

f Fysikaktuell

NR 3 • SEPT 2017

Fysikolympiaden 2017

Läs mer sid 26–29

ISSN 0283-9148

Universums expansion
Vad är det som
expanderar?

Sid 6-10

Porträtt
Ellen Moons

Sid 12-13

Unga fysiker
berättar

Sid 20-23

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: Anne-Sofie Mårtensson,
anne-sofie.martensson@hb.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
Postgiro: 2683-1
E-post: styrelsen@fysikersamfundet.se
För medlemsfrågor, kontakta Lena Jirberg Jonsson, 08-411 52 80
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.
Ny redaktör Sören Holst (holst@fysik.su.se)

Fysikaktuellt
Fysikaktuellt utkommer med fyra nummer per år, och distribueras till samfundets medlemmar samt till alla gymnasieskolor med naturvetenskapligt eller tekniskt program. Redaktionen består av: Margareta Kesselberg, Dan Kiselman, Johan Mauritsson och Elisabeth Rachlew.
Ansvarig utgivare är Anne-Sofie Mårtensson.
Kontakta redaktionen via: fysikaktuellt@fysikersamfundet.se
För insänt, ej beställt material ansvaras ej.

Medlemskap
Svenska Fysikersamfundet har ca 800 individuella medlemmar samt 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 kostar 4000 kr per år.

Bli medlem genom ansökan på: <http://www.fysikersamfundet.se/ansokan-om-medlemskap/>

Omslagsbild: Bilden visar en detalj av ett buddistiskt tempel från 800-talet i Yogakarta, Indonesien. Templet "Borobudur" finns upptaget på UNESCOs världsarvslista. Foto: Andreas Sundström.

Layout: Göran Durgé
Tryck: Trydells, Laholm 2017

Utgivningdatum 2017

Nr 4, manusstopp 16 nov. Hos läsaren 15 dec.

Stödjande medlemmar

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

Stödjande institutioner

- Chalmers tekniska högskola – Institutionen för fysik
- Chalmers tekniska högskola – Institutionen för rymd- och geovetenskap
- Chalmers tekniska högskola – Institutionen för mikroteknologi och nanovetenskap – MC2
- Göteborgs universitet – Institutionen för fysik
- Högskolan i Halmstad – IDE-sektionen
- Institutet för rymdfysik, Kiruna
- Karlstads universitet – Institutionen för ingenjörsvetenskap och fysik
- Kungliga tekniska högskolan – Institutionen för fysik
- Kungliga tekniska högskolan – Institutionen för tillämpad fysik
- Linköpings universitet – Institutionen för fysik, kemi och biologi (IFM)
- Linköpings universitet – Institutionen för naturvetenskap och teknik (ITN)
- Lunds universitet – Fysiska institutionen
- Lunds universitet – Institutionen för astronomi och teoretisk fysik
- Mittuniversitetet – Institutionen för naturvetenskap, teknik och matematik
- 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
Johan Mauritsson
- 4-5 AKTUELLT/NOTISER
- 6-10 UNIVERSUMS EXPANSION
VAD ÄR DET SOM EXPANDERAR?
Lars Bergström, Ariel Goobar
- 11 ASTRONOMI
BILDER SOM MÅSTE UPPLEVAS!
Dan Kiselman
- 12-13 PORTRÄTT
ELLEN MOONS
Margareta Kesselberg
- 14-15 AVHANDLINGEN
PROTONPULSER KAN AVSLÖJA MATERIENS
HEMLIGHETER
Lovisa Senje
- 16 INTERVJU
LOVISA SENJE
Margareta Kesselberg
- 17 ANNONS
NATUR & KULTUR
- 18-19 UNIVERSUM
EXOPLANETER
David Carrera
Översättning:
Karl Wahlberg Jansson
- 20-23 4 UNGA FYSIKER BERÄTTAR
OM ARBETSLIVET
- 24-25 VARDAGENS FYSIK
VARFÖR HAR KONTORS-
STOLAR OFTAST FEM HJUL?
Max Kesselberg
- 26-29 FYSIKOLYMPIADEN
Max Kesselberg, Bo Söderberg,
Margareta Kesselberg
- 30 BOKRECENSION
"INTRÅNG I EINSTEINS
TRÄDGÅRD"
Elisabeth Rachlew
- 35 FYSIKALISKA LEKSAKER
OMÖJLIG CYLINDER
P-O Nilsson
- 36 ANNONS
GAMMADATA

Välkommen till Svenska fysikersamfundet

I din hand håller du ett nummer av Fysikaktuellt som är Svenska fysikersamfundets medlemstidsskrift. Kan-ske är det här det första numret som du läser eller så har du följt med i flera år. Om det är ditt första nummer är du antagligen nyantagen student på någon av fysikutbildningarna eller ingenjörsut-bildningarna med inriktning mot fysik. I så fall vi kan bara gratulera dig till ett mycket bra val! För att välkomna dig lite extra till fysikergemenskapen erbjuder vi dig gratis medlemskap i ett år. Allt du be-höver göra för att bli medlem är att fylla i formuläret på vår hemsida, <http://www.fysikersamfundet.se/ansokan-om-medlemskap/>, den hittar du också via QR-koden intill.

Att vara medlem i Svenska Fysiker-samfundet innebär bland annat att du får fyra nummer av Fysikaktuellt direkt hem i brevlådan, fyllda med artiklar om vad som händer inom fysiken och olika reportage. Du får dessutom ett nummer av Fysikersamfundets årsbok: Kosmos, som från och med i år delas ut till alla medlemmar och samdistribueras med årets sista nummer av Fysikaktuellt. Årets Kosmos kommer att vara ett temanum-mer, men Kosmos nya redaktör Sören Holst vill ännu inte offentliggöra vilket temat kommer att vara. Sören lovar dock att ämnet är spännande och på samma gång är: "både vardagsmat för fysiker och – understundom – en källa till hätska de-batter."

Fysikersamfundet arbetar hela tiden för att stärka fysikens plats i samhället, och inte bara fysiken utan vetenskapen i allmänhet. Det här arbetet inkluderar att framhålla vikten av den vetenskap-liga metoden och att öka intresset för naturvetenskap hos ungdomar. Det är ett långsiktigt arbete och ibland går det baklänges, men vikten av att hela tiden fortsätta blir extra tydligt i tider som den här när till exempel presidenten i USA



Foto: Emma R. Simpson

inte anser att fakta bör ligga till grund för politiska beslut (som jag skrev om i FA1). Det här arbetet är avgörande för vår fram-tid och vi behöver fler medlemmar som inser vikten av att stimulera intresset för fysik och naturvetenskap, men också aktivt engagerar sig för att kanske ändra världen en liten aning i rätt riktning.

Återigen, varmt välkommen!

JM

JOHAN MAURITSSON
VICEORDFÖRANDE I
FYSIKERSAMFUNDET

Välkommen till Fysikersamfundets årsmöte!

I år har vi årsmöte i Svenska Fysikersamfundet under Lise Meitnerdagarna. Välkommen till sal FA32 på Alba Nova i Stockholm fredagen den 24 november kl 13. Vi bjuder på enklare lunch om du anmäler deltagande till vår sekreterare Joakim Cederkäll (joakim.cederkall@

nuclear.lu.se) senast den 21 november. Dagordningsförslag och verksamhetsberättelse läggs ut på <http://www.fysikersamfundet.se/arsmote/>

ANNE-SOFIE MÄRTENSSON
ORDFÖRANDE

Svensk sektion har bildats inom EPS Young Minds



Swedish Young Minds nya styrelse. Från vänster: Maja Arvola som läser teknisk fysik på Uppsala Universitet, Lara Sheik som läser datateknik på KTH, Oskar Vallhagen och Julia Järlebark, som båda läser teknisk fysik på Chalmers.

I juli bildades en svensk sektion som del av Europeiska Fysikersamfundets (EPS) ungdomsnätverk Young Minds. Sektionen "Swedish Young Minds" kommer framförallt att årligen arrangera Lise Meitner-dagarna men det finns även planer på att utvidga verksamheten efter intresse hos medlemmarna, exempelvis ordna föreläsningar eller studiebesök.

Genom att vara ansluten till Young Minds har sektionen möjlighet att söka

ekonomiskt stöd för aktiviteter och förhoppningsvis kommer kopplingen även leda till internationella utbyten med sektioner som har liknande verksamhet i andra länder.

Swedish Young Minds vänder sig till universitetsstudenter och doktorander och det är kostnadsfritt att bli medlem. Är du intresserad av att veta mer eller vill bli medlem går det bra att kontakta: youngminds@lisemeitnerdagarna.se

6 häftiga föreläsare vid Lise Meitnerdagarna 24-25 nov 2017

Kristina Ydström
(Sjukhusfysik, Skåne universitetssjukhus)
Sara Strandberg
(Partikelfysik, Stockholms universitet)
Mikael Fogelström
(Grafen, Chalmers universitet)
Katia Gallo
(Kvantfysik och kvantelektronik, KTH)
Ellen Moons (Solceller/Plastmaterial,
Karlstads universitet)
Lawrence Krauss
(Astrofysik, Arizona State University)

55 skolor är anmälda i år vilket kommer resultera i ca. 110 elever.
28% av eleverna får sponsring via sin skola.

Välkommen till Undervisnings- sektionens höstmöte 24-25 /11

Årets höstmöte hålls på Alba Nova i Stockholm och samarrangeras med Lise Meitner-dagarna. Program för fredagen finns på www.lisemeitnerdagarna.se, och på lördagen finns ett specialprogram för lärare med föreläsningar och workshops som behandlar både fysik och fysikdidaktik.

Kostnad för icke medlemmar är 200 kr, och för medlemmar är det gratis. För bosatta långt från Stockholm finns det ett antal stipendier att söka för övernattning, ange på anmälan om du intresserad av detta.

Anmälan skickas till gunnar.ohlen@matfys.lth.se senast 31 oktober. Mötet arrangeras med hjälp av medel från stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs minnesfond.

Anmäl dig snarast då antalet platser är begränsat!

Varmt välkommen önskar Svenska Fysikersamfundet genom undervisningssektionens styrelse.

Foto: Alexis Brandeker



Den stora amerikanska solförmörkelsen

Många svenskar reste till USA för att se den totala solförmörkelsen 21 augusti. Stockholmsastronomen Alexis Brandeker befann sig i Salem, Oregon och fotograferade med ett 540 mm teleobjektiv. Resultatet är en kombination av tio bilder med exponeringstider mellan 1/3200 s och 1,3 s. På så sätt får man fram de-

taljer såväl i den yttre koronan som den inre, och framför allt ser man månens hav och kratrar. Månen är nämligen belyst av jordskenet – det solljus som återkastas från jorden mot månen. Koronan är solens yttre mycket tunna och heta atmosfär. Dess ljus är vanligt solsken som sprids mot fria elektroner. Strukturerna i korona

antyder hur magnetfältet är organiserat. De rödaktiga molnen precis vid solranden är protuberanser – svalare och tätare gasmoln som svävar i koronan.

Nedtill: Förmörkelsen sedd från rymden. Besättningen på den internationella rymdstationen ISS fotograferade människuggan.

Kalendarium

Västerås, Ångkraftverket 100 år
Öppet Hus, 9-10 sept, 11-12 nov
(info.kokpunkten.se/100)
www.angkraftverket.se

Lise Meitnerdagarna
24-25 nov, Alba Nova, Stockholm
www.lisemeitnerdagarna.se/

Julföreläsning 5 dec
Läs mer: www.fysik.su.se/nyfiken/
opppnaforelasningar



Universums expansion

De senaste årtiondena har vi med spänning följt de allt noggrannare studierna som gjorts av hela vårt observerbara universum, och denna kunskap har gjort att läran om universum, kosmologin, har utvecklats i snabb takt. Denna moderna historia har bjudit på flera överraskningar, där den mest häpnadsväckande nog är att vår vanliga materia, som bygger upp de planeter, stjärnor och galaxer vi kan se, bara bidrar till 5 % av all energi i universum. Ungefär 27 % ges av den fortfarande gåtfulla *mörka materia*, och inte mindre än 68 % tycks existera i form av en annorlunda form av energi som kallas *mörk energi*, och som driver en accelererande expansion av hela universum. Denna expansion ska vi försöka beskriva här.

Vad är det som expanderar?

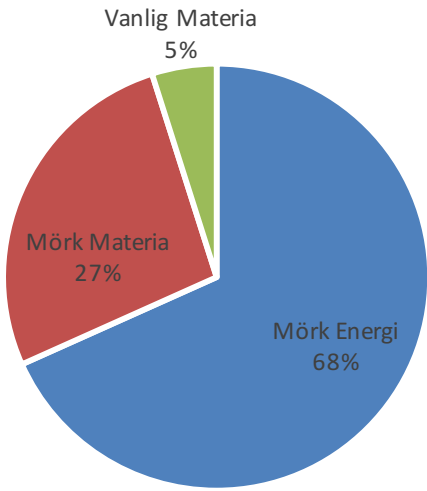
Den kanske mest omvälvande insikt vi fått, genom Albert Einstein, är att rum och tid inte är oföränderliga, utan tillsammans bildar *rum-tiden* som påverkas av energi och rörelsemängd hos objekten i universum. Einstein lyckades också hitta sambandet mellan den förändring, ”krökning”, som

sker av rum-tiden för en viss mängd materia, eller mer allmänt energi, i sin *allmänna relativitetsteori* från 1916. Detta samband bekräftades genom observationen av Arthur Eddington år 1919 av ljusavböjningen kring solen som kunde studeras vid en solförmörkelse, och som inte stämde med Newtons

teori. En annan konsekvens av teorin om att rum-tiden inte är statisk utan dynamisk är att tunga och kompakta objekt, t.ex. neutronstjärnor och svarta hål, som rör sig snabbt kring varandra kan alstra gravitationsvågor, något som spektakulärt observerades av LIGO-detektorerna (en på västkusten, en i öster) i USA 2015 (se Fysikaktuellt nr. 2016-3, sidan 8-9).

Sammantaget har detta gjort att Einsteins allmänna relativitetsteori är en av de viktigaste vetenskapligt accepterade, fundamentala teorier som vi fysiker använder när vi beskriver universum. Och den bild som Einstein gett oss är att det som expanderar i universum är själva rymden, tomrummet. En bild man kan ha är att tomrum (vakuum) ”fylls på” mellan galaxerna, som är som russin i en jäsande kakdeg. Som vanligt sammanfaller Einsteins teori med den gamla Newtonska beskrivningen för låga hastigheter och energier. I Newtons mekanik är rum och tid oföränderliga, och det vi uppfattar som expansionen av universum är en konsekvens av att massor

Universums innehåll



Den kosmiska sammansättningen. ”Vanlig materia” som vi själva är gjorda av utgör endast en mindre bråkdel. Istället dominerar universum energiinnehåll av mörk materia och mörk energi.

Varifrån får vakuum sin energi?

De gamla filosoferna definierade vakuum som det absoluta tomrummet, det som blir kvar om man tänker bort allt av materia, ljus etc. I de tekniska vetenskaperna har vakuum i stort sett denna betydelse – genom att pumpa ur luft ur behållare kan man få ett tryck som bara är någon tusenmiljarddel av lufttrycket. I rymden mellan galaxer är trycket ännu många storleksordningar lägre. Men om vakuum innehåller energi finns den förstås kvar hur tomt på materia systemet än är. I den moderna fysiken känner vi till en möjlig källa till vakuumergi: kvantmekaniska fluktuationer av ”virtuella” partiklar, som elektron-positronpar eller ljuspartiklar, fotoner. Det finns små effekter i väteatomens spektrum, Lamb-skiftet, som bara kan förklaras om det händer något på vägen när en foton färdas mellan elektron och proton. I klassisk elektromagnetism är det bara tomrum mellan elektroner och atomkärna, och Lamb-effekten var länge ett mysterium. Men tolkningen i kvantelektrodynamiken är att de virtuella fluktuationerna av elektroner och positroner i tomrummet påverkar fotonutbredningen, och beräkningarna stämmer utmärkt bra med mätningarna. I princip bör fluktuationer av alla partikel- och antipartikelslag bidra till vakuumergin. (Lamb-skiftet är i sig inte känsligt för denna totalen-

ergi – där är elektronen speciellt viktig eftersom den är den lättaste laddade partikeln.) Försöker man räkna ut det totala bidraget till vakuums energitäthet från alla kända partikelslag (inklusive toppkvarken och Higgspartikeln t.ex.) tycker man att man borde få en hyfsad uppskattning av den kosmologiska konstantens värde. Men tyvärr fungerar detta inte alls. Värdet man får är nämligen minst en faktor 10^{57} för stort! Detta är fortfarande ett av fysikens stora olösta problem, som troligen hänger ihop med att det ännu inte finns en allmänt accepterad kvantmekanisk teori för gravitationen. Kanske någon av Fysikaktuelltts yngre läsare en dag ska komma med lösningen ☺.

Idag kan vi bara acceptera att vakuumergin finns där, är skild från noll, men att energitätheten har ett oerhört litet värde. Tur är det för om det verkligen vore 10^{57} gånger större skulle vårt universum ha ”späts ut” på materia så snabbt p.g.a. den enorma accelerationen att stjärnor, planeter och liv aldrig skulle ha bildats. Funderingar kring detta leder till den s.k. antropiska principen – en intressant princip som dock har begränsat förklaringsvärde, och som vi lämnar bakom oss här.

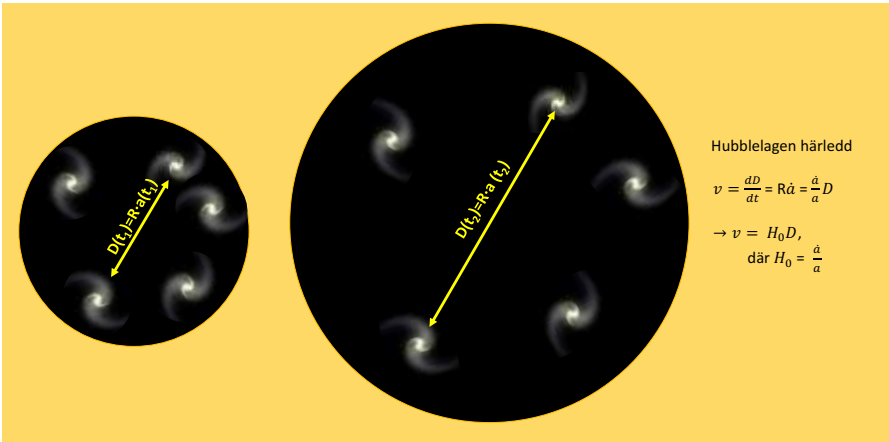
rör sig från varandra, något som ger en ”Dopplereffekt” på ljus som sänds ut från stjärnor som rör sig bort ifrån oss – det får längre våglängd (blir rödförskjutet). När hastigheten hos de avlägsna objekten närmar sig ljushastigheten vet vi dock att vår beskrivning måste förändras – det är ju en av grundbultarna redan i Einsteins speciella relativitetsteori från 1905. Nytt i den allmänna relativitetsteorin är att inte bara mängden materia (masstätheten) i universum påverkar hur universum expanderar. Även rum-tiden själv, i en volym utan innehåll av materia, kan innehålla energi (vakuumenergi). Denna vakuumergi har häpnadsväckande egenskaper – den genererar ett negativt tryck som gör att expansionen går allt snabbare, vi säger att universum genomgår en *accelererande expansion*!

Teoretisk förutsägelse och observationer

Låta oss gå tillbaka i tiden, till början av förra seklet. Då var den dominerande uppfattningen, som delades av Albert Einstein, att universum var statiskt och

gränslöst i både tid och rum. Därför modifierade Einstein år 1917 den allmänna relativitetsteorins fältekvationer till att också innehålla en *kosmologisk konstant*, betecknad med grekiskans stora lambda, Λ . I den ursprungliga versionen från året dessförinnan, liksom i Newtons teori, kunde gravitationen enbart leda till attraktion mellan massor. Kosmologiska konstanten infördes därför för att ”rädda” universum från att kollapsa under sin egen tyngd. Den repulsiva kraften som konstanten skulle alstra i den relativistiska beskrivningen skulle alltså precis balansera den attraktiva gravitationen. Denna idé blev dock snart tillbakavisad, först av Alexander Friedmann (1922, 1924) och i ett oberoende arbete av den belgiske prästen Georges Lemaître (1927). Friedmann och Lemaître lade grunden till den moderna kosmologiska modellen då det visade sig att statiska lösningar är instabila i allmänna relativitetsteorin. Lemaître var f.ö. också den som först förstod att den kosmologiska konstanten hade ett samband med vakuumergi.

Ett dynamiskt universum är enligt allmänna relativitetsteorin därför att vänta, med antingen expansion eller kontraktion. Dessa modeller fick dock inte mycket uppmärksamhet förrän det 1929 kom en publikation av Edwin Hubble. Genom att kombinera Vesto Sliphers mätningar, av hur snabbt galaxerna rör sig bort, med deras avstånd från jorden kunde Hubble visa ett linjärt förhållande: galaxerna rör sig ifrån oss med en hastighet v som är proportionell mot avståndet D , $v = H_0 \cdot D$, den s.k. *Hubblelagen*. Ironiskt nog fanns de flesta observationspunkter redan i Lemaîtres arbete från 1927, tillsammans med den teoretiska förutsägelsen av ett expanderande universum. Lemaîtres blygsamma natur och det faktum att han publicerade sina resultat i en mindre, franskspråkig, tidskrift gjorde kanske att han inte fått dela äran med Hubble för upptäckten. En annan ironi är att Hubble i en sammanfattande bok så sent som 1936 tvekade om lagen verkligen gällde mellan hastigheter och avstånd. Det som egentligen hade



Bilden föreställer vad som händer i en liten del av rymden vid universums expansion. Avstånden mellan galaxerna växer snabbare ju längre ifrån varandra de är. Detta ger upphov till ”Hubblelagen”.

mätts var ju rödförskjutningar av spektra från galaxer, och Hubble var inte övertygad om sambandet mellan dessa och galaxernas hastigheter. Den svenska astronomen Knut Lundmark hade i ett arbete redan från 1925 funnit ett samband mellan hastighet och avstånd – men lite mer komplicerat än den linjära Hubblelagen (han hade också

en kvadratisk term med). Lemaîtres ursprungliga förutsägelse av Hubblelagen kan förstås utifrån figuren ovan. I ett expanderande universum befinner sig galaxer på relativa avstånd som växer med tiden med en global ”skalfaktor”. Då hastigheten är tidsderivatan av avståndet kan man lätt övertyga sig om att proportionalitetskonstanten i

Noggrannare härledning Hubbles lag, se figuren.

Betrakta två galaxer, som från början, vid tiden t_1 , befinner sig på avståndet $D_1 = R \cdot a(t_1)$ där R kallas det medföljande avståndet, som inte ändras. Förändringen ges av skalfaktorn $a(t)$. (Galaxerna hålls ihop av den oerhört mycket starkare attraktionen p.g.a. massorna och ändrar därför inte sin storlek nämnvärt.) Avståndet mellan galaxerna har genom universums expansion vid den senare tiden t_2 blivit $D_2 = R \cdot a(t_2)$.

Medelhastigheten med vilken galaxerna har avlägsnat sig från varandra är alltså

$$v = \frac{D_2 - D_1}{t_2 - t_1} = \frac{R(a(t_2) - a(t_1))}{t_2 - t_1}$$

När tidsskillnaden blir mycket liten, $t_2 = t_1 + dt \approx t$ är $D_1 \approx D_2 \approx D = R \cdot a(t)$

eller $R = D/a(t)$, och vi ser att $\frac{a(t_2) - a(t_1)}{t_2 - t_1} \rightarrow \frac{da(t)}{dt} \equiv \dot{a}(t)$.

(Det är kutym att beteckna just tidsderivatan med en prick över funktionen.) Slutligen får vi då för den momentana hastigheten mellan galaxerna, $v = R \cdot \dot{a}(t) = \frac{D}{a(t)} \cdot \dot{a}(t) = H(t) \cdot D$,

med Hubbleparametern $H(t) = \dot{a}(t)/a(t)$. Enligt den allmänna relativitetsteorin gäller denna lag för alla tider, men vi är ofta intresserade av expansionshastigheten idag, vid en tid vi benämner t_0 . Vi kallar Hubbleparametern idag för Hubblekonstanten $H_0 = H(t_0)$. Det är viktigt att förstå att observatörer som lever i en speciell galax tycker att just denna galax är i ”vila”. Men så tycker alla möjliga observatörer i vilken galax som helst – trots att det finns en relativ hastighet mellan galaxerna på grund av expansionen!

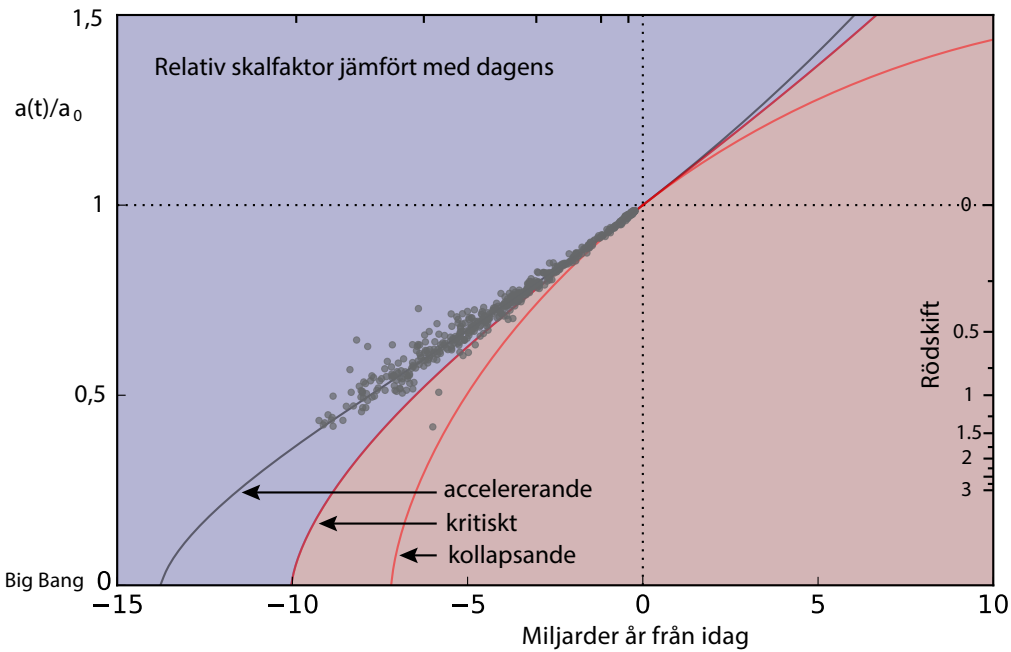
Hubblelagen, *Hubblekonstanten*, är i själva verket $H_0 = \dot{a}/a$ där $\dot{a} = da/dt$, beskriver den globala skalfaktorns tidsderivata (se ruta).

Att skalfaktorn ökar med tiden innebär inte bara att universum expanderar, det pekar även på en tidpunkt då skalfaktorn var noll, dvs universums begynnelse: Big Bang! Det är m.a.o. möjligt att använda mätningarna av Hubblekonstanten för att bestämma universums ålder t_0 , och man får ungefärligen $t_0 \propto 1/H_0$.

Mätningarna av H_0 har kantats av svårigheter och lett till bittra strider mellan olika forskargrupper. Hubbles ursprungliga resultat var närmare en storleksordning fel, $H_0 = 500 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ och innebar att Big Bang skulle ha inträffat för endast 2 miljarder år sedan (en megaparsec, Mpc, är $3,086 \cdot 10^{22} \text{ m}$). Fastän det är relativt enkelt att ta reda på galaxernas recessionshastigheter genom att mäta rödförskjutningen (z) av våglängden (λ) hos spektrallinjer, $z = \Delta\lambda/\lambda$ är det desto svårare att göra precisa mätningar av kosmologiska avstånd. Hubbles bestämningar av avstånden till galaxerna krävde flera steg, som involverade kalibreringar med stjärnor i Vintergatan.

Efter Hubbles död på 1950 talet var det Allan Sandage som ledde studierna av expansionen från den tidens modernaste teleskop, 5-meters spegelteleskopet vid observatoriet i Palomar (i södra Kalifornien). Sandage fann felet i Hubbles metodik att uppskatta avstånden till galaxerna och kom fram till ett mycket lägre värde, $H_0 \sim 50 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$. Under flera decennier utmanades Sandages mätningar av en konkurrerande grupp ledd av Gerard de Vaucouleurs, då verksam i Texas. Deras analys visade på ett högre värde, $H_0 \sim 100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$. Uppskjutningen av rymdteleskopet Hubble innebar stora förbättringar för mätningen, inte minst eftersom man kan numera använda sig av Typ Ia supernovor som ”standard-ljuskällor”. De senaste mätningarna med Hubbleteleskopet från Adam Riess m.fl. hamnar (kanske föga överraskande) nästan precis mellan de två tidigare uppskattningar, $H_0 = 73,24 \pm 1,74 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

Kosmologiska avstånd har mätts med hjälp av Typ Ia supernovor (datapunkterna) visar att endast modeller där universums expansion accelererar ger en bra beskrivning av observationerna. Den bästa modellen, där energitätheten nu domineras av en kosmologisk konstant pekar på att Big Bang inträffade för 13,8 miljarder år sedan.



Mikrovågsbakgrunden

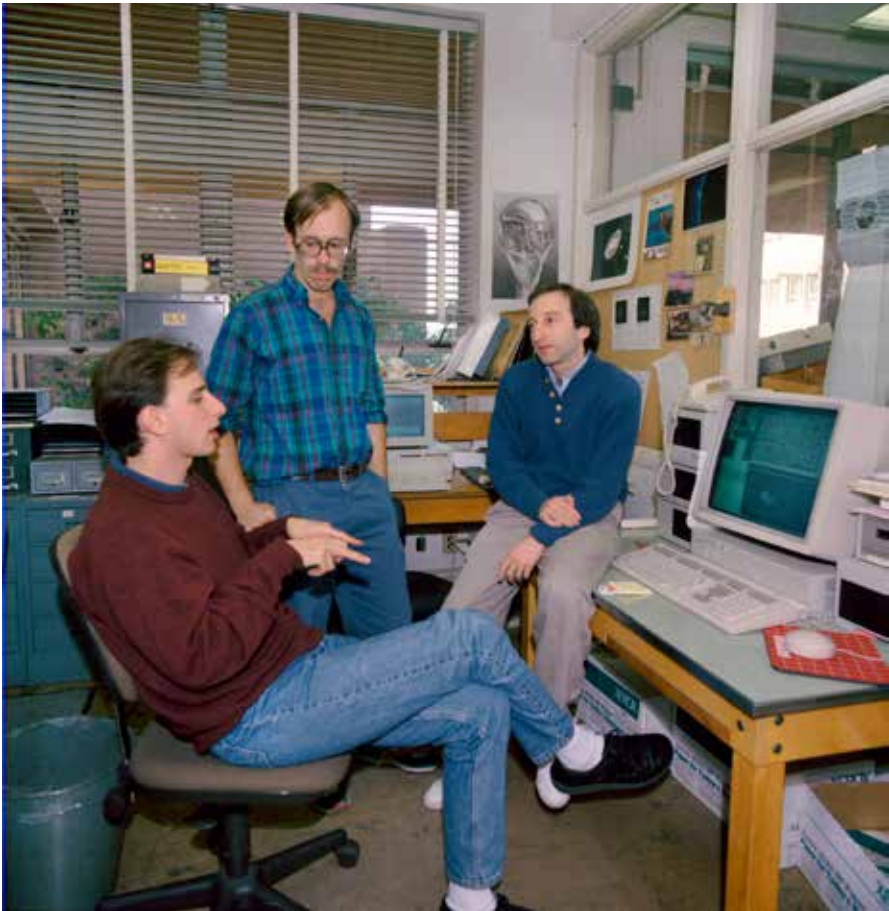
Expansionsmodellen fick en spektakulär bekräftelse genom upptäckten av den kosmiska mikrovågsbakgrunden. Arno Penzias och Robert Wilson, två radioastronomer vid Bell Labs i USA som mellan 1964 och 1965 höll på att kartlägga radiokällorna i Vintergatan och runt närliggande galaxer. De lade då märke till att hur de än riktade teleskopet mätte de ett ”radiobrus”, som inte följde galaxens konturer. Strålningen verkade istället vara isotrop, signalen var alltså lika stark i alla riktningar. Det fick snabbt sin förklaring av Princeton-gruppen kring Robert Dicke: Det var den heta strålningen från universums födelse som hade kylts ner till strax under 3 Kelvin av rymdens expansion (detta hade faktiskt George Gamow med kollegor varit inne på många år tidigare). Penzias och Wilson belönades med Nobelpriset i fysik år 1978 för deras banbrytande upptäckt. Senare studier av mikrovågsbakgrunden med rymdsatelliterna COBE, WMAP och Planck som kunde observera hela himlen med stor noggrannhet har försett oss med ytterligare kunskaper om universums tidigaste expansion (George Smoot och John Mather fick Nobelpriset 2006 för mätningarna med COBE). Strålningen fick inte möjlighet att propagera, fri från växelverkan med materia, förrän en halv

miljon år efter Big Bang, då den expanderande strålningen hade kylts långt under jonisationsenergin för väte, det absolut vanligaste grundämnet. Då ljusets hastighet var densamma då som nu, kunde områden som var mer än en halv miljon ljusår ifrån varandra inte vara i kausal (orsaksbunden) kontakt. Varför är då universum homogent och nästan perfekt isotropt? Denna och andra relaterade frågor ledde till den kosmologiska *inflationsmodellen* i början på 1980-talet. Oberoende arbeten av bland andra de ryska kosmologerna Alexei Starobinski, Andrei Linde samt amerikanen Alan Guth öppnade för den idag mest accepterade teorin om universums begynnelse: skalfaktorn ökade exponentiellt innan universum ens hunnit bli en bråkdel av en sekund gammal. Teorin säger att allt vi kan observera idag härstammar från samma obetydligt lilla del av universum. Homogeniteten och isotropin förklaras då av att det är ett och samma mikroskopiska område som blåsts upp till de största kosmologiska skalorna vi kan observera idag.

Universums accelererande expansion

Ända sedan upptäckten av Hubblelagen har kosmologer diskuterat om det finns tillräckligt med materia för att den öm-

sesidiga gravitationella attraktionen ska få expansionen att avstanna för att eventuellt omvändas till en kontraktion. En förutsägelse av inflationsteorin är att universums sammanlagda energi är precis sådan att den ursprungliga krökningen av rymden i universums helt suddas ut av den exponentiella expansionen. Om energin är i form av strålning och materia kan man vänta sig att universums expansion bromsar in, *decelererar*. Decelerationen bör då vara direkt proportionell mot materietätheten i universum. Under början på 1990-talet kunde man för första gången genomföra empiriska tester på detta, eftersom det blev tekniskt möjligt att rutinmässigt mäta avstånd till Typ Ia supernovor som exploderat på stora kosmologiska avstånd. Hubblediagrammet kunde alltså utökas så att det också kunde användas bortom det linjära området, där rödförskjutningen bara är en Doppler-liknande effekt. Mätningarna blev m.a.o. känsliga för Hubbleparametens *tidsutveckling*. Genom relativa avståndsmätningar mellan supernovor med olika rödförskjutningar kunde man alltså skilja på modeller med olika materietäthet då dessa leder till olika stark deceleration. En av författarna (Ariel Goobar) visade tillsammans med Saul Perlmutter år 1995 att med viss optimering kunde mätning-



En bild från Berkeley 1992, när de då unga forskarna Ariel Goobar, Carl Pennypacker och Saul Perlmutter diskuterar den första observationen av en Typ Ia-supernova med högt rödskift, $z=0,458$. Upptäckten bekräftade att tekniken fungerade och följdes upp med nya supernovor som visade att universums expansion accelererar. Foto: Roy Kaltschmidt, Berkeley Lab.

arna inte bara mäta materietätheten utan också ha känslighet för Einsteins kosmologiska konstant, Λ . Perlmutter ledde ett forskarlag, *The Supernova Cosmology Project* (SCP), som kunde implementera idén. Tiden var precis mogen för att leta efter supernovor med högt rödskift, z . Digitala kameror hade just gjort entré inom astronomin och internetuppkoppling och datorer fanns till hands för att skicka bilder från teleskop vid avlägsna observatorier till forskningsinstitutioner där bilder snabbt kunde jämföras med några veckor gamla bilder av samma delar av himlen. På det sättet kunde man hitta supernovor relativt kort tid efter explosionen och bekräfta spektroskopiskt att de var av ”rätt sort”. Till stor förvåning för alla rapporterade Perlmutter m.fl. 1999 att universums expansion accelererar. Resultatet baserades på ett 40-tal Typ Ia supernovor med högt rödskift. Strax innan hade det konkurrerande forskarlaget, *High-Z SN Search Team* som leddes av Brian Schmidt, också kommit fram

till ett närmast identiskt svar, baserat på ett mindre antal supernovor (Riess m.fl. 1998). Perlmutter, Schmidt och Riess belönades med Nobelpriset i fysik år 2011. Hur började det och hur slutar det? Vi ser i figuren på föregående sida att dagens universum utan tvekan genomgår en accelererande expansion, och att universums ålder är c:a 13,8 miljarder år. Tidigare trodde de flesta att den kosmologiska konstanten var exakt noll, men att materia i universum precis (enligt inflationsmodellen) hade ett kritiskt värde som skulle göra att expansionshastigheten avtar, men inte vänder i en kontraktion, en kollaps. I figuren visas också hur ett universum med större materietäthet än den kritiska efter ett tag decelererar och till slut vänds i en kollaps (”big crunch”). Båda dessa modeller ger dock ett för lågt värde på universums ålder (man vet exempelvis genom modeller för hur stjärnor utvecklas att de äldsta stjärnorna är mer än c:a 12 miljarder år gamla).

Den modell som stämmer bäst i figuren är den s.k. Λ CDM-modellen, med nuvarande andelar av energitätheten som de vi visade i cirkeldiagrammet ovan (CDM står för ”Cold Dark Matter”, vilket är osynlig, ”mörk” materia av ett speciellt slag, t.ex. tunga elektriskt oladdade partiklar). Det finns idag knappt någon av ett otal kosmologiska mätningar som inte stämmer med Λ CDM-modellen, men forskarna söker med förfinade metoder efter små avvikelser. Om Λ verkligen är en konstant så ser vi i figuren att expansionen kommer att fortsätta accelerera så att universum blir allt mer ”utspädd” på materia, och allt avlägset ljus (inklusive den kosmiska bakgrundsstrålningen) kommer att få längre och längre våglängd tills astronomi i princip blir omöjligt! Men, detta är om enorma tidsrymder, och det behövs bara exempelvis ett tidsberoende $\Lambda = \Lambda(t)$ för att prognosen om hur universum slutar ska bli helt osäker. Nya mätningar från den kommande satelliten EUCLID och det markbaserade teleskopet LSST kommer att söka efter sådana avvikelser från Λ CDM-modellen. På samma sätt vill forskarna vara försiktiga med att uttala sig vad som hände tiden närmast efter Big Bang – då var energitätheten så stor att inga av dagens teorier går att tillämpa. Exempelvis återkommer det olösta problemet med att förena teorierna för kvantmekanik och gravitation. Det närmaste decenniet kommer näst intill garanterat att ge överraskningar både inom de teorier och inom de observationer som beskriver vårt expanderande universum, även om Λ CDM-modellen för närvarande visat sig svår att rubbla!

LARS BERGSTRÖM
ARIEL GOOBAR
STOCKHOLMS UNIVERSITET

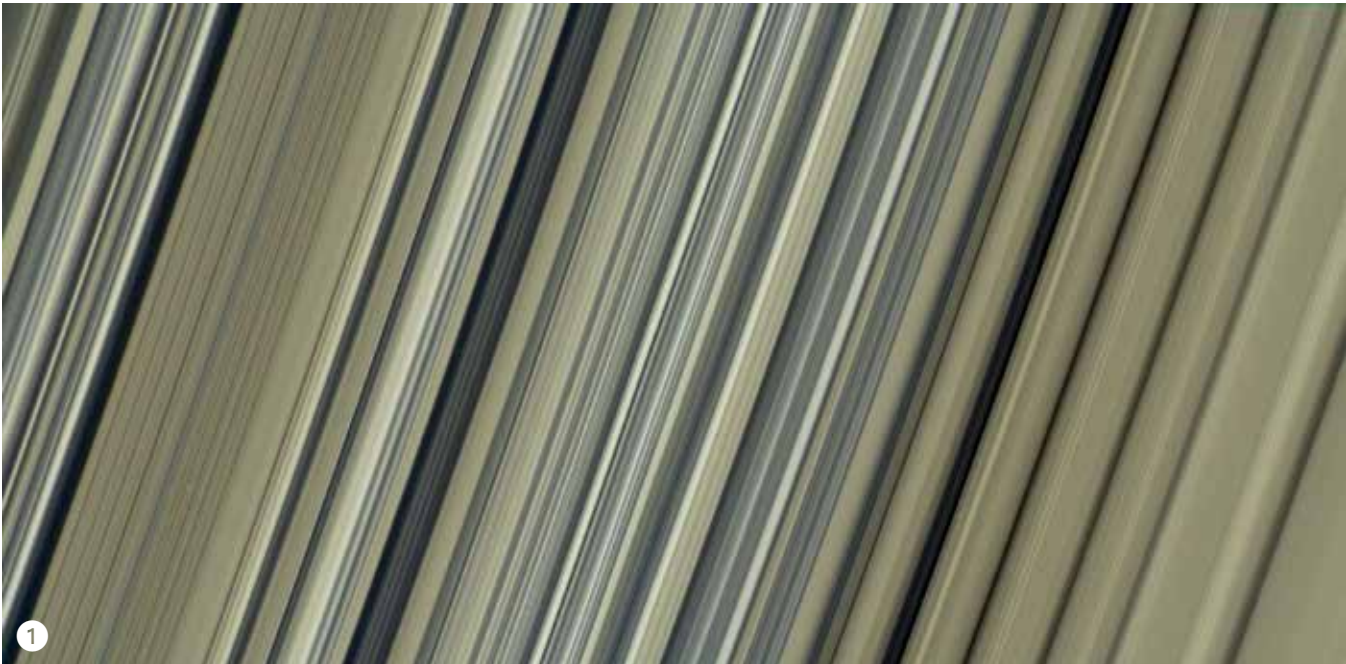


Bild: NASA/JPL-Caltech/SSI



Bild: Credits: NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS/John Landino

1. Mest högupplösta bilden av Saturnus’ ringar någonsin
Den togs under ett av de sista varven sonden Cassini gjorde kring planeten, som den utforskat under tretton års tid. Uppdraget avslutades den 15 september när farkosten avsiktligt störtades in i planetens atmosfär och förintades.
Vi ser ett stycke av Saturnus’ B-ring som är ungefär 7000 km brett. Den randiga finstrukturen i ringarna orsakas av gravitationsresonanser från planetens månar och större kroppar i ringarna.



Bild: P. Hórálek/ESO

2. Jupiters sydpol
Bilden är tagen på 101000 km avstånd med JunoCam, en kamera på Jupiter-kretsaren Juno som inte främst är ett forskningsinstrument utan finns där för att visa oss svindlande scenerier från jätteplanet.
3. ESO:s Very Large Telescope
Ett av enhetsteleskopen i Europeiska sydobservatoriets (ESO:s) Very Large Telescope använder en laser för att framkalla en konstgjord guidentjärna. Lasern exciterar natriumatomer på 90 km höjd. Den konstgjorda stjärnan behövs för att låsa teleskopets adaptiva optik som korregerar för luftturbulensens inverkan på bilderna som annars skulle vara förödande. Bortom teleskopet syns det Stora Magellanska molnet, en av Vintergatans satellitgalaxer.



Foto: Freja van Stam

Hon trivs i de värmländska skogarna

Ellen Moons, solcellsforskare och professor i fysik vid universitetet i Karlstad berättar om framtida utmaningar inom solcellsforskningen, både grundläggande och tillämpade.

Solcellsforskningen befinner sig just nu mitt i ett tekniksprång. Det gäller att noga bevaka och se vilka utvecklingssår som blir de mest framgångsrika för framtida solceller, säger Ellen.

De senaste åren har flera nya material kommit fram med mycket lovande prestanda i solceller. En sådan är så kallade perovskitsolceller, med verkningsgrader som närmar sig kiselceller.

Utvecklingen inom solcellsforskning går fort just nu. Hur ser du på den?

– Ja, tempot är högt och solcellsforskningen växer på många ställen i världen, berättar Ellen och konstaterar att fokus

på forskningens inriktning är viktigare än någonsin.

– Det finns många olika teknologier med sina för- och nackdelar, som utvecklas parallellt. De olika forskningsgrenarna kan lära sig mer av varandra. I skärningen mellan materialfysik och fysikalisk kemi kan det göras spännande upptäckter som leder till grundläggande förståelse.

Ellen forskar inom polymerbaserade solceller idag, men utvecklingen går så fort att det är svårt att skaffa sig en säker bild över den framöver.

– Jag är mest intresserad av hur molekyler organiserar sig i tunna filmer för applikationer inom organisk optoelektronik, till exempel solceller och lysdioder (LED) och jag hoppas att kunna bidra med det även i nya forskningsfält.

Vad sysslar din forskargrupp med?

– Sedan ett tag är vår fokus på bildandet av fasseparerade domänstrukturer i tunna filmer innehållande konjugerade polymerer och ett fullerenderivat, som

är belagda från lösning, berättar Ellen. Vi studerar också blandningar av konjugerade polymerer och användning av alternativa transparenta elektrodmaterial för polymersolceller.

Efter många år med en internationell forskarkarriär har den svenska naturen och kulturen fångat Ellen. Forskningsmiljöer på olika platser i världen lockade med spännande frågeställningar. Engagemanget har gett en unik kunskap om ett flertal typer av solceller. Tillsammans med uppdrag för Vetenskapsrådet har det blivit ovärderliga erfarenheter.

Vilka möjligheter har ett mindre universitet till grundläggande forskning med tanke på dyr utrustning mm?

– Det är viktigt och nödvändigt att samarbeta över både ämnes- och universitetsgränserna, säger Ellen med eftertryck.

I Karlstad har vi moderna instrument för tillverkning och elektrisk karakterisering av solceller samt utrustning för strukturell och kemisk karakterisering

av tunna skikt, till exempel atomkraftsmikroskopi (AFM) och FT-IR-spektroskopi.

Vid synkrotronanläggningen MAX IV i Lund är vi användare av röntgen fotoelektron-spektroskopi (XPS) och NEX-AFS, som är en metod baserad på röntgenabsorption. Sedan nyligen använder vi också röntgenmikroskopi (STXM) vid synkrotronanläggningar i Schweiz och USA för att avbilda sammansättningsvariationer i molekylära tunna filmer.

Hur går det att finansiera solcellsforskningen i nuläget?

Ellen berättar att hon numera leder en nationell forskningsgrupp om polymer-solceller och gruppen har tilldelas 28 miljoner kronor för fortsatt forskning över fem år. Anslaget kommer från Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse.

– Det känns jätteroligt, nu kan vi förstärka samarbetet i projektgruppen med mer kompetens och utrustning, säger Ellen. I projektet ingår forskare från Chalmers tekniska högskola, Karlstads universitet, Linköpings universitet och Lunds universitet.

Vad hoppas ni kunna uppnå i projektet?

– Syftet är att förstå hur strukturer byggs upp i tunna filmer av polymerblandningar under torkningsprocessen, berättar Ellen. Vi hoppas att det kommer att bidra till mer effektiva polymersolceller.

Du har din grundutbildning från Gent i Belgien, doktorsutbildning i Israel och en gedigen erfarenhet som forskare från Storbritannien, Nederländerna, Schweiz och Sverige. Hur kom det sig att dina forskningserfarenheter blivit så globala?

– Det som styr är främst intresset för ämnet och frågeställningar som olika forskargrupper sökt svaret på världen över. Jag visste från början att molekylära processer var något som lockade mig och gör fortfarande. Jag fick möjligheten att söka Marie Curie stipendier för att forska på spännande frågeställningar, bland annat på ett spin-off företag i Cambridge.

– Men varför det blev Israel för mina doktorandstudier var en slump, berättar Ellen. Jag åkte dit med ett niomånaders utlandsstipendium, men blev erbjuden att stanna kvar för att doktorera när tiden som ”visiting student” var över.

Hur finansierade du doktorandstudierna?

– Ja, det var Weizmann Institute of Science i Rehovot, Israel, som finansierade både doktorandstudier och uppehälle under fem år.

Ellen berättar vidare att hon fortfarande har kontakt med dem och bland annat varit inbjuden föreläsare där. Dessutom lärde hon sig hebreiska under de fem år hon bodde i Israel.

Vad hände efter doktorandstudierna?

– Jag sökte och fick en postdok i Lausanne, men finansieringen var oklar och när de ringde från Delft i Nederländerna, som dessutom kunde ordna ett Marie Curie stipendium, så valde jag att åka dit först.

Hur hamnade du i Sverige till slut?

– Jag träffade min blivande man från Sverige på en konferens. Han var postdok i fysikalisk kemi i Leuven, Belgien och jag var i Lausanne vid den här tidpunkten. Trots avståndet blev vi ett par. Under nästan fem år bodde vi i skilda länder, berättar Ellen.

– Det var händelser utanför vår kontroll och dålig timing med arbetsmöjligheter för båda på samma ställe som ställde till det. Efter många turer blev det till slut Sverige och Karlstad eftersom vi hittade passande jobb för oss båda där.

Ellen berättar dråpliga omständigheter och under lyssnandet så inser FA att det är en mycket flexibel och innovativ person som berättar.

Vad gör du när du inte forskar?

– Jag älskar att vara ute i naturen och nu på hösten plockar jag gärna svamp. Vi har också ett stort hus med trädgård som måste vårdas och skötas. Dessutom umgås jag gärna med min familj, avslutar Ellen.

MARGARETA KESSELBERG
FYSIKAKTUELLT



Ellen Moons, 51 år
Född och uppvuxen i Flandern, Belgien
Bor: Hus på landet med stor trädgård
Familj: man och dotter Freja, samt två kaniner

Utbildning
Gymnasium: Atheneum Veurne, Belgien, 1984.
Masterexamen: Universitet Gent, Belgien, 1989.
Doktorsexamen: Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel, 1995.

Språkkunskaper
Nederländska, svenska, engelska, franska samt "vardags"-hebreiska

Tidigare arbeten
Marie Curie Fellow, TU Delft, Nederländerna (1995-96)
Postdok, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Schweiz (1996-98)
Research Associate, University of Cambridge (1998)
Research Scientist, Cambridge Display Technology (1998-2000)

Nuvarande arbete
Karlstads universitet, professor i materialfysik

Uppdrag
Vetenskapsrådet: Ämnesrådet för naturvetenskap och teknikvetenskap (2010-2015) och Rådet för forskningens infrastruktur (2016)

Utmärkelser
Göran Gustafssonpris i fysik (2011) "för sina avgörande forskningsinsatser om grundläggande egenskaper för organiska och hybridbaserade solceller" (se fysikaktUELLT nr 2 • maj 2011)

Ultrakorta protonpulser kan avslöja materiens hemligheter

Avhandlingen handlar om experimentella studier där kraftfulla laserpulser används till att accelerera partiklar, främst protoner, till höga energier. Det finns många olika användningsområden för högenergetiska protoner, till exempel strålbehandling inom cancerbehandling och för studier av olika materials egenskaper. Genom att studera hur protonerna accelereras av laserpulsen kan vi även bättre förstå hur intensivt ljus växelverkar med materia.

Vid Lunds Universitet finns en multi-terawattlaser, där den större delen av de experimentella studier som beskrivs i avhandlingen har bedrivits. Denna extremt kraftfulla laser kan leverera 10 laserpulser per sekund, var och en endast 35 fs (10^{-15} s) lång, med effekt upp till 40 TW (10^{12} W).

För att kunna överföra energi från laserpulsen till partiklar används ett plasma. Ett plasma är ett fjärde tillstånd för materia, förutom de tre mer välkända formerna: fast-, flytande- och gasform. Ett plasma består av negativt laddade elektroner och positiva joner, där den totala mängden positiva och negativa laddningar är lika stor. En laserpuls som är tillräckligt kraftfull kan frigöra elektroner från atomer och på så sätt skapa ett plasma. Beroende på vilket typ av material som dessa laserpulser växelverkar med och hur intensiv laserpulsen är, kan olika typer av partiklar accelereras. I några av de experiment som beskrivs i denna avhandling studeras laserbaserad elektronacceleration, men det är studier av protonacceleration som utgör grunden för avhandlingen. Då exponeras vanligtvis tunna folier, av exempelvis aluminium, som är monterade i vakuum, för korta och mycket intensiva laserpulser.

Men faktum är att i den dominerande accelerationsprocessen i dessa fall accelereras inte partiklarna ifrån själva folien, utan ifrån ett tunt lager av vatten- och kolföreningar på baksidan av den. Om den korta laserpulsen är tillräckligt kraftfull kommer redan den första delen av den att omvandla ytan av folien till ett plasma, se den vänstra delen av Figur 1. Huvuddelen av laserpulsen, den mest intensiva delen, växelverkar därför med ett plasma. Genom olika processer i plasmat överförs energi från laserpulsen till elektroner. Dessa färdas sedan genom folien och fortsätter ut i vakuumet på baksidan av folien. Eftersom jonerna är kvar i plas-

mat uppstår en separation av de positiva och de negativa laddningarna och det byggs upp ett extremt starkt elektriskt fält. Detta finns illustrerat i den centrala delen av Figur 1. Detta fält är starkt nog att fältjonisera, dvs. dela upp molekylerna i föreningarna i mindre beståndsdelar och på så sätt frigöra vätejoner (protoner) som accelereras till höga energier i en mycket kort puls, vilket visas i den högra delen av Figur 1. En sådan protonpuls är väldigt kort, endast någon pikosekund (miljondel av en miljondels sekund) men kan innehålla hundratals miljarder protoner. De accelererade protonerna kan nå hastigheter som motsvarar någon eller några tiondelar av ljushastigheten. Denna accelerationsmekanism kallas på engelska för "Target Normal Sheath Acceleration" eller TNSA, och kan även användas till att accelerera tyngre joner.

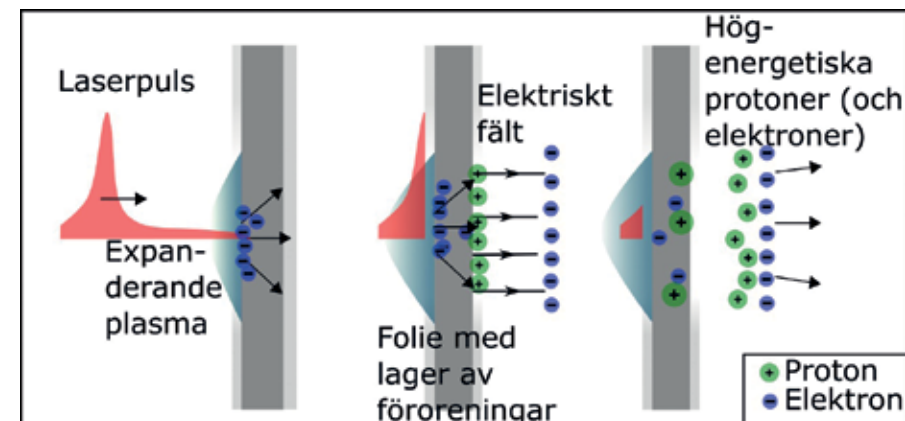
Allt eftersom det har blivit tekniskt möjligt att producera mer och mer intensiva laserpulser har olika laserdrivna jonaccelerations-mekanismer observerats. För att kunna särskilja och nå djupare förståelse kring dessa mekanismer är det viktigt att det finns detektorer för de genererade partikelpulserna som är speciellt anpassade för detta ändamål. En del av avhandlingen beskriver utveckling av sådana detektorer. Den grundläggande principen för dessa detektorer visas i Figur 2. Med dessa kan jonpulsens egenskaper såsom energiinnehåll och divergens studeras. En typ av diagnostik som utvecklats, och finns beskriven i avhandlingen, är speciell då den möjliggör studier av dessa parameter samtidigt. Den kan även ge information om vilka sorters joner, till exempel protoner (vätejoner) och koljoner, som accelererats. Att så

mycket information som möjligt finns att tillgå för varje genererad puls är viktigt, eftersom variationerna från puls till puls av jonerna är stora.

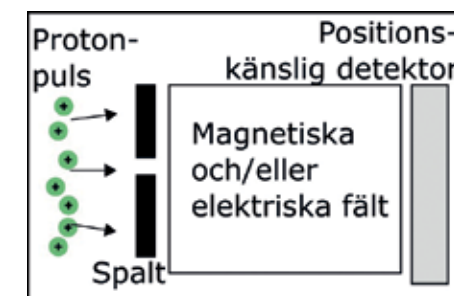
I avhandlingen finns också beskrivet hur de laseraccelererade protonpulsernas egenskaper kan förändras genom att fördela laserpulsens energi på olika sätt, när den växelverkar med en metallfolie. Vi har studerat hur detta påverkar protonpulsens divergens. Vi ser då att vi aktivt kan öka eller minska divergensen, genom att manipulera laserpulsen. Vi har också lyckats visa att energin i laserpulsen påverkar hur det elektriska fältet på baksidan av folien, som visas i Figur 1, utbreder sig längs med folien. Denna typ av studier har gjorts för att bättre förstå hur protonerna faktiskt accelereras, då detta leder till bättre kontroll över processen och kan möjliggöra bredare användningsområden.

Laserbaserade accelerators ger egenskaper till de högenergetiska protonerna, som skiljer sig från de protonpulser som genereras i andra, mer traditionella typer av accelerators. En är den mycket korta varaktigheten av protonpulserna som bildas. En unik möjlighet är att dela på laserpulsen och låta en del driva accelerationsprocessen och använda den andra för diagnostik. Då protonpulsens är kort, endast någon miljondel av en miljondels sekund, men perfekt synkroniserad i tiden med den del av laserpulsen som används till diagnostik går det att nå mycket hög tidsupplösning. Slutligen diskuteras i avhandlingen hur detta har utnyttjats till att studera hur olika material reagerar när de utsätts för högenergetisk protonstrålning. Speciellt intressant är hur vatten absorberar energi från protoner, eftersom vi som människor består till stor del av just vatten. Principen för hur dessa experiment görs finns mycket schematiskt illustrerat i Figur 3. I de studier vi genomfört där vatten exponerats för en protonpuls, kan vi se tecken på att processerna som sker i vattnet när protonerna passerar förändras om tillräckligt mycket energi deponeras på tillräckligt kort tid.

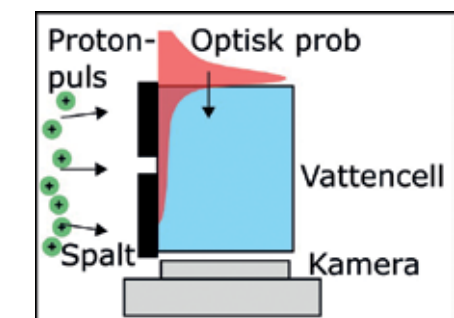
LOVISA SENJE
DOKTOR I FYSIK VID LTH



Figur 1. Schematisk illustration av hur en laserpuls med mycket hög intensitet (typiskt $\sim 10^{19}$ W/cm² eller högre) kan driva en accelerationsprocess av protoner ifrån nm-tjocka lager av vatten- och kolföreningar på en tunn (μ m) folie. Det accelererande fältet kan nå en styrka på teravolt per meter och de resulterande protonpulserna har, i en experimentell studie beskriven i avhandlingen, mätts vara så korta som några få pikosekunder. Accelerationsprocessen kallas för "Target Normal Sheath Acceleration" och finns kortfattat beskriven i texten och mer utförligt i avhandlingen.



Figur 2. Grundprincipen för de detektorer för laseraccelererade protoner som beskrivs i avhandlingen. En spalt används för att kollimera protonpulsens. Därefter appliceras ett magnetiskt fält, ibland i kombination med ett elektriskt fält, vilket medför att riktningen protonerna färdas i förändras. Genom att mäta hur stor denna förändring är med en positionskänslig detektor, kan information om protonernas energi fås.



Figur 3. Här visas schematiskt hur de experiment genomförs som diskuteras i avhandlingen där laseraccelererade protoner används för att studera vatten. Unikt för dessa experiment är att den laserpuls som används som optisk prob och den laserpuls som driver accelerationen av protonerna ursprungligen är samma puls, som splittrats i två. Detta gör att protonpulsens och den optiska proben kan synkroniseras i tiden ner till några pikosekunder.

En naturvetenskaplig humanist som gillar utmaningar

Lovisa Senje från Halmstad gillar nya utmaningar och när saker och ting händer. Tempot är högt, samtidigt som vardagslivet med barn och jobb kräver rutiner och strukturer för att fungera. Hon ställer höga krav på sig själv och tycker om att överraska både sig och andra.



Lovisa Senje, 31 år
Född och uppvuxen i Halmstad

Familj: Make Daniel och dotter Elise 2,5 år

Bor: Lägenhet i Lund

Utbildning:
Naturvetenskapligt gymnasium i Halmstad
Civilingenjörsexamen, teknisk fysik, LTH (2011)
Doktorsexamen i atomfysik LTH (2017)

Fritidsintressen:
Musik, sjunger i oktetten, "Okta Vera"

Tidigare arbete:
Servitris på Café i London

Nuvarande arbete:
Product Imaging Engineer,
Axis Communications

Fanns det något speciellt skäl till att du passade på att slå ihop din bröllopsdag och disputationens dag nu i april?

– Ja, det var praktiskt att när alla var samlade för min disputation också passa på att överraska släkt och vänner, med min man Daniels och mitt bröllop, säger Lovisa. Eftersom han kommer från Tyskland så var det praktiskt när även hans släktingar fanns samlade, men de visste inget innan, berättar hon med glimten i ögat.

Hur kommer det sig att det blev naturvetenskapliga gymnasiestudier trots ditt breda humanistiska intresse?

– Jag blev tidigt fascinerad av matematik och logik, berättar hon. Jag och min pappa, som var matematiklärare, lade ofta pussel när jag var liten och jag skapade utmaningar för mig själv genom att lägga pusslet upp och ned till exempel. Vi hade olika spel som vi gjorde tillsammans hemma.

– Min första skola hade inriktning mot Montessoripedagogik och där fick jag lära mig logik och matematik på ett ganska lekfullt sätt. Det fanns till exempel pärlplattor som hjälpmedel för att lära multiplikation.

Redan tidigt upptäckte Lovisa hur vetenskapen som metod hjälpte att strukturera upp och öka förståelsen på olika sätt.

– Det var nog det som gjorde att jag valde naturvetenskap och matematik under gymnasiet, reflekterar hon.

Vad gjorde du efter gymnasiet?

– Jag tog time-out från vidare studier och åkte till London och jobbade där under två år på ett café.

Hur lyckades du hitta en bostad i London?

– Vi var fem personer som delade på en trerummare, berättar Lovisa. Jag delade sovrum med en svenska, men det var en internationell samling unga människor från olika delar av världen som bodde där.

Vad tog du med dig förutom språkkunskaper hem?

– Kunskaper om olika kulturer och en mer utvecklad förmåga att samarbeta, konstaterar Lovisa och tillägger att de två åren i Storbritannien var dessutom bra för motiveringen till fortsatta studier. Jag längtade tillbaka till studierna.

Varför blev det just teknisk fysik?

– Jag ville ha en rejäl utmaning och valde det som jag kände som den största utmaningen just då, säger Lovisa.

Under vårt samtal visar det sig att Lovisa även är intresserad av språk och har läst italienska på universitetet parallellt med teknisk fysik vid LTH.

Lovisa tycks röra sig i internationella miljöer och har inga svårigheter med olika kulturer. Hon har bott i London, läst italienska på universitetsnivå och är gift med en tysk.

Vad är hemligheten med att du tycks hinna med allt?

– Jag tror att det är min envishet och uthållighet som hjälpt mig hittills, svarar Lovisa.



Vilka fördelar såg du i den akademiska världen, nu när du slutat?

– Det finns en stor frihet och du kan själv styra ganska mycket, tycker Lovisa. Något som det definitivt inte finns stora möjligheter till utanför akademien.

Vad har du för framtidsplaner?

– Jag känner att min universitetsperiod är över i och med doktorsexamen i april 2017. Jag ser de stora utmaningarna för mig finns inom näringslivet just nu.

Lovisa berättar att hon redan en vecka efter disputationen började jobba i ett företag som sysslar med övervakningskameror och utvecklar bildanalyser.

Du arbetar i näringslivet nu. Vad är det du gör?

– Jag utvecklar övervakningskameror. Det handlar främst om förbättrad bildanalys och att minska den optiska distorsionen i bilder, främst ansikten.

I framtiden är det viktigt att man snabbt kan säkerställa rätt identitet hos människor som passerat övervakande kameror. Det är en växande bransch som utvecklas snabbt idag, konstaterar Lovisa.

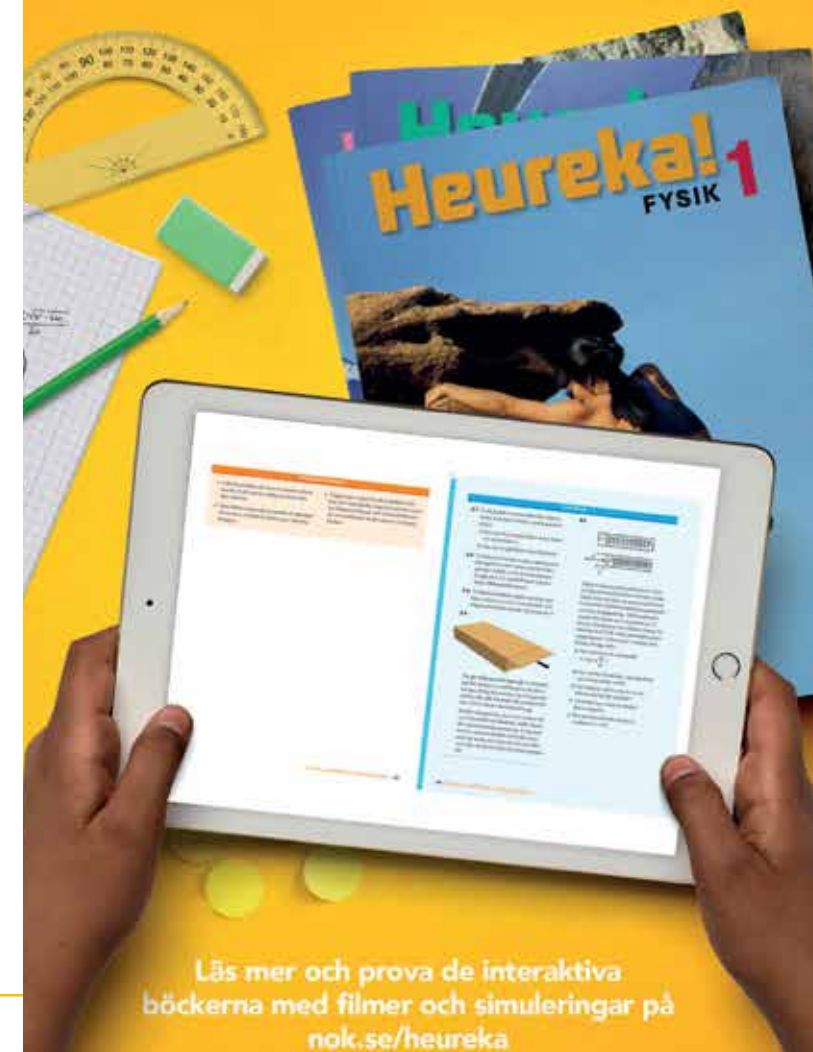
Lovisa verkar vara en multitalang som gärna antar nya utmaningar och har redan hunnit med otroligt mycket, trots att hon också varit föräldraledig i tretton månader under doktorandtiden. Kanske är den största utmaningen lilla Elise framöver, snart tre år, trots allt.

FA önskar lycka till med både små och stora utmaningar i framtiden!

MARGARETA KESSELBERG
FYSIKAKTUELLT

Gör fysiken lättillgänglig och intressant

Heureka! Fysik för gymnasiet är ett gediget och modernt läromedel. Med text och bild visas fysikens tillämpningar, historiska utveckling och betydelse för individ och samhälle på ett pedagogiskt sätt. Läroböckerna innehåller gott om lösta exempel som visar hur man utreder en frågeställning. Kontrolluppgifter finns efter nya avsnitt och varje kapitel avslutas med en sammanfattning och övningsuppgifter. I lärarhandledningarna finns variationsrika laborationer.



Läs mer och prova de interaktiva böckerna med filmer och simuleringar på nok.se/heureka

Bildandet och utvecklingen av planetsystem

Introduktion till exoplaneter

Observationer och forskning av exoplaneter (planeter runt andra stjärnor än solen) började 1995. Astronomerna Michel Mayor och Didier Queloz arbetade vid Haute-Provenceobservatoriet i Frankrike när de riktade sitt teleskop mot 51 Pegasi, en närliggande solliknande stjärna. De upptäckte att stjärnans hastighet, relativt solen, pendlade fram och tillbaka med en period på 4,2 dagar. De drog slutsatsen att det berodde på gravitationskraften från en osedd planet som kretsar runt stjärnan. För att förklara oscillationerna måste planeten ha en massa hälften så stor som Jupiters och vara på en bana extremt nära sin stjärna. Den kretsar ett varv på bara 4,2 dagar (till skillnad från Merkurius som tar 88 dagar för att kretsa ett varv runt solen). Den här metoden för att upptäcka exoplaneter kallas Dopplermetoden (illustrerad i figur 1).

Under de 22 år som följt sedan upptäckten av den första exoplaneten har tusentals andra planeter som kretsar runt andra stjärnor upptäckts. Vissa instrument fortsätter att använda Dopplermetoden medan andra (till exempel Keplerteleskopet) försöker att mäta den lilla minskningen av ljus från en stjärna som inträffar när en planet passerar framför den. Den senare metoden kallas för transitmetoden. Genom de här två metoderna har man upptäckt att de flesta stjärnor har planetsystem som inte alls liknar vårt solsystem. Till exempel:

- Många stjärnor har en så kallad "het Jupiter". Det vill säga en planet med

en massa lik Jupiters men med en bana extremt nära sin stjärna.

- Den vanligaste sortens planet i vår galax verkar vara "superjordar". De här planeterna har en massa på 2 till 10 gånger jordens.
- Medan jätteplaneterna i vårt solsystem har väldigt cirkulära banor, har många jättar i andra planetsystem mycket excentriska (elliptiska) banor.

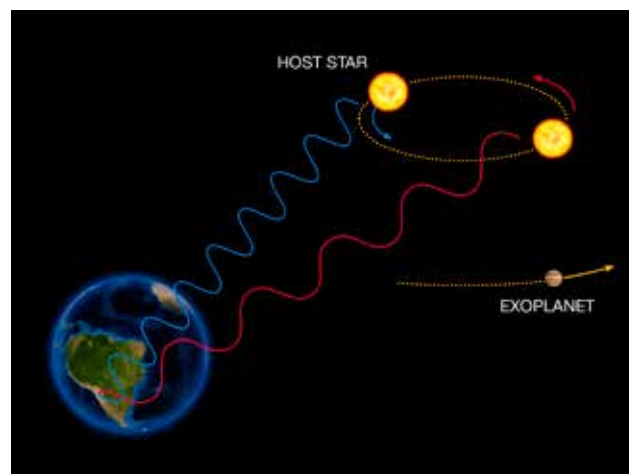
Bildandet av exoplaneter

För att förstå hur de olika planettyperna uppstår måste man studera bildandet av så kallade planetesimaler. Planetesimaler är 1-500 km stora himlakroppar, byggstenar till planeter. Exempel på kvarblivna planetesimaler som aldrig bildade planeter är asteroider och kometer (avbildade i figur 2).

När solen var extremt ung, mindre än tre miljoner år gammal, var den omgiven av en skiva gas och stoft, en s.k. protoplanetär skiva. En del av stoftet bildade

planetesimaler som senare kom att bilda planeter. Genom datorsimuleringar kan man visa hur små stoftkorn (ej större än ett sandkorn) kan bilda kompakta moln i den protoplanetära skivan. Somliga astronomer menar att dessa moln kan bli så pass täta att de kollapsar under sin egen tyngd och, därigenom, bilda planetesimaler. Forskningen vid Institutionen för astronomi och teoretisk fysik, Lunds universitet har möjliggjort en utökad förståelse av vilka villkor som krävs för att bilda dessa stoftmoln.

Forskargruppen i Lund har samarbetat med Uma Gorti, astronom på NASA Ames Research Center i Mountain View, Kalifornien. Genom utvecklandet av en datorsimulering kunde vi beskriva en hel protoplanetär skiva, samt bildandet av planetesimaler enligt villkoren som uppkommit från de tidigare resultaten. Den nya modellen förutsäger bildandet av ett stort planetesimalbälte i de yttre, kalla delarna av planetsystemen.



Figur 1. Illustration av Dopplermetoden. Gravitationen från en osedd planet orsakar små variationer i stjärnans hastighet. Variationerna kan ses som små förändringar i stjärnans färg. Bild: ESO.



Figur 2. Vänster: Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko. Foto: ESA/Rosetta. Höger: Asteroiden Vesta. Foto: NASA/JPL/Caltech. Kometer och asteroider är överblivna planetesimaler i vårt solsystem.

- Kan beboeliga planeter, såsom jorden, överleva en instabilitet mellan jätteplaneter?
- Kan vi använda oss av excentriciteter hos dagens planeter för att räkna ut massan hos planeterna som fanns före instabiliteten?

Genom datorsimuleringar av planetsystem med olika uppbyggnader kan ovanstående frågor besvaras. Huvudresultatet är att när jätteplaneternas har lika massa, till exempel tre Jupitrar, blir planetsystemets historia mer våldsamt. Å andra sidan, om massorna är mycket olika, som i vårt solsystem, har planeterna i det resulterande planetsystemet mindre excentriska banor och jordliknande planeter överlever oftast. Det här ger ett samband mellan dagens excentricitet hos en jätteplanet och dess historia. En jätteplanet med låg excentricitet har troligtvis kastat ut en planet med låg massa och det är därför mer troligt att det finns överlevande jordliknande planeter.

DANIEL CARRERA
PENN STATE UNIVERSITY, USA

ÖVERSÄTTNING TILL SVENSKA
KARL WAHLBERG JANSSON
LUNDS UNIVERSITET

Miljarder år framåt i tiden

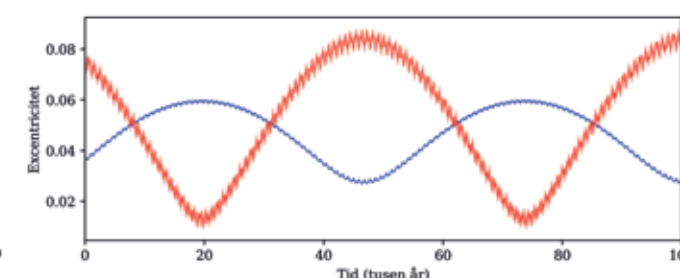
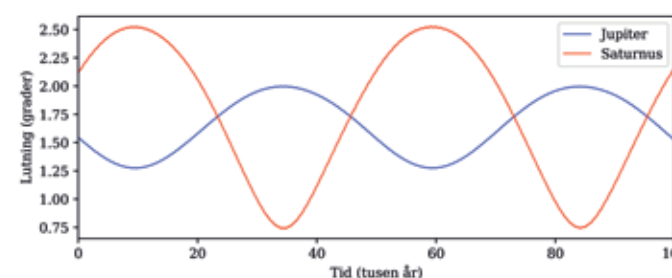
Den protoplanetära skivan runt en nybildad stjärna lever bara i ca. tre miljoner år. Mindre intuitivt är att jätteplaneter, som Jupiter och Saturnus, måste bildas före stenplaneter, som till exempel Jorden och Venus. Kom ihåg att Jupiter och Saturnus huvudsakligen består av gas, dvs. att de måste ha bildats då gasskivan fortfarande kretsade runt solen. Jorden och Venus är, å andra sidan, i princip gasfria (jordens atmosfär utgör mindre än en miljontedel av hela jordens massa).

Solen utgör 99,9% av solsystemet och därför bestäms planeternas banor huvudsakligen av solens gravitation. Trots detta orsakar gravitationen mellan planeterna små störningar i omloppsbanorna. Ibland är störningarna stabila och regelbundna. I solsystemet är Jupiter och Saturnus sam-

manbundna så att deras banor byter rörelsemängdsmoment fram och tillbaka. Periodvis är Jupiters bana cirkulär medan Saturnus är excentrisk. Några tusen år senare är Jupiters bana excentrisk medan Saturnus är cirkulär (se figur 3).

Om Jupiter och Saturnus haft större massa eller om deras banor legat närmare varandra skulle solsystemets historia se helt annorlunda ut. Med starkare gravitation mellan planeterna hade utvecklingen av Jupiter och Saturnus varit kaotisk och instabil. I ett instabilt planetsystem ändras jätteplaneternas banor enormt och efter bara ett par miljoner korsar banorna varandra (det kan till och med röra sig om så korta tider som ett par tusen år). Det här resulterar antingen i en kollision eller att ena planeten kastas ut ur solsystemet. I båda fallen kommer den kvarvarande planeten att ha en mer excentrisk bana än tidigare. Somliga astronomer menar att det här är förklaringen till exoplaneternas elliptiska banor. Medan solsystemet är stabilt verkar det som att de flesta exoplanetsystem med jätteplaneter inte är det. Ifall instabiliteter i vår galax är vanligt ställer vi oss två frågor:

Figur 3. Under loppet av några tusentals år orsakar gravitationen mellan Jupiter och Saturnus ett utbyte av excentricitet och inklination mellan planeternas banor. Den här växelverkan är stabil. Om planeterna hade större massa eller låg närmare varandra skulle interaktionen vara kraftigare vilket i sin tur skulle kunna leda till en kollision mellan dem eller att den ena planeten kastas ut ur solsystemet.



4 Fyra unga fysiker i arbetslivet

Var det lätt att få jobb efter examen?

– Vid den tidpunkten när jag var klar var det aningen klen, men efter det har det varit en stor efterfrågan på sjukhusfysiker och det verkar hålla i sig. Jag skulle säga att man har mycket goda möjligheter att få jobb. Förutom landstingen som arbetsgivare finns även en del privata företag som söker den kompetensen. Är man disputerad ökar möjligheterna ännu mer.

Var arbetar du nu?

– Jag arbetar på universitetssjukhuset i Örebro med strålterapi

Varför blev det sjukhusfysiker?

– Tjänsten var riktad mot brachyterapi och lät väldigt intressant. Jag hade hört mycket gott om Örebros brachyverksamhet från flera håll under utbildningen så det lät väldigt spännande att få jobba med de som är bland de bästa i landet inom det området.

Vad innebär arbetet?

– Arbetet som sjukhusfysiker inom strålterapi går att sammanfatta som att man ansvarar för att ge patienterna den ordinerade stråldosen på ett optimalt vis. Detta innebär bland annat att man säkerställer att maskinerna fungerar som de ska, att mätutrustningen mäter rätt och att man är medveten om begränsningar i dosplaneringsmjukvara och kringutrustning som man använder. Utvecklingen går snabbt framåt och det ställer höga krav på personalen, inte minst sjukhusfysikerna. Just brachyterapi är en form av strålbehandling där man placerar en radioaktiv strålkälla inuti eller direkt diktan vid tumörområdet. Det gör att man kan komma upp i en högre stråldos utan att stråla för mycket på frisk vävnad.

Anders With, 36 år

Sjukhusfysiker
Sjukhusfysikerexamen
från Stockholms universitet,
2010

Hur ser en dag ut?

– I regel börjar varje dag med en ganska ansevärd mängd kaffe följt av några patientbehandlingar. Den icke-kliniska tiden ägnar vi åt saker som projektarbeten, QA/QC och metodutveckling. En del går även som doktorander under arbetstid och pysslar då med sina forskningsprojekt. Det förekommer även en del möten där vi planerar verksamheten och diskuterar det aktuella, kliniska läget.

Träffar du många andra yrkeskategorier?

– Som sjukhusfysiker har man ett nära samarbete med både läkare, sjuksköterskor och ingenjörer. Vi har även en del kontakt och samarbete med branschfolk och företag som verkar i strålterapivärlden.

Vilka fysikkunskaper är speciellt viktiga att ha i ditt arbete?

– I stort sett samtliga kurser på sjukhusfysikerprogrammet, men strålfysik, radiobiologi och dosimetri i synnerhet.

Vilka kunskaper utöver fysiken är betydelsefulla?

– Ett analytiskt tänkande och en förmåga för problemlösning är en förutsättning för arbetet. Interpersonella färdigheter och social förmåga eftersom man interagerar med både annan personal och patienter dagligen. Programmeringskun-



skaper är inte heller fel eftersom en del av arbetet går ut på att sammanställa data och analysera medicinska bilder. Man kommer ganska långt med t.ex. Matlab. Även en god, generell datorvana är bra att ha.

Vilka utvecklingsmöjligheter/karriärvägar ser du framöver?

– Det finns många möjligheter beroende på ens preferenser och livssituation. En väg att gå är den akademiska med en doktorsexamen och fortsatt forskning inom universitetsvärlden. En annan är kliniskt arbete på något sjukhus och bredda eller fördjupa sin kompetens där. Vid vissa sjukhus, bland annat Örebro, kan man få till forskning under arbetstid. Då blir det i regel en mer klinisk, tillämpad sådan. En tredje väg är att jobba åt något företag inom området, men då får man ha i åtanke att de helst anställer folk med några års relevant klinisk erfarenhet eller en doktorsexamen.

Har du några tips till fysikstuderande som läser detta?

– Välj ett program och en inriktning där chanserna till jobb är goda. Kanske nästan lika viktigt är att välja något som man tycker är roligt att läsa. □

Linnea Hesslow, 24 år

Doktorand
Examen från Chalmers tekniska högskola, Teknisk Fysik, 2016.
Del av grundutbildningen i Kanada.

Varför valde du att studera utomlands?

– Jag såg det som ett äventyr att bo i ett annat land. Hoppades på vidgade perspektiv, att testa andra undervisningsmetoder, och – lite kuriöst – en ordentlig vinter. På Perimeter Institute i Waterloo, Kanada uppfylldes mina förhoppningar med råge, inklusive en vargavinter med -20°C i två månader.

Hur har de utländska kurserna fungerat ihop med de svenska?

– Det blir inte lika strömlinjeformat som om man fortsatt på samma utbildning genom hela studietiden. Men jag fick ändå ut extremt mycket från mina kurser i Kanada, och jag lärde mig mycket som jag inte kunnat göra i Sverige.

Vad skall man tänka på vid val av kurser utomlands?

– Passa på att läsa något som inte finns att läsa hemma i Sverige.

Är det mycket byråkrati?

– För mig tog det en del tid och energi med alla förberedelser. Men Kanada var ändå väldigt lätt jämfört med ett visum till USA som jag sökte parallellt eftersom jag fått en praktikplats där sommaren innan.

Vad uppfattade du som den största utmaningen?

– Avståndet till vänner och familj. Å andra sidan har jag lärt mig uppskatta dem mer, och fortfarande, två år efter att jag flyttade hem, känner mig tacksam som får träffa min pojkvän varje morgon.

Hur ordnade du boendet?

– Jag ansökte och fick studentboende via universitet.

Vilka extra kostnader har du haft jämfört med enbart svensk utbildning?

– Åkte via Chalmers utbytesprogram



som gav ett stipendium, vilket täckte de ökade resekostnaderna.

Har tiden utomlands förändrat dig som individ tror du?

– Både yrkesmässigt och på ett personligt plan. Jag lärde känna människor från ca 20 olika nationaliteter, vilket gav mig nya perspektiv och även en förändrad syn på världen. Säkrlart blev det också många nya upplevelser och vänner. En av höjdpunkterna var en resa till Indien förra året för att fira när en av vännerna gifte sig.

Var det lätt att få jobb efter examen?

– Jag sommarjobbade i forskningsgruppen, som sedan blev ett exjobb och därefter en doktorandtjänst.

Hur ser arbetsgivare på utbildningar som är kombinerade från flera olika universitet?

– Jag tror att den internationella erfarenheten är positiv, till exempel kan det kanske vara ett tecken på driftighet.

Var arbetar du nu?

– På Chalmers. Jag forskar inom plasmafysik med att utveckla fusionsenergi. Mitt projekt handlar om att få bättre förståelse för hur snabba elektroner beter sig, genom både analytiska beräkningar och simuleringar.

Varför blev det Plasmafysik?

– Under utlandsstudierna på Perime-

ter Institute läste jag teoretisk fysik, vilket var helt fantastiskt och rekommenderas till alla teoretiker. Efteråt kände jag ändå att jag ville arbeta med något som hade en tydlig applikation i verkligheten, och som skulle kunna gynna mänskligheten. Fusionsenergi är just det: om vi kan få det att fungera tillräckligt bra så skulle det kunna bli en ren och säker energikälla framöver.

Hur ser en dag ut?

– Det går i perioder: vissa veckor är det mycket undervisning, ibland är det konferenser eller förberedelse inför dem. Detta varvas med artikelskrivande och långa diskussioner med kollegerna om hur man kan förstå och lösa forskningsproblem.

Vilka fysikkunskaper är speciellt viktiga att ha i ditt arbete?

– En fysikalisk förståelse är viktigare än specifika sakkunskaper. När man arbetar med svåra problem underlättar det mycket om man har en grund att bygga nya begrepp på, och en intuition som ger lite mer ordning i allt kaos som det ofta blir med många lösa trådar och obesvarade frågor mitt under en forskningsprocess.

Vilka kunskaper utöver fysiken är betydelsefulla?

– Livet som doktorand är varierande, vilket är utvecklande. Användbara kunskaper är alltifrån att kunna designa en snygg poster och hålla presentationer till att skriva tydliga, intressanta texter förklara svåra begrepp – och förstås problemlösning.

Vilka utvecklingsmöjligheter/karriärvägar ser du framöver?

– Funderar på en postdok utomlands, eller börja arbeta inom industrin, helst med något miljörelaterat.

Har du några tips till fysikstuderande som läser detta?

– Jag tror att livet är rätt kaotiskt, men så länge man väljer det man tycker är kul och hela tiden gör sitt bästa så kommer man få många spännande möjligheter och dessutom ha roligt under tiden. □

Alf Tore Pettersson, 30 år

Gymnasielärare
Kandidatexamen i fysik från
Stockholms universitet, 2014



Var det lätt att få jobb efter examen?

– Både ja och nej. Det var inte helt enkelt att få ett jobb inom forskning, men inom utbildningssektorn är behovet av lärare inom naturämnena stort.

Var arbetar du nu?

– Som gymnasielärare i fysik och matematik på Stockholms idrottsgymnasium (SIG) vid AlbaNova.

Varför blev du gymnasielärare?

– Jag började undervisa på deltid på Vetenskapens Hus (VH) när jag fortfarande studerade. Jag var till en början nervös och skeptisk inför att lära ut i en skolmiljö men det visade sig att jag både var duktig på och tyckte om det. Via kontakter från VH blev jag sedan rekryterad till SIG där jag är nu. Just gymnasieåldern är också väldigt lämplig för någon som kommer utifrån och vill bli lärare. Ju yngre eleverna är, desto mer handlar det om att ha bra handlag med barn och många pedagogiska verktyg och desto mindre om ämneskunskaper.

Vad innebär arbetet?

– En stor del av arbetet består av problemlösning. Det kan vara allt från att hjälpa elever som har det svårt till att försöka komma på någonting roligt till nästa labb. Det är ofta högt tempo och för att kunna hantera det krävs effektiv planering och en förmåga att hitta smarta

lösningar. Att kunna planera bra och vara förutseende är en nyckelegenskap. Den personliga kontakten med eleverna är också en spännande och utmanande del av yrket. Varje elev är unik, och det ger otroligt mycket att lyckats hitta sätt att förklara på som gör att elever förstår och kan ta till sig svåra koncept.

Hur ser en dag ut?

– Cirka två lektioner per dag. Lektionerna är allt som oftast planerade sedan dagen innan. Det kommer ofta väldigt många kluriga frågor under lektionerna så rasterna brukar gå åt till att leta fram ordentliga svar om jag inte är nöjd med de svar jag gav tidigare. Resterande del av dagen går åt till att planera kort- och långsiktigt, försöka lösa problem, göra smarta uppgifter till eleverna, se över mentorsklassens framsteg, och givetvis dricka kaffe. Det är ofta många bollar i luften samtidigt. Den slutgiltiga planeringen för morgondagens lektioner brukar jag göra hemma på kvällen. Eftersom dagarna är såpass intensiva är det skönt att om möjligt göra någonting annat sent på eftermiddagen. På det viset är yrkets flexibilitet väldigt praktisk!

Träffar du många andra yrkeskategorier?

– Vid utvecklingssamtal och föräldramöten blir det många samtal med föräldrar, och det är alltid spännande att höra

deras bakgrund. Detta sker dock bara en gång per termin. Sedan är det förvånansvärt många som kommer från andra sektorer i yrkeslivet och som sadlat om till att bli lärare. Hos oss har majoriteten av kollegiet arbetat med annat innan de valde att vidareutbilda sig. På det viset tror jag att läraryrket är någonting man växer in i med åldern.

Vilka fysikkunskaper är speciellt viktiga att ha i ditt arbete?

– Tvärtemot vad man kanske tror, så tycker jag att spetskunskaperna är de viktigaste. Kvantfältteori och relativitetsteori är i sig inte särskilt användbart på gymnasienivå, men för att fascinera och väcka nyfikenhet är de fantastiska verktyg. Jag brukar själv även repetera grundläggande kurser beroende på vad vi arbetar med i skolan för stunden, så grunderna sätter sig ganska bra efter ett par år.

Vilka kunskaper utöver fysiken är betydelsefulla?

– Livserfarenhet och nyfikenhet! Att vara nyfiken och prova nya saker ger i sig fler användbara verktyg. Det är viktigt att kunna relatera till eleverna, och att vara öppen och träffa många olika människor är då en viktig egenskap.

Vilka utvecklingsmöjligheter/karriärvägar ser du framöver?

– Inom skolväsendet går det att vidareutbilda sig. Många skolor har olika inriktningar och en del riktar in sig på elever med särskilda behov. Det finns alltid någonting som går att förbättra inom skolan, framförallt i takt med att de digitala verktygen blir fler, bättre och mer tillgängliga. Således finns det många projekt att driva om energin finns.

Har du några tips till fysikstuderande som läser detta?

– Det behövs alltid bra lärare, och det är en sektor som det är relativt enkelt att få arbete inom. Vikarietjänst är ett bra sätt att prova på om undervisning är någonting som passar. □

Filippa Sandgren, 27 år

Utvecklingsingenjör
Examen från Chalmers Tekniska
Högskola, Teknisk Fysik, 2015



Var det lätt att få jobb efter examen?

– Ja, jag upplevde att unga ingenjörer var eftertraktade på arbetsmarknaden. I princip alla som gick ut samtidigt som mig fick jobb direkt.

Var arbetar du nu?

– Jag arbetar på forskning- och utvecklingsavdelningen på Göteborg Energi.

Varför blev det Göteborgs Energi?

– Jag ville jobba med energi och hållbar utveckling. På ett energibolag arbetar man med hela energisystemet: fjärrvärme, fjärrkyla, el och gas, och det är just det systemtänket som jag gillar.

Vad innebär arbetet?

– Jag jobbar på forskning- och utvecklingsavdelningen med i huvudsak externa samarbetsprojekt, så mitt arbete innebär mycket samordning med andra aktörer i de projekt vi jobbar. Det handlar om att våga testa nya innovativa energilösningar, med nya affärsmodeller, för att bidra till en mer hållbar stad. Men arbetet innebär också utmaningar med att samarbeta med människor från helt andra branscher som kan ha helt andra intressen: bostadsbolag, konsultfirmor och fordonsföretag.

Hur ser en dag ut?

– Då nästan alla projekt som jag är involverade i innefattar andra företag än

Göteborg Energi, blir det mycket att åka runt och träffa de andra parterna. Övrig tid går åt till problemlösning, modellering och beräkningar, lönsamhetsanalyser och utvärderingar.

Träffar du många andra yrkeskategorier?

– Ja, både inom företaget och externt. I projekten som jag jobbar i är det många olika typer av företag med, då blir det naturligt att träffa fastighetsförvaltare, försäljare, batteriforskare mm. Det är alltid en utmaning att samarbeta med människor från en annan bransch med en annan utbildning, men det är också det som gör mitt arbete så spännande och intressant!

Vilka fysikkunskaper är speciellt viktiga att ha i ditt arbete?

– Eftersom jag jobbar i projekt som kan beröra alla delar av energisystemet är det väldigt bra att ha en grundläggande kunskap om många delar exempelvis elnät, termodynamik och mekanik. Men någon djupare fysikkunskap behövs däremot inte.

Vilka kunskaper utöver fysiken är betydelsefulla?

– Det allra viktigast jag tar med mig från Teknisk Fysik är nog förmågan att snabbt kunna ta till mig ny information och förstå ett problem eller en ny teknik.

På Teknisk Fysik så övar man också bort rädslan att ta sig an svåra utmaningar, vilket är väldigt nyttigt i arbetslivet.

Vilka utvecklingsmöjligheter/karriärvägar ser du framöver?

– Jag vill fortsätta jobba med nya tekniker för en hållbar framtid. Så länge man är nyfiken och driven så tror jag att man kan ta sig dit man vill.

Har du några tips till fysikstuderande som läser detta?

– Om du vill ut i industrin och jobba efteråt, se till att inte haka upp dig på specifik kunskap om något. Din styrka är bredden, du kan lite om många saker, i kombination med en matematisk förståelse, som gör att du kan ta dig an vilka problem som helst! □

Varför har kontorsstolar oftast fem hjul?

När kontorsjobben under 1900-talet blev allt fler, satade man på stolar, som var tillräckligt bekväma för att tjänstemännen skulle kunna sitta länge och därmed öka produktiviteten. I linje med detta gjordes stolen svängbar och benen förseddes med hjul, för att spara tid och energi relativt stående. Numera tas också hänsyn till arbetsmiljön och stolen blir alltmer avancerad. Det ryktas att alla dess funktioner ska kopplas upp mot det nya Hälso- och effektivitetsdepartementet.



Alltfler ben

Enbenta stolar har använts för att arbeta som somnar vid nitroglycerintillverkning snabbt ska ramla av och vakna (figur 1). Barstolar är också enbenta, men där ska gästen helst inte ramla av. Stolarna har därför ofta en stor cirkulär fot för att inte välta. Foten kan ses som ett oändligt antal ben.

Tvåbenta stolar är också instabila, men en trebent stol vickar aldrig; jämför med kamerastativ. Stolen välter inte så länge tyngdpunkten befinner sig ovanför den triangel som bildas av benens stöd-punkter på marken. Ett trebent bord kan inte belastas utanför den ytan (prova gärna).

Figur 1: Den enbenta stolen gör att mannen vaknar om han somnar. Han måste nämligen ha örnkoll på att temperaturen inte blir för hög vid nitroglycerinprocessen.

Med fyra ben ställs större krav både på golvytan och på benens längder. Det har vi alla upplevt på restauranter, där både bord och stolar vickar ibland, vanligen längs en diameter. Emellertid kan en stol eller ett bord alltid vridas så den/det står stabilt, vilket följer av medelvärdessatsen. Stolens ryggestöd kan dock hamna ogynnsamt och likaså kan bordet efter vridning inte passa med den övriga möbleringen. Detta förfarande fungerar inte med fem eller fler ben.

Länkhjul

Moderna kontorsstolar är också enbenta. De har vanligtvis ett enda lastbärande ben placerat under sitsen. Nära golvet sprider detta ben sig ut i flera mindre, oftast hjulförsedda ben. Hjulen är av castertyp (länkhjul) och har positiv castervinkel, vilket ger kursstabilitet. Eftersom hjulet kan rotera fritt följer det efter i rörelseriktningen. Är utligget för litet kan hjulet börja wobble, vilket vissa kundvagnar lider av. Stort utligg ger dock ojämn belastning på kullagret och ett kraftigare kullager kräver större fästplatta.

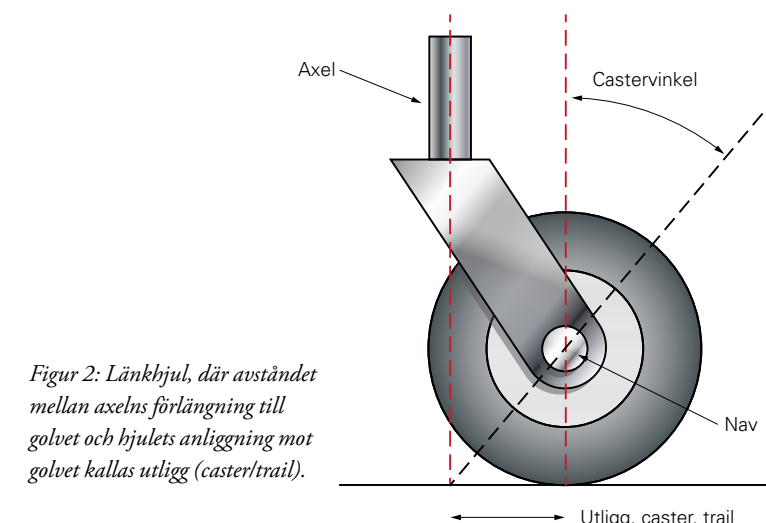
Kursstabiliteten hos en cykel beror också på caster/trail (kolla din cykel). En mc för trial har liten caster/trail och kan svängas lätt och tvärt, medan en chopper som har stor caster/trail blir långsam och tung i styrningen.

Säkerhet

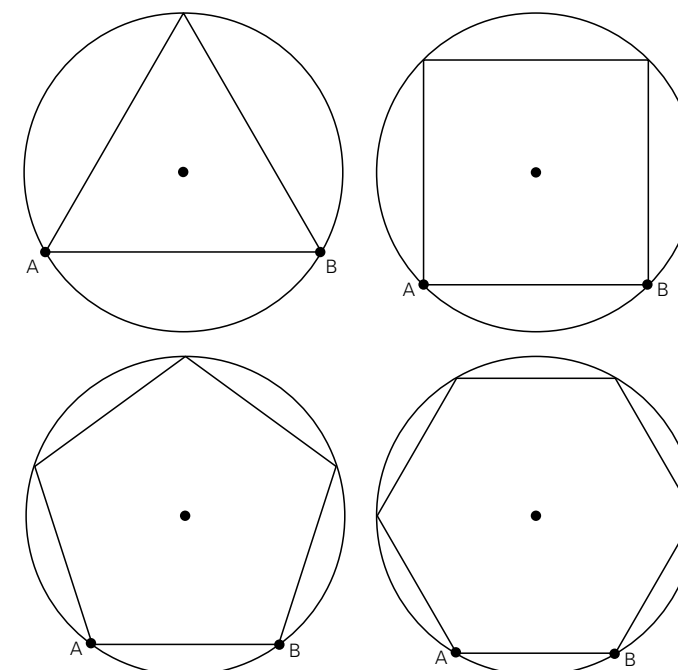
Bestämmelser om bland annat inredning och utrustning finns i Arbetsmiljöverkets föreskrift arbetsplatsens utformning, AFS 2009:2. Det finns ingen specifik bestämmelse om antal hjul på en kontorsstol, däremot är det arbetsgivarens ansvar att undersöka, riskbedöma och vidta åtgärder för att förhindra olyckor och ohälsa på arbetsplatsen enligt föreskriften om systematiskt arbetsmiljöarbete, AFS 2001:1.

En kontorsstol ska kunna flyttas i alla riktningar och sitsen kunna tippas bakåt, vilket ställer krav på stabiliteten, så den inte välter. Provar man och skjutsar en femhjulad stol bakåt kommer två av hjulen att hamna bredvid varandra och sannolikheten att välta bakåt bestäms då av avståndet mellan tyngdpunkten och sammanbindningslinjen mellan de två hjulen (AB i figur 3). Det är dessbättre inte särskilt lätt att få stolen att välta bakåt.

Jämfört med en stol som har cirkulär stödyta med radien R , har den trebenta stolen halva stabiliteten ($R \cos \pi/3$), den fyrbenta stolen har 71 % ($R \cos \pi/4$), den fembenta 81 % ($R \cos \pi/5$) och den sexbenta 87 % ($R \cos \pi/6$) av stabiliteten hos en stol som har cirkulär stödyta med radien R .



Figur 2: Länkhjul, där avståndet mellan axelns förlängning till golvet och hjulets anliggning mot golvet kallas utligg (caster/trail).



Figur 3: Fyra benkonfigurationer som visar att avståndet mellan tyngdpunkten och linjen AB mellan de två bakre hjulen ökar med fler hjul.

Skillnaden mellan två närliggande konfigurationer, "vältvinsten" minskar alltså, och att gå från fem till sex hjul lönar sig föga.

Utöver säkerheten finns tillverkningsmässiga och ekonomiska överväganden. Ju fler ben desto mer material åtgår och stolen blir tyngre och dyrare. En fördel är att tyngden fördelas på fler ben och hjulen inte sjunker ner så djupt i en eventuell

matta och skulle ett hjul lossna märks det inte så mycket.

Sammantaget talar säkerheten för minst fem hjul. Kostnader och tillverkningsfaktorer har inte spelat så stor roll och därför har de allra flesta kontorsstolar fem hjul.

MAX KESSELBERG
FYSIKUM
STOCKHOLMS UNIVERSITET

Svensk bronsmedalj

Årets fysikolympiad hölls i Indonesien. Det är ett land med seismisk aktivitet, vilket återspeglades i uppgifterna, där jordbävningar, vulkanutbrott och tsunamier ingick. Moder jord höll sig lugn, men tyvärr blev arrangemanget skakigt (se sidan 28). Antal deltagande studenter var 397 från 87 länder. Ett antal, som under de senaste fem åren långsamt krupit närmare 90. Det innebär att konkurrensen ökar, men Sverige lyckades ändå få ett brons genom Adam Warnerbring och ett hedersomnämmande genom Lukas Finnveden.

På plats

Indonesien har världens 4:e största befolkning med 250 miljoner invånare, vilket också är världens största (sunn) muslimska befolkning, som bor på cirka 6 000 av totalt 13 000 öar. Tävlningen hölls i Yogyakarta, som likt huvudstaden Jakarta ligger på Java. Där finns också den centrala administrationen, samt ytterligare 130 miljoner invånare. Eftersom Yogyakarta ligger 8 grader söder om ekvatorn, vilket innebär att solen i juli står högst på himlen i norr och rör sig från höger till vänster. Detta kändes lite ovant under de första dagarna. Ovan kändes också vänstertrafiken: mest motorcyklar, men också asiatiska små- och medelstora bilar i en bitvis mycket livlig trafik. Till skillnad från Indien saknades trehjuliga fordon och gudskelov det intensiva tudentet. Vid utflykterna eskorterades vår busskaravan av en polisbil med sirener och blåljus, som körde någon meter in på de mötandes körfält. Märkligt nog accepterades detta och alla mötande fordon oavsett storlek väjde undan. Som turist uppskattade man att en taxi endast kostade 10-20 kr.

Invigningen var som alltid pampig, men musiken alltför högljudd. Med min mobil uppmätte vi en ljudnivå på över 90 dB. Somliga deltagare höll för öronen. Under avslutningen däremot framförde en 30 personers kör ABBA:s "I have a dream". Melodiöst och njutbart, samt

ett överraskande avsteg från den lokala musiktraditionen.

Utflykter

Vi träffade inte Javamänniskan (homo erectus), och kunde därför inte bedöma hans/hennes programmeringskunskaper. Däremot fick vi besöka ett buddisttempel, Borobudur, som finns med på UNESCOs världsarvslista. Templet byggdes i lavasten på 800-talet av ett dåvarande kungarike. Numera utgör buddisterna bara runt en procent av befolkningen, av totalt sex officiella religioner. Nära 90 procent är muslimer, vilket vi påminnes av den högtalare som varje natt böneutropade strax efter kl 04 under cirka 15 minuter.

Provinsen Yogyakarta, en av 33 stycken, är dels autonom, dels av historiska skäl ett sultanat, varför guvernören



Vänliga leenden hela tiden.



Adam Warnerbring och Lukas Finnveden.



Besök vid buddisttemplet Borobudur.

Uppgifterna

I den första **experimentella** uppgiften fick laserljus träffa en kyvett med saltlösning. Sakta droppades vatten ned, så att det blev ett ytskikt med en koncentrationsgradient. Lasern hade en cylindrisk lins, vilket gav en linje istället för en punkt. Linjen lades cirka 45° över kyvetten, så att hela skiktet med varierande saltkoncentration belystes. Då brytningsindex varierar med koncentrationen, fås en dipp i kurvan (se fig 1). Efter tre mätningar med olika koncentrationer kunde diffusionskoefficienterna beräknas, och dess diffusionsberoende fastläggs.

Om ett antal magnetiska dipoler läggs i en rad, fås en potential för ett litet diamagnetiskt objekt som (något oväntat?) stiger mot kanterna. I uppgift två realiserades detta av två 2,5 cm långa cylindriska magneter, magnetiserade längs tvärsnittsdiametern på 6,4 mm, och hölls åtskilda ca 1,5 mm av en fixtur (se fig 2 och 3). I potentialgropen fick 8 mm långa blyertsstift med olika diametrar gunga i denna endimensionella oscillator. Anordningen kan användas för att dels registrera jordbävningar, dels markhöjningar nära vulkaner. Studenterna ombads bestämma dämpningstiden, skarpheten hos oscillatorn (Q-faktorn eller godhetstalet) samt luftens viskositet.

Den första **teoretiska** uppgiften bestod av att uppskatta mängden mörk materia i en galaxhop, givet antal galaxer, radien, massan samt rms-värdet för galaxernas hastighet med avseende på hopens centrum. Rotationskurvan för en galax gavs också, dels som bevis för att mörk materia existerar, dels som input till uppgiften att jämföra med en kurva byggd på observerbar materia. En

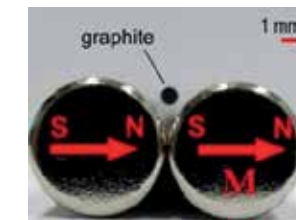
Figur 4 (till höger): Avståndet från jordbävningens epicenter till mätstationerna YOGI och DNP är 22,5 km respektive 500 km.



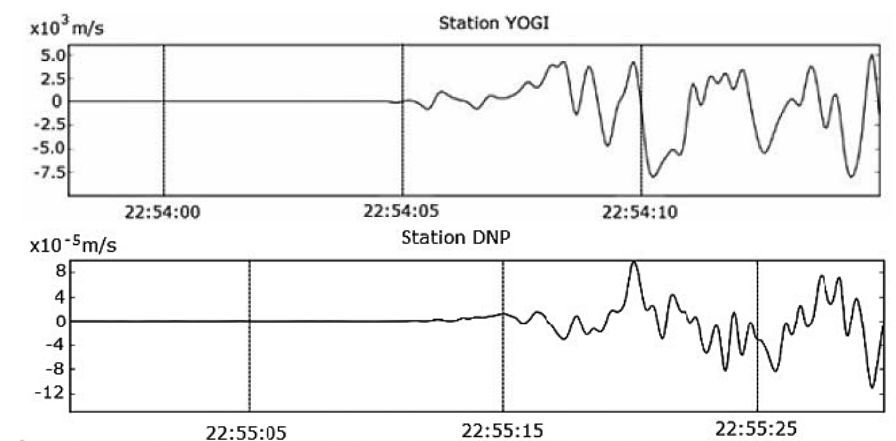
Figur 1: Lasern till höger belyser kyvetten och på skärmen syns en dipp, tyvärr svagt.



Figur 2: Magneter med 25,4 mm längd och 3,2 mm radie.



Figur 3: Två cylindriska magneter med magnetiseringen riktad längs diametern.



liknande uppgift gavs på den svenska finaltävlingen 1999.

Den andra var den nationsspecifika uppgiften, där för en vulkan reaktionen mellan vatten och magma diskuterades. Blandningens jämviktstemperatur, trycket i första skedet och hastigheten på den utströmmande gasen vid ett utbrott skulle beräknas. Sedan introducerades olika typer av seismiska vågor, och givet två seismogram från olika mätstationer för samma jordbävning (figur 4) begärdes ankomsttider för primärvågor som dels gått direkt, dels brutits i gränsytan mellan jordskorpa och mantel. Slutligen skulle potentiella energin i en tsunami uppskattas, samt utbredningshastigheten på vågen, effekten i vågen och amplituden när vågen når en strand beräknas.

Den tredje uppgiften avsåg universums expansion. En mycket krävande uppgift där man bland annat skulle utgå från Newtons mekanik och bestämma några konstanter i de två ekvationer som beskriver ett homogent och isotropt universums öde (Friedmanns ekvationer). Utifrån dessa studerades fallen med strålning, icke-relativistiska partiklar respektive konstant energitäthet för ett platt universum. Vidare efterfrågades en jämförelse med observerad kosmisk bakgrundsstrålning för ett materiedominerat universum i en enkel potential.



Vid öppningsceremonin
den 17 juli i Yogyakarta,
Indonesien



Ovan från vänster: Bo Söderberg, Arvid Steen,
Max Kesselberg, Adam Warnerbring. Nederst
från vänster: Margareta Kesselberg, David
Hambraeus, vår guide, Lukas Finnveden och
Lucas Unnerfelt. Saknas på bilden: Andreas Sund-
ström, observatör, som fanns bakom kameran.



kallas sultan. Han och hans familj bebor ett slott byggt på 1600-talet. Det, i likhet med de flesta hus i Yogyakarta, har bara en våning på grund av risken för jordbävningar. Vid vårt besök visade det sig att guidens förfäder tjänstgjort hos sultanen och i skuggan vid ett av husen satt hennes gamle far med några andra män, till synes enbart vegeterande. Till skillnad från studenterna hann vi inte med att besöka vulkanmuseet vid Merapi eller flygvapenmuseet. Flyg står högt i kurs bl.a. beroende på att indonesiern Habibie lämnat viktiga bidrag till forskningen inom hållfasthet för material i flygplan.

Skakigt

Normalt presenterar värdlandet uppgifterna på engelska, tyska, franska och ryska. Dessa diskuteras och översätts till det egna språket med deadline kl 04.00 tävlingsdagen. Därefter kopieras proven och tävlingen startar kl 08.00. I år hanns kopieringen inte med, utan när studen-



terna kom till provlokalen fick de vänta i flera timmar, för att sedan få besked om att det experimentella provet blir av först nästa dag. Detta ledde till att provdagarna kom direkt efter varandra, utan den brukliga vilodagen. Vad som var värre var att kopieringen fallerade, så att vissa länder bara fick engelsk version, medan t.ex. Australien fick Österrikes, och den svenska saknade vissa figurer. Dessvärre upprepades misstagen med kopieringen inför det teoretiska provet, dock försejades detta bara två timmar. Detta strul innebar att studenterna fick olika förutsättningar, och efter ett krismöte i internationella kommittén beslöts att den sedvanliga modereringen skulle utgå och att inga poäng skulle offentliggöras. Istället gavs varje land möjlighet att inkomma med beskrivning av om, och i så fall hur, deras studenter drabbats. Sedan granskades synpunkterna av presidenten och vicepresidenten för IPhO. Deras beslut modifierade sedan värdlandets rättning i form av en nivåhöjning om synpunkterna godkändes.

Resultatet

Uppgifterna var som vanligt svåra och långa, men i år blev medaljgränserna rekordlåga. De asiatiska länderna dominerade som vanligt. Sverige fick, i likhet med Norge, en bronsmedalj och ett hedersomnämmande. Både Danmark och Finland lyckades bättre.

Portugal arrangerar nästa fysikolympiad 21–29 juli 2018 i Lissabon.

BO SÖDERBERG
LUNDS UNIVERSITET

MAX KESSELBERG
STOCKHOLMS
UNIVERSITET



Andreas Sundström

Årets fysikolympiad blev en svensk framgång

Det var fem nöjda svenska deltagare och ledare som vände hemåt från Indonesien efter tuffa provningar långt utöver det vanliga. Uppgifterna handlade om vulkaner, jordbävningar och tsunamier. Väl hemma i Sverige lyckades Adam Warnerbrings fina bronsmedalj och Lukas Finnvedens hedersomnämmande få plats i de svenska medierna. De flesta dagstidningar och även SVT Skåne uppmärksammade de fina insatserna. Skolministern Anna Ekström twittrade och gratulerade bronsmedaljören, vilket också statssekreteraren för högre utbildning och forskning, Karin Röding gjorde. Glädjande uppmärksamhet för fysiken och våra svenska deltagare. Det är de väl värda.

Alla som finns bakom det svenska deltagandet är också värda uppmärksamhet, inte minst de gymnasie lärare i fysik som ser till att den nationella uttagningen fungerar genom "Wallenbergs fysikpris". Uppmärksamheten i medierna varierar och har inte alltid enbart med prestationerna att göra utan även andra faktorer som konkurrensen om medieutrymmet mm.

Vid fysikolympiaden 2016 i Lausanne blev Aletta Csapo från Sverige den främsta europeiska kvinnliga deltagaren. Något som gick medierna spårlost förbi.

Nuvarande ordförande Hans Jordens från Nederländerna har gjort ett fantastiskt jobb under sina två mandatperioder. Han har ökat betydelsen för olympiaden över hela världen. Speciellt har olympiaden ett mycket gott renommé i Asien. Man anser generellt att alla deltar på lika villkor så långt som möjligt. Gymnasisterna får uppgifterna på sitt egna språk som respektive lands ledare översätter och uppgifterna är anpassade till kunskapsnivåer och möjligheter till förståelse som en gymnasist rimligen kan ha tillägnat sig via skolan. Man tar kollektivt beslut om uppgifter och ändringar av de teoretiska- och experimentella delarna.

Indonesien har tidigare genomfört en

olympiad på ett utmärkt sätt och åtog sig att hålla årets olympiad i ett sent skedde, med bara ett års förberedelser.

Ett land hade av resursskäl tvingats att lämna återbud. Det krävs inte bara sponsorer utan även en mängd kompetenta personer på plats i arrangörslandet. Små länder kan få svårt med den vetenskapliga delen osv. Det mesta fungerade utmärkt för studenterna och värdarna var otroligt vänliga och tog hand om oss svenskar på ett mycket bra sett.

Det som arrangörerna inte lyckats med att säkerställa helt var "back office" delen. Helt unikt och något som inte inträffat tidigare i olympiadens historia. Man klarade inte av att kopiera uppgifter i den omfattning som var nödvändigt för att följa tidsschemat. Internkommunikationen brast och det drabbade de tävlande studenterna på olika sätt. Det första tävlingsmomentet, den experimentella delen blev uppskjuten till dagen efter på grund av detta. Tiden för rättning krympte ihop och det visade sig att trots mer tid hade inte de tävlande haft lika villkor och förutsättningar.

Flera länders ledare protesterade, när deras översättningar av uppgifterna till deras språk inte hann kopieras till tävlingen. Några länders översättningar förväxlades och många fick en engelsk översättning som alternativ.

Det som en observatör fick inblick i var hur olika länder hanterar resultaten. Tänk er att de svenska ledarna blir uppkallade till Utbildningsministern i Stockholm för att förklara sig, eftersom det inte blev det förväntade resultatet, bara en bronsmedalj och ett hedersomnämmande till Sverige!

Vi befinner oss i två olika världar. De svenska ledarna tar semesterveckor och ledigt från jobbet. De är entusiaster som älskar fysik!

I den andra världen förväntas goda resultat och ses som en självklarhet.

MARGARETA KESSELBERG
FYSIKAKTUELLT



Intrång i Einsteins trädgård

”En far, en dotter, ingentingens mening och alltings början” – så börjar en bok om en dotter och en far, och deras upptäcktsresor för att komma fram till en kunskap om universum, om ingenting, genom att möta flera av fysikens vassaste hjärnor. I centrum finns John Archibald Wheeler (1911-2008) och hans ord inleder boken med ”Vi trodde en gång att världen existerade oberoende av oss observatörer, att vi stod tryggt förskansade bakom en flera decimeter tjock glasskiva utan att vara delaktiga, enbart betraktande. Men vi har med tiden lärt oss att världen inte fungerar på det viset. Vi måste faktiskt slå sönder glaset och sträcka oss in.”

Intrång i Einsteins trädgård
av Amanda Gefter
Översättare: Pär Svensson
ISBN: 9789187513565
Fri Tanke förlag, 2016
Pris: 261 kr
Antal sidor: 424

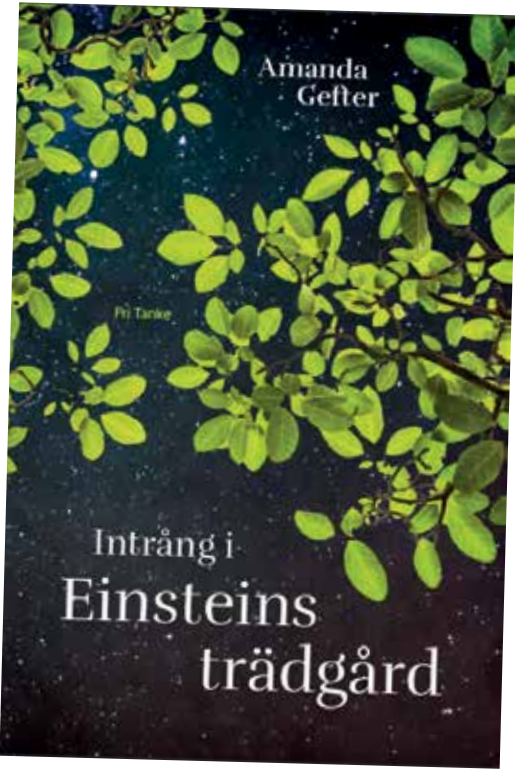
Så börjar Amande Gefter sin upptäcktsresa tillsammans med sin far och beivrar mötet som hålls för att fira Wheelers 90-års dag i Princeton som Gefter alternativt bokens författare kallar ”den yttersta verklighetsfesten”. Bokens författare och hennes far delar nyfikenheten över universums uppkomst, varaktighet och vår eventuella förmåga att förstå och beskriva detta under. Och allt detta diskuteras under närmre fyra hundra sidor utan formel. Den enda som finns med är $E=mc^2$ och som tal finns 13,7 miljarder år kosmisk historia och 299 792 452 meter/sekund. En utförlig ordlista avslöjar att bokens innehåll kräver en hängiven läsare. Själv skriver Gefter att boken handlar om ”fysik på hög nivå och personliga memoarer som täcker de senaste sjutton åren av mitt liv”.

Och det handlar om fysik på en hög och mycket abstrakt nivå som kräver hängivenhet av läsaren. Själv fick jag lägga boken ifrån mig en månad och sedan börja om på nytt. Jag fångades då av historien som mot de senare kapitlen fick en spänning som en deckare – ”ska nu allt avslöjas?”.

Under upptäcktsresan leds läsaren tillsammans med Gefter genom hennes ibland tilltrasslade tankar som uttrycks

med t.ex. ”Jag har själv aldrig upplevt att jag befunnit mig på Manhattan och Brooklyn samtidigt...Var är observatören. Utanför eller inuti Universum? Universum vänder sig och åter upp sig självt. Verkligheten spricker i sömmarna.” Och ibland synes en sida helt obegriplig. Ändå, jag läsaren, skyndar vidare för jag vill veta hur denna historia slutar. Det är en sann förmåga att försöka beskriva med ord det som fysikerna själva använder mycket matematik för att utforska. Den fina ordlistan i slutet förklarar en hel del av de begrepp som återfinns under resans gång.

Som källor har Gefter återgett sina möten med många fysiker och även dessa konversationer är sammanflätade med hennes egna tankar. Och som källa har hon, tillsammans med sin far, gått igenom den digra dagbokssamling som Wheeler donerat till American Philosophical Society i Philadelphia. Och mitt under upptäcktsresan kom fantastiska resultat från NASAa Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) som gav hitills hel okända fakta om universum och visade fantastiska bilder, vilket gör resan



till en mycket aktuell resa och boken en aktuell bok.

Stundvis var det mycket abstrakta språket svårt, och jag kunde längta efter en figur, eller kanske en matematisk formel. Men upptäcktsresan, ”intrånget”, har inspirerat mig till att fortsätta att utforska den spännande litteratur som försöker och ibland lyckas förklara det mest abstrakta tänkandet om universums uppkomst, om alltings intighet och mening. Och säkert är att fortsättning följer vilket Gefters upptäcktsresa tydligt avslöjar.

ELISABETH RACHLEW
KTH

Omöjlig cylinder

min ungdom fanns det ofta i veckopressen ”Synvillor” som ett nöjesmoment. Sådana optiska illusioner har nu för mig blivit ett seriöst verktyg för studier av hjärnans funktion. I många fall förstår vi nämligen fortfarande inte vad som händer i hjärnan när vi upplever den förvridna avbildningen. Nyligen presenterade den japanska professorn Kokichi Sugihara en ny typ av frapperande illusioner. Dessa har en enkel förklaring och är därför lämpliga inom utbildningen. Effekten beror på att ögat detekterar en tvådimensionell bild, som av hjärnan tolkas som tredimensionell.

På bild 1 visar jag ett rör som jag skrivit ut med en 3D-printer. Röret ser ut att på toppen vara cirkulärt, medan det uppfattas som kvadratisk i en spegel. Illusionen beror på att toppen på röret inte är en plan kurva. Låt $f(x)$ och $g(x)$ vara de två observerade formerna, i vårt specifika fall cirkel respektive kvadrat. Man inser då att $r(t) = (t, \frac{1}{2}(f(t) + g(t)), \frac{1}{2}(g(t) - f(t)))$

är den kurva rörets topp skall ha om den betraktas 45° mot lodlinjen med ett öga på långt avstånd från två azimut-

vinklar 180° isär. Eftersom objekt och bild ligger på olika avstånd från ögat får vi göra en lite kompensation genom att luta spegeln något. Du kan givetvis också observera objektet direkt utan spegel och istället snurra det 180° kring lodlinjen.

Du kan själv lätt tillverka en Sugihara-illusion. Jag har för Dig valt en kvad rat och en liksidig triangel som de två observerade formerna. På bild 2 finns en mall som Du kan kopiera och förstora på ett styvt papper, klippa ut, och klistra ihop till ett rör. Observationen skall ske längs de två pilarna på bottenplattan. För en god effekt är det viktigt att vara mycket noggrann med rörets form och med observationsriktningarna. Flytta ögat lite fram och åter. Endast i ett visst litet vinkelområde är effekten perfekt. Ljusförhållandena är också mycket viktiga, då skuggor kan försämma effekten. Du kan få lite hjälp i experimenterandet här: users.dickinson.edu/~richesod/RichesonImpossibleCylinder.pdf.

Lycka till!

PER-OLOF NILSSON
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



Bild 1

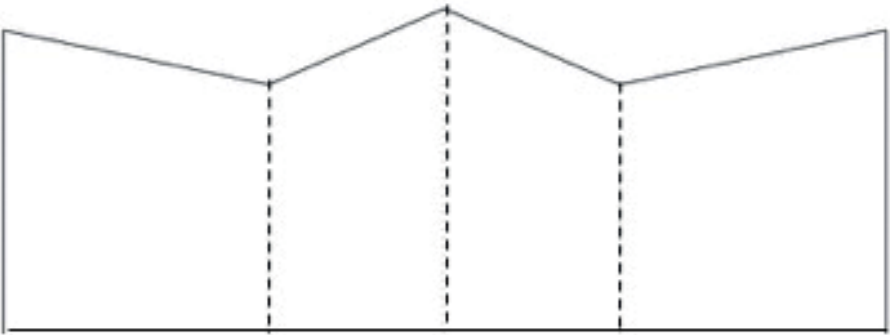
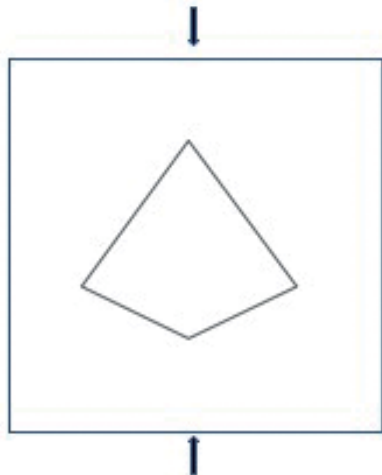


Bild 2

1. Kopiera figuren ovan och vik den längs de streckade linjerna.
2. Klistra ihop papperet till ett rör.
3. Klipp ut kvadraten till höger, lägg den på bordet och ställ röret på den.
4. Forma röret till rätt utseende.
5. Betrakta röret 45° från lodlinjen i de två markerade riktningarna.



Framtidens Laborativa Läromedel

Utbilda
morgondagens
ingenjörer och
forskare med ...



Gammadata Education
exklusiv representant för
Frederiksen Scientific



... Framtidens
Laborativa
Läromedel

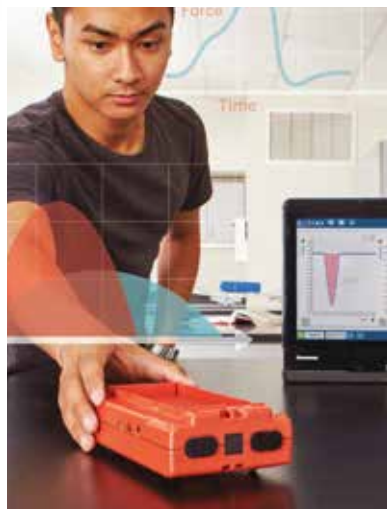


FLIR | The World's Sixth Sense™



PASCO

www.gammadata.net



Corporate Headquarters
Sweden
+46 18 56 68 00

Gammadata Instrument AB
Box 2034
750 02 UPPSALA

www.gammadata.se
info@gammadata.se

Sweden
+46 18 56 68 00

Finland
+358 40 773 1100

Norway
+47 330 96 330

Webshop
www.gammadata.net