

fysikaktuellt

NR 2 • MAJ 2003

Fångad av fysik



Foto Stig Kälvelid

Innehåll

Samfundet	2
Ledare	3
De mystiska neutronerna	6
Fysiktävling	10
Fysikdagarna	13
Jonfällor	14
IYPT	15
Bokrecension	17
Fusk och fysik	18

Fysikdagar i Stockholm • 12–15 november 2003

se sid 13

Manusstopp för nästa nummer:
15 augusti 2003

ISSN 0283-9148

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

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:	K-G Rensfelt, Manne Siegbahnlaboratoriet, Stockholms universitet, • rensfelt@msi.se
Sekreterare:	Håkan Danared, Manne Siegbahnlaboratoriet, Stockholms universitet, • danared@msi.se
Adress:	Svenska Fysikersamfundet Manne Siegbahnlaboratoriet Stockholms universitet Frescativägen 24, 104 05 Stockholm
Postgiro:	2683-1
Elektronisk post:	sfs@msi.se
WWW:	http://sfs.msi.se

Samfundet har för närvarande ca 950 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	Leif Karlsson • leif@fysik.uu.se
Biologisk fysik	Peter Apell • apell@fy.chalmers.se
Gravitation	Kjell Rosqvist • kr@physto.se
Kondenserade materiens fysik	William R Salaneck • bisal@ifm.liu.se
Kärnfysik	Ramon Wyss • wyss@nuclear.kth.se
Matematisk fysik	Imre Pázsit • imre@nephy.chalmers.se
Partikelfysik	Richard Brenner • brenner@tsl.uu.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: Sara Bagge, saba@fy.chalmers.se.

Reklamation av uteblivna eller felaktiga nummer sker till sekretariatet.

Kosmos

Samfundet utger en årsskrift "Kosmos". Ny redaktör fr o m årgång 2004 är Leif Karlsson. Årgång 2003 redigeras gemensamt av Leif Karlsson och John-Erik Thun, Fysiska Institutionen, Uppsala Universitet, Box 530, 751 21 Uppsala, John-Erik.Thun@fysik.uu.se

Medlemskap: Information om medlemskap finns på <http://sfs.msi.se/medlem.html>

Omslagsbilden:

Omslagsbilden visar Lisebergs nya berg-och-dalbana, Balder, som är Nordens största berg-och-dalbana i trä. Lutningen i första backen är 70° och högsta farten är 25m/s. Rutorna i det regelbundna mönstret har höjden 2.5 m och bredden 2.75 m.

Tryckeri: Munkebacksgymnasiet, Göteborg 2003

Aktuellt

- Vid samfundets årsmötet i mars bildades en ny sektion "Kvinnor i Fysik" för "forskare, lärare och intresserade av fysik, med inriktning på stöd och främjande av kvinnliga fysiker och deras arbete". Sektionen kommer att presenteras närmare i nästa nummer.
- "Women talking physics". Det tredje mötet för Women in Physics in Sweden äger rum 23 maj, Stockholm, se <http://www.physto.se/WIPS2003>
- Fysikdagar i Stockholm, 12–15 november (se sid. 13)
- Physics on Stage 3, ESTEC, Holland, 8-15 november, <http://www.physicsonstage.net/>. Se även <http://www.eaae-astro.org/se/pos/>
- Final i Skolornas Fysiktävling, 16–17 maj, Göteborg Prisutdelning under Fysikens Dag, 17 maj
- International Young Physicists Tournament, IYPT, Uppsala 1–8 juli. Se sid 15.
- LMNT, Riksföreningen för Lärarna i Matematik, Naturvetenskap och Teknik fyller 70 år under 2003. Läs mer på <http://www.lmnt.org/>
- World Year of Physics, 2005, se <http://www.wyp2005.org/>

Stödjande medlemmar

Samfundet har för närvarande följande stödjande medlemmar:

- **ALEGA Skolmateriel AB**, Vasagatan 4, 532 32 Skara <http://www.alega.se/>
- **AlbaNova**, Stockholms Centrum för Fysik, Astronomi och Bioteknik, 106 91 Stockholm <http://www.scfab.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 Burklint AB**, Box 151 20, 750 15 Uppsala <http://www.gammadata.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

Fångad av fysik

Av Ann-Marie Pendrill

I likformig, rätlinjig rörelse dras berg-och-dal-banans tåg uppför backen. När de första vagnarna passerar krönet bromsas tåget fortfarande av de bakre vagnarna. Så kommer varningsskylten om 70° lutning, strax följd av den branta backen. Det finns ingen återvändo. Tåget utlämnas helt till växelspelet mellan gravitationen och spårets form, i omvandlingar mellan lägesenergi och rörelseenergi, inbyggda parabelflygningar och mjuka växlingar mellan "negativa" och "positiva" g-krafter, så mjuka att man inte kan undgå att uppleva skillnaden mellan olika platser i tåget. För den som åker berg-och-dal-bana är "g-kraft" en tydlig verklighet. Elever vet att g-krafter finns och är nyfikna, men textböckerna ger inte mycket stöd. För oss som fysiker är det självklart att de "kroppar" som beskrivs av Newtons lagar varken implicerar eller exkluderar mänskliga kroppar. För elever är det kanske inte självklart att Newtons lagar kan tillämpas på människor. Människor utövar krafter, men det är sällan krafter i böckerna utövas på människor (annat än implicit, enligt Newtons tredje lag).

Övning för läsaren:

Om tåget är en krökningsradie långt, hur stor blir då skillnaden i g-kraft när man passerar ett krön om man sitter i mitten av tåget eller i första/sista vagnen?

I detta nummer beskriver forskare hur man med fysikens hjälp fångar partiklar. Ingmar Bergström berättar mer om de mystiska neutrinerne i anslutning till jonfällan Smiletrap vid Manne Siegbahn-laboratoriet. Axel Lindroth beskriver hur jonfällor utnyttjas för att testa Standardmodellen. Första gången jag hörde talas om jonfällor var när jag träffade Hans Dehmelt på en julfest på fysikinstitutionen vid University of Washington i Seattle. Självt var jag sedan ett par veckor post-doktor och frågade hur länge han varit i USA. Han svarade med sin omisskännliga tyska brytning "Zirrtty-Zree yearrrs", och jag ville helst sjunka genom jorden. Samtalet dog snabbt ut när han gjorde det tydligt att jag nog borde känt till honom och hans fällor. Arbetet belönades med Nobelpris 1989 och den nya fysikbyggnaden i Seattle har värdet på elektronens g-faktor inristat i väggen. När Dehmelt talar om barium-jonen Astrid och positronen Priscilla, som han hållit fångna i månader, betonar det att fysiker fått möjlighet att studera atomer som enskilda individer. Infångning av partiklar har blivit ett viktigt redskap för att undersöka många fundamentala frågor.

Årets upplaga av Fysikens Dag 17 maj har rubriken "Passion för Fysik" och är en del av Göteborgs Internationella

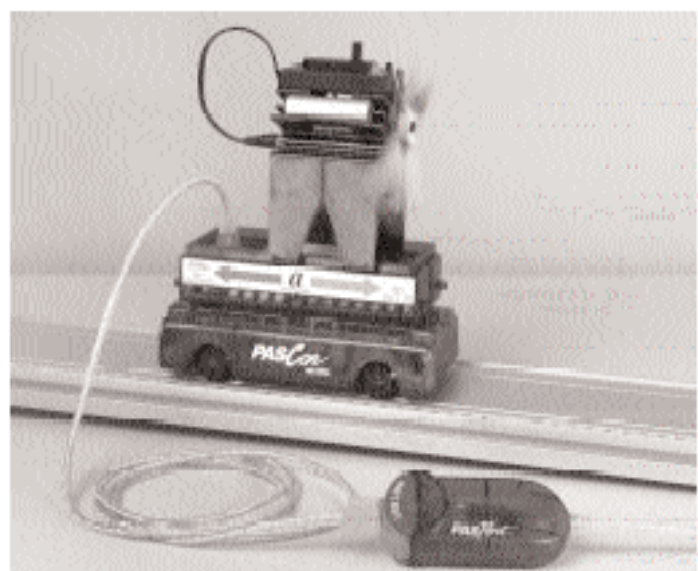
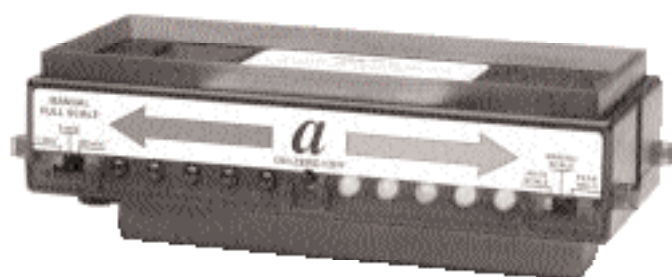
Vetenskapsfestival. Som forskare fångas vi av olika aspekter av naturen. Några lockas av jakten på den fysik som kan avslöjas av mätningar eller beräkningar med allt högre precision, där allt måste kontrolleras och ingenting förläts. För andra blir det viktigare att kunna studera och jämföra många olika system. Jag vet att jag som doktorand fascinerades över att så många äldre fysiker verkade ha lämnat spår inom många olika delområden. Anatole Abragam påpekar i sin självbiografi "Reflexions d'un Physicien" att man borde underlätta för forskare att kunna ge sig in i nya områden. Man kommer ju då inte tomhänt, utan har med sig sina egna erfarenheter och mötet med andras kan bli ömsesidigt berikande och produktivt. Är detta något att uppmuntra även i Sverige? Byte av fält underlättas knappast av ett forskningsfinansieringssystem där även seniora forskare hela tiden måste söka forskningsmedel för att finansiera sin egen lön. Riskerar vi med detta system att forskare blir fångna i sin första specialisering?

Högskolorna nyligen fått årets ansökningssiffror – och många bekymrar sig över hur fysikutbildningarna skall kunna fånga fler ungdomar. Vi ser väl inte heller någon ljusning i den föreslagna gymnasiereformen. Visionen att ett naturvetenskapligt perspektiv skall genomsyra all undervisning på gymnasiet torde vara svår att genomföra utan en massiv fortbildning. Vi måste hjälpas åt att hitta olika sätt att dela vår glädje över fysiken. Gymnasiets projektarbete kan vara en möjlig väg att öka kontakterna mellan högskola och gymnasium, men också med grundskolan om vi utnyttjar former där fysikintresserade gymnasister på olika sätt kan stimulera grundskoleelever. Jag har under våren mött två gymnasiegrupper som under handledning av skolans dramalärare och fysiklärare arbetat med teaterstycken med fysikinriktning: Fem flickor från Hvitfeldtska gymnasiet i Göteborg spelade "Alice i Kvantlandet" och fem pojkar från Västerhöjdsgymnasiet i Skövde spelade "Restaurangen vid Slutet av Universum" i Lisebergs musikpaviljong, i samband med en experimentdag där 2000 elever och 200 studenter experimenterade i Lisebergs attraktioner. I diskussionen efter framträdandena kom lärarna gemensamt fram till att det vore bra att skapa en manuskript-bank där man kunde utnyttja tidigare gruppers arbete. Hör av er om ni vill ha kontakt med grupperna och kanske låna deras manus, och berätta gärna för Fysikaktuellt läsare om andra gymnasieprojekt! ■

Visa acceleration och hastighet på ett nytt sätt

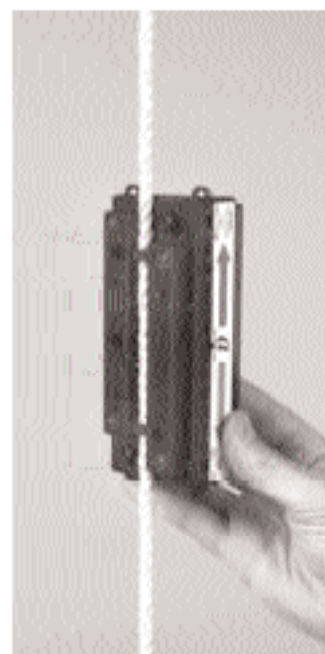


PASCOs accelerationsmätare med röda och gröna lysdioder som visar accelerationens storlek och riktning underlättar för eleven att få en riktig förståelse för storheterna hastighet och acceleration.



Montera accelerationsmätaren på en av PASCOs lätt-rörliga kullagerförsedda vagnar. Starta propellen och se hur vagnen accelererar på aluminiumbanan. Om Du vill ansluter Du accelerationsmätaren till DataStudio och får rörelsen registrerad på datorn.

Fäst en lina i taket och låt accelerationsmätaren falla "fritt" utför repet. Studera rörelsen dels med hjälp av lysdioderna dels med DataStudio. Fäst acceleration smätaren som en "pendelkula" i ett rep och studera rörelsen.



Utbildningssystem har en ny hemsida, Lärarsidan

Lärarsidan riktar sig till Dig som är intresserad av undervisningsmateriel, kurser, experimenttips med mera. Den har finslipats och uppdaterats med nyinkommen information. Vi har nu bland annat sidor där experiment kan läsas och laddas ner. Här ser vi gärna att även Du bidrar med roliga laborationer och experimenttips. Lärarsidan har en egen fristående produktdatabas så att Du lätt hittar instrument och programvaror som tillhör utbildningsdelen av Gammadata Instrument AB:s verksamhet. Du hittar vår nya hemsida på: www.gammadata.se/education

Lilla Fysikhandboken

av docent Jan Lindskog och professor Carl Nordling



Boken innehåller formler och tabellariska data inom hela det klassiska fysikområdet och sträcker sig också ett stycke in i kvantfysiken, astrofysiken och matematiken. Den behandlar även måtosäkerheter och innehåller korta biografier över vissa forskare.

Boken vänder sig till blivande lärare i grundskolan och till studenter inom ingenjörsutbildningen.

Best nr 91-973390-0-8

Mätvärdesbehandling och rapportering av mätresultat

av docent Jan Lindskog



Boken bygger på antagna rekommendationer för mätvärdesbehandling i skriften Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Bakom rekommendationerna står bl a Internationella byrån för mått och vikt i Paris, BIPM.

Boken är avsedd att användas vid undervisningen i mätvärdesbehandling inom fysikkurserna vid universitet och höskolor.

Best nr 91-972122-3-7

SANDTORP CONSULT

Lindgatan 4, 544 33 Hjo, tel och fax 0503-136 56

De mystiska neutrinerna

Av Ingmar Bergström

Det är ingen som helst tvekan om att neutrinfysiken under det sista årtiondet fått en mycket central plats inom elementarpartikelfysiken, vilket uppmärksammats t.ex. av 2002 års Nobelpris.

I artiklar om neutrinernas egenskaper används ofta den engelska rubriceringen *The mysterious neutrinos*. Det som är och ännu mera var ett mysterium är det fenomen som kallas neutrinooscillationer dvs ett möjligt identitetsbyte mellan de tre neutrino-tillstånden, vilket kräver en ändlig vilomassa för dessa partiklar som länge ansågs vara masslösa. Det är heller inte helt klart om neutrinerna är Diracpartiklar eller Majoranapartiklar. I det förra fallet är neutriner och deras antineutriner olika partiklar. I det senare fallet är neutrino sin egen antipartikel, ett fenomen som vi känner igen från egenskaperna hos den neutrala pimesonen π^0 (Prof.em. Gösta Ekspong vid Stockholms universitet var med om upptäckten av denna partikel år 1950).

Priset till Davies och Koshiba år 2002 har i allra högsta grad aktualiserats genom resultat från andra grupper som presenterats helt nyligen. Som bekant har många upptäckter inom elementarpartikelfysiken gjorts med hjälp av kraftfulla accelerators. Men universum har sina egna mäktiga källor för partikelproduktion. Den tämligen nya vetenskap som sysslar med dessa problem kallas *astropartikelfysik* eller *partikelastrofysik* och har sina egna konferenser. Jag blev inviterad till en sådan konferens som hölls i Uleåborg första veckan i juni 2002. Den rubricerades som *Beyond the Desert 2002*. Vi hade med mass-spektrometern SMILETRAP mätt de s k Q-värdena för tritiums betasönderfall och det dubbla betasönderfallet av ^{76}Ge genom noggranna massmätningar (bild 1). Dessa Q-värden är väsentliga parametrar när det gäller att förstå vissa av neutrinernas egenskaper. Jag är amatör inom elementarpartikelfysiken, men i det följande försöker jag att sammanfatta några delar av konferensen för att belysa andra aspekter av neutrinfysik än dem som berördes i KVA:s kommentarer till priset eller min artikel i december-numret 2002.

Elektronneutrinons massa

Neutrinooscillationer kräver enligt teoretikerna en ändlig vilomassa för de tre neutrinoslagen. Davis och Koshibas mätningar är bara känsliga för mass-skillnaderna och inte massornas absolutvärden. Man har vid utvärderingen funnit att elektronneutrinomassan bör vara större än 0.03 eV. Det

rapporterades vid Uleåborgskonferensen tre sätt att mäta eller uppskatta neutrinos vilomassa genom;

1. att studera formen på tritiums beta spektrum nära ändpunkten
2. att söka efter det neutrinolösa dubbla betasönderfallet av ^{76}Ge
3. att försöka förstå mekanismen för den gigantiskt höga energi som finns i skurar av partiklar registrerade i detektorer som täcker ytor av hundratals km^2 .

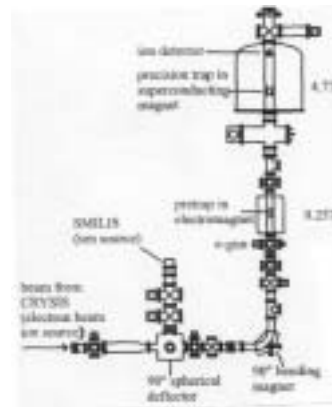


Bild 1. Mass-spektrometern SMILETRAP vid Manne Siegbahn-laboratoriet utnyttjar det faktum att precisionen ökar linjärt med laddningstalet. De högt laddade jonerna produceras i en Electron Beam Ion Source (EBIS), benämnd CRYISIS. I denna injiceras mass-separerade envärt laddade joner för produktion av högt laddade joner. Böjningsmagneten väljer det önskade laddningstalet. Joner av ett bestämt laddningstal stoppas i en cylindrisk jonfälla varpå jonerna sänds till precisionsjonfällan. Dess hyperboliska ring är delad i 8 delar.

En RF-spänning (Omkring 35 MHz) appliceras på fyra av segmenten varvid jonerna utsätts för en cyklotronfrekvensexcitation under en tid av omkring 1 s. Jonerna tvingas sedan att lämna fällan. Cyklotronfrekvensen bestäms genom att mäta flygtiden från fällan till en detektor, ett avstånd på cirka 50 cm. Vid resonans tar jonerna upp maximal energi och flyger därför snabbare. Flygtiden får ett markant minimum vid resonans, vilket ger jonnens cyklotronfrekvens. Kvoten R mellan resonansfrekvensen för den högt laddade jonen och en massreferensjon ger massan på denna jon. Den neutrala atomens massa erhålls efter addition av de felande elektronernas massa och deras bindningsenergi, vilka för lätta joner är experimentellt kända och för tyngre joner erhålls från relativistiska beräkningar.

1. Tritiums beta-spektrum

En av de första forskarna som på allvar började ifrågasätta om $m(\nu)$ verkligen är 0 var Karl-Erik Berqvist vid dåvarande

KVA:s forskningsinstitut för Fysik, som hade Manne Siegbahn som föreståndare. Intensiteten $I_e(E)$ av elektroner i tritiums beta-spektrum avtar som:

$$I_e(E) = (E_0 - E) \times [(E_0 - E)^2 - m(v)^2]^{1/2} \quad (1)$$

E_0 är elektronernas högsta energi. Genom att välja det värde på $m(v)$ som bäst anpassas till beta-spektrums form kan massan för elektronantineutrino beräknas. Om $m(v)$ är 0 är den så kallade Curieplotten en rät linje som bild 2 visar. Om inte sker det en avvikelse från den räta linjen. Det stod tidigt klart att tritium var den lämpligaste elektronkällan. Dels är sönderfallet tillåtet och den långa halveringstiden tillåter experiment som varar i årtal. Vidare är Ekv (1) väsentligen baserad på kinematik och kräver inte ett extremt noggrant värde på E_0 , som innan våra egna mätningar påbörjats var 18.60 keV. Ett område mellan E_0 och $E_0 - 120$ eV användes för analys, vilket kräver hög spektrometerupplösning. I energiområdet av de sista 20 eV faller endast 10^{-9} av alla elektronerna, vilket illustrerar behovet av mycket starka preparat och hög spektrometertransmission.

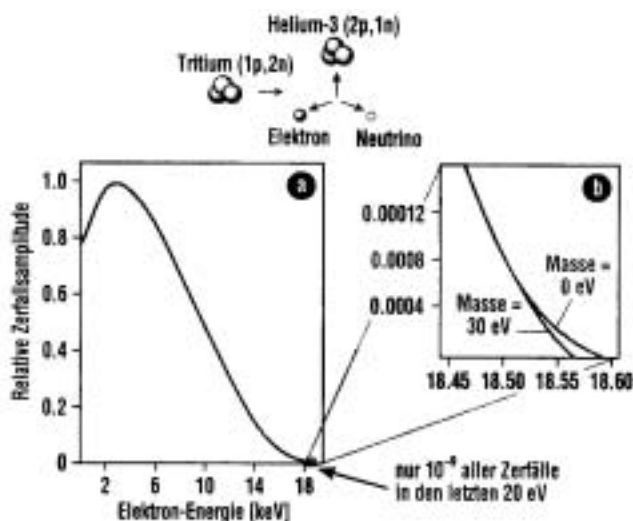


Bild 2. Bilden illustrerar tritiums betasönderfall och ändringen på formen av den övre delen av spektret om neutrino har en vilomassa (bilden från ett föredrag av G. Drexlin presenterat vid ett symposium om neutrinosor i subelektronvolt-området, Bad Liebenzell 18-21 januari, 2001).

De konventionella magnetiska betaspektrometrarna möter inte dessa höga krav. Bergquist löste behovet av starka preparat genom att tritium implanterades på långa och smala aluminiumribbor som sattes på olika elektrisk potential. På detta sätt fick elektroner emitterade från varje ribba ett gemensamt fokus. Upplösningen förbättrades avsevärt genom ett konstnärligt utformat elektrostatiskt korrektionssystem som eliminerade avbildningsfel av högre ordningar. Om jag inte minns fel fann Bergquist att $m(v)$ var mindre än omkring 50 eV.

Flera experiment gjordes med ännu mera sofistikerade betaspektrometrar. En grupp i ITEP utanför Moskva lät elektronerna spiralisera några varv axiellt förskjutna i en dubbelfokuserande betaspektrometer innan elektronerna nådde sin detektor,

vilket innebar en avsevärd vinst i upplösning. Denna grupp hävdade ett värde av $m(v)$ på omkring 30 eV. Ett så högt värde skulle kunna förklara en del av "den felande massan" i universum. Men många mätningar med magnetiska spektrometrar gav ett värde på $m(v)^2$ som var negativt, vilket avslöjade ett okänt systematiskt fel och ett behov av andra metoder.

Svagheten hos de magnetiska spektrometrarna var att endast någon % av rymdvinkeln 4π för elektronernas emission kunde utnyttjas. Nästa steg togs med elektrostatiske betaspektrometrar, med en genial konstruktion som tog hand om 2π av alla elektronerna, dvs alla dem som emitterades framåt. Två sådana tämligen lika spektrometrar konstruerades av grupper i Mainz och Troitsk utanför Moskva. De består i huvudsak av två supraledande spolar placerade på ett avstånd av 5-7 meter och cylindriska elektroder på vilka anbringas en elektrisk lämplig potential som stoppar alla elektroner med en viss maximal kinetisk energi. Anordningen fungerar som ett bandpassfilter vad elektronenergi beträffar.

De båda grupperna använde tritium i olika former. Mainzgruppen hade ett fruset preparat vid låga temperaturer för att dämpa molekylära vibrations- och rotationsenergi under det att den ryska gruppen använde gasformigt tritium. Mainz fann att $m(v) < 2.2$ eV under det att Troitsk rapporterade att $m(v) < 2.5$ eV, synnerligen sammanfallande resultat.

De elektrostatiske spektrometrarnas upplösning förmåga bestäms av kvoten mellan magnetfältet för centrala strålar B_{\max} och fältet B_{\min} för de mest perifera strålarna. En ökning av B_{\max} till 10 T ger omkring en faktor 2 högre upplösning, men mer vinnas om B_{\min} minskar genom att spektrometerns diameter ökar till exempelvis 7 m. En sådan spektrometer, 60 meter lång benämnd KATRIN planeras att byggas i Karlsruhe och kommer att arbeta med 100 Curie tritium (bild 2). Upplösning förmågan ökar således till omkring 10^{-5} . Med denna gigantiska elektrostatiske betaspektrometer kommer man att kunna sätta en lägre gräns för $m(v)$ av 0.3 eV eller i bästa fall konstatera ett värde på $m(v)$ mellan 0.3 och 2 eV.

Det är här våra mätningar på tritiums Q -värde kommer in i bilden. Det kommer tydligen att gå att energikalibrera KATRIN absolut och $m(v)$ skulle i stort sett ges av skillnaden mellan Q -värdet och den övre gräns som sätts av en så kallad Curie plot.

Q-värdet av det dubbla betasönderfallet av ^{76}Ge

Ett enkelt beta-sönderfall från ^{76}Ge till ^{76}As är energetiskt omöjligt. Sönderfallet av ^{76}Ge med 2 elektroner och 2 neutriner är en av den så kallade standardmodellen tillåten men mycket långsam process som har observerats. Elektronerna och neutriner delar på den energi som ges av Q -värdet och därför uppträder beta-partiklarna i ett kontinuerligt spektrum. Livslängden är omkring 10^{20} år – det i särklass långsammaste säkert fastställda kärnsönderfallet

Om inga neutriner utsänds är detta ett dubbelt leptonbrott och således också ett brott mot standardmodellen. Det gäller alltså att i ett spektrum dominerat av gammafotoner finna en topp som motsvarar absorption av laddade partiklar (två elektroner och den rekylrande atomkärnan) vid en energi som

exakt motsvarar sönderfallets Q-värde, dvs mass-skillnaden mellan ^{76}Ge och ^{76}Se .

1998 deltog jag i en konferens i Ferrara i Norditalien. Tomas Fritioff (doktorand vid SU och i hög grad ansvarig för ett antal internationellt uppmärksammade resultat med SMILETRAP) och undertecknad tog oss sedan till Grand Sasso laboratoriet med en hyrd bil för att på plats bekanta oss med Heidelberg-Moskvagruppens experiment som utnyttjade 5 Ge-detektorer med till 86 % anrikat ^{76}Ge . Anrikningen hade skett vid Kurchatovinstitutet i Moskva med utnyttjande av tusentals i serie kopplade ultracentrifuger. Anläggningen hade tydligt under det kalla kriget använts för framställning av anrikat ^{235}U för atombomber. Anrikningsgraden var tiofaldig. Grand Sasso hade valts på grund av den ringa bakgrunden av myoner bromsade av mer än 1 km granit. Efter framställningen av detektormaterialet i Moskva och bearbetning i Heidelberg måste processen att framställa konventionella detektorer göras kort så att dessa under transport inte aktiverades av den kosmiska strålningen. Ovan fyra av detektorerna fanns det plastskivor som detekterade kvarvarande myoner kopplade i antikoincidens med Ge-detektorerna. Det som fascinerade mest i detta experiment är att det fortfarande går att bidra till att lösa fundamentala frågor i fysiken med relativt enkla experiment. Det lilla experimentet var en enorm kontrast till den gigantiska detektor som användes för att leta efter magnetiska monopoler (cirka 70 m lång med ett tvärsnitt större än $10 \times 10 \text{ m}^2$) och andra postulerade partiklar.

Inspirerade av besöket i Grand Sasso kunde vi lösa problemet med framställningen av lämpliga högt laddade joner som behövdes för precisionsmätningar av massorna av ^{76}Ge och ^{76}Se . Mass skillnaden gav ett Q-värde för det dubbla betasönderfallet av ^{76}Ge som var 2039.006(50) keV.

I december 2001 presenterade Klapdor-Kleingrothaus och medarbetare vid Mx Planckinsitutet för kärnfysik de första resultaten som gjorde anspråk på observation av det dubbla beta-sönderfallet av ^{76}Ge (bild 3). Vid analysen hävdade författarna att det av oss noggrant bestämda Q-värdet varit av avgörande betydelse. En statistisk analys gav vid handen att det dubbla beta-sönderfallet av ^{76}Ge observerats med en konfidensnivån 97% till 99.8%. Detta verkar imponerande,

men när man erinrar sig att det motsvarar 2.2σ respektive 3.1σ från ingenting, finns det skäl att dra öronen åt sig. Från analysen drogs slutsatsen att massan för elektronneutrino var mindre än $0.11 - 0.56 \text{ eV}$. Naturligtvis är inte detta sista ordet i frågan och det går idag inte säkert att fastställa om neutriner verkligen är Majoranapartiklar.

Resultaten motiverar nya grepp och dessa ansträngningar har manifesterats i det s. k. GENIUS-projektet. I stället för 5 Ge-detektorer kommer antalet att vara 240 placerade i ett gittersystem av plast nedsänkta direkt i tonvis med vätskeformigt N_2 . Bakgrunden beräknas gå ned med en faktor 1000 och på ett år borde man kunna avgöra om den ifrågasatta evidensen för det dubbla beta-sönderfallet håller. Men inte nog med det. GENIUS blir en universaldetektor för sökandet efter så kallade WIMPS-partiklar och andra sofistikerade föreslagna partiklar vars existens skulle bryta mot standardmodellen.

Det är ingen som helst tvekan om att universitetet i Uleåborg arrangerade konferensen med förhoppningen att GENIUS skulle förläggas till Europas djupaste gruva (1500 meter) Pyhäsalmi 170 km söderut, halvvägs till Jyväskylä. Man hoppas också kunna ta emot myoneutriner från CERN för att studera vad som händer med bytet av neutrinoidentitet den loppsträcka som motsvarar avståndet mellan Geneve och Pyhäsalmi. Min egen bedömning är att projektet hamnar i Grand Sasso, inte bara av nostalgiska skäl utan på grund av den där befintliga utmärkta infrastrukturen. De gigantiska projekten SNO, KATRIN och GENIUS är tre av de många neutrinoexperiment som aldrig skulle kommit på dagordningen utan Davis och Koshibas pionjärinsatser inom neutrinoexperimenttekniken.

Partikelskurar med gigantiska energier

Den kosmiska strålningen kan inbland detekteras som skurar av partiklar som träffar områden på jorden med en yta av åtskilliga kvadratkilometer. En mycket energetisk partikel växelverkar med atmosfären och som resultat träffar en skur av sekundära partiklar jordytan. Den totala energi som detekteras kan nå den otroligt höga värdet av 10^{21} eV . Det är en gåta hur dessa höga energier alstras. Världens mäktigaste accelerator LHC (Large Hadron Collider) under uppbyggnad i CERN är

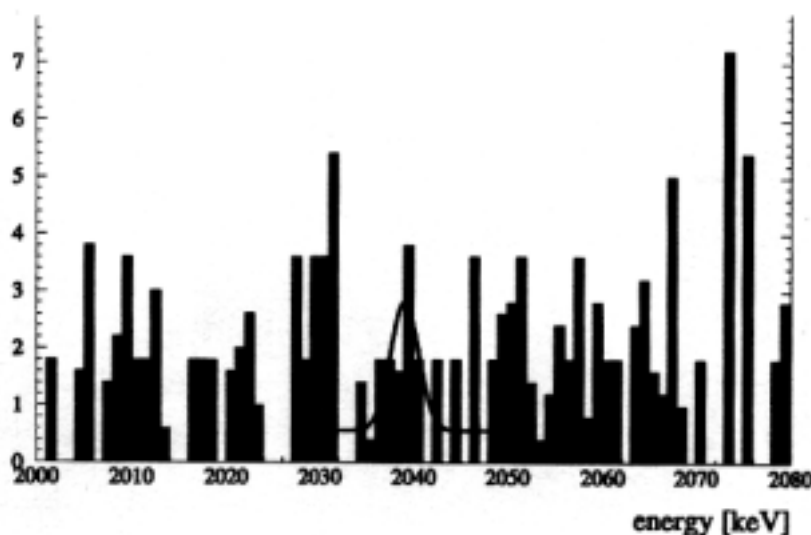


Bild 3 Spektrum av det dubbla betasönderfallet av ^{76}Ge ackumulerat under 10 år med fyra högt anrikade ^{76}Ge detektorer i Grand Sasso-laboratoriet. Som syns är det endast cirka tio händelser i det aktuella energiområdet som givits av vår Q-värdebestämning. Denna ger en gräns för elektronneutrinos massa men inget övertygande svar på huruvida elektronneutrino verkligen är en majoranapartikel (bilden har ställts till förfogande av Prof. Klapdor-Kleingrothaus, Max Planckinstitutet för kärnfysik, Heidelberg).

konstruerad för att accelerera protoner till en energi av något mindre än 10^{13} eV. Det ligger nära till hands att förmoda att det finns elektriska fältgradienter i stellära objekt som skulle kunna ge utläckande protoner denna superhög energi, men några hållbara modeller har man ännu inte funnit.

Ett intressant alternativ där neutrinernas vilomassa kommer in i bilden är kollisioner mellan neutriner med låga och höga energier. Universum är fullt av en bakgrundsstrålning av lågenergetiska fotoner och neutriner, relikter från Big Bang. Man skulle kunna tänka sig att det finns källor i avlägsna delar av universum som producerar neutriner av mycket höga energier. Dessa skulle kunna kollidera med de långsamma relikneutrinerna och bilda Z^0 -partiklar (en av den elektrosvaga kraftens utbytespartiklar) som i sin tur skulle ge upphov till en skur av mycket energirika protoner. Processen är ett resonansfenomen som sker vid en energi av 4×10^{21} eV i de båda partiklarnas tyngdpunktssystem. Vid beräkningen av denna energi har man att ta hänsyn till neutrinernas vilomassa. Om man jämför formen av energispektrum registrerade i skurdetektorer vid en energi omkring 10^{21} eV med beräkningar baserade på Z^0 -hypotesen får man en överensstämmelse om neutrinernas vilomassa ligger i intervallet 0.04–0.76 eV. Detta stämmer bra med andra evidenser för neutrinons vilomassa.

En avgörande fråga är om det finns källor i universum som kan producera neutriner med den erforderligt höga energin. Den så kallade AMANDA-detektorn vid Sydpolen och

dess senare variant är ett jättestort isblock av dimensionen km^3 där ljublixtar av Čerenkovstrålning skulle kunna detektera neutriner av de erforderligt höga neutrinoenergierna. I detta projekt har Per-Olof Hult vid Stockholms universitet en ledande roll.

De nämnda energirika skurarna av kosmisk strålning har en utsträckning av åtskilliga kvadratkilometer när de träffar jordytan. Ett detektorsystem benämnt AGASA (Akeno Giant Air Shower Array) finns i Japan och det täcker 100 km^2 . Det finns skäl att täcka ännu större ytor. Ett annat betydligt större detektorsystem (1600 detektorstationer och 40 av dem teleskop) är under uppbyggnad i Argentina där den vidsträckt öde pampan nära den natursköna vinstaden Mendoza vid foten av Anderna erbjuder tillräckligt stor yta (1000 km^2). Det kallas Pierre Auger observatoriet för att hedra denne franske forskare som redan omkring 1940 föreslog ett detektorsystem för kosmiska skurar som bestod av ett stort antal individuella detektorer. Här kommer det att bestå av ett stort antal scintillatorer, vattentankar för Čerenkovstrålning och myondetektorer.

Avslutningsvis ser det ut alltså ut som om elektronneutrinons vilomassa ligger i intervallet 0.03–0.5 eV – ett mycket svårt energiområde för säker massbestämning. Men det är för tidigt att ta slutlig ställning till frågan om neutrinon är en Majorana- eller Diracpartikel. ■

Ingmar Bergström är professor emeritus vid Stockholms universitet

Årsmöte

Sammanträdesdatum: 21 mars 2003 – Plats: Institutionen för teknik och samhälle, Malmö högskola

1. *Mötets öppnande*

Ordföranden hälsade de närvarande välkomna och öppnade årsmötesförhandlingarna.

2. *Dagordningens godkännande*

Dagordningen godkändes med tillägget att budgeten för 2003 presenteras efter punkt 9.

3. *Utseende av ordförande för förhandlingarna*

Björn Jonson utsågs till årsmötesförhandlingarnas ordförande

4. *Utseende av sekreterare för förhandlingarna*

Håkan Danared utsågs till årsmötesförhandlingarnas sekreterare.

5. *Årsmötets stadgeenliga utlysande*

Mötet befanns stadgeenligt utlyst.

6. *Utseende av justeringspersoner*

Till justeringsperson utsågs Mona Engberg.

7. *2002 års verksamhetsberättelse*

Verksamhetsberättelsen för år 2002 presenterades av ordföranden, godkändes och lades till handlingarna.

8. *2002 års förvaltnings- och revisionsberättelse*

Samfundets förvaltningsberättelse och revisionsberättelse för år 2002 presenterades av skattmästaren K.-G. Rensfelt, godkändes och lades till handlingarna.

9. *Frågan om ansvarsfrihet för styrelsen*

Årsmötet beviljade styrelsen ansvarsfrihet för år 2002.

10. *Budget för 2003*

Skattmästaren presenterade budgeten för år 2003, liksom ansökningarna för årets Fysiktävling.

11. *Fastställande av årsavgiften för 2003*

Det beslutades att årsavgiften till samfundet skulle vara oförändrad för NSM- och IOM-medlemmar, samt att avgiften skulle höjas från 2000 kr till 3000 kr för stödjande medlemmar.

12. *Tillsättning av valberedning*

På förslag från den sittande valberedningen med Gunnar Tibell som ordförande tillsatte årsmötet en ny valberedning för de kommande tre åren bestående av Leif Karlsson, Uppsala (ordf.), Eva Lindroth, Stockholm, Ragnar Hellborg, Göteborg, och Lennart Stenflo, Umeå. En plats är vakant.

13. *Eventuella övriga frågor*

Ordföranden Björn Jonson berättade om förslaget till gårdagens styrelsemöte att inrätta en sektion för Kvinnor i fysik. Styrelsemötnär stadgar för sektionen inkommit. Björn Jonson berättade också om Fysikens dag i Göteborg den 17 maj med temat "Passion för fysik".

14. *Årsmötesförhandlingarnas avslutande*

Ordföranden förklarade förhandlingarna avslutade.

Göteborg/Stockholm, den 24 april 2003

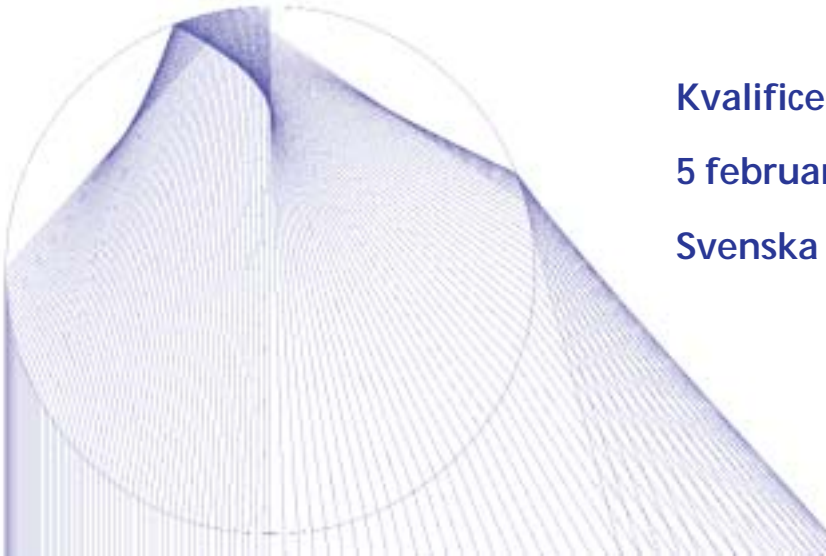
Björn Jonson

Håkan Danared

Justeras:

Mona Engberg

Fysiktävlingen



Kvalificerings- och lagtävling

5 februari 2003

Svenska Fysikersamfundet

Uppgift 1

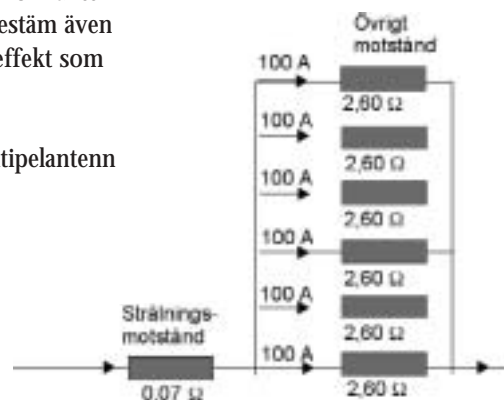
Strax utanför Varberg ligger den byggnadsminnesförklarade radiostationen Grimeton. Radiostationen togs i drift den 1 december 1924 och den huvudsakliga uppgiften var telegraftrafik till och från Amerika (<http://www.telemuseum.se/grimeton/>). Idag, snart 80 år senare, har telegrafi och telegrampojkar ersatts av mobiltelefoni och SMS och radiostationen i Grimeton är den enda fungerande långvägssändaren i världen. Sverige försöker därför nu att få den med på UNESCO:s världsarvslista.

Den tekniska konstruktionen av radiostationen bygger bland annat på flera uppfinningar av den svenske elektroingenjören Ernst F.W. Alexanderson (1878–1975). I Tekniska Meddelanden från Kungliga Telegrafstyrelsen N:o 2–3, 1921 behandlas två av dessa, Alexandersons högfrequensgenerator och Alexandersons multipelantenn. Med hjälp av multipelantennen kunde en större andel av den tillförda effekten användas för strålning. Alexanderson delade upp antennens motstånd i tre delar, jordmotståndet ($2,00 \Omega$), variometermotståndet ($0,60 \Omega$) och strålningsmotståndet ($0,07 \Omega$). En antenn kan alltså beskrivas med följande figur.



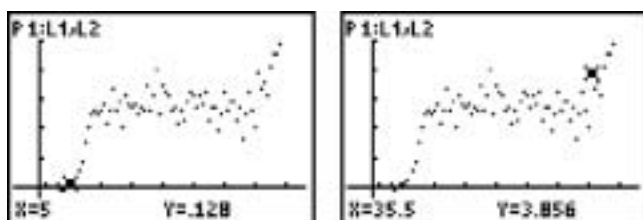
- a) Bestäm hur stor den totala effekten i antennen blir om antennströmmen är 100 A. Bestäm även hur stor del av denna effekt som utgör strålningseffekt.

- b) För att öka verkningsgraden konstruerade Alexanderson sin multipelantenn som elektriskt motsvaras av följande koppling. Hur stor blir den totala effekten i denna multipelantenn och hur stor andel av denna effekt utgör strålningseffekt?



Uppgift 2

An accelerometer was used taking acceleration data during take off of a Boeing 737. The collected data were registered on a graphic calculator. The result is shown in the following two screen pictures from a graphic calculator with acceleration (m/s^2) as a function of time (s). They are identical and differ only by the given coordinates for two different points in the diagram.



- Explain the acceleration graph. How do you know when the airplane leaves ground?
- Estimate with help of the two diagrams the velocity of the plane when it leaves the runway.
- What is the minimum length of the runway that is required for a safe start?

Uppgift 3

Då en satellit skjuts upp i sin bana måste den ges tillräckligt mycket energi för att den skall nå avsedd höjd och på denna höjd ha kvar en sådan hastighet att den kan gå in i en bana runt jorden. Det är då en fördel att skjuta upp bärraketen i närheten av ekvatorn i en sådan riktning att den hastighet som jordens rotation ger utnyttjas.

- I vilken riktning bör raketerna skjutas upp?
- Många amerikanska satelliter skjuts upp från Kennedy Space Center, Cape Canaveral som ligger på $28,5^\circ$ nordlig latitud. Hur stor horisontell hastighet ger jordrotationen en raket som skjuts upp på denna latitud?

Uppgift 4

Hjärtat är en ihålig muskel vars uppgift är att pumpa ut syresatt blod till kroppens olika delar. Då hjärtat drar ihop sig för ett pulsslåg blir övertrycket i de utgående artärerna ca 120 mm Hg om blodtrycket mäts i nivå med hjärtat (av tradition mäts blodtrycket i mm Hg). Med hjälp av pulsslagen drivs varje minut 5 dm^3 blod runt i blodomloppet

- Uppskatta med beräkningar blodtrycket i foten på en vuxen människa om trycket i höjd med hjärtat är 120 mm Hg.
- Beräkna hjärtats medeleffekt med hjälp av uppgifterna i texten.

Uppgift 5

En äldre typ av amperemeter är ett så kallat varmtrådsinstrument. Det är användbart för såväl likström som växelström.

Det består av en mättråd som värms upp av strömmen. En modell av instrumentet kan byggas upp enligt bilden nedan.



En koppartråd med längden 1,25 m och diametern 0,45 mm spändes upp mellan två hållare enligt bilden. Då ingen ström flöt genom tråden befann sig upphängningspunkten A 8,7 cm ovanför bordsskivan. Trådens ändpunkter befann sig då 11,4 cm ovanför bordsskivan. När en viss ström sändes genom tråden sjönk trådens mittpunkt A så att den istället befann sig 7,2 cm ovanför bordsskivan.

- Hur stor effekt lämnar tråden i form av strålning?
- På vilket annat sätt kan effekt lämna tråden?

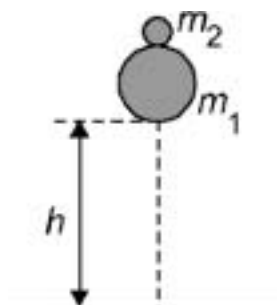
Uppgift 6

1960 genomförde R. Pound och G. Rebka vid Harvarduniversitetet experiment som visade att fotoner som sänts ut vid foton av ett 22,57 m högt torn hade lägre frekvens då de nådde toppen på tornet än när de sändes ut. Resultatet av experimenten stöder den allmänna relativitetsteorins tolkning av gravitationell rödförskjutning. (<http://www.peterallport.com/gravs.htm>)

- Om vi behandlar experimentet teoretiskt på ett halvklassiskt sätt, dvs ger fotonen en ekvivalent massa enligt Einsteins samband, kan kvoten mellan fotonens frekvensskillnad och fotonens startfrekvens beräknas. Trots den enkla modellen är det teoretiska resultatet i god överensstämmelse med Pounds och Rebkas uppmätta värde. Bestäm värdet på denna kvot.
- Diskutera hur du med hjälp av denna modell skulle kunna förklara att inget ljus kan lämna ett "svart hål". Vilka svagheter har en sådan halvklassisk modell?

Uppgift 7

Två bollar med massorna m_1 respektive m_2 börjar samtidigt falla från höjden h enligt figuren. De efterföljande stötarna sker helt i vertikal led och är fullständigt elastiska.

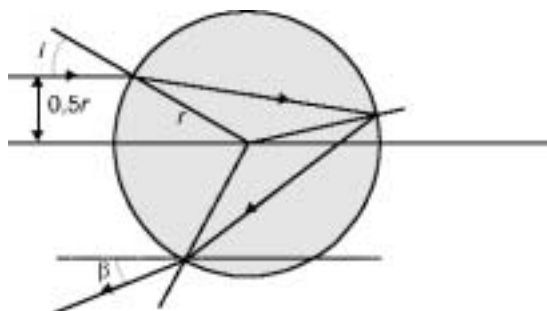


- Vilket massförhållande skall bollarna ha om bollen med massan m_1 skall få hastigheten noll efter kollisionen med bollen med massan m_2 ?
- Hur högt når i så fall bollen med massan m_2 ?

Uppgift 8

I fysiktävlingens logo kan du se hur olika strålar bryts och reflekteras i en sfärisk vattendroppe. Strålarna beskriver hur regnbågen bildas för en bestämd våglängd med samhörande brytningsindex.

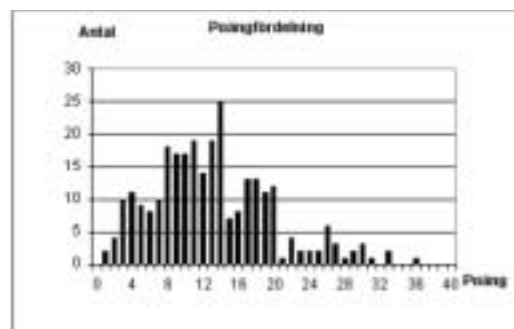
- Bestäm den spetsiga vinkel β som den infallande strålen i figuren nedan kommer att bilda med en stråle som reflekteras en gång i vattendroppen och sedan bryts ut ur vattendroppen.
- Uttryck denna vinkel β som funktion av infallsvinkeln i mot vattendroppen och bestäm dess största tänkbara värde.
- Regnbågens färger beror ju på att brytningsindex är något olika för olika våglängder. Vad hade vi sett om alla våglängder hade haft samma brytningsindex?



Resultatet av kvalificeringstävlingen

Finalister

Elevnamn	Skola	Ort	Summa
Jonas Alm	Östrabogymnasiet	Uddevalla	36
Carl Nettelblad	Danderyds gymnasium	Danderyd	33
Magnus Linderoth	Sundsgymnasiet	Vellinge	33
Erik Bernhardsson	Danderyds gymnasium	Danderyd	31
Erik Noppa	Rinmangymnasiet	Eskilstuna	30
David Johansson	Strömstads gymnasium	Strömstad	30
Niklas Wahlström	Lindeskolan	Lindesberg	30
Si Chen	Burgårdens utbildningscentrum	Göteborg	29
Benny Avelin	Östra gymnasiet	Umeå	28,5
Joel Hermansson	Berzeliusskolan	Linköping	28
Eskil Rydhe	Erik Dahlbergsgymnasiet	Jönköping	27
Åsa Holm	Danderyds gymnasium	Danderyd	27
Jesper Jacobsson	Västermalm	Sundsvall	27



Lagtävlingen

Skola	Ort	Summa
Danderyds gymnasium	Danderyd	91
Östrabogymnasiet	Uddevalla	80
Malmö Borgarskola	Malmö	71
Rudbeckianska	Västerås	63,5
Peder Skrivares skola	Varberg	63
Västermalm	Sundsvall	61

Lösningar och mer utförlig resultatlista finns tillgängliga på Fysiktävlingens hemsida, se <http://sfs.msi.se>

Fysiktävlingen 2003. Kommentarer

Uppgift 1. Uppgiften är direkt hämtad ur Tekniska Meddelanden från Kungliga Telegrafstyrelsen N:o 2–3, 1921 där man kan läsa om detta numeriska exempel. Ernst Alexanderssons uppfinning rymmer mer fysik än det enkla räkneexemplet här avslöjar. Lösningfrekvensen på över 70% visar att uppgiften varit förhållandevis enkel som den ju också var avsedd att vara eftersom den placerats först. I den mån det funnits några svårigheter har det i så fall gällt förhållandena vid parallellkopplingen i b-uppgiften.

Uppgift 2. Denna uppgift har jag fått genom Lars Jakobsson på Lärarhögskolan i Malmö. Lars presenterade den på ett föredrag under GIREP-konferensen i Lund 2002. Lars har själv registrerat den under en flygplansstart - en aktivitet som kanske skulle vara svårare att genomföra idag än vid det tillfälle då Lars gjorde det för några år sedan. Även denna uppgift har en förhållandevis rimlig lösningsfrekvens. Man kan dock förvåna sig över att den inte är ännu högre bland det positiva urval som tävlingsdeltagarna ändå utgör.

Uppgift 3. Denna uppgift har jag hämtat ur en artikel om Orbital mechanics på adressen.

<http://users.comkey.net/Braeunig/space/orbmech.htm>

Uppgift 4. Jag har mött frågeställningen i flera olika uppgifter men min mest aktuella referens till denna version är Medical Physics, Martin Hollins, Nelson Thornes Ltd, 2001. Det är väl framför allt b-uppgiften som har vållat de största svårigheterna för tävlingsdeltagarna. De som har vana vid dimensionsberäkningar har haft fördel av detta vid lösningen av uppgiften.

Uppgift 5. Uppgiften är inspirerad av ett demonstrationsexperiment där längdförändringen av metalltråden används som ett mått på effektutvecklingen. Experimentet genomförs då med såväl likström som växelström. Om växelströmmens toppvärde också registreras kan man på detta sätt visa sambandet mellan toppvärde och effektivvärde för en växelström. Om man utnyttjar trådens uppmätta längdförändring kan man skaffa sig ett värde på trådens temperaturhöjning. Trådens temperatur och omgivningens temperatur kan sedan användas för att beräkna nettoutstrålningen. Då jag genomförde experimentet visade det sig dock att en större del av den tillförda effekten transporteras bort från tråden på annat sätt. Det största bidraget

är förmodligen ledning till den omgivande luften. Uppgiften har vållat svårigheter i flera av stegen. Missuppfattningar av temperatur och temperaturskillnad förekommer. Vid användningen av Stefan Boltzmanns lag har ofta instrålningen försumrats.

Uppgift 6. Detta kunskapsområde tycks vara relativt okänt för de tävlande om man ska döma av lösningsfrekvensen. Fotonens energi borde annars vara välkänt från fotoelektriciteten. Även om den sökta kvoten beräknats visar tävlingsbidragen på elevernas svårigheter att i ord uttrycka de tankar som ligger bakom beräkningarna.

Uppgift 7. Detta är en av många formuleringar på problem som gäller den så kallade "stötförstärkaren". Svårigheterna i uppgiften är ju huvudsakligen av matematisk karaktär om man ställt upp de samband som stötlagarna och energiprincipen ger.

Uppgift 8. Regnbågen har sin förklaring i grundläggande optiska samband. Trots detta så genomförs sällan en fullständig förklaring till regnbågen i våra fysikböcker. De geometriska svårigheterna löser man helt vid härledningen av avböjningsvinkeln för ljus med ett bestämt brytningsindex och en bestämd infallsvinkel. Ett numeriskt exempel kräver inte så besvärlig matematisk behandling. För att bestämma regnbågsvinkeln måste man dock använda sig av numeriska metoder eller kunskaper om derivatan av arcusfunktioner. Båda behandlingarna förekommer även om det nog tillhör sällsyntheterna att en elev behärskar derivatan av arcsinx. De grafiska räknarna ger ju annars god hjälp i denna analys och det är också den metod som använts av del flesta som löst uppgiften. Minimideviationen fås då vid en speciell infallsvinkel och variationen i brytningsindex ger upphov till en variation i minimideviationens vinkel. Utan dispersion skulle denna variation försvinna och regnbågen skulle framstå som en på insidan skarpt avgränsad (blå)vit båge. Endast en inskickad lösning innehåller en hänvisning till minimideviationens betydelse för regnbågens uppkomst. Även i denna uppgift märks elevernas svårigheter att uttrycka tankar i ord. ■

Varberg 2003-03-31

Alf Ölme, alf@varberg.se

Paul Hewitt kommer till Fysikdagarna – hur gör Du?

Svenska Fysikersamfundet arrangerar årets Fysikdagar i samarbete med fysikinstitutionerna vid SU och KTH 12–15 november. Fysikdagarna inleds med sektionmöten 12 och 13 november. Huvudprogrammet som går av stapeln 14 och 15 november hålls i Aula Magna, Stockholms Universitets stora aula i Frescati där det också blir en utställning av fysikmateriel och litteratur.

Programmet för Fysikdagarna kommer, allt eftersom det blir klart, att presenteras på Fysikersamfundets hemsida <http://sfs.msi.se> där man kan klicka sig fram till [verksamhet/fysikdagar/hemsida](http://sfs.msi.se/verksamhet/fysikdagar/hemsida).

Förutom den välkände läroboksförfattaren Paul Hewitt

(Conceptual Physics) medverkar Bengt Gustafsson, Göran Grimvall och Sören Holst dessutom blir det en sedvanlig presentation av årets Nobelpris. Till programmet hör också studie-, musei- och laboratoriebesök.

Ett fullständigt program kommer att presenteras i Fysikaktuellt augustinummer. Deltagaravgiften är satt till 125 kronor per dag plus 300 kronor för den som vill delta i konferensmiddagen fredag 14 november. Anmälan och övrig information sker via hemsidan.

Upplysningar

Bosse Lindgren 08-553 786 39 eller 08-647 13 90
Peder Royen 08-553 786 53

Jonfällor

– testar Standardmodellen

Av Axel Lindroth



Genom att använda sig av atomfällor eller jonfällor kan man fånga en grupp atomer eller laddade partiklar i ett "moln" som har liten utsträckning (mm) och vars partiklar har begränsad rörelseenergi. Teknikerna för jonfällor utvecklades av Hans Dehmelt och Wolfgang Paul. Den förre utvecklade det som man idag kallar Penning-jonfällan, medan Paul fick sin fälla döpt efter sig. Både Dehmelt och Paul erhölet Nobelpriset 1989 tack vare de framsteg deras fällor banat väg för inom atomfysiken. Penningfällorna hade då använts bla till att lagra partiklar i månader, att studera den "kärnfria" atomen (något för dagens fruktgenetiker att lära sig av) som ett antal elektroner i ett artificiellt elektromagnetiskt fält utgör, och att bestämma elektronens g-faktor så väl att det är den mest välbestämda av alla fundamentala konstanter.

I både Penning- och Paulfällor används elektromagnetiska fält till att bilda potentialgropar för elektriskt laddade partiklar. Penningfällor består av en solenoid för generering av ett homogent magnetfält och elektroder som genererar ett elektriskt kvadrupolfält. De laddade partiklarnas rörelser kan delas upp i tre oberoende delrörelser: axiell, magnetron, och reducerad cyklotron. I Paulfällor används inga magnetfält. I stället åstadkoms den radiella instängningen av ett elektriskt kvadrupolfält av radiofrekvens (RF).

Efter de inledande framgångarna i atomfysik har Penningfällor dessutom sedan något decennium på bred front använts i det gränsområde mellan atom- och kärnfysik som mätningar av isotopers massa utgör. Dessa mätningar har gjorts bla i CERN (ISOLTRAP) och Stockholm (SMILETRAP). I CERN har man kunnat göra detta för mycket instabila isotoper, med halveringstider under en sekund, genom att experimentuppställningen byggts i ISOLDE – världens

mest kapabla laboratorium för produktion av exotiska, instabila kärnor. Jonfällor används också för att förbereda jonstrålar för accelerering i REX-ISOLDE (CERN) och i Jyväskylä (Finland). Ytterligare ett mycket spännande experiment med Penningfällor är Athena (CERN), där man skall studera anti-väteatomen med laserspektroskopi.

En av de mer spännande ideer som nu är under utveckling är den att använda jonfällor för att kunna utföra sådana experiment vars energiupplösning tidigare försämrats, eller fullkomligt förinrats, av energideposition redan i källan till den strålning man vill studera. Mest långt gångna är de två uppställningarna i Caen (LPC-Trap) och CERN (WITCH), vilka skall mäta spektrat av rekylenergi hos atomkärnor som genomgår β -sönderfall. I Caen skall man fokusera på ${}^6\text{He}$, medan WITCH (Weak Interaction Trap for Charged particles) skall kunna studera en stor del av alla de exotiska kärnor som produceras vid ISOLDE.

Spektra av β -rekyl energier har tidigare varit mycket svåra att uppmäta. Anledningen är att energierna är mycket låga, vilket leder till att merparten av energin gått förlorad redan i källan – även om den varit mycket tunn. Många gånger har de rekylrande kärnorna inte ens lämnat källan! Jonfällor skall nu lösa detta problem så att detaljerade rekylspektra kan erhållas. Ur dessa spektra kan man få en mängd information om både kärnan och atomen. Som exempel kan nämnas den totala mängden energi som frigörs i sönderfallet, antalet elektroner som "skakats av" kärnan under sönderfallet, och förhållandet EC/β^+ . EC (Electron Capture) och β^+ är två olika varianter för betasönderfall vid vilka kärnans laddning sjunker med en enhet, då den stiger med en enhet finns bara en variant, β^- . EC innebär att istället för att skapa en positron så anihileras en atomär elektron ur K-skalet.

I det följande skall vi emellertid fokusera på en annan viktig parameter som kan extraheras ur formen på en kärnas rekylspektrum. Det är den sk "a"-parametern, som ingår i uttrycket som beskriver vinkeln mellan neutrino och elektronen/positronen vid β^- respektive β^+ sönderfall.

$$1 + a \frac{P_e}{E_\nu} \cos\theta_{ev}$$

Denna vinkel, samt dessa partiklars energier avgör direkt, genom rörelsemängdens bevarande, kärnans rekylenergi. När neutrino och elektron emitteras i motsatt riktning blir kärnans energi minimal och när de emitteras i samma riktning blir kärnans energi maximal. Detta är ren kinematik, och gör att man genom att mäta rekylspektrats form också får fram vinkelfördelningen. (Denna omväg är nödvändig eftersom neutrinos är mycket svåra att detekteras.) Detaljerna i hur denna fördelning ser ut bestäms av den växelverkan som ger upphov till betasönderfallet. Enligt Standard Modellen förmedlas denna växelverkan av partiklarna W^\pm . Dessa kallas vektorpartiklar, och anledningen är att växelverkan beskrivs av en skalärprodukt av två vektorer – en som representerar W , och en som representerar skapandet av $\nu + e^-$ (eller förändringen av neutron till proton). Det finns teorigen som förutspår att β^- -sönderfall ibland orsakas av utbyte av andra partiklar än W^\pm . Dessa kan bli a vara "skalära" växelverkanspartiklar, för vilka man alltså har gammal hederlig multiplikation i stället för skalärprodukten av två vektorer. Så länge det bara är W^\pm som förmedlar den svaga växelverkan så kommer a vara lika med ett. Varje avsteg från detta värde är ett bevis för att partiklar av annan typ också bidrar till beta-sönderfall. Därmed kommer man ha påvisat existensen av en ny partikel!



I WITCH, som konstrueras i ett europeiskt samarbete lett från Leuven, Belgien, används två jonfällor i serie. Den första behövs för att snabbt fånga in den radioaktiva strålen, och se till att jonerna blir av med den överskottsenergi de behövt för att kunna styras från det strålmål där de producerats (genom bombardemang av högenergetiska protoner) till WITCH. Med en lätt puff av ett elektriskt fält förs jonerna – vilka bildar ett moln med

2 mm diameter – genom ett $\phi = 3$ mm hål in i nästa fälla cirka 20 cm från den första. Den lilla håldiametern är nödvändig för att hålla den He-gas, som används för kylningen i den första fällan, borta från den andra (sönderfalls-) fällan. Här hålls jonerna 1–3 halveringstider under det att mätning pågår. Den går till så att de rektylerande jonerna bromsas av en spänning, och en detektor räknar hur många joner som orkar passera denna elektriska barriär. Genom att ändra spänningen erhålls ett spektrum. WITCH kommer göra sina första testexperiment under 2003.

Jonfällor gör nu kraftiga inbrott i kärn-, och även fundamentalfysiken. Det är dock en utveckling som just lämnat sin linda. En mängd spännande möjligheter står för dörren då den nu pågående utvecklingen mognat. ■

Axel.Lindroth@fys.kuleuven.ac.be



Författaren bredvid Penningfälla-strukturen som skall införas i den supraledande magneten. De två mittsegmenten är de två fällorna, medan bottensegmentet retarderar jonerna inför infångning i kylfällan, och toppsegmentet innehåller accelerationselektroden och en detektor för förstudier av uppställningen.

IYPT

International Young Physicists' Tournament

International Young Physicists' Tournament (IYPT) är en internationell lagtävling i fysik, normalt för elever från den sista klassen i gymnasiet.

Ett starkt skäl till att fortsätta denna tävlingsform har varit att främja rekryteringen till fysikstudier, som på många håll har sviktat under senare år. Tävlingen anordnas varje år sedan 1988 och skiljer sig från de mera kända fysikolympiaderna enligt följande:

- 1 Tävlingen försiggår i lag om fem gymnasister, med normalt ett enda lag från varje deltagande land.
- 2 Tävlingen inleds med fem kvalificeringsomgångar, som leder fram till en final mellan tre lag.
- 3 I varje tävlingsomgång deltar tre lag, som skiftar mellan tre olika roller: rapportör, opponent och granskare.
- 4 De problem som tas upp vid varje omgång hämtas från en lista av 17 problem, som iordningställs cirka sex månader i förväg och publicerats.
- 5 Problemlistan definieras av en internationell organisationskommitté vid ett förberedande möte på följande års tävlingsplats.
- 6 Problemen är av en karaktär som kräver experimentella undersökningar för prövning av lösningarnas giltighet. Det finns ingen unik "rätt" lösning.
- 7 Tävlingspråket är engelska.
- 8 Rapportörens presentation av lösning på problemet granskas av övriga i omgången deltagande lag och betygsätts av en internationellt sammansatt jury. Juryn bedömer också opponentens och granskarens insatser.

Följande exempel (på originalspråket engelska) ger karaktären på de pro-

blem som de tävlande kan förbereda under tiden fram till detta års IYPT. Det gäller problem nr 9, 10 och 11.

- 9 When a tall chimney falls it sometimes breaks into two parts before it hits the ground. Investigate and explain this.
- 10 The resistance of the tungsten filament in a light bulb shows a strong temperature dependence. Build and demonstrate a device based on this characteristic.
- 11 Construct an optimal device for measuring the concentration of non-soluble material in aqueous colloid systems. Use your device to measure the fat content in milk.

I maj 2002 gick IYPT i Ukraina, år 2001 i Finland; tidigare tävlingar har anordnats i bl a Ungern, Österrike, Tyskland, Tjeckien, Georgien, Polen och Nederländerna. Under de senaste åren har svenska lag funnits med bland de tjugotalet deltagande, och detta år står Sverige i tur att anordna tävlingen.

Tävlingen kommer att arrangeras av Fyrissskolan i Uppsala, under tiden 1 till 8 juli, med lektor Sven Ljungfelt som ordförande i den lokala organisationskommittén. Regeln är att deltagande lag och deras lärare erbjuds fritt vliv i tävlingslandet, under det att resekostnaderna betalas av lagen själva. Tillsammans med jury och observatörer är det totala antalet deltagare ungefär 200. I år kommer 24 lag att delta, från 23 olika länder – Sverige får ha två lag som arrangör.

Bidrag till kostnaderna har erhållits från Uppsala kommun, Skolverket genom sitt NOT-projekt, Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond, Sparbanksstiftelsen Upland, Kjell och Märta Beijers Stiftelse och Landstinget i Uppsala län. ■

Gunnar Tibell
Ordf i Internationella organisationskommittén

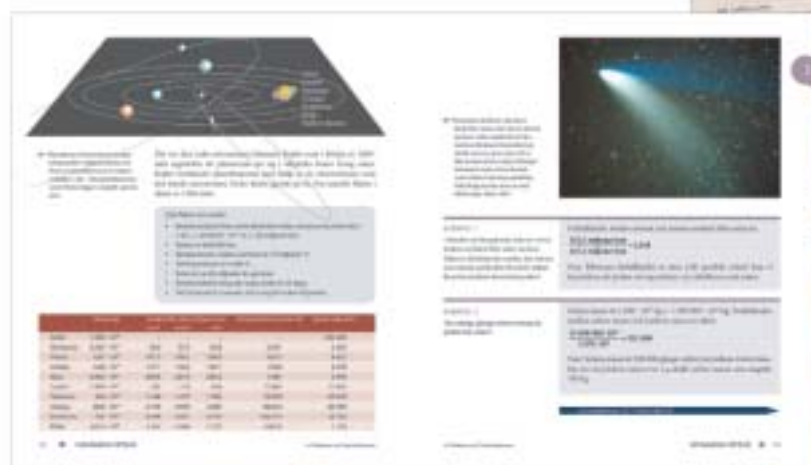
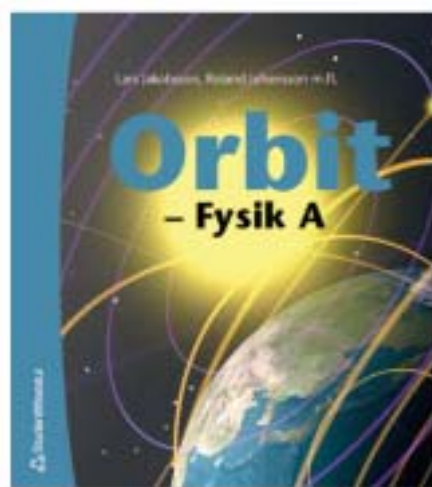
Fysik i nya banor!

Äntligen här! *Orbit* – en ny lärobok i fysik för gymnasieskolan som sätter snurr på fysikundervisningen!

En god fysikbok är som en väl anrättad middag – den kräver ingredienser av högsta kvalitet, en väl vald och aptitretande kryddning, en färgsprakande garnering och inte minst bra kokkar.

Resultatet är *Orbit* – en spännande och annorlunda anrättning som ger undervisningen ett vitamin-tillskott och tillfredställer elevernas aptit på fysik.

Sugen? *Orbit* är klar att avsmakas i juni. Välkommen att beställa ett gratis smakprov!



Studentlitteratur
Skola/Vuxenutbildning
Box 141, 221 00 Lund
Telefon 046-31 20 00

Ordertelefon 046-31 22 00
Orderfax 046-30 59 03
order.skolvux@studentlitteratur.se

www.studentlitteratur.se

Jag vill beställa till f-pris:

- ex av *Orbit*, art.nr 8096 à 245 kr (prel.)
 Jag är ämnesansvarig i fysik och vill ha ett cirkulationsex. av *Orbit*
 Ja tack, skicka katalog Gymnasium/Vuxenutbildning 2003

Skola:

Namn:

Adress:

Postnr och ort:

Sommaradress:

E-post:

Merks och frakt tillkommer. Kupongen gäller t.o.m. 30 juni 2003. Reservation för tryckfel. Skicka kupongen till Studentlitteratur eller faxa till 046-30 59 03. E-post nr: order.skolvux@studentlitteratur.se



Frånkras ej
Studentlitteratur
betalar portot

Studentlitteratur AB
Skola/Vuxenutbildning

Svarspost
Kundnummer 200011003
228 11 Lund

PL 01

Vad är drivkraften i molekylernas värld?

En molekylär introduktion till termodynamiken

Av Roland Kjellander

Den här boken riktar sig framför allt till studenter i naturvetenskapliga ämnen på universitetsnivå, i första hand kemi. De molekylära egenskaperna är hela tiden mer eller mindre i fokus.

Alltmedan dagens fysik diversifieras på en mängd deldiscipliner saknas de generaliserade kunskaperna hos studenterna men även hos doktoranderna. Den utmätta studietiden är för kort, lösningen tycks vara ämnesöverskridande. Till den ändan välkomnar man en bok som Roland Kjellanders *"Vad är drivkraften i molekylernas värld?"* (Studentlitteratur, 2002) där både fysik och kemi får plats. Boken skulle kunna vara en utmärkt lärobok eller bredvidläsningsbok i Kemisk fysik och/eller Miljöfysik.

Boken riktar sig framför allt till studenter i naturvetenskapliga ämnen på universitetsnivå och är i första hand skriven för kemistuderande och de molekylära egenskaperna står hela tiden mer eller mindre i fokus. Kjellander förefaller helt övertygad om att många begrepp inom termodynamiken endast kan förstås i en djupare mening om utgångspunkten är just denna. Detta att förstå är hela tiden det centrala, inte matematisk manipulering av differentialekvationer som det lätt kan bli i denna disciplin.

Som fysiker har vi av naturliga skäl ägnat första halvan av boken den största uppmärksamheten, då den har flera intressanta grepp för att underlätta just förståelsen av vad som egentligen händer i det som synes ske (dvs under ytan på det makroskopiska perspektivet – i det mikroskopiska om man så vill). Efter att i många år undervisat i termodynamik på första eller andra året av fysiklinjen, och förgäves letat efter en riktigt bra bok på denna nivå, kan vi konstatera att många av bokens kapitel skulle vara mycket givande som en första bekantskap med ämnet även för en fysiker.



För att nämna några punkter: Expansion och kompression av gaser, blandning av gaser, dunstning av vätskedroppe och jämvikt mellan vätska och ånga, principen för ett kylskåp ur ett molekylärt perspektiv, smältning och frysnings, kokning och kondensation.

Bokens första del behandlar entropi och temperaturbegreppen, i nämnd ordning. En av Kjellanders poänger är ju att det molekylära synsättet gör entropi lättare att förstå än temperatur. Med många exempel och små, tydliga modellsystem, leder oss Kjellander framåt mot det mer komplexa och de grundläggande termodynamiska satserna. Och det som brukar ses som ganska abstrakt och svårfångat ter sig plötsligt ganska enkelt och lättillgängligt. Och allting i denna del kan ju användas utan omskrivning i den introdu-

cerande fysikutbildningen. Men sedan glider texten över mot det mer kemiskt intressanta, och många av de aspekter på exempelvis arbete och processer som en fysiker kan behöva saknas ju här. Men sedd ur detta perspektiv är den ju klart intressant som bredvidläsning för läraren, en inspirerande källa med många intressanta ingångar och resonemang. Många av de kompletteringar och tänkesätt av befintliga texter som man själv försökt sig på hittar man till sin glädje här, och man har en känsla av att med en del tillägg och omarbetningar skulle man här också ha stommen till en utmärkt introduktion för fysiker. Med tillägg av ett antal lösta exempel och en rejäl uppsättning problem. Och även om bilderna finns i färg på webben kvarstår dock känslan av att ha ett kompendium i sin hand, och författaren påpekar också själv att utgångspunkten varit just ett litet men lyckat sådant.

Å andra sidan är det säkert så, att idén med den här typen av litteratur är just att ta vara på lyckade kompendier och ge dem en mer bokliknande skenad. Till ett rimligt pris - det har ju kanske inte alltid varit fallet men just i det aktuella fallet blir man positivt överraskad : 110 kr, rena fyndet.

Och, som sagt, här finns mycket att lära och det är ett mycket intressant sätt att närma sig ämnet. Och vi skall genast skaffa oss ett eget exemplar av boken att ha bredvid som inspiration nästa gång vi har en kurs med den här inriktningen. ■

Jan Blomquist och Bosse Lindgren,
Fysikum, SU, Stockholm

Fusk, fysik och historieskrivning

kommentar

Av Indrek Martinsson och Ingolf Lindau

Pia Thörngren Engblom (PTE) är kritisk mot vår "historiebeskrivning" av fissionens upptäckt. Vår artikel handlade ju om något helt annat och fissionen nämndes i förbigående. Vi borde kanske ändå ha omnämnt Meitner och Frisch i detta sammanhang. Liksom de flesta av Fysikaktuelltts läsare är vi väl förtrogna med deras avgörande insatser och vi har också läst Ruth Lewin Simes utmärkta bok "Lise Meitner – A Life in Physics". (Som fysikstudent i Stockholm 1959 såg en av oss, IM, inte sällan en ensam, äldre dam äta lunch på kårhuset, Holländargatan – det var Lise Meitner som snart skulle flytta till Cambridge).

På grund av sin judiska börd tvingades Lise Meitner fly från Berlin den 13 juli 1938, och samarbetet med Hahn och Strassmann upphörde praktiskt taget. Men det var faktiskt dessa två herrar som den 17 december 1938 gjorde upptäckten av barium vid bestrålning av uran med neutroner (Naturwissenschaften 27 (1938) 11)! Som PTE mycket riktigt påpekar är Meitners och Frisch' artikel i Nature 143 (1939) 239 av största betydelse. Innan dessa resultat publicerades trodde så gott som alla inblandade att neutronbestrålning av uran i första hand producerade transuraner, $Z = 93$, 94 osv. Det kan vara intressant att veta att även två andra kvinnliga forskare, Ida Noddack i Tyskland och Irène Joliot-Curie i Frankrike (tillsammans med Frederic Joliot nobelpristagare i kemi 1935) studerade transuraner på 1930-talet.

Förutom ovannämnda bok finns det mycket annat intressant och lättillgängligt att läsa om Lise Meitner. Ruth Lewin Sime har skrivit om Meitners tid i Sverige 1938–60 (Am. J. Phys. 62 (1994) 695) och en kortare artikel om hennes liv (Endeavour 26 (2002) 27). Att Meitner inte blev nobelpristagare kritiserar skarpt av E. Crawford, R. Lewin Sime och M. Walker i Nature 382 (1996) 393 och Physics Today, september 1997, sid. 26. Det hedrar inte Hahn att han försökte förringa Meitners insatser efter det att hon hade lämnat Tyskland. Även Strassmann blev förbigången, och han har

skrivit några ironiska artiklar om detta. Det råder nu knappast något tvivel – Meitner, Frisch och Strassmann hade förtjänat nobelpriset!. (Man bör samtidigt betänka att antalet nobelpris är betydligt mindre än antalet prisvärda upptäckter och forskare). Niels Bohr nominerade Meitner och Frisch för 1947 års pris i kemi, men detta gick till engelsmannen Sir Robert Robinson, för hans undersökningar över biologiskt betydelsefulla ämnen ur växtriket, särskilt alkaloider. År 1966 tilldelades emellertid Meitner, tillsammans med Hahn och Strassmann, Enrico-Fermi-priset, ett sent men välkommet erkännande av hennes insats. Det bör också noteras att två barnböcker ägnats åt Lise Meitner i serien "Great Minds of Physics": 'Lise Meitner: Discoverer of Nuclear Fission (2000)' och 'Lise Meitner: Pioneer of Nuclear fission (2002)'. Båda författarna till dessa böcker är kvinnor, så tiderna har förändrats!

Vi vill speciellt rekommendera en intressant och saklig översiktsartikel "Five Decades Ago: From the 'Transuranics' to Nuclear Fission" författad av den tyske kärnkemisten Günter Herrmann (Angewandte Chemie 29 (1990) 439). Herrmann efterträdde Strassmann på professuren i kärnkemi vid universitetet i Mainz och kände även Hahn, Meitner och Frisch. Vi citerar:

"The discovery of nuclear fission is one of the most outstanding episodes in

the history of chemistry. It starts in the spring of 1934 when *Enrico Fermi* and his group irradiate uranium with neutrons and seem to succeed in going beyond uranium, the then heaviest known element, reaching the first transuranic element; it continues with *Otto Hahn*, *Lise Meitner* and *Fritz Strassmann* who believe to have found additional transuranic elements; with *Irène Curie* and *Paul Savitch* who observe an activity which somehow does not fit into that scheme; again with *Otto Hahn* and *Fritz Strassmann* who first identify this activity as radium and then on the 17th of December 1938 after rigorous chemical tests realize that the activity is instead barium, thus discovering the fission of the uranium atom into two lighter nuclei; and with *Lise Meitner* and *Otto Robert Frisch* who explain nuclear fission on the basis of an already known nuclear model; *Otto Robert Frisch* finally performs a physical experiment on the 13th of January 1939 which corroborates the fission of uranium".

Bättre än så kan det knappast sägas och närmare sanningen kan man nog inte komma!

Det är också intressant att läsa det som FD Anna Beckman skrev om 1944 års nobelpris i kemi till Otto Hahn (Kosmos 24 (1946) 23). Här står det inte mycket om Meitner och ingenting om Frisch. Det var nog så man resonerade år 1945 – så tiderna har dessbättre förändrats!

Tack vare den vänliga kritiken har vi nu kunnat skriva om Lise Meitner och Otto Robert Frisch. Vi tror att detta intresserar läsaren och att vår historiebekrivning är korrekt. "Platon är mig kär, men ännu kärare är sanningen" (Aristoteles). ■

Enkel datainsamling med CBL2 och LabPro

CBL/LabPro kan användas tillsammans med antingen en grafitande räknare, dator eller helt fristående för att i efterhand göra en överföring av information till dator eller räknare. På detta sätt är man mycket flexibel och kan göra sina mätningar var man vill. Man kan med ett 40 tal olika prober samla in olika data inom ämnena fysik, matematik, kemi och biologi.

Vi presenterar här några nyheter i vårt sortiment av prober. Vill ni veta mer kan ni gå in på vår hemsida www.zenitlaromedel.se



28-000001 CBL2
28-000002 LabPro



28-000105

Kraftgivare platta

En rejäl kraftgivare i form av en badrumsvåg som man t.o.m kan hoppa på. Sensorn har två skalor en upp till 3500 N och en upp till 800 N. Med medföljande handtag går det att mäta dragkraft upp till 800 N.

28-000007

UVA-sensor

UVA-strålning orsakar solbränna, föråldrad hud och vissa typer av hudcancer. Sensorn mäter mellan våglängderna 320 till 390 nm.

28-000008

UVB-sensor

UVB-strålning orsakar solbränna, grå starr och hudcancer. Sensorn mäter mellan våglängderna 290 till 320 nm.

28-101010 Graphical Analysis 3

En ny utgåva av detta populära program där man kan rita, analysera och skriva ut grafer, datatablauer, text och histogram. Man kan manuellt lägga in egna data samt importera data från en Texas-räknare. Skollicens.



28-000328 Logger Pro 3

En ny version av Logger Pro som även ger dig en fullversion av Graphical Analysis 3. Du kan samla in och analysera data genom LabPro, lägga in bilder eller filmer till dina rapporter, synkronisera filmer med dina insamlingsdata, importera data från grafräknare, exportera data till excel-blad m.m. Skollicens.

Ni har väl inte missat våra sommarkurser på Smögen 15-18 juni.
Nu med större kursutbud än någonsin.



Zenit ab Läromedel

Box 54, 450 43 Smögen

Tel: 0523-379 00 Fax: 0523-300 66

e-post: zenit@zenitlaromedel.se

www.zenitlaromedel.se

the Practical Application of Light

Photonics is emerging as an important technology for the future. Melles Griot supplies the elements used to create, transform, and detect light for applications as diverse as biotechnology, telecommunications, entertainment, and reprographics.



Lasers

- Diode-Pumped Solid-State (DPSS)
- Semiconductor
- Ion
- Helium Cadmium
- Helium Neon



Optics & Optical Assemblies

- Simple Optical Components
- Precision Multielement Assemblies
- Custom Fabrication and Coating
- Custom Photonics Modules



Precision Positioning

- Nanopositioning Systems
- Opto-Mechanical Hardware



Machine Vision

- Telecentric Gauging Lenses
- Video Components
- Lighting Components



Integrated Photonics Modules

- Combining Optics, Lasers, Electronics, and Mechanics
- Contract Manufacturing
- Design



Vibration Isolation Systems

- Optical Tabletops & Enclosure Systems
- Optical Breadboards and Base Plates
- Workstations



Beam Diagnostics

- Power and Energy Meters
- Beam Profilometers
- Position Sensing



Electro-Optics

- Diode Laser Drivers
- Diode Laser Characterization
- Detectors and Amplifiers

Create

Transform

Detect

Telecom

Semiconductor

Biotechnology

Analytical Chemistry

Imaging

Medicine

Forensics

Photonics

Aerospace

Metrology

Electronics

Spectroscopy

Reprographics

Materials Processing

Photonics is transforming the world we live in. Melles Griot supplies components and assemblies that allow industry to move from scientific possibilities to product realities.

the practical application of light

MELLES GRIOT

Melles Griot AB

Box 7071 SE-187 12 Täby Sweden • Tel: +46 8 6308950 • Fax: +46 8 6300745 • E-mail: info.nordic@mellesgriot.com

Serving Sweden, Denmark, Finland, Iceland, Norway and The Baltic States

www.mellesgriot.com

 Barloworld Scientific