lund, som sakkunnig i årets prisarbete. Torsten Gustafson var ledamot av KVA sedan 1958, och var under många år Tage Erlanders informella rådgivare i forskningsfrågor. År 1945 hade Gustafson varit en av initiativtagarna till Atomkommittén.

Gustafson inkom med sin skrivelse på 17 sidor i maj, och i den hade han vederlagt Cowlings kritik, punkt för punkt. Han skrev avslutningsvis om Alfvén att "hans meritering till ett Nobelpris är mycket stark. Tyngdpunkten i hans arbeten är upptäckten av magnetohydrodynamiken, med dess djupgående tillämpningar inom olika grenar av fysiken, särskilt den kosmiska elektrodynamiken."

Nobelkommittén för fysik beslöt sig därefter att föreslå Vetenskapsakademien att Nobelpriset för fysik 1970 skulle delas lika mellan Alfvén och den franske fasta tillståndets fysikern Louis Néel (som 1970 hade fått 6 nomineringar).

DEN 27 OKTOBER 1970 meddelades att Alfvén hade fått Nobelpriset. Dagen efter tillkännagivandet var de svenska tidningarna fyllda av entusiastiska artiklar om Alfvén. Den främsta vinkeln i nyhetsartiklarna om Alfvéns Nobelpris var att han slutligen hade triumferat över sina opponenter. Inte över Thomas G. Cowling, ty om de interna diskussionerna i Vetenskapsakademien och ►



► Nobelkommittén för fysik visste förstås omvärlden intet. Nej, Alfvén hade i medias och allmänhetens ögon triumferat över sina vedersakare, de som enligt Alfvén hade skurit ner hans forskningsanslag på grund av hans kritik av den svenska kärnkraftspolitiken och tvingat honom i landsflykt. Nobelpriset för Alfvéns upptäckt av MHD-vågorna var också ett implicit bevis för att Alfvéns plädering för ökade anslag till svensk grundforskning hade fog för sig. Nobelpriset till denne KTH-professor visade ju att också ett relativt litet land som Sverige kunde hävda sig i den internationella konkurrensen, bara universitet och högskolor fick tillräckligt stora statliga anslag.

DET ÄR TRADITION ATT de nya Nobelpristagarna efter Nobeldagen ger föreläsningar på några svenska lärosäten. Efter Alfvéns föreläsning på KTH den 11 december 1970 var rektor Göran Borg värd för en lunch. I sitt tacktal iscensatte

Alfvén en för honom typisk demonstration. Han tog upp sin Nobelmedalj ur fickan och slängde den på bordet. Den tunga guldmedaljen rullade över bordet och landade med en duns framför den häpne rektor Borg. Alfvén sade:

”Om överheten skulle skära ner anslagen ännu mer, kan ni ju alltid ’stampa’ på den.”

Enligt ett rykte ska rektor Borg besvärat ha stoppat Nobelmedaljen i sin kavajficka, och åter på kontoret bett sin sekreterare att skynda ner till Handelsbanken och lägga den i högskolans bankfack. Nobelmedaljen var i dåtida penningvärde värd mellan 1 800 och 2 000 kronor, så några större forskningsinsatser hade Alfvéns gåva inte räckt till, men den hade sin symboliska betydelse och underströk hans kritik av de njugga statliga anslagen till grundforskning. Ja, just det som hade fått honom att ”fly” från Sverige några år tidigare.

Man kan kanske säga att beslutet att

anlita Cowling kom att ”försena” Alfvéns Nobelpris med ett par år. Men man kan också säga att när Alfvén väl tilldelades Nobelpriset så var detta ett väl motiverat beslut efter årtal av utredningar i vilka man också hade vägt in de främsta kritiska synpunkterna. Nobelpriset i fysik år 1970 till Hannes Alfvén var väl grundat.

SVANTE LINDQVIST
Professor

Källor och litteratur

KVA, Vetenskapsakademiens protokoll angående Nobelärenden.

Carl-Gunne Fälthammar & Alexander J. Dessler, ”Hannes Alfvén (1908–1995)”, *Eos* 76 (1995), Issue 39 (September 26), sid. 385–388.

R. Sebastian Pease & Svante Lindqvist, ”Hannes Olof Gösta Alfvén 30 May 1908–2 April 1995”, *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* 44 (1998), sid. 1–19.

Syun-I Akasofu, ”Chapman and Alfvén: A Rigorous Mathematical Physicist Versus an Inspirational Experimental Physicist”, *Eos* 84 (2003), No. 29 (22 July), pp. 269–274.

WALLENBERGS FYSIKPRIS

Katedralskolan i Lund segrare i lagtävlingen

Katedralskolan i Lund knep första platsen i årets upplaga av **Wallenbergs fysikpris**, medan Uddevalla gymnasieskola och Europaskolan i Strängnäs kom på andra respektive tredje plats. Det individuellt bästa resultatet fick Liam Antonsson från Uddevalla gymnasieskola med 29 poäng av 30 möjliga, och han blir därmed en av 17 finalister som nu får tävla vidare om platserna i den internationella fysikolympiaden.

I år fick Wallenbergs fysikpris, som så mycket annat, coronaanpassa upp-lägget. För många gymnasieskolor gällde fortsatt distansundervisning när lag- och uttagningstävlingen genomfördes den 28 januari. Tävlingsledningen beslöt därför att de skolor som inte kunde ordna det på annat sätt fick lov att låta eleverna skriva hemma (med zoomövervakning eller motsvarande). Även rättningen fick ställas om: Det blev ingen sedvanlig lördagssammandragning av gymnasielärare från hela landet på Hvitfeldtska gymnasiet i Göteborg, utan var och en fick sitta på sin kammare, eller i små grupper, och rätta på datorskärm enligt ett sinnrikt system utarbetat av rättningsansvariga Jim Lindholm och Susanne Tegler.

Upplägget krävde dock att skolorna behövde scanna in alla elevlösningar istället för att lägga dem på brevlådan vilket ledde till en del extraarbete, speciellt för lärare som hade många skrivande elever.

–Helt okej ändå, tyckte Lars Gråsjö på Danderyds gymnasium med tio deltagande elever. Det viktigaste var att det blev en tävling, vi har flera elever som verkligen ser fram emot Wallenbergs fysikpris.

Ytterligare en förändring jämfört med



Segrare i lagtävlingen blev, från vänster: Leo Küchen, Erik Thylefors och Axel Bergengren, alla från samma klass i årskurs 3 på Katedralskolan i Lund.

tidigare år var att tjejsatsningen ställdes in. Inga flickor från årskurs 2 bjuds in till Fysikveckan i mars:

–Vi är tvungna att låta årets Fysikvecka för finalisterna köras på distans, säger Kerstin Ahlström, ordförande i Fysikersamfundets undervisningssektion och huvudansvarig för uttagningstävlingen. När vi inte längre kan arrangera möten med fysiker, studiebesök och sociala aktiviteter så försvinner en stor del av programmet vi har för flickorna i tjejsatsningen. Verkligen tråkigt, men vi återupptar den förstås nästa år för den har verkligen fungerat bra och varit mycket uppskattad.

Som väntat var det färre deltagare i tävlingen i år, både vad gäller skolor och

vad gäller deltagande elever. I år skickades bidrag in från 46 gymnasieskolor och antalet deltagande elever var 229, vilket kan jämföras med förra årets 74 skolor och 590 elever.

Årets tävlingsuppgifter

Tidigare har tävlingen bestått av sex uppgifter à 5 poäng som alla ska redovisas med fullständiga lösningar. Nytt för i år var att en av dessa ersatts med tio flervalsuppgifter à 0,5 poäng, ett byte som gjorde det möjligt att täcka in fler delar av fysiken samtidigt som rättningsbördan minskade något. Två av flervalsuppgifterna återfinns på nästa uppslag, övriga behandlade bland annat ljusstrålars brytning, seriekopplade lysdioder, 5G-fotoner och densiteten hos tre vätskor i jämvikt i ett U-rör.

Den första av de fem uppgifterna som skulle besvaras med en fullständig lösning beskrev en vacker fontän utanför Grand Hotel i Lund där tjugo vattenstrålar möts i mitten. Vattnets fart när det lämnar munstyckena skulle bestämmas, liksom kapacitet och effekt på den pump som driver fontänen.

I andra uppgiften gällde det att uppskatta hur stort magnetfältet är runt huvudet på en person som står på perrongen när ett X2000-tåg startar ►

Welcome to
Nordic Physics Days 2021
4-6 August, Uppsala, Sweden

THE CONFERENCE IS ORGANIZED by the National Physical Societies in the Nordic countries and hosted by the Department of Physics and Astronomy at Uppsala University. It will be held in Uppsala, at the University Main Building, 4-6 August 2021.

THE NORDIC PHYSICS DAYS is an international conference that welcomes students, researchers and teachers. The program includes plenary contributions from outstanding researchers and speakers, presenting exciting research findings in a variety of physics fields. In addition, parallel sessions will be dedicated to the meetings of the different sections of the Physical Societies.

AN EPS HISTORICAL SITE will also be inaugurated at the end of the conference.

www.nordicphysicsdays2021.se

och motorernas effekt ligger på över 3 000 kW. Även i den tredje uppgiften fanns en människa i centrum: Vilken absorberad stråldos utsätts den person för som i samband med kärnvapenprov-sprängning fått i sig strontium-90 med dricksvattnet?

I den fjärde uppgiften beskrevs tricket med att lyfta upp vatten i ett rör genom att täppa för rörets övre ände när röret är nedsänkt i vatten. Hur högt upp i röret når vattenpelaren? var den fråga som skulle besvaras. I den sista uppgiften, som presenteras i sin helhet på nästa sida, fick de tävlande räkna på hur neutronerna i European Spallation Source, ESS, kan bromsas för att få rätt energi för de experiment de ska användas till.

Vinnande lag
Förutom att tävlingsuppgifterna används för att utse finalister i Wallenbergs fysikpris utgör de också en lagtävling där de individuella resultaten för de tre bästa eleverna på varje gymnasium läggs samman. I år segrade Katedralskolan i Lund med Leo Küchen, Axel Bergengren och Erik Thylefors i laget, och nu väntar prispengar till både skolans fysikinstitution och till eleverna, 10 000 kr respektive 3 000 kr till var och en.

Henrik Pihlemark är fysiklärare i den klass där alla de tre eleverna i det segrande laget går:

– Vi märkte redan förra året att det var många i årskurs två som gjorde bra ifrån sig i fysiktävlingen så vi visste att vi skulle ha en bra chans detta år. Det finns fler elever i denna klass som är superduktiga. Det är en härlig stämning i klassen och de stöttar och sporrar varandra till utmärkta studieresultat. Kvalitén på undervisningen blir så klart inte lika bra när vi tvingats ha så mycket på distans, men för duktiga och disciplinerade elever spelar det mindre roll. Det är betydligt svårare att fånga upp och stötta elever som behöver hjälp när de sitter bakom en skärm.

Henrik tyckte att nyordningen med inledande flervalsfrågor fungerade bra:

– Det var trevligt med uppgifter med flervalssvar. Vi brukar själva använda

Vinnande skolor 2021:

1	Katedralskolan, Lund	67 p
2	Uddevalla gymnasieskola	62,5 p
3	Europaskolan, Strängnäs	61,5 p
4	Polhem, Lund	58 p
5	Danderyds gymnasium	45 p
6	Spyken, Lund	52,5 p
7	Södra Latin, Stockholm	52 p
8	Kitas, Göteborg	43 p
9	Åva, Täby	49,5 p
10	ProCivitas, Göteborg	48,5 p

Finalister i Wallenbergs fysikpris 2021:

Liam Antonsson	Uddevalla gymnasieskola
Leo Küchen	Katedralskolan, Lund
Petter Johansson	Europaskolan, Strängnäs
Aki Silander	Midgårdsskolan, Umeå
Debdut Sengupta	Viktor Rydbergs gymnasium, Stockholm
Måren Dejfors	Östra Real, Stockholm
Erik Bryland	Polhem, Lund
Mauritz Sverredal	Fyrisskolan, Uppsala
Ask Hällström	Spyken, Lund
Karl Thorén	Åva, Täby
Axel Bergengren	Katedralskolan, Lund
Jakob Fredby	Luleå gymnasieskola
Marcus Blixt	Kitas, Göteborg
Adam Johansson	Danderyds gymnasium
Noel Watson	Södra Latin, Stockholm
Rasmus Koppenaal	Rymdgymnasiet, Kiruna
Alvin Larsson Bringham	Nacka gymnasium

den typen av uppgifter när vi gör större gemensamma prov.
Hela listan på de vi tio vinnande skolorna presenteras till vänster, liksom namnen på de sjutton finalisterna.

Fysikvecka och tre olympiader
För finalisterna väntar en intensiv vår: I mitten av mars är det dags för Fysikvecka med träning och experimentell finaltävling. Som tidigare nämnts kommer den i år att ges på distans. Fysikcentrum vid Chalmers och Göteborgs universitet, värden för detta träningsläger, planerar nu för att arrangera föreläsningar, övningar och tävlingsmoment via zoom.

I april arrangeras den nordisk-baltiska fysikolympiaden, som alla de svenska finalisterna deltar i. Den är förstås en tävling i sig, men också den avslutande delen av finalen i Wallenbergs fysikpris. Förhoppningsvis är smittläget då sådant att tävlingen kan hållas på plats i Tallinn, men det finns också en reservlösning i form av distanstävlande där gymnasi-terna får lösa uppgifterna på hemmaplan.

Sedan fem år tillbaka arrangeras det också en europeisk fysikolympiad, EuPhO, och i denna erbjuds de fem som placerat sig bäst i uttagningstävlingen till Wallenbergs fysikpris att delta. Precis som 2020 är det planerat att det ska bli en olympiad över nätet, men med lagen samlade nationsvis. Tävlingsdatum är ännu inte bestämt, men slutet av maj eller slutet av juni är på förslag.

Till sist, kronan på verket, den internationella fysikolympiaden, IPhO. De fem gymnaster som placerar sig bäst i finalen i Wallenbergs fysikpris erbjuds att representera Sverige i denna veckolånga tävling som i år äger rum i Litauens huvudstad Vilnius i slutet av juli.

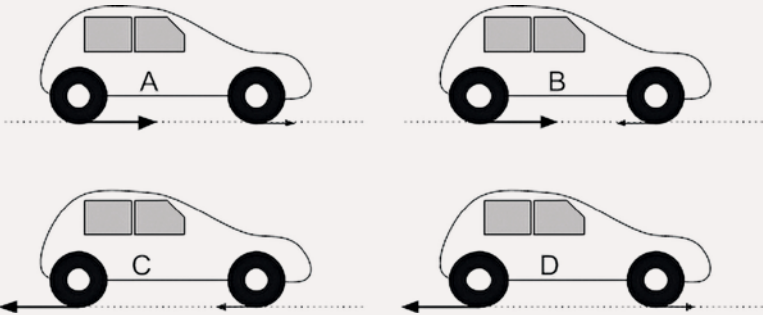
Vi tackar Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond som finansierar uttagningstävlingen och gör det möjligt för oss att delta i olympiaderna. Ett extra stort tack riktas också till alla de lärare som i år fått göra en extra stor insats för att hålla fysikintresset uppe – och tävlingen vid liv!

ANNE-SOFIE MÄRTENSSON
Göteborgs universitet

Tre av årets tävlingsuppgifter

Flervalsuppgift 5: Friktion

- En bakhjulsdriven bil accelererar framåt på en horisontell väg. I vilken bild är friktionskrafterna på hjulen korrekt ritade?
- A) Bild A
B) Bild B
C) Bild C
D) Bild D



Flervalsuppgift 8: Densitet och massa

- Vi tänker oss en planet med mindre radie än jorden, men med samma tyngdacceleration som jorden. Vilket alternativ är korrekt?
- A) Planeten har lägre densitet och lägre massa än jorden
B) Planeten har lägre densitet och högre massa än jorden

- C) Planeten har samma densitet som jorden
D) Planeten har högre densitet och lägre massa än jorden
E) Planeten har högre densitet och högre massa än jorden



Uppgift 15: Neutroner

■ I Lund byggs nu en stor forskningsanläggning, European Spallation Source, ESS. Anläggningen beskrivs på deras hemsida så här: ”The European Spallation Source is one of the largest science and technology infrastructure projects being built today. The facility design and construction includes the most powerful linear proton accelerator ever built, a four-tonne, helium-cooled tungsten target wheel, two dozen state-of-the-art neutron instruments, a suite of laboratories, and a supercomputing data management and software development centre. In the context of its history and future as a scientific organisation, however, it is more than the sum of its parts. It is a brand new Big Science organisation, built from the ground up.”

Syftet med anläggningen är att ge forskningen tillgång till neutronstrålar som kan användas för att studera

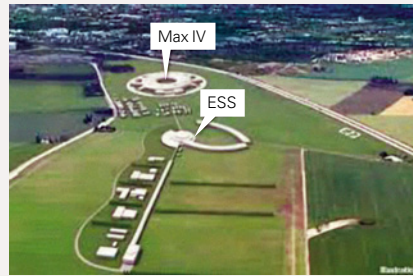


Bild som visar de två stora experimentella anläggningarna i Lund.

strukturer i fasta material, molekyler, biologiska prover med mera. Principen för att få tillgång till fria neutroner är att accelerera protoner till hög energi och därefter låta dem träffa ett mål bestående av volfram. När en proton kolliderar med en volframkärna tillförs så mycket energi att kärnan sönderdelas (”spallation” på engelska). I denna process frigörs flera neutroner.

Dessa neutroner har väldigt hög energi och måste bromsas in innan de kan användas vid experimentstationerna. Inbromsningen sker genom att neutronerna kolliderar med atomkärnor. När neutronerna har fått rätt våglängd, typiskt 0,10 nm, färdas de i rör till experimentstationerna.

- (a) Vilken energi har neutronerna?
- (b) För inbromsning har man väte omgivet av vatten. Neutronen kan röra sig åt vilket håll som helst efter stöten men i detta exempel antar vi att den efter stöten rör sig vinkelrätt mot infallsriktningen. Syrekärnan har masstalet 16.
Hur stor andel av inkommande rörelseenergi förlorar en neutron när den stöter elastiskt mot en syrekärna och riktningen efter stöten är vinkelrät mot infallsriktningen?

Fysikolympiad på behörigt avstånd

Besvikelsen var stor när 2020 års internationella fysikolympiad, IPhO, sköts upp. Men i oktober erbjöd sig Ryssland oväntat att arrangera en **fysikolympiad på distans**.

Coronapandemin innebar att fysikolympiaderna 2020 inte kunde genomföras som brukligt. Den internationella olympiaden (IPhO) med Litauen som värdnation sköts fram till 2021. Däremot arrangerades NdBPhO (Nordic-Baltic Physics Olympiad) och EuPhO (European Physics Olympiad), men på distans (se FA 3, 2020).

Många länder tränar sina deltagare en hel del och eventuella framgångar är betydelsefulla både för ledare och deltagare. Beslutet att ställa in IPhO innebar därför en besvikelse både för länderna och för årets kull. Ett av dessa länder, Ryssland, erbjöd sig oväntat i oktober att arrangera en internationell fysikolympiad på distans 7–15 december 2020, IdPhO.

De tänkta IPhO-deltagarna hade givetvis spritts för vinden, och man blev tvungen att släppa på kravet att deltagarna inte ska ha påbörjat universitetsstudier.

45 länder skickade lag

Viral succé eller inte, men trots den korta förberedelse tiden lyckades hela 45 länder få ihop lag, drygt hälften mot vanligt. Det var från Hongkong (GMT +8) i öster till Mexiko (GMT -6) i väster. Island och Sverige var de enda länderna från Norden. Det svenska laget bestod av Ask

Hällström från Spyken i Lund, Gustav Kalander från Kitas i Göteborg, Lennart Küssner från Uddevalla gymnasieskola och Viktor Lundquist från Norra Real i Stockholm. Max Kesselberg, Bo Söderberg, Oskar Vallhagen och Adam Warnerbring fungerade som ledare, överläggare och rättare.

Utöver att förhindra fusk är kruxet vid fysiktävling på distans den experimentella delen. Här erbjöd sig ryssarna att leverera (enkla) utrustning med en envoyé (på ryska посланник).

Tanken var att deltagarna skulle samlas i ett rum med Zoom, som i EuPhO, med envoyén som kontrollant. I vårt fall skärptes coronarestriktionerna den 24 november, vilket omöjliggjorde att vi samlades; istället fick våra deltagare sitta hemma. Likaså fick deltagarna från Indien, Lettland, Polen, Serbien, Slovenien, Spanien och Ukraina göra. Ryssarna hade varit förutseende och levererade då mätdata, mot att tiden på fem timmar reducerades med en timme. Sannolikt en dålig affär poängmässigt, eftersom själva mätningarna brukar generera en del enkla poäng.

Vanligen diskuteras uppgifterna av alla ledare. Då finslipas formuleringar

och delar av alltför omfattande texter stryks, innan uppgifterna godkänns. I år kunde någon sådan diskussion inte genomföras eftersom uppgifterna skulle hållas "hemliga" ända tills de presenterades för deltagarna i de olika tidzonerna. Föga förvånande blev texterna alltför långa, och uppgifterna väl knepiga.

Genomförandet

Ledarna gavs 2 timmar före start till att översätta, men uppgiftsmakarnas entusiasm ledde till alltför långa texter. Trots att vi var fyra som hjälptes åt, blev vi båda dagarna nära 30 minuter sena. Även om tävlingstiden förlängdes med motsvarande tid blev det givetvis ingen bra start på tävlingen.

Bortsett från förseningen förlöpte teoridagen utan mankemang, men på experimentdagen sändes dessutom data ut försent. Själva tävlingen Zoom-övervakades från Moskva, och där släpptes vi ledare inte in.

Direkt efter att varje deltävling avslutats skannades lösningarna in och skickades via Google Formulär till arrangören för central rättning. Samtidigt rättade var nation på hemmaplan och förde in resultatet i en fil som laddades upp via



Det svenska IdPhO-laget. Övre raden från vänster: Viktor Lundquist och Ask Hällström. Nedre raden från vänster: Gustav Kalander och Lennart Küssner.

webben. Sedan fick vi arrangörens bedömning, och kunde då avgöra om vi skulle "moderera", försöka förhandla oss till mer poäng. Vi fann ingen anledning till detta, då rättningen var kompetent genomförd.

Uppgifterna

Teoriuppgift 1 handlade om svängningar; en laddning som oscillerade i en kanal med motsatt laddning, en vertikal strömslinga med en liten vikt i ett vertikalt magnetfält, och en masslös böjlig tråd med två vikter som roterade i ett magnetfält.

Teoriuppgift 2 handlade om anisotrop friktion med olika friktionskoefficienter i ortogonala riktningar. En punktformig "kropp" rörde sig på en horisontell yta, och rörelsemönstret i olika situationer efterfrågades.

Teoriuppgift 3 var mycket omfattande och inleddes med pulskomprimering för att sedan handla om att avgöra villkoren för att kunna detektera exoplaneter. Den experimentella uppgiften handlade om diffraktion, kristallografi och symmetri för olika 2D-mönster. Alla tävlingsuppgifterna finns på www.fysikersamfundet.se/wallenbergs-fysikpris.

Kanonsvårt som sagt, och det ledde till de lägsta medaljgränserna någonsin. Guld 21,39; silver 14,3; brons 8,45 och HM 5,6 av 50 möjliga poäng.

Av de 17 guldmedaljerna tog Kina och Ryssland fem var. Av övriga gick tre till Singapore, två till Indonesien och en vardera till Armenien och Rumänien.

En bronsmedalj i februari

Prisutdelningen är normalt en pampig tillställning med olika uppträdanden, som kräver en lokal med minst 800 platser. Denna gång sändes ceremonin på YouTube, och namnen visades gruppvis på en skärm.

Prisutdelningen inleddes som vanligt med tal av prominenta personer. Den skarpögde ser att Lennart Küssner nämns på sjätte raden uppifrån som bevis för sin bronsmedalj. Hårdvara i form av medaljer, certifikat och T-shirts har utlovats till februari 2021.

Våra deltagare var i stort nöjda och ansåg att IdPhO var ett bra initiativ som kom som en glad överraskning. Det är imponerande att man kan arrangera en olympiad med så kort förberedelse tid. Fysikolympiader förbereds vanligtvis under flera år. Men nackdel med olympiader i digital skepnad är förstås att man



Lennart Küssner från Uddevalla gymnasieskola presenterades som bronsmedaljör på den streamade prisceremoni som avslutade IdPhO.

inte får träffa varandra och deltagare från andra länder.

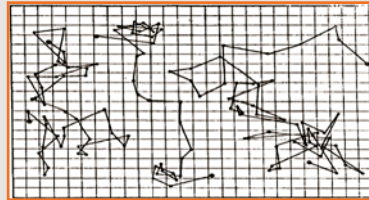
De tyckte också att Zoomkonceptet fungerade bra, men vid tävlingsstart fick man vänta en stund, utan besked varför. Uppgifterna var alldeles för svåra, men det var kreativt att anordna den experimentella delen med färdiga mätdata.

Uttagningen av det svenska laget sker via Wallenbergs fysikpris och vi tackar varmt för det ekonomiska stödet från Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond.

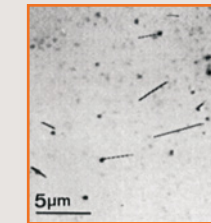
MAX KESSELBERG
Fysikum, Stockholms universitet

Den analytiska mikroskopins historia – en sammanfattning

A) 1910 använde Perrin spår av mikrometerstora partiklar i vätska, manuellt länkade punkt för punkt, för att övertyga världen om att materia är byggt på atomer¹. Varje steg representerar 30 sekunder.



C) 1955 utvecklades ett mikroskop med en integrerad krets för att automatiskt räkna antalet partiklar och celler inom ett synligt område³.



Automatiserad partikelspårning.

D) 1987 spårades nanometerstora guldpartiklar på levande cellers membran⁴.



Cellsegmentering.

F) 2015 utvecklades U-Net, ett neuralt nätverk som är välanpassat för bildsegmentering och som används ofta inom medicinska applikationer⁶.

J) 2020 presenterade vi DeepTrack 2.0, som är en all-i-ett lösning för mikroskopi och neurala nätverk, från att skapa träningsdata (simulerad eller experimentell) till att designa, träna och validera neurala nätverk⁸.



1910

1920

1930

1940

1950

1960

1970

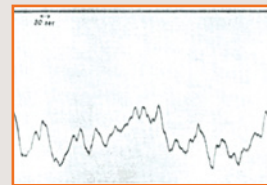
1980

1990

2000

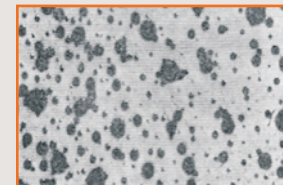
2010

2020

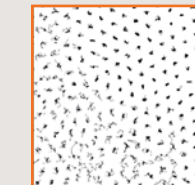


Brownsk rörelse i hög upplösning.

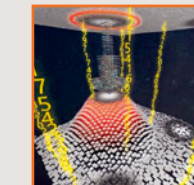
B) 1931 användes rotationen av en upphängd mikrometerstor spegel för att med väldigt hög precision bestämma Avogadros konstant². Detta tillät studie av Brownsk rörelse (den slumpade rörelsen av små partiklar) med en mycket bättre tidsupplösning.



Det första digitala mikroskopet.



E) 1996 startade modern partikelspårning med en metod som kunde bestämma en partikels position med ett fel på under en tiondels pixel⁵.



Partikelspårning med djupinlärning.

G) 2019 utvecklade vi ett neuralt nätverk som kan bestämma partiklars position med högre precision än standardmetoder, framförallt om bilden är mycket brusig⁷.

Partikelanalys och mikroskopi –

Det senaste århundradet har analys av mikroskopibilder bidragit med **banbrytande insikter** inom en mängd olika fält, från fysik till biologi.

Ett tidigt exempel är det nu mycket välkända experimentet av Jean Perrin, 1910, där han för första gången bevisade atomers existens¹. Han markerade manuellt ner positionen av mikrometerstora partiklar över tid genom att projicera deras avbildning på ett papper (Fig. 1A). Trots att denna metod endast tillät en tidsupplösning på 30 sekunder kunde han med hjälp av Albert Einstein visa att partiklarnas rörelse kunde förklaras perfekt givet atomers existens. I årtionden framöver förfinades Perrins experiment, med tidsupplösning ner mot enstaka sekunder² (Fig. 1B). Att manuellt spåra partiklar visade sig dock sätta en gräns på hur hög tidsupplösning sådana experiment skulle kunna ha.

Det var först 1950 som primitiva datorer började automatisera mikroskopisk analys. Det digitaliserade mikroskopets historia börjar i Storbritannien med en oväntad agent: den Brittiska Nationella

Kolkommittén samlades 1950 för att undersöka "the possibility of making a machine to replace the human observer", med ett primärt mål att undersöka koldamm i gruvor. Detta ledde 1955 till ett mikroskop som både räknade och storleksbestämde partiklar och celler helt automatiskt³ (Fig. 1C). Själva datorn var långt ifrån dagens datorer, och var inte mer komplicerad än ett litet kretskort med ett tiotal logiska komponenter. Trots denna väldigt enkla uppställning kunde uppställningen nå mänsklig precision, fast mer än 10 gånger snabbare än en mänsklig expert.

DENNA TIDIGA SUCCÉ FÖLJDES av ett stort intresse inom forskningsvärlden, specifikt för medicinska tillämpningar under 1960-talet. Ett flertal av de utvecklingar som gjordes under denna perioden används flitigt än idag, så som datortomografi (även känd som CT scanner), som avbildar patienten i tre

dimensioner, och flödescytometri, som används flitigt för cellanalys.

Trots att Perrin tidigt demonstrerade värdet i att spåra partiklar, var det inte förrän under sent 80-tal som processen automatiserades. 1987 spårades individuella nanometerstora guldpartiklar automatiskt på ytan av levande celler⁴ (Fig. 1D). Detta lät forskarna studera cellens form och rörelse över tid. Denna metod utvecklades snabbt, och idag används tillverkade "kvantprickar" som lyser när man belyser dem med en laser med en viss våglängd. Många algoritmer utvecklades för att spåra partiklar de kommande årtionden, från högt specialiserade till väldigt generella⁵ (Fig. 1E).

DE SENASTE FEM ÅREN har fokus skiftat till en spännande ny teknik: djupinlärning ("deep learning"). Det är ett slags artificiell intelligens (AI) som lär sig att bli bättre på en uppgift genom att utföra den massor av gånger, lite likt hur vi människor lär oss. Specifikt: djupinlärning använder neurala nätverk som har många lager (därav "djup"). Inom andra fält har djupinlärning varit en revolution, och mikroskopi verkar vara på

från Einstein till neurala nätverk

väg åt samma håll. Redan nu har metoden visats vara mycket kraftfull i en stor mängd applikationer, från cellanalys till partikelspårning.

ETT AV DE FÖRSTA problemen som löstes med djupinlärning var cellsegmentering, där celler ska urskiljas från bakgrunden. Detta löstes med hjälp av ett specialiserat neuralt nätverk som kallades för U-Net⁶ (Fig. 1F). Strukturen av detta nätverk är idag en av de vanligaste arkitekturerna inom djupinlärning för mikroskopi. Även partikelanalys har visats kunna utnyttja djupinlärning. 2019 visade vi vid institutionen för fysik på Göteborgs universitet hur neurala nätverk kan användas för att spåra individuella partiklar bättre än standardalgoritmer, framförallt för väldigt brusiga bilder⁷ (Fig. 1G).

År 2020 släppte vi så DeepTrack 2.0⁸, ett mjukvaruprogram som är designat för att hjälpa till vid utvecklingen av neurala nätverk, med inbyggd möjlighet att simulera mikroskopibilder, färdigimplementerade neurala nätverk och användningsexempel (Fig. 1H). DeepTrack 2.0 har visats kunna lösa många vanliga problem inom mikroskopi, från

partikelspårning i tre dimensioner, till att räkna celler. I många av dessa problem är stora datamängder, som behövs för djupinlärning, inte tillgängliga. DeepTrack 2.0 kan i dessa fall använda mikroskopens inställningar för att simulera realistiska mikroskopibilder av partiklar och celler. DeepTrack 2.0 kan också användas för att omvandla en mikroskopibild till en annan mer detaljrik bild.

Det är högst troligt att framtidens forskning inom mikroskopi kommer vara starkt beroende på djupinlärning och neurala nätverk. DeepTrack 2.0 bidrar till framtidens utveckling med att samla olika verktyg för analys av mikroskopibilder på en och samma plattform.

BENJAMIN MIDTVEDT,
SAGA HELGADOTTIR, AYKUT ARGUN,
JESÚS PINEDA, DANIEL MIDTVEDT
OCH GIOVANNI VOLPE
Institutionen för fysik, Göteborgs universitet

Referenser

1 J. Perrin, "Mouvement brownien et molécules", *J. Phys. Theor. Appl.* 9, 5–39 (1910).

2 E. Kappler, "Versuche zur Messung der Avogadro-Loschmidtschen Zahl aus der Brownschen Bewegung einer Drehwaage", *Ann. Phys.* 403, 233–256 (1931).

3 D. Causley and J. Z. Young, "Counting and sizing of particles with the flying-spot microscope", *Nature* 176, 453–454 (1955).

4 H. Geerts, M. De Brabander, R. Nuydens, S. Geuens, M. Moeremans, J. De Mey, and P. Hollenbeck, "Nanovid tracking: a new automatic method for the study of mobility in living cells based on colloidal gold and video microscopy", *Biophys. J.* 52, 775–782 (1987).

5 J. C. Crocker and D. G. Grier, "Methods of digital video microscopy for colloidal studies", *J. Colloid Interface Sci.* 179, 298–310 (1996).

6 O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox, "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation", in *Lecture Notes in Computer Science* (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), Vol. 9351 (Springer Verlag, 2015) pp. 234–241.

7 S. Helgadottir, A. Argun, and G. Volpe, "Digital video microscopy enhanced by deep learning", *Optica* 6, 506 (2019).

8 B. Midtvedt, S. Helgadottir, A. Argun, J. Pineda, D. Midtvedt, and G. Volpe, "Quantitative digital microscopy with deep learning", (2020), *arXiv:2010.08260*.



Stjärnbilden Orion mot en mörk himmel respektive en stadshimmel i en tätort med 500 000 invånare.

Vart tog stjärnhimlen vägen?

Hur många stjärnor kan vi egentligen se och hur påverkar **de ökande ljusföroreningarna** vår uppfattning av stjärnhimlen? Med hjälp av skolelever och allmänhet har vi tagit reda på hur stjärnhimlen ser ut på olika platser i Sverige.

Gå ut i din trädgård en stjärnklar natt och titta upp. Hur många stjärnor kan du se? Om du bor i eller nära en stor stad är chansen stor att du inte ser mer än en handfull, men även på landsbygden är antalet synliga stjärnor mycket lägre än vad det var bara för

några tiotals år sedan. På många platser kan man inte längre urskilja Vintergatan på grund av ljusföroreningar.

DE ÖKANDE ljusföroreningarna börjar uppmärksammas mer och mer över hela världen. Vi ville ta reda på hur stort

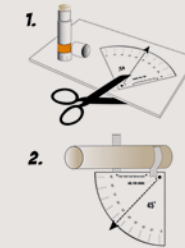
problemet är på olika platser i Sverige, och bjöd därför in skolelever och allmänhet att delta i medborgarforskningsprojektet Stjärnförsöket, Forskarfredags massexperiment 2019 (Vetenskap och Allmänhet 2020). Deltagarna fick undersöka hur ljusförorenad deras

Antal stjärnor

Om himlen var kolsvart och vi befann oss i rymden skulle vi kunna se 9 096 stjärnor runt om oss i alla riktningar. Dessa 9 096 stjärnor är då ljusare än magnitud 6,5, som är gränsmagnituden för ögats förmåga att se ljussvaga stjärnor.

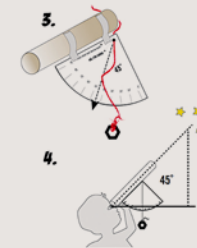
Hälften av stjärnorna är dessutom under horisonten, vilket minskar antalet med en faktor 2 till 4 548 stjärnor.

Så många ser vi dock aldrig, eftersom ljus absorberas och sprids i atmosfären. Det gör det svårt att se fler än cirka 4 000 stjärnor, även om det inte finns några ljusföroreningar alls.



Stjärnförsökets metod

Stegen för att tillverka ett mät rör för Stjärnförsöket: **1.** Klipp ut en gradskiva. **2.** Fäst gradskivan på ett papprör. **3.** Fäst ett snöre med en tyngd i gradskivan. **4.** Gradskivan med snöret används sedan för att se när röret är i 45 graders lutning.



Om du tittar på himlen genom ett rör kommer strålarna av ljus in i röret från en mycket större cirkulär plats på himlen (P). Om röret flyttas i alla riktningar täcker det så småningom ytan av ett "tänkt" halvklot över ditt huvud (H).

närmiljö är genom att räkna hur många stjärnor de kunde se där de befann sig. Närmare 1 000 observationer rapporterades in under mätperioden som pågick från mars 2019 till februari 2020.

Under optimala förhållanden kan du teoretiskt se ungefär 4 500 stjärnor (se faktaruta). Naturliga ljuskällor som månen eller norrsken gör att det faktiska antalet stjärnor du kan se kommer att vara lägre. Konstgjorda ljuskällor minskar antalet synliga stjärnor ytterligare, men fram till ganska nyligen var det fortfarande relativt lätt att hitta mörka platser. I takt med att städer växer och ljuskällor blir både billigare och bättre ökar dock ljusföroreningarna kraftigt, och det blir allt svårare att hitta riktigt mörka områden. Detta påverkar förstås vår upplevelse av stjärnhimlen, men leder även till att djur, insekter och växter påverkas negativt. Till exempel har man sett att fladdermöss som lever i fasadbelysta kyrktorn inte vågar sig ut på natten, och därmed svälter och dör (Eklöf och Rydell 2018). Även människors biologiska klocka och hormonbalans har visat sig kunna påverkas av att vi utsätts för ljus under en stor del av dygnet (Chepesiuk 2009).

Det finns olika sätt att uppskatta graden av ljusföroreningar. Ett är att helt enkelt räkna hur många stjärnor som syns på himlen. Egentligen vill man på det sättet uppskatta den så kallade *gränsmagnituden* (se faktaruta), det vill säga

hur ljussvag kan en stjärna vara och fortfarande synas mot himlens bakgrunds-ljus. Stjärnförsöket bygger på denna metod.

METODEN SOM VI ANVÄNDE för att uppskatta antalet stjärnor går ut på att du räknar hur många stjärnor du kan se genom ett rör, av typen hushållspappersrör, i nio olika riktningar på himlen (observerade under 45° vinkel) och noterar resultatet i varje riktning. Sedan används detta för att beräkna antalet stjärnor som du bör kunna se på himlen där du står. Metoden finns väl beskriven på forskarfredag.se. Där används en app för att rapportera resultatet, men du kan lika gärna själv beräkna det. Den stora fördelen med denna metod är att den använder enkel utrustning samt är enkel att genomföra – alla kan vara med och göra det!

Metoden bygger på ett medelvärde av antalet stjärnor du ser i alla riktningar,

rörets diameter (D) och längd (L), vilket används för att få fram det statistiska antalet stjärnor du kan se:

$$N_{\text{tot}} = \frac{8L^2}{D^2} \cdot \text{antal stjärnor du ser i röret}$$

Detta jämförs sedan med det teoretiska maximala antalet stjärnor, 4 548, och ljusföroreningsgraden blir då $= (1 - N_{\text{tot}} / 4548) \cdot 100\%$, där ljusföroreningsgraden sträcker sig från 100% (max ljusförorenat) till 0% (ingen ljusförorening).

Gränsmagnituden ges av det empiriska sambandet: *gränsmagnitud* $= 0,8962 \ln(N_{\text{tot}}) - 0,9772$. Om du till exempel såg 1 500 stjärnor så motsvarar det en gränsmagnitud på cirka 5,6.

ETT AV MÅLEN MED Stjärnförsöket var att det skulle kunna användas som resurs för lärare för att stärka undervisningen i naturvetenskap, samtidigt som eleverna bidrog till forskningen. Materialet

Magnitudbegreppet

Astronomer använder begreppet *magnitud* för att beskriva stjärnors ljusstyrka.

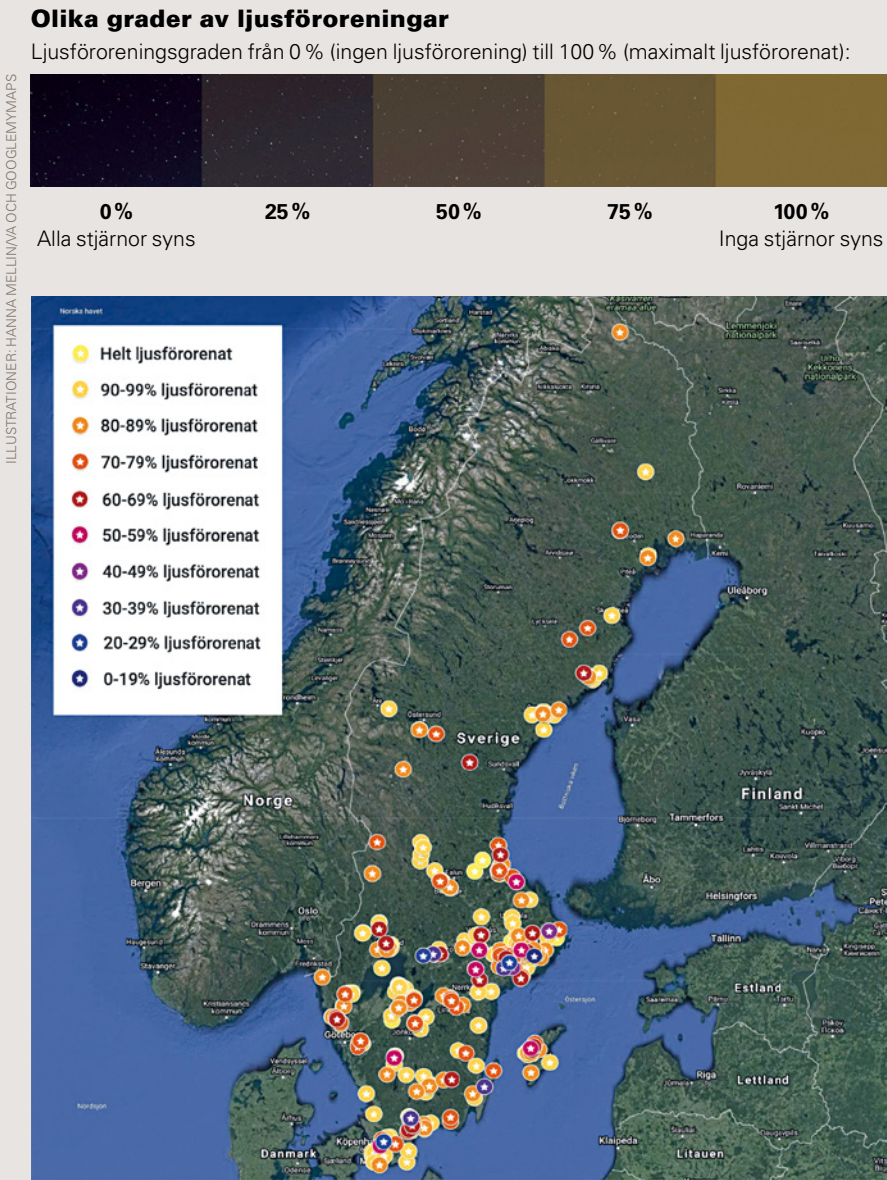
Under antiken delades de synliga stjärnorna in i sex storleksklasser, magnituder, där de ljusstarkaste kallas "första klassens stjärnor" eller magnitud 1 medan mer ljussvaga stjärnor gavs en högre magnitud.

Det moderna magnitudbegreppet är definierat utifrån en logaritmisk skala där fem

magnitudsteg motsvarar en faktor 100 skillnad i ljusstyrka.

Gränsen för vad man under de bästa möjliga förhållanden kan se med blotta ögat (*gränsmagnituden*) är ungefär 6,5.

Magnitudskalan är alltså bakvänd – en högre siffra betyder att stjärnan är mer ljussvag, medan de mest ljusstarka stjärnorna har en negativ magnitud (–). Stjärnan Sirius har magnituden –1,5. Polstjärnan varierar mellan magnitud 1,86 och 2,13.



► har därför utformats för att passa in i kursplanen för både grundskolan och gymnasiet. För gymnasieelever kan man med fördel låta eleverna själva göra beräkningarna, och experimentet och metoden lämpar sig även som tema för ett gymnasiearbete.

VIA FORSKARFREDAG.SE anmälde 252 skolor från hela Sverige sig att delta i Stjärnförsöket, samt åtta astronomiföreningar, 29 scoutgrupper och 176

privatpersoner. Totalt registrerades nära 900 användbara observationer, se kartan ovan.

Resultatet visar att det förekommer hög grad av ljusföroreningar i Sverige i de områden där observationerna är gjorda; antalet stjärnor varierade mellan 1 och nästan 4 000. I hela 17 % av alla observationer kunde inga stjärnor ses och 25 observationer gav färre än 10 stjärnor. Det betyder att vid 20 % av alla observationer kunde man se högst 10 stjärnor på hela

himlen. Med andra ord var himlen väldigt ljus, motsvarande en gränsmagnitud > 1,1.

Naturligtvis varierar ljusföroreningsgraden mycket över vårt land men i genomsnitt sågs 454 stjärnor (motsvarande gränsmagnitud = 4,5). Fördelningen av resultatet är ganska sned, vilket gör att det är mer relevant att ange medianen, som var 300 stjärnor (gränsmagnitud = 4,1). De minst ljusförorenade områdena var, inte förvånande, belägna antingen i Norrlands inland eller på öar (Visingsö, Gotland och Öland). De mest förorenade områdena utgjordes av större städer. Nära 900 observationer rapporterades in, men det statistiska materialet är ändå inte så stort. Trots detta kan man konstatera att resultatet överensstämmer väl med andra metoder för att mäta ljusföroreningar.

SLUTSATSERNA MAN KAN DRA av Stjärnförsöket är att försöket gjort tydligt för deltagarna att ljusföroreningar är ett problem i vår närmiljö. Det framkom också tydligt att det är väldigt stor spridning av resultaten, vilket speglar hur lokalt ljusföroreningar är som fenomen, samt att det är viktigt att göra många mätningar på samma ställe. På så sätt är Stjärnförsöket ett mycket bra exempel på hur vetenskapliga undersökningar både har möjligheter och begränsningar när det kommer till metodfrågor, och lämpar sig utmärkt i undervisningen. Som ett led i att minska ljusföroreningarna rekommenderar vi att man dels tar upp det i undervisningen men också skickar med eleverna budskapet att ha *rätt ljus på rätt plats vid rätt tillfälle*.

URBAN ERIKSSON
Nationellt resurscentrum för fysik,
Lunds universitet

TANJA NYMARK
Vetenskapens Hus

Referenser
Chepesiuk, R. (2009). "Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution". *Environmental Health Perspectives*, 117, A20-A27.

Eklöf & Rydell (2018) *Forskning & Framsteg* 8, 26-33.

Vetenskap och Allmänhet 2020, VA-rapport 2020:3, https://v-a.se/downloads/varapport2020_3.pdf

Partikeldagarna 2020 blev en helt virtuell konferens

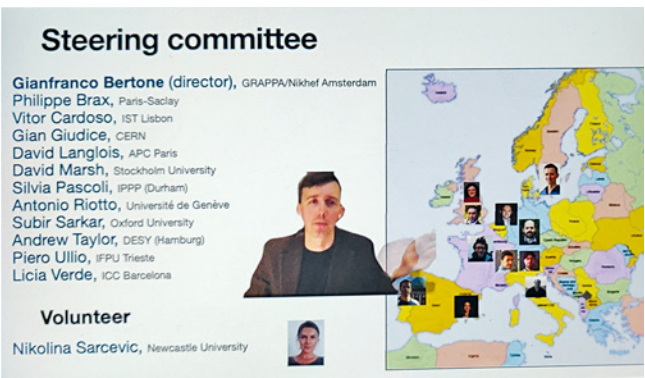
Sveriges partikel- och astro-partikelfysiker möts en gång om året för att diskutera forskning och forskningsstrategi.

■ Konferensen, "Partikeldagarna", organiseras av styrelsen för Partikel- och astropartikelsektionen i Svenska Fysikersamfundet samt en lokal organisationskommitté. Värdskapet roterar och 2020 skulle Uppsala universitet organisera. På grund av corona-pandemin behövde Partikeldagarna i november 2020 bli en virtuell konferens.

Lyckligtvis är partikel- och astro-partikelfysiker vana att arbeta internationellt i stora och små sammanhang och möten över videolänk är välbekant för alla medlemmar i sektionen. De två planerade konferensdagarna omvandlades till två halvdagar och en heldag, för att försöka undvika skärmtrott.

ÖVERGÅNGEN TILL virtuell konferens fick några oväntade konsekvenser. Deltagarantalet nästan fördubblades mot det normala, när det varken tillkom restid eller logikostnader. Mängden insända bidrag till konferensen ökade också markant. Även fikapauserna fick bli virtuella. Den digitala konferensen kunde genomföras med framgång och vi fick se många kreativa sätt att använda konferensverktygen.

Precis som tidigare år innehöll konferensen många bidrag, inskickade av forskare på alla nivåer, från masterstudenter till professorer. Vi fick höra senaste nytt



Konferensen bjöd på flera kreativa användningar av verktygen. David Marsh, Stockholms universitet, hade sin egen presentation som bakgrund.

från den svenska verksamheten i de CERN-baserade experimenten ATLAS, ALICE och LHCb. Framtida experiment vid ESS i Lund diskuterades. Det var även presentationer om pågående samarbeten mellan teori och acceleratorbaserad fysik, liksom renodlade teori-presentationer. På astropartikelfysiksidan fick vi ta del av en presentation från XENON-experimentet, vilket i somras publicerade intressanta avvikelser som möjligtvis skulle kunna härröra från mörk materia. Andra astropartikelfysikexperiment fick också plats på talarlistan, som IceCube och det planerade ALTO-observatoriet, samt även astropartikelfysikteori. En inbjuden talare, professor Martin Erdmann från Aachen, knöt ihop experiment vid partikelkolliderare och astropartikelfysiken genom att tala om deep learning i dessa fält.

PARTIKELDAGARNA INNEHÅLLER alltid en session om forskningsstrategi som i år inleddes med en paneldiskussion om

finansieringsstrategier för acceleratorbaserade infrastrukturer, som CERN och ESS. På agendan stod även en presentation från Mathias Hamberg som var speciellt inbjuden från VR, samt sektionens egna representanter i olika viktiga organ som European Committee for Future Accelerators (ECFA) och International Union for Pure and Applied Physics (IUPAP).

PARTIKELDAGARNA 2020 visade att virtuella möten kan vara ett bra alternativ till vanliga konferenser om man vill hålla nere restid och koldioxidutsläpp, men vi hoppas ändå på en återgång till det normala snart. Även om det går att göra många saker virtuellt så inleds nya samarbeten trots allt lättare i den fysiska världen.

ELIN BERGEÅS KUUTMANN
Uppsala universitet,
för styrelsen för sektionen för partikel- och astropartikelfysik och lokala organisationskommittén Partikeldagarna 2020

Problem med substansanalys

Att **fällas för doping** kan innebära slutet på en idrottares karriär. Men hur säkra är analyserna som antidoping-domarna baseras på?



Idrottarna på bilderna har ingen koppling till artikeltexten.

FOTO: PIXABAY

När en idrottare anklagas och senare fälls för doping, finns ofta ett och endast ett bevis för den åklagande sidan att föra fram och den dömande instansen att ta ställning till: dopinglaboratoriets rapport om en så kallad "Adverse Analytical Finding" (AAF) i det dopingprov som idrottaren lämnat. Som regel finns inga andra bevis att åberopa, och som regel inget erkännande. För en idrottare som medvetet använt substanser i prestationshöjande syfte är det naturligtvis ett stort bakslag att ha blivit ertappad. Men för en idrottare som aldrig skulle drömma om att använda förbjudna substanser, men vars dopingprov trots detta rapporteras som AAF, är det en personlig katastrof. Så hur säkra är dopinglaboratoriernas analyser?

Den internationella anti-dopingorganisationen WADA har i sitt regelverk gett sina ackrediterade dopinglaboratorier en extremt stark ställning. Om ett laboratorium genomför en substansanalys enligt WADA:s internationella standard, så kan resultatet inte ifrågasättas. En

idrottare som utmanar en laboratoriemätning måste inte bara visa att laboratoriet avvikit från standarden, utan också göra det troligt att avvikelsen resulterade i ett falskt positivt utfall. Eftersom laboratoriet inte är skyldigt att redovisa sin fulla "standard operating procedure", utan endast en noggrant reglerad delmängd data, så är det extremt svårt att utmana ett laboratorieresultat.

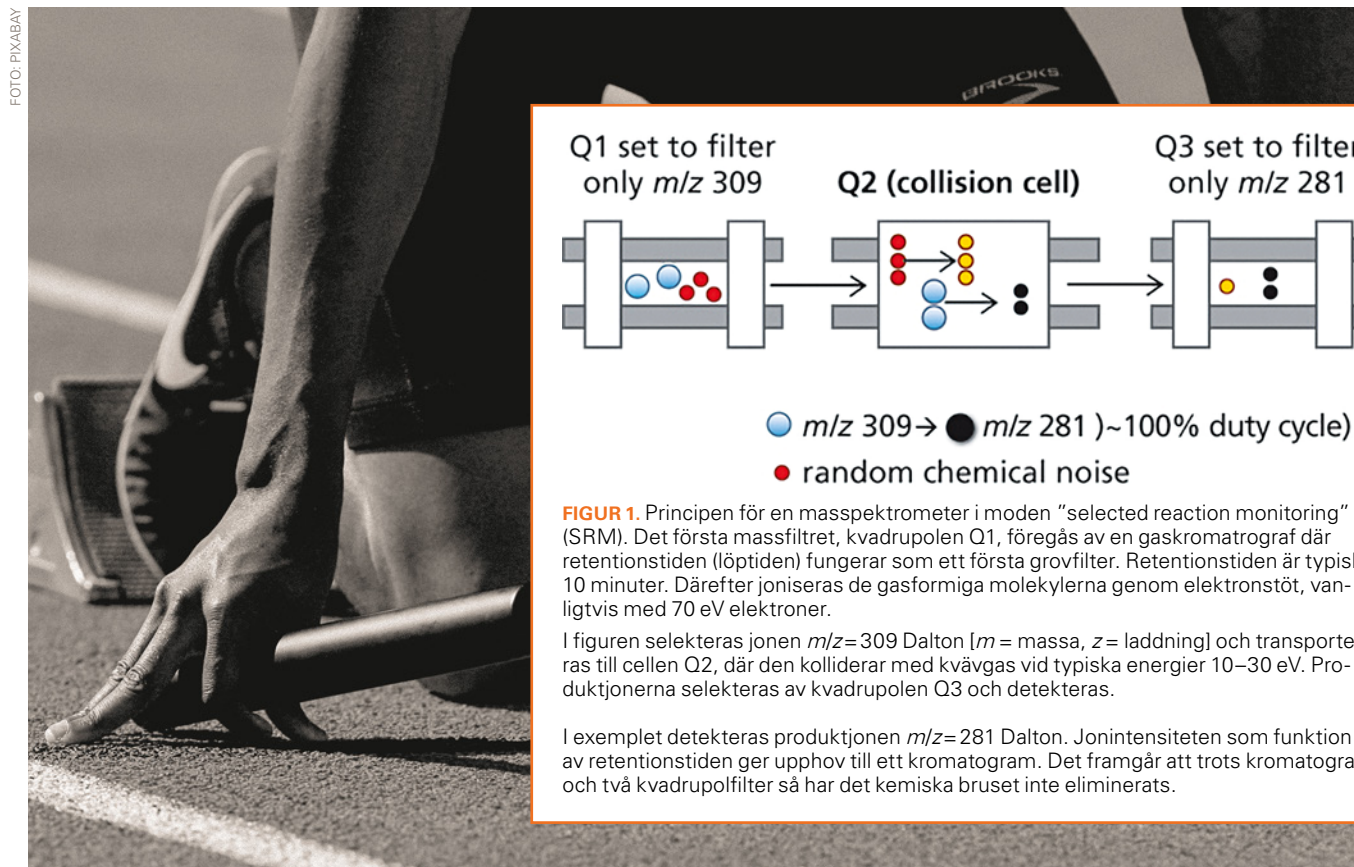
Dopinglaboratoriernas starka ställning i kombination med att idrottare fälls enbart baserat på en substansanalys, gör naturligtvis att det finns all anledning att granska om WADA:s regelverk verkligen garanterar rättssäkerhet.

JAG HAR I EN tidigare artikel i *Fysikaktuellt* (nr. 3, 2013) diskuterat hur masspektrometri används för substansanalys i dopingsammanhang. Jag har också i ett YouTube-klipp redovisat min uppfattning (*Mats Larsson vs Stockholm Doping Laboratory*) att det svenska dopinglaboratoriet i ett konkret fall inte uppfyllt WADA:s krav.

Jag ska i denna artikel diskutera en annan aspekt av substansanalys som inte har reglerats av WADA och som dessutom missgynnar kvinnliga idrottare. Som exempel använder jag, med den aktuella kvinnlig idrottarens tillåtelse, diagram och analysresultat från ett av de fall som jag under åren varit inblandad i.

FIGUR 1 VISAR DEN masspektrometriska metoden "selected reaction monitoring" (SRM). De rödfärgade cirkelarna representerar "kemiskt brus", en term som myntades av masspektrometristen Jonathan W. Amy vid Purdue-universitetet i Indiana. Kemiskt brus definieras som signaler från kemiska komponenter i provet som inte går att särskilja från signalen från den analyt som är av intresse. Det är uppenbart att vid analys av ett så komplext prov som ett urinprov, som ju dopingprov oftast är, sätts detektionsgränsen av det kemiska bruset och inte av det instrumentella bruset. I WADA:s regelverk görs dock ingen distinktion mellan kemiskt och

FOTO: PIXABAY



instrumentellt brus, det krävs endast att kvoten signal:brus ska vara $> 3:1$. I det aktuella fallet hävdade såväl det svenska dopinglaboratoriet som de dömande instanserna att endast det instrumentella bruset skulle beaktas.

ETT URINPROV, och av anatomiska skäl särskilt från kvinnor, innehåller en rik flora av bakterier. För ett urinprov som lämnas till en dopingkontrollant i idrottarens hem eller i samband med en tävling, kan det dröja 24 timmar eller mer innan provet når dopinglaboratoriet och fryses in i avvaktan på analys. Regelverket anger ingenting om hur transporten till dopinglaboratoriet (till exempel med post) ska dokumenteras angående vilka temperaturgradienter provet utsatts för. Den temperaturberoende mikrobiella degraderingen sätter in omedelbart efter att provet lämnats i en icke steril miljö, och ökar risken för ett falsifierat analysresultat.

En masspektrometer är ett utmärkt instrument för att hitta en nål i en

WADA och antidopningarbetet

Det internationella antidopningarbetet leds av **World Anti-Doping Agency** (WADA), som bildades 1999. Uppdraget är att leda det världsomspännande arbetet med att åstadkomma en dopingfri idrott.

World Anti-Doping Code (WADC) är grunddokumentet i antidopningarbetet. Utöver WADC finns åtta internationella standarder som reglerar olika aspekter på hur antidopningarbetet ska gå till.

International Standard for Laboratories (ISL) reglerar dopinglaboratoriernas arbete, och utöver ISL finns ett antal tekniska dokument som reglerar på detaljnivå vilka kriterier som ska gälla när ett laboratorium ska rapportera en "Adverse Analytical Finding" (AAF). I Sverige finns ett WADA-ackrediterat dopinglaboratorium, beläget på Karolinska Universitetssjukhuset Huddinge.

I Sverige är Sveriges Olympiska Kommitté och

Riksidrottsförbundet signatörer av World Anti-Doping Code.

WADA ansvarar för att varje år ta fram en lista över förbjudna substanser.

I det svenska antidopningssystemet fungerar Dopingkommissionen som åklagare i dopingärenden, och Dopingnämnden och Riksidrottsnämnden som dömande instanser. En dopinganklagad idrottare har inte någon rätt till en försvarare eller ombud. Det stora flertalet av svenska idrottare som döms för doping är antingen motionärer eller idrottare som bara tävlar på nationell nivå.

Court of Arbitration for Sport (CAS) är den högsta internationella dömande instansen, något som signatärerna av WADC accepterat.

Vid dopingkontroller tas ofta urinprov.



FOTO: WIKIMEDIA COMMONS

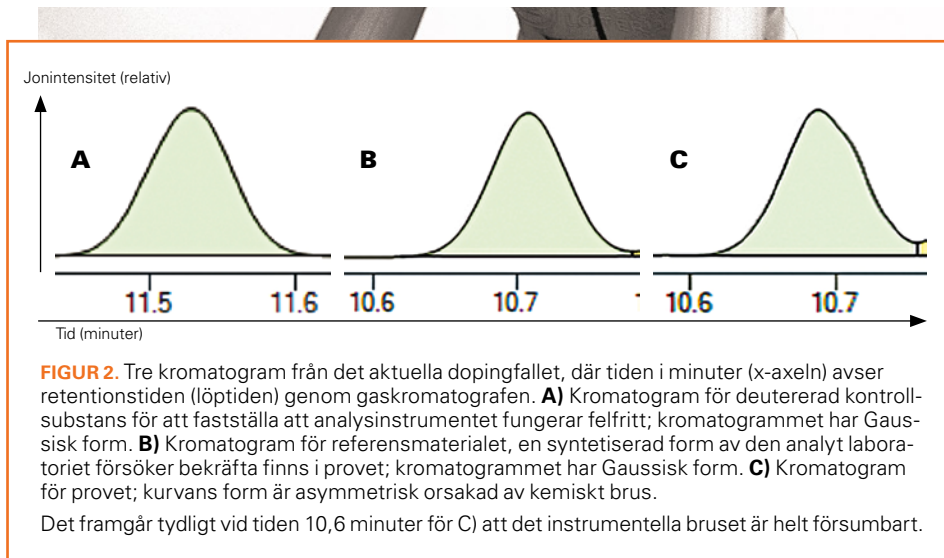


FOTO PIXABAY

► höstack, eftersom signalen från hö är lätt att särskilja från signalen från nålen. Problemet med den typen av kemiskt brus som är problemet här, är att det utgörs av nålar av nästan samma storlek och form som den nål man letar efter.

Figur 2 visar tre olika kromatogram uppmätta i det aktuella fallet. Kontrollprovets och referensmaterialets kromatogram (A respektive B) har den förväntade Gaussiska formen, medan asymmetrin i provets kromatogram (C) orsakas av kemiskt brus, det vill säga en kemisk komponent av okänt ursprung med nästan samma retentionstid som analyten, och mycket snarlikt produktionspektrum efter kollisioner med kvävgasmolekyler i Q2.

DOPINGLABORATORIETS analytiker beräknade den integrerade jonintensiteten för provets kromatogram (C) genom att räkna ut arean mellan 10,6 och 10,75 minuter, utan att ta hänsyn till kurvans påtagliga asymmetri. Karakteristiskt för det kemiska bruset är att det alltid ökar

jonintensiteten för analyten eftersom en okänd kemisk komponent bidrar till den integrerade jonintensiteten. Eftersom den integrerade jonintensiteten för provet (C) ska relateras till motsvarande storhet för referensmaterialet (B), så kommer kvoten (C)/(B) att påverkas. Därmed blir det omöjligt att avgöra om kriterierna för att rapportera en AAF är uppfyllda.

DET ÄR UPPENBART ATT den datareduktion som dopinglaboratoriet använde inte bara är förenklad, utan direkt vetenskapligt felaktig. Problemet är att den är genomförd helt enligt WADA:s regelverk. WADA:s tekniska dokument tillåter inte ens användning av kurvanpassningsprogram för att dekonvulera en sammansatt kurva, och ställer endast vaga, till inett förpliktigande, krav på kurvans form. I den vetenskapliga litteraturen brukar man peka på att hantering av det kemiska bruset kan lämnas till den enskilda analytikerns omdöme, något som för ett dopinglaboratorium är helt otänkbart.

Dagens masspektrometrar är extremt känsliga. I dopingsammanhang tillämpas inga gränsvärden för exogena anabola steroider, den typ av substans som det testades för i det aktuella fallet, utan laboratorerna kan rapportera koncentrationer långt under vad de avkrävs klara av att mäta, samtidigt som de varken behöver redovisa felgränser eller detektionsgränser. Tillsynsorganet (WADA) och de dömande instanserna går, enligt mig, inte i takt med den vetenskapliga och instrumentella utvecklingen. Laboratorerna tillåts dessutom använda extremt enkla, ibland direkt felaktiga, algoritmer för datareduktion.

Det nuvarande antidopingssystemet med sina osäkra analyser riskerar att skada rättssäkerheten för alla idrottare, såväl amatörer som proffs. I det fall som jag här använt som exempel blev domen en flerårig avstängning av Riksidrottnämnden.

MATS LARSSON
Stockholms universitet

Magnetism mellan ordning och kaos

Spinnglas upptäcktes av en slump, och modellerna för att studera dess speciella egenskaper har kommit till nytta långt utanför fysikens gränser.

Om man säger ordet magnetism tänker de flesta ofta på antingen jordens magnetfält, kylskåpsmagneter eller kanske kompassnålar. Magnetism styr mycket av våra verksamheter idag och vi är alltid i behov av nya kraftfulla magnetiska material. Nya magnetiska material skulle också kunna göra elektroniken snabbare och energisnålare och även göra det möjligt att lagra större mängder information. Därför söker forskarna efter nya metallkombinationer och tar hjälp av matematiken.

Magnetism kan dock se väldigt olika ut och magnetiska material kan ha många olika egenskaper. Flera av dessa egenskaper är centrala för många viktiga tillämpningar, som energiomvandling och datalagring, medan andra ännu saknar direkt praktisk betydelse men studeras för att de uppvisar gåtfulla egenskaper som inte kan förklaras med etablerade teorier. En familj av magneter som tillhör den senare kategorin är *spinnglas* som fascinerat forskare länge. Nu utmanar en ny upptäckt den gällande bilden av hur dessa magneter uppkommer.

Magnetiska moment och växelverningar

Trots att det till synes är en grov förenkling, kan magnetiska material ofta beskrivas av en modell där elektroner nas spinn ersätts med en liten kompassnål som sitter på varje atom. Alla dessa atomära moment som växelverkar påverkar starkt varandra. Den fysikaliska bakgrunden till denna växelverkan mellan de atomära momenten kommer

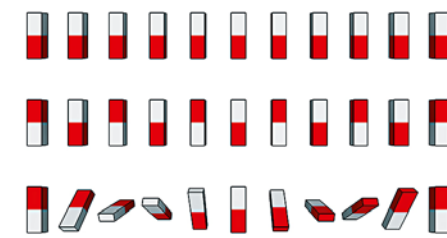


Illustration av magnetiskt ordnade material där det magnetiska momentet på varje atom representeras av en stavmagnet. I en ferromagnet (översta panelen) har alla moment en gemensam riktning. Om momenten arrangerar sig antiparallellt med närliggande moment fås en antiferromagnet (mittenpanelen). Som ett mellanting kan en spinnspiral (understa panelen) bildas där det finns en ändlig vinkel mellan närliggande moment vilket får magnetiseringen att vrida sig som en spiral i materialet.

från Pauliprincipen och de karakteriseras typiskt med effektiva parväxelverningar som benämns *utbyteskopplingar*. Beroende på hur man beskriver utbyteskopplingarna och vilka frihetsgrader momenten tillåts ha i den förenklade modellen, den så kallade spinnmodellen, fås en beskrivning av magnetismen som ofta reproducerar experimentella resultat med god noggrannhet.

Magnetisk modeller

Den enklast tänkbara spinnmodellen för att beskriva magnetiska system introducerades 1920 av Wilhelm Lenz och beskriver ett system av magnetiska moment som sitter på ett regelbundet gitter där varje magnetiskt moment kan ha ett av två möjliga tillstånd (vilka oftast benämns som "upp" och "ner"). Lenz gav sin dåvarande doktorand Ernst Ising i uppgift att studera modellen, som

därefter fått namnet *Isingmodellen*. En mer realistisk modell än Isingmodellen fås om man i stället för att bara ha två tillåtna tillstånd per moment, riktade upp eller ned, låter momenten peka i vilken riktning som helst. Det motsvarar att de magnetiska momentens frihetsgrad ändras från en dimension till tre och den utökade modellen, som också används intensivt och framgångsrikt än idag, kallas *Heisenbergmodellen* efter Werner Heisenberg. Storleken, och framför allt tecknet, på utbyteskopplingen mellan de atomära momenten bestämmer den magnetiska ordningen i systemet. Utbyteskopplingens styrka beror både på materialets sammansättning och struktur samt på avståndet mellan växelverkande moment.

Energilandskap och magnetisk ordning

En spinnmodell och dess utbyteskopplingar bestämmer vilken energi ett magnetiskt material har som funktion av hur de lokala momenten är ordnade. Eftersom varje möjlig kombination av ordning motsvarar en viss energi går det utifrån spinnmodellen att bestämma ett energilandskap för det aktuella materialet. I det enklaste fallet finns det i energilandskapet ett tydligt minimum när alla moment pekar åt samma håll vilket ger en ferromagnetisk ordning, efter latinska *ferrum* (järn). Ofta finns det dock en blandning av positiva och negativa utbyteskopplingar vilket kan leda till antiferromagnetiska material eller mer komplicerade strukturer som spinnspiraler. Även dessa magnetiska ordningar kan man tydligt koppla till distinkta globala ►

► minima i respektive materials energilandskap.

Det finns också material med en mer komplex motsättning mellan olika positiva och negativa utbyteskopplingar som leder till att det där inte finns ett väldefinierat ordnat grundtillstånd för de magnetiska momenten. I dessa fall kan materialet uppvisa magnetiska effekter som liknas vid andra fysikaliska och kemiska system, vilket ofta avspeglas i hur dessa magnettyper namnges. Till exempel finns det *spinnvätskor*, *spinnis* och *spinnglas*.

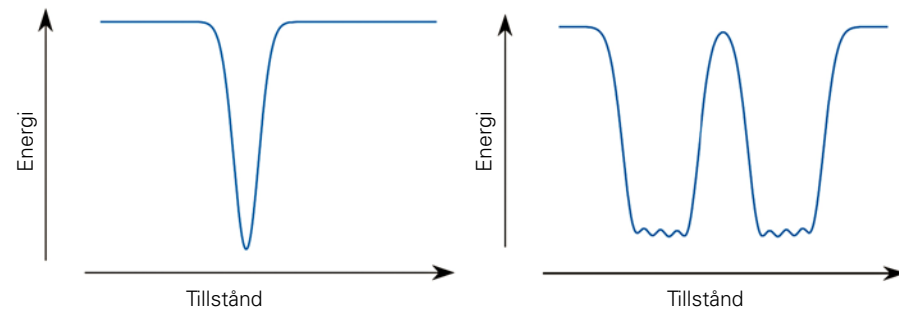
Traditionellt spinnglas

Spinnglas upptäcktes som så mycket annat av en slump, när mätningar på mangan-kopparlegeringar uppvisade ett oväntat temperaturberoende för flera magnetiska egenskaper vid låga koncentrationer av mangan. En mängd experiment utförda på liknande legeringar publicerades under 1960-talet men vad man observerade kunde inte beskrivas fullt ut av den teori som fanns utvecklad vid den tiden. Det dröjde ända in på 1970-talet innan det ens började nämnas att det kanske var något glasliknande fenomen som kunde förklara mätningarna.

Först 1975 kom det första större teoretiska genombrottet inom detta område när Sam Edwards och Phil W Anderson införde en variant av Isingmodellen med slumpmässigt valda utbyteskopplingar. Denna modell kunde till stor del förklara de tidigare experimentella resultaten. Deras nya spinnmodell, *Edwards-Andersonmodellen*, visade att dessa legeringar varken var ferromagneter eller antiferromagneter utan saknade makroskopisk ordning. Dessutom visade de att det för dessa material inte fanns en tydlig fasövergång mellan en ordnad och en oordnad fas, vilket liknar beteendet hos vanligt glas som varken är i fast (ordnad) fas eller flytande (oordnad) fas. Det är därför dessa material fått namnet spinnglas.

Åldring

Sedan Edwards och Andersons banbrytande arbete har flera mer sofistikerade



Schematisk illustration av energilandskap för magneter. Ordnade magneter (vänstra panelen) har ett (eller flera) tydliga energiminimum för den ordning som motsvarar materialets magnetiska grundtillstånd. För spinnglas kan energilandskapet beskrivas som att det finns många lokala minima och flera energibarriärer av olika storlek (högra panelen).

modeller införts och studerats vilket lett till en ökad förståelse av spinnglas-magnetism i allmänhet och dess dynamik i synnerhet. Dessa material uppvisar flera fascinerande egenskaper varav vissa är karakteristiska för glasmaterial i allmänhet. En av dessa egenskaper är åldring, vilket betyder att spinnglaset alltid förändras konsekvent över tid. Ferromagneter och andra ordnade magnetiska material uppvisar inga åldringsbeteenden. Eftersom deras energilandskap har tydliga minima är deras grundtillstånd stabila och ändras inte över tid. Spinnglas har däremot ett flackare energilandskap. De lokala momenten kan därför ändras över tid, vilket orsakar åldringen. Eftersom spinnlasen saknar ett väldefinierat grundtillstånd kommer momentens rörelse aldrig upphöra, trots att rörelserna blir mindre och mindre ju längre tiden går.

En ny sorts spinnglas

Ända sedan de första experimenten och Edwards-Andersonmodellens framgång har det antagits att det krävs slumpmässiga utbyteskopplingar för att skapa ett spinnglas. Det enda kända sättet att kunna få ett material att ha sådana slumpmässiga utbyteskopplingar är genom att använda legeringar med en låg andel magnetiska atomer, som de ursprungliga mangan-kopparlegeringarna, där den underliggande kemiska ordningen direkt ger upphov till mer eller mindre slumpmässiga växelverknings.

Det antagandet ställdes på ända när man nyligen upptäckte att kristallint

neodym också beter sig som ett spinnglas. I ett kristallint material är utbyteskopplingarna väldefinierade och utan uppenbar slumpmässighet. Det måste alltså finnas en annan mekanism än slumpmässiga utbyteskopplingar som kan leda till spinnglasbeteenden.

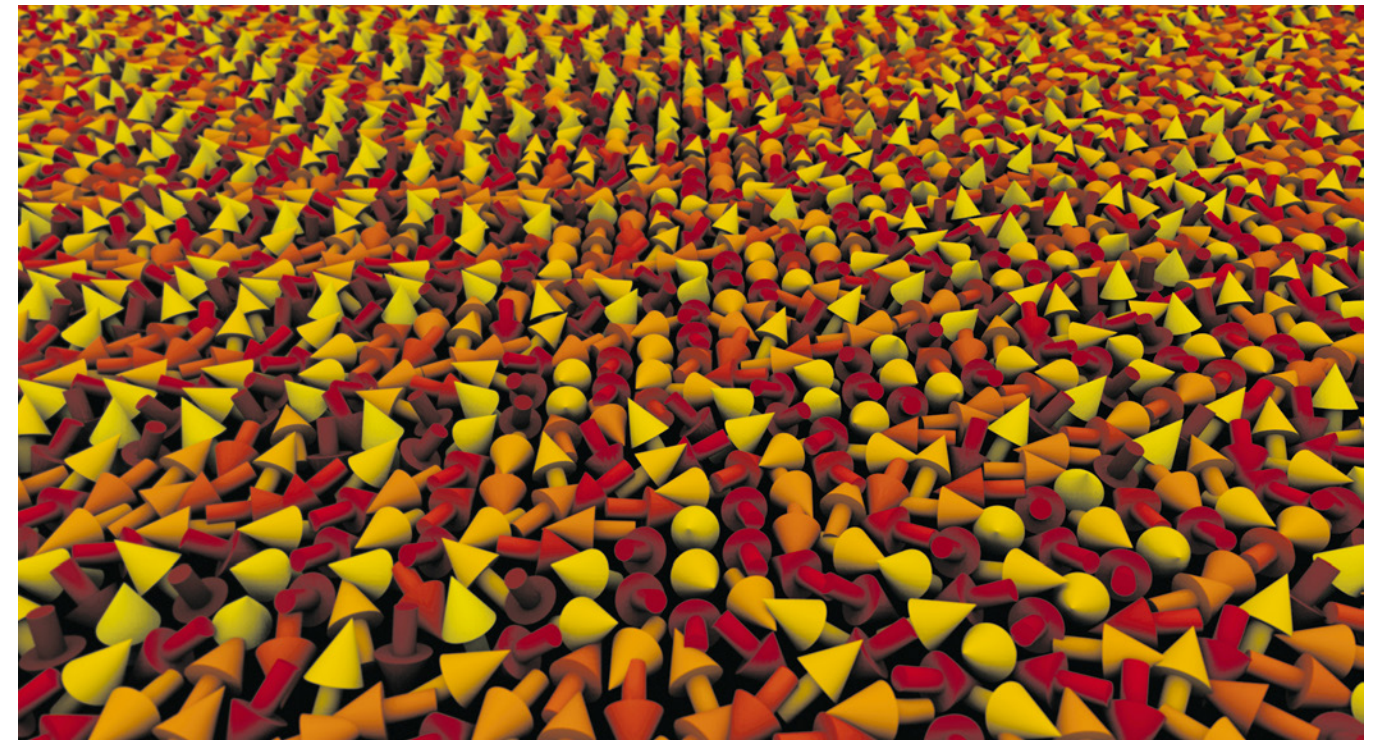
Neodym

Grundämnet neodym tillhör familjen sällsynta jordartsmetaller och har på senare tid fått en viktig roll för magnetiska tillämpningar då den ingår i den starkast kända magneten $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$.

Magnetismen i rent neodym har varit omdebatterat sedan de första mätningarna på materialet gjordes. Traditionellt har dess magnetiska ordning beskrivits som en kombination av flera spinnspiraler med olika riktningar och våglängder som flätar in sig i varandra. Denna kombination är dessutom mycket beroende av vilken temperatur materialet har, vilket har tolkats som att det finns ett flertal olika temperaturberoende faser av magnetiskt neodym. Tidigt insåg man alltså att utbyteskopplingarna i neodym ger upphov till ett komplicerat energilandskap.

Senaste rönen

Tidigare studier av neodyms magnetism har främst skett genom att neutronspridningsexperiment använts för att bestämma dess grundtillstånd. För att få en mer detaljerad bild, framförallt när det gäller tidsberoendet, behövs dock andra metoder. Nyligen gjordes en studie som utfördes genom experiment



Simulerad ögonblicksbild av den magnetiska strukturen för en neodymyta. Pilarna visar här atomära moment som färgas efter hur mycket momenten pekar ut (gul) eller in (röd) från ytan. För olika områden av ytan kan bandliknande mönster, som motsvarar en eller flera olika spinnspiraler, identifieras. Den magnetiska ordningen ändras här över tid, även vid mycket låga temperaturer, vilket resulterar i ett spinnglasbeteende.

med sveptunnelmikroskopi, som kan se magnetisk ordning med en upplösning nära atomnivå samt noggranna kvantmekaniska beräkningar av utbyteskopplingar kopplade till storskaliga dynamiska simuleringar på en realistisk spinnmodell. Både simuleringarna och experimenten visade att magnetismen i neodym åldras. Från de beräknade utbyteskopplingarna kunde man även se att energilandskapet för neodym såg ut som en blandning av vad man kan se för ordnade magneter och för traditionella spinnglas, vilket förklarade det specifika observerade beteendet för neodym.

Spinnspiralglas

Förutom det faktum att utbyteskopplingarna i neodym inte är slumpmässiga finns det även en annan stor skillnad mellan magnetismen i neodym och konventionella spinnglas.

Om man vid en given tidpunkt studerar de lokala momenten i ett vanligt spinnglas ser de helt oordnade ut, men för neodym ordnar sig momenten i spinnspiraler. Det finns alltså ett tydligt

mått av ordning i neodym som saknas i andra spinnglas. Neodyms magnetisering kan därför kallas för spinnspiralglas. För en bredare klassificering av spinnglas som inte orsakas av slumpmässiga utbyteskopplingar används också beteckningen självinducerade spinnglas. Studerar man spinnlasens tidsberoende i mer detalj finns det distinkta skillnader mellan traditionella spinnglas och neodym, men en mer noggrann analys av dessa skillnader och deras orsaker har ännu inte gjorts. Frågan om det finns fler självinducerade spinnglas i naturen och var de hittas är fortfarande öppen.

Tillämpningar

Spinnglas tillhör den ovanliga skara av system som kanske mest studerats för sin fascinerande fysik och inte för att de har tydliga praktiska användningsområden. Nyttan har hittills i stället kommit sekundärt – flera metoder och spinnmodeller som införts för att studera spinnglas har fått en bredare användning även utanför fysikens område. Även till synes enkla spinnmodeller kan nämligen

inte bara tillämpas på magneter utan till exempel för att beskriva biologiska system som neuroner, sociala samspel som åsiktsspridning och röstningsmodeller eller, vilket är högst relevant i dessa tider, bidra till epidemiologiska modeller för smittspridning.

På samma sätt kan det inte förväntas att den nya magnetismen i neodym, som dessutom bara existerar vid temperaturer upp till några få grader Kelvin, direkt får användning i någon tillämpning. Den nya dynamiken som spinnspiralglasen verkar uppvisa kan kanske ändå ge oss nya verktyg för att studera kollektiva fenomen inom och utanför fysiken.

ANDERS BERGMAN, DIANA IUSAN,
LARS NORDSTRÖM OCH OLLE ERIKSSON
Institutionen för Fysik och Astronomi,
Uppsala Universitet

Referenser

"Self-induced spin glass state in elemental and crystalline neodymium", *Science* 368 6757 (2020), DOI: 10.1126/science.aay6757

Utrymme för mycket fysik på IB

Hela 240 klocktimmar med fysik. Eller inga timmar alls. Så kan det se utför en svensk naturvetargymnasist på **IB-programmet**, International Baccalaureate.

Fysikaktuellt har i en serie artiklar beskrivit hur gymnasiefysiken är utformad i de olika nordiska länderna¹. I detta nummer stannar vi i Sverige, men besöker en annorlunda skolform än den som regleras av GY11, nämligen IB-programmet. IB står för *International Baccalaureate* och utbildningen leder till en internationellt erkänd studentexamen. IB finns på ungefär 2700 skolor i 147 länder. Undervisningen bedrivs på engelska, och kursinnehåll och examensprov är desamma på alla skolor. I Sverige finns IB-programmet på 28 gymnasieskolor, somliga är kommunala, andra är fristående.

IB-programmet i Sverige

Egentligen är IB en tvåårig utbildning, men i Sverige har programmet kompletterats med ett preparandår innan själva IB-kurserna tar vid. Under preparandåret läses kurser från NA- och SA-programmens kursutbud. Inom de två IB-åren finns dels en kärna med en kurs i kunskapsteori på 100 timmar, ett specialarbete och ett krav på att genomföra så kallade "CAS-activities" (CAS står för Creativity, Action, Service) med fokus på samhällsnyttigt arbete, dels valbara kurser (där dock modersmål är ett obligatoriskt val).

Eleverna behöver välja enbart sex kurser, men förhållandevis långa sådana. Tre av kurserna ska ligga på "higher level", HL, och vara på 240 timmar, medan resterande tre ligger på "standard level", SL, vilket omfattar 150 timmar. Kurserna väljs inom sex olika block, och det block som innehåller fysikämnet innefattar

också de andra naturvetenskapliga ämnen. Det sjätte blocket ger möjlighet att välja ytterligare ämne från de tidigare blocken, varför en elev kan läsa till exempel både fysik och kemi inom ramen för det ordinarie IB-programmet.

Fysikämnet på IB

Alla IB-kurser är hårt centralstyrda, och detta gäller förstas även fysikämnet. I "Physics Guide", ett dokument på 168 sidor, anges i detalj syftet med fysikundervisningen, vilket stoff som ingår, vad som får stå med i formelsamlingen, hur många lektionstimmar som bör ägnas åt varje moment och vad eleverna förväntas klara av när kursen är slut. Antalet timmar vikta för experimentellt/praktiskt arbete anges också: 40 timmar för SL och 60 för HL.

För den som valt SL-nivån ingår förutom experimentellt arbete momenten mätningar och osäkerhet, mekanik, termodynamik, vågor, elektricitet och magnetism, centralrörelse och gravitation, atom-, kärn- och partikelfysik samt energiproduktion. Dessutom ett valbart moment, till exempel astrofysik eller relativitetsteori.

På HL-nivån tillkommer momenten vågfenomen, fält, elektromagnetisk induktion samt kvant- och kärnfysik, och det avsätts fler timmar till det valbara momentet. På båda nivåerna reserveras tio av de experimentella timmarna till ett större individuellt, undersökande projekt (hur väl eleven lyckas med detta är viktigt vid betygssättningen, mer om detta nedan), och lika många timmar avsätts till ett mer allmänt naturvetenskapligt projekt som genomförs i grupp, och

där gruppens medlemmar kan ha valt att studera olika naturvetenskapliga ämnen, och också komma från olika skolor.

Gemensamt examensprov och ett eget arbete

För både SL-och HL-nivån gäller att det är examensprovet när kursen avslutats som i huvudsak bestämmer vilket betyg en elev får. Provet ser likadant ut världen över, och det ges vid samma datum överallt. Fysikprovet är tredelat. Den första delen består av flervalsuppgifter. Här är det inte tillåtet att använda räknare, men däremot formelsamling. På den andra och den tredje delen blandas uppgifter som kan besvaras kort med sådana som kräver fullständiga lösningar. Räknare och formelsamling får användas på båda delarna. Den tredje delen skiljer sig från den andra genom att innehålla dels uppgifter som testar experimentellt kunnande, dels uppgifter från det valbara momentet, till exempel astrofysik.

Examensproven bedöms centralt av särskilt utbildade examinatore som oftast har lång undervisningserfarenhet, inte av elevens egen lärare.

Elevens resultat på examensprovet ska stå för 80 % av viktningen vid betygssättningen. Resterande 20 % avgörs av hur väl eleven utfört sitt större undersökande arbete, och här görs en bedömning internt på skolan, av den egna läraren. Denna bedömning modereras av en extern moderator. Några av elevarbetena skickas för granskning. Om de bedöms ha fått för generös bedömning så dras hela klassens poäng ner. Det finns strikta regler för hur bedömningen ska göras, till exempel får högst en fjärdedel av

maxpoängen för arbetet baseras på hur väl analysen utförts.

Jämförelse med det vanliga svenska gymnasiet

Jim Lindholm är fysiklärare på IB-programmet på The International High School of the Gothenburg Region (IHGR), och har mångårig erfarenhet av undervisning på både IB-programmet och det svenska gymnasiet.

Hur ser du på att så mycket av betygsbedömningen inom IB sker externt? Ändrar det lärarrollen?

–Jag tycker att det är alldeles utmärkt och något som borde införas även inom svensk skola för att höja rättvisan vid betygssättning och även standarden på undervisningen. Lärarrollen blir annorlunda när man inte godtyckligt kan tolka eller gissa vad som ingår i kursen och till vilket djup det skall behandlas. Du kan som lärare inte hoppa över krångliga moment eller lägga överdrivet mycket tid på det som ligger dig lite extra varmt om hjärtat. Kursböckerna är skrivna för just den kurs du håller, och du har inte frihet att hoppa över ens en sida, vilket jag tycker är bra.

Vad finns det för fördelar med IB-fysiken jämfört med fysiken i GY11?

–IB fysiken och de svenska kurserna Fy 1–3 skiljer sig inte så mycket åt vad gäller den teori som behandlas. Den största skillnaden ligger i det experimentella arbetet. Eleverna skall ges ordentlig träning i att utföra mätningar och behandla och analysera sin mätdata. Den träning de får i experimentell metod är avgörande för hur de kommer att prestera både på sin individuella undersökning, som motsvarar 20 % av slutbetyget, och på det tredje examensprovet.

–För den oinvidde kan IB säkert te sig lite stelt, till exempel nämns i artikeln den omfattande Physics Guide och andra regleringsmekanismer. Jag tycker dock att tydligheten, och att strukturen är tillgänglig även för eleverna, är en styrka. Frågor som "Behöver vi kunna det här?" som är vanlig på naturprogrammet, där boken och genomgångarna kan innehålla både mer eller mindre än vad som "tydliggjorts" av Skolverket blir istället "Kan du förklara det här en gång till?".



Som syns har IB-läraren Jim Lindholm ett stort fysikintresse i dubbel bemärkelse, något som smittat av sig: En elev genomförde sin individuella undersökning i fysik på gymmet IronWorks i Göteborg.

Finns det nackdelar?

–Haha! Samma nackdel som i svenska systemet: Andra ämnen! Precis som de svenska programmen är IB ett krävande program. Även om eleverna själva komponerat sitt program och valt kurser efter intresse och ambitioner så konkurrerar vårt favoritämne med andra ämnen om elevernas ork och energi. Det är mycket som skall göras i de olika kurserna och inga hörn kan rundas.

Examensproven ger intryck av att vara sprängfyllda. Det ser inte ut att finnas någon tid för eftertanke eller att vässa pennan. Upplever eleverna att det är tidspress på proven?

–Min uppfattning är att det inte är så vanligt med skrivuppgifter som är riktigt kluriga och som den duktiga eleven endast löser efter en stunds djupt funderrande. Uppgifterna är oftast av det slag som du löser snabbt om du kan din fysik. De kluriga frågorna återfinns i det första delprovet som endast består av flervalsfrågor. Där kan IB vara ganska "elaka" och om du inte tänker dig för kan du falla i många fallgropar. För att svara lite krass på frågan så är nog tidspressen värre ju skakigare dina kunskaper är. På grund av att proven är som de är så kräver de dock sin egen form av träning. På vår skola så låter vi eleverna träna på gamla examensprov under liknande förhållanden som råder under examensperioden.

I Sverige är vi vana vid att naturvetare ska ha bredd, ha läst såväl biologi och kemi som fysik. På IB är det fördjupning inom ett av ämnena som gäller. Vad föredrar du?

–Många elever väljer att läsa två

naturvetenskapliga ämnen för att få den bredd du talar om. Jag tänker att någon gång skall eleverna faktiskt få göra ett val och om eleven anser sig inte behöva alla tre ämnena i sin fortsatta karriär så går det säkert bra det med... så länge de väljer fysik.

Till sist: Det ser ut att vara svårt hinna med allt som ingår i Physics Guide i vanliga fall. Hur har det fungerat nu med de restriktioner som coronaspridningen tvingat fram?

–Vi har fått lite lättnader. Vissa moment har utgått, bland annat det ämnesöverskridande grupparbetet som nämns i artikeln. För årskursen som tar examen nu i sommar så slopas också det tredje delprovet där bland annat det valbara ämnesområdet testas. Så vi har fått lite mer tid för repetition av övriga kursdelar. Men i normala fall är det inte svårt att hinna med. De 240 timmarna fysik för higher level physics är 240 timmar och detta går inte att tumma på. IB kan göra oannonserade inspektioner och då gäller det för rektor att kunna visa att schemat håller. Det vore önskvärt om Skolverket visade samma intresse för de svenska programmen där det ju inte finns något sagt om det antal timmar en fysikkurs (eller annan kurs) minst skall omfatta för att ge eleverna en bra möjlighet att lära sig ämnet.

ANNE-SOFIE MÄRTENSSON
Göteborgs universitet

¹ Se *Fysikaktuellt* 3/2019, 1/2020 och 3/2020 för artikel om Danmark, Norge respektive Finland.



FIGUR 1: Skalling av bark, får göras upp till en höjd av högst 3 × omkretsen, som måste vara minst 70 cm, vilket dröjer cirka 30 år. Vinkorkar stansas sedan för hand ur bästa delen av barken.

Korkat – eller inte?

Vad är det med just **korkekens bark** som gör den så lämplig till att försluta vinflaskor?

På den korkek som tjuren Ferdinand sitter under hänger korkar färdiga att användas i vinflaskor. I verkligheten görs sådana korkar av barken från *Quercus suber*. Ferdinands korkek fanns i Spanien medan de flesta korkekar finns i Portugal. Trädet kan bli 20 meter högt, omkring 200 år gammalt, och kan skördas vart nionde år, vilket ger upp mot 20 skördar.

De flesta träd dör om deras bark avlägsnas, men korkeken har två lager bark. Det yttre, döda barklagret kan skäras av utan att man skadar trädet, men varsam så att det inre barklagret inte skadas. Det inre lagret är levande och utgör basen som det nya yttre lagret växer på. För varje år byggs det på ett nytt lager inifrån, och det yttre lagret tjänar sedan som skydd för det inre.

De två första skördarna används till mindre krävande ändamål. Först vid tredje skörden är kvaliteten hög nog för korktillverkning. Inte förrän efter bortåt 50 år kan det därför göras vinkorkar av en korkeks bark. Efter skörden läggs barken till torkning i ungefär ett år, sedan tvättas korkstyckena och plattas ut. Sämre delar skärs bort, återstoden formatjusteras och sorteras efter kvalitet. Korkämnen stansas sedan ut, och de korkskivor som ska



FIGUR 2: Gummipropp, 45 mm lång med diameter 30,5 respektive 39,5 mm. Vinkork, 38 mm lång med diameter 22 mm. Champagnekork, 48 mm lång med diameter 30 mm, som står upp och ned för att de två 5 mm långa korkskivorna ska synas bättre. Ett skruvstäd användes för att komprimera korkarna i längsled.

förstärka korkar avsedda för mousserande viner skärs av (figur 2).

Egenskaper

Fullbildade korkceller är döda, ofta luftfyllda och ligger i radiella skikt. De yttre cellväggarna innehåller suberin (efter latinska ordet *suber* för kork). Det är en

kusin till lignin, men vattenavvisande. Tillsammans med vax gör det cellerna praktiskt taget ogenomträngliga för gaser och vatten. Det skyddar dessutom mot bakterie- och svampangrepp.

Kork har därför, parallellt med andra material, länge använts till att försluta vinflaskor. Att få ur korken utan att få korksmulor i vinet är inte helt enkelt och först på sent 1700-tal fanns tillräckligt bra korkskruvar, ett måste för korkens segertåg.

Det finns korkar som är silikonbehandlade för att minska friktionen vid påkorkningen. De är täta och andas inte. Eftersom vin som ska lagras länge behöver andas en smula, passar dessa korkar bäst till hemkört rödtjut, som bör drickas snarast, om än alls. Till de finaste vinerna stansas därför korkar ur den bästa barken (figur 1). Spillbitar mals till granulat och pressas till nya former: grytunderlägg, tapeter, flöten, ljudisoler-ring, sulor, golv och champagnekorkar.

Vinkorkar är cylindriska och görs vidare än flaskhalsen. De är så pass elastiska att de kan komprimeras och pressas in i flaskans hals för att där expandera. Därigenom tätas förslutningen även om flaskhalsens diameter varierar något. Champagnekorkar påminner om en

hattsvamp efter öppnandet. De pressas dock bara in till 2/3 av vägen och sedan hålls den del som sticker ut på plats med en grimma. Dess metalltråd ska vridas sex halva varv, något som blivit de facto-standard. Grimman kan då tas bort i mörker, eller av en sommelier som vill behålla ögonkontakten med gästerna.

I figur 2 syns ett par 5 mm korkskivor limmade på botten av champagnekorken, som i övrigt består av granulat. Det hjälper korken att klara trycket som kan uppgå till 4–5 atmosfärer. När korken kommit ut ur flaskan tenderar skivorna längst ner att expandera mer än resten av korken, därav svampformen.

En dust med verkligheten

För att undersöka om vinkorkar vidgar sig när de trycks ner i en flaskhals skaffade jag några korkar som jag spände fast i ett skruvstäd (figur 2). Som jämförelse valde jag en gummipropp.

Av diagrammet i figur 3 framgår att när kork komprimeras i längsled är diametern i stort oförändrad, medan gummiproppens diameter ökar.

En dust med teorin

En teoretisk modell för hur anbringad tryck- eller dragspänning deformerar materialet beror på materialets struktur. Generellt används tensorer, och för elastiska material är sambandet linjärt där proportionalitetskonstanterna kallas elasticitetsmoduler. Om vi förenklat antar att gummi och kork är isotropa, homogena material reduceras tensorerna till två elasticitetsmoduler.

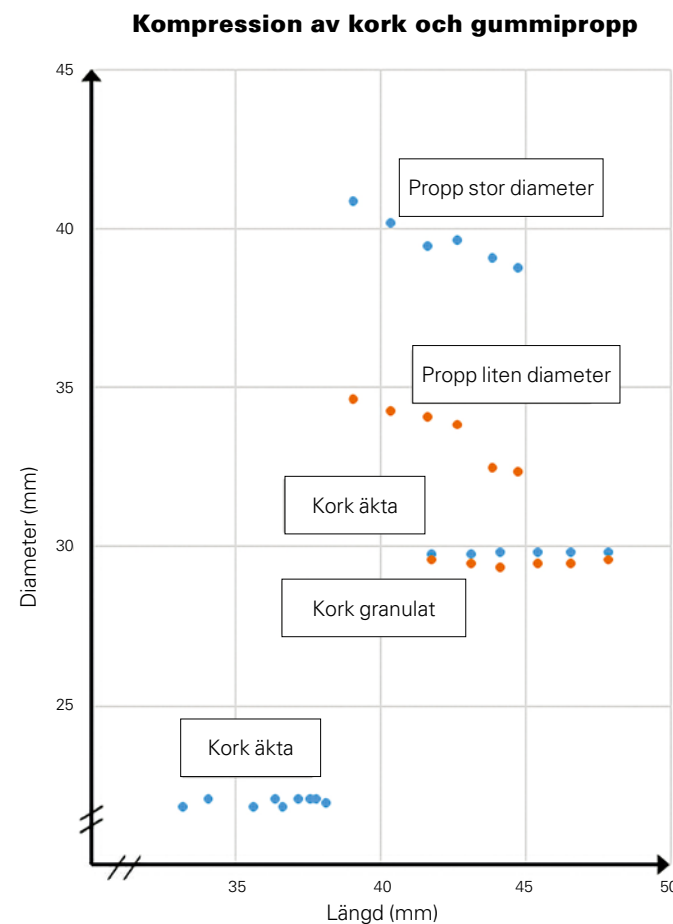
Den ena gäller längdkontraktionen där spänning σ (kraft per area, F/A) och töjning ε (relativ förändring, $\Delta l/l$) är proportionella med elasticitetsmodulen (E) som proportionalitetskonstant:

$F/A = E \cdot \Delta l/l$ (eller $\sigma = E \cdot \varepsilon$), det vill säga Hookes lag.

Den andra gäller relativ tvärkontraktion ($\Delta \delta/\delta$) och töjning ($\Delta l/l$) som är proportionella, med Poissons tal (ν) som proportionalitetskonstant:

$$\Delta \delta/\delta = -\nu \cdot \Delta l/l$$

Poissonstal ligger i intervallet: $-1 < \nu < 0,5$ där inkompressibla material har $\nu = 0,5$ och ner mot $\nu = 0$ för



FIGUR 3: Diameter och längd av kork och gummipropp. Diagrammet visar att gummiproppens diameter ökar medan korkarnas i stort är oförändrade när de komprimeras i längsled.

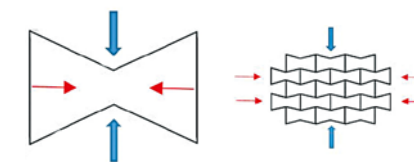
kompressibla. Inom mätnoggrannheten för ett skjutmått syns i diagrammet i figur 3 att $\Delta \delta \approx 0$ för kork medan gummiproppen har $\Delta \delta/\Delta l \approx -0,3$ (riktningskoeff) som multiplicerat med $l/\delta \approx 38/22$ ger poissonentalen 0 respektive 0,5 för kork och gummi.

Negativa poissonstal – kan det stämma?

Negativa poissonstal indikerar att om man trycker på en stav av sådant material (auxetiskt) minskar diametern. I sanning oväntat. Det kan uppnås i material med flexibla celler som i figur 4. Ett exempel är polyuretanskum. Även omvändningen finns, för när vissa senor som hälsenan sträcks ut blir de tjockare på mitten.

Åter till ruta 1

Om tryck- eller dragspänningen är så liten att materialet endast deformerats linjärt återtar materialet sin ursprungliga form när spänningen minskas. Korkarna



FIGUR 4: En "anomal" cell, skissad till vänster, blir smalare (röda pilar) när den trycks ihop på mitten (blåa pilar). Till höger en auxetisk struktur av "anomala" celler, som likaledes blir smalare när tryck enligt de blå pilarna appliceras.

jag använde återtog inte fullt ut ursprungsformen. Det berodde kanske på att deformationen var för stor. Hur det förhåller sig med landhöjningen vid norra Östersjökusten får vi aldrig veta, eftersom ingen dokumenterade landskapet före senaste istiden.

MAX KESSELBERG
Fysikum, Stockholms universitet



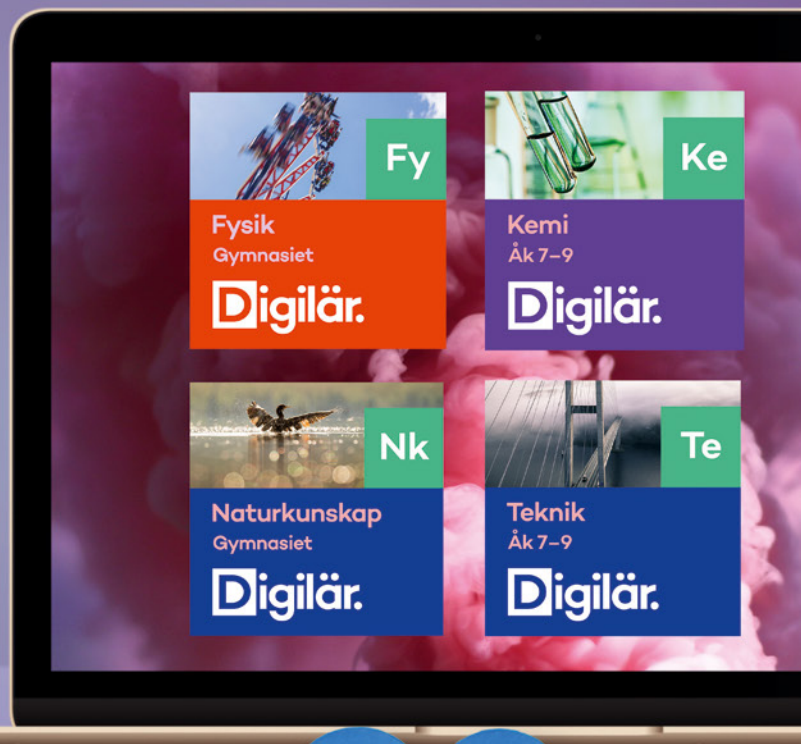
Ständigt aktuellt och anpassat för alla

I Digilärs läromedel finns hela paketet – högkvalitativt undervisningsmaterial, intuitivt gränssnitt och inkluderande funktionalitet. Variera din undervisning med filmer och simuleringar, spännande laborationer, självprövningsövningar och uppgifter med lösningsförslag.

Forskningstorget ingår!

Vi uppdaterar löpande med aktuellt material kring forskning, naturvetenskap och teknik.

Välkommen in på nok.se/digilar för att testa gratis!



**Heldigitala
läromedel för
mellanstadiet,
högstadiet och
gymnasiet.**