

Atombiljard · Undervisning på distans · Astrobiologi

Fysikaktuellt

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

NR 4 • DEC 2020



NOBELPRISET 2020

Svarta hål

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 1/2021 är 14 januari.

Medlemskap

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

Bli medlem genom ansökan på: 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/KodLanding/Index/?Internetkod=057-0571329

Layout: Christina Kjellstrand

Tryck: Trydells, Laholm 2020



OMSLAGSBILDEN: En konstnärs vision av hur ett supermassivt svart hål skulle kunna se ut. Hålet omges av en ackretionsskiva som bildas när gas och stoft dras in i hålet. Samtidigt gör hålets rotation att en jetstråle av annan materia slungas bort från det. Läs mer på sidan 6. Illustration: NASA/JPL-Caltech

Stödjande medlemmar

- Glerups Utbildning AB www.glerups.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

Glöm inte att anmäla adressändring till medlemsregistret@fysikersamfundet.se

Innehåll

- 3 SIGNERAT Joseph Nordgren
- 4 AKTUELLT
- 6 NOBELPRISET 2020 Svarta hål
- 10 UNDERVISNING I AVSTÅNDENSTID Chalmers byggde en studio för distansundervisningen och i Lund gav nya metoder bättre laborationer
- 16 VINTERQUIZ
- 18 AVHANDLINGEN Nils Hermansson Truedsson undersöker Standardmodellen
- 20 INTERVJU Nils Hermansson Truedsson
- 21 ASTROBIOLOGI Finns det liv på Venus?
- 24 ATOMBILJARD med intensiva röntgenpulser
- 26 FYSIKHISTORIA Nobelpriset 1920
- 28 RECENSION Kris i forskningsfrågan
- 29 VARDAGENS FYSIK En titt på syntavlor
- 31 LÖSNINGAR Till vinterquizet



Vad vet du om vinterns fysik? Testa dig själv med Fysikaktuells vinterquiz! sidan 16

SIGNERAT

Medaljens framsida

Svenska fysikersamfundet beslöt inför sitt 100-årsjubileum 2020 att dela ut en medalj, Oseenmedaljen, till nyblivna fysikdoktorer som presenterat löftesrika avhandlingar. Ordet löftesrika i prisbedömningen härrör från ett citat från fysikern Carl Wilhelm Oseen, Svenska fysikersamfundets ordförande 1920–24 och medaljen är Oseenmedaljen. Oseen såg sig själv främst som kritiker i den vetenskapliga processen, men i en kommunikation med Niels Bohr skrev han ”... men det finns ett fall där jag icke vill släppa min kritik lös. Det är, då jag ser något nytt och löftesrikt komma fram.” Jag vill tolka hans ord som att han fann sig trygg i sin uppgift att genom logiskt och kritiskt tänkande och grundlig kunskap kunna bidra till verkliga framsteg inom vetenskapen. Den stimulans som Oseenmedaljen kan utgöra för ungas ansträngningar och vilja att hitta nya stigar mot kunskap inom vetenskapen ska inte underskattas. Därför bör arbetet med att utse värdiga mottagare uppskatta nytänkande och respekt för djup kunskap och kritiskt förhållningssätt. Wilhelm Oseens insatser i samband med Einsteins Nobelpris beskrevs i ett tidigare Fysikaktuellt. Mot bakgrund av årets fysikpris kan den dåvarande fysikkommitténs tvekan kring relativitetsteorin ses i ljuset av att Alvar Gullstrand (kommitténs ordförande) funnit en annorlunda lösning av Einsteins ekvationer som gjorde teorin ofullständig, vilket ett decennium senare dock visade sig vara ett resultat av koordinatsystemval.

Konstruktiv kritik som skärskådar observationer och teorier med logisk stringens och detaljkunskap samt inte minst ansträngningar till vederläggning är oersättligt för den vetenskapliga utvecklingen. Falsifiering är centralt i den vetenskapliga processen och utövas med viss automatik genom den inbördes konkurrens som råder mellan forskare och forskargrupper. Ett intressant exempel på konstruktiv konkurrens uppvisade de två grupper som studerade universums expansion och överraskande fann att den var accelererande. Perlmuttergruppen var först

med observationerna medan Schmidt & Riessgruppen bidrog till att säkerställa tolkningen av desamma, och de fick dela 2011 års Nobelpris.

Falsifieringsprocessen kan i vissa fall riskera att förlora sin viktiga roll när de experimentella metoderna blir så exklusiva och svåra att få tillgång till att de inte uppmuntrar falsifieringsförsök. I jakten på publicering i de tyngsta tidskrifterna kan en ansökan för att reproducera ett experiment finna sig utkonkurrerad av en som i förväg praktiskt taget utlovat en tung publicering. Det kan i själva verket leda till att kunskapsutvecklingen inte får den takt den skulle kunna ha.

Forskning vid stora infrastrukturer som acceleratorer är idag legio inte bara för subatomär fysik utan även annan fysik, liksom för många andra vetenskapsområden. Sverige har under senare år kommit att göra mycket stora investeringar i forskningsinfrastruktur, inte minst inom fysikens område. Den långsiktiga planeringen av hur investeringarna ska utnyttjas och finansieras har från början inte alltid präglats av framsynthet och realism. Dock har nödvändiga insikter allteftersom grott och funnit fäste, och det finns nu en stark önskan och ett antal olika initiativ för att låta investeringarna bli de framgångsinstrument som initiativtagarna från början drömde om. Låt oss hoppas att vi förmår ta tillvara de möjligheter som de gjorda investeringarna erbjuder, genom klok strategisk planering, uthållighet i engagemang och gott samspel mellan lärosäten och forskningsfinansierare.



Handwritten signature of Joseph Nordgren.

JOSEPH NORDGREN
Institutionen för fysik och astronomi, UU
och styrelseledamot SFS

Tack Margareta!

■ Sedan hösten 2013 har huvudansvaret för *Fysikaktuellt* vilat i händerna på Margareta Kesselberg. Nu, 29 nummer och ungefär 900 sidor senare, lämnas stafettpinnen vidare, och Margareta kan, tillsammans med layoutande Göran Durgé, se tillbaka på ett värv motsvarande en ordentlig tegelstensroman. Som sig bör i en fysikkontext har allt mellan himmel och sällsynta jordartsmetaller fått utrymme i tidningen: Från ett reportage om invigningen av Ven som fysik-historisk plats i det första numret till sökandet efter en jordliknande planet i det senaste.

Att det hänt mycket på fysikens område under de åtta år Margareta hållit i redaktionstyglarna kan var och en upptäcka. På hemsidan <http://www.fysikersamfundet.se/fysikaktuellt/> ligger alla nummer av FA från och med 2002 ute.

Från redaktionens sida vill vi tacka dig Margareta för att du stått ut med halvfärdiga, sena och ännu senare manus, och varje gång lyckats skapa en färdig tidning när det varit dags för tryckpressarna att ta vid. Vi kommer att sakna dig!

För *Fysikaktuells* redaktion
ANNE-SOFIE MÄRTENSSON



Det blir mer tid för glass och sol för Margareta Kesselberg framöver.

FOTO: PRIVAT

Ny redaktör för *Fysikaktuellt*

■ I och med det här numret lämnar Margareta Kesselberg jobbet som redaktör för *Fysikaktuellt*, och jag tar över. Dessutom lämnar Göran Durgé över layouten av tidningen till mig. Så, vem är då jag?

För lite drygt 20 år sedan, 1999, började jag på Teknisk fysik i Lund. Jag läste två år innan jag tog vad som skulle vara ett sabbatsår, men som



slutade med att jag, nyförälskad i litteraturvetenskapen, hoppade av och bytte bana. Så småningom blev jag journalist, och jobbade i nästan tio år med redigering och layout på bland annat *Sydsvenskan* och *Populär Historia*.

2018 bestämde jag mig för att börja frilansa som redaktör och formgivare, och idag jobbar jag, förutom med diverse mindre uppdrag,

regelbundet med ett par medlemstidningar om broderi och lapptäcken.

Att jag har gjort en liten uppdatering av layouten har du säkert redan märkt. Jag hoppas att jag också kan leva upp till Margaretas arv som textredaktör, men framför allt ser jag verkligen fram emot att få dyka in i fysikens värld igen!

CHRISTINA KJELLSTRAND

Oseenmedaljen 2021 utlyses

■ I samband med att Svenska Fysikersamfundet fyllde 100 år 2020 instiftades ett pris för bästa svenska doktorsavhandling i fysik. Priset delas ut av Nationalkommittén i fysik och har namnet Oseenmedaljen efter samfundets grundare Carl Wilhelm Oseen. Medaljen som delas ut är den minnesmedalj som Vetenskapsakademien slog 1982. En närmare presentation av samfundets grundare och första ordförande går att hitta i

Fysikaktuellt nr 2/2019. Priset delades ut första gången 2020 och gick då till Flore Kiki Kunst från Stockholms universitet. Flore och hennes avhandling presenterades i *Fysikaktuellt* nr 2/2020.

Samfundets stödjande institutioner inbjuds härmed att nominera en avhandling som framlades under 2020. Förslagen skall vara inkomna senast den 31 januari och en kort motivering ska medfölja.

Vinnare kommer att tilldelas Oseenmedaljen och ett diplom och avhandlingen presenteras i samfundets

medlemstidsskrift, *Fysikaktuellt*.

Kommitten som är utsedd att granska de inskickade avhandlingarna är: Johan Mauritsson, Lunds universitet, Joseph Nordgren, Uppsala universitet (KVA) och Kenneth Bodin, Algoryx, Umeå.

Kontaktperson: Johan Mauritsson,
Oseenmedaljen@fysikersamfundet.se



Stämsång mellan elektroner och fotoner

Med hjälp av resonans har forskare på Chalmers lyckats skapa en ultrastark koppling mellan ljus och plasmoner – vid rumstemperatur.

I Serge Haroches grupp i Paris lyckades man 1983 skapa en koppling mellan en atom och en elektromagnetisk kavitet-mod som var tillräckligt stabil för att energin skulle kunna gå från en enstaka kaviteetsfoton till en atom-excitation och tillbaka igen, innan den läckte ut ur kaviteten.

Att kopplingen på detta sätt är starkare än dissipationen kallas stark koppling. Om man kopplar foton-moden till N identiska atomer får man en effektiv koppling som är $\sqrt{N}$ gånger starkare än kopplingen till en atom. Excitationen delas då koherent mellan alla atomerna i ett så kallat Dicke-tillstånd. På detta sätt har man kunnat skapa system där kopplingen är starkare än 10% av fotonens frekvens, detta kallas då ultrastark koppling. Detta observerades första gången 2009 på Scuola Normale i Pisa, där man istället för atomer använde sig av elektron-excitationer kallade polaritoner i kvantbrunnar, som har ett stort effektivt dipolmoment. När man når denna styrka på kopplingen så kan man inte längre bortse från att denna ändrar grundtillståndsenergin för systemet, den så kallade vakuum-energin. Man kan inte heller bortse från att kopplingen inte bara kan flytta en excitation från det ena systemet till det andra utan den kan också skapa två excitationer från en, och andra icke-linjära effekter.

I Timur Shegais grupp på Chalmers har man nu lyckats skapa ultrastark koppling mellan en fotonmod mellan två guldspelar och en ensemble av nanometerstora ($20 \times 50 \times 300$ nm) guldstavlar som har plasmonmoder i resonans med kaviteten. Styrkan är så pass stor som 55% av fotonens frekvens och systemet fungerar vid rumstemperatur

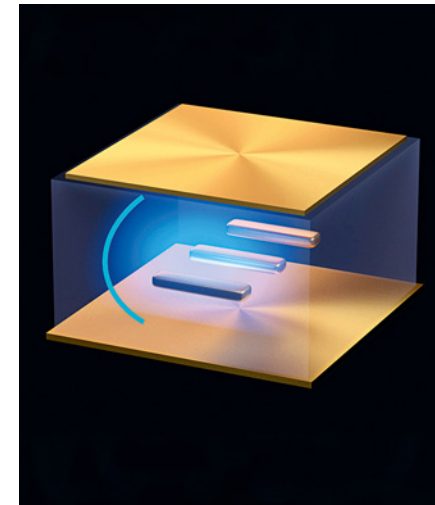


ILLUSTRATION: DENIS BARANOV

Genom att placera guldnanostavar som har en plasmon-mod med samma frekvens som den lägsta optiska resonansen mellan två tättsittande guldnanospeglar har forskarna lyckats skapa en ultrastark koppling mellan ljus och plasmoner i vanlig rumstemperatur. Kopplingens styrka är större än halva resonansfrekvensen. Denna styrka på koppling ger en ändring av vakuum-energin på mer än 10%, vilket verifierats indirekt. Upptäckten öppnar för ny forskning och banar väg för till exempel nanomaskiner, ljusstyrd teknik och kvantteknologi.

och vid normalt tryck och utan pålagt magnetfält, vilket drastiskt underlättar för att experimentellt studera ultrastark koppling. Styrkan på kopplingen ger en ändring av grundtillståndsenergin så stor som 10%. Detta kan beskrivas genom korrelerade bundna virtuella fotoner, vilka skulle kunna släppas ut genom att snabbt ändra styrkan på kopplingen.

GÖRAN JOHANSSON
Chalmers

Artikel

D. G. Baranov et al, *Nature Communications* 11, 2715 (2020)

"Ultrastrong coupling between light and matter": A. F. Kockum et al, *Nature Reviews Physics* 1, 19 (2019)

Konstanter och SI-systemet

■ Fysikersamfundets årsbok *Kosmos* 2020 finns ute. Om du inte fått den med det här numret av tidningen hittar du den på fysikersamfundet.se.

Det är ett temanummer om de viktigaste naturkonstanterna och de enheter som definieras utifrån dessa. SI-systemet reviderades grundligt förra året. Kilogramprototypen i Paris pensionerades och kommer på sikt att göra de gamla meterstavarna sällskap på museer. I samma veva bestämdes det att ett urval av fundamentalkonstanterna skulle få fixa värden.

Vi berättar om det nya kilogrammet, molbegreppet, och enheter för temperatur, tid och längd. Vi har artiklar om hur det har mätts genom historien och exempel på konsekvenserna om tydliga måttstockar saknas. Vi skriver om Anders Ångström och Janne Rydberg som givit namn åt enheter och konstanter, samt om Sten von Friesen och hans jakt efter noggranna värden på naturkonstanter. Trevlig läsning!

ANDERS KASTBERG,
redaktör för *Kosmos* 2020



Julkalender med experiment

■ Även i år lyser studenter från Lund upp de mörka decemberdagarna i väntan på julafton med en digital julkalender där ett nytt experiment presenteras varje morgon. I år är det studenterna Natalia Bogdanovska, Ida Ingerskog och Anton Pauli som håller i Rudolfs tyglar. Som vanligt hittar ni julkalendern på www.lth.se/julkalender.

Alla experimenten går att se i efterhand på YouTube, och det gäller också experimenten från tidigare år.

Kompositbild av Vintergatans centrum från Hubbleteleskopet (gult), Spitzerteleskopet (rött) och Chandra-teleskopet (blått). Galaxens centrum är det ljusare området till höger i bild.

FOTO: NASA/JPL-CALTECH/ESA/COSMOS

Pris med hål i centrum

Nobelpriset i fysik 2020 utdelas med ena hälften till Roger Penrose "för upptäckten att bildandet av svarta hål är en robust förutsägelse av den allmänna relativitetsteorin" och med andra hälften gemensamt till Reinhard Genzel och Andrea Ghez, "för upptäckten av ett supermassivt kompakt objekt i Vintergatans centrum".

Femtio år efter tillkomsten av Albert Einsteins allmänna relativitetsteori kunde Roger Penrose visa att bildandet av svarta hål är både naturligt och oundvikligt inom ramen för teorin. Under de senaste tre decennierna har astronomer ledda av Andrea Ghez och Reinhard Genzel studerat banorna hos stjärnor i Vintergatans centrum och kunnat visa att deras rörelse styrs av ett osynligt kompakt supermassivt objekt med

4 miljoner gånger större massa än solen. Enligt dagens fysik kan det inte vara något annat än ett svart hål.

Svarta hålets historia

Redan i slutet av 1700-talet spekulerade den engelske astronomen John Michell och den franske vetenskapsmannen Pierre-Simon Laplace om stjärnor med en så stark gravitationskraft att inte ens ljuset kunde ta sig därifrån. De

föreställde sig stjärnor med en täthet lika hög som jordens eller solens och kunde beräkna hur stora dessa objekt skulle behöva vara. De massor som det handlade om var runt 100 miljoner gånger solens.

Laplace tog till och med fram en formel för sambandet mellan radien och massan hos ett sådant objekt. Om man sätter summan av den kinetiska energin hos en testpartikel med massan m och partikelns potentiella energi i gravitationsfältet till noll får man

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{r} = 0$$

där M är massan hos objektet och G Newtons gravitationskonstant. Ur detta uttryck kan man beräkna flykthastigheten som en funktion av radie och massa. Man finner att en projektil som skickas iväg rakt uppåt från jordytan behöver en fart på 11 km/s för att frigöra sig från jordens gravitationsfält och aldrig falla

tillbaka ner igen. Om vi sätter hastigheten lika med ljusfarten får vi fram att den kritiska radien ges av

$$r = \frac{2GM}{c^2}$$

vilket alltså redan Laplace kände till.

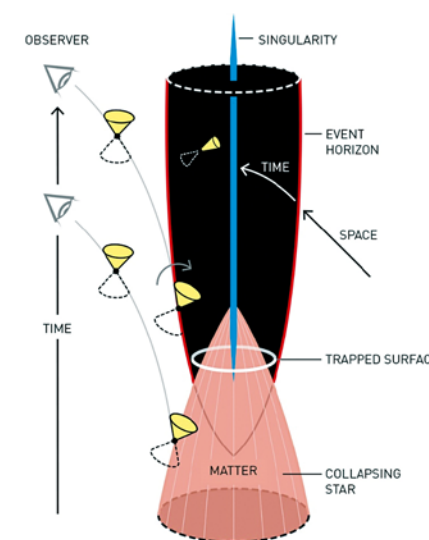
Trots dessa tidiga spekulationer var det först i och med Einsteins formulering av den allmänna relativitetsteorin år 1915 som man hade de nödvändiga matematiska verktygen för att studera sådana objekt. Redan några månader därefter kunde den tyske astrofysikern Karl Schwarzschild skriva ner en sfäriskt symmetrisk lösning till Einsteins ekvationer:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right) c^2 dt^2 - \frac{1}{1 - \frac{2GM}{c^2 r}} dr^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2)$$

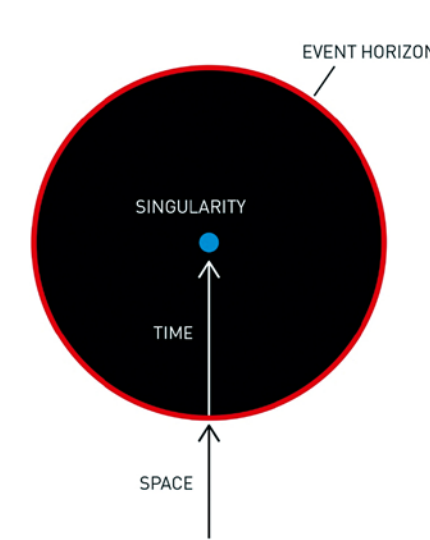
Detta kallas för *Schwarzschildmetriken* och används för att räkna ut avståndet i den krökta rumtiden kring en sfäriskt formad massa. Det är en slags generalisering av Pythagoras sats som på en plan yta lyder $ds^2 = dx^2 + dy^2$. Om man bakar samman tid och rum till den fyrdimensionella rumtiden, och låter tid och rum räknas med olika tecken, följer den speciella relativitetsteorin. I den allmänna relativitetsteorin är rumtiden krökt och koefficienterna i metriken är funktioner av tid och rum.

Med hjälp av Schwarzschildmetriken kan man ta fram klassiska tester av teorin, exempelvis Merkurius periheliumprecession, ljusavböjningen i solens gravitationsfält samt förutsägelsen att tiden går långsammare i ett gravitationsfält. Fysikerna var dock förvirrade under flera decennier och förstod alls inte vad Schwarzschilds metrik egentligen betydde. Det som förbryllade var det underliga beteendet vid punkterna $r=0$ och $r=(2GM)/c^2$. Ganska tidigt stod det klart att $r=0$ svarade mot något dramatiskt där rumtidens krökning gick mot oändligheten, medan det var mer oklart vad $r=(2GM)/c^2$ innebar. År 1921 kunde svensken Allvar Gullstrand och fransmannen Paul Painlevé dessutom visa att Schwarzschilds lösning inte var den enda och de hävdade därför att den allmänna relativitetsteorin inte var att lita på. Så småningom förstod man dock att det handlade om val av olika koordinater men att fysiken var den samma. Men vad var egentligen den fysikaliska tolkningen?

Den amerikanske fysikern Robert



FIGUR 1: Figuren är baserad på Penroses artikel från 1965 och visar hur materia kollapsar till ett svart hål. Vid en fångad yta ("trapped surface") är alla ljuskoner vinklade inåt och en kollaps hela vägen till en singularitet är oundviklig.



FIGUR 2: Schematiskt diagram som visar det inre av ett svart hål. Innanför horisonten är den radiella riktningen inåt tidsartad. Tiden slutar vid singulariteten.

© JOHAN JÄRNSTAD/KUNGLIGA VETENSKAPSAKADEMIEN

Oppenheimer, senare känd för sitt engagemang i Manhattanprojektet, kom tillsammans med sin student Hartland Snyder sanningen på spåren i ett arbete från 1939. De studerade hur ett sfäriskt moln av materia kollapsade till en kropp som inte kunde släppa ifrån sig något ljus. De skrev: "The star thus tends to close itself off from any communication with a distant observer; only its gravitational field persists."

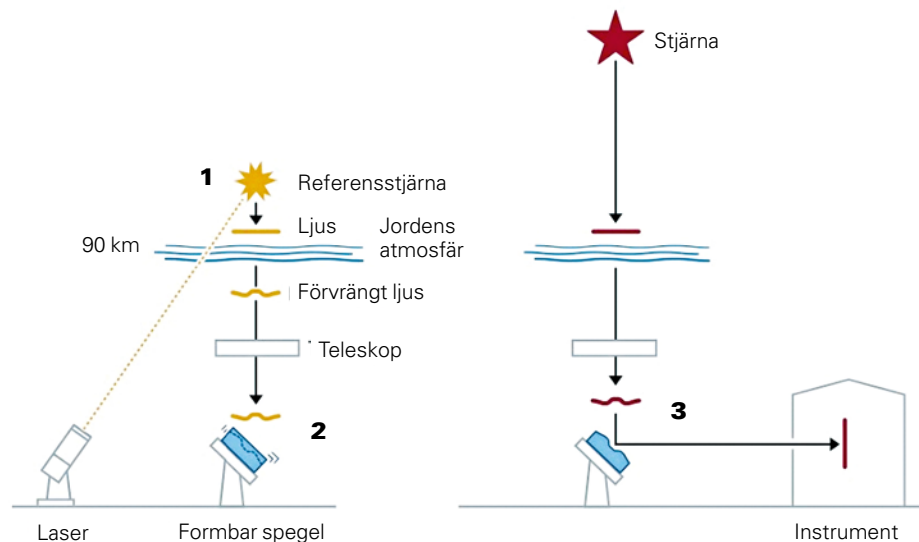
Men ingen trodde på deras resultat, knappt ens Oppenheimer själv. Antagandet om sfärisk symmetri ansågs ofysikaliskt och det fanns goda skäl att betvivla att kollapsen kunde finjusteras på ett sådant sätt att den kunde fortgå tillräckligt länge. Ungefär samtidigt, och oberoende av Oppenheimer, hade Einstein hävdade att något sådant omöjligt kunde inträffa. De sovjetiska fysikerna Evgeny Lifshitz och Isaak Khalatnikov kom till samma resultat i ett inflytelserikt arbete från 1963.

Men så, år 1965, kunde Roger Penrose visa att bildandet av svarta hål är en oundviklig konsekvens av den allmänna relativiteten. Han lyckades med detta genom att introducera helt nya matematiska begrepp i form av bland annat *fångade ytor*. Existensen

av en fångad yta visar att rumtiden är krökt på ett sådant sätt att inte bara ljusstrålar som skickas inåt från ytan, utan också ljusstrålar som skickas utåt, konvergerar. Penrose visade att så fort en sådan fångad yta skapas, kan inget inom ramen för den allmänna relativitetsteorin stoppa en fortsatt kollaps (figur 1). Givet att det inte alls krävs några särskilt extrema betingelser för att en fångad yta skall uppträda så följer det att svarta hål kommer att bildas i ett universum där den allmänna relativitetsteorin gäller.

Penroses resultat hänger intimt samman med något som man redan kan utläsa ur Schwarzschilds metrik. När Schwarzschild-radien passeras byter tid och rum plats. Man kan se det i det matematiska uttrycket för metriken där koefficienterna framför dt^2 och dr^2 byter tecken. Den radiella riktningen inåt blir till tiden och det blir alltså lika omöjligt att ta sig ut ur det svarta hålet som att resa bakåt i tiden. Vidare förs man oundvikligen vidare av tiden till $r=0$ där tiden själv upphör och de kända naturlagarna upphör att gälla (figur 2).

I och med Penroses genombrott stod det klart att svarta hål inte bara enbart är matematiska artefakter utan objekt



FIGUR 3: Principen för adaptiv optik. Adaptiv optik ska korrigera för luftförelser som förvränger stjärnbilden. Med en laser skapas en referensstjärna ovanför det mesta av jordatmosfären, cirka 90 km upp (1). Dessa kända ljusstrålar leds till en formbar spegel som justeras löpande för att skapa en skarp bild av referensstjärnan (2). Även strålar, som då också rättas till, från det observerade objektet leds via den formbara spegeln (3).

med syftet att utröna om dessa verkligen rörde sig kring ett enskilt kompakt objekt, eller om det istället handlade om många lättare mörka stjärnor inom en relativt liten volym. Även om Sgr A* är närmare än någon kvasar, så är vinkeln som upptas av dess förmodade Schwarzschild-radie endast några miljondelar av en bågsekund. Detta kan jämföras med den typiska vinkelupplösningen för markbaserade optiska teleskop som ligger runt 1 bågsekund. Ytterligare en rejäl utmaning för astronomerna är allt det stoft som ligger i siktlinjen mot Vintergatans mitt och försvagar ljuset. I det synliga våglängdsområdet kommer endast en foton på en miljard fram till jorden, resten absorberas på vägen. Med så stark dämpning av ljuset är projektet omöjligt att genomföra. Båda grupperna satsade istället på att göra observationer i det nära infraröda området, med en våglängd kring 2,2 μm , där dämpningen från stoft är endast en faktor 10.

Genzels forskargrupp använde teleskop i Chile tillhörande European Southern Observatory (ESO), medan Ghez hade tillgång till Keckteleskopen på Hawaii. För att kompensera för den försämrade vinkelupplösningen som orsakas av turbulens i jordens atmosfär, och uppnå diffraktionsbegränsad upplösning, tillämpades två olika metoder. Fram till mitten av 2000-talet utvecklade forskarlagen så kallad "speckle imaging". Tiotusentals mycket korta exponeringar, på endast runt 0,1 sekunder, kunde skiftas tills de sammanföll och adderas för att tillsammans ge en skarp bild av stjärnorna kring Sgr A*. Den extremt korta exponeringstiden minimerade effekten av skiftande förhållanden i atmosfären.

Det stora genombrottet kom dock först när Genzel och Ghez bemästrade en bättre teknik, "adaptiv optik" (figur 3). Störningar av vågfronten från stjärnorna runt Sgr A* kunde korrigeras med hjälp av bilden av en fingerad stjärna som skapades av en laserstråle som sköts mot övre delen av atmosfären, samtidigt som man observerade i det presumtiva svarta hålets riktning. En formbar sekundärspegel i en snabb feedback-loop anpassades efter det uppmätta laserljuset.

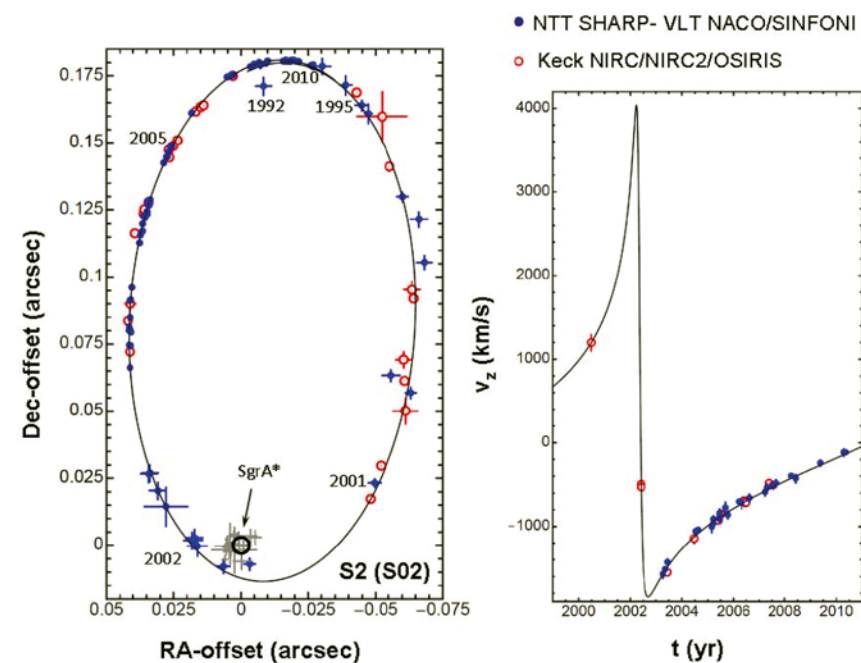
råder jämvikt. Om strålningstrycket ska balanseras av gravitationskraften så bör massan vara proportionell mot effekten på det emitterade luminositeten L,

$$L = 4\pi G M_p c / \sigma_T = 1,3 \times 10^{31} \left(\frac{M}{M_\odot} \right) W$$

där m_p är protonmassan, $M_\odot$ är solens massa och σ_T är Thomson-tvårsnittet. För 3C 273, som strålar med över 10^{40} W , bör källans massa överstiga $10^9 M_\odot$, dramatiskt mycket tyngre än någon annan tidigare observerad himlakropp! I en uppmärksam artikel konstaterade Donald Lynden-Bell (1969) att de flesta galaxer troligen innehåller ett supermassivt svart hål, dock oftast inte i ett aktivt "kvasarläge". Senare, tillsammans med Martin Rees, förslög de att radiokällan Sagittarius A* (Sgr A*) i Vintergatans centrum troligen ger de allra bästa möjligheterna att utforska ett eventuellt supermassivt svart hål. Dess relativa närhet, 25 000 ljusår, är det främsta skälet till detta.

Observationer i infraröda våglängder med hög vinkelupplösning

Reinhard Genzel och Andrea Ghez, med deras respektive forskargrupper, tog på sig uppgiften att försöka urskilja omloppsbanorna hos stjärnor runt Sgr A*



FIGUR 4: Projicerad omloppsbanan av stjärnan S2 (vänster) och radiell hastighet (höger). Data från Genzels grupp från ESO:s NTT/VLT (blått) och Keck observationer (rött) från Ghez forskargrupp visas. Positionerna är angivna relativt radiokällan Sgr A* (svart cirkel). De gråa kryssen visar sporadiska utbrott i infrarött väldigt nära Sgr A*. Från Genzel, Eisenhauer & Gillessen (2010).

Eftersom ljuset från Vintergatans mitt gick igenom samma del av atmosfären, kunde den snabbt formbara spegeln korrigeras och rätta ut vågfronten. Resultatet blev en diffraktionsbegränsad avbildning. Dessutom möjliggjorde den nya tekniken både längre exponeringstider och att man kunde ansluta en spektrograf till teleskopet.

Observationer av Sgr A*

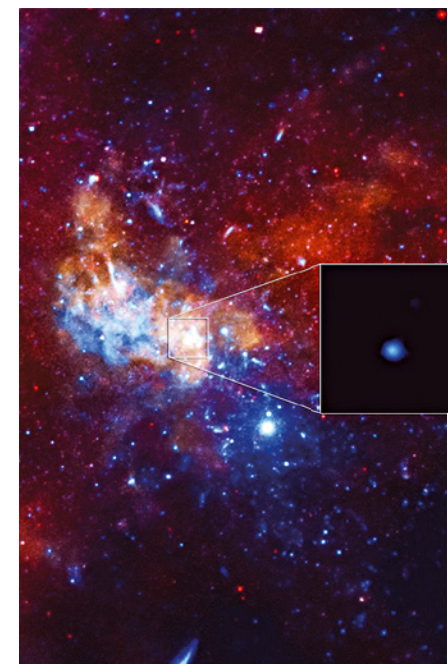
Genom att kombinera spektroskopiska mätningar av de radiella komponenterna av stjärnornas hastighet med de nu mycket skarpa bilderna av de projicerade positionerna, kunde Ghez och Genzels forskargrupp rekonstruera tredimensionella bilder av stjärnornas banor.

En avgörande faktor för genombrottet var att en av de närmaste stjärnorna, S2 (figur 4), visade sig ha en väldigt kort omloppstid: knappt 16 år. Genom precisionsmätningar av S2-stjärnans omloppsbanan, som närmast endast 17 ljusminuter ifrån Sgr A*, kom båda forskarlagen fram till att massan hos det kompakta objektet var en bit över 4 miljoner solmassor. Analysen av

observationerna från båda grupperna visade att något eventuellt bidrag från källor med upplöst rumslig utbredning, exempelvis neutronstjärnor, gas, eller eventuellt annan mörk materia innanför omloppsbanan för S2 var försumbart. Massans centroid ligger inom 2 millibågsekunder från radiokällan Sgr A*, och observationer leder till en undre gräns på densiteten av kompakta objektet på över $5 \times 10^{15} M_\odot \text{ pc}^{-3}$, vilket är över 10 storleksordningar större än tätheten av den mest kompakta kända stjärnhopen. Inom ramen för den allmänna relativitetsteorin kan endast ett supermassivt svart hål beskriva observationerna.

Svarta hål: vad vet vi?

Penrose uppträckt av singularitetsteoremet visade att bildandet av svart hål är en stabil process inom ramen för den allmänna relativitetsteorin. Om masstätheten är tillräckligt stor inom ett tillräckligt stort område, så bildas ett svart hål oberoende av antaganden om någon särskild symmetri hos den kollapsande materian. Under det dryga halvsekle har gått sedan Penrose genombrott har



Sgr A* i Vintergatans centrum, här markerad av en ovanligt stark röntgen-flare som uppmättes 2013.

ett flertal teknologiska framsteg möjliggjort observationer allt närmare svarta hålens händelsehorisont. LIGOs upptäckt av gravitationsvågor, som belönades med Nobelpriset 2017 (se *Fysikaktuell*, nr 4/2017), och Ghez och Genzels observationer av det supermassiva kompakta objektet i Vintergatans centrum är förenliga med existensen av svarta hål. Dock återstår det att bekräfta att dessa objekt och deras händelsehorisont verkligen matchar samtliga förutsägelser från Einsteins modell för gravitationen. Naturen har säkert flera överraskningar på luv!

ULF DANIELSSON

Institutionen för fysik och astronomi, Uppsala universitet.

ARIEL GOOBAR

Fysikum, Stockholm Universitet, Oskar Kleincenter

Referenser

För mer detaljer och referenser, se den vetenskapliga bakgrunden för årets pris på: <https://www.nobelprize.org/uploads/2020/10/advanced-physicsprize2020.pdf>

Undervisning i avståndens tid

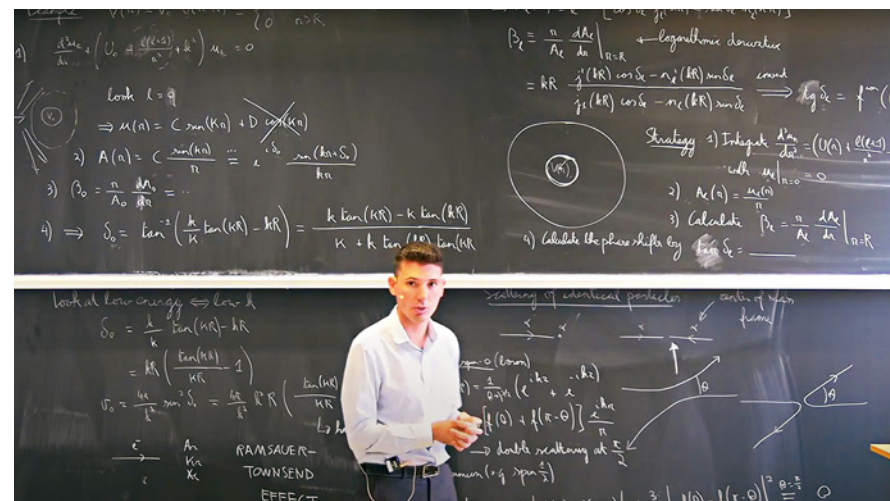
Restriktionerna i samband med pandemin har inneburit utmaningar för undervisningen. Men den nya situationen har också visat sig öppna för nya möjligheter.

Studio lyfte distansundervisningen

På Chalmers använde man sig av erfarenhet från e-sporten för att bygga en undervisningsstudio.

Coronaviruspandemin har tvingat universitet runt om i världen att övergå till distansundervisning på grund av restriktioner från myndigheter och för att bidra till att reducera smittspridningen i samhället. Chalmers tekniska högskola utgjorde inget undantag och i våras meddelades lärarkåren med mindre än en veckas varsel att all undervisning skulle ske på distans. Eftersom ändamålsenlig utrustning till stor del saknades ledde detta till en situation där lärare fick ta till diverse nödlösningar, som att undervisa från kök och gillestugor. En del installerade egna whiteboards i hemmet medan andra upptäckte att användandet av skrivplattor ofta medför en brant inlärningskurva. Efter diskussioner med såväl studenter som kollegor framstod det tydligt att undervisningskvaliteten hade blivit lidande. Bland annat försämrades interaktionen mellan studenter och lärare, särskilt i de kurser som använde förinspelat material.

NÄR DET I BÖRJAN av juni stod klart att alla kurser fortsatt skulle ges på distans även under höstterminen bestämde vi oss för att bygga en distansundervisningsstudio. Vår målsättning var att kunna livestreama olika lärandeaktiviteter – föreläsningar, övningar, demonstrationer av



Philippe Tassin utnyttjar studios två svarta tavlor i sin föreläsning i kvantmekanik.

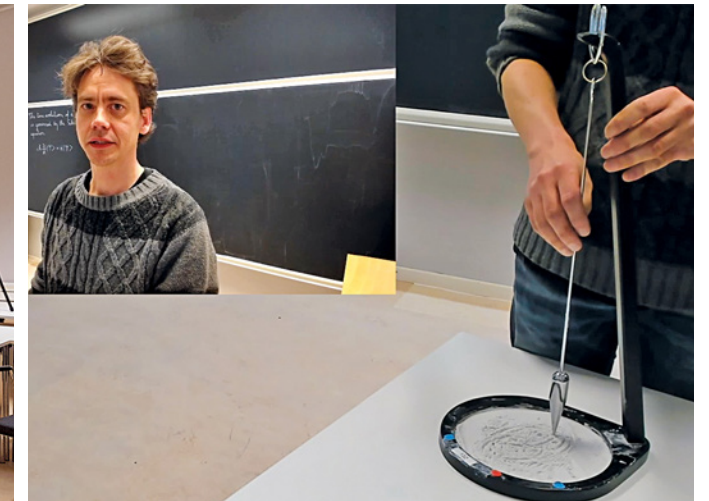
experiment med mera – med mycket hög teknisk kvalitet, och skapa en studio som till så stor del som möjligt återskapar upplevelsen av campusbedriven undervisning för såväl lärare som studenter. Genom att experimentera med olika tekniska lösningar och lära oss mer om dessa insåg vi snart varför utrustningar för livestrommade lärandeaktiviteter är sällsynta.

LIVESTRÖMNING KRÄVER hög bild- och ljudkvalitet för att studenterna tydligt ska kunna se små detaljer på tavlan och i experiment. Ett uppenbart första steg var därför att köpa in en avancerad videokamera med bra prestanda jämfört med en webbkamera. Även om en bra kamera är en grundförutsättning

för god bildkvalitet krävs en bandbredd på cirka 3 Gbit/s för att direkt skicka en videosignal i full högupplösning med 30 bildrutor per sekund. Lyckligtvis kan en videoström komprimeras till en dataöverföringshastighet på ca 5 Mbit/s utan märkbar försämring av bildkvaliteten. Det är detta som gör det möjligt för en och en halv miljon svenskar att se på Netflix, för att inte tala om alla de som dagligen använder YouTube. Men om datorkapaciteten inte räcker till för effektiv komprimering måste en kompromiss mellan bildkvalitet, latens och buffring¹ göras. Programvaror som exempelvis Zoom prioriterar därför ned upplösningen till förmån för bibehållen låg latens och för att undvika framedropping



Studion. Eftersom det finns flera kameror kan Andreas Isacsson samtidigt visa ett experiment och interagera med studenterna.



så att möten inte ska störas av återkommande avbrott.

De som framförallt har stor erfarenhet och kunskaper om liveströmning är professionella e-sportare som livestreamar sina datorspelsessioner. Denna typ av strömning ställer extremt höga krav på strömningsutrustning eftersom den kräver hög upplösning (Full HD 1920 x 1080), framerates på upp till 60 fps och låg latens. Detta gör att deras följare kan urskilja alla detaljer i spelet och interagera med spelaren. Vi insåg snart att vi kunde dra nytta och ta lärdom av den expertis och de tekniska lösningar som under lång tid byggts upp av professionella e-sportare för att skapa en distansundervisningsstudio.

VÅR STUDIO BESTÅR AV ett flertal webkameror, en avancerad videokamera, en för ändamålet byggd dator, trådlösa mikrofoner, med mera. Videokameran används för att filma tavlan. Av de två webkamerorna används den ena för att i närbild interagera med studenterna och den andra, som står på ett flyttbart kamerastativ, för att förevisa experiment. Dessutom kan man ansluta ytterligare kameror och laptop efter behov. Vi har även en stor TV där läraren ser studenterna framför sig när de är med via Zoom. Detta skapar för läraren en upplevelse av att ha en publik i rummet. I och med att det har visat sig att många studenter föredrar att ställa frågor

i chatten underlättar TV:n också interaktionen eftersom läraren inte behöver gå fram till datorn för att se frågorna. En annan fördel med att se chatten är att studenterna tenderar att öppet ställa frågor till varandra om det uppstått oklarheter. Denna spontana diskussion mellan studenterna är mycket positiv i sig, men man upptäcker då också som lärare relativt snabbt om något behöver tas om eller förtydligas.

EN VIKTIG ASPEKT AV den tekniska lösning vi tagit fram är att våra studior kan användas av lärare med olika behov och nivåer av digital kompetens, både för inspelning och för liveströmning. I sin enklaste form kan interaktiva lärandeaktiviteter köras över Zoom. Det finns också möjlighet att använda mer avancerade programvaror för att livestreama till YouTube i full HD, kombinera bilder från flera kameror på skärmen – exempelvis kan man demonstrera ett experiment och samtidigt ha läraren med i bilden – eller kombinera en bildpresentation tillsammans med tavlan för att på så vis förbättra diskussionerna med studenterna.

Våra studior har anammats av majoriteten av de fakultetsmedlemmar som undervisar under höstterminen. De uppskattas också mycket – enligt den första återkoppling vi fått – av våra studenter, som tycker att kvaliteten på aktiviteterna i distansstudiorna är avsevärt bättre

Vår utrustning

- En Canon LEGRIA HF G50 videokamera för att filma tavlan.
- Logitech c930e and Logitech BRIO webkameror för närinteraktion och demonstrationer.
- Dator med Ryzen 5 3400G CPU och Blackmagic Decklink video capture card.
- Röde Wireless Go mikrofoner.
- Ett höj- och sänkbart bord med två skärmar för att styra utrustningen och interagera med studenterna på nära håll.
- En TV för att kunna "se" studenterna framför sig och kunna se frågor i chatten.

jämfört med flertalet av de lösningar som användes under våren. Rent allmänt har vi observerat att tillgången till en god liveströmningsmiljö förbättrar undervisningen på flera plan: den hjälper de studenter som i kurser med förinspelat material riskerar att skjuta på sina studier, den ger studenterna en bättre känsla av samhörighet med sin klass och den skapar ett mer aktivt engagemang.

ANDREAS ISACSSON OCH PHILIPPE TASSIN
Chalmers tekniska högskola

¹ Latens är ett mått för hur lång tid det tar att skicka data. Tar detta för lång tid uppstår fördröjningar. En buffert är ett minne som används för att utjämna skillnader i överföringshastighet. Genom att buffra, lagra data i bufferten, kan överföringshastigheten jämnas ut och därmed få bättre kvalitet.

Digicampus – på gott och ont

Som universitetslärare är det inte längre relevant att skarpt särskilja digitala lärmiljöer från våra analoga miljöer på campus. Vi kan nyttja campusundervisningen till fantastiskt bra saker, men vi måste också acceptera att ur studentens perspektiv så bildar analogt och digitalt en helhet. Det som är viktigt för studenterna handlar väldigt lite om vilka exakta verktyg vi använder (så länge de får studenterna att gräva djupare i kursinnehållet).

Det har gjorts flera internationella utvärderingar om studenters användning av digitala verktyg men jag har inte hittat någon som faktiskt har undersökt vad studenterna själva uppfattar som viktigast. Därför har jag under våren tittat lite närmare på frågan och hittat tre viktiga punkter, som i och för sig inte nödvändigtvis känns som någon stor överraskning.

DET SOM STUDENTERNA UPPLEVER som viktigast för att en digital lärmiljö ska stödja det egna lärandet tycks vara:

1. Strukturen på materialet. En god struktur behöver synliggöra kursinnehållet. Kanske handlar det om att strukturera materialet så att det överensstämmer med hur studenten förväntas angripa det.
2. Möjligheter till egen planering (tillgänglighet). Studenterna uppskattar transparens som gör det möjligt att förstå vad som missas vid sjukdom eller att veta vad som bör angripas närmast för att ligga steget före.
3. Möjligheter till att själv arbeta aktivt och att känna sig motiverad att göra det. Motivationen antas stärkas redan



FOTO: MY RASK

"Det som är viktigt för studenterna handlar väldigt lite om vilka exakta verktyg vi använder."

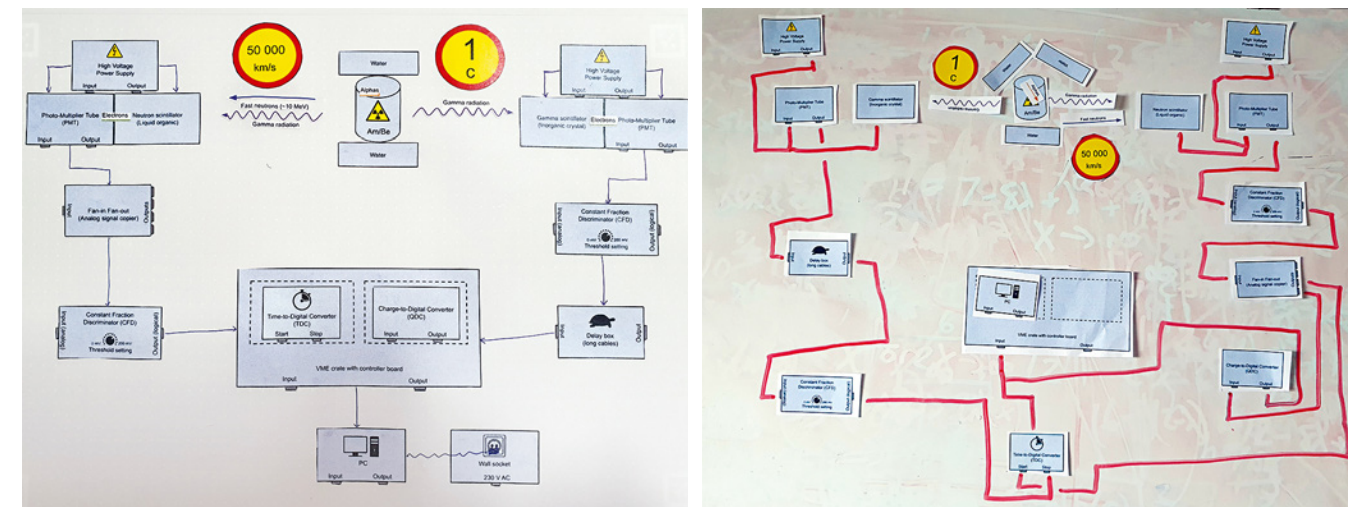
av punkt 1 och 2 ovan. Om kursmiljön känns som en trygg plats där man kan lita på materialets relevans och struktur blir också inställningen till att jobba med det mer positiv. Studenterna uppskattar vidare möjligheter att aktivt arbeta med materialet, både på ett sätt som gör att de känner att de verkligen klarat av någonting och som gör att de aktivt får öva och pröva sina kunskaper efterhand som de växer fram.

SJÄLV ÄLSKAR JAG campusundervisning men hävdar samtidigt att digitala verktyg kan öppna dörren för mer aktivt

arbete med kursmaterialet. Det betyder inte att det automatiskt blir bra undervisning bara för att studenterna diskuterar i break-out-rooms eller skriver inlägg på ett forum online; nej, vi måste fråga oss: vad vill vi att studenterna ska tänka på när de ägnar tid åt kursen? Och hur kan vi stimulera just det tänkandet? Jag vill alltså inte att vi har fokus på vad studenterna tänker om kursen utan snarare vad de tänker på medan de studerar, och hur man kan motivera dem till att gräva djupare och djupare.

Jag tror att alla lärare är väldigt medvetna om vad som behöver hända i studentens huvud för ett lyckat resultat på kursen. Men kanske behöver man nu ändå tänka långt utanför sin vanliga box. Det är jobbigt och svårt – men kan också vara kul. Istället för att fundera på hur vi kan översätta det tidigare analoga arbetet med kursmaterialet till en likadan digital variant behöver vi fundera på vilka nya möjligheter tekniken ger oss. Kanske kan vi få studenterna att bearbeta svåra delar av kursmaterialet med andra medel än vad vi är vana vid, och till och med få ett bättre resultat. Kanske kan vi också nyttja den digitala tekniken till att bli bättre på att ge feedback och ge tydligare struktur åt kursen. Kanske ger denna tvångsdigitalisering oss ett gyllene tillfälle att tänka över innehåll, relevans och vad vi egentligen vill att studenterna ska tänka på när de studerar. Därför hoppas jag helt enkelt att vi i framtiden kan lämna den initiala paniken och funderingarna kring "var ska jag klicka för att..." för att istället tänka bredare, vildare och helt nytt i termer av digital teknik för att stödja lärande.

SANDRA NILSSON
Lunds universitet



FIGUR 1: Inför laborationerna får studenterna klippa och klistra ihop ett flödesschema över hur experimentet ska utföras.

Nya metoder gav bättre laborationer

I Lund innebar pandemin att formatet för laborationer uppdaterades – och i slutändan blev bättre.

År 2020 har varit en stor utmaning för alla som är inblandade i undervisning. Som en reaktion på den rådande pandemin fick kursansvariga i uppgift att på mycket kort tid göra om sina kurser till ett onlineformat. All undervisning skulle göras på distans. Detta gällde även för experimentella laborationer som ur en undervisnings-synpunkt är en nyckelkomponent för många fysikkurser. Under höstterminen har vi återigen haft möjlighet att erbjuda laborationer i sal, men med en del begränsningar. Vi konstaterade tidigt att dessa begränsningar krävde en uppdatering av det tidigare laborationsformatet. På grund av detta inleddes en modernisering av våra laborationer i kärnfysik. Vi vill här dela med oss av våra och studenternas erfarenhet av dessa förändringar.

Det nya laborationsformatet

Laborationer som handlar om mätning, karakterisering och avskärmning av olika typer av strålning brukar ges som antingen halv- eller heldagslaboration. En av de införda begränsningarna är att salstiden får vara max tre timmar.

Vi bestämde oss för att studenternas interaktion med experimentet skulle vara i fokus: handledaren ska leda mer och undervisa mindre så att tiden som studenterna sitter och passivt lyssnar minimeras.

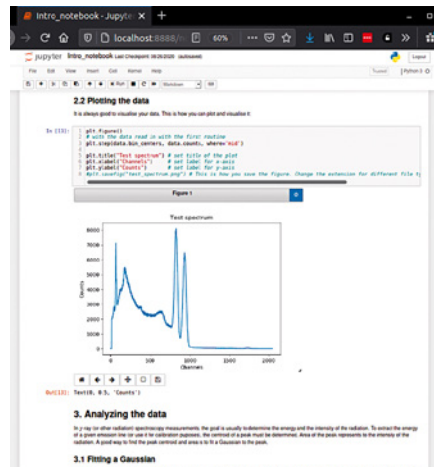
För att uppnå detta mål krävdes mer omfattande förberedelser från studenternas sida inför laborationerna. Vi ville att dessa förberedelser skulle ha tydliga mål för att främja en mer effektiv laborationsmiljö, med en tydlig "röd tråd" för studenterna att följa. Enligt denna princip (nära kopplad till så kallat "flipped classroom") skrev vi om allt material för varje laboration och gjorde detta tillgängligt för studenterna via onlineplattformen "Canvas" (som används på Lunds universitet). Vi gjorde följande ändringar och tillägg för laborationerna:

- **Video** som introducerar den underliggande fysiken men också visar laborationssalen och försöksupställning. Varje video var mindre än tio minuter lång och spelades in av samma handledare som ansvarade för laborationen.
- **Läsmaterial** från läroboken samt andra relevanta källor sammanställdes i en lista. Detta gav en övergripande struktur med överlappande läsupdrag mellan de olika laborationerna.

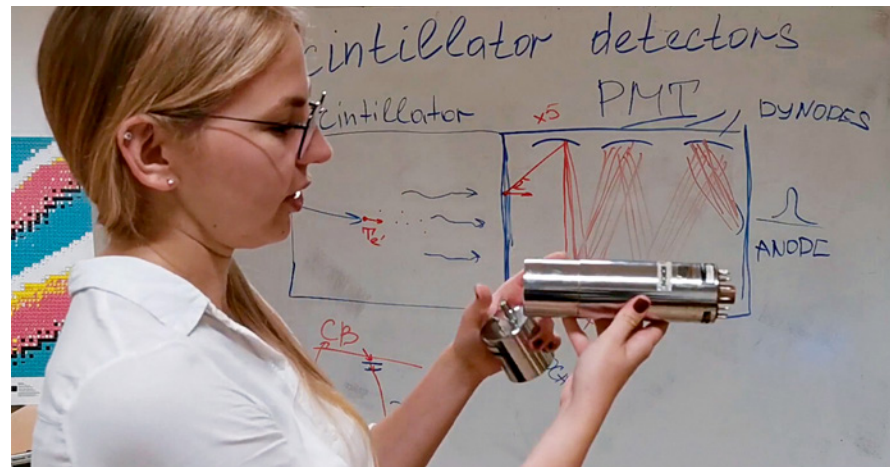
Manualerna till laborationerna skrevs om med ett fokus på laborationens uppställning samt uppgifterna, helt utan någon teorisektion.

- **Quiz** som täckte relevanta frågor för varje laboration var ett obligatoriskt moment som varje student behövde klara innan de kunde delta i laborationen. Studenterna kunde ta detta quiz flera gånger men var tvungna att svara rätt på alla frågor. Syftet med detta var att både säkerställa förkunskaperna hos studenterna och att tydliggöra vad som förväntades av dem.
- **Klipp ut-papper** som visar de experimentella komponenter som studenterna ska använda i en specifik laboration. Från "klipp ut-pappret" får studenterna välja vilka komponenter som de tror behövs och klippa ut dessa. Studenterna skall sedan ordna ett komplingschema med komponenterna i en rimlig ordning. Detta ger dem möjlighet att koppla den abstrakta kunskapen från läsmaterialet till en konkret förståelse av uppbyggnaden av experimentet. Figur 1 visar två exempel på studenternas lösningar på denna uppgift.

Att erbjuda en variation av förberedelseuppgifter och inlärningsmaterial gör



FIGUR 2: Jupyter Notebook kombinerar instruktioner, kod och resultat.



Den handledare som håller i laborationen spelar in en kort video som både introducerar den underliggande fysiken och visar försökstoppställningen.

► att vi också tar hänsyn till studenternas olika inlärningsstilar.

Vi förberedde också ett Jupyter Notebook-dokument för samtliga laborationer. Detta är ett interaktivt dokument som studenterna kan arbeta med i en vanlig webbläsare. Jupyter Notebook blandar beskrivande text och programmeringskod på ett pedagogiskt sätt och studenterna kan importera sin data, ändra parametrar, benämna axlar på en graf och visa resultat (till exempel figurer) direkt i dokumentet. Vi skrev koden i Python, men andra programmeringsspråk kan användas. I dokumentet tog vi också med frågor som studenterna ska svara på, vilket även gör dessa Notebooks lämpliga som inlämningsuppgifter.

Eftersom det var första gången många av studenterna kom i kontakt med Jupyter Notebook, förberedde vi en separat "introduktions"-Notebook som vi presenterade under en vanlig föreläsning där studenterna själva kunde testa koden och funktionerna. Figur 2 visar ett exempel av en Jupyter Notebook från studentens perspektiv.

Tre timmar i laborationssalen

Vi blev mycket positivt överraskade av hur bra den nya laborationsstrukturen fungerade i praktiken. Vi var från början beredda på att det skulle uppstå problem gällande hantering av Jupyter Notebook och att studenterna inte skulle ta till sig

all den förberedelseinformation som vi gav dem. Men vi hade fel!

Studenterna kom bättre förberedda till laborationerna och mindre tid behövdes till teorigenomgång. Genom att använda ett interaktivt verktyg, Jupyter Notebook, för analysen blev kommunikationen av laborationens metod och resultat mer transparent och tydligt. Denna ökade effektivitet gav oss möjligheten att använda mer tid till fördjupande frågor, diskussion och även eventuella sidospår som studenterna var nyfikna på. Detta ledde till en öppen och stressfri atmosfär där såväl studenterna som handledaren kunde känna sig bekväma.

Överlag behövdes handledaren mindre i "bredden" och mer i "spetsen" för diskussion och slutsats av experimentet.

Studentens perspektiv

För att ge oss möjlighet att förstå hur studenterna tillägnade sig detta nya upplägg bad vi varje laborationsgrupp att lämna in en anonym utvärdering av sina upplevelser i form av en kort blankett. Vi ställde frågor som "Vad var det bästa med laborationen?", "Vad var det sämsta med laborationen?", "Saknade du någon information under/innan laborationen?" och "Vad har du lärt dig av laborationen?". Studenternas svar var överväldigande positiva.

Bland annat så uppskattade majoriteten av studenterna att vi införde mer

förberedelsekrav inför laborationerna. De tyckte att detta gav en bättre insikt i vad syftet med laborationerna var. Resultatet var att studenterna visade större självförtroende och ökad villighet att ställa frågor och inledda diskussioner med varandra och med handledaren.

Det framgick också av studenternas respons att det inte räcker att bara ställa högre krav på förberedelserna inför laborationen. Det var de högre kraven i kombination med att vi förberett specifika läsanvisningar, videor där vi förklarade teorin samt ett quiz som gav studenterna denna djupare insikt i syftet med laborationerna.

Ökat engagemang

Det som började med en anpassning av laborationerna till pandemins krav resulterade i ett nytt undervisningsformat som uppskattas av både studenter och handledare.

Det står nu klart för oss att vi tidigare underskattat studenternas engagemang och ambitioner. Med ett strukturerat och varierande förberedelsematerial har vi nu lyckats ta tillvara dem bättre. Eftersom studenterna var bättre förberedda var de också mindre beroende av handledning och kunde jobba mer självständigt under hela laborationsmomentet.

NICHOLAI MAURITZSON
OCH HANNO PERREY
Lunds universitet



WALLENBERGS FYSIKPRIS 2021

KVALIFICERINGSTÄVLING

28 januari på din skola

Tävlingen sker individuellt, men priser delas också ut till bästa skollag. Varje skolas tre bästa deltagare utgör skolans lag. Priser:

1:a pris 3 × 3 000 kr 4:e pris 3 × 1 500 kr
2:a pris 3 × 2 500 kr 5:e – 10:e pris 3 × 1 000 kr
3:e pris 3 × 2 000 kr

Anmäl dig till din fysiklärare!

Läs mer om tävlingen på
www.fysikersamfundet.se/wallenbergs-fysikpris

FYSIKVECKA, FINALTÄVLING & EuPhO

De 18 bästa i kvalificeringstävlingen får komma till en fysikvecka med föreläsningar, studiebesök och del av experimentell final 15–19 mars 2021 på Chalmers och Göteborgs universitet.

Som en del av finaltävlingen deltar finalisterna också i Nordic-Baltic Physics Olympiad i Tallinn 22–25 april 2021.

De fem bästa i kvalificeringstävlingen erbjuds delta i Europeiska fysikolympiaden (EuPhO) som hålls i Ljubljana, Slovenien.

Arrangör: Svenska Fysikersamfundet
Sponsor: Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond

INTERNATIONELLA FYSIKOLYMPIADEN

17–25 juli 2021 i Vilnius, Litauen

De fem bästa i finaltävlingen får göra en oförglömlig resa och representera Sverige vid den internationella fysikolympiaden.

Nästan 400 ungdomar från ungefär åttio länder tävlar i fysik under två dagar. Resten av veckan är fylld med utflykter, föredrag och möten med fysikintresserade från hela världen.

Kanske blir det du som får åka!



QUIZ

Testa dina kunskaper om vinterns fysik

Varför blinkar stjärnor? Hur håller du bäst julskinkan varm? Och kan du mäta våglängden på mikrons mikrovågor med hjälp av en chokladkaka? Det är några av frågorna i **Fysikaktuellt vinterquiz!**

QUIZKONSTRUKTÖR: JOHAN MAURITSSON

1 Det närmar sig jul och det är hög tid att göra lite gott julgodis, kanske täckt med choklad?

Det går smidigt att smälta chokladen i en mikrovågsugn, det går också lätt att mäta vilken våglängd som mikrovågorna i din ugn har genom att plocka bort plattan som snurrar och placera en chokladkaka på en upphöjning i ugnen. Chokladen kommer då att börja smälta i olika punkter. Hur är kortaste avståndet mellan smältpölarna kopplat till mikrovågornas våglängd?

1. Avståndet är halva våglängden.
- X. Avståndet är hela våglängden.
2. Avståndet är dubbla våglängden.

2 Om man vill att chokladen ska bli hård och få en blank, fin yta när den stelnar räcker det inte att bara smälta den och sedan låta den stelna. Istället måste man temperera den genom att höja och sänka temperaturen i flera steg och till rätt gradtal, detta för att chokladen till slut ska hamna i rätt fas. Det får en att fundera. Hur många olika

faser kan choklad egentligen ha?

1. 2 faser.
- X. 4 faser.
2. 6 faser.

3 För att hålla den kokta julskinkan varm lite längre packar du in den i aluminiumfolie, du noterar då att det finns en blank och en matt sida på folien. Vilken sida ska du placera inåt för att hålla skinkan varm så länge som möjligt?

1. Den blanka sidan ska vara inåt.
- X. Den matta sidan ska vara inåt.
2. Det spelar ingen roll vilken sida som är vänd inåt.

4 Man kanske vill ha några kokta ägg på julbordet och då är det ju trevligt om det är lätt att skala dem. Det bästa sättet att få skalet att enkelt lossna när äggen är kokta är att inte välja för färska ägg, men det finns ett fysikknep som också kan hjälpa. Vilket?

1. Spola äggen med kallt vatten direkt när de är färdigkokta.
- X. Lägg ner äggen i kallt vatten och låt temperaturen stiga långsamt.
2. Lägg ner äggen i kokande vatten.

5 Man kan med fördel hoppa över den svenska sötsliska glöggen,

Hur håller du bäst skinkan varm?

men det finns ju andra drycker som kan vara trevliga till julgodiset, kanske en Tawny Port eller en bitter Chinato Barolo... När man sitter där framför brasan och studerar glaset noterar man ofta "tårar" på insidan av glaset, några centimeter ovanför vätskeytan. Tårarna består framförallt av:

1. Etanol.
- X. Vatten.
2. Glycerol.

6 En annan trevlig bitter dryck som lämpar sig för mellandagarna är gin & tonic, världens kanske populäraste drink. För att klara sig undan malaria i Afrika på 1800-talet intog briterkinin löst i kolsyrat vatten, tonic. Kinin har en mycket besk smak och för att få drycken att smaka lite bättre blandade de i något som de hade mycket av, nämligen gin. Men tonic har också en annan egenskap, den fluorescerar med en karakteristisk färg. Vilken?

1. Rött.
- X. Grönt.
2. Blått.

7 Efter julen kommer nyårsafton och det är dags att poppa några flaskor



Varför blinkar stjärnorna?

bubbel. Ungefär hur långt kan man skjuta en champagnekork?

1. 10 meter.
- X. 25 meter.
2. 50 meter.

8 När man lite dåsig tittar på sitt glas champagne ser man att bubblorna ser ut att komma i en jämn ström från samma ställe i glaset hela tiden. Varför kommer bubblorna från samma ställe?

1. Det är en liten repa i glaset precis där.
- X. Där finns en liten fiber

Hur långt kan man skjuta en champagnekork?

kvar från handduken som torkade glaset.

2. När en bubbla bildats och börjar röra sig uppåt lämnar den en kavitation efter sig som initierar fortsatt bubbelbildning.

9 Kalla vinterkvällar med hög och klar luft är utmärkta tillfällen för kvällspromenader (kanske för att smälta all julmaten och drycken) och sällan är nathimmeln så tydligt gnistrande. När man tittat på stjärnhimmeln en stund ser man att vissa ljusprickar blinkar, medan

andra inte gör det. Prickarna som inte blinkar är inte stjärnor utan planeter. Varför blinkar stjärnor?

1. Stjärnorna kan behandlas som punktformiga ljuskällor och har därför bättre spatial koherens än planeterna, så turbulens i atmosfären kan ge interferens som får stjärnorna att blinka.
- X. Lokalt på näthinnan är stjärnljuset lika intensivt som solstrålning varför receptorer i retinan skickar signaler till ögonlocken som gör att ögat blinkar till.
2. Stjärnljus kan, beroende på jordens läge i banan runt solen, ibland passera nära mikroskopiska svarta hål och då inte nå fram till oss.

Rätt svar hittar du på sidan 31!

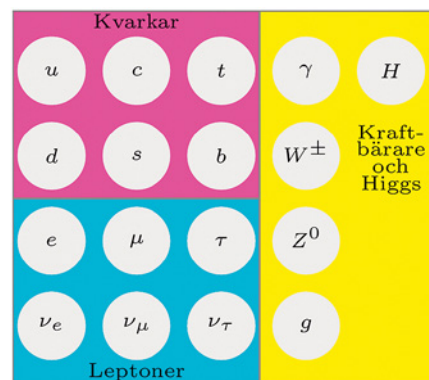
AVHANDLINGEN

Hur bra fungerar Standardmodellen?

Standardmodellen är den bästa modell vi har för att beskriva det virrvarr av partiklar som bygger upp mikrokosmos. **Nils Hermansson Truedsson** har undersökt hur väl den stämmer med verkligheten.

Vilka är universums minsta beståndsdelar och hur växelverkar de med varandra? Detta är den drivande frågan för en partikelfysiker, och i skrivande stund känner vi till sjuttion olika elementarpartiklar (samt deras respektive antipartiklar) som tillsammans bygger upp det vi kallar mikrokosmos. Den bästa modell vi har för att beskriva vad som egentligen sker i detta virrvarr av partiklar kallas Standardmodellen, och inkluderar den elektromagnetiska, den svaga samt den starka kraften. I figur 1 ser vi Standardmodellen och dess partiklar. Med hjälp av modellen kan man göra förutsägelser som sedan konfronteras med experiment, och hittills har det fungerat väldigt bra. Men det finns ett antal fall där det verkar som att Standardmodellen inte riktigt räcker till. Dessa fall indikerar att det måste finnas fler än de sjuttion olika partiklar vi redan känner till.

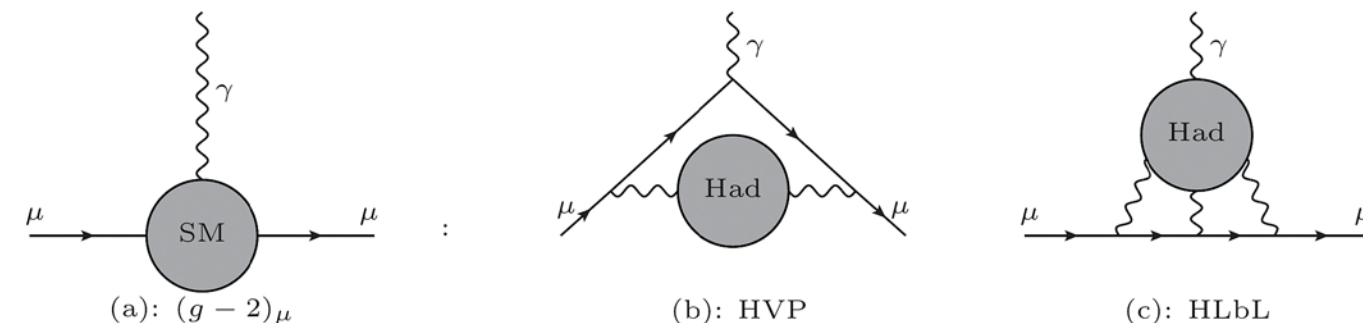
DETTA KAN UNDERSÖKAS PÅ olika sätt. Ett är genom att direkt leta efter



FIGUR 1: Standardmodellen och dess sjuttion partiklar. Dessa delas in i klasserna kvarkar, leptoner samt kraftbärarpartiklar och Higgs-bosonen. Den starka kraften förmedlas av gluonen g , den svaga av $W^\pm$ samt Z^0 och den elektromagnetiska kraften av fotonen γ .

nya partiklar i experiment, så som bland annat görs vid den Stora Hadronkollideraren (LHC) på CERN i Schweiz. Med hjälp av högenergetiska partikelkollisioner kan man där nå längdskalor på 10^{-19} meter. Ett annat sätt är att göra precisionsberäkningar med hjälp av de sjuttion partiklar vi känner till, och sedan jämföra resultaten med experimentellt mätta värden. Det är dessa typer av precisionsberäkningar inom Standardmodellen jag i min avhandling har ägnat mig åt, särskilt för energier som är mycket lägre än kollisionens energierna vid LHC. Nedan fokuserar jag på några av de viktigaste resultaten vi under min doktorandtid fick fram för ett tillfälle hett problem för partikelfysiken: överensstämmer Standardmodellens förutsägelse för myonens magnetiska dipolmoment med verkligheten?

MYONEN, μ , ÄR EN av de sjuttion elementarpartiklar vi känner till, och upptäcktes i början av 1936 av Anderson och Neddermeyer när de studerade kosmisk strålning. Den är samma typ av partikel som en elektron, fast ungefär 200 gånger tyngre. Både elektronen och myonen har spinn $1/2$, vilket innebär att de också har ett så kallat magnetiskt dipolmoment. Denna egenskap påverkar hur partikeln



FIGUR 2: Myonens interaktion med ett extern elektromagnetiskt fält. (a) Det magnetiska dipolmomentet $(g-2)_\mu$, (b) Hadronic Vacuum Polarisation-bidraget (HVP) och (c) Hadronic Light-by-Light-bidraget (HLbL).

i fråga interagerar med ett externt magnetiskt fält, vilket kan beräknas inom Standardmodellen. För att få fram ett värde måste kvantmekanik till – vi måste beräkna alla sätt som virtuella, alltså icke-observerbara, partiklar kan påverka interaktionen. I figur 2(a) ser vi en diagrammatisk representation för hur en myon (μ) interagerar med ett externt magnetiskt fält via en foton (γ), det vill säga med dess magnetiska dipolmoment $(g-2)_\mu$. Den grå cirkeln innehåller alla virtuella partiklar och deras respektive interaktioner från Standardmodellen (SM) som kan bidra.

JU FLER PARTIKELPROCESSER SOM tas med i beräkningen, desto bättre noggrannhet fås. I nuläget kommer den största osäkerheten från kvarkarna som interagerar via den starka kärnkraften. Kvarkar finns inte fria i naturen utan bildar hadroner. Exempel på hadroner är protoner, neutroner och pioner. För min avhandling var pioner av särskilt intresse, detta eftersom de är de lättaste hadroner som finns. För att kunna förbättra noggrannheten i den teoretiska förutsägelsen av $(g-2)_\mu$ behövs bättre kontroll av hadronbidragen i figur 2(b) och figur 2(c), där nu de grå cirkelarna inkluderar enbart hadronbidrag. I min avhandling utförde vi beräkningar av båda dessa

hadronbidrag (illustrationen på min avhandlings framsida är delar av HVP-bidraget som vi beräknade), vilka nyligen användes tillsammans med resultat från andra forskare för att uppdatera den teoretiska förutsägelsen. Resultatet för $a_\mu = (g-2)_\mu/2$ är

$$a_\mu^{\text{SM}} = (116\,591\,810 \pm 43) \times 10^{-11}$$

vilket jämförs med det uppmätta värdet vid Brookhaven National Laboratory i New York,

$$a_\mu^{\text{exp}} = (116\,592\,089 \pm 63) \times 10^{-11}$$

SKILLNADEN MELLAN DESSA VÄRDEN är $a_\mu^{\text{exp}} - a_\mu^{\text{SM}} = (279 \pm 76) \times 10^{-11}$ och motsvarar 3,7 standardavvikelser, vilket fortfarande är för lite för att säga huruvida Standardmodellens förutsägelse av myonens magnetiska moment påvisar existensen av nya partiklar eller inte. Vid Fermilab i Illinois görs just nu nya experimentella mätningar som förväntas reducera osäkerheten i Brookhavens mätningar med cirka en faktor fyra, vilket förhoppningsvis kommer kunna säga oss mer. I väntan på dessa experimentella resultat arbetar jag, mina kollegor samt resten av fältet vidare för att förbättra det teoretiska värdet ännu mer.

Sammanfattningsvis kan man säga att min doktorsavhandling berör

Nils Hermansson Truedsson

■ "Higher Order Calculations for Low Energy Precision Physics"

■ Lund University, Faculty of Science

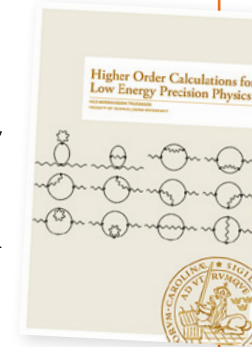
■ ISBN: 978-91-7895-213-7

■ Länk till avhandlingen:

<https://lup.lub.lu.se/search/ws/files/68379173/NilsHermansson-Truedssonweb.pdf>

■ Handledare: Prof. Johan Bijnens, Lund University

■ Opponent: Assoc. Prof. Antonio Pineda, Universitat Autònoma de Barcelona, Spain



beräkningar som behövs för precisions-test av Standardmodellen vid låga energier, vilket jag hoppas framgår av titeln: "Higher Order Calculations for Low Energy Precision Physics".

NILS HERMANSSON TRUEDSSON
Lunds universitet



"Jag hoppas på en säkerställd avvikelse för att se vad som finns bortom Standardmodellen."

Nils Hermansson Truedsson på sitt kontor. Utanför fönstret anar man de majestätiska schweiziska bergen.

På spaning bortom Standardmodellen

Nils Hermansson Truedsson bor numera i Schweiz, där han som posdoc letar efter avvikelser i myonens magnetiska moment.

■ När *Fysikaktuellt* får tag i Nils Hermansson Truedsson är det, som vanligt nu för tiden, via Zoom. Nils tittar ut över Alperna från sitt kontor i Schweiz, där han nu arbetar som postdoc efter att ha avslutat sina studier i Lund.

I Schweiz fortsätter Nils med sina beräkningar för att testa om Standardmodellen stämmer. Standardmodellen är den bästa modell vi har för att beskriva mikrokosmos, men i och med att både beräkningar och experiment hela tiden blir noggrannare och mer precisa går det nu att utmana Standardmodellen för att se om den behöver kompletteras eller kanske till och med ersättas.

Ett område där Standardmodellen just nu utmanas gäller myonens magnetiska moment, där det verkar finnas en avvikelse mellan beräkningarna och experimenten. Just nu är avvikelserna inte statistiskt säkerställda ($3,5\sigma$) och samtidigt som de utvecklas nya experiment

(framförallt på Fermi-laboratoriet i USA) arbetar teoretikerna med att öka precisionen i beräkningarna.

Vad hoppas du att resultatet blir?

– Jag hoppas på en säkerställd avvikelse (mer än 5σ) för att se vad som finns bortom Standardmodellen. Beroende på vilka resultaten blir så kan de guida oss till vilka partiklar som saknas i modellen. Sedan får teoretikerna göra sitt bästa för att komma fram till vilka partiklar som behöver läggas till utan att påverka resultat som idag är korrekta, kanske är det nya Higgspartiklar, och sedan får experimentalisterna försöka påvisa dessa partiklar.

Det är spännande att arbeta med den här fenomenologiska delen av den teoretiska fysiken, med en nära koppling till experimenten.

Hur kom det sig att du började med teoretisk fysik?

– Att jag fastnade för fysik beror delvis på att min gymnasielärare gav mig läroböcker som Hans Uno Bengtsson hade skrivit och de var mycket spännande att läsa. Hans Uno var duktig på att förklara komplicerad fysik på ett roligt sätt utan att förenkla för mycket.

Tyvärr gick Hans Uno bort innan jag började i Lund, så jag fick aldrig träffa honom

Hur ser framtiden ut?

– Just nu har jag en postdocjänst i Schweiz på två plus ett år. Efter det fortsätter jag gärna med både forskning och undervisning. Jag undervisar inte just nu, men hade gärna varit handledare för något examensarbete. I Lund undervisade jag mycket och det är något jag gärna fortsätter med. Men jag satt med som doktorandrepresentant i lärarförslagsnämnden så jag vet hur svårt det kan vara att få nästa tjänst.

Vad gör du helst när du inte arbetar med fysik?

– Jag läser mycket, gärna Fritjof Nilsson Piraten som finns citerad i min avhandling. Annars vandrar jag gärna i bergen eller går på opera.

Fysikaktuellt tackar för ett trevligt samtal och önska all lycka i framtiden. Vi får hoppas att det snart är möjligt att gå på opera igen.

JOHAN MAURITSSON
Fysikaktuellt



Finns det någon där ute?

Hur vanligt är det med liv på andra platser än jorden? Hur kan vi hitta liv på en planet som befinner sig hundratals ljusår bort? **Astrobiologi** är ämnet som studerar dessa frågor, där det nyligen rapporterats om ett möjligt genombrott från Venus.

Radio-observatoriet ALMA i Chile.

FOTO: ESO/C. MALIN

Det enda liv vi känner till i hela universum är det som finns på planeten jorden. Dessutom är vi alla på jorden släkt, med en gemensam anfader – även en fjäril eller maskros är din avlägsna kusin. Så om vi inte känner till något annat liv, vad finns det då att studera i ämnet astrobiologi? Mer än man kanske tror. Astrobiologi handlar om förutsättningarna för liv i universum och studerar

under vilka omständigheter liv kan bildas, överleva och utvecklas. Frågan är: var i universum kan man tänka sig att dessa omständigheter råder under tillräckligt lång tid för att liv ska uppstå?

ETT FÖRSTA STEG ÄR att studera livet som vi känner det och ta reda på hur de mest extrema miljöerna där liv kan överleva här på jorden ser ut. Det visar sig att

liv på jorden är mycket tåligare än man tidigare trott, och både överlever och frodas i extrema temperaturer, tryck och surhetsgrader. På jordens yta finns det inte många sterila kvadratcentimeter, man får leta inuti aktiva vulkaner för att hitta ytor fredade från liv. Samtidigt sträcker sig biosfären flera kilometer både ner under jordytan och upp i atmosfären. ►



Dina avlägsna kusiner.

FOTO: ALEXIS BRANDEKER

medan ämnen som är vätskor under mycket varmare förhållanden, som till exempel lava, tenderar att bryta sönder molekyler.

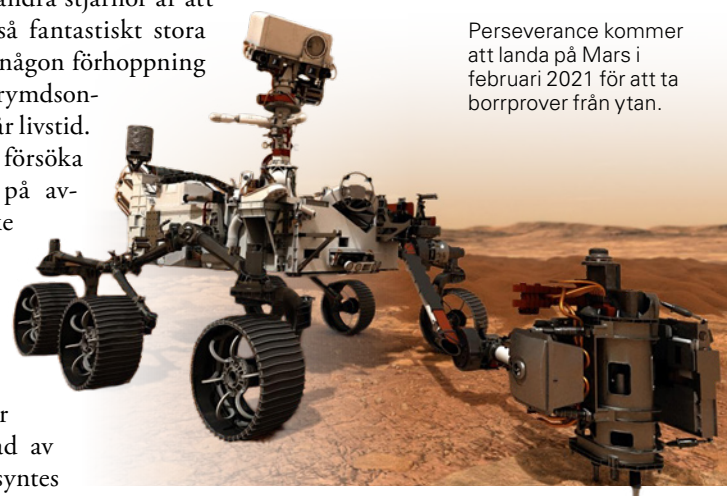
FÖR ATT FOKUSERA SÖKANDET efter liv brukar man därför begränsa sig till de platser där det kan finnas flytande vatten. I solsystemet finns det idag ingen planet utöver jorden som har vatten-oceaner på ytan, men det finns tecken på att både Mars och Venus under de första årmiljarderna av solsystemets utveckling förmodligen var väldigt lika jorden. Vi vet också att det idag finns flytande oceaner av vatten under ytan på ismånar runt Jupiter och Saturnus i det yttre solsystemet. Dessa värms inte upp av solen, utan av tidvatteneffekten från det starka gravitationsfältet nära jätteplaneterna. Dessa potentiella forna och nuvarande platser för liv har gemensamt att det är svårt att undersöka saken på avstånd, men genom att skicka dit rymdsonder och robotar kan man ta prover som undersöks på plats. Sedan de första sådana experimenten, utförda av Mars-landarna Viking 1 och 2 i slutet av 1970-talet (med inkonklusiva resultat), har stort fokus legat på just Mars. Ännu har inga definitiva tecken på liv hittats där, men fler rymdsonder med allt känsligare och flexiblare instrument är i skrivande stund på väg och beräknas landa på planeten i februari 2021.

FÖRUTOM ATT VARA DET fjärde vanligaste grundämnet i universum (efter väte, helium och syre) så är kol unikt i hur det enkelt och varierat bildar komplexa molekyler. Detta gör kol synnerligen väl lämpat för livets molekylära maskineri. Kemiska reaktioner sker effektivast med reaktanterna upplösta i en vätska, där vatten är unikt lämpat: förutom att vatten består av väte och syre, som är ännu vanligare än kol, så gör vattenmolekylens bipolaritet vattnet till ett effektivt lösningsmedel för organiska molekyler. Temperaturspannet under vilket vatten är flytande gör det också lämpligt eftersom den kemiska reaktionstakten är starkt temperaturberoende. Ämnen som är vätskor under mycket kallare förhållanden, som till exempel ammoniak, sänker reaktionstakten till närmare noll,

är orsaken till den höga syrehalten. Utan liv skulle syret försvinna ur atmosfären på bara några miljoner år. Tyvärr är förekomsten av syre i sig inte en avgörande indikator för liv, eftersom syrerika atmosfärer också kan bildas abiotiskt (utan liv), till exempel genom att vattenånga sönderdelas av UV-strålning till väte och syre, där vätet läcker ut i rymden och lämnar efter sig syret.

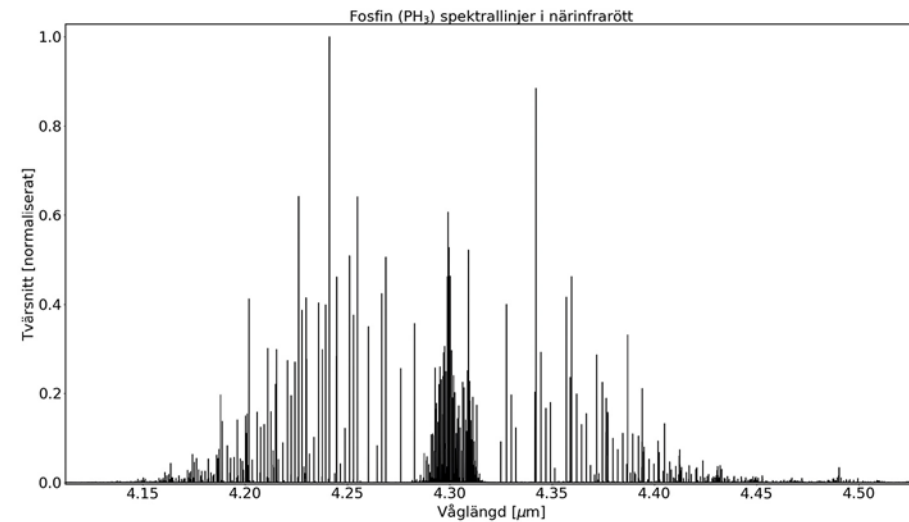
En svårighet är att hitta avgörande kemiska tecken på liv, där tecknen med hög sannolikhet inte kan ha producerats abiotiskt. I en genomlysning av möjliga biosignaturer för några år sedan fann man ämnet fosfin (PH_3), som har fördelen att vara starkt associerad med liv utan att ha någon effektiv abiotisk källa. Det är lite oklart exakt vilka bakterier som är ansvariga för det fosfin vi ser, men vi vet att de frodas i syrefattiga miljöer. Eftersom fosfin snabbt förstörs i en oxiderande atmosfär, så är en detektion av ämnet ett tecken på att något aktivt måste tillföra fosfin till atmosfären.

ETT SÄTT ATT DETEKTERA fosfin över astronomiska avstånd är att observera dess elektromagnetiska spektrum, som visar flera distinkta drag i form av spektrallinjer i både infrarött och radio. För att testa känsligheten hos metoden valde man att titta på Venus med ett radioteleskop och fann förvånande nog något som liknade en signal, vilket senare bekräftades med det betydligt större radioobservatoriet ALMA.



Perseverance kommer att landa på Mars i februari 2021 för att ta borrhövar från ytan.

FOTO: NASA/JPL-CALTECH



Spektrallinjer hos fosfin i infrarött. Dessa linjer måste observeras från stratosfären eller rymden, eftersom koldioxid i jordens egen atmosfär annars blockerar ljuset i detta våglängdsområde.

BILD: ALEXIS BRANDEKER

Men upptäckten väcker många frågor. Kommer signalen verkligen från fosfin? Det verkar som det, men ibland kan man bli lurad av andra molekylers spektrallinjer som råkar sammanfalla i våglängd. En bekräftande observation av en annan fosfin-linje är önskvärd men måste göras från rymden, eller åtminstone stratosfären, då den redan detekterade linjen är den enda som syns bra från jordens yta och de andra skymms av jordens atmosfär.

OM DET NU ÄR fosfin som upptäckts på Venus, kan vi veta att det kommer från liv? Förekomsten av fosfin är svår att förklara i Venus starkt oxiderande atmosfär. Kemiska modeller producerar hundra till tusen gånger mindre fosfin än det som observerats. Samtidigt är förutsättningarna för liv på Venus utomordentligt utmanande. Ingenting vi känner till kan överleva på ytan, där det är extremt torrt och temperaturen så hög att bly smälter. Idén är istället att tänkta venusianer skulle kunna bo ungefär 60 km upp i atmosfären, där det råder mer behagliga 30°C . Fortfarande saknas det vatten, förutom det som binds samman med det eviga svavelsyraregnet. Ingenting vi känner till skulle överleva här heller, men det finns åtminstone spekulativa idéer om möjliga livsformer.

Upptäckten av fosfin i Venus

atmosfär har redan lett till ett nyfunnet intresse för att förbättra kemiska atmosfärsmodeller. En fördel med att upptäckten gjorts på jordens närmaste granne är att vi har facit inom räckhåll. Redan innan fosfindetektionen

planerades rymdsonder till Venus, minst en med ballong för närmare undersökning av atmosfären.

VISAR DET SIG ATT det verkligen finns liv i Venus atmosfär så tillhör det en av mänsklighetens största upptäckter. Om livet är besläktat med det på jorden betyder det att planeter i samma system kan korsbefrukta varandra. Om livet uppkommit oberoende på Venus är det ännu mer spektakulärt, eftersom det då tyder på att mekanismerna bakom livets uppkomst är vanliga och att det därmed kan krylla av liv i galaxen. Fast troligast är nog att man underskattat produktionen av fosfin från abiotiska processer – vår förståelse av Venus atmosfär är nämligen fortfarande mycket bristfällig. Resultatet skulle då istället vara att ge upp fosfin som biosignatur och fortsätta jakten på liv med andra medel.

ALEXIS BRANDEKER
Institutionen för Astronomi,
Stockholms Universitet



Finns det liv på Venus?
Även om det är fosfin
som upptäckts i
atmosfären är
det inte säkert
att det kommer
från levande
organismer.

FOTO: MARINER 10, NASA/JPL-CALTECH

Atombiljard med intensiva röntgenpulser

Med laserlikt röntgenljus har de nya **frielektron-laseranläggningarna** tagit oss ett steg närmre drömmen om att se förändringar i elektronernas ståendevågsmönster i realtid.

Atomens elektroner bildar vackra mönster. De fångas i atomkärnans elektriska fält och blir stående vågor. Där den stående vågen i en gitarrsträng måste hålla sig till en dimension och är enkel som en sinusvåg, är elektronens svängningsmönster i atomen komplicerat. Förutom att det är vackert bestämmer det hur vi upplever vår omvärld: det ger materia dess egenskaper, ligger bakom kemiska reaktioner och leder oss framåt mot framtidens material, processer och teknik.

Att i realtid kunna se hur elektronernas ståendevågsmönster förändras när det samspelar med sin omgivning har länge varit en dröm, och nya metoder utvecklas ständigt för att komma närmare den drömmens uppfyllelse. Experimentellt finns det framförallt två monumentala utmaningar.

Den första utmaningen är att det går fort. Det viktiga händer typiskt inom en femtosekund. På den tiden kan ljuset passera tusentals atomer, så på atomnivå är det fortfarande gott om tid. Med modern laserteknik har man lärt sig undersöka processer som går ännu fortare, och man kan nu se effekter av förlopp som är tusen gånger snabbare, så snabba att ljuset knappt hinner förbi en enda atom.

Den andra utmaningen är att avstånden är små. Det viktiga händer på avstånd som är mindre än avståndet mellan atomerna. Ett gammalt beprövat

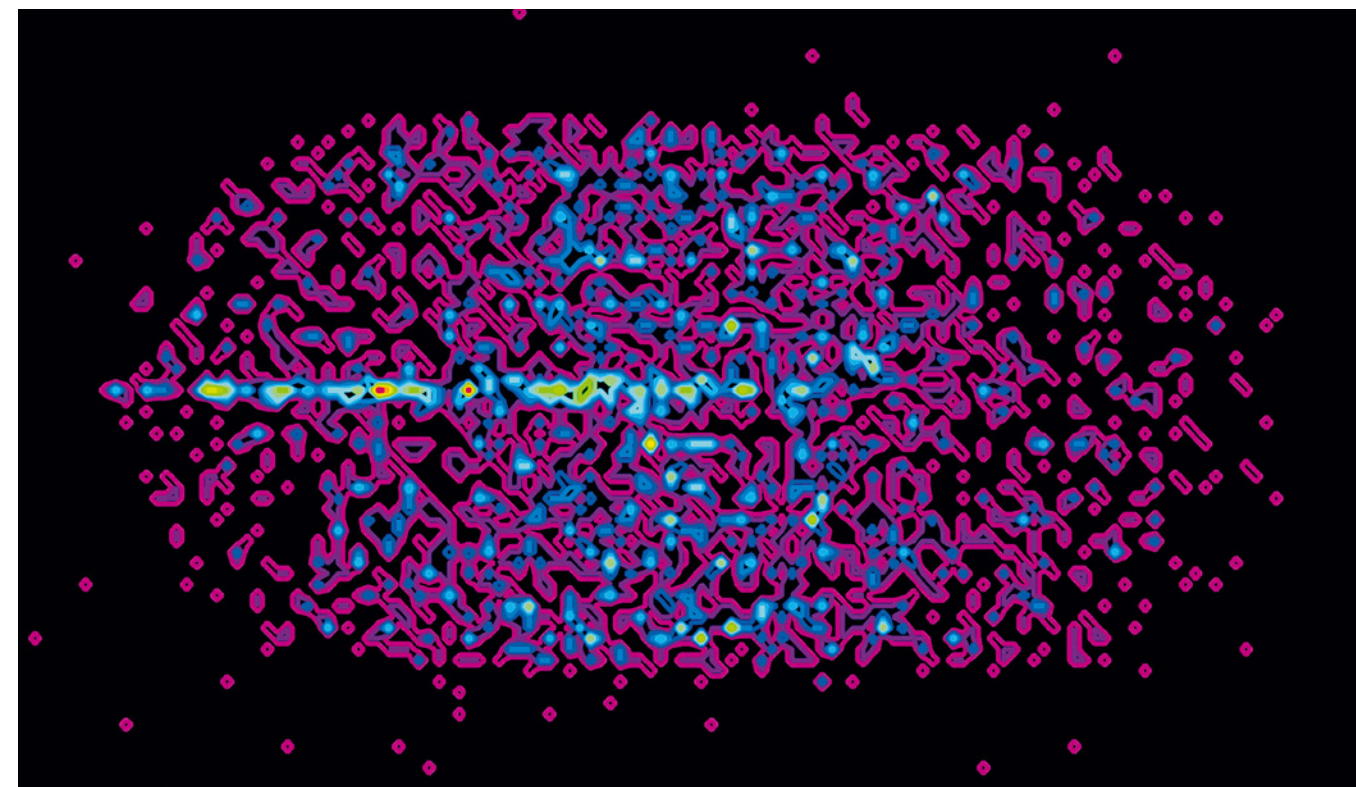
sätt att göra sig lokal och atomspecifik är att ta bort en inre elektron som man vet måste komma från en speciell atom i ett material. Detta går inte med mindre än att man försätter atomerna i energirika tillstånd som snabbt faller sönder. För att analysera dessa energirika tillstånd använder man röntgenspektroskopi. Men det har varit notoriskt svårt att göra röntgenspektroskopi tidskänslig. De tidskänsliga laserspektroskopisterna och de rumskänsliga röntgenspektroskopisterna har varit verksamma inom två skilda vetenskapliga subkulturer.

I DE NYA frielektronlaseranläggningarna kan man nu göra experiment med laserlikt röntgenljus. Som Jonas Sellberg berättade i förra numret av *Fysikaktuellt* ger de kortvågiga intensiva ljuspulserna helt nya möjligheter att bestämma struktur och dynamik hos biomolekyler^[1]. De för oss också närmare drömmen om en kärleksfull relation mellan röntgenspektroskopi och laserteknik. Röntgenspektroskopins känslighet för läge och laserns för tid lovar ett långt och lyckligt mångkulturellt äktenskap där makarna stolt kan betrakta den koherenta utvecklingen av de små elektronernas vågfunktion.

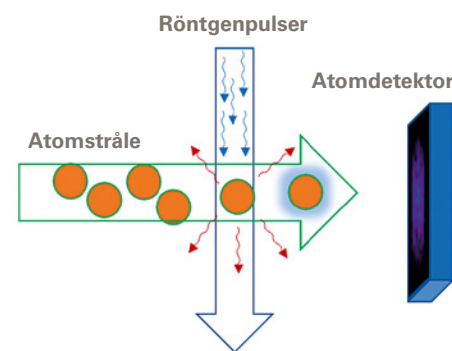
För att vara säker på att relationen ska fungera bör man redan på första dejten förvissa sig om att det går att göra *stimulerad* röntgenemission. Stimulerad

emission är den grundläggande process som har gjort lasertekniker så framgångsrika när det gäller att studera koherent molekylodynamik. Med strålning från frielektronlaser har man visat att det går att stimulera röntgenemission, men man har också stött på svårigheter^[2]. Ett stort problem är att allt går sönder i den intensiva strålningen. För atomkärnornas rörelse kan man vara snabb och bestämma deras position innan katastrofen, ”diffraction före destruktion”^[1], men elektronvågorna är ännu snabbare. Innan man har intensitet nog att stimulera dem har mycket annat hunnit hända: atomerna joniseras många gånger, en enda röntgenpuls kan ta bort varenda elektron runt en atomkärna. Lyckas man få en atom i det tillstånd man vill studera, sönderfaller det snabbt genom att emittera en elektron eller genom vanlig okontrollerad *spontan* röntgenemission. Att leta efter den *stimulerade* emissionen i detta bakgrundskaos är värre än att leta efter en nål i en höstack.

TILLSAMMANS MED tyska medarbetare har vi gjort ett experiment vid European XFEL i Hamburg som tycks lösa detta bakgrundsproblem^[3,4]. Vi utnyttjar en fundamental princip som vi lärde oss redan i den första mekanikkursen: rörelsemängden för ett isolerat system bevaras. Detta gäller också när en atom absorberar och emitterar fotoner: av fotonrekyl ändras atomerna rörelseriktning. Det speciella med stimulerad emission är att den emitterade fotonen har samma riktning som den absorberade, och just i detta fall ändras atomens rörelsemängd nästan inte alls. Emissionen är nästan säkert stimulerad



FIGUR 2: Atomer med inre energi (exciterade atomer) registreras i detektorn. Om de inte ändrar riktning väntar man sig en skarp linje, som avbildar området där den tunna röntgenstrålen skär genom den bredare atomstrålen. Då atomerna ändrar riktning i den slumpmässiga spontana processen träffar de detektorn i en ganska bred fördelning (violettera punkter). I den stimulerade processen ändrar de inte riktning, och skärningsområdet avbildas skarpt (blått). Den stimulerade emission ger sig till känna som en nål i höstacken. Bilden är gjord av Stefan Eisebitt på Max-Born-Institutet i Berlin, en av medarbetarna i projektet.



FIGUR 1: En atomstråle korsas av intensiva röntgenpulser. Atomer som får inre energi detekteras. Deras avlänkning, och därmed också deras fotonrekyl, kan mätas.

i en absorptions-emissions-process som inte ger någon fotonrekyl.

NÄR EN ATOMSTRÅLE KORSAS av röntgenpulserna från en frielektronlaser kommer vissa atomer att genomgå en absorptions-emissions-process som lämnar dem med inre energi. Dessa atomer

kan man lätt detektera. Har de inte avlänkats från strålen har vi ett tecken på stimulerad emission. Genom att variera pulsernas intensitet och våglängd kunde vi försäkra oss om att detta också var ett *säkert* tecken. Signalen varierade kvadratisk med pulsernas intensitet, som man förväntar sig vid stimulerad emission, och den förstärktes vid de våglängder där vi förväntade oss resonanser i atomerna.

Med avbildning av fotonrekyl, ”Photon-Recoil Imaging” har vi kommit ett steg närmare drömmen om att observera dynamiken i elektronernas ståendevågsmönster. Experimentet är en första demonstration, och det blir spännande att se hur långt tekniken kan utvecklas. Speciellt lovande är utvecklingen inom frielektronlasertekniken: snart kan man göra mätningar med intensiva röntgenpulser som är kortare än en femtosekund, och en kombination av pulser med olika våglängd och med bestämd tidsfördröjning. Detta nya fält där

stimulerad emission är en central process blir ett eldorado för icke-linjär röntgenfysik. ”Photon-Recoil Imaging” kommer att vara ett viktigt verktyg i dess utforskande.

I närtid kommer icke-linjär röntgenfysik att vara grundforskning som motiveras av behovet av ökad förståelse för elektrodynamik. Det är dock lätt att inse att vi därigenom också blir bättre rustade att undersöka och optimera processer som är viktiga för framtidens teknik.

JAN-ERIK RUBENSSON
Institutionen för fysik och astronomi,
Uppsala universitet

Referenser

1. J. Sellberg, *Fysikaktuellt* 3/2020, s 16.
2. N. Rohringer, *Philos. Trans. R. Soc. A* 377, 20170471 (2019).
3. U. Eichmann et al, *Science*, 369, 1630 (2020).
4. T. Pfeifer, *Science* 369, 1568 (2020).

Anomalier: Nobelpriset 1920

Invar-legeringarna gav **Charles Édouard Guillaume** Nobelpriset 1920, och hade stor betydelse för precisionsfysiken. Priset är ett av få som gått till en tillämpad upptäckt snarare än grundforskning.

Knappt fyra veckor efter att Svenska Fysikersamfundet bildats på Hotell Continental tilldelades schweizaren Charles Édouard Guillaume (1861–1938), verksam vid Internationella byrån för mått och vikt strax utanför Paris, Nobelpriset i fysik 1920 "såsom ett erkännande av den förtjänst han genom upptäckten av nickelstållegeringarnas anomalier inlagt om precisionsfysiken". Priset är ovanligt då de flesta Nobelpris i fysik gått till grundforskning snarare än till mer tillämpade upptäckter eller innovationer. I testamentet står det emellertid att fysikpriset ska gå till "den som inom fysikens område har gjort den viktigaste upptäckt eller uppfinning" och snart efter att priset börjat delas ut kom kritik från uppfinnarhåll om att det bara var upptäckter som kom ifråga och på tok för få uppfinningar. Ingenjörer kunde tjäna pengar på sina uppfinningar varför det var grundforskningen som behövde stötas var dock tanken. Och det är ett pris i *fysik*. Det är så uppdraget betraktades i Vetenskapsakademien.

Men en anomalier var de legeringar som Guillaume identifierat och en anomalier får hans pris betraktas som. Med det sagt så hade invar-legeringarna en stor betydelse för mycket av precisionsfysiken, vilket var det som motiverade priset. De nya legeringarna av nickel-stål hade i det närmaste ingen temperaturutvidgningskoefficient alls, varför den kom till användning i flera sammanhang för precisionsur, geodesi och för metrologi i allmänhet. Guillaume kunde emellertid inte ge någon riktig fysikalisk



Charles Édouard Guillaume.

förklaring till fenomenet. En förståelse har först i modern tid, med kvantmekaniska simuleringar, kunnat ge ett svar på den frågan. För 10 år sedan beskrev Igor Abrikosov i *Fysikaktuell* hur man i vår tid bättre kan förstå dessa egenskaper. Jag är inte rätt person att redogöra för det forskningsläget utan återvänder till 1920 och turerna kring Nobelpriset.

VETENSKAPSHISTORISK forskning om de tidiga Nobelprisen har ibland velat tolka de förslag Nobelkommittén kommit med som att de var uttryck för kommittéledamöternas egna idéer om vad som var den viktigaste utvecklingen inom fysiken. Särskilt skulle detta gälla



Bernhard Hasselberg.

de första decennierna som dominerades av kommitténs experimentalister med en särskild förkärlek för precisionsmätningar och med måttligt intresse för teoretiska arbeten. Detta ska vara en av anledningarna till att de många nomineringarna av Einsteins relativitetsteorier lämnades därhän. Men man kan också säga att kommittén agerade vist genom att vara försiktig med att dela ut Nobelpris för saker som ännu inte fullt kunnat säkerställas – det får inte bli fel. Så kritiken ovan är inte helt rättvis även om den verkar stämma 1920.

MAX PLANCK (1858–1947) konstaterade i sin självbiografi att en ny vetenskaplig

sanning inte till slut övertygar sina opponenter och får dem att erkänna sina fel utan snarare så dör opponenterna undan allt eftersom och ger plats åt en nyare generation som förts upp med den nya vetenskapliga sanningen. Och vad det gäller den tidiga Nobelkommittén så var det detta som skedde när ledamöterna Bernhard Hasselberg (1848–1922) och Gustaf Granqvist (1866–1922) dog och ersattes av C. W. Oseen (1879–1944) och Manne Siegbahn (1886–1978).

Hasselberg var astrofysiker och forskade bland annat om kometers och om metallers spektra där precisionsmätningar var av största vikt. Han var sedan 1888 Vetenskapsakademiens fysiker och därmed ansvarig för Akademiens fysiska institution och instrumentsamling. Dessutom var han Sveriges kontakt gentemot Internationella byrån för mått och vikt. 1920 var han emellertid på det sista året av sitt mandat i Nobelkommittén och dessutom sjuklig sedan flera år.

I ett brev till Nobelkommittén lade han redan i början av september sin röst på att Guillaume skulle få årets fysikpris. Tolkningen har då varit att övriga i kommittén av homage till den åldrande och sjuklige Hasselberg lät honom få sin vilja igenom. Guillaume hade detta år bara fått en enda nominering, den första på flera år, medan till exempel Einstein samlade åtta nomineringar. Om än sjukfrånvarande i september så var Hasselberg med på flera klassmöten senare under hösten, liksom den allmänna sammankomst där det beslöts att Guillaume skulle tilldelas årets pris. Han fick även förnyat förtroende i slutet av året att sitta ytterligare en mandatperiod i Nobelkommittén, så det var inte uteslutande fråga om att tillmötesgå en döende människas sista önskan.

DET FANNS ANDRA ASPEKTER som tilltalade, som att Guilloumes arbetsplats, Internationella byrån för mått och vikt, var just *internationell* vilket stämde överens med Nobels önskan: "Det är min uttryckliga vilja att vid prisutdelningarna intet afseende fästes vid någon slags nationalitetstillhörighet sålunda att den värdigaste erhåller priset, antingen han

är Skandinav eller ej." Det var Vilhelm Carlheim-Gyllensköld (1859–1934) som skrev specialutredningen och om än han karakteriserade Guillaume "som ledande inom precisionsmetrologins område" så levererade han inget tydligt omdöme huruvida Guillaume borde prisbelönas. Men när kommittén en månad senare lämnade sin sammanfattande rapport skrev man:

För mycket viktiga delar af den experimentella fysiken, hvarest precisionsmätningar förekomma, hafva därför Guilloumes undersökningar varit av fundamental betydelse. [...] Kommitterade, som på grund af den omhvälfvande betydelse, dessa arbeten äga för den exakta fysiken, anse dem väl värda att belönas med Nobelpris.

Och så röstade Vetenskapsakademien den 11 november. Max Plancks

kommentar om den vetenskapliga sanningen äger giltighet för Nobelarbetet då Siegbahn och särskilt Oseen ett par år senare moderniserade synen på vilken fysik som var Nobelprisvärdig efter att Hasselberg och Granqvist avlidit. Men utan goda möjligheter till högsta möjliga precision går det aldrig att bedriva framgångsrik fysikforskning, så även om Guilloumes Nobelpris sticker ut så bidrog hans insatser indirekt till mycken annan fysikforskning.

KARL GRANDIN
Centrum för Vetenskapshistoria, KVA

Läs mer

Robert Marc Friedman, *Politics of Excellence: Behind the Nobel Prize in Science* (New York, 2001), s. 127–129.

Igor Abrikosov, "Nobelpriset som fortfarande är en gåta", *Fysikaktuell* nr 2/2010, s. 14.



Invar används fortfarande i diverse precisionsinstrument, som till exempel balansfjäders i den här tågkronometern.

Kjöllers kastar ljus på problem i forskarvärlden

Kris i forskningsfrågan – eller: vad FAN får vi för pengarna?

Hanne Kjöllers

Förlag: Fri tanke

Utgivningsår: 2020

ISBN: 978-91-8858-976-7

Antal sidor: 221



”Aldrig förr i mänsklighetens historia har så många skrivit så mycket med så lite att säga till så få.”

MEDELCITERINGEN FÖR SVENSKA artiklar är 1,13 vilket betyder att en svensk artikel i genomsnitt har citerats så många gånger under de tre första åren efter publicering. Är det här en rimlig siffra eller borde vi ha högre ambitioner? Det satsas mer och mer pengar på forskning och flera högskolor och universitet finns spridda över landet. Men har vi byggt ett system som uppmuntrar säker forskning framför nydanande forskning? Som inbjuder till att fiffla med data och producera medioker forskning som publiceras, men inte läses? Och på samma gång byggt upp en struktur som inte uppmuntrar till mobilitet mellan lärosätena?

Hanne Kjöllers står utanför akademien och tittar förundrat på den från sidan och undrar varför kejsaren inte har några kläder. Och ibland behövs det någon utomstående som med fräscha ögon och en skarp penna kan få oss som är i systemet att se och förstå hur märkligt det kan te sig.

FORSKNING ÄR NÅGOT AV det finaste vi har, men då måste vi också värna den

genom att bedriva den på bästa sätt, annars riskerar vi att bygga en enorm kloss som kostar ofantligt mycket och inte levererar vad den lovar. Och gör vi det kommer vi att förlora det starka förtroende som trots allt fortfarande finns för forskning och forskare.

I en värld med en pågående viruspandemi och eskalerande klimatproblem vilar ett allt större ansvar på forskarvärlden att presentera förslag till lösningar. Samtidigt ifrågasätts fakta och förtroendet för forskare minskar. I detta läge är det viktigt för oss att sluta upp och presentera vetenskapliga metoder som är förtroendeingivande och låta det synsättet genomsyra hur vi ser på helheten och inte bara enskilda detaljstudier. Om det som driver vilken forskning som görs är vad som ger oss möjlighet att söka nästa bidrag hos VR eller andra finansierare och inte den forskningen vi vill göra eller den forskningen som behöver göras, ja då befinner vi oss på ett sluttande plan.

Boken har fått kritik för att den argt belyser olika problem i den akademiska världen utan att komma med svar på hur dessa ska lösas. Men är det inte så det ska vara? Hanne Kjöllers är journalist och har till uppgift att granska och belysa problem som vi själva kanske inte kan se. Men när vi får dem skrivna på näsan på det här sättet är det vår uppgift att försöka lösa dem.

BOKEN BELYSER FLERA OLIKA problem i forskarvärlden och jag tror att alla kan känna igen sig i något av dem. Det är givetvis lätt att som fysiker slå ifrån sig och säga att vi inte sysslar med att fiska efter



Hanne Kjöllers.

p-värden, det görs bara av medicinare, och så är det kanske. Jag hoppas, och vill tro, att fysiker har en bättre förståelse för statistik och grundläggande vetenskapsteori, men vi måste värna om det. Men kanske är det så att inte all forskning som görs av fysiker är till nytta för någon utanför den närmsta forskargruppen?

”Ett problem när forskare ges full frihet att själva välja forskningsfråga är att svaret kan bli verklighetsfrämmande och oanvändbart.”

Jag kan varmt rekommendera Hanne Kjöllers bok. Den är nyttig läsning för alla som befinner sig i forskningsvärlden, eftersom den belyser problem som vi måste se för att själva kunna lösa.

JOHAN MAURITSSON
Lunds universitet

VARDAGENS FYSIK

En titt på syntavlor

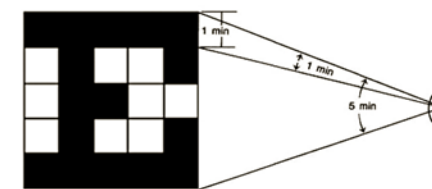
Enligt SCB:s ”Hälsa 2012–2013” har omkring 70 procent av Sveriges befolkning över 16 år glasögon. De flesta övriga har nog också **genomgått ett syntest**, men hur översätts syntavlans bokstäver och krumelurer till ett mått på synskärpa?

Långsynthet är inget modernt påfund och förr användes glaskärl med vatten som förstoringsglas. Den arabiske vetenskaparen, optikens fader, al-Haytham (965–1040 e. Kr.) tillskrivs idén med lässtenar, det vill säga slipad bergkristall som lades direkt på texten för att förstora den. Hans bok om optik blev översatt till latin och nådde italienska munkar på 1200-talet. I den beskrevs halvsfäriska glas av bergkristall och kvarts, vilka blev en välsignelse för många äldre munkar. En av munkarna sägs ha tillverkat de första glasögonen i slutet av 1200-talet. De bestod av en lins av bland annat mineralet beryll på ett handtag. Därifrån kommer, via tyskans *Brille*, ordet brillor.

Glasögon hjälpte till en början bara dem som hade svårt att se på nära håll. Inte förrän slipningen utvecklats kunde konkava linser tillverkas och närsynthet korrigeras. Numera görs linserna av plast och formas med en slipmaskin.

Syntest

Redan under 1800-talet hade glasögon blivit så pass vanliga att standardiserade metoder för att klassificera synskärpan behövdes. Utvecklingen pågick på flera håll, men mest känt är nog den holländska ögonläkaren Herman Snellens arbete. Han skapade 1862, i samarbete med Cornelis Donders, en syntavla med bokstavsliknande kvadratiske så kallade optotyper. Genom att ha tecknen i krympande/stigande storlek kunde tavlan sitta på fixt avstånd (6 m eller 20 fot) från patienten, som slapp flytta sig tills optotypen syntas skarpt. Grundat på egen och andras erfarenheter ansåg



FIGUR 1: Optotypen E byggs av ett kvadratiskt modulsystem. Detaljerna upptar synvinkeln 1 bågminut och hela optotypen 5 bågminuter. I mitten Snellens tavla och till höger Monoyers utan seriffer och med decimal notation. Notera att hans namn finns insmuget i ytterkanterna om man läser nerifrån.

han att för ”normal” syn skulle bokstäverna ha en höjd på 5 bågminuter och med detaljer på 1 bågminut (figur 1). Optotyperna är inget etablerat typsnitt, så jag testade med att skriva ut ett E i fet 43 punkters Courier, viken påminner om syntavlornas kvadratiske typsnitt. E:et blir då cirka 8,75 mm högt och med mina glasögon på näsan kunde jag på 6 m avstånd avgöra att det var ett E.

Synskärpan uttrycks som ett bråk där täljaren anger det avstånd på vilket undersökningen skett och nämnaren det avstånd en person med fullgod syn

kan läsa tecknet på. Detta anges ibland i decimalform. I mitt fall 6/6 eller 1,0. Hade jag bara kunnat se dubbelt så stora bokstäver blir synskärpan 6/12 eller 0,5, ty dessa bokstäver kan en person med fullgod syn se på 12 m avstånd.

För att bidra till den allmänna förvirringen förekommer också skalan LogMAR (Minimum Angle of Resolution), det vill säga logaritmen för den minsta synvinkel (i bågminuter) en person kan upplösa. För en person med minsta synvinkeln 1 bågminut är synskärpan 1,0 och LogMAR = 0, med synskärpan 0,5 är LogMAR = 0,3 och bättre synskärpa än 1,0 får negativa (!) värden.

Snellens tavla hade olika antal bokstäver på raderna och inte någon logaritmisk (geometrisk) progression för konsekutiva rader, vare sig för tecknens storlek eller för mellanrummen. I USA föreslog John Green år 1868 en tavla med decimal notation, inga seriffer och 10 steg i logaritmisk progression. Storleken på bokstäverna mellan konsekutiva rader ändras därmed med faktorn $\sqrt[10]{10} \approx 1,26$.

Ferdinand Monoyer presenterade en motsvarande tavla i Europa år 1872 (figur 1). Samma år föreslog han enheten dioptri (m^{-1}) för en lins brytkraft. Dioptritalet (D) ges av $D = 1/f$, där f är brännvidden, och fås i dioptrier om f mäts i meter. En närsynt person som ser tydligt upp till 1 meter behöver en lins med styrkan $D = -1$ dioptrier för att se skarpt på håll. Måste man gå så nära som 0,5 meter, behövs en lins med $D = -2$ dioptrier osv. Har man flera linser tillsammans ger summan av dioptritalen den sammanlagda brytkraften. Vårt öga anses ha $D = 60$ dioptrier, varav hornhinnan 40 och linsen ►

► 20 dioptrier. Dioptri är ingen SI-enhet, men ingår i gruppen enheter som tillåts inom specialområden.

Från Snellen till ETDRS

Louise Sloan föreslog år 1959 en tavla med 10 bokstäver utan seriffer med lämpliga horisontella, vertikala, sneda samt böjda delar, för att lättare diagnostisera olika synfel. Inspirerade av Green, Sloan och av många andra presenterade Ian Bailey och Jan Lovie vid National Vision Research Institute of Australia år 1976 en ny layout med proportionella avstånd och fem bokstäver på varje rad i form av en inverterad triangel, istället för det välbekanta, rektangulära formatet (figur 2).

National Eye Institute (NEI) i USA genomförde 1982 den första stora kliniska studien för diabetiker ”Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study (ETDRS)”. Det är nämligen viktigt att tidigt diagnostisera synproblem vid diabetes. De hade för denna studie utvecklat en syntavla som byggde på Sloan-bokstäverna och Bailey-Lovie-layouten. Dessa tavlor spred sig från de kliniker som deltog och idag är ETDRS-formatet de facto standard. Det har fem bokstäver per rad. Raderna och avståndet mellan bokstäverna har geometrisk progression. Bokstäverna har ”balanserad” svårighetsgrad mellan raderna, och testet finns i tre varianter för att försvåra utantillinläring. Dessutom föreskrivs en jämn luminans om minst 85 cd/m².

Numera finns datoriserade synprovningssystem som emulerar ETDRS, Snellen och andra syntavlor. De kan visa många fler storlekar på bokstäver och krumelurer på bildskärmar, läsplattor och i mobiler.

Ett syntest med tavla avslöjar bara närsynthet. Översynthet är svårare att upptäcka, ty den kan man kompensera genom att ackommodera, men det leder lätt till trötthet. Det är dock viktigt att upptäcka översynthet hos barn, eftersom läsförmågan hos översynta barn är sämre.

Syntest för körkort

Snellentavlor är billiga och kan användas i skolor, i det militära och där synkraven inte är avgörande. Vid synundersökning



FIGUR 2: Nedan ETDRS-tavla. Till vänster en datoriserad variant inklämd i ett rum på 3 m. Med spegelvända bokstäver och med spegel på väggen mitt emot blir läsavståndet 6 m. Fiffigt när lokalkostnaderna är höga.



för körkort behövs dock bättre precision och bokstävernas ordning behöver då kunna varieras. Kraven anges i Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om medicinska krav för innehav av körkort m.m. (TSFS 2010:125). Synprovningstavla för 4 eller 5 meter ska användas och alla bokstäver på en rad ska kunna läsas felfritt. Glasögon/linser får användas.

Körkort för lastbil och buss: Synskärpan ska uppgå till minst 0,8 i det bästa ögat och till minst 0,1 i det sämsta. Synfältet ska vid seende med båda ögonen samtidigt ha en horisontell utbredning om minst 160 grader, varav minst 70 grader åt vardera hållet, samt en vertikal utbredning om 30 grader uppåt och nedåt.

Körkort för MC och bil: Den binokulära synskärpan ska vara minst 0,5. Att syn helt saknas i ett öga utgör inget hinder, trots att det då blir svårare att bedöma avstånd och fart. Synfältet behöver vid seende med båda ögonen samtidigt ha en horisontell utbredning

om endast 120 grader, varav minst 50 grader åt vardera hållet, samt ha en vertikal utbredning om 20 grader uppåt och nedåt. Det kan tyda på att transportstyrelsen tagit hänsyn till att bil och MC ofta framförs i högre farter än lastbil och buss och att föraren då upplever relativistisk aberration, det vill säga ett hoptryckt synfält, vid farter nära ljusfarten.

Kortsynt?

Under senare decennier har andelen närsynta personer ökat kraftigt i vissa delar av världen, framförallt i Östasien men även i Sverige. Detta har skett snabbare än evolutionen kan ha åstadkommit. Sannolikt använder barn numera ögonen oftare på korta avstånd, till exempel vid läsning på bildskärmar och mobiler, än tidigare när det gavs större utrymme åt utelek. Detta tros påverka utvecklingen av ögats form under uppvuxen.

MAX KESSELBERG

Fysikum, Stockholms universitet

Rätt svar till vinterquizet

Fråga 1

Plocka bort plattan som snurrar i mikron och placera en chokladkaka på en upphöjning i ugnen. Chokladen kommer då att börja smälta i olika punkter. Hur är kortaste avståndet mellan smältpöarna kopplat till mikrovågornas våglängd?

Rätt svar: 1) Avståndet är halva våglängden.

Eftersom mikrovågorna reflekteras mot väggen i mikrovågsugnen skapas det en stående våg där avståndet mellan två bukar är en halv våglängd.

Fråga 2

Hur många olika faser kan choklad ha?

Rätt svar: 2) 6 faser.

Choklad är ett spännande livsmedel och kan anta hela 6 olika faser. När man säger att man tempererar choklad ändrar man temperaturen i rätt ordning för att till slut komma till rätt fas så att kakaosmörret kristalliseras på rätt sätt och vi får en härligt blank choklad med rätt knäck när vi biter i den. Vilken sekvens av temperaturer man ska använda sig av beror lite på vilken chokladsort man arbetar med, men vanligen ser det ut ungefär så här: Värm chokladen till 45 grader (här smälter fett i chokladen), kyl sedan ner till 24 grader (rör gärna i chokladen så att det blir en jämn temperatur) och slutligen värmer du upp chokladen till arbetstemperaturen 32 grader.

Fråga 3

Vilken sida av aluminiumfolien ska du placera inåt för att hålla skinkan varm så länge som möjligt?

Rätt svar: X) Den matta sidan ska vara inåt.

Tanken att den blanka sidan ska vara inåt för att ”reflektera tillbaka värmen” är fel. Efter som folien rör vid maten kommer energiförlusterna att ske genom att energi strålar ut från paketet, det här brukar beskrivas som en svartkroppsstrålare. Ett föremål som absorberar mycket energi strålar också ut mycket energi (solen är en utmärkt svartkroppsstrålare). Om vi packar in maten med den blanka sidan utåt kommer paketet att reflektera bra och det betyder också att det strålar ut mindre av energin.

Fråga 4

Vilket fysikknep får skalet att enkelt lossna när äggen är kokta?

Rätt svar: 2) Lägg ner äggen i kokande vatten.

Att spola äggen i kallt vatten gör att de först kyls på ytan, skalet kommer alltså att krympa innan ägget inuti börjar svalna, detta påverkar inte hur hårt skalet sitter fast. Det omvända händer om man lägger ner äggen i kokande vatten, då värms skalet först upp och expanderar innan äggets temperatur börjar stiga, detta gör att skalet lossnar lite enklare. Om



FOTO: JOHAN MAURITSSON

Det är kininet i tonicen som får en gin & tonic att fluorescera blått i UV-ljus.

äggen läggs i kallt vatten och temperaturen sedan ökar kommer skal och ägg att värmas med ungefär samma takt och expanderar därför lika fort och skalet blir svårare att få loss.

Fråga 5

”Tårarna” på insidan av drinkglas, några centimeter ovanför vätskeytan består framförallt av: vad?

Rätt svar: X) Vatten.

Vätskan på insidan av glaset innehåller både alkohol och vatten – två vätskor med ganska olika egenskaper, bland annat dunstar alkohol fortare än vatten och vatten har en högre ytspänning än alkohol. När alkoholen dunstar ändras sammansättningen i vätskan på insidan av glaset. Till slut gör ändringen i ytspänningen att den bryts upp och ”tårarna” bildas.

Fråga 6

Tonic fluorescerar med en karakteristisk färg. Vilken?

Rätt svar: 2) Blått.

Tonic fluorescerar blått när man belyser den med UV-ljus.

Fråga 7

Ungefär hur långt kan man skjuta en champagnekork?

Rätt svar: 2) 50 meter.

Hur långt man kan skjuta en champagnekork beror givetvis på flera olika faktorer, men med några enkla approximationer kan man uppskatta det ganska bra och förstå hur det gick till att skjuta iväg världsrekordskorken – som landade 54 meter från flaskan. Beräkningarna nedan är inspirerade av liknande beräkningar som Hans Uno Bengtsson presenterade i boken ”Kring flaskor och fysik” som han skrev tillsammans med Mischa Billing år 2000.

Att korken skjuts iväg beror på övertrycket i flaskan, som kan vara ca $\Delta p = 5 \text{ atm}$. Detta leder till ett tryck som precis innan korken börjar röra sig balanseras av friktionskraften, som vi alltså kan beräkna som $\Delta p \cdot \pi r^2$ och som minskar tills den är noll precis när korken har

rört sig sträckan l , vilket är hur långt nedtryckt korken är i flaskan. Vi får en friktionskraft som varierar enligt:

$$f(x) = \Delta p \cdot \pi r^2 \left(1 - \frac{x}{l}\right)$$

När korken lossnar omvandlas arbetet till kinetisk energi och vi får:

$$\frac{1}{2}mv^2 = W = \int_0^l f(x) dx = \frac{1}{2}\Delta p \cdot \pi r^2 l$$

Det här ger oss möjlighet att beräkna korkens hastighet när den lämnar flaskan:

$$v = \sqrt{\frac{\Delta p \cdot \pi r^2 l}{m}}$$

För att skjuta korken så långt som möjligt ska man sikta den i 45° och den kommer då att flyga sträckan $L = v^2/g$, vilket slutligen ger oss sträckan som:

$$L = \frac{\Delta p \cdot \pi r^2 l}{mg}$$

Parametrarna varierar lite för olika flaskor, men en kork väger ungefär 10 gram, är nedtryckt $l = 25 \text{ mm}$ i flaskan som har en radie $r = 9 \text{ mm}$. Detta leder oss att tro att övertrycket i flaskan som sköt iväg rekordkorken antagligen var högre än 5 atm (kanske hade de varmt upp flaskan lite?)

Fråga 8

Varför kommer champagnebubblorna från samma ställe i glaset?

Rätt svar: X) Där finns en liten fiber kvar från handduken som torkade glaset.

Bubblorna i glaset behöver någon oregelbundenhet för att kunna skapas. Man kan etsa repor i glaset med en laser och på så sätt bestämma var bubblorna ska starta, men oftast är repor i glaset (svarsalternativ 1) för små för att bubblorna ska kunna starta där. Istället är det vanligen fiber som har blivit kvar från handduken som torkade glaset som fungerar som utmärkte oregelbundenheter där bubblorna kan starta.

Fråga 9

Varför blinkar stjärnor?

Rätt svar: 1) Stjärnorna kan behandlas som punktformiga ljuskällor och har därför bättre spatial koherens än planeterna, så turbulens i atmosfären kan ge interferens som får stjärnorna att blinka.

Eftersom stjärnorna är så väldigt långt borta är det en bra approximation att behandla dem som punktformiga ljuskällor. Planeterna däremot är betydligt närmare och även om de kanske ser lika stora ut som stjärnorna för blotta ögat så får man behandla dem som små diskar istället för som punktformiga objekt.



FOTO: PIXABAY



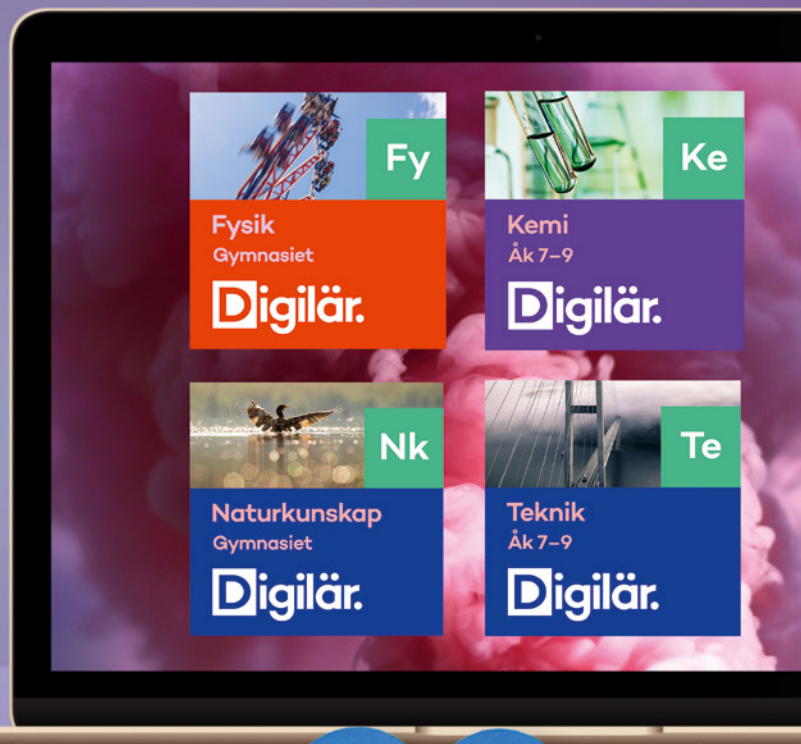
Ständigt aktuellt och anpassat för alla

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.**