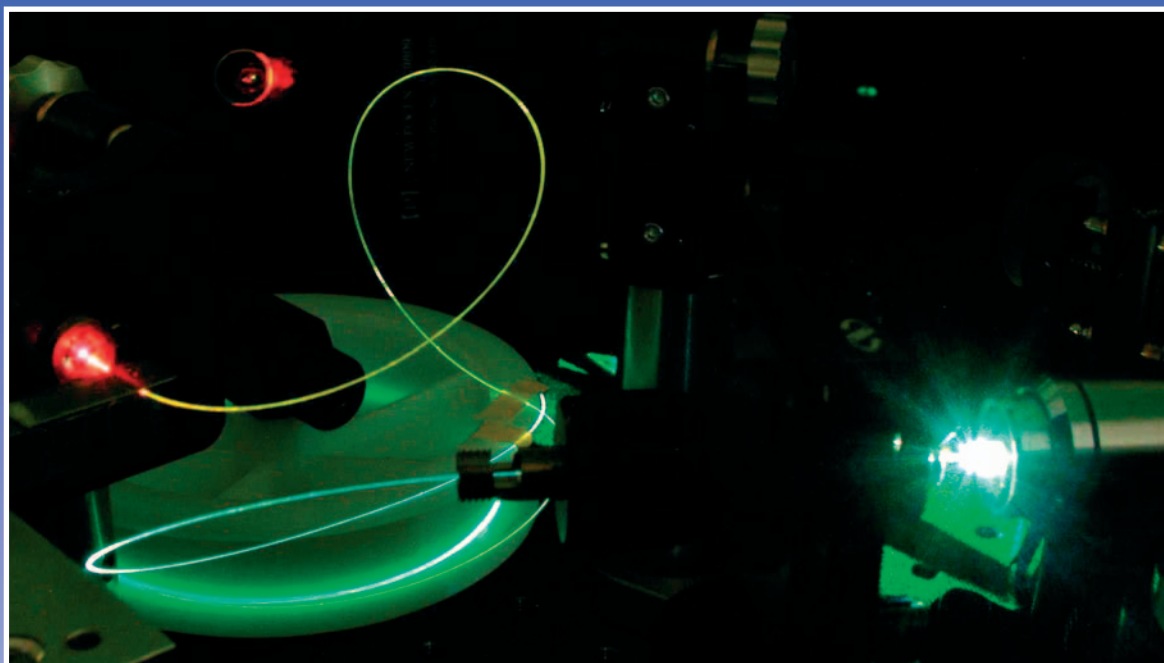


fysikaktuellt

NR 4 • DECEMBER 2005



Innehåll

Samfundet	2
Ledare	3
Europhysics fun	3
Nobelpris	6
Fysiktävling	11
Fysikolympiad	13
Einstein	16

XX

XX

Manusstopp för nästa nummer:
15 januari 2006

Fysikaktuellt finns nu också på: <http://www.fy.chalmers.se/fysikaktuellt/>

ISSN 0283-9148

Svenska Fysikersamfundet

Svenska Fysikersamfundet 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:	Björn Jonson, Chalmers • bjn@fy.chalmers.se
Skattmästare:	Hans Lundberg, Lunds Tekniska Högskola, Hans.Lundberg@fysik.lth.se
Sekreterare:	Håkan Danared, Manne Siegbahnlaboratoriet Stockholms universitet, • danared@msl.se
Adress:	Svenska Fysikersamfundet Manne Siegbahnlaboratoriet Stockholms universitet Frescativägen 24, 104 05 Stockholm
Postgiro:	2683-1
Elektronisk post:	kansliet@fysikersamfundet.se
WWW:	www.fysikersamfundet.se

Samfundet har för närvarande ca 900 medlemmar och ett antal stödjande medlemmar (företag, organisationer). Årsavgiften för medlemskap är 250 kr. Studerande (under 30 år) och pensionärer 150 kr. Samtliga SFS-medlemmar är även medlemmar i European Physical Society (EPS) och erhåller dess tidskrift *Europhysics News* (EPN). Man kan därutöver som tidigare vara Individual Ordinary Member (IOM) i EPS. Den sammanlagda årsavgiften är 590 kr.

Inom samfundet finns ett antal sektioner som bl.a. anordnar konferenser och möten inom respektive områden:

Atom- och molekylfysik	Jan-Erik Rubensson • jan-erik.rubensson@fysik.uu.se
Biologisk fysik	Peter Apell • apell@fy.chalmers.se
Elementarpartikel- och astropartikelfysik	Klas Hultqvist • klas.hultqvist@physto.se
Gravitation	Brian Edgar • bredg@mai.liu.se
Kondenserade materiens fysik	William R Salaneck • bisal@ifm.liu.se
Kvinnor i fysik	Elisabeth Rachlew • rachlew@atom.kth.se
Kärnfysik	Per-Erik Tegnér • tegnér@physto.se
Matematisk fysik	Imre Pázsit • imre@nephy.chalmers.se
Plasmafysik	Michael Tendler • tendler@fusion.kth.se
Undervisning	Mona Engberg • mona.engberg@telia.com

Fysikaktuellt

Fysikaktuellt ger aktuell information om Svenska Fysikersamfundet och nyheter inom fysiken. Den distribueras till alla medlemmar, gymnasieskolor och fysikinstitutioner 4 gånger per år.

Ansvarig utgivare är Björn Jonson, bjn@fy.chalmers.se.

Redaktör är Ann-Marie Pendrill, Atomfysik, Fysik och Teknisk Fysik, GU och Chalmers, 412 96 Göteborg.

Använd i första hand elektronisk post (Ann-Marie.Pendrill@fy.chalmers.se) för bidrag till Fysikaktuellt.

Annons-kontakt: Ann-Marie.Pendrill@fy.chalmers.se.

Reklamation av uteblivna eller felaktiga nummer sker till sekretariatet.

Kosmos

Samfundet utger en årsskrift "Kosmos". Redaktör för om årgång 2004 är Leif Karlsson. Fysiska Institutionen, Uppsala Universitet, Box 530, 751 21 Uppsala, Leif.Karlsson@fysik.uu.se

Medlemskap

Information om medlemskap finns på <http://www.fysikersamfundet.se/medlemskap.html>

Omslagsbilden visar generering av ett "supercontinuum" i en mikrostrukturfiber. Den mörkröda femtosekundspulsen från en modlöst Ti:Sa-laser kopplas in till en fiber till vänster i bilden. Färgen skiftar till grönt och vitt efter bara några millimeter på grund av fiberns starka optiska icke-linjäritet.

Foto: Harald R. Telle, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig.

Tryck: Munkebacksgymnasiet, Göteborg 2005

Aktuellt

- Gymnasiereformen 2007, <http://www.skolverket.se/gy-07>
- Matematikbiennalen, 26-27 januari 2006, Malmö
- Rikskonferens i ämnesdidaktik, Ämnesdidaktik i ett nationellt och internationellt perspektiv, 4-5 maj 2006, Högskolan i Kristianstad, <http://www.hkr.se/ek-didkonf>
- NorWiP Nordic Network for Women in Physics, <http://www.norwip.dk/>
- International Year of Physics, 2005, <http://wyp2005.org>. Se även <http://www.physics2005.org/> och [Einsteinyear.org](http://www.einsteinyear.org) och samfundets www-plats, www.fysikersamfundet.se
- Kalendarium, Fysikåret i Sverige: <http://www.forskning.se>
- Veckans fysikförsök, <http://www.boras.se/utbildning/vuxenutbildningen>
- Verdensfysikår, Danmark, <http://www.wyp2005.dk/>
- Verdens Fysikkår, Norge <http://www.fysikk2005.no/>
- Fysikens år i Finland, <http://wyp2005.helsinki.fi/>
- Fysikkfryd på Tusenfryd, <http://www.naturfagsenteret.no/fysikk/tusenfryd.html>
- Physics Challenge (varje vecka), <http://scitation.aip.org/tpt/>

Stödjande medlemmar

Samfundet har för närvarande följande stödjande medlemmar:

- **Alega Skolmaterial AB**, Vasagatan 4, 532 32 Skara www.alega.se
- **BFI Optilas AB**, Gamma Optronik Division, Box 1335, 751 43 Uppsala <http://www.gamma.se>
- **Bokförlaget Natur och Kultur**, Box 27323, 102 54 Stockholm <http://www.nok.se>
- **Gammadata Instrument AB**, Box 151 20, 750 15 Uppsala <http://www.gammadata.se>
- **Gleerups Utbildning AB**, Box 367, 201 23 Malmö <http://www.gleerups.se>
- **Liber AB**, 113 98 Stockholm <http://www.liber.se>
- **Melles Griot AB**, Box 7071, 187 12 Täby <http://www.mellesgriot.com>
- **Studentlitteratur AB**, Box 141, 221 00 Lund <http://www.studentlitteratur.se>
- **VWR Undervisning**, 163 96 Stockholm <http://vwr.com> (f.d.KEBOLAB)
- **Zenit AB Läromedel**, Box 54, 450 43 Smögen <http://www.zenitlaromedel.se>

Fysikåret 2005

Av Ann-Marie Pendrill

Fysikåret 2005 går mot sitt slut. Över hela världen har man på olika sätt firat att det gått hundra år sedan Einsteins "Annus Mirabilis". Fysiken "upplyste världen" med en ljuskedja 50 år efter hans dödsdag. Einstein har sålts som "Action man" och "look-alike" tävlingar har ordnats. Einstein-utställningar har tagits fram bl.a. på Nobelmuseet och på Universeum. Göteborgs internationella vetenskapsfestival hade tema fysik och design med flera Einstein-evenemang som drog fulla hus. Kerstin Ahlström och Lars Nilsson på KomVux i Borås har oförtrutet presenterat Veckans Fysikexperiment under varje skolvecka under fysikåret och denna www-resurs finns kvar som inspiration. Fysikdagar har ordnats på många platser över hela landet. I Karlstad har man under 5p kunnat gå "I Einsteins fortspar" och mittuniversitetet i Sundsvall har bjudit in till föreläsningsserie med teaterföreställning. Fysik i Kungälv, Kulturnatt på Museum Gustavianum i Uppsala, Einsteinvecka i Vetenskapens hus, är andra exempel på fysikårsaktiviteter.

Fysikdagarna under fysikåret 2005 arrangerades av Umeå universitet, som samordnat dem med lärardagar för regionens lärare. Bl.a. gav Anders Barany gav ett personligt urval av citat ur Einsteins korrespondens. En rapport om fysikdagarna kommer i nästa nummer.

I detta nummer berättar gruppen EuroPhysicsFun om

hur man bygger upp ett nätverk av studenter som presenterar fysikshower för elever. En av deltagarna i Science on Stage i november berättar om mötet med många kreativa lärares arbete. Vi får också ta del av en presentation av Fysikårets upplaga av Fysikolympiaden.

Som alltid innehåller årets sista nummer en presentation av Nobelpriset i fysik. Årets pris är delat i en teoretisk och en experimentell del. Presentationen av årets pris visar hur utvecklingen av atomur kunnat leda till allt högre precision i tidmätningar. Med utvecklingen av tekniken med optisk frekvenskam kan radiofrekvenser kopplas till optiska frekvenser och möjliggör för många fler laboratorier att få tillgång till denna precision.

Ett par veckor före sin död hade Albert Einstein bett att få veta mer om atomur. Henry Stroke och Robert Nauman berättar i detta nummer om vad som kan ha varit en av Einsteins sista vetenskapliga diskussioner. Vi har valt att inte översätta denna text, som vi tror kan vara av intresse även för icke-svenskspråkiga kolleger.

Fysikåret 2005 är snart slut, men Einsteins verk lever kvar. Fysiken fortsätter att inspirera och ligger till grund för många tillämpningar vi möter i vardag och vetenskap. Det nya året erbjuder oss nya möjligheter att dela med oss av fysik. "À tous les temps, à tous les peuples."

EuroPhysicsFun – et lille jule-eventyr

Av Mikkel Bo Nielsen

Der var en gang ...

... ved Aarhus Universitet to arbejdsomme fysikstuderende der fik den idé, at de ville fortælle alle mulige at fysik var både, sjovt, interessant og vedkommende. De kaldte ideen et "Fysikshow". Ideen fik de, fordi de tit oplevede at andre folk tog afstand fra faget – og det selvom mange af de dejlige, smukke og brugbare ting folk omgav sig med til hverdag havde en kraftig relation til fysik.

Sådan kunne starten på et lille jule-eventyr om et internationalt formidlingsprojekt lyde. Siden ideen opstod tilbage

i 1998 er Fysikshowet vokset fra 700 tilskuere til over 10.000 om året – mere end 100 klasse shows om året og succesen har givet anledning til at tilsvarende shows eksisterer på alle de andre danske Universiteter.

EuroPhysicsFun

Januar 2005 opstartede projektet EuroPhysicsFun som opstod som idé ved Physics On Stage i 2002, hvor Fysikshow Aarhus deltog og fik en bronzemedalje for "teaching excellence, stimulation and motivation of young people". Denne

succes affødte den idé at alle universiteter havde muligheden for at etablere en lignende studenterbaseret outreach gruppe og kun behøvede motivation, inspiration og et lille skub i den retning – dette er hvad EuroPhysicsFun er:

EuroPhysicsFun virker for at stimulere og motivere dannelsen af sådanne grupper på Universiteter overalt i verdenen.

EuroPhysicsFun er det eneste netværk for sådanne grupper. Eksisterende og nye grupper er velkomne i dette videns og erfarings-delende netværk.

Den menneskelige del af netværks-

arbejdet ligger i at EuroPhysicsFun arrangerer Workshops der har til hensigt at stimulere interessen for showfysik og give deltagerne konkrete værktøjer til at starte og udbygge et show op på deres egen institution.

Den næste workshop finder sted den 24–27. januar 2006.

Projektet har 1.5 person ansat og har siden starten i januar været præsenteret ved internationale møder og konferencer i det fysik-videnskabelige miljø. Sidst var vi til FysikDagene i Umeå og projektet har været præsenteret i Frankrig, Norge, Tyrkiet, Polen, Spanien, Schweiz, Korea, Portugal og Rumænien. Invitationer til Nigeria, Italien, Schweiz, Rumænien og Portugal er på kalenderen i 2006, forudsat at projektet modtager den fornødne økonomiske støtte – med andre ord ser det ud til at være et universelt projekt som henvender sig på tværs af grænser og kulturer. EuroPhysicsFun er altid interesseret i invitationer til konferencer og møder.

EuroPhysicsFun medlemsgrupper

EuroPhysicsFun har indtil videre 11 medlemsgrupper og selvom deres alder, start, organisation og indhold varierer meget så er der alligevel fællestræk som er værd at reflektere over:

Alle medlemsgrupperne benytter i høj grad HandsOn eksperimenter, har en meget aktiv og åben dialog med tilhørerne, som ofte er begrænset til grupper på 30 personer. De benytter sig endvidere alle af et relativt højt tempo med en høj underholdningsværdi, uden at der af den grund bliver tale om ren underholdning, da respekt for fag, forklaringer, historik og den videnskabelige metode bliver inddraget af showfysikerne i de forskellige aktiviteter.

Det er gratis og uden deciderede forpligtigelser at blive medlem af netværket, men meget kan vindes og bliver vundet for de deltagende grupper i form af vidensdeling og inspiration. Endvidere får medlemmerne muligheden for at sende repræsentanter med EuroPhysicsFun på nogle af de mange repræsentationer verdenen over.



Rubens flammerør
(Foto taget ved besøg i Bergen, Norge af Klaus Magnus Johansen, Norge)

Fokus på studerende som formidlere

EuroPhysicsFun drejer sig primært om de studenterbaserede grupper fordi fysikstuderende er fødte formidlere!

Som unge, ikke-stereotypiske fysikere er de i stand til at gøre op med det billede af fysikere som kittelklædte, gamle mænd med briller og skæg, som befolkningerne har. Deres entusiasme, energi og ungdommelige udtryksform gør at man rammer specielt den unge og i rekrutteringsmæssig forstand vigtige målgruppe.

Det er dog tydeligt at disse aktiviteter ikke kun rammer det unge segment, men meget bredt i befolkningen uanset alder, kultur og uddannelse. Grunden til dette er at fysikstuderende ofte har nemt ved at forstå de besværligheder man kan have ved at forstå fysik og at showfysikformidlingsformen er så fangende.

Benyttes fysikstuderende til disse aktiviteter benyttes samtidig en ubrugt og billig ressource og med til dette hører, at de studerende bliver bedre fysikere, formidlere og opnår en motivation i forhold til fysik som de kan bruge meget positivt. Som "showfysiker" er det en konstant udfordring at skulle formidle, sætte sig ind i utallige demonstrationseksperi-

menter og deres forklaring. På længere sigt skaber man ved at benytte sig af studerende til disse outreach aktiviteter et stort antal ambassadører, som uanset deres fremtidige karriere har fordel af deres erfaringer i en sådan gruppe. Et produkt, som Fysik helt sikkert vil kunne drage fordel af.

EuroPhysicsFun medlemsgrupper i Sverige?

En anden del af EuroPhysicsFuns arbejde er at finde og tage kontakt til tilsvarende grupper af studerende på universiteter i hele verdenen. Vi har indtil videre kontakt med en gruppe ved Umeå Universitet, som planlægger at overtage aktiviteter som professorer og lektorer førhen har varetaget, men desværre kender vi indtil videre ikke til andre grupper i Sverige. Lad dette være en opfordring til Fysikaktuells læsere om fortælle os om evt. svenske aktiviteter.

Besøg www.EuroPhysicsFun.org for mere information om EuroPhysicsFuns aktiviteter og workshops.

... og de levede lykkeligt til deres dages ende. ■



INSIKT och FASCINATION



NYHET! Heureka B

Heureka! Arkimedes utrop av insikt och fascination har fått ge namn åt vårt nya fysikläromedel. *Heureka* har rötterna i välrenommerade *Fysik för gymnasieskolan* av Alphonse m fl.

Heureka har en ton som redan från början engagerar eleverna med ett lugnt och berättande språk. Strukturen är nogtänkt med klargörande övningsuppgifter, lösta exempel och enkla kontrolluppgifter. I Tänk till!-uppgifter får eleven stanna upp och fundera, helst tillsammans med några kamrater.

Heureka är till för alla elever och fysiken är huvudsaken. Därför hålls matematiken på enklast tänkbara nivå och uppdelningen mellan fysikens grundläggande och svårare stoff är tydlig.

Läromedlet består av läroböcker, webbstöd och lärarhandledningar för kurs A och B.

För mer information, besök www.heureka.nu. Där kan du också ladda ner smakprov från några kapitel. Vill du få nyheter via e-post om vår utgivning i fysik? Gå in på www.nok.se/laromedel, klicka på nyhetsbrev och anmäl dig.

Författare: Rune Alphonse, Lars Bergström, Per Gunnvald, Erik Johansson, Inger Kristiansen, Roy Nilsson

Heureka! från **NATUR** och **KULTUR**

Fysik för gymnasieskolan

Bokförlaget Natur och Kultur. Läromedelsinformation: Box 27 323, 102 54 Stockholm. Telefon 08-453 86 00. Fax 08-453 87 95.
Order/Kundtjänst: Förlagsdistribution, Box 706, 176 27 Järfälla. Telefon 08-453 85 00. Fax 08-453 85 20. info@nok.se www.nok.se

Nobelpris 2005

Roy Glauber och kvantoptikens födelse

Kungliga Vetenskapsakademien har beslutat utdela 2005 års Nobelpris i Fysik med ena hälften till Roy J. Glauber Harvard University, Cambridge, MA, USA "för hans bidrag till den kvantmekaniska teorin för optisk koherens" och med andra hälften gemensamt till John L. Hall JILA, University of Colorado och National

Institute of Standards and Technology, Boulder, CO, USA och Theodor W. Hänsch Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching och Ludwig-Maximilians-Universität, München, Tyskland "för deras bidrag till utvecklingen av laserbaserad precisionsspektroskopi, inkluderande den optiska frekvenskamstekniken"

Roy Glauber och Kvantoptikens födelse

Den ena hälften av årets Nobelpris i fysik går till *Roy J. Glauber* för hans pionjärbete att tillämpa kvantfysik på optiska fenomen. År 1963 redovisade han sina resultat; han utvecklade en metod för hur man kan använda elektromagnetisk kvantisering för att förstå optiska observationer. Han genomförde en konsekvent beskrivning av fotoelektrisk detektion med hjälp av kvantfältteorin. Nu kunde han visa att den "sammanbuntning" som R. Hanbury Brown och R. Twiss påvisat var en naturlig följd av att värmestrålningens intensitet varierar slumpartat. En idealisk koherent laserstråle uppvisar inte alls motsvarande effekt.

Men hur kan en ström av fotoner, oberoende partiklar, ge upphov till interferensmönster? Vi möter här ett exempel på kvantfenomenens dualism. Elektromagnetisk energi fortplantar sig i mönster som bestäms av klassisk optik. Sådana energifördelningar bildar landskap i vilka fotonerna kan fördelas. Dessa är enskilda individer, men de måste följa de banor som föreskrivs av optiken. Detta ger förklaring till termen kvantoptik. För låga ljusintensiteter kommer tillståndet att beskriva enbart ett fåtal fotoner. De enskilda partikelobservationerna kommer att bygga upp optikens mönster sedan ett tillräckligt antal fotoelektroner observerats.

Ett väsentligt drag i den teoretiska kvantbeskrivningen av optiska observationer är att, då en fotoelektron observerats, har en foton absorberats och fotonfältets tillstånd undergått en förändring. Då flera detektorer samordnas kommer systemet att bli känsligt för kvanteffekter, mer tydliga om bara några få fotoner finns i fältet. Experiment involverande flera fotodetektorer har senare genomförts, och de beskrivs alla av Glaubers teori. Glaubers arbete år 1963 lade grunden för den kommande utvecklingen inom det nya området kvantoptik. Det blev snart klart att den tekniska utvecklingen gjorde det nödvändigt att använda den nya kvantbeskrivningen av fenomenen.

En observerbar effekt av ljusets kvantnatur är motsatsen till

den nämnda sammanbuntning som fotoner uppvisar, så kallad "anti-sammanbuntning" (eng. anti-bunching). I vissa situationer kan fotonerna nämligen uppträda mer sällan i par än i en rent slumpartad signal. Sådana fotoner kommer från ett kvanttillstånd som över huvud taget inte kan beskrivas som klassiska vågor. En kvantprocess kan nämligen bereda ett tillstånd med väl separerade fotoner, i motsats till en helt slumpartad.

Kvantfysiken sätter de yttersta gränserna och lovar nya tillämpningar

I tekniska tillämpningar är kvanteffekterna ofta mycket små. Fältets tillstånd väljs så att det kan tillskrivas väldefinierade fas- och amplitudegenskaper. Även i laboratoriemätningar sätter kvantfysikens obestämdhet sällan gränsen. Men den osäkerhet som ändå finns uppträder som en slumpartad variation i observationerna. Detta kvantbrus utgör den slutliga gränsen för optiska observationers precision. I högupplösta frekvensmätningar, kvantförstärkare och frekvensreferenser kan till sist bara ljusets kvantnatur sätta en gräns för hur noggranna våra apparater kan bli.

Kunskap om kvanttillstånden kan även utnyttjas direkt. Då kan vi få helt nya tekniska tillämpningar av kvantfenomenen, t.ex. för att skapa säkert krypterade meddelanden inom kommunikation och informationsbehandling.

Roy J. Glauber är född 1925 och disputerade 1949 vid Harvard. Han är nu Mallinckrodt Professor i fysik vid Harvard.

Denna text är hämtad från den officiella presentationen på Nobelprize.org

Läs mer:

www.physics.harvard.edu/people/facpages/glauber.html

Advanced information on the Nobel Prizes in Physics 2005, Kungliga Vetenskapsakademien, www.nobelprize.org/physics/laureates/2005/phyadv05.pdf

Uveckling av nya atomklockor, frekvensnormaler och optiska urverk – bakom årets Nobelpris i fysik

Av Leslie Pendrill

Kungliga Vetenskapsakademien har beslutat utdela 2005 års Nobelpris i Fysik med ... andra hälften gemensamt till John L. Hall, JILA, University of Colorado och National Institute of Standards and Technology, Boulder, CO, USA och Theodor W. Hänsch, Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching och Ludwig-Maximilians-Universität, München, Tyskland "för deras bidrag till utvecklingen av laserbaserad precisionsspektroskopi, inkluderande den optiska frekvenskamstekniken"

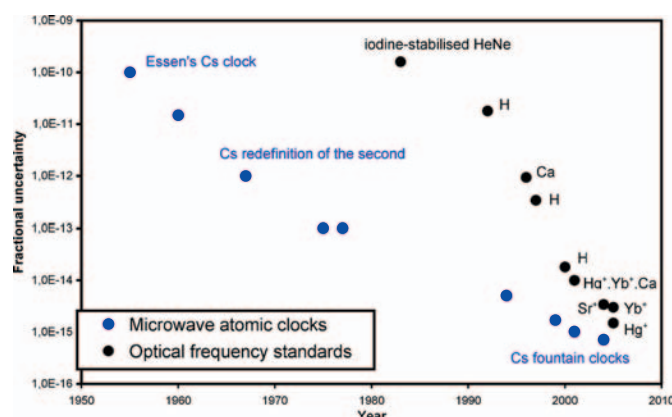
"A tous les temps, à tous les peuples". (Till alla tider, till alla folk.) Så dedicerades meterkonventionens prototyper 1799. Behovet av tillgång till de noggrannaste och mest universella måtten är lika aktuellt i det moderna samhället, där man kräver tillförlitliga mätningar som ger samma resultat oberoende av när och var mätningar utförs. Detta åstadkommes genom användning av det internationella måttsystemet SI, som omfattar basmätstorheterna (meter, kilogram, sekund, kelvin, candela, ampere, mol) samt de härledda storheterna. SI-systemet baseras på, och i sin tur stödjer kontinuerlig och långsiktig forskning inom grundläggande vetenskap och teknologi. Där finns många exempel, däribland ett antal Nobelpris i fysik, på hur grundläggande fysikforskning har lett till utveckling av SI-systemet och till spårbara mätteknik.

Trots att tid- och frekvensmätningar redan är människans noggrannaste och atomurens prestanda har förbättrats en häpnande fem tiopotenser de senaste 50 åren^{1,2} (figur 1), har internationell forskning under senare år påvisat möjligheten att i framtiden bygga frekvensnormaler som är upp till 1000 gånger mer precisa än dagens atomklockor. Utvecklingen av atomur har fört oss närmare visionen av absoluta och universella mått som uttrycks i meterkonventionens dedikation. Med den optiska frekvenskamstekniken, som belönats med årets Nobelpris har många fler laboratorier fått möjlighet att upprätthålla en noggrann frekvensnormal som kan kopplas direkt till definitionen av grundenheten sekund. "À tous les peuples"

Utvecklingen av nya primära klockor sker idag inom två parallella och till viss del likartade huvudspår – mikrovågs- respektive optiska atomur, som illustreras i figur 1.

Ett par anmärkningsvärda händelser sker just nu: dels håller optiska klockor att för första gången gå om mikrovågsur i noggrannhet. Sedan har tillkomsten av optisk-kam-teknologi inneburit att optiska och mikrovågsfrekven-

ser lätt kan jämföras, vilket bl a har uppmärksammats i årets Nobelpris i fysik³ Dessa framsteg ger förutsättningar för en ny epok i tid- och frekvensmetrologi där det kan bli aktuellt att så småningom införa en ny definition på SI-enheten sekund samt ta fram nya optiska sätt att distribuera noggrann tid och frekvens. Här beskrivs dessa utvecklingar.



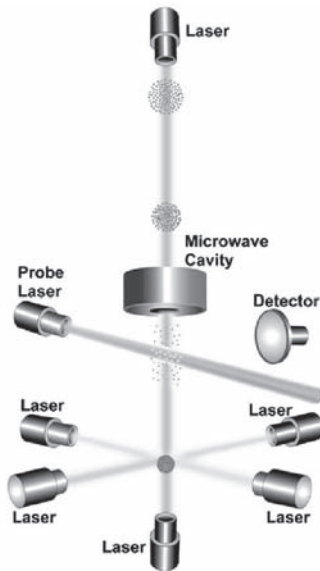
Figur 1 Förbättring av osäkerheter i atomur med tiden. baserad på http://physicsweb.org/objects/world/18/5/8/PWopt6_05-05.jpg

Utveckling inom mikrovågsbaserade atomklockor

Traditionellt har de noggrannaste atomuren huvudsakligen utvecklats vid mikrovågsfrekvenser (de blåa punkter i figur 1) och dit hör de klassiska cesiumuren och vätemasrar⁴, samt de uppmärksammade 'miniatyratomur'⁵.

Till de senast utvecklade och allra noggrannaste mikrovågsatomuren hör sk fontänklockor⁶. I grunden är dessa snarlika klassiska cesiumatomur med följande skillnader: Ett första steg är att vrida uret till vertikal led och ersätta den termiskt uppvärmda ugnen som alstrar atomstrålen med ett mycket kallt moln av i stort sett stillastående atomer, åstadkommet med laserkyllning⁷ med tre par infrarödlaserstrålar (figur 2). En fontän av (t ex cesium-) atomer skapas sedan med hjälp av den vertikala laserstrålen som 'knuffar' atomer ur molnet uppåt med en hastighet av endast några meter per sekund. Liksom i konventionella cesiumur, är det resonansfrekvensen⁸ hos cesiumatomen exciterad av mikrovågsstrålning som utgör basen för dess noggrannhet. Fontänen ger bättre noggrannhet än tidigare cesiumur tack vare dels en längre löptid för atomer mellan de två koherenta 'Ramsey'⁴

mikrovågsbestrålningar som sker i fontänen för varje atom på väg upp och ned i jordens tyngdkraft samt utnyttjandet av endast en resonant mikrovågskavitet i stället för två.



Figur 2: Principskiss för en mikrovågsbaserad atomklocka, en så kallad "cesiumfontän", som utvecklas på NIST (<http://tf.nist.gov/timefreq/cesium/fountain.htm>) i USA.

Utveckling av atomklockor enligt fontänprincipen görs också för andra atomer vid sidan av cesium. Det har visat sig att rubidiumfontäner har klara fördelar t ex när det gäller att minimera de felkällor som kan uppkomma när atomer – trots, eller rättare sagt på grund av, de låga atomära hastigheterna, ändå kolliderar med varandra.

En annan grupp av noggranna mikrovågsklockor baseras på joner som fångas i en elektromagnetisk fälla⁴ efter laserkyllning. Det har dock visat sig svårt att tävla med fontänklockorna, eftersom det inte har gått att reducera rörelserna hos joner i fällan tillräckligt mycket för att minimera Stark-skift av resonansfrekvenser som därmed begränsar jonfällklockornas yttersta prestanda.

Utvecklingen inom optiska frekvensnormaler

Parallellt pågår utvecklingen av nya optiska atomur (figur 1). Återigen är det resonansfrekvensen hos atomerna exciterad av elektromagnetisk strålning som utgör basen för dessa klockors noggrannhet, men i optiska ur utnyttjas ljus från lasrar i stället för mikrovågsstrålning. Till denna grupp hör till exempel de molekylstabiliserade gaslasrarna som används vid realiseringen av SI-metern (He-Ne i figur 1), samt en mångfald avstämbara lasrar i resonans med fundamentalt intressanta atomer som exempelvis väte (H i figur 1).

Tack vare deras betydligt högre (cirka 50000 gånger) frekvenser, utlovar optiska klockor bättre noggrannhet i jämförelse med traditionella atomklockor som baseras på mikrovågor – oscillatorns Q -värde är helt enkelt potentiellt 50000 gånger större vid optiska frekvenser för en given linjebredd.

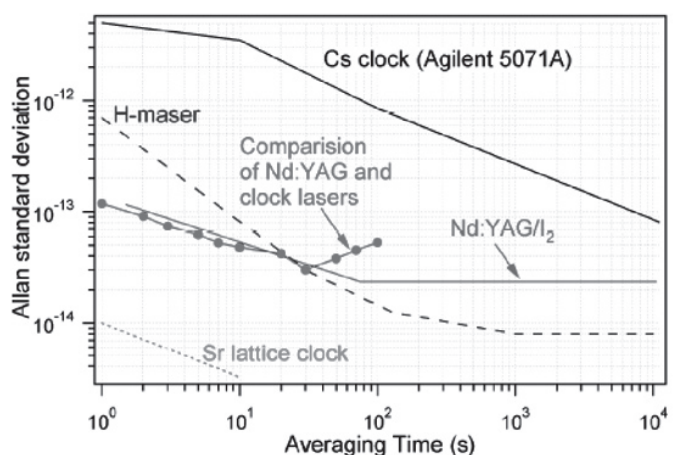
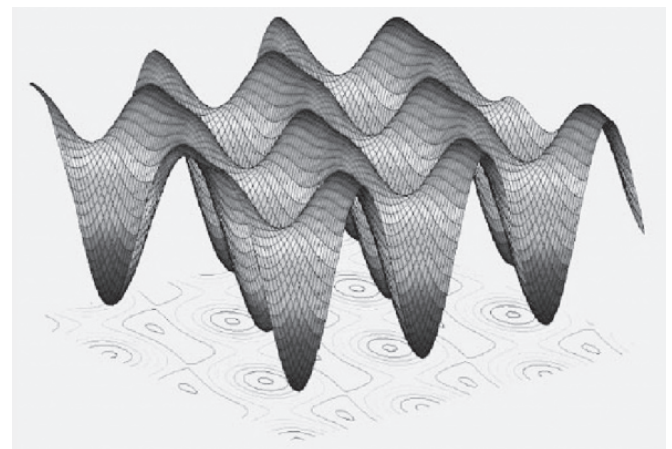
Även om exempelvis fontänklockor verkar fortsätta nå allt högre noggrannhetsnivåer enligt figur 1, menar somliga att gränsen är snart nådd för vad mikrovågsklockor kan förmå

– man får vänta opraktiskt länge med en mikrovågsklocka för att observera tillräckligt många svängningar för att nå samma relativa noggrannhet som för motsvarande optiska ur.

Optiska klockor har dock fram till nyligen varit svårare att framställa med en noggrannhet som kan tävla med mikrovågsklockorna, framförallt på grund av effekter som begränsar klockans prestanda, som spontanemission och Dopplereffekten hos atomerna/ionerna, är i regel större vid de högre optiska frekvenserna, samt svårigheten att framställa tillräckligt stabila lasrar⁹.

Det finns två huvudsakliga kategorier av optiska atomur: den ena baseras på joner som fångas i elektromagnetiska fällor efter laserkyllning, medan den andra gruppen utgörs av neutrala atomer som fångas med laserkyllning. Att man har kommit längst när det gäller jonoptiska ur understryks av att man i år för första gången¹⁰ har nått en bättre noggrannhet än de bästa mikrovågsklockorna.

Det är svårare att fånga neutrala atomer och den uppmärksamade Bose-Einsteinkondenseringen¹¹ har inte hittills lett till bättre atomur, där växelverknings mellan atomer stör noggrannheten. En ny teknik, där neutrala atomer fångas i ett optiskt gitter (figur 3), är dock lovande¹². Med rätt kylning och stabilisering samt en noggrann frekvensräkning så kan dessa nya klockor leda till helt nya noggrannhetsnivåer



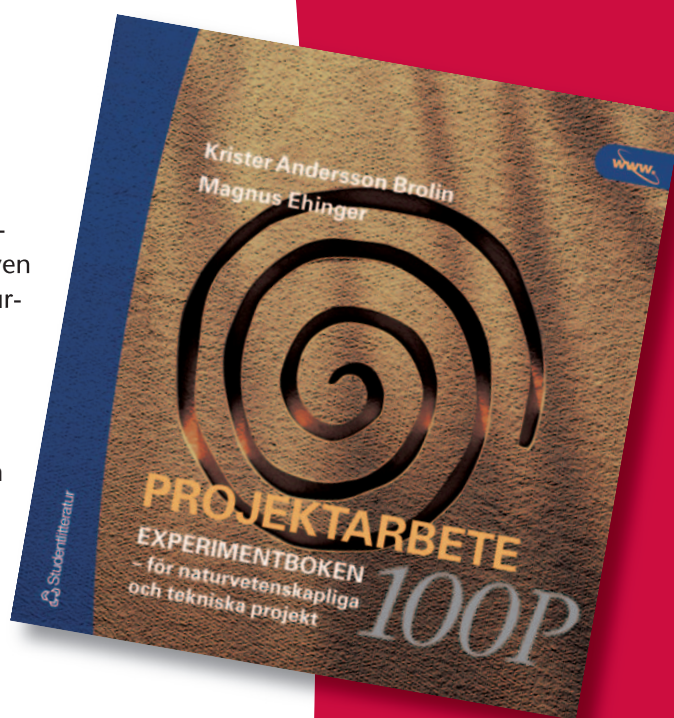
Figur 3 Optiska-gitter klockor¹⁶

För "forskare" på gymnasienivå

Experimentboken är ett praktiskt verktyg för de elever som väljer att göra projektarbeten med en experimentell karaktär.

Boken ger en handfast vägledning genom projektet och eleven kan koncentrera sig på själv kärnan: experimentet och utvärderingen av experimentet. Dessutom får eleven en första inblick i vetenskapsteori och naturvetenskaplig metodik.

Mer information och ett kapitel ur boken finner du på www.studentlitteratur.se/experimentboken



Projektarbete 100P – Experimentboken

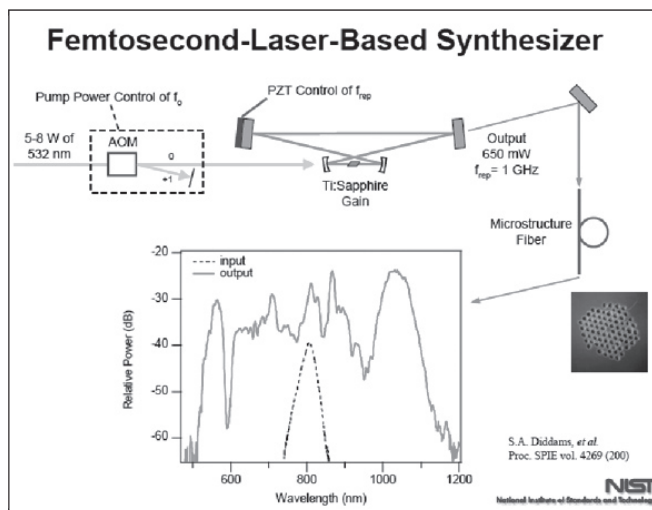
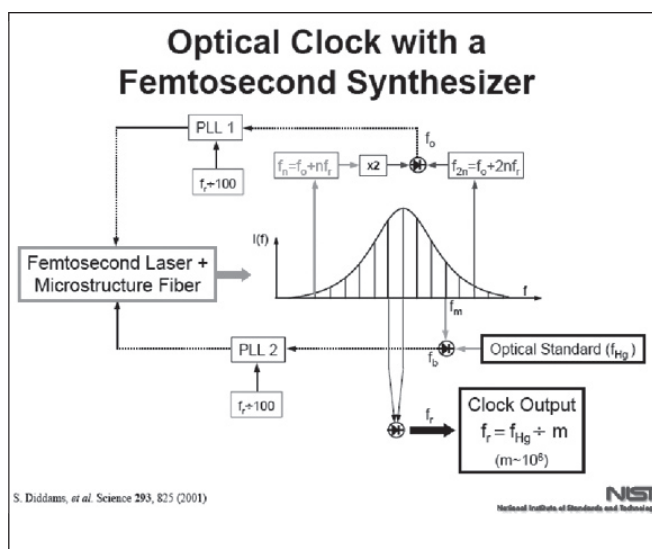
av Krister Andersson Brolin och Magnus Ehinger

Art.nr 31844 • 120 sidor • 130 kr exkl. moms

Studentlitteratur Skola och vuxenutbildning, Box 141, 221 00 Lund.
Ordertelefon 046-31 22 00, orderfax 046-30 59 03.
order.skolvux@studentlitteratur.se
www.studentlitteratur.se

Den optiska kammen

En tredje utveckling inom tid- och frekvensmetrologi är av optiskkam-teknologi¹³ och det är framförallt denna som är omnämnd i den del av årets Nobelpris i fysik som tilldelas Hall och Hänsch. Även om såväl optiska som mikrovågs-klockor har utvecklats, som beskrivit ovan, med många potensers noggrannhet, har det inte tidigare varit lätt att bestämma en optisk frekvens med spårbarhet till de mikrovågs-frekvenser som ingår i definitionen av SI-sekunden. Innan kammen uppfanns, var det endast vid ett par tillfällen som man, med hjälp av en oerhört komplicerad och svårhanterlig kedja¹⁴ av masrar, lasrar och frekvensmultiplikationer, överhuvudtaget hade lyckats brygga mellan mikrovågsfrekvenser och de betydligt högre optiska frekvenserna (bland annat vid fastläggningen av ljusets hastighet till en konstant i samband med den senaste omdefinieringen av SI-metern 1983¹⁵). Man trodde under många år att de noggrannaste optiska frekvenser mätningarna skulle göras med smalbandiga, monokromatiska lasrar som lyser kontinuerligt.



Figur 5 En optisk kam¹⁷

Den optiska kammen utgör 'urverket' med vilket optiska och mikrovågsfrekvenser kan jämföras med nästan ofattbar noggrannhet: Experiment¹⁶ har visat kammens inbördes noggrannhet till att vara bättre än 10^{18} ! Kammen baseras, överraskande nog, inte på en kontinuerligt strålade laser, utan på dess raka motsats, nämligen en ultrasnabbt pulsad, s.k. modlöst laser¹⁷ (figur 4). På grund av Fourier-breddningen som förknippas med de femtosekund-korta laserljuspulserna, är kammens spektrum nästan lika brett som hela det synliga spektret. Nyckeln till den optiska kammen är dock den höga koherensen som, tack vare laserns modlåsning, skapas mellan varje laserpuls i tidsplanet. Koherensen leder i sin tur i frekvensplanet till en 'kam' av tusentals, mycket välbestämda laserfrekvenser separerade med exakt en och samma mikrovågsfrekvens som används för laserns modlåsning. Om modlåsningens frekvensen alstras av ett mikrovågsatomur, så kan hela kammens optiska spektrum framräknas som enkla och exakta multiplar av mikrovågsfrekvensen med spårbarhet till SI-sekunden. (Om kammens spektrum breddas ytterligare, t.ex. med icke-linjära optiska effekter i en speciell 'fotonisk kristall' fiber, till att täcka en hel oktav av det optiska spektret, kan även kammens 'origo' entydigt bestämmas.) Nu kan en godtycklig laseroscillators frekvens enkelt bestämmas genom heterodyn ('svävnings'-) spektrosopi mot en 'tand' av kammen som ligger närmast – t.ex. har lasern¹⁸ vid 472 THz som används vid SP för realiseringen av SI-metern i Sverige uppmätts inom några kHz vid BIPM.

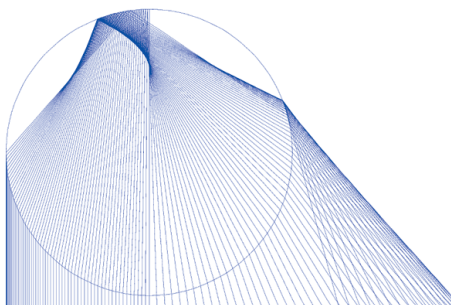
Kombinationen av optiska klockor som nu når allt högre noggrannhet och tillkomsten av den optiska kammen innebär att steget mot att ersätta nuvarande SI-sekund-definitionen med en optisk-baserad definition ligger allt närmare.

Men kammen för även med sig andra möjligheter inom tid- och frekvensmetrologi: den höga koherensen mellan varje ljuspuls från den modlåsta lasern innebär att kammen utgör en primär referens, inte endast för frekvens men även för optisk fas. När klockor skall synkroniseras 'på avstånd' genom ett medium – en vät eller laddad atmosfär som i satellittidsöverföring eller en nedgrävd optisk fiber¹⁹ – kan den optiska kammen användas för att 'kalibrera' inte endast frekvensbrus²⁰ men även fasbrus som uppstår vid kommunikation av tidsignalerna. För fullständig synkronisering av klockor vid tidsdistribution, krävs uppmätning, kontroll och kompensering av båda fas- och frekvensfel över ett helt spektrum hos såväl klockorna som i kommunikationsmediet. Forskning bedrivs bl.a. vid SP Mätteknik i Borås inom detta som utgör de första steg i en studie av nästa generation av noggrann klocksynkronisering²¹.

Leslie Pendrill, Leslie.Pendrill@sp.se, är forskningschef vid Sveriges nationella metrologiinstitut vid SP i Borås www.sp.se/metrology, som har uppdraget att ansvara för landets primära mätnormaler och tillhandahåller spårbar mätteknik. Han är också ordförande i IUPAPs kommitté C2, SUNAMCO – Symbols, Units, Nomenclature, Atomic Masses and Fundamental Constants.

Referenser

- 1 "Atomic physics and the laser metrology of time and length" L R Pendrill and L Robertsson 1998 Adv. Quantum Chemistry 30, 445 – 468;
- 2 "Optical clocks", P Gill and H Margolis 2005, *PhysicsWorld*, , <http://physicsweb.org/articles/world/18/5/8>
- 3 <http://nobelprize.org/physics/laureates/2005/index.html>
- 4 <http://nobelprize.org/physics/laureates/1989/>
- 5 <http://tf.nist.gov/ofmlsmallclock/>
- 6 <http://opdaf1.obspm.fr/www/fontaine/publications.html>
- 7 <http://nobelprize.org/physics/laureates/1997/>
- 8 Hyperfinstrukturen i grundtillståndet av ^{133}Cs -atomen vid cirka 9 GHz
- 9 W.H. Oskay, A. Bartels, S.A. Diddams, C.W. Oates, G. Wilpers, L. Hollberg, D.J. Wineland, W.M. Itano, C.E. Tanner, and J.C. Bergquist, "The mercury-ion optical clock: Towards a measurement of the quadrupole shift," Proc. 18th European Frequency and Time Forum, (CDROM), (2004)
- 10 H S Margolis et al. 2004 Hertz-level measurement of the optical clock frequency in a single $^{88}\text{Sr}^+$ ion Science 306 1355
- 11 <http://nobelprize.org/physics/laureates/2001/>
- 12 Masao Takamoto, Feng-Lei Hong, Ryouichi Higashi and Hidetoshi Katori 2005, "An Optical Lattice Clock." *Nature*, 435, 321 (2005); <http://www.opticsinfobase.org/abstract.cfm?id=84673>
- 13 Th Udem, R Holzwarth and T W Hänsch 2002 "Optical frequency metrology" *Nature* 416 233; S T Cundiff, J Ye and J L Hall 2001 "Optical frequency synthesis based on mode-locked lasers", *Rev. Sci. Instr.* 72, 3749 - 71
- 14 K M Evenson, J S Wells, F R Petersen, B L Danielson and G W Day 1973, *Appl. Phys. Lett.* 22, 192
- 15 http://www.bipm.org/en/si/history-si/evolution_metre.html
- 16 L S Ma et al. 2004 "Optical frequency synthesis and comparison with uncertainty at the 10^{-19} level" *Science* 303 1843
- 17 S Diddams et al. 2001, *Science* 293 825
- 18 L R Pendrill 1988 "Laser measurement station for the maintenance of the national unit of length" (in Swedish) Technical Report SP-RAPP 1988:01, National Testing Institute, Borås, Sweden.
- 19 J. Ye, J.-L. Peng, R. J. Jones, K. W. Holman, J. L. Hall, D. J. Jones, S. A. Diddams, J. Kitching, S. Bize, J. C. Bergquist, L. W. Hollberg, L. Robertsson, and L.-S. Ma, "Delivery of high-stability optical and microwave frequency standards over an optical fiber network," *J. Opt. Soc. Am.* 20, 1459-1467 (2003).
- 20 H Inaba, S Yanagimachi, F-L Hong, A Onae, Y Koga and H Matsumoto 2004 "Stability degradation factors evaluated by phase noise measurements in an optical-microwave frequency link using an optical frequency comb", (NMIJ), CPEM 2004
- 21 R. Emardson, P.O. Hedekvist, M. Nilsson, S.C. Ebenhag, K. Jaldehag, P. Jarlemark, J. Johansson, L. Pendrill, C. Rieck, P. Löthberg and H. Nilsson 2005, "Time and Frequency Transfer in an Asynchronous TCP/IP over SDH-network Utilizing Passive Listening", *Precise Time and Time Interval Conference*, Vancouver, B.C. 2005.



Fysiktävling 2006

FYSIKTÄVLINGEN arrangeras av Svenska Fysikersamfundet och stöds ekonomiskt av Chalmers tekniska högskola, Göteborgs universitet, Erna och Victor Hasselblads stiftelse, Kungl. Tekniska Högskolan, Ljungbergsfonden och Physica Scripta. Tävligen riktar sig till elever som har läst kursen Fy A och större delen av kursen Fy B.

Kvalificerings- och lagtävling den 2 februari 2006

Tävlingen utgör dels en lagtävling där skolornas tre bästa deltagare utgör laget, dels en uttagningsävling där de 10–15 bästa tävlande får åka till finalen i Göteborg.

Finaltävling 19–20 maj 2006

Finaltävlingen äger rum i Göteborg och prisutdelningen sker i samband med Fysikens dag.

Skicka anmälan via e-post till
mona.engberg@edu.borlange.se

Ange kontaktperson, skola samt E-postadress till kontaktpersonen.

Anmälan bör skickas senast 16 januari 2006 (gärna tidigare).

Kontaktpersonen på en anmäld skola får senast 26/1-06 tävlingsmaterial via e-post. Tävlingsmaterialet skall behandlas konfidentiellt fram till tävlingsdagen. Texten kopieras till de deltagande eleverna på respektive skola. (Maximalt 15 deltagare från varje skola.) Till sammans med tävlingsmaterialet kommer också instruktioner för tävlingen.

Tävlingstiden är 5 timmar – förslagsvis kl 8.30–13.30. Grafisk räknare och sedvanlig formelsamling är tillåtna hjälpmedel.

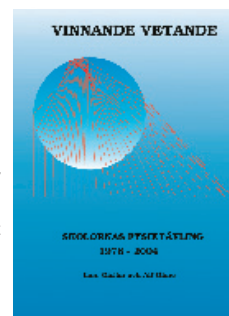
Boken "Vinnande Vetande. Skolornas fysiktävling 1976 – 2004" av Lars Gislén och Alf Ölme kan beställas genom att skicka ett e-brev till samfundets ordförande Bjorn.Jonson@fy.chalmers.se, och samtidigt insända betalning till Fysikersamfundets postgiro 26 83 -1. Boken kostar 370 kronor inbunden, 270 kronor häftad. För porto och emballage tillkommer 50 kronor.

Lösningar till problemen publiceras snarast efter rättningen på Svenska Fysikersamfundets hemsida, <http://www.fysikersamfundet.se>

Gamla tävlingsuppgifter och lösningsförslag finns i den av Svenska Fysikersamfundet utgivna boken "Vinnande vetande. Skolornas fysiktävling 1976 – 2004" av Lars Gislén och Alf Ölme.

Väl mött till en traditionsrik och utmanande tävling!

Svenska Fysikersamfundets undervisningssektion



ergo

FYSIK

Naturvetenskap och Teknik kurs B

Vill du veta mer eller beställa? Kontakta vår kundtjänst
Liber, 162 89 Stockholm. Tel: 08-690 93 30, fax: 08-690 93 01/02
E-post: kundtjanst.liberab@liber.se eller direkt på www.liber.se

Nyhet!

www.liber.se/ergofysik

Här får du fri tillgång till extramaterial i PDF-format:

- Upplägg och bakgrundsfakta till kapitlen i B-boken
- Elevexperiment
- Ledningar och lösningar
- Kompletterande material och artiklar
- Extrauppgifter



Liber

en del av Wolters Kluwer

Fysikolympiad

2005

Av Hans-Uno Bengtsson och Max Kesselberg

Årets fysikolympiad, den trettiosjätte i ordningen, arrangerades av Spanien i den anrika staden Salamanca. Dess universitet grundades redan 1218 och är ett av Europas äldsta. Drygt 350 deltagare och 160 ledare från 77 länder hade mött upp. Vi hade våra dubier ifråga om den spanska synen på logistik, speciellt som olympiaden de senaste åren sköts av asiaterna vilka definitivt höjt ribban. Men våra tvivel kom på skam och redan på Madrids flygplats slussade vi av en mottagningskommitté till ett VIP-rum där vi förplägas mat och dryck innan 20-milafärden med buss till Salamanca anträdde.

Staden ligger på en torr och gulbrun högplatå och inte för rän man är nästan framme ser man floden och kringliggande konstbevattnade åkrar. Stadens placering likt en oas mitt i ödemarken får därmed sin förklaring. Utöver universitet är den gamla stadskärnan väl bevarad och dess kronjuvel "Plaza Mayor" är stråt vassare än t ex Bryssels "Grand Place". På och runt detta magnifika torg pågår ett intensivt natt- och nöjesliv, som från upphöjda positioner övervakades av ett inte ringa antal storkpar.

Som vanligt bodde de tävlande i sommartomma studentrum och ledarna på hotell, ett sätt att reducera fusk spetsat med att de förras mobiltelefoner beslagas. I de konferensväskor med informationsmaterial vi fick låg också boken Don

Quixote, på spanska, för att uppmärksamma fyrahundra årsjubileet av utgivningen.

Invigningen var som vanligt pampig och nationerna tågade in en efter en i Salamancas kongresspalats. Vi sägs leva i kunskapssamhället något som man tagit på allvar i Asien, men som för många politiker annorstädes endast är retorik. Den spanska utbildningsministern var dessvärre bortrest, men hade spelat in ett anförande på video, vilket tyder på ett större engagemang från politiskt håll för olympiaden än brukligt i Västeuropa.

Efter en kortare stadstur vidtog diskussionerna och översättningen av det teoretiska provet. Dessa drog ut på tiden och vi noterade ett bottenrekord genom att inte vara färdiga förrän klockan fyra på morgonen. Dagen därpå besökte vi städerna Segovia och La Granja och till lunch fick vi helstekt spädgris och hade då turen att få knorren.

Dagen avslutades med en sprakande flamencoshow varpå rättningsarbetet vidtog. De återstående dagarna följde det vanliga programmet (se Fysikaktuellt nr 4, 2004) med genomgång av den experimentella uppgiften, översättning, rättning och moderering samt prisutdelning interfolierat med utflykter, föredrag och musikarrangemang.



Kocken delade upp spädgrisen med att hugga kraftigt med en tallrik som han sedan slängde i golvet. Den hukande damen sopar upp tallrikssplittret. Restaurangen hade bl a besökts av Julio Iglesias och denna lokala specialitet hade förärats en staty.



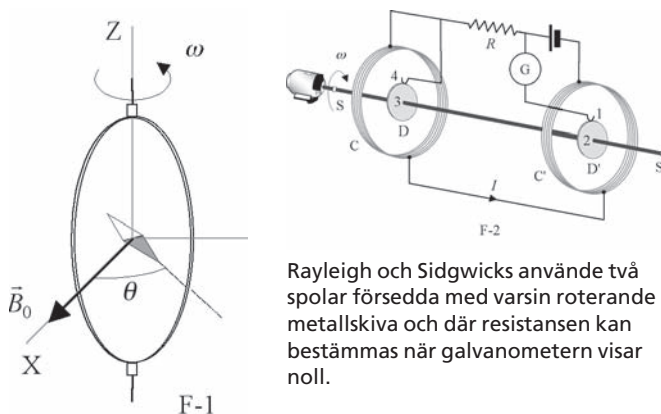
Uppgifterna

Som vanligt ganska knepigt för gymnasister och delar av problemen passar bättre inom högskolans olika kurser.

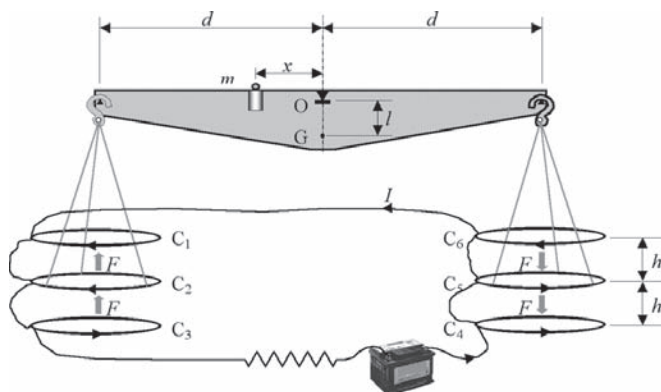
Teoriuppgift 1, var en variant på tvåkropparproblemet med en geosynkron satellit i en cirkulär bana. Som hjälp gavs uttrycken för banan, excentriciteten och halva storaxeln i polära koordinater.

De sedvanliga banparametrarna skulle beräknas inklusive uttryck för satellitens rörelsemängd och energi. Sedan försvårades tillvaron av att satellitens raketmotor av misstag gav ekipaget en kort men dock radiell acceleration och återigen skulle ett antal banparametrar, flykthastighet mm bestämmas. Förmågan att behandla polära koordinater var avgörande.

Teoriuppgift 2 avsåg bestämningen av absolut standard för resistans och strömstyrka med tre metoder från 1800-talet.



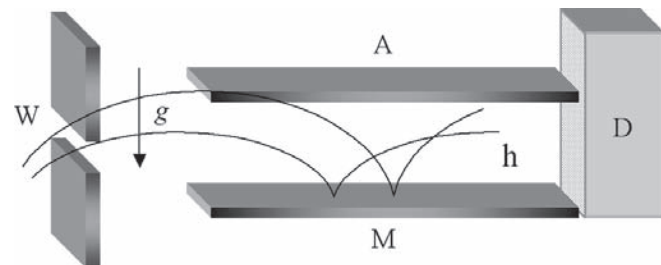
Först studerades Kelvins metod med magnetnål i centrum av en kortsluten roterande strömgenomfluten platt spole, där resistansen kan uttryckas i den vinkel som nålen vrids när slingan roterar snabbt.



Kelvins strömvåg från 1882 har rörliga spolar C2 och C5 och med den lilla vikten kan jämvikt fås och därmed strömstyrkan.

I alla tre fallen begärdes härledning av tillhörande uttryck, ibland i steg för att lotsa olympianden mot målet. Återigen viktigt att behärska sin algebra

Teoriuppgift 3 behandlade mycket kalla (peV) neutroner i ett tyngdkraftfält, en riktigt innovativ uppgift inspirerad av ett experiment från 2002. [Nesvizhevski et al. "Quantum states of neutrons in the Earth's gravitational field", Nature 415 (2002). Se även Nuclear Physics News Vol. 13 No 2, 2003].

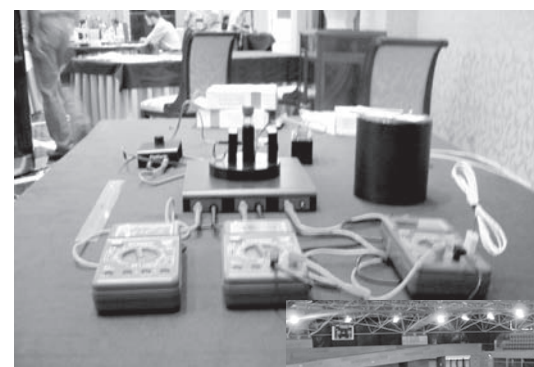


In från vänster kommer partiklar med olika hastigheter och de kan absorberas av A, reflekteras av M och räknas om de når D. Först skulle villkoret för klassiska partiklar tas fram för vilka vertikala hastigheter som var möjliga för att nå D, kavitetens minsta längd för att övriga skulle absorberas samt antalet partiklar per tidsenhet (N_h) som når D. N_h växer förstås monotont med höjden h för klassiska partiklar.

För kalla neutroner däremot, uppmättes istället platåer som började vid olika h -värden.

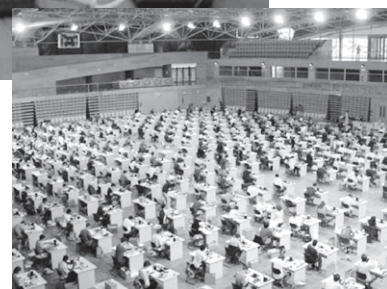
Med hjälp av en given kvantmekanisk modell för väteatomer skulle dessa höjder och motsvarande energier beräknas, samt en minsta längd för kaviteten bestämmas. Vidare gavs uttrycket för "neutronvågens" amplitud för att kunna jämföra N_h med motsvarande kvantmekaniska uttryck. Här fegade dessvärre internationella kommittén ur och efter långa diskussioner uteslöts den sista deluppgiften.

Den **experimentella uppgiften** gick ut på att bestämma Plancks konstant med hjälp av en glödlampa och en fotoresistor. Som alltid när verkligheten är inblandad blir det besvärligt och krävs precision krävs också adekvat utrustning. Se bilden nedan.



Utrustningen i närbild och till höger i operativt läge för omkring 350 tävlande.

Maffigt med ca 1000 multimetrar.



Plancks strålningslag gavs. För att kunna försumma "1:an" i nämnaren ordnas "monokromatisk" strålning i korta våglängdsdelen via ett filter som skär bort allt utom några tiotal nanometrar runt 590 nm. Absoluta temperaturen för glödtråden ges via ett empiriskt samband som funktion av dess resistans och likaså ges ett empiriskt samband mellan belysningen och fotoresistorns resistans. Givet att belysningen på fotoresistorn är proportionell mot energitätheten behöver man "bara" göra ett par kalibreringar med hjälp av multimeterrarna för att bestämma de olika konstanterna i de empiriska sambanden. Det låter enkelt, men det var icke fallet.

Närmare beskrivning av uppgifterna finns på <http://www.ipho2005.com/>.

Segrade gjorde en ungrare, följd av asiater och några östeuropéer till. Ungern lyckades dessutom få in tre bland de trettio främsta. Kina hade "bara" lika många, och även Iran och Ryssland sviktade detta år.

Sverige fick inte heller i år någon medalj eller något hedersomnämmande, utan återigen var Finland och Danmark bättre. En tydlig orsak är oförmågan att manipulera olika algebraiska uttryck. Vi tar dock nya tag i Singapore 2006. ■



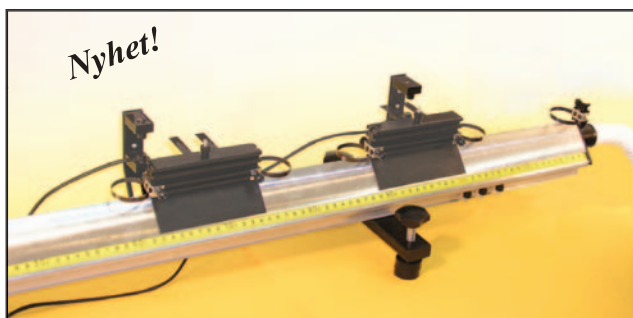
Det svenska laget medurs från vänster Joachim Lublin, Erik Edlund, Ulf Lundström, Håkan Terelius och Tony Stillfjord



13-001150 2640:-
STRÖMFÖRSÖRJNING LAB
Likspänning: 0-25V, max 5A
Växelspänning: 0-25V, max 5A
Digital visning av spänningen.
Steglöst aggregat med automatisk termosäkring.

13-001118 4510:-
STRÖMFÖRSÖRJNING ES 6AAC/DC,
Stabiliserad, kontinuerligt varierbar
likspänning 0 - 25 V, max 6 A. Kontinuerligt varierbar växelspänning 0 - 30 V, max 6 A. Digital display för spänning eller ström. Kortslutnings-säkrat likströmsuttag, växelströmsuttag med automatsäkring. Utmärkt nätaggregat för såväl elever som lärare.

13-001117 4510:-
STRÖMFÖRSÖRJNING ES 6AAC/DC
Samma som 13-001118 men med analog visning.



07-200500 1400:-
07-200400 1450:-
06-200600 1450:-
LUFTKUDDEBANA MED VAGNAR MM.
BLÄSARE
KORTTIDSRÄKNARE, 10^{-6} s



13-003003 835:-
STRÖMFÖRSÖRJNING 30V, 3A
Kontinuerligt varierbar likspänning max 3 A.
Digital visning av spänning och ström.
Med grov- och fininställning av både spänning och strömbegränsning.



13-001502 480:-
STRÖMFÖRSÖRJNING 15V, 2A
Kontinuerligt varierbar likspänning 0-15V, max 2A.
Analog visning av spänning och ström.
Dimension: 200x120x210 mm
Vikt: 2,7 kg

Här kan vi erbjuda en ny luftkuddebana med timer, fotoceller och blåsare för endast 4.300:-.

Kan användas som demonstrationsmaterial på högstadienivå samt för laborationer på gymnasienivå. Mycket lättanvänt försöksmaterial.



Zenit ab Läromedel
Box 54, 450 43 Smögen
Tel: 0523-379 00 Fax: 0523-300 66
e-post: zenit@zenitlaromedel.se
www.zenitlaromedel.se

Einstein

– our student

Av Robert A. Naumann and H. Henry Stroke

The centenary of the "*anno mirabilis*", the year of Albert Einstein's three fundamental papers that 1) confirmed the atomicity of nature by accounting for Brownian motion, 2) introduced the light quantum to explain the photoelectric effect, and, of course, 3) the special theory of relativity, with its postulate that the speed of light, c , is a constant as seen in all Galilean frames of reference, *i.e.* frames of reference that move at constant velocity relative to each other. The consequences, time dilation and length contraction when observing events in such frames of reference are known to all students of physics, as is the relation, $E = mc^2$, known to the entire world, with all its beneficial and destructive consequences.

This year is also the semi-centenary for a memorable visit with Einstein that we had shortly before he died. Over the years, we have recounted this event [1], but on the occasion of the year-round Einstein celebrations we succumb to this task once again – particularly, as was pointed out to us, because the number of people who have known him personally represents a diminishing breed!

ABMR

As our encounter dealt with atomic clocks, we first give some appropriate physics background on the experiment that led us to Einstein. Our tutorial takes us back another quarter of a century. In 1930, I.I. Rabi started molecular beam experiments at Columbia University in New York. He was inspired for his work by Otto Stern (*cf.* Stern-Gerlach experiment): the simplicity of being able to

study single atoms or molecules had great appeal for Rabi. Following the unsuccessful attempts by Cornelius Jacobus Gorter to observe nuclear magnetic resonance in a solid [2], Rabi devised a molecular beam magnetic resonance method [3] – later also applied to atoms – the "atomic beam magnetic resonance" (ABMR) method. In this method, the beam of atoms issuing from a source (oven, electric discharge tube, etc.) traverses a vacuum can and reaches a detector. Here the neutral atoms are ionized by surface ionization or electron bombardment, and the ion current measured with a sensitive electrometer or, later, by use of an electron multiplier. (In the case of negative ions, a mass spectrometer was additionally used to discriminate against electrons.) In the intervening region there are two inhomogeneous magnets, (A, B), set in opposite directions. Their fields, through interactions with the magnetic moment of the atoms in the beam, exert transverse forces. The cancellation of the forces in the two fields causes the atoms to be refocused on the detector. Between the A and B magnets is placed a homogeneous magnet, (C), in which (as suggested in Gorter's work) is inserted a wire loop to allow the superposition of a transverse rf field. The rf can cause transitions between appropriate magnetic sublevels of the atom or molecule, changing the *sign* of the effective magnetic moment, thereby causing a cumulative *addition* of the deflection produced by the A and B fields. Thus, when the rf frequency is resonant with the energy difference between the sublevels (or hfs levels), a decrease in the detected

beam intensity is observed. (This is the so-called "flop-out" method.)

Separated oscillating fields

Two important modifications were introduced to this basic setup. First, Jerrold Zacharias turned the A and B magnets to be in the same direction. Thus, in the absence of resonance, there are no atoms reaching the detector: the consequent *signal-to-noise ratio* is significantly improved. This is the "flop-in" technique. The second major advance was due to Norman Ramsey with his *separated oscillating field method*. For the atoms at hand, the "natural" lifetimes (by spontaneous radiation) in hfs are exceedingly long, and the associated line widths are negligible. The frequency width of the resonance, $\Delta\nu$, is limited by the transit time, t , of the atoms of velocity v through the rf interaction region of length ℓ . A Fourier transform, Heisenberg uncertainty principle (with $\Delta t = \ell/v$), or a more detailed calculation gives $\Delta\nu = 1.07 \alpha/\ell$, where $\alpha = \sqrt{2kT/m}$ is the most probable atom velocity in the source, and $v_B = 1.22\alpha$ that in the beam. T is the source



Jacqueline Cohen-Tannoudji, Norman och Ellie Ramsey. (Foto, H.H. Stroke)

temperature, and m the mass of the atom or molecule. Obviously, to get higher precision, we need to make ℓ very long. But then arises the problem of making the C field, B_C , very homogeneous over a great length, which, in practice, is hard to do sufficiently well. Ramsey's method consists in having two rf regions of small length, ℓ , one at each end of the magnet, with a large separation, L , between them. This requires only equal fields over the two rf regions, and the *average* value of B_C in the intervening region to be equal to them. Basically, this corresponds to a two-slit interference pattern, with $\Delta v \sim v/L$.

Gravity, time and fountain clocks

This has now laid the foundations for a high-precision experiment, initially considered before World War II by Rabi, to measure the gravitational red shift of photons predicted by Einstein,

$$\frac{\delta v}{v} = - \left(\frac{Gm_e}{c^2 r_e^2} \right) z \approx 10^{-16} z,$$

G , gravitational constant, m_e , r_e , earth mass and radius, z , altitude difference, in metres. For an envisaged pair of experiments, one at sea level, a second in the Alps, say at 1000-m altitude, this would represent a frequency shift of $\approx 10^{-13}$, a measurement possible with ABMR. For this particular application, Zacharias, at MIT, conceived a "fountain clock", a *vertically* set ABMR apparatus. For the cesium atoms to be studied, $v_B \sim 200$ m/s at roughly room temperature. If we were to use the slow atoms of the Maxwellian velocity distribution, with somewhat under $(1/20) v_B$, these atoms, decelerated by gravity, would come to a stop at a height of ≈ 5 m. With the first "Ramsey" rf loop on the way up, the second on the way down, an interaction time of 1 second would give a resonance with width ~ 1 Hz at the cesium hfs transition frequency of ≈ 9.2 GHz. If the frequency is measured to a precision of 10^{-3} , we are in the range of the possible detection of Einstein's gravitational red shift! [Alas, this did not work. As found out by Rainer Weiss, who is presently searching for quite a different gravitational effect, namely *waves*, with the Laser Interfero-

meter Gravitational-Wave Observatory (LIGO), the slow atoms never appeared in the observed atomic beam – they were scattered out by their faster companions!].

The above is the substance of a Physics Department "Journal Club" talk that one of us (HHS), a fresh postdoc from MIT at Princeton University, presented in early 1955. There was interest in hearing about the "fountain-clock" experiment and the potential test of this Einstein work. A few days later, RAN, then a young instructor in Physics and Chemistry, approached HHS, informing him that Einstein had heard of this talk, and would HHS be willing to come to see him to talk about the experiment? What a question! The invitation was for early April, and the first reaction of HHS was that it was 'a good April Fool's joke'. It was not. The thread to Einstein may appear somewhat circuitous, but since it sets a little of the Einstein scene in Princeton, we choose to recount some of it.

Princeton

To the careful reader, this is seen to be the year of $n \times$ (quarter century) anniversary for a number of events. Yet another one is the founding of the Institute for Advanced Study in Princeton in 1930. Major funding was by Louis Bamberger, the owner of the large department store (now no longer in existence), "Bamberger's", in Newark, New Jersey. The moving spirit for its founding was Abraham Flexner, who became its first director, and induced Einstein to join the Institute in its infancy. With people like John von Neumann and Eugene Wigner (to mention only some very well-known



Robert A. Naumann.

physicists who were already there), Princeton became a very attractive place for a number of European intellectuals who were emigrating to the United States before World War II. Among them was Paul Oppenheim-Errera, a member of a cultured German family who had emigrated to Belgium in 1933. Paul had a PhD in both chemistry and philosophy, and devoted much of his work to the philosophy of science (*e.g.* a work *Complementarity in quantum mechanics: A logical analysis*). He thus had long-term acquaintances with Niels Bohr, von Neumann and Einstein. While in Belgium, Paul was appropriately involved with the Philosophy Department at the university in Louvain (Leuven). Einstein himself had strong connections to Belgium¹ and to the royal house, that dated to the 1927 Solvay Congress, when Einstein insisted that it was time, after World War I, that German physicists be again invited. This required the approval of King Albert I (who incidentally founded the Belgian "National Science Foundation"). In 1933, when Einstein, as an emigrant from Germany, arrived in Belgium, Queen Elisabeth looked after him – a friendship that continued for many years [4].

The long-time friendship with Einstein in Europe of course continued after the Oppenheim-Erreras settled in Princeton. Paul and his wife Gabrielle had formal Saturday lunches, which Einstein regularly attended. Their elegant home contained an impressive collection of Impressionist paintings, which, after the death of Gabrielle and Paul, was exhibited at the Princeton University art museum. At one such gathering Einstein expressed his desire for having someone discuss the atomic clock with him.

"Please inform mee, what is an atomic clock"

At the end of the thread, RAN had as colleague in the Chemistry Department a Belgian postdoc, Michel Boudart. He was working at Princeton University under Hugh Stott Taylor, a physical chemist, at the time Department Chairman and Dean of the Graduate School. Taylor had spent some time at Louvain, and a connection was thus established with Paul. →

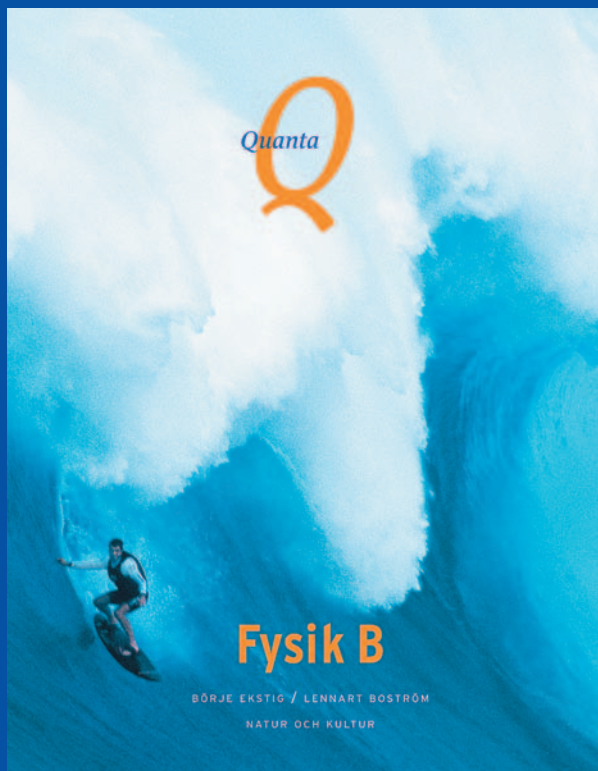


SPRUDLANDE och LIVFULL

Nu finns den nya upplagan av *Quanta Fysik B*!

I *Quanta* följs text och bild nära åt och språket är livfullt. Du kan lätt växla mellan lärarledda genomgångar och självstudier och det går bra att samordna med gymnasiematematiken. Du finner intressanta historiska inslag, många lösta exempel och rikligt med övningar där speciella ledtrådar ger tankearbetet en kick framåt.

För mer information, besök www.quanta.nu där du också kan ladda ner smakprov.



Författare: Börje Ekstig, Lennart Boström

Quanta från **NATUR och KULTUR**

Fysik för gymnasieskolan

Bokförlaget Natur och Kultur. Läromedelsinformation: Box 27 323, 102 54 Stockholm. Telefon 08-453 86 00. Fax 08-453 87 95.
Order/Kundtjänst: Förlagsdistribution, Box 706, 176 27 Järfälla. Telefon 08-453 85 00. Fax 08-453 85 20. info@nok.se www.nok.se

So when Boudart came to Princeton, Taylor got Paul to take the young fellow Belgian under his wing. Reversing the connections, Paul! Boudart → RAN → HHS set the path to our meeting with Albert Einstein. On the beautiful morning of Sunday, 3 April 1955, we (RAN, HHS) met Paul, who drove us to Einstein's house at 112 Mercer Street in Princeton – a simple, white, Victorian-style wooden house. On the second (American) floor we found Einstein in his enclosed sun-porch office. He rose (without any overt sign of ill health or lack of lucidity) to greet us; we were introduced by Paul, and Einstein asked us to sit down. (We forego the frequent questions about sweater and socks!) As we recounted previously in *History of Physics* [1], he came to the point immediately: "Please inform me, what is an atomic clock?"

This is where our lesson started. We began by reminding him of the requirement of having an atom with sharp energy levels (*e.g.* the hyperfine levels in the ground state of cesium). "Ja, ja, I understand that". Then we reminded him that the atomic transitions between these levels have sharp frequencies. "Ja, ja, I understand that." So far, a good student! But then, we finally realized that what stymied him was the comparison of the separated clocks in the two gravitational fields. What he missed was the key technological advance of electronic scaling circuits used in frequency counters. These had been developed so that time intervals could be digitized and measured to high precision by gating a very stable oscillator source. (At that time, the source was limited to quartz oscillators, precise to $\sim 10^{-9}$, but this is where the atomic frequency standard would come in.) With the use of pulses to start and stop the two clocks, the frequency differences could be determined. Our student needed some pedagogic help. RAN took a piece of paper and made a picture of a decade counter: one little circle to light up for the first cycle of the oscillator, circle number two lights up for the second, etc., until the last one in the first column, and then on to the second column. Now Einstein understood electronic counting and exclaimed: "This is wonderful, this

is just like our decimal system!" We had accomplished the task of our visit.

What struck us was that there were no questions asked about any of the details of the experiment – not what atom, what transitions, not a single question about the experimental technique. He knew that you would need precise clocks, that these would be in two different gravitational fields – he just assumed that if people were doing such experiments they knew what they were doing. We suppose that he did not care to burden his mind with unnecessary information. Some of us may draw a moral from this! Then our visit ended. We chatted for a few more moments, and then Einstein graciously walked us downstairs, thanked us warmly for the visit and bade us good-bye. It is humbling to think today that we may have had one of the last scientific conversations with Einstein – he died about two weeks after this unforgettable morning.

Epilogue

In 1976, Robert Vessot (who was involved with Zacharias in the development of the first working atomic clock), M.W. Levine and their collaborators, measured the gravitational red shift to high precision from a Scout D rocket, which reached an altitude of 10,000 km. The experiment, in which a hydrogen maser frequency standard was used, was substantially more sophisticated than described by us [5]! In 1991, the "fountain clock" experiment was done successfully with the use of slow atoms obtained by laser cooling

(see references in our 1998 note of [1]). On a lighter side, in 1994 there was a Fred Schepisi film, "I.Q.", a comedy which features Einstein and Princeton colleagues as matchmakers for a young couple. There is a real counterpart. One of us (HHS) was sufficiently excited by this encounter with Einstein that, instead of returning to work that afternoon, he accepted a blind date with Norma. A friend and colleague (later Editor in Chief of the American Physical Society), Ben Bederson, had asked her: "How would you like to meet someone this afternoon who spent the morning with Einstein?" ■

Robert.A.Naumann@Dartmouth.edu is Professor Emeritus of Chemistry and Physics at Princeton University and currently Adjunct Professor at Dartmouth College, Hanover, New Hampshire

Henry.Stroke@cern.ch is Professor of Physics at New York University and a Visiting Scientist at CERN (ISOLDE)

References

- [1] Robert Naumann and Henry Stroke, *Physics World*, 9, 76 (April 1996); *Physics Today* 49, 89 (May 1996); *id.*, 51, 15 (February 1998); *History of Physics, A Forum of the American Physical Society*, IX. No. 5, 24 (Fall 2005).
- [2] C.J. Gorter, *Physica* III, 995 (1936); C.J. Gorter and L.J.F. Broer, *id.* IX, 591 (1942).
- [3] I.I. Rabi, S. Millman, P. Kusch, and J.R. Zacharias, *Phys. Rev.* 55, 526 (1939).
- [4] Armin Hermann, *Einstein - Der Weltweise und sein Jahrhundert*, (Piper, München, Zürich, 1994).
- [5] R.F.C. Vessot and M.W. Levine, *Gen. Relativ. Gravit.* 10, 181 (1976); Vessot, Levine, et al., *Phys. Rev. Lett.* 45, 2081 (1980); Robert F.C. Vessot, *Contemp. Phys.* 25, 355 (1984) - an excellent review article.



Henry Stroke and fellow members of the Muenchener Bachchor; left to right – front row: Norma Stroke, Bruni Thauer, Henry Stroke back row: Sigi Scharrer, Monika Hoffman (granddaughter of Arnold Sommerfeld), Paul and Genevieve Guenther, Ludwig Remi

En lättare väg till godkänt

För första gången finns Spektrum Fysik i två versioner: En Grundbok och en Lightbok.

Lightboken passar bäst för elever som behöver en lättare kurs. Den är hälften så tjock som grundboken och har enklare texter och färre begrepp. Annars är upplägg, utseende och faktaområden precis samma som i grundboken.

I början av 2006 är hela serien tryckt och klar. Testbläddra redan nu på www.liber.se/spektrum



Biologi/Fysik/Kemi Skolår 6-9

Vill du veta mer eller beställa? Kontakta vår kundtjänst.
Liber AB, 113 98 Stockholm. Tel 08-690 93 30, fax 08-690 93 01/02
e-post kundtjanst.liberab@liber.se eller direkt på www.liber.se

