

KVANT December 4 2002

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 13. årgang



- MATEMATIK I OLDTIDENS ÆGYPTEN •
- NOBELPRISERNE I FYSIK OG KEMI 2002 •
- LEONIDERNE 2002 – ET FESTFYRVÆRKERI AF STJERNESKUD •
- BETLEHEMSSTJERNEN • INTERNATIONAL FYSIKOLYMPIADE •
- KLIMAÆNDRINGER FORÅRSAGET AF ASTEROIDER ELLER KOMETER •

LØSSALGSPRIS: 35 KR

KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

Ørsted Laboratoriet, Niels Bohr Institutet
Universitetsparken 5
DK-2100 København Ø

Hjemmeside : www.kvant.dk
E-mail : kvant@kvant.dk
Giro : 5 84 31 46

Udgives af
Astronomisk Selskab
Dansk Fysisk Selskab
Dansk Geofysisk Forening
Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Redaktion
Jens Olaf Pepke Pedersen (ansv. red.)
DCESS, NBIfAFG, KU
Michael Cramer Andersen (nyhedsred.)
Astronomisk Observatorium, KU
Camilla Bacher
Kemisk Institut, KU
Jørgen Friis Bak
Aarhus Universitet
Jørn Johs. Christiansen
Roskilde Kathedralskole
Torsten Freltoft
Sophion Bioscience A/S
Mogens Esrom Larsen
Matematisk Institut, KU
Finn Berg Rasmussen
Ørsted Laboratoriet, KU
Svend E. Rugh
Ove Østergaard
Silkeborg Amtsgymnasium

Kvant udkommer 4 gange årligt og er medlemsblad for de udgivende selskaber.
Abonnementspris: 135 kr/år.

Annoncepriser
1/1 side 3000 kr
1/2 side 1600 kr
1/4 side 1000 kr
Farvetillæg 1800 kr

Priserne er excl. moms og for reproklart materiale. Henv. om annoncer til redaktøren, tlf. 35 32 05 73 / fax 35 32 05 76. Henv. vedr. abonnement til forretningsfører Lene Körner tlf. 35 32 07 62 (koerner@kvant.dk).

Oplag: 3.000. Tryk: P. J. Schmidt A/S, Vojens. ISSN 0905-8893



Produktionsplan

Nr. 1-03 udkommer ca. 1. marts
Nr. 2-03 udkommer ca. 15. maj
Deadline for mindre bidrag og annoncer er ca. en måned før, længere artikler skal modtages mindst to måneder før.

Indhold:

Nobelpris for opdagelsen af kosmiske Røntgenkilder <i>Niels Lund</i>	3
Nobelpris for astrofysiske neutrinoer <i>Jørgen Christensen-Dalsgaard og Karlheinz Langanke</i>	6
www.kvant.dk	8
NMR-spektroskopiker får nobelprisen i kemi 2002 <i>Søren M. Kristensen og Jens Jørgen Led</i>	9
Fysik og kemi i fremtidens naturfaglige uddannelser <i>Konference 30.-31. januar 2003</i>	11
Matematik i oldtidens Ægypten – Regnekunst og tal på faraoernes tid <i>John Rosendal Nielsen</i>	12
Nyt fra Astronomisk Selskab	18
Forfatterindeks til Kvant 1.–13. årgang	19
Nyt fra Selskabet for Naturlærens Udbredelse	26
Klimaændringer forårsaget af nedslag af asteroider eller kometer <i>Jørgen Bendtsen</i>	27
Betlehems stjærne var Jupiter <i>Lennart Samuelsson og Åke Hjelm</i>	30
Dansk succes ved den internationale fysikolympiade 2002 <i>Michael Brix Pedersen og Henrik Bruus</i>	32
Breddeopgaver nr. 9, 10 og 11 <i>Jens Højgaard Jensen</i>	34
Kvant-nyheder <i>Michael Cramer Andersen</i>	36
Nyt fra Dansk Fysisk Selskab	38
Læserbrev om Kvante-teleportation	38
Nye bøger <i>Michael Cramer Andersen og Jens Olaf Pepke Pedersen</i>	39
40cm teleskopet til Wieth-Knudsen Observatoriet <i>Michael Quaade</i>	40
Nyt fra Dansk Geofysisk Forening	41
Kupon til abonnement på Kvant	43
Leoniderne 2002 – et festfyrværkeri af stjerneskud! <i>Camilla Bacher og Lars Bakmann</i>	Bagsiden

Forsiden:

LEONIDERNE

Forsidebilledet er fotograferet af Arne Danielsen og viser en ekstremt kraftig meteor – en såkaldt ildkugle – fotograferet under Leoniderne i 1999. Meteoren var så lysklar, at den fik objekter til at kaste skygge! Ildkuglen bevægede sig igennem Orion – de tre bæltstjerner ses til venstre i billedet. Den klare røde stjerne i venstre side er Betelgeuze i Orion, den røde stjerne til højre er Aldebaran i Tyren. Læs mere i artiklen af Camilla Bacher og Lars Bakmann på bagsiden.

Nobelpris for opdagelsen af kosmiske Røntgenkilder

Niels Lund, Dansk Rumforskningsinstitut

Nobelprisen i fysik for 2002 gik til tre forskere der gennem deres eksperimentelle arbejde afgørende har udvidet astronomiens arbejdsfelt og observationelle muligheder. Én af disse tre er den italienskfødte astronom Riccardo Giacconi, der har fået prisen "for banebrydende bidrag til astrofysikken, der har ledt til opdagelsen af kosmiske Røntgenkilder".

Ricardo Giacconi er født i 1931 og studerede fysik under professor Giuseppe Occhialini i Milano. Occhialini var stærkt optaget af elementarpartikelfysik, som i årene lige efter 2. verdenskrig – før de store partikelacceleratorers fremkomst – hovedsageligt blev undersøgt gennem studier af vekselvirkninger af partiklerne i den kosmiske stråling. Det var med denne ballast Giacconi i 1959 rejste til USA på et Fullbright legat for at fortsætte udforskningen af den kosmiske stråling.

Nogen tid efter sin ankomst til USA blev Giacconi introduceret til Bruno Rossi, en meget erfaren eksperimentalfysiker og professor ved Massachusetts Institute of Technology. Rossi var medlem af det nyligt etablerede "Space Science Board", et rådgivende organ etableret af det amerikanske videnskabsakademi i kølvandet på det chok som den russiske Sputnik havde givet Amerika i 1957.

Rossi foreslog Giacconi at undersøge mulighederne for detektore Røntgenemission fra stjerner, et emne som var blevet udpeget som potentiel interessant af flere medlemmer af Space Science Board, men som ingen endnu havde taget op for alvor. Den eneste kendte astrofysiske Røntgenkilde var på det tidspunkt Solen, hvorfra Røntgenemission var blevet påvist med instrumenter opsendt med erobrede tyske V2 raketter allerede i 1949.

Forudsigelser

Giacconi forlod den kosmisk stråling og kastede sig med stor energi over det nye felt. Sammen med George Clark og Stanley Olbert udarbejdede han teoretiske estimater over styrken af de forventede Røntgensignaler fra kilder udenfor solsystemet. Resultatet af disse første overvejelser var nedslående. Hvadenten de betragtede sol-type stjerner eller flare stjerner med magnetfelter titusind gange stærkere end Solens eller Krabbetågen, en stærk radiokilde fra en tusind år gammel supernovarest, så måtte de erkende at de behøvede instrumenter var der hundrede eller tusindfold mere følsomme end noget dengang eksisterende instrument.

Giacconi konkluderede at Røntgenastronomien kun ville være mulig såfremt man fandt veje til at fokusere strålingen med et teleskop. Et litteraturstudium viste snart at et sådan teleskop burde kunne realiseres, det var allerede kendt at røntgenstråling kan spejles hvis

den rammer en metaloverflade under en meget lille vinkel – strejfende indfald – og en tysk fysiker, Hans Wolter, havde endda i detaljer udarbejdet flere koncepter for fokuserende systemer baseret på strejfende indfald. Sammen med Rossi publicerede Giacconi i 1960 en beskrivelse af et astronomisk Røntgenteleskop.

Udviklingen af et sådan Røntgenteleskop ville indlysende blive en langvarig affære og Giacconi var ivrig efter at komme i gang med udviklingen af den nødvendige detektortechnologi. Han foreslog derfor det nyetablerede NASA et eksperiment der skulle eftersøge Røntgensignaler fra rummet. NASA var ikke interesseret – andre end Giacconi havde nok gjort sig de samme overvejelser om de forventede signalstyrker og projektet så ret håbløst ud. I stedet vendte Giacconi sig så til det amerikanske luftvåben og foreslog undersøge muligheden for at bruge Røntgenemission fra Månen som en metode til at overvåge Solens partikelstråling. Ideen var at solpartiklerne ville stimulere Røntgenstråling når de ramte Månens overflade. Luftvåbnet sagde ja, og Giacconi kunne i begyndelsen af 1960 starte et udviklingsprogram for Røntgendetektorer til raketbrug.

Raketobservationer

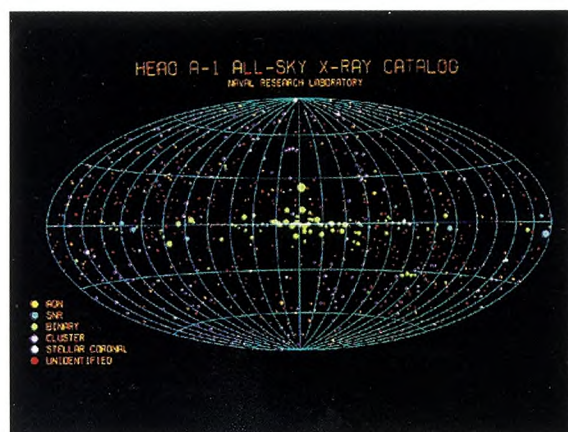
Den første raketflyvning allerede i samme efterår mislykkedes på grund af en defekt raket. Det andet forsøg i oktober 1961 mislykkedes også da dørene der beskyttede detektorerne under den første del af opsendelsen ikke åbnede som de skulle. Men endelig, i juni 1962, kom belønningen for anstrengelserne da en raket med tre følsomme detektorer fløj til 225 kms højde og i 5 minutter kunne scanne himlen for Røntgensignaler. Resultatet var en stor overraskelse: detektorerne så et meget kraftigt signal – og det kom ikke fra Månen! Efter ugers overvejelser var Giacconi og hans medarbejdere overbeviste om at signalet var reelt og at de faktisk for første gang havde set signalet fra en Røntgenstjerne – det objekt som i dag kaldes Sco X-1 – stadig den stærkeste Røntgenstjerne på himlen.

Resultatet blev offentliggjort i Physical Review Letters [1] og pludselig stod det klart for alle, at Røntgenastronomien var indenfor rækkevidde selv med relativt simple instrumenter. Flere grupper i USA og Europa tog handsken op og snart blev Giacconis resultater bekræftet og flere røntgenkilder blev fundet ved nye raketobservationer.

Hvad er Røntgenstjerner?

Som nævnt oversteg signalet fra Sco X-1 og de andre tidlige Røntgenstjerner langt Giacconis oprindelige es-

timater og det var i adskillige år en gåde hvilke fysiske processer der lå bag disse objekter. Det gjorde ikke gåden mindre, at man allerede blandt de første få kilder så store forskelligheder: Sco X-1 var en punktkilde mens Krabbetågen viste sig at være udstrakt over flere lysår. Der måtte altså være flere forskellige mekanismer der kunne gøre hvad man ellers havde anset for umuligt: over lang tid at opretholde temperaturer på mange millioner grader.



Figur 1. Himmelkort med røntgenkilder.
Foto: NASA/CXC/SAO.

Problemet løsning viste sig at være eksistensen af de såkaldte kompakte objekter, neutronstjerner og sorte huller, som i kraft af deres meget lille størrelse, 10–100 km diameter, og intense tyngdefelter giver mulighed for at frisætte enorme energimængder i et meget lille volumen – netop hvad der kræves for at opretholde de ekstreme temperaturer. Neutronstjerner var diskuteret som teoretiske muligheder allerede i 1930'erne, men blev først rigtigt accepterede som en del af det observerbare Univers efter Bell og Hewish' opdagelsen af radiopulsarerne i 1967.

Senere har det vist sig at meget høje temperaturer også kan opretholdes under forhold med ekstrem lav stoftæthed – f.eks. i den intergalaktiske gas i en galaksehob – selv om energitilførslen per volumenenhed er lille. Udstrålingseffektiviteten fra meget fortyndede og fuldt ioniserede gasser er nemlig ekstremt lille. Galaksehobe ses derfor ofte som Røntgenkilder på den helt store skala.

Uhuru satellitten

Giacconi hvilede ikke på laurbærene efter at have opdaget den første Røntgenstjerne. Han foreslog i 1963 NASA at bygge en satellit der kunne gennemføre en fuldstændig kortlægning af Røntgenhimlen forud for realiseringen af den store drøm: Røntgenteleskopet. Efter megen tvivl blev projektet realiseret og Uhuru, den første satellit dedikeret til Røntgenastronomi blev sendt op december 1970.

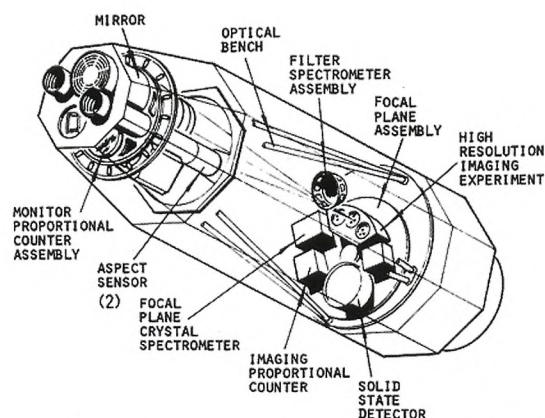
Uhuru gav os et oversigtsbillede af hele Rønt-

genhimlen med Mælkevejens plan markeret med et stort antal meget kraftige kilder og et fint drys af svagere ekstragalaktiske kilder fordelt over resten af himlen.

De allerfleste galaktiske kilder er binære Røntgenkilder hvor en normal stjerne omkredser et kompakt objekt. Røntgenstrålingen er her en følge af stofoverførsel fra den normale stjerne til det kompakte objekt. Det indfaldende stof cirkulerer omkring det kompakte objekt i de såkaldte opsamlingskiver og opvarmes ved gnidning til ekstreme temperaturer.

Interessante undtagelser fra ovenstående billede udgøres af nogle få isolerede neutronstjerner, eksempelvis den i Krabbetågen, hvor energien til Røntgenemissionen tages fra rotationsenergien af den hurtigt snurrende og stærkt magnetiserede neutronstjerne.

De ekstragalaktiske kilder er dels de tidligere omtalte galaksehobe, men også aktive galaksekerner, som huser supertunge sorte huller med en masse på flere milliarder solmasser, disse monstre opsuger gradvis stof fra de omgivende galakser og resultatet bliver ekstremt stærkt lysende objekter der ofte er meget kraftige Røntgenkilder.



Figur 2. Principtegning af Einstein satellitten og dens Røntgenkikkert. Ill: NASA/CXC/SAO.

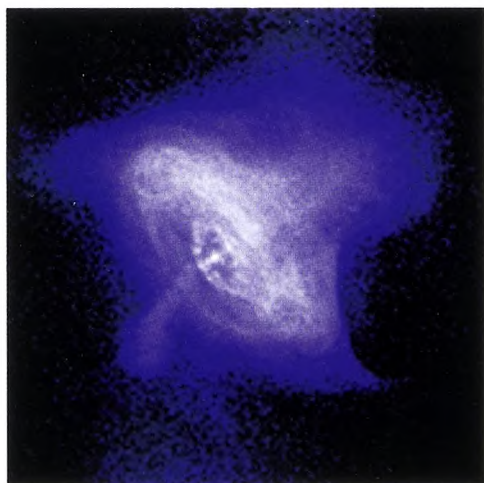
Einstein satellitten

Giacconis tredje store indsats i udviklingen af Røntgenastronomiens værktøjer var bygningen af Einstein satellitten, den første satellit med et fokuserende Røntgenteleskop om bord. Arbejdet med dette projekt begyndte for alvor i 1973 efter adskillige tidligere tilløb til at få projektet i gang.

Teleskopet på Einstein satellitten bestod af fire koncentriske spejlskaller hvoraf den yderste havde en diameter på 60 cm. Flere forskellige detektorsystemer kunne efter tur placeres i teleskopets brændplan og Einstein gav derfor helt nye muligheder både for at studere røntgenkildernes struktur og for at optage spektre med høj opløsningsevne.

Einstein satellitten blev sendt op i november 1978. Med den kunne Røntgenastronomerne nu

begynde at studere binære Røntgenstjerner i Andromedagalaksen og undersøge detaljer i strukturen af Røntgenemissionen fra galaktiske supernovarester. Ikke mindst betød den stærkt forøgede følsomhed at et meget stort antal extragalaktiske kilder nu blev opdaget. Einstein er blevet fulgt af flere andre teleskopmissioner, ESAs EXOSAT, den tyske ROSAT og senest NASAs Chandra Observatorium og ESAs XMM-Newton. Hver ny satellit har afsløret nye aspekter i det rige felt som Giacconi og hans medarbejdere åbnede med opdagelsen af Sco X-1.



Figur 3. Den centrale del af Krabbetågen med pulsaren og omgivet af en lysende skive og en stråle ud fra pulsarens pol. Foto: NASA/CXC/SAO.

Hvis man skal prøve at sammenfatte hvad Røntgenastronomien har tilført astrofysikken så må det nok være erkendelsen af, at stjernernes aktive livsløb ikke er begrænset til det fase hvor kernesyntesen foregår – forbrændingen af brint og helium til tungere grundstoffer, men at i hvert fald de tungere stjerner gennem supernovae-ksplosioner træder ind i et nyt liv som kompakte objekter, neutronstjerner og sorte huller, der fortsætter som aktive deltagere i det kosmiske spil over tidsrum af samme varighed som stjernernes første livsfase. For kosmologiske studier er det af allerstørste vigtighed at vi nu kan udnytte Røntgenudstrålingen til at identificere galaksehobe, aktive galaksekerner og kosmiske gammaglimt fra de allertidligste faser af stjernedannelsen.

Eftertiden

Efter realiseringen af Einstein satellitten forlod Giacconi Røntgenastronomien – han var ikke manden der kunne sidde stille i de 20 år det tog at få bygget og opsendt den næste store NASA Røntgenmission, Chandra satellitten. I stedet var han i mange år en effektiv direktør for Space Telescope Science Institute i Baltimore og senere for det Europæiske Sydobservatorium,

ESO, i den kritiske fase hvor Very Large Telescope projektet på Paranal i Chile skulle realiseres. I dag er Giacconi præsident for et konsortium af amerikanske universiteter, der driver National Radio Astronomy Observatory for National Science Foundation.

Referencer:

- [1] Giacconi, Gursky, Paolini og Rossi (1962) "Evidence for X-rays from sources outside the Solar System", *Physical Review Letters*, bind 9, side 435.



Niels Lund arbejder på Dansk Rumforskningsinstitut og har ledet bygningen af røntgenteleskoperne på INTEGRAL (se Kvant-nyhederne side 36). Her spejler han sig i røntgendetektoren, der sidder bagerst i de danske teleskoper. Foto: ESA.

NYHED

Astronomisk lommebog '03

Redaktør: Jan Teuber

188 sider, illustreret.
Indbundet i et solidt og
vejrbestandigt plastomslag.
Kr. 79,- inkl. moms

Indeholder bl.a.:

- Astronomiske begivenheder 2003
- Kalender 2003
- Himmelmugler
- Stjernesynonymer
- Stjernetåger
- Galakser
- Sol- og måneformørkelser
- Solsystemet
- Stjernebilleder
- Variable Stjerner
- Stjernehobe
- Evighedskalender

Lommebogen kan købes, hvor du normalt køber bøger.

BRANNER OG KORCH

Ekspedition: Tlf.: 75 82 39 00



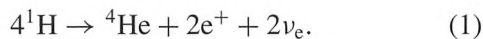
Nobelpris for astrofysiske neutrinoer

Jørgen Christensen-Dalsgaard^{1,2} og Karlheinz Langanke^{2, 1} Teoretisk Astrofysik Center, Danmarks Grundforskningsfond, ²Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet

Halvdelen af Nobelprisen i fysik i 2002 blev delt mellem to forskere der har ydet afgørende bidrag til vores forståelse af stjernernes fysik gennem observation af neutrinoer: Raymond Davis Jr og Masatoshi Koshihba. En pris inden for dette område er ikke uventet og kommer, specielt givet Davis's alder på 87 år, næppe for tidligt. Samtidig er der inden for det seneste år sket et afgørende gennembrud i vores viden om neutrinoerne fra Solen.

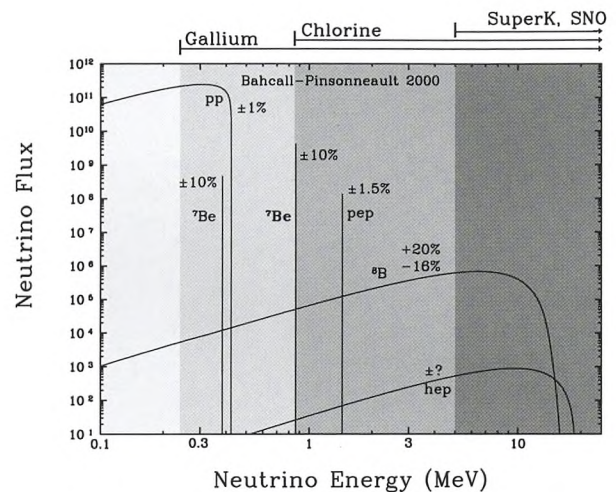
Neutrinoens eksistens blev forudsagt teoretisk af Pauli i 1930, og den blev påvist eksperimentelt i 1955 af Cowan og Reines (Frederick Reines fik Nobelprisen for denne opdagelse i 1995 [1]). Vi ved nu at der er tre forskellige typer af neutrinoer, svarende til de tre klasser af de såkaldte leptoner, dvs. lette elementarpartikler: elektron-neutrinoer (ν_e), muon-neutrinoer (ν_μ) og tau-neutrinoer (ν_τ). Fælles for neutrinoerne er at de er meget lette, samt at de har uhyre ringe sandsynlighed for at reagere med stof: for en neutrino er Jorden næsten gennemsigtig.

Solen producerer neutrinoer på grund af fusionen af fire brintkerner, dvs. protoner, til en heliumkerne der består af to protoner og to neutroner. Processen kræver altså at to protoner laves om til neutroner ved et positronhenfald, og ved hvert af disse dannes der samtidig en elektron-neutrino. Nettoprocessen kan derfor skrives



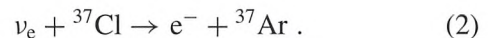
På grund af den ringe sandsynlighed for reaktioner, undslipper neutrinoerne fra Solens centrum; Jorden er derfor badet i en strøm af neutrinoer fra Solen. Hver reaktion (1) producerer ca. 25 MeV (millioner elektron-volt) eller 4×10^{-12} J. Energistrømmen i Jordens afstand fra Solen på 1350 W/m^2 svarer derfor til en fluks af neutrinoer på 6.7×10^{14} per m^2 per sekund; hver kvadratcentimeter på Jordens overflade passerer af ca. 67 milliarder neutrinoer i sekundet!

Det samlede antal neutrinoer er altså nemt at bestemme, men deres energifordeling afhænger af de detaljerede processer der indgår i nettoprocessen (1), og dermed af forholdene i Solens indre. Figur 1 viser energispektret for neutrinoer beregnet for en såkaldt "standardmodel" af Solen. Langt de fleste neutrinoer har relativt lave energier, under 0.42 MeV, mens kun 0.01 procent af neutrinoerne, overvejende fra en sjælden reaktion der involverer ^8B , har energier over 2 MeV. Hyppigheden af denne reaktion vokser meget hurtigt med temperaturen i Solens centrum.



Figur 1. Spektre af neutrinoer fra de forskellige reaktioner der indgår i nettoreaktionen (1) for brint-fusion. Skraveringen og pilene øverst markerer energiområder hvor forskellige eksperimenter er følsomme. "Chlorine" refererer til Davis's ^{37}Cl eksperiment, "SuperK" til Super-Kamiokande eksperimentet og "SNO" til Sudbury Neutrino Observatory. Endelig henviser "Gallium" til til radiokemiske eksperimenter hvor neutrinoerne reagerer med ^{71}Ga . Som angivet er disse eksperimenter følsomme overfor også de lav-energetiske neutrinoer; den målte fluks er igen væsentlig lavere end de teoretiske forudsigelser. Fra [3].

Det var tidligt klart at detektion af neutrinoer fra Solen ville demonstrere at Solens energi kommer fra kernereaktioner; måling af neutrinofluksen ville også, som Davis påpegede, give information om forholdene i Solens indre, specielt den centrale temperatur. Problemet ved en sådan detektion er naturligvis den ringe reaktionssandsynlighed; selv med den meget høje neutrinofluks kræves valg af en effektiv reaktion til detektion, og meget store detektorer. En mulig reaktion er



Isotopen ^{37}Ar af argon er radioaktiv, med en halveringstid på 35 døgn.

Davis's store bidrag var at etablere det hidtil eneste eksperiment til detektion af solneutrinoer baseret på reaktionen (2). Eksperimentet benyttede klor i form af 615 ton C_2Cl_4 , i en tank placeret i en dybde på 1500 m under jorden i Homestake guldminen, South Dakota, for at reducere baggrunden fra kosmisk stråling. Den producerede argon (typisk kun nogle få atomer) blev udvundet ved at boble helium gennem tanken, og mængden af argon kunne så bestemmes ved at tælle de radioaktive henfald. Resultatet opgives typisk i Solar

Neutrino Units (SNU: 1 SNU svarer til en neutrinoindfangning per sekund og per 10^{36} ^{37}Cl atomer). De første resultater [1] viste en øvre grænse på 3 SNU, hvor den tids solmodeller forudsagde omkring 20 SNU [2].

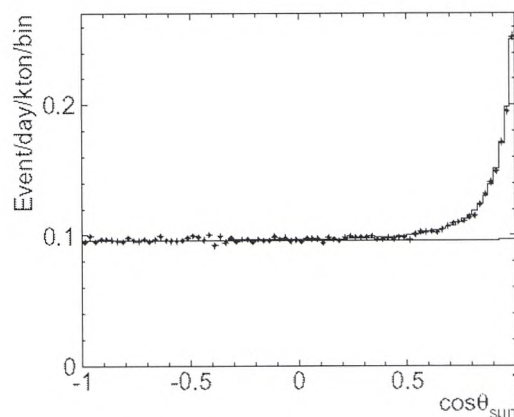
Dette såkaldte solneutrinoproblem førte til en lang række forslag til modifikation af solmodellerne, eller til revision af de fysiske parametre der indgik i beregningen af dem, for at reducere den beregnede neutrinofluks (se f.eks. [3]). Kloreksperimentet er overvejende følsomt over for de højenergetiske ^8B -neutrinoer; fluksen kan derfor reduceres ved at sænke temperaturen i de centrale dele af modellen, men generelt under den betingelse at kernereaktionerne i modellen stadig skal producere den mængde energi, som Solen udstråler. Dette kræver ganske drastiske ændringer i modellernes fysiske egenskaber. Givet at eksperimentet kun producerer ca. 30 argon-atomer i en typisk 2-måneders sekvens er det ikke overraskende at der også er stillet spørgsmåltegn ved den eksperimentelle metode, f.eks. effektiviteten af opsamlingen af det producerede argon; denne er dog blevet overbevisende demonstreret ved at opsamle en kendt mængde argon der er blevet tilført tanken. Davis's målinger er blevet fortsat over mere end 25 år; den gennemsnitlige målte fluks er 2.5 SNU, mens moderne solmodeller forudsiger ca. 8 SNU. Der består altså en væsentlig uoverensstemmelse, der måske kunne rejse tvivl om vores forståelse af Solens, og dermed stjernernes, struktur og energiproduktion.

De fleste normale stjerner laver energi ved reaktionen (1) og producerer dermed neutrinoer; men den samlede fluks er naturligvis langt lavere end fluksen af neutrinoer fra Solen (det er mørkere om natten end om dagen!) og kan derfor ikke detekteres. Der er dog tilfælde hvor selv en fjern stjerne kan producere tilstrækkelig mange neutrinoer til at de kan detekteres. Når stjerner med en masse på mere end ca. 10 gange Solens når afslutningen af deres liv, eksploderer de som supernovaer. De centrale dele af stjernen, svarende ca. til Solens masse, kolliderer til en radius på omkring 10 km; herved frigives der enorme mængder af gravitationel potentiel energi, der fører til eksplosionen. Stjernen lyser i nogle uger med en lysstyrke der kan overstige den samlede lysstyrke af alle stjerner i en typisk galakse. Langt det meste, ca. 99 procent, af energien frigøres dog i form af neutrinoer der dannes når stoffet i den kollapsede del af stjernen omdannes til neutroner. Takket være et eksperiment etableret af Koshiba har vi været i stand til at detektere disse neutrinoer fra en supernovaeksplosion.

Koshibas *Kamiokande* eksperiment blev oprindeligt etableret for at detektere et muligt henfald af protonen, forudsagt af visse teorier for elementarpartikler. Eksperimentet bestod af en tank med 2140 ton vand; henfaldet af en proton ville producere to partikler med meget høje energier der kunne detekteres ved deres udsendelse af Cherenkov-lys. Der er dog indtil nu ikke fundet nogle eksperimentelle resultater der kunne bekræfte at protonen er ustabil. Koshiba forfinede imidlertid eksperimentet så det også kunne detektere neutri-

noer; dette sker ved at en neutrino reagerer med en elektron i vandet, så elektronen får tilstrækkelig høj energi til at kunne detekteres gennem Cherenkov-strålingen; hermed får man en metode til øjeblikkelig detektion af enkelte neutrinoer, der ydermere fører til bestemmelse af neutrinoens bevægelsesretning.

Supernovaer er sjældne; men heldigvis eksploderede den klareste supernova siden 1604 i 1987 i den Store Magellanske Sky, en nabogalakse til vores Mælkevejssystem. Fra denne supernova detekterede Kamiokande 12 neutrinoer, i overensstemmelse med de teoretiske forudsigelser. Dette er en bemærkelsesværdig bekræftelse på vores modeller af de afsluttende faser af stjernernes udvikling.



Figur 2. Vinkelfordelingen af neutrinoer observeret med Super-Kamiokande detektoren. Den vandrette akse viser cosinus til vinklen θ_{sun} til Solen således at $\cos \theta_{\text{sun}} = 1$ svarer til neutrinoer der kommer direkte fra Solens retning; den lodrette akse er det normerede antal per interval i $\cos \theta_{\text{sun}}$. Den vandrette linie markerer den forventede baggrund, af andre årsager end Solen, i eksperimentet. Det er åbenbart at neutrinoerne rent faktisk har retning fra Solen. [Fra Fukuda m.fl., hep-ex/013032; den publicerede artikel, PRL 85, 5651 (2001) ser ikke ud til at inkludere denne figur!]

Kamiokande-detektoren, og den senere Super-Kamiokande detektor med 50 000 ton vand, har også detekteret neutrinoer fra Solen. I dette tilfælde er det udelukkende neutrinoer fra ^8B -reaktionen der kan ses; og som for ^{37}Cl eksperimentet er den målte fluks væsentlig lavere end modellernes forudsigelser, ca. halvt så stor. På grund af sin retningsfølsomhed har denne teknik også direkte bekræftet at neutrinoerne kommer fra Solen, som illustreret i figur 2. Kamiokande-detektoren fungerer som et neutrinoteleskop, omend med en ret begrænset opløsning!

Det har længe været klart at neutrinoproblemet næppe kan skyldes fejl i solmodellerne. Helioseismiske undersøgelser, blandt andet foretaget ved Institut for Fysik og Astronomi i Århus [4], har givet meget detaljeret information om strukturen af Solens indre; dette har stort set bekræftet de normale solmodeller, mens modeller modificeret for at reducere neutrinofluksen til det observerede niveau er helt inkonsistente med

de seismiske resultater. Hermed blev det klart at problemets løsning snarere måtte ligge i neutrinoens egenskaber, og fokus flyttede fra mulige fejl i modellerne i retning mod måske mere fundamentale spørgsmål angående neutrinoernes fysik. Hvis neutrinoer har en endelig masse er der mulighed for neutrinooscillationer, hvor neutrinoen skifter mellem at have karakter af elektron-, muon- eller tau-neutrino. Ved brintfusionen dannes udelukkende elektron-neutrinoer, og de omtalte detektorer er også overvejende følsomme over for denne type. Med passende valg af neutrinoparametre er det muligt at sikre at den rette brøkdel af neutrinoerne ændrer karakter inden de når detektoren, således at der bliver overensstemmelse mellem den målte og forudsagte fluks. Med Super-Kamiokande påvist neutrinooscillationer for første gang i 1998, for muon-neutrinoer produceret i Jordens atmosfære af kosmisk stråling [5].

Det endelige gennembrud for solneutrino-problemet er sket inden for det sidste år; Sudbury Neutrino Observatory i Canada har, med en detektor der benytter tungt vand, påvist muon- eller tau-neutrinoer fra Solen [6]. Hermed er det lave antal detekterede neutrinoer i Davis's og Koshibas eksperimenter endegyldigt forklaret: en væsentlig del af de oprindelige elektron-neutrinoer er omdannet til de andre typer. Den samlede neutrinofluks er i overensstemmelse med modelforudsigelserne. Med dette resultat har studiet af solneutrinoerne ændret karakter fra at dreje sig om undersøgelser af Solens indre til at gælde neutrinoernes fysik. Givet de detaljerede helioseismiske resultater kan vi betragte Solen som en kendt neutrino kilde, og de forskellige målinger af solneutrinoer kan så benyttes til at karakterisere neutrinoernes egenskaber.

Og der kan nok forventes yderligere en Nobelpris inden for dette felt i forbindelse med den definitive bekræftelse af neutrinooscillationer!

Referencer:

- [1] Peter Hansen (1995) "Nobelprisen i fysik 1995", *Kvant*, bind 6, nr. 4, side 5–7.
- [2] R. Davis, D. S. Harmer og K. C. Hoffman (1968) "Search for neutrinos from the Sun", *Phys. Rev. Lett.*, bind 20, 1205–1209.

- [3] J. N. Bahcall, N. A. Bahcall og Shaviv (1968) "Present status of the theoretical predictions for the ^{36}Cl [sic!]. solar-neutrino experiment", *Phys. Rev. Lett.*, bind 20, side 1209–1212.
- [4] J. Christensen-Dalsgaard (1974) "Neutrinoproblemet i relation til Solens indre struktur", *Astronomisk Tidsskrift*, bind 7, side 153–159.
- [5] J. Christensen-Dalsgaard (1994) "Solskælv, en kilde til viden om Solens indre", *Kvant*, bind 5, nr. 3, side 10–16.
- [6] Y. Fukuda, T. Hayakawa, E. Ichihara m.fl. (1998), "Measurement of a small atmospheric ν_μ/ν_e ratio", *Phys. Lett. B*, bind 433, side 9–18.
- [7] Q. R. Ahmad, R. C. Allen, T. C. Andersen m.fl. (2002), "Direct evidence for neutrino flavor transformation from neutral-current interactions in the Sudbury Neutrino Observatory", *Phys. Rev. Lett.*, bind 89, side 011301–(1–6).



Jørgen Christensen-Dalsgaard er professor ved Institut for Fysik og Astronomi ved Aarhus Universitet og leder af Århus-afdelingen af Teoretisk Astrofysik Center.



Karlheinz Langanke er professor ved Institut for Fysik og Astronomi ved Aarhus Universitet.

www.kvant.dk

På KVANT's hjemmeside kan du finde indholdsfortegnelsen og udvalgte artikler fra de seneste numre af bladet, ligesom du også kan tegne abonnement på bladet via hjemmesiden. Vi håber, at hjemmesiden efterhånden kan opbygges til at omfatte flere artikler samt indholdsfortegnelser til alle bladene. I øvrigt bringer vi på side 19 af dette nummer af bladet et for-

fatterindeks til alle udgaverne af Kvant. Indholdsfortegnelsen kan evt. tages ud af bladet.

For at gøre det lettere at finde (og huske) adressen, har KVANT fået ny hjemmeside med adressen:

www.kvant.dk

KVANT-nyheder på nettet finder du indtil videre fortsat på adressen: www.nbi.dk/dfs/ny/

NMR-spektroskopiker får nobelprisen i kemi 2002

Søren M. Kristensen og Jens Jørgen Led, Kemisk Institut, Københavns Universitet.

Professor Kurt Wüthrich (f. 1938) modtager Nobelprisen 2002 i kemi for sit arbejde med udviklingen af den NMR-spektroskopiske metode til bestemmelse af den tredimensionale struktur af proteiner og nucleinsyrer i opløsning. Han har arbejdet ved Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich, Schweiz siden 1969, hvor han blev professor i biofysik i 1980 og har siden 2001 arbejdet som gæsteprofessor ved Scripps Research Institute La Jolla, Californien, USA, Professor Kurt Wüthrich deler Nobelprisen med John B. Fenn, Virginia Commonwealth University, Richmond, Virginia, USA og Koichi Tanaka, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan, som får prisen for deres udvikling af metoder til massespektrometrisk analyse af biologiske makromolekyler (MALDI-TOF og elektropray).

To gange tidligere er Nobelprisen blevet tildelt forskere inden for NMR-spektroskopi: I 1952 fik Felix Bloch (Stanford University) og Edward Purcell (Harvard University) Nobelprisen i fysik for deres eksperimentelle påvisning af NMR fænomenet og deres udvikling af metoder til måling af kernemagnetisk precession. I 1991 fik professor Richard R. Ernst (Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich) Nobelprisen i kemi for sin udvikling af high-resolution NMR-spektroskopiske metoder, herunder udviklingen af Fourier-transformations NMR-spektroskopi samt multidimensional NMR-spektroskopi.

3D-strukturer af biologiske makromolekyler

NMR-spektroskopi er en af de vigtigste metoder til undersøgelse og karakterisering af proteins og nukleinsyrers (DNA og RNA) struktur, dynamik og molekylære vekselvirkninger i vandig opløsning, og udgør sammen med Röntgen- og neutroondiffraktion en af de vigtigste metoder til bestemmelse af proteins og nukleinsyrers tredimensionale struktur. Den første proteinstruktur (myoglobin) bestemt ved hjælp af Röntgendiffraktionsmetoden blev publiceret i 1957 af Max Perutz, og først i 1985 kom den første egentlige NMR-strukturbestemmelse, hvor Kurt Wüthrich og hans gruppe publicerede strukturen i opløsning af det lille protein BUSI IIA (bull seminal plasma proteinase inhibitor IIA) [1]. Kort efter kom den første struktur af en nukleinsyre, en DNA hairpin bestemt ved hjælp af NMR [2]. Den NMR-spektroskopiske metode er således af væsentlig yngre end diffraktionsmetoderne til strukturbestemmelse. Ud af de ca. 19000 strukturer af biologiske makromolekyler, der i dag er arkiveret i Protein Data Bank, er knap 20% bestemt ved hjælp af NMR, mens resten er bestemt ved hjælp af diffraktionsteknikker.

Udviklingen af NMR-metoder til strukturbestemmelse

Udviklingen af NMR-spektroskopi til bestemmelse af biologiske makromolekylers struktur i opløsning har været betinget af en række afgørende metodemæssige gennembrud:

1) Identifikation af de NMR-parametre, der kan give oplysning om biologiske makromolekylers struktur. Den væsentligste kilde til strukturinformation er de korttrækkende dipol-dipolvekselvirkninger mellem hydrogenkerner (protoner) som udnyttes i todimensional NOESY spektroskopi, hvorved det er muligt at bestemme et stort antal korte (<5 Å) intramolekylære proton-protonafstande, ofte flere tusinde. Med et tilstrækkeligt antal afstandsband er det muligt at bestemme den rumlige struktur af f.eks. et protein. Af andre kilder til strukturinformation skal nævnes skalare koblingskonstanter (spin-spin koblingskonstanter) som er tæt korrelerede til torsionsvinkler i den kovalente struktur samt residuelle dipolære koblinger som kan observeres i magnetisk partielt orienterede opløsninger og som giver information om vinklen mellem orienteringsaksen og vektoren mellem to koblende spin.

2) Udvikling af metoder til identifikation (tilordning) af det meget store antal signaler i et protein NMR-spektrum. Et protein med 100 aminosyrerester har således i størrelsesordenen 500 forskellige typer protoner som hver har en resonansfrekvens. For at kunne udnytte f.eks. afstandsinformationen fra NOESY som nævnt ovenfor, er det nødvendigt at vide præcist hvilke protoner i strukturen der giver anledning til hvilke signaler i NMR-spektrene. Denne korrelation mellem struktur og spektre foretages ved hjælp af den såkaldte sekventielle tilordningsprocedure.

3) Udvikling af metoder til måling af et tilstrækkeligt stort antal NMR-parametre til entydig bestemmelse af strukturen. Her har udviklingen af flerdimensional (2D, 3D og 4D) NMR-spektroskopi været altafgørende, da det meget store antal signaler gør det umuligt direkte at tyde de endimensionale spektre. Ved at øge dimensionaliteten af NMR-spektrene kan man reducere det spektrale overlap og samtidig skræddersy den information der ses i spektrene.

4) Udvikling af beregningsmæssige metoder, som kan omsætte den eksperimentelt bestemte afstands- og vinkelinformation til en tredimensional struktur. Der blev parallelt med udviklingen af den NMR-spektroskopiske metode til strukturbestemmelse af proteiner udviklet metoder som løser dette matematiske problem. Af sådanne metoder kan nævnes distance geometry-metoden (bl.a. metric-matrix metoden), som

ad matematisk vej omsætter fra et afstandsrum til kartesiske koordinater, samt molekylmekaniske metoder kombineret med simulated annealing, hvor afstandsinformationen påføres som pseudokraftfelter, der forfiner strukturen af molekylet.

Inden for alle disse områder har Kurt Wüthrich og hans forskningsgruppe haft afgørende betydning.

Heteronuklear NMR og makromolekylers fleksibilitet

Op igennem 1990'erne fortsatte udviklingen af NMR-metoden til bestemmelse af biologiske makromolekylers struktur og dynamik. Muligheden for at isotopmærke molekylerne førte til udvikling af de heteronukleare tre- og firedimensionale NMR-teknikker, især gennem arbejder udført af A. Bax og hans gruppe ved National Institutes of Health (NIH). Dette er metoder som udnytter vekselvirkninger mellem forskellige typer af atomkerner, så som H-1, C-13 og N-15. Disse teknikker som har gjort det muligt at studere større proteiner, har været afgørende for det store antal proteinstrukturer, som er blevet bestemt ved hjælp af NMR-spektroskopi op igennem 1990'erne. De heteronukleare teknikker har også åbnet mulighed for detaljerede studier af makromolekylernes dynamik og fleksibilitet, fordi N-15 og C-13 kernernes magnetiske relaxations-egenskaber er tæt korreleret til molekylernes fleksibilitet. Biologiske makromolekylers dynamiske egenskaber er af stor betydning for molekylernes funktion og den NMR-spektroskopiske metode giver en enestående mulighed for at studere disse egenskaber.

Strukturbestemmelse af proteiner i opløsning

En af NMR-metodens primære styrker er dog stadig at den gør det muligt at bestemme strukturer af proteiner i opløsning og her under tilnærmelsesvis fysiologiske betingelser. Den kan anvendes i tilfælde, hvor enkeltkrystaller til Röntgendiffraktionsmålinger ikke lader sig fremstille, og til studier af proteiner der har fleksible områder med mindre veldefineret struktur. Et aktuelt eksempel er prionproteiner, som i en sygdomsfremkaldende strukturform fremkalder BSE eller kogalskab. Nye publicerede studier af prionproteiner, foretaget af Kurt Wüthrich og hans gruppe, demonstrerer betydningen af NMR-metoden ved studiet af fleksible proteinsers struktur og dynamik [3].

Studiet af større makromolekyler

Ved hjælp af NMR-spektroskopi er det muligt at bestemme opløsningsstrukturer af proteiner og proteinkomplekser med molekylmasser på op til 30 kD, hvor man med Röntgendiffraktionsmetoden kan bestemme krystalstrukturer af meget store proteiner og ofte med højere atomar præcision. Nye fremskridt har imidlertid åbnet mulighed for at bestemme NMR-strukturer af væsentlig større makromolekyler. Med TROSY- [4] og CRINEPT- [5] teknikkerne, der

ligeledes er udviklet af Kurt Wüthrich og hans gruppe, kan man studere proteiner og proteinaggregater på op til 900 kD. Dette er vist i et studium af chaperone-molekylkomplekset, GroEL-GroES [6]. Nye former for eksperimentel information har øget præcisionen af NMR-strukturerne. Det gælder især den strukturinformation, som kan udledes af de såkaldte residuelle dipolkoblinger, som nævnt ovenfor [7].

Forskning i Danmark

Kurt Wüthrich og forskere fra hans gruppe er hyppige gæster hos danske forskningsgrupper. Det gælder ikke mindst forskningsgrupperne omkring det danske Instrumentcenter for NMR-spektroskopi af biologiske makromolekyler. Kurt Wüthrich modtog i 1996 Kaj Linderstrøm-Lang prisen pga. sit pionerarbejde inden for NMR-spektroskopi og dens anvendelse til studier af proteinsers struktur og dynamik i opløsning.

Der findes i Danmark et velfungerende og meget aktivt forskningsmiljø inden for forskningsområdet NMR-spektroskopi af biologiske makromolekyler. En række forskningsgrupper har dels deres egne NMR-instrumenter, dels samarbejder de om et større instrument ved det danske Instrumentcenter for NMR-spektroskopi af biologiske makromolekyler. Dette instrument er placeret på Carlsberg Laboratorium. Følgende er en alfabetisk oversigt over de forskningsgrupper i Danmark, som på den ene eller anden måde arbejder inden for forskningsområdet.

Carlsberg Laboratorium, Kemisk Afdeling: Klaus Bock og Jens Duus (<http://www.crc.dk/chem/dept.htm>).

Dansk Instrumentcenter for NMR Spektroskopi af Biologiske Makromolekyler: Lansdækkende NMR center som råder over et felles 18.8 Tesla NMR spektrometer (800MHz H-1 resonansfrekvens). (<http://www.crc.dk/chem/nmrcenter.htm>).

Københavns Universitet, Kemisk Institut: Jens Jørgen Led og Søren M. Kristensen (<http://png.ki.ku.dk>).

Københavns Universitet, Molekylærbiologisk Institut: Flemming M. Poulsen og Birthe B. Kragelund (<http://dupont.molbio.ku.dk>).

NovoNordisk A/S: Svend Ludvigsen og Helle B. Olsen.

Roskilde Universitetscenter, Institut for Biologi og Kemi: Poul Erik Hansen.

Syddansk Universitet, Odense, Kemisk Institut: Michael Petersen (<http://www.sdu.dk/Nat/Chem/staff/sci/MPE.HTML>).

Aarhus Universitet, Molekylærbiologisk Institut: Niels Christian Nielsen (<http://nmr.imsb.au.dk>)

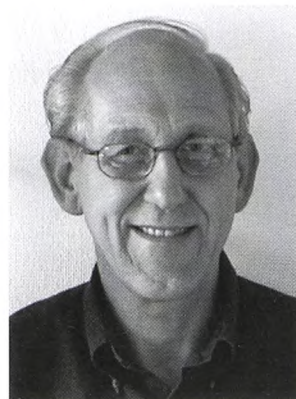
Ålborg Universitetscenter: Steffen Petersen (<http://www.bio.auc.dk/sp/index.html>)

Referencer:

- [1] M. P. Williamson, T. F. Havel og K. Wüthrich, K. (1985) "Solution conformation of proteinase inhibitor IIA from bull seminal plasma by ^1H nuclear magnetic resonance and distance geometry", *J.Mol.Biol.*, bind **182**, side 295–315.
- [2] D. R. Hare og B. R. Reid (1986) "Three-dimensional structure of a DNA hairpin in solution. Twodimensional NMR studies and distance geometry calculations on d(CGCGTTTTCGCG) 2 ", *Biochemistry*, bind **25**, side 5341–5350.
- [3] R. Riek, S. Hornemann, G. Wider, R. Glockshuber og K. Wüthrich (1997) "NMR characterization of the full-length recombinant murine prion protein mPrP(23–231)", *FEBS Lett.*, bind **413**, side 282–288.
- [4] K. Pervushin, R. Riek, G. Wider og K. Wüthrich (1997) "Attenuated T2 relaxation by mutual cancellation of dipole-dipole coupling and chemical shift anisotropy indicates an avenue to NMR structures of very large biological macromolecules in solution", *Proc.Natl.Acad.Sci. USA* bind **94**, side 12366–12371.
- [5] R. Riek, G. Wider, K. Pervushin og K. Wüthrich (1999) "Polarization transfer by cross-correlated relaxation in solution NMR with very large molecules", *Proc.Natl.Acad.Sci. USA*, bind **96**, side 4918–4923.
- [6] J. Fiaux, E. B. Bertelsen, A. L. Horwich og K. Wüthrich (2002) "NMR analysis of a 900KGroEL-GroES complex", *Nature*, bind **418**, side 207–211.
- [7] N. Tjandra og A. Bax (1997) "Direct measurement of distances and angles in biomolecules by NMR in dilute liquid crystalline medium", *Science*, bind **278**, side 1111–1114.



Søren M. Kristensen er lektor ved Kemisk Institut, Københavns Universitet og medlem af protein-NMR gruppen.



Jens Jørgen Led er docent ved Kemisk Institut, Københavns Universitet, hvor han er leder af protein-NMR gruppen.

Fysik og kemi i fremtidens naturfaglige uddannelser

Dansk Fysisk Selskabs og Kemisk Forenings Sektioner for Uddannelse og Undervisning indbyder hermed til konference om

Fysik og kemi i fremtidens naturfaglige uddannelser

30.–31. januar 2003 på Magleås Kursuscenter, 3460 Birkerød

En undervisningsministeriel arbejdsgruppe om Fremtidens Naturfaglige Uddannelser forventes i december at barsele med en foreløbig rapport, som blandt andet indeholder anbefalinger om naturfaglige uddannelser på alle niveauer – lige fra folkeskolens yngste klasser til universiteterne. Høringsfasen for denne rapport går frem til marts 2003.

Yderligere oplysninger om arbejdsgruppen og dens arbejde kan findes på:

www.fremtidensnaturfagligeuddannelser.u-net.dk

Da arbejdsgruppen arbejder tværfagligt og behandler hele det naturfaglige spektrum, har Dansk Fysisk Selskabs og Kemisk Forenings sektioner for uddannelse og undervisning besluttet at indbyde til en diskussion af

rapportens præmisser og anbefalinger – set ud fra de to fags synspunkt.

Det præcise indhold af konferencen kan først lægges fast, når rapporten foreligger, men der vil i hvert fald være et igangsættende oplæg fra arbejdsgruppens formand, Nils O. Andersen, Københavns Universitet, og der vil desuden komme oplæg fra en række andre personer med indflydelse på/meninger om projektet og dets implementering i uddannelsessystemet. Et hovedindhold vil være diskussioner i mindre grupper med henblik på at nå frem til anbefalinger og forslag til den endelige rapport fra Fysik og Kemi i Danmark.

Prisen for konferencen, der starter torsdag d. 30. januar 2003 kl. 14 og slutter med frokost dagen efter, forventes inkl. fuld forplejning at blive ca. 1.400 kr. med overnatning og 600 kr. uden. Af pladsmæssige grunde vil deltagerantallet være begrænset til højst 50.

Detaljeret program for konferencen kan til sin tid fås ved henvendelse til Erik Both, Institut for Fysik, Bygn. 307, DTU, 2800 Lyngby, tlf. 4525 3151, both@fysik.dtu.dk. Programmet vil også blive lagt på Dansk Fysisk Selskabs og Kemisk Forenings hjemmesider (www.nbi.dk/dfs og www.kemiskforening.dk).

Matematik i oldtidens Ægypten – Regnekunst og tal på faraoernes tid

John Rosendal Nielsen, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet.

Indledning

Tal og regning har til alle tider været ryggraden i højtudviklede civilisationer. Den ægyptiske civilisation er ikke en undtagelse. Det har været en nødvendighed for tilblivelsen af de fantastiske bygningsværker (som pyramiderne) og i diverse administrationer for faraoerne og præsterne. Denne artikel vil skitsere matematikken på faraoernes tid. Den ægyptiske opfattelse af matematik vil blive diskuteret og sammenlignet med vor tids logiske matematik, der er grundlagt i antikkens Grækenland.

Den historiske udvikling i ægyptisk regning og tal

Vores viden om ægypternes matematik i de tidlige tider er meget begrænset. Man formoder, at de har praktiseret tælle- og regneteknik med fingrene svarende til hvad man kender fra andre civilisationer i nær- og fjernøsten. Det ældste vidnesbyrd er fra Ægypten. I "the spell for obtaining a Ferry-Boat" fra Dødebogen¹ prøver en afdød konge at overtale en bådsmænd til at sejle sig over på den østlige side af underverdenens kanal [2]:

To this the ferry man objects with the words: "This august god (on the other side) will say, 'Did you bring me a man who cannot number his fingers?'. But the deceased king is a great "magician" and is able to recite a rhyme which numbers his ten fingers and thus satisfies the requirements of the ferryman.

Man bemærker i denne fortælling, at det er betragtet som stor magi at kunne tælle og regne med fingrene på dette stade af civilisationen.

Et andet vidnesbyrd om ægypternes forståelse for tal kommer fra deres grammatik. I de tidlige og primitive tider må tallet 3 have betydet mange, dvs. som talremsen 1, 2, mange. Man formoder, at det er et levn fra primitive tider, at flertalsendelser netop bestod af tre streger. Et eksempel er hieroglyffen for mand og for mænd:



Ægypterne har antageligvis haft en god forståelse af regnekunsten og talsystemet forholdsvis tidligt i civilisations udvikling. Pyramidernes opførelse i det gamle rige (år 2980–2475 fvt.) vidner om, at de kunne foretage forholdsvis komplicerede udregninger. Det vil sige, at regnekunsten allerede opstod i de tidligste dynastier i det gamle rige.

Matematikens udvikling i Ægyptens omkring 3000-årige historie har haft nærmest en statisk karakter. Der skete enkelte ændringer i bl.a. udformning af store tal, men ellers ændredes regnekunsten meget lidt. Grundene hertil kan være mange: Den ægyptiske kultur var præget af konservatisme. Regning var antageligt færdigudviklet i det gamle rige, og de fandt det ikke nødvendigt at videreudvikle noget, der havde været en succes i tidligere tider. En anden grund kunne være deres undervisningssystem, hvor man formodentlig kun lærte at mestre regnekunsten ved kopiering af tidligere udregninger.

De ægyptiske tal

Ægypterne benyttede sig ved notation af et titalssystem, der til en vis grad svarer til vores nuværende talsystem. Figur 1 viser tallene 1 til 9, tiere og hundrederne.

Hieroglyphs	𐀀	𐀁	𐀂	𐀃	𐀄	𐀅	𐀆	𐀇	𐀈	𐀉	𐀊	𐀋	𐀌	𐀍	𐀎	𐀏	𐀐	𐀑	𐀒	𐀓	𐀔	𐀕	𐀖	𐀗	𐀘	𐀙	𐀚	𐀛	𐀜	𐀝	𐀞	𐀟	𐀠	𐀡	𐀢	𐀣	𐀤	𐀥	𐀦	𐀧	𐀨	𐀩	𐀪	𐀫	𐀬	𐀭	𐀮	𐀯	𐀰	𐀱	𐀲	𐀳	𐀴	𐀵	𐀶	𐀷	𐀸	𐀹	𐀺	𐀻	𐀼	𐀽	𐀾	𐀿	𐁀	𐁁	𐁂	𐁃	𐁄	𐁅	𐁆	𐁇	𐁈	𐁉	𐁊	𐁋	𐁌	𐁍	𐁎	𐁏	𐁐	𐁑	𐁒	𐁓	𐁔	𐁕	𐁖	𐁗	𐁘	𐁙	𐁚	𐁛	𐁜	𐁝	𐁞	𐁟	𐁠	𐁡	𐁢	𐁣	𐁤	𐁥	𐁦	𐁧	𐁨	𐁩	𐁪	𐁫	𐁬	𐁭	𐁮	𐁯	𐁰	𐁱	𐁲	𐁳	𐁴	𐁵	𐁶	𐁷	𐁸	𐁹	𐁺	𐁻	𐁼	𐁽	𐁾	𐁿	𐂀	𐂁	𐂂	𐂃	𐂄	𐂅	𐂆	𐂇	𐂈	𐂉	𐂊	𐂋	𐂌	𐂍	𐂎	𐂏	𐂐	𐂑	𐂒	𐂓	𐂔	𐂕	𐂖	𐂗	𐂘	𐂙	𐂚	𐂛	𐂜	𐂝	𐂞	𐂟	𐂠	𐂡	𐂢	𐂣	𐂤	𐂥	𐂦	𐂧	𐂨	𐂩	𐂪	𐂫	𐂬	𐂭	𐂮	𐂯	𐂰	𐂱	𐂲	𐂳	𐂴	𐂵	𐂶	𐂷	𐂸	𐂹	𐂺	𐂻	𐂼	𐂽	𐂾	𐂿	𐃀	𐃁	𐃂	𐃃	𐃄	𐃅	𐃆	𐃇	𐃈	𐃉	𐃊	𐃋	𐃌	𐃍	𐃎	𐃏	𐃐	𐃑	𐃒	𐃓	𐃔	𐃕	𐃖	𐃗	𐃘	𐃙	𐃚	𐃛	𐃜	𐃝	𐃞	𐃟	𐃠	𐃡	𐃢	𐃣	𐃤	𐃥	𐃦	𐃧	𐃨	𐃩	𐃪	𐃫	𐃬	𐃭	𐃮	𐃯	𐃰	𐃱	𐃲	𐃳	𐃴	𐃵	𐃶	𐃷	𐃸	𐃹	𐃺	𐃻	𐃼	𐃽	𐃾	𐃿	𐄀	𐄁	𐄂	𐄃	𐄄	𐄅	𐄆	𐄇	𐄈	𐄉	𐄊	𐄋	𐄌	𐄍	𐄎	𐄏	𐄐	𐄑	𐄒	𐄓	𐄔	𐄕	𐄖	𐄗	𐄘	𐄙	𐄚	𐄛	𐄜	𐄝	𐄞	𐄟	𐄠	𐄡	𐄢	𐄣	𐄤	𐄥	𐄦	𐄧	𐄨	𐄩	𐄪	𐄫	𐄬	𐄭	𐄮	𐄯	𐄰	𐄱	𐄲	𐄳	𐄴	𐄵	𐄶	𐄷	𐄸	𐄹	𐄺	𐄻	𐄼	𐄽	𐄾	𐄿	𐅀	𐅁	𐅂	𐅃	𐅄	𐅅	𐅆	𐅇	𐅈	𐅉	𐅊	𐅋	𐅌	𐅍	𐅎	𐅏	𐅐	𐅑	𐅒	𐅓	𐅔	𐅕	𐅖	𐅗	𐅘	𐅙	𐅚	𐅛	𐅜	𐅝	𐅞	𐅟	𐅠	𐅡	𐅢	𐅣	𐅤	𐅥	𐅦	𐅧	𐅨	𐅩	𐅪	𐅫	𐅬	𐅭	𐅮	𐅯	𐅰	𐅱	𐅲	𐅳	𐅴	𐅵	𐅶	𐅷	𐅸	𐅹	𐅺	𐅻	𐅼	𐅽	𐅾	𐅿	𐆀	𐆁	𐆂	𐆃	𐆄	𐆅	𐆆	𐆇	𐆈	𐆉	𐆊	𐆋	𐆌	𐆍	𐆎	𐆏	𐆐	𐆑	𐆒	𐆓	𐆔	𐆕	𐆖	𐆗	𐆘	𐆙	𐆚	𐆛	𐆜	𐆝	𐆞	𐆟	𐆠	𐆡	𐆢	𐆣	𐆤	𐆥	𐆦	𐆧	𐆨	𐆩	𐆪	𐆫	𐆬	𐆭	𐆮	𐆯	𐆰	𐆱	𐆲	𐆳	𐆴	𐆵	𐆶	𐆷	𐆸	𐆹	𐆺	𐆻	𐆼	𐆽	𐆾	𐆿	𐇀	𐇁	𐇂	𐇃	𐇄	𐇅	𐇆	𐇇	𐇈	𐇉	𐇊	𐇋	𐇌	𐇍	𐇎	𐇏	𐇐	𐇑	𐇒	𐇓	𐇔	𐇕	𐇖	𐇗	𐇘	𐇙	𐇚	𐇛	𐇜	𐇝	𐇞	𐇟	𐇠	𐇡	𐇢	𐇣	𐇤	𐇥	𐇦	𐇧	𐇨	𐇩	𐇪	𐇫	𐇬	𐇭	𐇮	𐇯	𐇰	𐇱	𐇲	𐇳	𐇴	𐇵	𐇶	𐇷	𐇸	𐇹	𐇺	𐇻	𐇼	𐇽	𐇾	𐇿	𐈀	𐈁	𐈂	𐈃	𐈄	𐈅	𐈆	𐈇	𐈈	𐈉	𐈊	𐈋	𐈌	𐈍	𐈎	𐈏	𐈐	𐈑	𐈒	𐈓	𐈔	𐈕	𐈖	𐈗	𐈘	𐈙	𐈚	𐈛	𐈜	𐈝	𐈞	𐈟	𐈠	𐈡	𐈢	𐈣	𐈤	𐈥	𐈦	𐈧	𐈨	𐈩	𐈪	𐈫	𐈬	𐈭	𐈮	𐈯	𐈰	𐈱	𐈲	𐈳	𐈴	𐈵	𐈶	𐈷	𐈸	𐈹	𐈺	𐈻	𐈼	𐈽	𐈾	𐈿	𐉀	𐉁	𐉂	𐉃	𐉄	𐉅	𐉆	𐉇	𐉈	𐉉	𐉊	𐉋	𐉌	𐉍	𐉎	𐉏	𐉐	𐉑	𐉒	𐉓	𐉔	𐉕	𐉖	𐉗	𐉘	𐉙	𐉚	𐉛	𐉜	𐉝	𐉞	𐉟	𐉠	𐉡	𐉢	𐉣	𐉤	𐉥	𐉦	𐉧	𐉨	𐉩	𐉪	𐉫	𐉬	𐉭	𐉮	𐉯	𐉰	𐉱	𐉲	𐉳	𐉴	𐉵	𐉶	𐉷	𐉸	𐉹	𐉺	𐉻	𐉼	𐉽	𐉾	𐉿	𐊀	𐊁	𐊂	𐊃	𐊄	𐊅	𐊆	𐊇	𐊈	𐊉	𐊊	𐊋	𐊌	𐊍	𐊎	𐊏	𐊐	𐊑	𐊒	𐊓	𐊔	𐊕	𐊖	𐊗	𐊘	𐊙	𐊚	𐊛	𐊜	𐊝	𐊞	𐊟	𐊠	𐊡	𐊢	𐊣	𐊤	𐊥	𐊦	𐊧	𐊨	𐊩	𐊪	𐊫	𐊬	𐊭	𐊮	𐊯	𐊰	𐊱	𐊲	𐊳	𐊴	𐊵	𐊶	𐊷	𐊸	𐊹	𐊺	𐊻	𐊼	𐊽	𐊾	𐊿	𐋀	𐋁	𐋂	𐋃	𐋄	𐋅	𐋆	𐋇	𐋈	𐋉	𐋊	𐋋	𐋌	𐋍	𐋎	𐋏	𐋐	𐋑	𐋒	𐋓	𐋔	𐋕	𐋖	𐋗	𐋘	𐋙	𐋚	𐋛	𐋜	𐋝	𐋞	𐋟	𐋠	𐋡	𐋢	𐋣	𐋤	𐋥	𐋦	𐋧	𐋨	𐋩	𐋪	𐋫	𐋬	𐋭	𐋮	𐋯	𐋰	𐋱	𐋲	𐋳	𐋴	𐋵	𐋶	𐋷	𐋸	𐋹	𐋺	𐋻	𐋼	𐋽	𐋾	𐋿	𐌀	𐌁	𐌂	𐌃	𐌄	𐌅	𐌆	𐌇	𐌈	𐌉	𐌊	𐌋	𐌌	𐌍	𐌎	𐌏	𐌐	𐌑	𐌒	𐌓	𐌔	𐌕	𐌖	𐌗	𐌘	𐌙	𐌚	𐌛	𐌜	𐌝	𐌞	𐌟	𐌠	𐌡	𐌢	𐌣	𐌤	𐌥	𐌦	𐌧	𐌨	𐌩	𐌪	𐌫	𐌬	𐌭	𐌮	𐌯	𐌰	𐌱	𐌲	𐌳	𐌴	𐌵	𐌶	𐌷	𐌸	𐌹	𐌺	𐌻	𐌼	𐌽	𐌾	𐌿	𐍀	𐍁	𐍂	𐍃	𐍄	𐍅	𐍆	𐍇	𐍈	𐍉	𐍊	𐍋	𐍌	𐍍	𐍎	𐍏	𐍐	𐍑	𐍒	𐍓	𐍔	𐍕	𐍖	𐍗	𐍘	𐍙	𐍚	𐍛	𐍜	𐍝	𐍞	𐍟	𐍠	𐍡	𐍢	𐍣	𐍤	𐍥	𐍦	𐍧	𐍨	𐍩	𐍪	𐍫	𐍬	𐍭	𐍮	𐍯	𐍰	𐍱	𐍲	𐍳	𐍴	𐍵	𐍶	𐍷	𐍸	𐍹	𐍺	𐍻	𐍼	𐍽	𐍾	𐍿	𐎀	𐎁	𐎂	𐎃	𐎄	𐎅	𐎆	𐎇	𐎈	𐎉	𐎊	𐎋	𐎌	𐎍	𐎎	𐎏	𐎐	𐎑	𐎒	𐎓	𐎔	𐎕	𐎖	𐎗	𐎘	𐎙	𐎚	𐎛	𐎜	𐎝	𐎞	𐎟	𐎠	𐎡	𐎢	𐎣	𐎤	𐎥	𐎦	𐎧	𐎨	𐎩	𐎪	𐎫	𐎬	𐎭	𐎮	𐎯	𐎰	𐎱	𐎲	𐎳	𐎴	𐎵	𐎶	𐎷	𐎸	𐎹	𐎺	𐎻	𐎼	𐎽	𐎾	𐎿	𐏀	𐏁	𐏂	𐏃	𐏄	𐏅	𐏆	𐏇	𐏈	𐏉	𐏊	𐏋	𐏌	𐏍	𐏎	𐏏	𐏐	𐏑	𐏒	𐏓	𐏔	𐏕	𐏖	𐏗	𐏘	𐏙	𐏚	𐏛	𐏜	𐏝	𐏞	𐏟	𐏠	𐏡	𐏢	𐏣	𐏤	𐏥	𐏦	𐏧	𐏨	𐏩	𐏪	𐏫	𐏬	𐏭	𐏮	𐏯	𐏰	𐏱	𐏲	𐏳	𐏴	𐏵	𐏶	𐏷	𐏸	𐏹	𐏺	𐏻	𐏼	𐏽	𐏾	𐏿	𐐀	𐐁	𐐂	𐐃	𐐄	𐐅	𐐆	𐐇	𐐈	𐐉	𐐊	𐐋	𐐌	𐐍	𐐎	𐐏	𐐐	𐐑	𐐒	𐐓	𐐔	𐐕	𐐖	𐐗	𐐘	𐐙	𐐚	𐐛	𐐜	𐐝	𐐞	𐐟	𐐠	𐐡	𐐢	𐐣	𐐤	𐐥	𐐦	𐐧	𐐨	𐐩	𐐪	𐐫	𐐬	𐐭	𐐮	𐐯	𐐰	𐐱	𐐲	𐐳	𐐴	𐐵	𐐶	𐐷	𐐸	𐐹	𐐺	𐐻	𐐼	𐐽	𐐾	𐐿	𐑀	𐑁	𐑂	𐑃	𐑄	𐑅	𐑆	𐑇	𐑈	𐑉	𐑊	𐑋	𐑌	𐑍	𐑎	𐑏	𐑐	𐑑	𐑒	𐑓	𐑔	𐑕	𐑖	𐑗	𐑘	𐑙	𐑚	𐑛	𐑜	𐑝	𐑞	𐑟	𐑠	𐑡	𐑢	𐑣	𐑤	𐑥	𐑦	𐑧	𐑨	𐑩	𐑪	𐑫	𐑬	𐑭	𐑮	𐑯	𐑰	𐑱	𐑲	𐑳	𐑴	𐑵	𐑶	𐑷	𐑸	𐑹	𐑺	𐑻	𐑼	𐑽	𐑾	𐑿	𐒀	𐒁	𐒂	𐒃	𐒄	𐒅	𐒆	𐒇	𐒈	𐒉	𐒊	𐒋	𐒌	𐒍	𐒎	𐒏	𐒐	𐒑	𐒒	𐒓	𐒔	𐒕	𐒖	𐒗	𐒘	𐒙	𐒚	𐒛	𐒜	𐒝	𐒞	𐒟	𐒠	𐒡	𐒢	𐒣	𐒤	𐒥	𐒦	𐒧	𐒨	𐒩	𐒪	𐒫	𐒬	𐒭	𐒮	𐒯	𐒰	𐒱	𐒲	𐒳	𐒴	𐒵	𐒶	𐒷	𐒸	𐒹	𐒺	𐒻	𐒼	𐒽	𐒾	𐒿	𐓀	𐓁	𐓂	𐓃	𐓄	𐓅	𐓆	𐓇	𐓈	𐓉	𐓊	𐓋	𐓌	𐓍	𐓎	𐓏	𐓐	𐓑	𐓒	𐓓	𐓔	𐓕	𐓖	𐓗	𐓘	𐓙	𐓚	𐓛	𐓜	𐓝	𐓞	𐓟	𐓠	𐓡	𐓢	𐓣	𐓤	𐓥	𐓦	𐓧	𐓨	𐓩	𐓪	𐓫	𐓬	𐓭	𐓮	𐓯	𐓰	𐓱	𐓲	𐓳	𐓴	𐓵	𐓶	𐓷	𐓸	𐓹	𐓺	𐓻	𐓼	𐓽	𐓾	𐓿	𐔀	𐔁	𐔂	𐔃	𐔄	𐔅	𐔆	𐔇	𐔈	𐔉	𐔊	𐔋	𐔌	𐔍	𐔎	𐔏	𐔐	𐔑	𐔒	𐔓	𐔔	𐔕	𐔖	𐔗	𐔘	𐔙	𐔚	𐔛	𐔜	𐔝	𐔞	𐔟	𐔠	𐔡	𐔢	𐔣	𐔤	𐔥	𐔦	𐔧	𐔨	𐔩	𐔪	𐔫	𐔬	𐔭	𐔮	𐔯	𐔰	𐔱	𐔲	𐔳	𐔴	𐔵	𐔶	𐔷	𐔸	𐔹	𐔺	𐔻	𐔼	𐔽	𐔾	𐔿	𐕀	𐕁	𐕂	𐕃	𐕄	𐕅	𐕆	𐕇	𐕈	𐕉	𐕊	𐕋	𐕌	𐕍	𐕎	𐕏	𐕐	𐕑	𐕒	𐕓	𐕔	𐕕	𐕖	𐕗	𐕘	𐕙	𐕚	𐕛	𐕜	𐕝	𐕞	𐕟</
-------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----



Det er antageligvis af fonetiske årsager ligesom tilfældet er for tegnet for ti, at titusind er skrevet som en finger, mens hieroglyfferne for tusind og hundretusind er billeder på noget talrigt [1]. Der har også eksisteret en hieroglyf for en million på et tidligt stadium af den ægyptiske civilisation. Det mistede dog tidligt den eksakte betydning og gik over til at betyde uendeligt mange. En million har formodentlig dannet grænsen for ægypternes talbegreb.

I flercifrede tal opstilles cifrene på samme vis som i vores nuværende talsystem, hvor det højere ciffer foranstilles det lavere. Således skrives tallet 123 med en snor, to åg og tre lodrette streger. Vores trecifrede tal er blevet til seks tegn, hvilket har været temmelig omstændigt. Der eksisterede derfor også et skriftsystem til hurtig nedskrivning (stenografi), hvor tegnene var relativt simple. Dette stenografiske skriftsystem kaldes for det hieratiske skriftsystem og kan betragtes som afledt af den hieroglyfiske skrift.

Hieroglyphs					
	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$
Hieratic					
	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$
Hieroglyphs					
	6	7	8	9	10
Hieratic					
	6	7	8	9	10

Figur 2. De ægyptiske brøker. Først $2/3$ og derefter stambrøkerne $1/2, 1/3, \dots, 1/10$. Brøkerne er både vist med hieroglyffer og hieratiske tegn.

Brøker

Et karakteristikum for den ægyptiske matematik er brøkgregningen. De første ti brøker er vist i figur 2. Grundlæggende anvendte ægypterne kun stambrøker med undtagelse af $2/3$. En stambrøk er en brøk med 1 i tælleren ($1/n$ hvor n er et positivt naturligt tal). De ægyptiske brøker er karakteriseret ved at have hieroglyffen "r" over tallet, der forestiller en mund²:



Bemærk, at en halv må have haft en speciel status som brøk, idet $\frac{1}{2}$ havde sin egen hieroglyf uden "r".

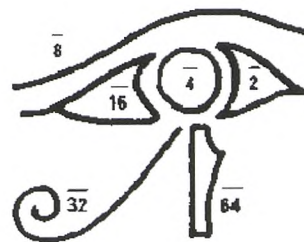
Brøken $2/3, \frac{1}{3}, \dots$ er undtagelsen fra reglen om, at der kun anvendtes stambrøker. Hieroglyffen for $\frac{1}{3}$ er

²I denne artikel vil jeg benytte standard notation for de ægyptiske stambrøker, hvor man kun skriver nævneren med en bar. $2/3$ skrives med dobbelt bar.

³Guden Horus kendetegnes ved at have et falkehoved. Ifølge ægyptisk mytologi blev øjet – kaldet *wedjat* – såret, idet det blev stukket ud og spist af den frygtindgydende gud Seth. Senere blev *wedjat* tilbagebragt og helbredt af guden *Thoth*. *Thoth* har et ibis-hoved og var skaberen af den ægyptiske matematik [4].

repræsenteret ved to vertikale linier af ulige længde [4].

Ægypternes brug af stambrøker i regning har været besværlig. Grunden til at der kun blev benyttet stambrøker var ikke en begrænsning i deres talbegreb men en derimod en begrænsning i deres skriftsystem. Stambrøkgregning har formodentlig haft en negativ indflydelse på den senere udvikling af matematikken. De ægyptiske stambrøker fik indflydelse på de hellenistiske og romerske administrative kontorer og blev spredt som en plage udover det meste af det romerske imperium. Det skal dog bemærkes, at tilsvarende stambrøkmeter også blev udviklet mere eller mindre uafhængigt i andre regioner.



Figur 3. Horus' øje, der er dannet af stambrøkerne for volumen.

En anden vigtig serie af brøker var Horus' øje-brøkerne, der blev brugt til at angive tal med enheder såsom volumenmål. Den almindelig enhed for volumen var Hekat, som svarer til 4, 8 liter. Ved måling af mindre mængder halverede man volumen til $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}$ og $\frac{1}{64}$ brøker af Hekat. Navnet *Horus' øje* brøkerne fik de, fordi de samlet danner delene af øjet på guden Horus³ (se figur 3) [3].

Ægyptiske regning

Addition og subtraktion har mindet om optælling af elementer i mængdelære svarende til den tidlige regning, som man lærer nu til dags i skolen. Addition bestod i at samle og optælle de enkelte tegn for enere, tiere, hundreder, osv., som de hieroglyffer bestod af. Den uerfarne i regning havde en mulighed for at tælle sig frem til resultatet, mens den erfarne kunne regne per hukommelse – i det mindste for så vidt angår simple regnestykker. Det har været omstændeligt at regne med hieroglyffer, derfor har de sikkert ofte benyttet sig af de hieratiske tegn (figurer 1 og 2). Udover addition og subtraktion kunne de også multiplicere og dividere. Det var dog en lidt mere kompliceret affære.

Regneproceduren i ægyptisk matematik var grundlæggende additiv. Multiplikation af store tal var baseret på flere relativt små multiplikationer, der adderes sammen til resultatet. Ægypterne anvendte kun multiplika-

tioner med 2 eller 10.

Dette er bedst illustreret ved et eksempel, hvor vi multiplicerer 33 med 47. Dette kunne gøres på to måder:

$$\begin{array}{r}
 / \quad 1 \quad 47 \\
 \quad 2 \quad 94 \\
 \quad 4 \quad 188 \\
 \quad 8 \quad 376 \\
 \quad 16 \quad 752 \\
 / \quad 32 \quad 1504 \\
 \text{Total } 33 \quad 1551
 \end{array} \quad (1)$$

eller

$$\begin{array}{r}
 / \quad 1 \quad 47 \\
 / \quad 10 \quad 470 \\
 / \quad 20 \quad 940 \\
 / \quad 2 \quad 94 \\
 \text{Total } 33 \quad 1551
 \end{array} \quad (2)$$

Tallene i de venstre søjler er hjælpe-multiplikatorer, 1×47 , 2×47 , $4 \times 47 \dots$, og resultaterne af disse hjælpe-multiplikationer er i de højre søjler. De hjælpe-multiplikationer, der er benyttet, er mærket med /.

Den første metode anvender fordobling og kræver 6 skridt. Den anden metode benytter man 10-produktet, og det kræver kun 4 skridt. Resultatet blev dermed bestemt ved opdelingen $(32 + 1) \times 47$ eller ved opdelingen $(20 + 10 + 2 + 1) \times 47$ af produktet. Hvilken opdeling man anvendte har været afhængig af multiplikationsfaktorerne i udregningen.

Division

Division kunne udføres efter samme metode, men med den forskel at det her er hjælpemultiplikatorerne der

udgør resultatet. Et eksempel er division af 21 med 3, der bestemmes ved at fordoble 3 indtil en total af 21 er nået:

$$\begin{array}{r}
 / \quad 1 \quad 3 \\
 / \quad 2 \quad 6 \\
 / \quad 4 \quad 12 \\
 \quad 7 \quad \text{Total } 21
 \end{array} \quad (3)$$

Resultatet af $21/3$ er dermed $1 + 2 + 4 = 7$. Denne regnemetode er ikke generel, idet divisionen ikke nødvendigvis går op. Brøker må derfor introduceres.

Når de delte 19 med 3, gjorde de det på følgende måde:

$$\begin{array}{r}
 \quad 1 \quad 3 \\
 / \quad 2 \quad 6 \\
 / \quad 4 \quad 12
 \end{array} \quad (4)$$

Den foreløbige løsning er $2 + 4 = 6$, hvilket ikke er den ønskede løsning, idet $3 \times 6 = 18$. Der mangler $19 - 18 = 1$ i resultatet. Derfor udregnes produktet af 3 med følgen af tredjedels brøker:

$$\begin{array}{r}
 \quad \bar{3} \quad 2 \\
 / \quad \bar{3} \quad 1
 \end{array} \quad (5)$$

der er bestemt ved halvering af to tredjedele indtil den manglende rest er fundet. Det ønskede resultat er dermed $6\frac{1}{3}$.

Brøkregning

Metoden for addition af brøker er i princippet analog til vores skolelærdom. Et eksempel på addition af stort antal brøker findes i Rhind Papyrusen [1]:

Box 1. Brøkregning i Rhind Papyrusen

$$\begin{array}{cccccccccccc}
 \frac{1}{12} & + \frac{1}{114} & + \frac{1}{228} & + \frac{1}{18} & + \frac{1}{36} & + \frac{1}{342} & + \frac{1}{684} & + \frac{1}{24} & + \frac{1}{48} & + \frac{1}{456} & + \frac{1}{912} \\
 76 & 8 & 4 & 50\frac{2}{3} & 25\frac{1}{3} & 2\frac{2}{3} & 1\frac{1}{3} & 38 & 19 & 2 & 1
 \end{array} \quad (6)$$

Tallene i rækken foruden er de såkaldte hjælpetal og skrevet med rød tusch. Der vælges en "passende" fællesnævner til brug for summeringen. Hjælpetallene er at betragte som "tællerne" i brøkerne for den valgte fællesnævner. Hjælpetallet til et led i summationen har derfor den egenskab, at det ved division med den valgte fællesnævner netop giver det pågældende led i summationen. Er 912 for eksempel valgt til fællesnævner vil hjælpetallet til $1/12$ være 76 (eftersom $1/12 = 76/912$). Ved denne metode giver ovenstående sum:

$$228/912 = 1/4.$$

En vigtigt træk ved ægyptisk matematik er fordobling af brøker. Enhver multiplikation og division der involverer brøker fører os til problemet med fordobling af stambrøker. I tilfælde med lige nævner såsom $\bar{2}$, $\bar{4}$, $\bar{6}$, $\bar{8} \dots$ fås direkte 1 , $\bar{2}$, $\bar{3}$, $\bar{4} \dots$. Ulige nævnerne er noget mere besværlige. Dobbelt af $\bar{3}$ er bare $\bar{3}$, da der eksisterer et tegn for $2/3$. Fordobling af $\bar{5}$, $\bar{7}$, $\bar{9} \dots$ resulterede i en sum af stambrøker, der er givet i Rhind Papyrusen.

I følgende tabel vises fordobling af de første 4 stambrøker:

n	dobbelt $\bar{n}$	
3	$\bar{2}$	$\bar{6}$
5	$\bar{3}$	$\bar{15}$
7	$\bar{4}$	$\bar{28}$
9	$\bar{6}$	$\bar{18}$
$\vdots$	$\vdots$	

(7)

Man kan spørge, hvorfor de lige præcis benyttede disse stambrøker, idet der findes uendeligt mange repræsentationer af $2/n$ som summe af stambrøker.

En forsker i oldtidens astronomi og matematik O. Neugebauer mener, at forklaringen på dette findes ved at inddele stambrøker i to grupper: de *naturlige* brøker og *algoritme*-brøkerne. De naturlige brøker er en lille gruppe af brøker såsom $\bar{3}$, $\bar{3}$, $\bar{2}$ og $\bar{4}$. Disse naturlige brøker blev anset for at være fundamentale tal på niveau med de naturlige tal. De blev brugt overalt i det daglige liv til måling og tælling. Dette kan måske også kaste lys over, hvorfor oldtidens ægyptere havde et specielt tegn for , når de ellers kun benyttede stambrøker.

Algoritmebrøker består af to serier af brøker:

$$\begin{aligned} \bar{3}, \bar{3}, \bar{6}, \bar{12} \dots \\ \bar{2}, \bar{4}, \bar{8}, \bar{16} \dots \end{aligned}$$

Algoritmebrøkerne blev benyttet meget ofte i udregninger. Serien af algoritmebrøker er udregnet ved halvering og indeholder de naturlige brøker.

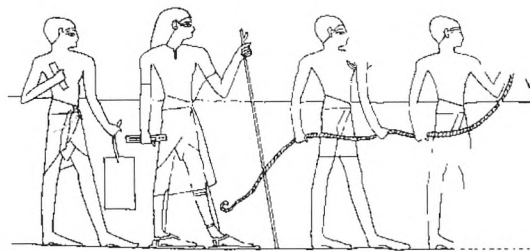
Princippet i repræsentation af $2/n$ som summe af stambrøker er først og fremmest at benytte algoritmebrøker. Enkelte regler kan opstilles for visse typer af brøker:

$$\begin{aligned} \frac{2}{n} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{n} + \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{n} & n \text{ er multiplum af } 3. \\ \frac{2}{n} &= \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{n} + \frac{5}{3} \cdot \frac{1}{n} & n \text{ er multiplum af } 5. \end{aligned}$$

Det vil sige, at vi finder følgende relationer for henholdsvis $2/3$ og $2/5$: $\bar{3} = 1/2 + 1/6 = \bar{2} \bar{6}$ og $2 \cdot \bar{5} = 1/3 + 1/15 = \bar{3} \bar{15}$.

Skriveren

Skriveren var den ægyptiske matematiker. Om der var andre der kunne regne er svært at svare på, idet vores viden om uddannelsessystemet er yderst mangelfuld. Vi ved ikke, hvem der havde mulighed for at uddanne sig og indenfor hvilke områder der blev undervist. Det er tvivlsomt hvorvidt den almindelig arbejder kunne regne. Vi kan dog være rimeligt sikre på, at en vigtig del af skriveruddannelsen har været at lære at regne, så hvis andre ægyptere i højere samfundslag kunne regne, var det fordi de havde en lignende uddannelse.



Figur 4. Matematikken var vigtig for at kunne opmåle marker efter Nilens oversvømmelse. På billedet ses skriveren (eller skriveren) med sine hjælpere igang med at opmåle en mark med en målesnor. Det er fra Djeserkarasonbs grav ved Theben.

Skriveren var en vigtig person med mange arbejdsområder – et af de vigtigste var autoriseret landmåler (figur 4). I et land, hvor Nilen hvert år slettede markskellene, har en af skriverens vigtigste opgaver været at genoprette disse markskel.

Vidnesbyrd om skriverens arbejdsområder findes i papyruser og inskriptioner. Vi har et morsomt vidnesbyrd i Papyrus Anastasi I, hvor forfatteren skriver om sin kollega, der er en dårlig skriver fordi han er håbløs til at løse regneopgaver. Dette skrift er skrevet med bidende sarkasme (fra Neugebauer [2], p. 79):

Another topic. Behold, you come and fill me with your office. I will cause you to know how matters stand with you, when you say 'I am the scribe who issues commands to the army'.

You are given a lake to dig. You come to me to inquire concerning the rations for the soldiers, and you say 'reckon it out'. You are deserting your office, and the task of teaching you to perform it falls on my shoulders.

Come, that I may tell you more than you have said: I cause you to be abashed (?) when I disclose to you a command of your lord, you, who are his Royal Scribe, when you are led beneath the window (of the palace, where the king issues orders) in respected of any goodly (?) work, when the mountains are disgorging great monuments for Horus (the king), the lord of the Two Lands (Upper and Lower Egypt). For see, you are the clever who is at the head of the troops. A (building-) ramp is to be constructed, 730 cubits long, 55 cubits wide, containing 120 compartments, and filled with reeds and beams; 60 cubits high at its summits, 30 cubits in the middle, with a batter of twice 15 cubits and its pavement 5 cubits. The quantity of bricks needed for it is asked of the generals and the scribes are all asked together, without one of them knowing anything. They all put their trust in you and say, 'You are the clever scribe,

my friend! Decide for us quickly! Behold your name is famous; let none be found in this place to magnify the other thirty⁴! Do not let it be said of you that there are things which even you do not know. Answer us how many bricks are needed for it?

See, its measurements (?) are before you. Each one of its compartments is 30 cubits and is 7 cubits broad.

Det er ikke klart, hvorvidt dette brev har været benyttet til undervisning af skrivere. Hvis dette er tilfældet har sarkasmen tjent som en advarsel til eleverne om følgerne af manglende slid. Vi må formode, at de beskrevne regneopgaver er typiske for skriveren, der i oldtidens Ægypten havde status som ingeniør og bogholder.

De vigtigste kilder

Der er få kilder, der bidrager til vor viden om ægypternes regnefærdigheder. Her er en kort oversigt over nogle af de vigtigste kilder [1]:

- **Papyrus Rhind** (denne papyrus vil blive beskrevet senere i dette afsnit).
- **Papyrus Moskva**: Det er ca. 5 m langt og 8 cm højt, der indeholder 25 forskellige regnestykker.
- Der findes derudover de såkaldte Kahun-fragmenter, et lille Papyrus i Berlin og et par små trætavler i Cairo. Disse er hverken særlig velbevarede eller særlig omfattende.

Datering af disse kilder er næsten altid en temmelig problematisk affære. Det er sandsyneligt at Papyrus Moskva og Kahun-fragmenterne er fra det tolvte dynasti, dvs. fra den regerende kongeslægt fra år 2000 fvt. til 1788 fvt.

Vi har også senere kilder fra grækerne og romerne, men man bør være forbeholdende over for disse kilder. Grækerne og ægypterne anså hinanden for at være barbarer, og både romerne og grækerne mystificerede den ægyptiske viden (en holdning som stadig er udbredt). Dette gør romerske og græske kilder mindre troværdige.

Papyrus Rhind er det vigtigste eksisterende matematiske dokument. Det er at finde i London med undtagelse af enkelte stumper, der befinder sig i New York. De fysiske dimensioner er $5\frac{1}{2}$ m i længden og hele 33 cm i bredden. Papyrus Rhind er nedskrevet af en skriver ved navn Ahmose der skriver, at han har kopieret papyrus Rhind i den fjerde måned af oversvømmelsesårstiden i 33 år under Kong Apophis' (Auserre) herredømme (1590-1549 fvt.). Kong Apophis var konge i det 15. dynasti (omkring 1648-1539 fvt.) under den anden mellempæriode, også kaldet Hyksos perioden. Ahmose oplyser derudover, at han har kopieret

fra et tidligere værk fra Kong Ny-maat-re's (Nymare) herredømme. Dette var tronnavnet for Ammenemes III, der var den 6. konge i det 12. dynasti. Han herskede i den anden halvdel af det 19. århundrede fvt.

Rhind indeholder en tabel over fordobling af stambrøkerne fra $\bar{5}$ til $\bar{101}$ samt 84 praktiske regneopgaver. Tabellen over $2/n$ -brøkerne har både været meget vigtig og nyttig, idet fordobling af stambrøker er grundlaget for de ægyptiske brøkdregninger, og tabellen må have været et uundværligt værktøj for enhver skriver. Det kan derfor forekomme underligt, at vi i dag kun har fundet ganske få af disse tabeller. Den eneste anden kilde med fordoblingstabeller er Kahun-fragmenterne, som dog kun har tabel med fordobling af brøkerne fra $\bar{3}$ til $\bar{21}$.



Figur 5. Skriveren og hans assistent i gang med vejning af runde objekter.

De praktiske regneopgaver

Vi gengav tidligere et sarkastisk brev, hvor brevskriveren sviner en skriver-kollega til på grund af hans manglende regnefærdigheder — måske benyttet i undervisningsøjemed. Der bliver meget detaljeret beskrevet nogle praktiske regneopgaver. Opgaverne, der formodentligt ikke var atypiske for en skriver, gik ud på at udregne provianten til mandskabet, der skal udgrave en sø med en given størrelse og bestemme antallet af mursten til en rampe eller et andet bygningsværk. Opgaverne illustrerer skriverens arbejdsområder, der kunne være meget varierende. Arbejdsområderne var vidt forskellige: bestemmelse af et landbrugsareals størrelse, udregning af afgifter og skatter til kongen og fordeling af mad og drikke til personalet ved templet. Nogle af disse arbejdsområder illustreret i figurerne 5 og 6.

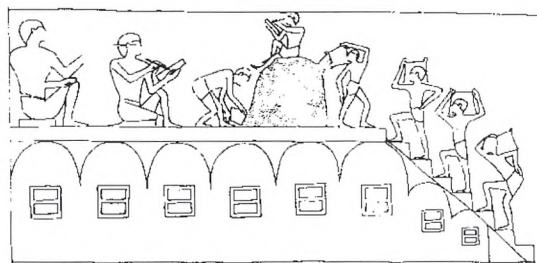
Lad os illustrere de praktiske regneopgaver med et eksempel fra Papyrus Rhind (udregning nummer 67). Udregningen er illustreret med en saftig historie om en hyrde, der bliver beskyldt for at snyde i skat. Hyrden skal betale to tredjedele af en tredjedel af sin hjord. Det protesterer hyrden over, idet han har medbragt 70 af sine dyr. Problemet er så at bestemme, hvor stor hjorden egentlig er. Problemet kan med nuværende matematik beskrives med ligningen $(\bar{3} \times \bar{3})x = 70$ som har

⁴Formodentligt et ofte omtalt "College of the Thirty" [2]

løsningen $x = 315$ dyr. Deres udregninger var mere komplicerede, idet brøken $2/9$ ikke eksisterede. Udregningerne blev udført ved først at bestemme $\bar{3} \times \bar{3}$ til $\bar{6} + \bar{18}$, hvilket var gjort andetsteds i Papyrus Rhind (udregning nr. 61B). Derefter fandt man det reciproke af $\bar{6} + \bar{18}$:

$$\begin{array}{rcl} & 1 & \bar{6} + \bar{18} \\ & 2 & \bar{3} + \bar{9} \\ / & 4 & \bar{3} + \bar{6} + \bar{18} \\ / & \bar{2} & \bar{9} \end{array}$$

Det gav en total på $4 + \bar{2}$, idet $\bar{6} + \bar{9} + \bar{18} = \bar{6} + \bar{3}(\bar{3} + \bar{6}) = \bar{6} + (\bar{3} \times \bar{2}) = \bar{3}$. Løsningen findes altså ved at multiplicere 70 med $4 + \bar{2}$, hvilket korrekt giver 315. Denne opgave var altså grundlæggende en beskrivelse af, hvordan man bestemmer det reciproke af et tal.



Figur 6. Tre (mange?) skrivere noterer mængden af korn

Regneopgaverne i papyruserne er beskrevet ved hvilken fremgangsmåde skriveren skulle benytte og hvilket resultat man skulle opnå. Skriveren kunne så ændre regneopgaven til en given problemstilling. Man kan sammenligne dette forhold med vores madopskrifter til et givet antal personer, som man ændrer så det passer med antallet af middagsgæster – måske endda ved enten fordobling eller halvering af de given ingredienser. På samme måde har de praktiske regneopgaver været benyttet.

Geometri

Vi vil ikke beskrive den ægyptiske geometri i detaljer. De kunne beregne arealet af flader som trekanter, trapezoider, firkanter osv. Arealet af en cirkel kunne de beregne temmelig præcist med formlen:

$$A = \left(\frac{8}{9}d\right)^2, \quad (8)$$

hvor d er diameteren af cirklen. Udregninger af cirkelns areal blev udført ved at trække $1/9$ af diameteren fra diameteren, og derefter multiplicere det fremkomne tal

med sig selv, dvs. $A = (d - 1/9 \cdot d)^2$. Denne arealberegning af cirklen resulterer i en relativ præcis værdi, 3.16, af $\pi = 3.14159265 \dots$.

De har ligeledes løst rumlige opgaver. Det formodes dog, at der kun er tale om bestemmelse af fladeindholdet. Ægypterne har bl.a. korrekt bestemt arealet af en hemisfære i Papyrus Moskva. Selvom de relativt præcist kunne bestemme geometriske løsninger, er det klart, at geometrien er bestemt på basis af empiriske metoder svarende til de fleste praktiske regneopgaver.

Afsluttende kommentarer

Grækernes ankomst til Ægypten medførte, at den græske tænkning blev introduceret. Den græske tænkning var hovedsagelig baseret på logiske metoder i modsætning til den ægyptiske tænkning, der hovedsagelig var baseret på empiriske metoder. De to vidt forskellige former for tænkning har formodentlig forårsaget, at grækerne har haft en manglende forståelse for den ægyptiske tænkning. Dette har medført en mystificering af ægypterne, som er genkendelig den dag i dag. Det har været en gåde for grækerne hvorledes ægypterne har gennemført deres matematisk udregninger. Den ægyptiske matematik var ikke baseret på abstrakt tankegang men derimod på konkrete eksempler. Man skal dog ikke undervurdere betydningen af ægyptisk regnekunst, idet den har haft en meget stor betydning for den videre udvikling af matematikken.

Referencer:

- [1] Erik Lundsgaard: Ægyptisk Matematik, Schultz, 1945
- [2] O. Neugebauer: The Exact Sciences in Antiquity, chapter IV, Brown University Press, 2. edition, 1957
- [3] Alan Gardiner: Egyptian Grammar, Third Edition, Griffith Institute, 1957
- [4] Gay Robins og Charles Shute: The Rhind Mathematical Papyrus, British Museum Publications, 1987



John Rosendal Nielsen har afsluttet speciale i højenergifysik ved Niels Bohr Institutet. Hans faglige interesser ligger indenfor højenergifysik, kosmologi og relativistisk astrofysik samt ægyptologi.

Nyt fra Astronomisk Selskab

Astronomisk Selskab

Hjemmeside: AS.dsri.dk

Michael Quaade (formand)
Hviddingvej 48
2610 Rødovre

E-mail: mq@dsri.dk
Tlf. 36 72 36 34 (priv.) / 43 58 69 47 (arb.)

Hans Sørensen (kasserer)
Stavnsholtvej 32
3520 Farum

E-mail: hans-soh@post1.tele.dk
Tlf. 44 95 11 79



Stjernernes Puls – Astronomisk Selskabs foredragsrække i foråret

Ligesom de tidligere år afholder Astronomisk Selskab i samarbejde med Folkeuniversitetet og Tycho Brahe Planetarium i løbet af foråret 2002 fem foredrag i København og Århus. Denne gang har foredragene fællestitlen *Stjernernes Puls* og handler om variationen i udstrålingen hos stjerner og andre objekter.

Tilsyneladende ser stjernerne uforanderlige ud. De lyser på samme måde år efter år. Ved nærmere eftersyn viser det sig, at der er mange astronomiske objekter, hvis udsendelse af lys og anden stråling varierer. De senere års forskning har vist, at alle stjerners lysstyrke faktisk varierer en lille smule op og ned. Nogle af dem varierer så kraftigt, at det er tydeligt at se med det blotte øje. I mange tilfælde fortsætter variationen periodisk år efter år, mens der andre gange er tale om en kortvarig opblussen, der kun optræder en enkelt gang. Udforskningen af disse variationer har på mange helt afgørende punkter bidraget til vores forståelse af et bredt udvalg af centrale astrofysiske sammenhænge. Det gælder bl.a. så forskellige emneområder som de fysiske forhold i stjernernes indre og strukturen af Universet som helhed. Forårets foredragsrække vil belyse de meget forskellige fysiske mekanismer, der forårsager variationen i disse objekters udstråling.

Foredragene afholdes mandage kl. 19:15–21:00.

Thomas Tauris, Astronomisk Observatorium,
København: **Pulsarer**

3. februar i København
10. februar i Århus

Michael Quaade, Astronomisk Selskab: **Stjerner, der pulserer**

24. februar i København
3. marts i Århus

Kristian Pedersen, Astronomisk Observatorium,
København: **Gamma Ray Bursts**

17. marts i København

24. marts i Århus

Søren Frandsen, Institut for fysik og Astronomi,
Århus: **Seismologi i kuglehobe**

7. april i København
28. april i Århus

Hans Kjeldsen, Institut for fysik og Astronomi,
Århus: **Et kor af svingende stjerner**

12. maj i København
19. maj i Århus

I København holdes foredragene på Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik i auditoriet på Rockefeller Bygningen, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø.

I Århus er adressen: Århus Universitet, Matematisk Institut, Auditorium D3, Ny Munkegade, 8000 Århus C.

Foredragsrækken er tilrettelagt af Michael Quaade og Bjarne Thomsen.

International astronomisk ungdomslejr

I de tre uger fra 19. juli til 8. august 2003 afholdes den 39. *International Astronomical Youth Camp* i Klingenthal, Tyskland.

Det er tale om et arrangement for unge i alderen 16–24 år, der arbejder med astronomiske projekter indenfor syv grupper:

- Cosmology
- Solar System
- Distances in Astronomy
- Ancient Astronomy
- Robotics in Astronomy
- Photography and Astronomy
- Practical Astronomy

Indkvarteringen finder sted i Jugendherberge Aschberg, hvor der er rigelig plads til deltagerne samt arbejdsgrupper mv. Der er også andre aktiviteter end astronomi, f.eks. sport, sangaftener og vandreture.

Sproget er engelsk og prisen er omkring 425 Euro. Der er mulighed for at søge økonomisk støtte. Yderligere oplysninger:

www.iayc.org
Jörg Dietrich
Steiningerweg 4
85748 Garching bei München
Tyskland

Telefon: 0049 89 32386944
E-mail: info@iayc.org

Forfatterindeks til Kvant 1.–13. årgang

Henvisningen angiver årgang, nummer og sidetal. F.eks. betyder **9, 2, 8**, at artiklen findes i Kvant, 9. årgang, nr. 2, side 8. Første nummer af Kvant udkom i 1990 og årstallet kan således findes ved at addere nummeret på årgangen med 1989.

Abrahamsen, Niels : Den geomagnetiske sekularvariation i Danmark **9, 2, 8**
Akselbo, Kay : Nogle problemer i tid og rum **3, 2, 20**
Akselbo, Kay : Kan naturlove begrundes? **7, 2, 9**
Akselbo, Kay : Den kosmologiske standardmodels problemer **9, 1, 18**
Akselbo, Kay : Læserbreve i KVANT **10, 4, 19**
Akselbo, Kay : Læserbrev – om nye stjernebilleder **11, 2, 11**
Akselbo, Kay : Om bevidsthed, fysik og kosmologiske principper **12, 2, 26**, rettelser **12, 3, 20**
Akselbo, Kay : Læserbrev **12, 4, 12**
Allin, Thomas Højgaard : Feer og elver danser med Thor på nattehimmelen **11, 3, 3**
Alstrøm, Preben : Meddelelser fra Dansk Fysisk Selskab **7, 2, 15**
Alstrøm, Preben : Meddelelser fra DFS **7, 4, 11**
Alstrøm, Preben : Meddelelser fra DFS **8, 1, 11**
Alstrøm, Preben : DFS årsmøde 1997 **8, 2, 13**
Alstrøm, Preben : Kaos og turbulens i kemiske reaktionssystemer **4, 4, 3**
Andersen, Anja C. : Asteroider, meteoritter og Bering **13, 1, 15**
Andersen, Anja C. : Liv fra Mars? **7, 3, 1**
Andersen, Anja C. : Meteoritter og stjerneudvikling **7, 3, 15**
Andersen, Anja C. : Bering – en lille rumsonde med et stort navn. Danmarks første deep-space mission **13, 2, 26**
Andersen, Asger Lindegaard : Opdagelsen af de Röntgenske stråler for 100 år siden **6, 2, 9**
Andersen, Henning : Hvor findes der gamle instrumenter? **2, 4, 30**
Andersen, Jens Ulrik : Mindeord om Jens Linhard **8, 3, 30**
Andersen, Jens Ulrik : Klyngefysik **10, 3, 17**
Andersen, Johannes : IAU – udsigt fra broen **10, 4, 10**
Andersen, Johannes : Læserbrev – om nye stjernebilleder **11, 2, 11**
Andersen, Johannes : Dansk Astronomi 2010 **13, 1, 21**
Andersen, Johannes : Universets alder og de første tunge grundstoffer **13, 2, 6**, rettelser **13, 3, 10**
Andersen, Katrine Krogh : Kontinentalt støv i den grønlandske Indlandsis **9, 3, 3**
Andersen, Lars H. : Molekyler studeret i ASTRID og ELISA **10, 3, 19**
Andersen, Mette : Erasmus-kursus i Bordeaux. **1, 3, 16**
Andersen, Michael Cramer : 25 års fysik **8, 2, 9**
Andersen, Michael Cramer : KVANT-nyheder **10, 3, 32**
Andersen, Michael Cramer : Total solformørkelse i

Bulgarien d. 11. august 1999 **10, 4, 33**
Andersen, Michael Cramer : KVANT-nyheder **10, 4, 39**
Andersen, Michael Cramer : Det astrofysiske grundlag for liv I **11, 1, 5**
Andersen, Michael Cramer : Gammaglimt og stjerneskælv med RØMER-satellitten **11, 2, 16**
Andersen, Michael Cramer : KVANT-nyheder **11, 2, 17**
Andersen, Michael Cramer : KVANT-nyheder **11, 3, 25**
Andersen, Michael Cramer : Fysiksommerskole Kopernikursus 2000 **11, 3, 27**
Andersen, Michael Cramer : KVANT-nyheder **11, 4, 21**
Andersen, Michael Cramer : KVANT-nyheder **12, 1, 28**
Andersen, Michael Cramer : Til rumfærgeopsendelse hos NASA **12, 2, 33**
Andersen, Michael Cramer : KVANT-nyheder **12, 2, 34**
Andersen, Michael Cramer : KVANT-nyheder **12, 3, 29**
Andersen, Michael Cramer : Fred Hoyle død **12, 4, 21**
Andersen, Michael Cramer : KVANT-nyheder **13, 1, 29**
Andersen, Michael Cramer : KVANT-nyheder **13, 2, 29**
Andersen, Michael Cramer : KVANT-nyheder **13, 3, 8**
Andersen, Michael Cramer : KVANT-nyheder **13, 4, 36**
Andersen, Michael Cramer : Nye bøger **13, 4, 39**
Andersen, Niels Hessel : På sporet af iltens rolle i $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_6^+$ superledere **5, 2, 6**
Andersen, Niels Hessel : Eksotiske hvirvler – Fluxliniegitter i magnetiske superledere **11, 4, 3**
Andersen, Nils O. : Fra årsmødet i Dansk Fysisk Selskab **3, 1, 14**
Andersen, Nils O. : Sorødagene 1993 **4, 1, 29**
Andersen, Nils O. : Sorødagene 94 **5, 1, 25**
Andersen, Nils O. : Sorødagene 1995 **6, 1, 23**
Andersen, Olaf Sparre : Biologiske Membraner og ionledende kanaler **6, 3, 17**
Andersen, Ole B. : Ændringer i havniveau – et sikkert klimategn **12, 1, 30**
Andersen, Ole Krogh : Allan Mackintosh **7, 1, 1**
Andersen, Sten Asgaard : Kunstigt nordlys **3, 4, 11**
Andersen, Torkild : Atomfysik med synkrotronstråling: Laboratorie-astrofysik **10, 3, 22**
Andersen, Bjarne : Årsmøde i Dansk Fysisk Selskab **2, 4, 18**
Andersen, Bjarne : Årsmøde i Dansk Fysisk Selskab **3, 4, 13**
Antorini, Christine : Tomboy eller Barbiegirl **10, 1, 26**
Bacher, Camilla : Atmosfærens kemi og globale klimaforandringer **12, 4, 22**
Bacher, Camilla : Mekanismerne i Jordens klima **12, 3, 9**
Bacher, Camilla : Leoniderne 2002 – et festfyrværkeri af stjerneskud! **13, 4, 44**
Bak, Jørgen Friis : Lagerringen i Århus **1, 1, 17**
Bak, Jørgen Friis : KVANT – et tidsskrift om fysik **1, 1, 30**
Bak, Jørgen Friis : Om indholdet af KVANT **1, 2, 1**
Bak, Jørgen Friis : Årets nobelpriser i fysik **1, 4, 24**

- Bak, Jørgen Friis : Krystallografisk ABC **2**, 1, 2
- Bak, Jørgen Friis : Indvielse af synkrotronstrålingsanlæg **2**, 2, 14
- Bak, Jørgen F. : Boganmeldelse: Atomer og kvarker – den nye fysik **2**, 3, 27
- Bak, Jørgen F. : Boganmeldelse: Intuitiv ekspertise – den bristede drøm om tænkende maskiner **2**, 3, 27
- Bak, Jørgen Friis : Udredning af den danske fysikforskning **3**, 1, 30
- Bak, Jørgen Friis : Boganmeldelse: Forenede elektroner A/S – om superledning og kvanteteori **3**, 2, 24
- Bak, Jørgen Friis : Nobelprisen i fysik 1992 **3**, 3, 15
- Bak, Jørgen Friis : Redaktionelt: Ny redaktør af KVANT **3**, 4, 20
- Bak, Jørgen : Fysik på nettet **7**, 1, 4
- Bak, Jørgen : Fysikkens fremtid – ik så ring endda... **8**, 4, 4
- Bak, Jørgen : Steno Museet som videnskabshistorisk faglokale **8**, 4, 18
- Bakmann, Lars : Leoniderne 2002 – et festfyrværkeri af stjernesud! **13**, 4, 44
- Balling, Peter : Negative ioner studeret ved ASTRID: En legeplads for grundlæggende atomfysik **10**, 3, 24
- Bang, Jens M. : Niels Bohr og semiklassisk kollisionsfysik **10**, 2, 12
- Bauer, Rogert : Fra enkelt protein til supraprotein **6**, 3, 22
- Bay, Jesper : Mikromekanik **6**, 4, 15
- Bechgaard, Klaus : Molekylære superledere og metaller. **1**, 2, 16
- Bendtsen, Jørgen : Havets cirkulation og betydning for klimaet **9**, 3, 13
- Bendtsen, Jørgen : Klimaændringer forårsaget af nedslag af asteroider eller kometer **13**, 4, 27
- Bentzon, Michael D. : Diamantlignende film **2**, 4, 14
- Besenbacher, Flemming : Overfladefysik studeret ved scanning tunneling mikroskopi. **2**, 1, 4
- Besenbacher, Flemming : Atomar skrift **2**, 1, 19
- Besenbacher, Flemming : Prævedig overfladefysik med scanning tunneling mikroskopi **6**, 2, 1
- Bjørnholm, Sven : Klynger af atomer og molekyler **1**, 1, 20
- Bohr, Henrik : Fysikken i proteiners foldningsklassifikation **6**, 3, 3
- Bohr, Jacob : Roterende krystaller **3**, 2, 1
- Bohr, Thomas : Kaos og turbulens i kemiske reaktionssystemer. **4**, 4, 3
- Bohr, Tomas : Kaos i KVANT **4**, 4, 1
- Bonderup, Ejvind : Mindeord om Jens Linhard **8**, 3, 30
- Both, Erik : Fysik i uddannelserne – Uddannelserne i fysik **6**, 2, 24
- Both, Erik : Fysikkens image **8**, 1, 25
- Brandt, Søren : WATCH – et vidinkel røntgenkamera **5**, 3, 4
- Bruun, Erik : VLSI implementering af neurale netværk **4**, 2, 11
- Bruus, Henrik : Dansk succes ved den internationale fysikolympiade 2002 **13**, 4, 32
- Brzezinski, Peter : Biofysik – livets molekyler, biologiske membraner och molekylära maskiner **10**, 1, 11
- Buhl, Hans : Steno Museet som videnskabshistorisk faglokale **8**, 4, 18
- Busch, Henrik : Til fysikkonference i Amsterdam **1**, 4, 28
- Busch, Henrik : Praksislæring på fysikstudiet **11**, 2, 12
- Busch, Henrik : Når Supermand smider skjorten **12**, 3, 14
- Bøgeskov, Tom : Hvordan beregnede Newton centripetalaccelerationen i månens bane? **6**, 2, 14
- Bøgeskov, Tom : Newton, Gallilei og planeternes oprindelse **7**, 2, 1
- Bøgeskov, Tom : Et mål for tyngden. – Fra Galilei til Huygens **7**, 4, 17
- Chorkendorff, Ib : Overfladereaktivitet **2**, 1, 16
- Christensen, Claus : I år 3 efter reformationen **1**, 4, 11
- Christensen, Eigil Friis : Ørsted-satelitten – forskning i Jordens magnetiske felt **5**, 4, 1
- Christensen, Lars Lindberg : Nordlys **9**, 4, 39
- Christensen, Lars Lindberg : Brydningsfænomener i Jordens atmosfære **9**, 4, 3
- Christensen-Dalsgaard, Jørgen : Solskælv, en kilde til viden om Solens indre **5**, 3, 10
- Christensen-Dalsgaard, Jørgen : Solens dynamiske rotation **11**, 2, 3
- Christensen-Dalsgaard, Jørgen : Nobelpris for astrofysiske neutrinoer **13**, 4, 6
- Christiansen, Bo : Hør figentræets susen. **4**, 4, 21
- Clausen, Bjerne Steffen : Anvendelse af overfladefysikken indenfor industriel katalyse **2**, 1, 24
- Cvitanović, Predrag : Kvantekaos **5**, 1, 1
- Dahl-Jensen, Dorthe : Oplevelser på Grønland med GRIP **2**, 4, 20
- Damm, Arne : Det astrofysiske grundlag for liv I **11**, 1, 5
- Dansgaard, Willi : Oplevelser på Grønland med GRIP **2**, 4, 20
- Degn, Hans : Kaos i Biologi **4**, 4, 13
- Ditlevsen, Peter : Klimaets Fysik **9**, 3, 9
- Dyre, Jeppe : Back to basics! **13**, 3, 34
- Døssing, Thomas : Dommedag nu? **10**, 1, 3
- Elbek, Bent : KVANT og Dansk Fysisk Selskab **1**, 1, 1
- Elbek, Bent : Hvad hændte med den kolde fusion? **1**, 1, 3
- Elbek, Bent : Dansk Fysisk Selskab, 1990 **1**, 4, 9
- Elbek, Bent : Dansk Fysisk Selskab, 1991 **2**, 4, 19
- Elbek, Bent : Energi: Noget er bevaret **3**, 3, 1
- Elbek, Bent : Energi: Fra virkningskvant til energikrise **3**, 4, 1
- Elbek, Bent : Dansk Fysisk Selskab, 1992 **3**, 4, 14
- Emmeche, Claus : Tankevækkende netværk mellem biologi, datalogi og fysik **4**, 2, 13
- Eskildsen, Morten Ring : Eksotiske hvirvler – Fluxliniegitter i magnetiske superledere **11**, 4, 3
- Feidenhans'l, Robert : Overflader og deres krystallografi **2**, 1, 9
- Feidenhans'l, Robert : Fri-elektron laseren – Næste

- generation af brillante synkrotronstrålingskilder **10**, 2, 16, rettelse **10**, 3, 26
- Flyvbjerg, Henrik : Mikrotubuli **6**, 3, 8
- Folkmann, Finn : Atomfysik med synkrotronstråling: Laboratorie-astrofysik **10**, 3, 22
- Freltoft, Torsten : Superlederes generelle egenskaber **1**, 3, 3
- Freltoft, Torsten : Høj-temperatur superledning-den danske indsats **1**, 3, 14
- Freltoft, Torsten : Høj-temperatur superledende tynd-film. **1**, 3, 20
- Freltoft, Torsten : Årsmøde i Dansk Fysisk Selskab. **1**, 4, 7
- Freltoft, Torsten : Uddeling af årets fysikpris **1**, 4, 8
- Fynbo, Peter Bille : Ulykken i Tjernobyl **7**, 1, 7
- Fynbo, Johan P.U. : Galakser i det tidlige Univers, I: Lyman-kanten **11**, 4, 22
- Fynbo, Johan P.U. : Galakser i det tidlige Univers, II: DLA Galakser **12**, 2, 3
- Gerward, Leif : Opdagelsen af de Röntgenske stråler for 100 år siden **6**, 2, 9
- Gerward, Leif : Fri-elektron laseren – Næste generation af brillante synkrotronstrålingskilder **10**, 2, 16, rettelse **10**, 3, 26
- Glückstad, Jesper : En optisk neural sløjfe **4**, 2, 20
- Grage, Mette Marie-Louise: Erasmus-kursus i Bordeaux. **1**, 3, 16
- Gregersen, Søren : Var et jordskælv årsag til eksplosionen i Tjernoblyatomkraftværket? **9**, 2, 22
- Grey, François : Roterende krystaller **3**, 2, 1
- Hammer, Claus Uffe : Iskerner fortæller klimahistorie **9**, 3, 26
- Hammerich, Mads : Ph.D.spalten **3**, 1, 28
- Hammerich, Mads : Ph.D.spalten **3**, 2, 18
- Hammerich, Mads : Mars magnetisme. **6**, 4, 4
- Hammerich, Mads : Hvor står fysikken i Danmark lige nu? **8**, 2, 16
- Hammerich, Mads : Tak **9**, 1, 1
- Hammerich, Mads : Kaos i KVANT **4**, 4, 1
- Hanberg, Jesper : Dyrkning af tyndfilmsstrukturer til opto-elektroniske komponenter **1**, 4, 20
- Hansen, Aksel Walløe : Ozon og Ozonhuller **1**, 2, 2
- Hansen, Aksel Walløe : Den lille istid – NAO eller fakta? En vigtig brik i forståelsen af den globale opvarmning **12**, 4, 29
- Hansen, Allan Bro : Regnbuen **9**, 4, 13
- Hansen, Heinz : Den radioaktive sky fra Tjernobyl – dosis og virkning **7**, 1, 21
- Hansen, J. D. : Elementarpartikelfysikkens standard-model **3**, 1, 2
- Hansen, John Renner : LHC. Fremtidens elementarpartikelfysik-laboratorium **2**, 1, 13
- Hansen, John Renner : Elementarpartikelfysik **2**, 4, 1
- Hansen, Jørn Bindslev : De første anvendelser af høj-temperatur supraledere **1**, 3, 17
- Hansen, Jørn Bindslev : SQUIDS mærker dine tanker **5**, 2, 16
- Hansen, K.G. : AEG Elektronprisen 1992 **3**, 3, 24
- Hansen, Klavs : Superskaller i metalklynger **2**, 3, 22
- Hansen, Lars Kai : Industriel anvendelse af neurale netværk **4**, 2, 22
- Hansen, Ole : Fysik skal spænde vidt. **8**, 2, 16
- Hansen, Peter : Nobelprisen i fysik 1995 **6**, 4, 5
- Hansen, Steen : Fysik i Odense og på KVL **8**, 4, 12
- Hansen, Aage E. : Nobelprisen i Kemi 1998 **9**, 4, 30
- Hansteen, Johannes M. : Niels Bohr og semiklassisk kollisionsfysikk **10**, 2, 12
- Hartling, Niels : De internationale fysikolympiader **8**, 1, 14
- Hedegård, Per : Teori for supraledning **1**, 3, 8
- Hedegård, Per : Graduate-vinterskoler i fysik **3**, 1, 17
- Hedegård, Per : Fermioner, bosoner, anyoner og kvante Hall effekten **5**, 2, 19
- Hedegård, Per : Nobelprisen i fysik 1998 **9**, 4, 26
- Hedegård, Per : Vinterskole i fysik for Ph.D.-studerende **9**, 3, 19
- Heinemeier, Jan : Hvad isotoperne fortæller om de forsvundne vikinger på Grønland **12**, 1, 3
- Heiselberg, Henning : Snapshots af Små Bangs **8**, 2, 1
- Henningsen, Jes : Meteren, lyset, og den forunderlige laser **2**, 3, 1
- Hertel, Niels : Lagerringen ASTRID og hendes lillesøster ELISA **10**, 3, 3
- Hertz, John : Biologisk beregning **4**, 2, 8
- Hjelm, Åke : Betlehems stjærna var Jupiter **13**, 4, 30
- Hoffmann, Søren Vrønning : Overfladestudier med fotoemissionsspektroskopi **10**, 3, 38
- Holst, Thorsten : Fra oliedråber til kvantelåse **4**, 3, 7
- Holst, Thorsten : Superledende ringe med fart på **5**, 2, 11
- Hvelplund, Preben : Elektronindfangning og elektron-tab i kollisioner mellem hurtige ioner og statiske atomer **10**, 2, 3
- Hvelplund, Preben : Klyngefysik **10**, 3, 17
- Hynne, Finn : Kaos og turbulens i kemiske reaktionssystemer. **4**, 4, 3
- Høg, Erik : Astrometri fra rummet – nu og i fremtiden **5**, 3, 25
- Højerslev, Niels Kristian : Kattegats vandkvalitet **9**, 2, 16, rettelse **9**, 3, 20
- Højerslev, Niels Kristian : Fysik er svært! **10**, 2, 32
- Højerslev, Niels K. : Ændringer i havniveau – et sikkert klimategn **12**, 1, 30
- Højerslev, Niels Kristian : Coriolis og corioliskraften **13**, 2, 12
- Haack, Henning : Asteroider, meteoritter og Bering **13**, 1, 15
- Haack, Henning : Bering – en lille rumsonde med et stort navn. Danmarks første deep-space mission **13**, 2, 26
- Haarder, Bertel : Fysikevaluering – og hvad så? **3**, 2, 10
- Ipsen, John Hjort : Computersimulering af fluktuerende flader i bløde materialer **4**, 3, 26
- Isaksen, Søren : Inerti i dansk industri **1**, 1, 28
- Jacobsen, Andrew D. : Dommedag nu? **10**, 1, 3

- Jacobsen, Karsten W. : Smeltning af mesoskopiske klynger **4**, *1*, 3
- Jacobsen, Rune H. : FOTON – et optisk spil **5**, *4*, 9
- Jensen, H. Højgaard : Femto og atto **2**, *3*, 21
- Jensen, Hans Siggaard : Teknologi og naturvidenskab **1**, *2*, 19
- Jensen, Henrik : Fraktaler og 1/f støj, to sider af samme dynamiske tilstand **1**, *1*, 5
- Jensen, Henrik Jeldtoft : Nordisk Institut for Teoretisk Fysik **2**, *2*, 19
- Jensen, Henrik Jeldtoft : Computeren som laboratorium **4**, *1*, 15
- Jensen, Henrik Jeldtoft : Magnetisk flux dynamik – eller hvorfor superledere har svært ved at superlede **5**, *2*, 1
- Jensen, Jens Højgaard : To pointer **3**, *3*, 17
- Jensen, Jens Højgaard : Læseropgaver i KVANT **11**, *1*, 23
- Jensen, Jens Højgaard : ”Løsning” og kommentar til breddeopgave **11**, *1*, 26
- Jensen, Jens Højgaard : Breddeopgave nr. 2 og 3 **11**, *3*, 26
- Jensen, Jens Højgaard : Løsning og kommentar til breddeopgave nr. 3 **11**, *3*, 30
- Jensen, Jens Højgaard : Breddeopgave nr. 4 **11**, *4*, 14
- Jensen, Jens Højgaard : Breddeopgaver **12**, *1*, 9
- Jensen, Jens Højgaard : Løsning og kommentar til Breddeopgaver **12**, *1*, 26
- Jensen, Jens Højgaard : Breddeopgave nr. 7 og 8 **13**, *2*, 16
- Jensen, Jens Højgaard : Løsninger og kommentar til breddeopgaver **13**, *2*, 24
- Jensen, Jens Højgaard : Breddeopgave nr. 9 og 10 **13**, *3*, 35
- Jensen, Jens Højgaard : Breddeopgave nr. 9, 10 og 11 **13**, *4*, 34
- Jensen, Jesper Munk : Seismiske undersøgelser af solpletter **11**, *3*, 31
- Jensen, Jørn Aggerholm : Sorøddage 90 **1**, *2*, 15
- Jensen, Nina Troelsgaard : A Flying Circus of Physics **3**, *1*, 31
- Jensen, Per Hedemann : Dekommissionering af Risø's nukleare anlæg – Miljømæssige aspekter **13**, *3*, 48
- Jensen, Sine R. : Boganmeldelse: Fysikkens spor **1**, *3*, 28
- Jensen, Sune Lund : Nobelprisen i kemi 2000: Ledende polymerer **12**, *1*, 10
- Jensen, Vang O. : Magnetfelter er spændingstilstande i rummet **6**, *1*, 1
- Jeppesen, Claus : Computersimulering af fluktuerende flader i bløde materialer **4**, *3*, 26
- Jørgensen, Bent : Fysikkens image og selvforståelse **8**, *3*, 13
- Jørgensen, Birgitte L. : Anmeldelse: Ph.d.-kursus ”Methods in Soft Condensed Matter” **4**, *4*, 15
- Jørgensen, Erling B. : Anmeldelse: Ph.d.-kursus ”Methods in Soft Condensed Matter” **4**, *4*, 15
- Jørgensen, Jes K. : Dannelse af dobbeltstjerner **11**, *2*, 24
- Jørgensen, John Leif : Bering – en lille rumsonde med et stort navn. Danmarks første deep-space mission **13**, *2*, 26
- Jørgensen, John Leif : Asteroider, meteoritter og Bering **13**, *1*, 15
- Jørgensen, Thomas Martini : En optisk neural sløjfe **4**, *2*, 20
- Jørgensen, Uffe Gråe : Meteoritter og stjerneudvikling **7**, *3*, 15
- Kass, Eigil : Klimapåvirkninger og -ændringer **12**, *3*, 21
- Keiding, Søren : Hurtig, meget hurtig! – Optoelektronik **1**, *4*, 1
- Keiding, Søren : Nobelprisen i kemi 1999 **11**, *1*, 27
- Keller, Kristian : Referat fra DGFs generalforsamling **11**, *3*, 24
- Kildegård, Maiken : Seismik – en opgave i 3.g **2**, *2*, 20
- Kjeldsen, Henrik : Atomfysik med synkrotronstråling: Laboratorie-astrofysik **10**, *3*, 22
- Kjems, Jørgen : Fysik for fremtiden **8**, *1*, 7
- Kjær, Karina : Nordisk – Baltisk sommerskole i Radioastronomi 2001 **12**, *3*, 31
- Kjærgaard, Niels : Laserkøling af lagrede ionstråler **10**, *3*, 12
- Knudsen, Helge : Atomfysik med synkrotronstråling: Laboratorie-astrofysik **10**, *3*, 22
- Knudsen, Jens Martin : Mars **2**, *4*, 1
- Knudsen, Jens Martin : Planeten Mars og væksten af orden i Universet **12**, *2*, 12
- Kristensen, Martin : Laserfysik ved lagringen i Århus: Laserkøling og ionstreng? **1**, *2*, 10
- Kristensen, Søren M. : NMR-spektroskopiker får nobelprisen i kemi 2002 **13**, *4*, 9
- Kristjansen, Charlotte Fløe : Kosmologi og partikelfysik **3**, *1*, 18
- Langanke, Karlheinz : Nobelpris for astrofysiske neutrinoer **13**, *4*, 6
- Larsen, Børge Riis : Fysikundervisningen i den højere skole omkring år 1800 **3**, *2*, 11
- Larsen, Christian : Fiberoptiske forstærkere **1**, *1*, 10
- Larsen, Jan : Gør det selv...et programeksempel **4**, *2*, 18
- Larsen, Janus : Is på Mars **11**, *1*, 13
- Larsen, Mogens Esrom : Hvordan virker en lommeregner? **1**, *2*, 24
- Larsen, Mogens Esrom : Hvorfor er binomialkoefficienter næsten altid lige? **1**, *3*, 26
- Larsen, Mogens Esrom : Peters' atlas. **1**, *4*, 15
- Larsen, Mogens Esrom : Hvad hedder de forskellige mikro-makro-tal ? **1**, *4*, 25
- Larsen, Mogens Esrom : Pæne trekanter **2**, *1*, 28
- Larsen, Mogens Esrom : Liden forskel gør et stort rod **2**, *2*, 24
- Larsen, Mogens Esrom : Tallet pi **3**, *2*, 25
- Larsen, Mogens Esrom : Havde Niels Bohr virkelig en hestesko over døren til sit sommerhus? **3**, *3*, 20
- Larsen, Mogens Esrom : Matematikundervisningen

- omkring år 1800 f.v.t. **3, 3, 27**
- Larsen, Mogens Esrom : Kunsten at vælge **3, 4, 16**
- Larsen, Mogens Esrom : Ubegrænset vækst **4, 2, 24**
- Larsen, Mogens Esrom : Fermats sidste sætning **4, 3, 22**
- Larsen, Mogens Esrom : Dimension **4, 4, 18**
- Larsen, Mogens Esrom : Fra Bernoullis forunderlige polynomier og tal via Euler-Maclaurins sumformel til Rombergs integralapproximation, første del **5, 4, 22**
- Larsen, Mogens Esrom : Fra Bernoullis forunderlige polynomier og tal via Euler-Maclaurins sumformel til Rombergs integralapproximation, anden del **6, 1, 20**
- Larsen, Mogens Esrom : Alt med måde **6, 4, 23**
- Larsen, Mogens Esrom : Fiskerne **7, 1, 19**
- Larsen, Mogens Esrom : Den evige trekant – eller kunsten at tælle **7, 2, 21**
- Larsen, Mogens Esrom : To ud af tre – de klassiske problemer **7, 4, 25**
- Larsen, Mogens Esrom : Solitaire **8, 2, 19**
- Larsen, Mogens Esrom : Sagt om matematik **10, 1, 29**
- Larsen, Mogens Esrom : Fair play **13, 2, 17**
- Larsen, Niels Lindbo : Industriel anvendelse af neurale netværk **4, 2, 22**
- Larsen, Søren S. : Dannelsen af unge kuglehobe i andre galakser **10, 4, 13**
- Lassen, N.O. : Tilbageblik på et liv som fysiker **2, 3, 18**
- Lassen, N.O. : Boganmeldelse: Niel's Bohr's Times. **3, 1, 32**
- Lassen, N.O. : Anmeldelse: Politiken Atlas **5, 1, 26**
- Lautrup, Benny : Introduktion til neurale netværk **4, 2, 4**
- Lautrup, Benny : Nobelprisen i Fysik 1999: Renormalisation af ikke-abelsk gauge-teori **10, 4, 29**
- Lautrup, Benny : Dommedag nu? **10, 1, 3**
- Lebech, Bente : Risø's DR3 reaktor taget ud af drift for bestandig **11, 4, 15**
- Led, Jens Jørgen : NMR-spektroskopiker får nobelprisen i kemi 2002 **13, 4, 9**
- Lee, Raymond L. : Regnbuens farver **9, 4, 14**
- Lefmann, Kim : Verdens trediekoldeste eksperiment – kernemagnetisk orden i sølv. **7, 4, 1**
- Lefmann, Kim : ESS – fremtidens neutronkilde **11, 4, 12**
- Lefmann, Kim : FOTON – et optisk spil **5, 4, 9**
- Leth, Henrik : Professor Richmanns sidste eksperiment **9, 4, 34**
- Levinsen, Mogens T. : Hør figentræets susen. **4, 4, 21**
- Lindelof, Poul Erik : Nobelprisen i fysik 1998 **9, 4, 26**
- Lindemann, Klaus : Kaotisk spredning **4, 3, 1**
- Linden-Vørnle, Michael J.D. : Stille....jeg lytter! **13, 3, 3**
- Lindgård, Per-Anker : Kommentar til forslag om fælles forårsmøde for sektionerne i maj 1993 **3, 1, 15**
- Lindgård, Per-Anker : Fysikken i proteiners foldningsklassifikation **6, 3, 3**
- Lindgård, Per-Anker : Det Europæiske Fysiske Selskab **10, 2, 27**
- Lindgård, Per-Anker : Er fysik i fare eller faret vild?
- 12, 1, 23**
- Lindhard, Jens : Takketale for Ørsted medaljen **8, 3, 15**
- Lorensen, Henrik Qvist : Kaotisk spredning **4, 3, 1**
- Lorentzen, Torben : Måling af indre spændinger ved hjælp af neutrondiffraktion **3, 3, 10**
- Lund, Niels : WATCH – et vidvinkel røntgenkamera **5, 3, 4**
- Lund, Niels : Nobelpris for opdagelsen af kosmiske Røntgenkilder **13, 4, 3**
- Lynov, Jens-Peter : Turbulens og selvorganisering i to-dimensionale systemer **4, 4, 24**
- Lægsgaard, Erik : Overfladefysik studeret ved scanning tunneling mikroskopi. **2, 1, 4**
- Lægsgaard, Erik : Atomar skrift **2, 1, 19**
- Lægsgaard, Erik : Prisværdig overfladefysik med scanning tunneling mikroskopi **6, 2, 1**
- Madsen, Hans Erik Lundager: Krystallisation af calciumfosfat i vægtløshed **5, 3, 17**
- Madsen, Jeppe : Nobelprisen i kemi 2000: Ledende polymerer **12, 1, 10**
- Madsen, Morten Bo : Liv fra Mars? **7, 3, 1**
- Madsen, Niels : Laserkøling af lagrede ionstråler **10, 3, 12**
- Mann, Jakob : Turbulens og turbulent diffusion **13, 3, 11**
- Marcussen, Christian : Pell's ligning **2, 4, 22**
- Medenwaldt, Robin : Røntgenmikroskopi i Århus **2, 2, 16**
- Medenwaldt, Robin : Røntgenmikroskopi med en opløsning på 30 nm **10, 3, 35**
- Meibom, Anders : Stenene på Isen **7, 3, 21**
- Michelsen, René : Newtonsk gravitation: Fra orden til kaos **11, 3, 17**
- Michelsen, René : Asteroider, meteoritter og Bering **13, 1, 15**
- Michelsen, René : Nordisk-Baltisk sommerskole i Radioastronomi 2001 **12, 3, 31**
- Michelsen, René : Bering – en lille rumsonde med et stort navn. Danmarks første deep-space mission **13, 2, 26**
- Moretto, Therese : Jordens magnetfelt set fra rummet **9, 2, 1**
- Mosekilde, Erik : Fysikken på DTU **8, 1, 9**
- Mouritsen, Ole G. : Ordningsprocessers dynamik **2, 2, 7**
- Mouritsen, Ole G. : Bløde faste stoffers fysik **2, 4, 10**
- Mouritsen, Ole G. : Computeren som værktøj i statistisk fysik **4, 1, 19**
- Mouritsen, Ole G. : Temanummer om molekylær biofysik **6, 3, 1**
- Mouritsen, Ole G. : Fluktuationer og membranfunktion **6, 3, 13**
- Mouritsen, Ole G. : Nobelprisen i kemi for 1997 **8, 4, 1**
- Mouritsen, Ole G. : Fysik i den post-genome æra **10, 3, 43**
- Mygind, J. : Korreleret tunnelling i nanostrukturer **2, 3, 7**
- Møgelberg, Trine Ejlers : De er ikke dumme, de er an-

derledes! **4**, 2, 16
 Møgelberg, Trine Ejlers : Netværk for kvinder i fysik **4**, 2, 17
 Møgelberg, Trine : Historien bag Netværk for kvinder i Fysik **10**, 1, 26
 Møgelberg, Trine : Erasmus-kursus i Bordeaux. **1**, 3, 16
 Mølhave, Kristian : Fysikshow i Århus **10**, 2, 22
 Møller, Hans Bjerrum : Allan Mackintosh **7**, 1, 1
 Møller, Palle : Galakser i det tidlige Univers, I: Lyman-kanten **11**, 4, 22
 Møller, Palle : Galakser i det tidlige Univers, II: DLA Galakser **12**, 2, 3
 Møller, Rasmus : Jagten på en ny stoffase **4**, 3, 11
 Møller, Søren Pape : Lagerringen ASTRID og hendes lillesøster ELISA **10**, 3, 3
 Mølmer, Klaus : Kolde Atomer **8**, 3, 1
 Nathan, Ove : Hæderstale for N. O. Lassen **2**, 3, 17
 Nathan, Ove : En pris for en gåde? **5**, 4, 19
 Nathan, Ove : Korrespondensprincippets diskrete charme **6**, 1, 11, rettelse **6**, 2, 24

Nathan, Ove : Antibrint aflivet! – eller blot i ven-teposition? **6**, 2, 19
 Nathan, Ove : H.C. Ørsted under lup – i anledning af en kritisk beretning om "Det polytekniske gennembrud" **10**, 4, 41
 Nielsen, Aksel Wiin : Computeren som videnskabeligt værktøj. **4**, 1, 9
 Nielsen, Aksel Wiin : Begrænset forudsigelighed **9**, 3, 21
 Nielsen, Aksel Wiin : Om atmosfærens struktur i syd-nord retningen **11**, 3, 9
 Nielsen, Aksel Wiin : Konkurrence mellem tre grupper **12**, 1, 14
 Nielsen, Aksel Wiin : Om geostrofisk vind **13**, 3, 19

Nielsen, Henry : Teknologi og naturvidenskab **1**, 2, 19
 Nielsen, John Rosendal : Matematik i oldtidens Ægypten – regnekunst og tal på faraoernes tid **13**, 4, 12
 Nielsen, Jørgen S. : Laserkøling af lagrede ionstråler **10**, 3, 12
 Nielsen, Keld : Teknologi og naturvidenskab **1**, 2, 19
 Nielsen, Ole Holm : Temanummer om supercomputing **4**, 1, 1
 Nielsen, Ole Holm : Smeltning af mesoskopiske klynger **4**, 1, 3
 Nielsen, Ole John : Jordens klima **12**, 3, 3
 Nielsen, Ole John : Atmosfærens kemi og globale klimaforandringer **12**, 4, 22
 Nienstædt, Erik : Evighedsmaskiner **8**, 4, 22
 Nissen, Poul Erik : Dansk Astronomi 2010 **13**, 1, 21
 Nordfalk, Jacob : Gør det selv...et programeksempel **4**, 2, 18
 Nordlund, Åke : Supercomputere og astrofysik **4**, 1, 24
 Nordström, Birgitta : Universets alder og de første

tunge grundstoffer **13**, 2, 6, rettelse **13**, 3, 10
 Novikov, Igor D. : Sorte huller **3**, 2, 4
 Nygård, Jesper : Legestuen i Skotland **3**, 3, 25
 Nygård, Jesper : Kaotisk spredning **4**, 3, 1
 Nørgaard-Nielsen, Hans Ulrik : De dansk-russiske røntgenkikkerter **5**, 3, 1
 Nørskov, Jens Kehlet : Dansk overfladefysik **2**, 1, 1
 Oddershede, Lene B. : FOTON – et optisk spil **5**, 4, 9
 Oddershede, Lene : Optisk pincet-målinger af enkelt protein bevægelser i bakteriemembranen **13**, 1, 3
 Olesen, Dorte : Større vægt på formidling **1**, 1, 1
 Olesen, Dorte : Beretning for året 1998 **10**, 2, 26
 Olesen, Dorte : Beretning for året 1999 **11**, 2, 21
 Olsen, Anne Værnholt : Brydningsfænomener i Jordens atmosfære **9**, 4, 3
 Olsen, Anne Værnholt : Nordlys **9**, 4, 39
 Olsen, Janus Staun : Fri-elektron laseren – Næste generation af brillante synkrotronstrålingskilder **10**, 2, 16, rettelse **10**, 3, 26
 Olsen, Lars Folke : Kaos i biologi **4**, 4, 13
 Olsen, Nils : Jordens magnetfelt set fra rummet **9**, 2, 1
 Onsgaard, Jens : Overfladestudier med fotoemissions-spektroskopi **10**, 3, 38
 Ott, Søren : Turbulens og turbulent diffusion **13**, 3, 11
 Papadakis, Christine : Anmeldelse: Ph.d.-kursus "Methods in Soft Condensed Matter" **4**, 4, 15
 Pécseli, Hans : Vejrforudsigelser i det ydre rum **8**, 3, 18
 Pécseli, Hans L. : Turbulens og turbulent diffusion **13**, 3, 11
 Pécseli, Maria : Turbulens og turbulent diffusion **13**, 3, 11
 Pedersen, Christine Pepke : Boganmeldelse: Universet **12**, 1, 18
 Pedersen, Holger : Mystiske gamma glimt **5**, 1, 8
 Pedersen, Holger : Kondensstriber – en trussel mod astronomien **11**, 3, 35
 Pedersen, Jens Olaf Pepke : Professor Malstrøms sidste dag **8**, 2, 11
 Pedersen, Jens Olaf Pepke : Flot bog om lyset i naturen **9**, 4, 46
 Pedersen, Jens Olaf Pepke : Generalforsamling i Dansk Fysisk Selskab, formandsberetning **10**, 2, 30
 Pedersen, Jens Olaf Pepke : Et nyt KVANT – i samarbejde med Astronomisk selskab **10**, 3, 31
 Pedersen, Jens Olaf Pepke : Alt i en bog – tre boganmeldelser **10**, 4, 46
 Pedersen, Jens Olaf Pepke : Ti år med KVANT og dansk naturvidenskab **11**, 1, 3
 Pedersen, Jens Olaf Pepke : Beretning for året 1999 i DFS **11**, 2, 22
 Pedersen, Jens Olaf Pepke : Velkommen til Dansk Geofysisk Forening **11**, 3, 28
 Pedersen, Jens Olaf Pepke : Ove Poulsen: "Plads til at begå fejl" **12**, 2, 20
 Pedersen, Jens Olaf Pepke : Total solformørkelse den 21. juni 2001 **12**, 3, 8
 Pedersen, Jens Olaf Pepke : Mekanismerne i Jordens klima **12**, 3, 9

- Pedersen, Jens Olaf Pepke : Kulstofkredsløbet, klimaet og Kyoto **12**, 4, 10
- Pedersen, Jens Olaf Pepke : Nye bøger **13**, 4, 39
- Pedersen, Kristian : Fysiklegestue på H.C. Ørsted instituttet **1**, 3, 24
- Pedersen, Michael Brix : Dansk succes ved den internationale fysikolympiade 2002 **13**, 4, 32
- Pedersen, S. M. : Læserbrev om kvante-teleportation **13**, 4, 38
- Petersen, Jakob Haahr : Overfladestudier med fotoemissionsspektroskopi **10**, 3, 38
- Petersen, Jens Lyng : Strengteorien **3**, 1, 10
- Petersen, Jens Lyng : Mindeord for Ove Nathan **13**, 1, 24
- Petersen, Jens Lyng : Nobelprisen i Fysik 1999: Renormalisation af ikke-abelsk gauge-teori **10**, 4, 29
- Petersen, Jon Wulff : Har neutrinoerne en endelig hvilemasse? **3**, 1, 22
- Poel, Mike van der : Brydningsfænomener i Jordens atmosfære **9**, 4, 3
- Poel, Mike van der : Nordlys **9**, 4, 39
- Polzik, Eugene S. : Kvant Teleportation **10**, 4, 3
- Posselt, Dorthe : Dansk fysik de næste 25 år – udvikling eller afvikling? **8**, 2, 5
- Posselt, Dorthe : Nis Bjerre 1955 – 2001 **12**, 1, 212
- Posselt, Dorthe : Dansk Fysisk Selskab år 2000 **12**, 2, 23
- Posselt, Dorthe : Dansk Fysisk Selskab år 2001 **13**, 3, 36
- Poulsen, Erling : Tidlig dansk termometri **4**, 3, 17
- Poulsen, Erling : Lyshastigheden og Rømer **6**, 4, 1
- Poulsen, Erling : Rømer og refractionen. **8**, 2, 24
- Poulsen, Erling : Fra Hven til rummet – Om betydningen af Tycho Brahes observationer **13**, 2, 9
- Poulsen, Ove : Udviklingstendenser i dansk fysik **1**, 2, 28
- Poulsen, Ove : Laserfysik ved lagerringen i Århus: Laserkøling og ionstreng? **1**, 2, 10
- Poulsen, Ove : Dansk Naturvidenskab under lup – Inspireret af disputatsen "Det polyteniske gennembrud" **11**, 1, 18
- Quaade, Michael : Dr. N.P. Wieth-Knudsen Observatoriet **12**, 4, 26
- Quaade, Michael : 40cm teleskopet til Wieth-Knudsen Observatoriet **13**, 4, 40
- Randløv, Jette : Interessen for fysik de kommende 25 år **8**, 2, 7
- Randløv, Jette : Hvordan lærer man en computer at køre på cykel? **8**, 4, 7
- Rasmussen, Finn Berg : Verdens trediekoldeste eksperiment – kernemagnetisk orden i sølv. **7**, 4, 1
- Rasmussen, Finn Berg : Evighedsmaskiner **8**, 4, 22
- Rasmussen, Finn Berg : Ny volt, ny ohm, ny temperaturskala **1**, 1, 14
- Rasmussen, Finn Berg : Sprogrøgt **1**, 3, 1
- Rasmussen, Finn Berg : Meterstok i en nabogalakse **2**, 3, 12
- Rasmussen, Finn Berg : Niels Ove Roy-Poulsen 1926-1991 **2**, 3, 28
- Rasmussen, Finn Berg : Nobelprisen i fysik 1991 **2**, 4, 9
- Rasmussen, Finn Berg : Nobelprisen i fysik 1996 **8**, 1, 18
- Rasmussen, Jens Juul : Turbulens og selvorganisering i to-dimensionale systemer **4**, 4, 24
- Rasmussen, Jesper : X-ray Deep Fields **13**, 1, 31
- Rasmussen, Søren : Isotoper i et puslespil. **7**, 2, 18
- Rebsdorf, Simon : Tempus **9**, 1, 9
- Rischel, Christian : Vinterskole for Ph.D. studerende i fysik **4**, 2, 15
- Rischel, Christian : Femtosekund Røntgen-diffraktion **13**, 2, 3
- Rosenqvist, Per E. : Kaos og periodiske baner **5**, 1, 19
- Rud, Niels : Hvad isotoperne fortæller om de forsvundne vikinger på Grønland **12**, 1, 3
- Runberg, Anna-Karina : Boganmeldelse: Fysikkens spor **1**, 3, 28
- Samuelsson, Lennart : Betlehems stjærna var Jupiter **13**, 4, 30
- Schiøtz, Jakob : Smeltning af mesoskopiske klynger **4**, 1, 3
- Schou, Jørgen : Laser ablation: bestråling af overflader med ekstrem høj lysintensitet **8**, 1, 1
- Seiersen, Klaus : Fysikshow i Århus **10**, 2, 22
- Selbo, A. K. : Læserbrev **13**, 3, 18
- Sibani, Paolo : Fysik i Odense og på KVL **8**, 4, 12
- Sigmund, Peter : Niels Bohr teori for α -partiklers nedbremsning i et moderne perspektiv **12**, 4, 13
- Skourup, Henriette : Geofysiske anvendelser af satellittaltimetri **13**, 3, 27
- Skriver, Hans L. : Metaloverflader **9**, 1, 2
- Stampe, Mia : Hans Tausen iskerne boreprojektet **9**, 3, 31
- Stapelfeldt, Henrik : Nobelprisen i kemi 1999 **11**, 1, 27
- Steenstrup, Stig : EPS's plan for fysikstuderendes mobilitet i Europa **3**, 4, 9
- Stensgaard, Ivan : Overfladefysik studeret ved scanning tunneling mikroskopi. **2**, 1, 4
- Stensgaard, Ivan : Atomar skrift **2**, 1, 19
- Stensgaard, Ivan : Prisværdig overfladefysik med scanning tunneling mikroskopi **6**, 2, 1
- Stensgaard, Ivan : Fysik fra en styrkeposition **8**, 2, 17
- Stolze, Per : Overfladereaktivitet **2**, 1, 16
- Stolze, Per : Overfladesmeltning **2**, 1, 20
- Sundstrøm, Martin : Øjet og de fysiologiske farver **10**, 1, 20
- Sundstrøm, Martin : I skyggen af Newtons æbletræ **11**, 1, 20, rettelse **11**, 2, 11
- Svensmark, Henrik : Kosmisk stråling og Jordens skydække – Solens indflydelse på Jordens klima **12**, 3, 4
- Svensson, Anders : Kontinentalt støv i den grønlandske Indlandsis **9**, 3, 3
- Sørensen, Anders Ravn : Elektrisk ledende polymerer **3**, 3, 21
- Sørensen, J. N. : Instabilitet af hvirvler **4**, 4, 9
- Sørensen, Jens Lykke : Kvant Teleportation **10**, 4, 3

Sørensen, Kirstine Berg : Nobelprisen i fysik 2001 **13**, 1, 36
 Sørensen, Preben Graae : Kaos og turbulens i kemiske reaktionssystemer. **4**, 4, 3
 Taisbak, Chr. Marinus : Det Herrens År 532 – en tidsregnings fødsel **10**, 4, 20
 Tanner, David : Nobelprisen i kemi 2001 **13**, 1, 12
 Thimm, Sven Ove : Solpletmaksimum **11**, 2, 31
 Thimm, Sven Ove : Solaktivitet og Klimaændringer **12**, 4, 3
 Thodberg, Hans Henrik : Neurale net på de danske slagterier **4**, 2, 26
 Thoft, Nina B. : FOTON – et optisk spil **5**, 4, 9
 Thorsen, Jens : Udviklingen af Bohrs stødteori i perioden 1912 – 1948 **10**, 2, 7
 Thorup, Mikkel : Zenons Paradox – Ren logik eller besnærende retorik? **1**, 1, 24
 Thykier, Claus : Tycho død af kviksølvforgiftning! **4**, 3, 6
 Thölén, Anders : Elektronmikroskopet – en tumleplads for fysikere **2**, 2, 1
 Trulsen, Jan : Turbulens og turbulent diffusion **13**, 3, 11

Uhl, Christian : Vind en tur til Nobelprisuddelingen 2002 **13**, 3, 8
 Vildhøj, Rune : Den lille istid – NAO eller fakta? En vigtig brik i forståelsen af den globale opvarmning **12**, 4, 29
 Vinther, Bo Møllesø : Den lille istid – NAO eller fakta? En vigtig brik i forståelsen af den globale opvarmning **12**, 4, 29
 Vischer, Axel P. : Snapshots af Små Bangs **8**, 2, 1
 Vistisen, Lise : Meteoritter fra Mars? **7**, 3, 9
 Voss, Rasmus : Nordisk-Baltisk sommerskole i Radioastronomi 2001 **12**, 3, 31
 Wagner, Michael F. : De to kulturer på ny **11**, 4, 17
 Witting, Solvej : Nordisk-Baltisk sommerskole i Radioastronomi 2001 **12**, 3, 31
 Wolfendale, Arnold : Forskningsfinansiering – en bemærkelsesværdig erfaring fra UK **10**, 2, 28
 Zhang, Jun : Hør figentræets susen. **4**, 4, 21
 Zuckermann, Martin J. : Bløde faste stoffers fysik **2**, 4, 10
 Østergaard, Ove : Boganmeldelse: Skruen uden ende – den vestlige teknologiske historie **1**, 4, 27

Nyt fra Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Hjemmeside: www.snu.nbi.dk

Professor Dorte Olesen (formand)
 UNI-C
 Vermundsgade 5
 2100 København Ø
 E-mail: bente.egaa@uni-c.dk
 Tlf. 35 87 88 04



I efteråret 2002 har Selskabet arrangeret en foredragsserie i samarbejde med Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd, med udgangspunkt i rådets nye strategiplan. Serien omfatter 6 foredrag om de 5 af i alt seks emner, og foråret planlægges så at blive en serie med fokus på det sjette emneområde, nanoscience og nanoteknologi.

Allerede efterårets temaer tager dog i realiteten hul på nanoemnerne, idet også flere af de andre satsningsområder har overlap med denne emnekreds.

I skrivende stund er sæsonen kommet rigtig godt fra start, med gode og velbesøgte arrangementer på Geologisk Museum. SNU har annonceret bredt i denne sæson, og det er der respons på – det er rart at se, at der i bredere kredse er en åbenbar interesse for frontforskningen, og det ansører os til at fortsætte denne linie. Vi er også glade for den levende debat, der følger efter foredragene.

Lige nu arbejder selskabet på en ny strategiplan for ud-

videlse af både deltagerkreds i vores gratis arrangementer for alle interesserede og selve medlemskredsen. Vi håber ved indgangen til 2003 at kunne fremlægge en sådan samlet strategi, der kan være med til at løfte interessen for de "hårde" naturvidenskaber hos voksne, og højne deres status hos både ældre og yngre.

Selskabets hjemmeside www.snu.nbi.dk holdes løbende opdateret med resumeer af foredragene, og jeg håber, mange vil tage sig tid til at besøge den – den er overskuelig og forhåbentlig samtidig en appetitvækker for potentielle tilhørere og debattører til arrangementerne.

Forårets program i SNU

Alle foredrag starter kl. 19.30 og holdes på Geologisk Museum, Øster Voldgade 5–7, København, efter denne kalender:

10.februar 2003

Oversigt over nanoscience og -teknologi idag

v/Flemming Besenbacher, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet.

24.februar 2003

Om den optiske pincet

v/Lene Oddershede, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik, Københavns Universitet

17.marts 2003

(titel annonceres senere)

v/Thomas Bjørnholm, Nano-Science Center, Kemisk Institut, Københavns Universitet.

Resten af forårsprogrammet bringes i næste nummer af Kvant.

Klimaændringer forårsaget af nedslag af asteroider eller kometer

Jørgen Bendtsen, Danmarks Miljøundersøgelser

I starten af juli måned i år opdagede astronomer en ca. 2 km stor asteroide, og de efterfølgende beregninger af asteroidens bane viste at der var en lille sandsynlighed for at den ville ramme Jorden den 1. februar 2019. Asteroiden, der fik betegnelsen 2002NT7, blev efterfølgende nøje observeret og efterhånden som dens bane blev bedre bestemt kunne sandsynligheden for et sammenstød reduceres, således at et nedslag på Jorden kunne udelukkes allerede i slutningen af juli måned. I de mellemliggende uger nåede historien dog at rydde forsiderne verden over, og herhjemme blev sommeridyllen forstyrret af pludselige dommedagsscenerier der ville følge et sådant nedslag. Opstandelsen lagde sig hurtigt, men truslen fra rummet er en faktor som vi ikke kan se bort fra, da den har påvirket livets udvikling igennem hele Jordens historie – men et faretruende nedslag kan heldigvis have lange udsigter.

For otte år siden observeredes for første gang en kollision mellem en planet og et større himmellegeme da fragmenter af kometen Shoemaker-Levy 9 ramte Jupiter i perioden 16.–22. juli 1994. To år forinden var kometen passeret tæt forbi Jupiter og den fragmenteredes på grund af tiltrækningskraften fra Jupiters store masse. Fragmenterne var op til 2 km i diameter og de havde en nedslagshastighed på omkring 60 km s^{-1} . Selve kollisionen kunne følges fra Jorden hvor udstrækningen af de støvskyer der fulgte nedslagene blev observeret til at være på størrelse med Jordens radius. Denne begivenhed gjorde det klart at kollisioner mellem planeter og asteroider/kometer ikke blot kunne henlægges til en fjern fortid tidligt i solsystemets historie, man at store nedslag på planeterne er en igangværende proces.

Idag er der observeret 467 objekter som krydser Jordens bane og som kommer indenfor en afstand af 0.05 AU af Jorden (1 AU er afstanden mellem Jorden og Solen) og som samtidigt er større end ca. 150 m i diameter. Disse objekter udgør en potentiel risiko for et fremtidigt nedslag og de ville afstedkomme alvorlige ændringer af forholdene på Jorden. Udover at kortlægge den potentielle risiko der er forbundet med disse nære objekter, kan studiet af kometer og asteroider give information om de tidligste stadier af solsystemets dannelse for ca. 4.6 milliarder år siden, så derfor bruges der idag mange ressourcer på observationer af disse relativt uanseelige himmellegemer.

Nedslag på Jorden

Det største nedslag på Jorden i nyere tid fandt sted i Tunguska den 30. juni 1908, hvor et himmellegeme,

formentlig et lille fragment af kometen Encke, eksploderede i 8–9 km højde og jævned et skovområde med en radius af ca. 30 km med jorden. De efterfølgende dage var der “ekstra” lyse nætter i Nordeuropa på grund af reflekteret lys fra støvpartikler i den øvre del af atmosfæren. Energien i eksplosionen modsvarede 10–20 Mt TNT, men det var kun ca. 1 % af energiudladningen der nåede jordoverfladen i form af en trykbølge. Dette er stadig en energiudladning der er ca. 10 gange større end atombomben over Hiroshima ($\approx 15 \text{ kt}$), og det viser hvor store kræfter der kan udløses ved et nedslag på Jorden.

Tabel 1. Nedslags-frekvens

Nedslags-energi [Mt]	Diameter [km]	Nedslags-interval [år]	Ventetid indenfor Månebanen [år]
10^{-2}	0.007	0.5	
10^{-1}	0.014	5	
10^0	0.03	30	
10^1	0.07	200	
10^2	0.14	2000	0.5
10^3	0.3	$1 \cdot 10^4$	3
10^4	0.7	$6 \cdot 10^4$	20
10^5	1.4	$3 \cdot 10^5$	90
10^6	3	$2 \cdot 10^6$	600
10^7	7	$1 \cdot 10^7$	4000
10^8	14	$9 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^4$

Nedslagsfrekvensen er den kumulative frekvens for objekter der har en energi der er større end den opgivne energi. Tabellen er efter [1].

Den estimerede nedslagsfrekvens af himmellegemer på Jorden er vist i tabel 1, som funktion af energien. Diameteren af objektet er beregnet ved at antage, at der er tale om et asteroidenedslag hvor massefylden af objektet er 2500 kg m^{-3} og nedslagshastigheden er 15 km s^{-1} . Af tabellen fremgår det, at nedslag med energier svarende til Hiroshima bomben ($\approx 10^{-2} \text{ Mt}$) rammer Jorden hvert år, men energien i disse relativt små objekter bliver udløst højt oppe i atmosfæren og forårsager ingen skade på jordoverfladen. Nedslag med en energi på 10 Mt, svarende til Tunguska begivenheden, kan forventes en gang for hvert hundrede år. Nedslagsenergier på 10^4 Mt , svarende til et objekt på 700 m i diameter, passerer inden for månebanen ca. en gang hvert tyvende år, og i ca. 1 ud af 3000 tilfælde rammer

den Jorden. Heldigvis er en "fuldtræffer" af så store objekter en sjældenhed, men tabellen illustrerer at "forbiere" af relativt store objekter kan komme faretruende nær ved Jorden – og at de gør det relativt ofte. En af de seneste "forbiere" fandt sted i 1937 da asteroiden Hermes, der er omkring en kilometer i diameter, susede forbi Jorden i en afstand af ca. 900 000 km, svarende til to gange afstanden til månen.

Et af de mest betydningsfulde nedslag fandt sted for ca. 65 millioner år siden, og denne begivenhed sættes i forbindelse med den samtidige masseuddøen af mange livsformer på Jorden i overgangen mellem Kridt og Tertiærtiden (K/T). Der er flere indicier der peger i retning af at et nedslag af en stor asteroide eller komet med en diameter på omkring 10 km slog ned på Jorden. Udfor Yucatan halvøen i den Mexikanske Golf er der fundet et stort krater, dybt begravet af sedimentet på havbunden, og tidsbestemmelser af sedimentet viser at krateret blev dannet ved K/T overgangen. Derudover er der forhøjede koncentrationer af irridium i de geologiske aflejringer ved K/T-grænsen og dette kunne skyldes en ekstraterrestrisk kilde. Disse irridium anomalier er fundet på så fjerne lokaliteter fra Yucatan halvøen som Italien og New Zealand samt på Stevns Klint her i Danmark. Muligheden er derfor tilstede for at et nedslag forårsagede den masseuddøen der afsluttede dinosaurenes dominans på Jorden.

Klimaændringer ved nedslag

Et stort nedslag vil umiddelbart generere en kraftig trykbølge i forbindelse med at objektet eksploderer i atmosfæren, som det skete i Tunguska, eller ved at det direkte rammer landjorden eller havet. Den direkte påvirkning på jordskorpen kan generere jordskælv og nedslaget i havet kan generere voldsomme tsunami. En tsunami er en meget lang bølge, der typisk forårsages ved forskydninger i havbunden som følge af undersøiske jordskælv. En tsunami har en "typisk" amplitude på op til 40 cm og den bevæger sig med flere hundrede meter i sekundet på det åbne hav, men når den når ind til kysten øges amplituden af bølgen væsentligt så den kan blive flere meter høj og forårsage alvorlige ødelæggelser i de omkringliggende områder. Den tsunami der fulgte K/T-nedslaget kan have været 50–100 meter høj, og det er uden sammenligning med hvad der observeres i dag som følge af seismiske forstyrrelser. Tilsammen vil trykbølgen, jordskælv og tsunami forårsage betydelige ødelæggelser efter et nedslag, men de vil formentlig ikke kunne medføre en global masseuddøen som den der ses ved K/T-grænsen.

Ved et nedslag kan ophvirvling af støv, vanddamp og dannelsen af sulfataerosoler i atmosfæren påvirke strålingsbalancen på Jorden og dermed forårsage langvarige klimaændringer. Lyisdæmpningen fra det ophvirvlede materiale kan kvantificeres ved den optiske dybde τ , idet den del af fotonerne der bliver spredt

eller absorberet ved lysets passage ned gennem atmosfæren er givet ved $[1 - \exp(-\tau)]$. Vulkanudbruddet fra Pinatubo i 1991 medførte for eksempel en optisk dybde på 0.1 på grund af den øgede koncentration af sulfataerosoler i atmosfæren.

Aerosoler Store molekyler i atmosfæren der reflekterer lyset og dermed øger Jordens albedo.

Albedo Betegnelsen for den del af solindstrålingen der bliver reflekteret tilbage til det ydre rum. Jordens middelalbedo er for eksempel omkring 0.3, havet har et albedo på ca. 0.1 og sne og is har et albedo på 0.6–0.9.

Asteroide Legemer der typisk er sammensat af bjergarter, men nogle er af metal, som for eksempel nikkel eller jern. Næsten alle asteroider befinder sig i asteroidebæltet mellem Mars og Jupiter. Nogle asteroider udgøres af resterne fra tidligere kometpassager. Den største asteroide kaldes Ceres, og den har en diameter på næsten 1000 km, men de fleste asteroider er mindre end 1 km i diameter.

Komet Legemer af is og bjergarter samt organisk materiale der formentlig stammer fra den yderste del af solsystemet der benævnes Oort skyen. Kometer kan være flere kilometer i diameter.

1 Mt TNT Energi der udløses ved sprængningen af 1 million ton TNT, og den bruges som ækvivalens til energien i et nedslag. $1 \text{ Mt TNT} = 4.2 \cdot 10^{15} \text{ J}$.

Beregninger af den strålingsmæssige påvirkning kan laves ved at benytte klimamodeller der beskriver den generelle cirkulation i atmosfæren og i havet. Modelberegninger af hvilke konsekvenser et nedslag med en energi på $6 \cdot 10^5 \text{ Mt}$ på den nordlige halvkugle i sommermånederne ville få, svarende til den energi der omtrent ville være i et nedslag af 2002NT7, viser at en støvsky med en optisk dybde på 3 umiddelbart ville få den globale middeltemperatur til at falde med 8°C i de første to uger efter nedslaget. Havtemperaturen vil ikke ændre sig særlig meget på grund af vandets store varmekapacitet, men til gengæld vil temperaturen over land falde med $10\text{--}20^\circ\text{C}$ i løbet af 20 dage. Områderne længst fra havet vil udsættes for den største afkøling, så f.eks. det centrale Afrika vil opleve temperaturer på 38°C under den normale middeltemperatur. Efter 30 dage ville støvskyen være tyndet ud og temperaturen ville vende tilbage til det normale niveau.

I tilfælde af et nedslag på størrelse med det der fandt sted ved K/T-grænsen, vil den optiske dybde p.g.a. af det store støvindhold i atmosfæren medføre at det praktisk talt vil blive fuldstændigt mørkt ved jordoverfladen i op til et år efter nedslaget. Det vil betyde at fotosyntesen ville gå i stå og det ville være vanskeligt for dyr, der orienterer sig ved synet, at finde føde.

Støvkonzentrationen vil dog hurtigt falde i den nedre del af atmosfæren, men beregninger af koncentrationen af sulfat-aerosoler i stratosfæren viser, at den vil kunne dæmpe lyset i op til 10 år efter nedslaget. Ved så langvarige ændringer i solindstrålingen vil havet blive kølet væsentligt ned og det vil medføre langvarige klimaforandringer. Det store temperaturfald ved landjorden vil i sidste ende blive reguleret af havets overfladetemperatur, da det vil virke som et termisk reservoir der kan tilføre energi til de kolde landområder.

Nedfrysning af verdenshavet

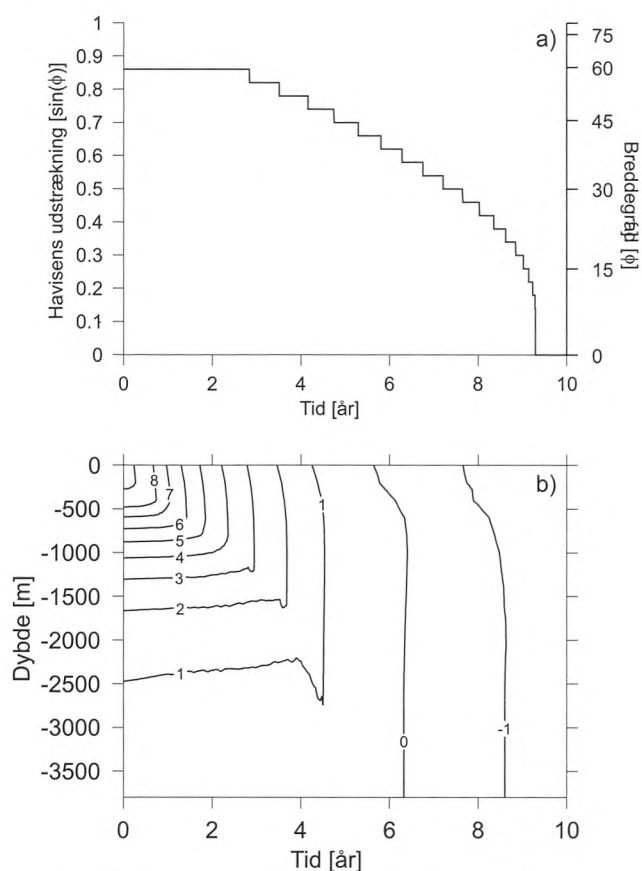
Varmekapaciteten i en luftsøjle fra overfladen til det ydre rum svarer til varmekapaciteten i ca. 2 m af vandsøjlen, og denne forskel betyder at havet med en middeldybde på 3.8 km får en afgørende betydning for de langvarige klimatiske ændringer der vil følge et stort nedslag. En overslagsberegning af hvor lang tid det tager at køle verdenshavet ned til frysepunktet, kan estimeres ved at betragte en vandsøjle der er $D = 3800$ m dyb og som har en middeltemperatur på $\theta_m = 3.5^\circ\text{C}$, svarende til middeltemperaturen i verdenshavet. Ved at antage at afkølingen ved overfladen foregår som Stefan-Boltzmann sortlegeme-stråling, kan afkølingstiden t beregnes ved at balancere energifluxen ved overfladen med energien i vandsøjlen:

$$\sigma T^4 t = \int_{-D}^0 \rho_w c_w \Delta\theta dz \quad (1)$$

hvor Stefan Boltzmann's konstant er $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$, ρ_w er massefylden for havvand der typisk ligger på omkring 1028 kg m^{-3} og c_w er varmekapaciteten for havvand der er ca. $4000 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Temperaturforskellen $\Delta\theta$ er forskellen mellem havets middeltemperatur og frysepunktet for havvand, der er omkring -2°C , og T er overfladetemperaturen af vandsøjlen der kan antages at være 273 K . Disse værdier giver en afkølingstid på omkring 9 år.

Ovenstående idealiserede tankeeksperiment er blevet udført med en simpel koblet klimamodel der beskriver de meridionale transport (dvs. i nord-syd retningen) af energi i havet og i atmosfæren samt udstrækningen af havis. Modellen simulerer de zonalt midlede overfladetemperaturer samt en realistisk vertikal fordeling af temperatur og salt i havet. Figur 1 viser udstrækningen af havis på den nordlige halvkugle i modellen samt den globale middeltemperatur af verdenshavet som funktion af dybden i 10 år efter at solindstrålingen er sat til nul – billedligt talt er solen blevet slukket i modeleksperimentet. Det medfører en kraftig afkøling af overfladelaget i havet og efterhånden som massefylden bliver større i overfladen end i den underliggende del af vandsøjlen, vil konvektion opblande hele vandsøjlen. Efter 9 år er havets temperatur på ca. -1.9°C og det vil være helt isdækket. Dette tidsinterval er i overensstemmelse med den enkle overslagsberegning ovenfor. I virkeligheden vil havet

aldrig kunne fryse helt til, på grund af den lille energiflue der kommer fra Jordens indre, men det er en anden historie.



Figur 1. Afkølingen af verdenshavet efter at solindstrålingen er hørt op. **a)** Udstrækningen af havis på den nordlige halvkugle viser hvordan den gradvist bevæger sig mod ækvator. Den trinvis udvikling afspejler den horisontale opløsning i modellen. **b)** Den globale middeltemperatur i verdenshavet viser den tilsvarende afkøling "efter solen er slukket". Figuren er efter [2].

Dette ekstreme scenarie giver dermed en tidsskala på omkring 10 år for afkølingen af verdenshavet med dens nuværende temperaturfordeling. Modelberegninger af den mulige ændring af strålingsniveauet på Jorden efter et K/T-nedslag viser at indstrålingen vender gradvist tilbage i løbet af en op til tiårig periode, og dermed nærmer ændringen i indstrålingen sig den kritiske tidsskala. Dertil kommer at havis kan forstærke afkølingen af Jorden yderligere ved den såkaldte is-albedo tilbagekobling. Denne indebærer at en afkøling af Jorden medfører en større udbredelse af havis, og på grund af isens store albedo (= større refleksion) vil temperaturen falde yderligere og dermed vil isen brede sig endnu mere. Faktisk er en totalt isdækket Jord en mulig tilstand for Jordens klima, da den indkommende absorberede solindstråling vil være meget lille p.g.a. isens store albedo og indstrålingen kan derved balanceres af en meget lav overfladetemperatur på is-overfladen på omkring -60°C – en såkaldt "snebold Jord".

Nedslag og livets udvikling på Jorden

En interessant egenskab ved havets "termiske inert" mod pludselige ændringer i Jordens strålingsbalance, er betydningen af havets dybde som det også fremgår af ligning 1. Hvis Jorden var dækket af et lavvandet verdenshav ville den ustandseligt have været udsat for at blive helt isdækket ved selv mindre meteornedslag. Derfor har den store havdybde og det relativt varme vand været en forsikring mod pludselige store klimatiske skift igennem Jordens historie. Det kan dog have været gået galt nogle gange for 1–0.55 milliarder år siden i den Neoproterozoiske æra, hvor glaciale aflejringer fundet i det område der dengang var troperne, indikerer at jorden var helt eller næsten helt isdækket. Hvorvidt et nedslag forvoldte disse kolde forhold er dog ikke klarlagt.

Nedslaget ved K/T-grænsen for 65 millioner år siden medførte ikke nogen betydelig langtidsændring af havisens udbredelse, og dette skyldes formentligt at havet var væsentligt varmere i den periode p.g.a. at koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren var 2–4 gange højere end det nuværende niveau. Til gengæld rensede nedslaget grundigt ud i økosystemet på Jorden

og gav plads til nye former for liv, blandt andet pattedyrene – og det har vi jo lov at glæde os over.

Referencer:

- [1] O. W. Toon, R. P. Turco og C. Covey (1997) "Environmental perturbations caused by the impacts of asteroids and comets", *Reviews of Geophysics*, bind 35, side 41–78.
- [2] J. Bendtsen og C. Bjerrum (2002) "Vulnerability of climate on Earth to sudden changes in insolation, *Geophysical Research Letters*, bind 15, side 29.



Jørgen Bendtsen arbejder som forsker ved Danmarks Miljøundersøgelser i Roskilde.

Betlehems stjärna var Jupiter¹

Lennart Samuelsson, Linköpings Universitet, och Åke Hjelm, Östgöta Correspondenten.

När Jesus hade fötts i Betlehem i Judeen på kung Herodes tid kom några österländska stjärntydare till Jerusalem och frågade: "Var finns judarnas nyfödde kung? Vi har sett hans stjärna gå upp och kommer för att hylla honom." (Matt. 2:1–2)

Vad var det för stjärna som styrde De tre vise männen till Betlehem? Det senaste svaret är att det inte var någon stjärna alls i modern mening. I stället var det planeten Jupiter. Alltså inget spektakulärt himlafenomen som en supernova eller en komet, bara gamla Jupiter, om än i en ovanlig konstellation.

Det är den amerikanske astronomen Michael R. Molnar som ligger bakom den nya teorin. I sin bok "The Star of Bethlehem – the Legacy of the Magi" (Betlehemsstjärnan – arvet efter de tre vise männen) berättar han historien om hur han kom förklaringen på spåren. En historia där ett romerskt mynt från Antiokia spelar en framträdande roll.

"Stjärnan" framträdde på morgonhimlen den 17 april år 6 f Kr. Den var inte särskilt iögonenfallande för allmänheten i Judeen, men för de stjärnkunniga astrologerna var den ett tydligt tecken på en kungafödsel

hos judarna.

Magi, vise män, hade en stark ställning i den tidens kulturländer i Främre Orienten. De var astrologer och läkare; vetenskapsmän mer än trollkarlar. De kände i detalj förändringarna på himlavalvet och upprättade almanackor för solen, månen och de då kända planeterna ("vandrande stjärnorna"). De hade dock ingen aning om vad himlakropparna bestod av eller varför vissa rörde sig i förhållande till andra. Att stjärnhimlen flyttade sig från öster till väster varje natt såg man förstås, men att orsaken var jordens rotation visste de inte.

Därför var det naturligt att de anade en osynlig hand därbakom, en hand som också borde kunna styra skeenden på jorden. När nu Jupiter en morgon steg upp i öster strax före solen, i Vädurens stjärnbild, var det något alldeles extra.

Omedelbart innan hade Saturnus och månen gått upp. Jupiter hade i flera dagar varit för nära solen för att alls synas. Just i denna gryning hade den fjärrmat sig en aning från solen och blev synlig vid horisonten. En sådan "heliakisk" uppgång sågs som ett tecken på stor kraft, en kraft som förebådade födelsen av en odödlig och allsmäktig person. Att den skulle ske i Det Heliga

¹ Artiklen har været bragt første gang i Östgöta Correspondenten juleaftensdag 2001.

Landet framgick av att det hela utspelade sig i Väduren, tecknet som styrde ödena för folken i Judeen, Samarien och Palestina.

Det var ett mynt från Antiokia som var början till lösningen.² Michael R. Molnar har som hobby att samla romerska och grekiska mynt med gudomliga symboler. 1990 köpte han för 50 dollar ett bronsmynt prytt av en vädur, ett lamm, som sneglar bakåt mot en stjärna. Myntets andra sida visar en byst av grekernas gud Zeus (Jupiter för romarna).

Efter studier av samtida vetenskapsmän, bland andra Ptolemaios, fick Molnar bekräftat att händelser i Vädurens stjärnbild indikerade en inverkan på de judiska folken. Tidigare har astronomer letat efter en Betlehemsstjärna i andra stjärnbilder. På 1600-talet sökte till exempel Kepler i Fiskarnas tecken, eftersom fisken är en stark kristen symbol.

Molnars viktiga slutsats angående Vädurens betydelse kombinerades med att han försökte sätta sig in i hur antikens stjärntydare tänkte, i motsats till oss moderna människor

Jesus föddes under kung Herodes livstid. Herodes dog år 4 f Kr. Med datorns hjälp kunde Molnar studera astrologiskt viktiga planetkonstellationer i Vädurens tecken, som kunde indikera en kungafödsel i Judeen någon gång under perioden 8 till 4 f Kr.

17 april år 6 f Kr blev en fullträff. Den morgonen upptäckte de vise männen vad de väntat på – födelsen av en judisk kung, Messias, var ju förutsagd av profeterna:

Jag ser honom – men inte nu, jag skådar honom, men inte nära. En stjärna stiger fram ur Jakob, en spira höjs i Israel. (4 Mos. 24:17)

Från dig, Betlehem i Efrata, så obetydlig bland Judas släkter, skall jag låta en härskare över Israel komma, en som leder sin härkomst från forntiden, från det längesedan förflutna. (Mika 5:2)

Då skall Herren själv ge ett tecken: Den unga kvinnan är havande och skall föda en son, och hon skall giva honom namnet Immanu El, "Gud med oss". (Jes. 7:14)

Gamla testamentets stjärna var alltså Jupiter, om man ska tro Michael R. Molnar. Härskaren var Jesus – kanske inte riktigt den krigarättling som profeterna väntat sig. Men födelsen var hotfull för den romerske kungen Herodes, som skickade ut sina soldater för att förgöra sin konkurrent.

Evangelisten Lukas levde i Antiokia vid den här tiden. Även han såg säkert ett mynt med väduren och stjärnan. Kanske fick han ur detta idén att se stjärnan som en Messiasstjärna och konstruerade sin version av historien om Jesu födelse. Det skulle kunna förklara

varför han placerade händelsen till Quirinius tid, ett fel på tio år. Quirinius var kejsar Augustus representant i Syrien åren 6–7 efter Kristus.

Lukas räknade fel på åren. Molnars teori innebär också att den Jesu födelsedag vi firar, 25 december, ligger uppåt väggarna fel i tiden. Förklaringen kan vara att de tidiga kristna församlingarna inte visste det rätta datumet, utan förlade firandet till en gammal helgdag från hednatiden: vintersolståndet. Samma helg var också omhuldad av de gamla nordborna i deras midvinterblot.

Zodiaken har flyttat på sig

Idag kan vi inte se "Betlehemsstjärnan" på samma sätt som De tre vise männen gjorde – trots att en liknande konstellation upprepar sig ungefär vart sextionde år. Zodiakens stjärntecken har nämligen långsamt glidit ifrån verklighetens stjärnbilder, på grund av att jordens rotationsaxel sakta ändrar sin inriktning (kallas precession).

Sedd från jorden verkar solen röra sig längs en väg bland stjärnorna som kallas ekliptikan. Idag vet vi att detta beror på att jorden går i en bana kring solen. Zodiaken utgörs av de tolv olika stora stjärnbilderna längs ekliptikan. Stjärntecknen får vi genom att dela ekliptikan i tolv lika stora delar med start vid vårdamjämningpunkten. Vi ger varje tecken samma namn som motsvarande stjärnbild som det sammanföll med för 2000 år sedan. Då solen vid vårdagjämningen 2002 går in i Vädurens tecken, står den på grund av precessionen i Fiskarnas stjärnbild.

Synvilla att stjärnan stannade

Jupiters uppgång i Väduren annonserade kungafödseln, men den visade inte vägen till Betlehem. Stjärntydarna for till Jerusalem för att meddela sin nyhet eftersom Vädurens stjärnbild ansågs styra judarna öden.

Det betyder inte att Bibelns berättelse om hur stjärnan vandrade över himlavalvet för att så småningom stanna är falsk. Jupiter betedde sig faktiskt på det viset år 6 f Kr, men senare under året. Vandringen var en så kallad retrograd rörelse – planeten tycks under fyra månader gå fortare än stjärnorna under sin bana mot väster över kvällshimlen. *Jupiter gick alltså "framför stjärnorna".*

Vid vändpunkterna 23 augusti och 19 december "stod stjärnan stilla" några dagar i förhållande till stjärnorna, varefter den retrograda rörelsen var över för denna gång. I sin normala rörelse går Jupiter saktare än stjärnorna mot väster d v s planeten går då efter stjärnorna. En retrograd rörelse beror på att Jupiter kretsar långsammare runt solen än vad jorden gör. Synvillan uppstår varje gång jorden "kör om" Jupiter i innerspåret.

[Lennart Samuelsson är docent i fysik och ordförande i Östergötlands Astronomiska Sällskap. Åke Hjelm är vetenskapsreporter på Östgöta Correspondenten.]

²En bild av myntet fanns med i artikeln och det kan även beskådas på Molnars hemsida: eclipse.net/~molnar

Dansk succes ved den internationale fysikolympiade 2002

Michael Brix Pedersen, Birkerød Gymnasium, og Henrik Bruus, Mikroelektronik Centret, DTU.

Den internationale fysikolympiade (IPhO, www.jyu.fi/-ipho) er en international fysikkonkurrence for gymnasielever. Den første konkurrence fandt sted i Warszawa, Polen, i 1967, og siden da er den blevet afholdt hver sommer i forskellige lande. Ved fysikolympiaden løser deltagerne teoretiske og eksperimentelle opgaver. Dette års fysikolympiade blev afholdt på Bali, Indonesien, i juli måned, med 66 deltagende nationer, som hver stillede med fem studenter og to ledere. Danmark har deltaget i IPhO hvert år siden 1995. Den danske fysikolympiade arrangeres og støttes af Fysiklærerforeningen, Undervisningsministeriet, Niels Bohr Institutet, og Mikroelektronik Centret.

Landsprøven

De fem deltagere på det danske hold udvælges på følgende måde. I november måned udsendes til alle HTX- og gymnasieskoler orienterende materiale i form af plakater med appetitvækkende prøveopgaver. Lige før jul tilmelder interesserede gymnasielærere deres elever, typisk fra 3.G højniveau fysik. I begyndelsen af januar modtager skolerne landsprøven, som består seks-syv opgaver på studentereksamensniveau, til gennemregning på kun tre timer i modsætning til de sædvanlige fire timer man har til rådighed ved studentereksamen. Typisk deltager lidt over 200 elever i landsprøven, og blandt disse udvælger fysikolympiadekomiteen de tyve bedste til den danske finale.

Den danske finale

Den danske finale afholdes over to dage, fredag og lørdag, på Niels Bohr Institutet i begyndelsen af februar. Fredag eftermiddag får de tyve finalister en tretimers teoretisk prøve, noget sværere end landsprøven. Efter prøven holder en gæsteforelæser foredrag om et aktuelt og spændende emne. Der har f.eks. været foredrag om høj-temperatur superledning, mesoskopisk fysik, astrofysik og Bose-Einstein kondensation. Om aftenen er der fælles middag og cafébesøg. Lørdag morgen går det løs igen med fysikeksperimenter. Her udsættes finalisterne for Malte Olsens skrappe eksperimentelle prøver, to forsøg á 2,5 times varighed. Efter den sidste prøve er der livlig diskussion om løsningsmetoder og resultater, mens olympiadekomiteen retter besvarelsenerne og finder de fem vindere.

Træning af finalisterne

Som belønning udsættes vinderne for nye pinsler: Vinderpræmien er et funklende nyt eksemplar af "University Physics" af Young og Freedman, en 1400 sider tyk amerikansk lærebog på college-niveau. Da pensum til den danske studentereksamen i fysik er en særdeles ægte delmængde af IPhO-pensummet skal der nemlig arbejdes i løbet af foråret. Foruden det danske pensum skal eleverne studere stive legemers mekanik, relativitetsteori, termodynamik, elektromagnetisme og en smule kvantefysik. Pensum dækkes ved en blanding af selvstudium, opgaveregning og træningsweekender. Der afholdes fem træningsweekender på Niels Bohr Institutet og Mikroelektronik Centret før afrejsen til den internationale finale. Her hjælpes olympiadekomiteen af universitetslærere og tidligere olympiadefinalister.

Det danske hold bestod i år af Ulrik Buchholtz (Gl. Hellerup Gymnasium), Jan Conrad Baggesen og Oliver Kirsebom (begge Risskov Amtsgymnasium), Kasper Jahn (Horsens Statsgymnasium) og Peter Paluszewski (2. G, Johannesskolen). De danske ledere på turen var i år Henrik Bruus (Mikroelektronik Centret, DTU) og Michael Brix Pedersen (Birkerød Gymnasium), mens de øvrige medlemmer af fysikolympiadekomiteen var Niels Hartling (Birkerød Gymnasium), Jens Ulrik Lefmann (Birkerød Gymnasium), Malte Olsen (Niels Bohr Institutet, KU), Kristoffer Andersen (Niels Bohr Institutet, KU, tidligere olympiadefinalist), Kasper Risager (Niels Bohr Institutet, KU, tidligere olympiadefinalist), Christian Thune Jacobsen (Gammel Hellerup Gymnasium). Endvidere bidrog Antti Pekke Jauho og Anders Kristensen fra Mikroelektronik Centret.

Den internationale finale

Den internationale fysikolympiade blev i år afholdt på Bali, Indonesien, den 21.–30. juli. Det blev en meget fin olympiade, både arrangementsmæssigt og hvad angår det danske holds præstationer.

Den indonesiske regering havde satset meget på at lade fysikolympiaden afspejle den voldsomme satsning på uddannelse, som finder sted i disse år i Indonesien. Olympiaden blev da også afviklet i de smukkeste og bedst tænkelige rammer, på meget fine hoteller i Nusa Dua og Sanur. Olympiaden blev åbnet af den indonesiske præsident, Megawati Soekarnoputri, og overværet af landets politiske, videnskabelige og militære ledere.

samt en sværm af journalister. Et mere underholdende aspekt ved åbningsceremonien var måske nok det store gamelanorkester og de traditionelle balinesiske danserinder, der høstede stort bifald fra de ca. 350 gymnasieelever og 120 ledere.

Olympiaden strakte sig over ni dage, og som tidligere bestod prøverne af en fem timers teoretisk prøve (på 3. dagen) og en fem timers eksperimentel prøve (på 5. dagen). Prøverne fandt sted på elevernes hotel i Sanur, som ligger i den sydligste del af Bali. Denne del af øen, og i særdeleshed Nusa Dua, hvor lederne boede, er i det sidste årti blevet udviklet til et meget velplejet og eksklusivt turistreservat. Balineserne har været meget opmærksomme på ikke at ødelægge øen med dårlige højhushoteller, så der er overalt brugt kvalitetsmaterialer, og arkitekturen bryder ikke med traditionel balinesisk stil. De øvrige dage, mens lederne svedte over og baksede med diskussion, oversættelse og retning af opgaverne, krædede værtsfolkene rigtig for studenterne. Der blev budt på spændende udflugter til mere eksotiske dele af Bali, og studenterne fik et godt indblik i øens særprægede natur (vulkaner, regnskove, rismarker) og kultur (templer, kunst, drageflyvning).

Finaleopgaverne

Ved fysikolympiaden kan hver enkelt deltager maksimalt opnå 50 point, heraf 30 ved den teoretiske prøve og 20 ved den eksperimentelle prøve.

Den teoretiske prøve var i år en del sværere end sidste år i Tyrkiet. Der var tre opgaver. I den første skulle studenterne foretage beregninger på en jordgennembrydende radar. Den næste opgave omhandlede rovdysrs elektriske detektion af strømme genereret i byttedyr i vand, og endelig var der en ganske svær mekanikopgave om en damptromles bevægelse på et skråplan. Den danske oversættelse af opgaverne kan hentes på fysikolympiadens hjemmeside, www.birke-gym.dk/fysik, mens løsningerne kan findes på den 33. internationale fysikolympiades hjemmeside, www.geocities.com/ipho33/, hvor man kan læse meget mere om fysikolympiaden og se billeder fra begivenheden.

Den eksperimentelle prøve var delt i to dele. I første del skulle e/k_B bestemmes ved elektrolyse af vand: Ved at måle den samlede ladning overført af strømmen, og det tilsvarende volumen af gassen, opsamlet i et måleglas, kunne e/k_B bestemmes. Der var tillige den lille krølle på eksperimentet at måleglassets længdeenhed ikke var kendt (studenterne havde ikke linealer til rådighed), og man skulle derfor først bestemme en absolut længde eksperimentelt ved hjælp af "en metode fra mekanikken", så inddelingen på måleglasset kunne

fastlægges. De fleste valgte en pendulmetode, men der var også andre originale ideer.

Det andet forsøg var en sjov og svær opgave omhandlede en kubisk kasse med tre ukendte optiske komponenter (en eller flere fra følgende liste: spejle, sprede/samlelinser, planparallel plade, prisme eller diffraktionsgitter). I hver ende af kassen, som selvfølgelig ikke kunne åbnes, var en smal åbning hvor man kunne sende laserlys fra en laserpen igennem. Opgaven gik ud på at benytte det transmitterede lys til dels at bestemme hvilke komponenter der var tale om, dels at specificere komponenterne nøjere (gitterkonstanter, vinkler, komponentens placering i kassen osv.). I øvrigt skulle man bruge kalibreringen af længdeskalaen fra første del af forsøget.

Første danske medalje

Som nævnt klarede det danske hold sig flot. For første gang siden Danmarks sene debut i 1996, er det blevet til en medalje, idet Ulrik Buchholtz opnåede en meget sikker bronzeplacerings. De fire øvrige danskere klarede sig også flot, og opnåede alle hædrende omtale ("Honourable Mention"). For første gang kom alle danske deltagere således på podiet. For at sætte årets resultat lidt i perspektiv kan det nævnes, at Danmark i år opnåede lige så meget som de øvrige nordiske lande *tilsammen*. På trods af det flotte resultat har medieomtalen herhjemme desværre ikke været stor, et forhold vi i fysikolympiadestyregruppen vil arbejde på at forbedre til næste år.

Den absolutte vinder af olympiaden blev Ngoc Duong Dang fra Vietnam med 45.4 point (hele 3 point foran nr. 2). Bedste nation var Iran, der gjorde rent bord med fem guldmedaljer, mens værtsnationen Indonesien selvfølgelig havde satset hårdt, og fik tre guld, en sølv, og en bronze.

Vore studenter har været meget glade for årets fysikolympiade, både på det personlige og på det faglige plan, og det vellykkede forløb i år har givet fysikolympiadekomiteen et godt udgangspunkt for det kommende års fysikolympiade.

Fysikolympiaden 2003

Landsprøven til fysikolympiaden afholdes den 7., 8. og 9. januar 2003, den danske finale for de tyve bedste studenter afvikles den 31. januar og 1. februar, og de fem vindere sendes til den 34. internationale fysikolympiade, som finder sted i Taiwan den 12.-21. juli 2003. Danmark har i øvrigt fået værtsskabet for den internationale fysikolympiade i 2013, hvilket som bekendt er hundredåret for Niels Bohrs atommodel.

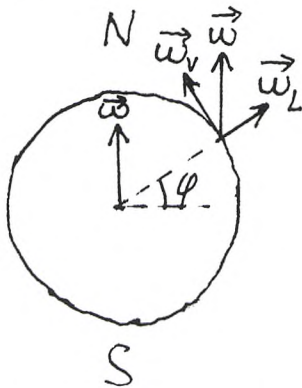
Breddeopgaver nr. 9, 10 og 11

Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.

I KVANT nr. 3 (september 2002) bragte vi breddeopgave nr. 9 om vandstandsforskellen mellem østsiden og vestsiden af Storebælt ved en strømhastighed gennem bæltet på ca. 5 km i timen og breddeopgave nr. 10 om størrelsesordenen af den relative trykforskel på skinnerne fra et hurtigtgående tog ved forskellige kørselsretninger. Her er så løsninger og kommentarer til de to opgaver.

Løsning til opgave 9

Vandoverfladen af Storebælt stiller sig vinkelret på det sammensatte kraftfelt af tyngdekraft (rettet efter lodlinjen) og corioliskraft (rettet imod Korsør ved nordgående strøm og imod Nyborg ved sydgående strøm). Det betyder, at vandstandsforskellen mellem østsiden og vestsiden af bæltet forholder sig til afstanden imellem Korsør og Nyborg som corioliskraften forholder sig til tyngdekraften.



Det almene udtryk for corioliskraften er $2m \cdot \vec{V} \times \vec{\omega}$, hvor $\vec{V}$ er hastigheden af en masse m i forhold til et referencesystem, der roterer i forhold til inertialsystemerne med den momentane rotationshastighed $\vec{\omega}$. I tilfældet bevægelse på overfladen af den roterende jordklode ses det ved opløsning af $\vec{\omega}$ i dens lodrette komponent $\vec{\omega}_L$ og dens vandrette komponent $\vec{\omega}_V$ som vist på figuren, at corioliskraften har en vandret komponent $2m \cdot \vec{V} \times \vec{\omega}_L$, som er vinkelret på $\vec{V}$ (mod højre på den nordlige halvkugle) og af størrelsen $2mV\omega_L$, og en lodret komponent $2m \cdot \vec{V} \times \vec{\omega}_V$, hvis størrelse og retning (opad eller nedad) afhænger af retningen af $\vec{V}$.

Idet $\omega_L = \omega \cdot \sin \phi$, hvor ϕ angiver breddegraden af Storebælt, fås, at vandstandsforskellen mellem Korsør og Nyborg er:

$$\begin{aligned} \approx 20 \text{ km} \cdot \frac{2V\omega \sin \phi}{g} &\approx 20 \text{ km} \cdot \frac{2 \cdot 5 \frac{\text{km}}{\text{time}} \cdot \frac{2\pi}{24 \text{ time}} \cdot \frac{1}{2}}{10 \frac{\text{m}}{\text{sek}^2}} \\ &\approx 20 \text{ cm} \end{aligned} \quad (1)$$

Løsning til opgave 10

Hvis toget kører imod nord eller syd er $2m \cdot \vec{V} \times \vec{\omega}_V$, som er corioliskraftens lodrette komponent, nul. Hvis toget kører imod øst er $\vec{V} \times \vec{\omega}_V$ rettet bort fra Jordens centrum, medens retningen er imod Jordens centrum, hvis der køres imod vest. Det lodrette tryk på skinnerne er derfor størst, når der køres imod vest og mindst, når der køres imod øst. Det gælder både på den nordlige og den sydlige halvkugle.

Størrelsesordenen af den relative trykforskel imellem kørsel imod vest og øst for et TGV-tog i Frankrig er:

$$2 \cdot \frac{2V\omega \cos \phi}{g} \approx 2 \cdot \frac{2 \cdot 300 \frac{\text{km}}{\text{time}} \cdot \frac{2\pi}{24 \text{ time}} \cdot \frac{1}{2}}{10 \frac{\text{m}}{\text{sek}^2}} \approx 10^{-3} \quad (2)$$

Kommentarer

1. Niels Kristian Højerslev har i KVANT nr. 2 (maj 2002) gjort et "pædagogisk" forsøg på at beskrive og udlede corioliskraften som alternativ til gængse lærebogsfremstillinger. Jeg synes ikke forsøget er lykkedes. Tværtimod virker udledningen mystificerende på mig ved at tage udgangspunkt i den kinematiske ligning

$$\vec{a}_a = \vec{a}_m + \vec{a}_r \quad (3)$$

for sammenhængen imellem absolut acceleration, medføringsacceleration og relativ acceleration, som jo gælder for beskrivelsen af en bevægelse i forhold til to forskellige koordinatsystemer, hvis nulpunkter er accelererede i forhold til hinanden, og hvis koordinataksler ligger fast i forhold til hinanden. Hvorimod corioliskraften hører til bevægelsesbeskrivelse i et koordinatsystem, hvis akser roterer i forhold til inertialsystemerne.

Mit bud på en pædagogisk indføring i corioliskraften består af tre skridt:

1. *Erfaringsmæssigt* findes der koordinatsystemer, inertialsystemerne, hvor bevægelse sker i overensstemmelse med Newtons 2. lov:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}_a \quad (4)$$

Her er $\vec{F}$ summen af såkaldte *naturkræfter* i spil. Naturkræfter er sådanne, hvor kræfterne kan forklares ved henvisning til en genstand, der forårsager dem. F.eks. tryk- og trækkræfter (der er noget, der

trykker eller trækker), gnidningskræfter (der er noget, der grides imod), massetiltrækningskræfter (der er en masse, der trækker) eller elektriske til- og frastødningskræfter (der er f.eks. en ladning, der trækker eller frastøder).

2. *Matematisk* kan der findes en kinematisk ligning for sammenhængen imellem accelerationerne i samme bevægelse set i forhold til to forskellige koordinatsystemer, som har fælles nulpunkt og akser, der roterer i forhold til hinanden:

$$\vec{a}_a = \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) + 2\vec{\omega} \times \vec{V}_r + \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{a}_r \quad (5)$$

Her er $\vec{\omega}$ den momentane rotation af r -systemet set fra a -systemet, $\vec{r}$ stedvektoren for bevægelsen (som afhænger af nulpunkt, men ikke akseretninger, for koordinatsystemet, som bevægelsen beskrives i forhold til) og $\vec{a}_r$ og $\vec{V}_r$ bevægelsens acceleration og hastighed relativt til r -systemet.

Ligningen udledes mest kompakt ved at gøre sig klart, at der for enhver vektor, $\vec{A}$, gælder:

$$\left. \frac{d\vec{A}}{dt} \right|_a = \left. \frac{d\vec{A}}{dt} \right|_r + \vec{\omega} \times \vec{A}, \quad (6)$$

hvor $d\vec{A}/dt|_a$ betyder flytningen af $\vec{A}$ per tidsenhed i forhold til a -systemet og $d\vec{A}/dt|_r$ tilsvarende flytning af $\vec{A}$ per tidsenhed i forhold til r -systemet. Først fås:

$$\vec{V}_a = \vec{V}_r + \vec{\omega} \times \vec{r} \quad (7)$$

ved at anvende operatorligheden (6) med $\vec{r}$ på $\vec{A}$'s plads. Dernæst fås den efterspurgte ligning (5) ved at anvende operatorligheden (6) én gang til, nu med $\vec{V}_a$ på $\vec{A}$'s plads og indsætning af udtrykket for $\vec{V}_a$ fra ligning (7). Udledningen, som findes i større detalje i f.eks. Ture Eriksson, Torbjörn Lagerwall, Olof Beckman: "Fysik 1", Almqvist & Wiksell Förlag AB, Stockholm 1970, side 125 til side 130, er udtømmende og eksakt.

3. *Kombineres* den matematiske ligning (5) med den fysiske erfaringsligning (4), Newtons 2. lov for inertialsystemer, fås

$$\vec{F} + m(\vec{\omega} \times \vec{r}) \times \vec{\omega} + 2m\vec{V}_r \times \vec{\omega} + m\vec{r} \times \frac{d\vec{\omega}}{dt} = m \cdot \vec{a}_r \quad (8)$$

som bevægelsesligningen for bevægelser set i forhold til et i forhold til inertialsystemerne roterende system. I skemaet "kraft = masse $\times$ acceleration" må der øjensynligt på kraftsiden udover naturkræfterne også opereres med tre såkaldte *systemkræfter*, som ikke kan forklares ved henvisning til en genstand, der forårsager dem. Deres størrelser og retninger hænger, som vist matematisk, sammen med koordinatsystemets grad af afvigelse fra at være et inertialsystem. Corioliskraften er den ene af de tre systemkræfter. Hvis nulpunktet

for koordinatsystemet, som en bevægelse beskrives i forhold til, er accelereret i forhold til inertialsystemerne, skal der yderligere opereres med en fjerde systemkraft i modsat retning af nulpunktsaccelerationen og af størrelse som denne gange massen, i overensstemmelse med kombinationen af ligning (3) og ligning (4).

Det er min erfaring, at det almene udtryk for corioliskraften kun lader sig introducere formelt matematisk. Det er muligt at forstå den mere fysisk i specialtilfælde som radial bevægelse i forhold til $\vec{\omega}$ og cirkulær bevægelse omkring $\vec{\omega}$. Men alment er det næsten umuligt intuitivt at overskue indholdet i udregninger, der involverer krydsprodukter og differentiationer i flere omgange, hvorfor der ikke er nogen vej uden om en formel indføring. Både ved introduktion af specialtilfælde og ved den almene udledning er det erfaringsmæssigt helt afgørende for begrebsforståelsen at dvæle ved, at bevægelse er bevægelse i forhold til noget. Og at dette noget nødvendigvis skal præciseres.

2. De studerendes svar til eksamen på opgave 9 svarede i det væsentlige til min ovenstående løsning. De erindrede sig formelen for corioliskraften og satte den i forhold til tyngdekraften. Hvad ellers kunne tænkes at være i spil i denne opgave end corioliskraften?

Med opgave 10 forholdt det sig helt anderledes. Her blev ordet corioliskraft typisk ikke nævnt. I stedet ræsonneredes der over øst- eller vestkørende tog på ækvator, altså specialtilfældet cirkulær bevægelse om $\vec{\omega}$, svarende til ligningen:

$$m \frac{(R\omega \pm V)^2}{R} = mg - N, \quad (9)$$

hvor N er trykkraften mellem tog og skinner, R Jordens radius, g gravitationskraftfeltstyrken, og hvor $+$ gælder for kørsel mod øst, medens $-$ gælder for kørsel mod vest. Og det er jo rigtigt af de studerende ikke at referere til en corioliskraft som ligning (9) er skrevet op, idet de jo – typisk uden eksplicit at gøre opmærksom på det – regner i inertialsystemet.

Ved udgangning af parenteser og omflytning af ledene fås bevægelsesligningen, som den ser ud i det roterende jordsystem:

$$m \frac{V^2}{R} = mg - mR\omega^2 \mp 2m\omega V - N \quad (10)$$

I specialtilfældet her – som også Niels Kristian Højerslev behandler i sin artikel – ses corioliskraften (og centrifugalkraften) at dukke op på en måde, der er til at overskue. En bevægelsesligning i Newtons mekanik består af masse gange acceleration i forhold til det valgte referencesystem på den ene side og summen af de virkende kræfter på den anden. Og hvis vi vil regne accelerationen i forhold til det roterende jordsystem, som i ligning (10), dukker der tydeligvis ekstra kraftled op i ligningen sammenlignet med ligning (9), hvor vi regner accelerationen ud i forhold til inertialsystemet, hvis ikke de to ligninger skal være i modstrid med hinanden.

De studerende gjorde sig ikke sådanne overvejelser ved opgavebesvarelsen. For dem havde ligning (10), hvis de havde skrevet den ud, nærmere karakter af en mellemregning fra ligning (9) til deres (rigtige) svar på opgaven.

3. I modsætning til nogle af de øvrige bredde-modulopgaver gør disse to ikke krav på originalitet. Jeg tror, at begge opgaverne i forskellige ikklædninger er hyppigt forekommende i diverse lærebøger. Originalitet er imidlertid ikke et afgørende udvalgs-kriterium for breddemodulopgaverne, som vi benytter dem i undervisningen på RUC. Det afgørende er, om de for de studerende repræsenterer en åben problemstilling,

uanset om den er ny eller standard for læreren eller lærebogen. Når vi ikke tillader brug af hjælpemidler ved eksamen, skyldes det blandt andet et ønske om også at kunne stille opgaver, som – selvom de er nye for de studerende – findes besvaret i standardlærebøgerne.

Breddeopgave nr. 11

Hvordan afhænger ildkraften af en kanon af kanonløbets længde? Begrund svaret.

Inspirationen til opgaven skyldes et teknologi-historisk foredrag på Orlogsmuseet. Opgaven blev stillet ved sommereksamen 1998. Løsning og kommentar bringes i næste nummer af KVANT.

KVANT-nyheder

Redigeret af Michael Cramer Andersen

Nobelpris til partikelastrofysikere

ASTROFYSIK. Årets nobelpris i fysik gik til Raymond Davis, Masatoshi Koshiha og Riccardo Giacconi der har grundlagt to nye felter indenfor astrofysikken, som involverer røntgenstråling og neutrinoer. Raymond Davis var den første der detekterede neutrinoer fra Solen men han fandt færre end det teoretisk forudsagte antal, hvilket gav ophav til det berømte "Sol-neutrino-problem". Det krævede en særligt udviklet detektor, "Super-Kamiokande", og den anden nobelpristager, Masatoshi Koshiha, at bevise den hypotese som kunne forklare problemet: Solen producerer elektron-neutrinoer men på vej til Jorden omdannes (oscillerer) nogle af dem til andre typer neutrinoer som er vanskeligere at detektere. Det er nu muligt at detektere alle typer samtidigt (se sidste udgave af KVANT-nyheder). Ved supernova-eksplosioner er neutrinoer ansvarlige for den største andel af energiudsendelsen hvilket gør neutrino-astronomien ganske vigtig for vores forståelse af de tunge stjerners endeligt. Riccardo Giacconi var den første, der anvendte et røntgenteleskop i rummet (1962). Siden da er flere røntgenteleskoper sendt ud i rummet f.eks.: ASCA, RXTE, ROSAT, Einstein, Yokoh, Chandra og INTEGRAL. Blandt opdagelserne i røntgenastronomien kan nævnes eksistensen af en røntgenbaggrund, hovedsagligt bestående af enkeltkilder, og at der kommer røntgenstråling fra så forskellige objekter som kometer, sorte huller, kvasarer og neutronstjerner. Se også artiklerne om årets nobelpris side 3 og 6.

Kilder: AIP Physics News 608, 8. okt. 2002

Danske røntgenteleskoper opsendt med INTEGRAL-satellitten

ASTROFYSIK. Den europæiske INTEGRAL-satellit blev opsendt med en Proton-raket fra Baikonur i

Kasakhstan om morgenen den 17. oktober og nåede ind i en aflang overføringsbane rundt om Jorden hvorfra satellitten de følgende to uger manøvrerer sig ind i dens endelige 72-timers kredsløb. INTEGRAL skal måle på kosmisk gamma- og røntgenstråling, som ikke kan observeres fra Jordens overflade p.g.a. absorption i atmosfæren. INTEGRAL vil bevæge sig i en bane der har laveste punkt ca. 10.000 km over jordoverfladen og højeste punkt ca. 153.000 km over Jorden. Niels Lund fra Dansk Rumforskningsinstitut (DRI) har ledet bygningen af de to røntgenteleskoper på INTEGRAL udtalte efter den vellykkede opsendelse at "INTEGRAL's instrumenter vil kunne gøre helt nye opdagelser og observere begivenheder og fænomener, vi end ikke har anelse om i dag." De to 3,5 m lange røntgenteleskoper, med navnet "JEM-X", skal bl.a. observere røntgenstråling fra: sorte huller, neutronstjerner og de gådefulde gammaglimt. "JEM-X"-røntgenteleskoperne har været det største danske rumprojekt efter Ørsted satellitten og danske astronomer får de næste godt to år direkte adgang til observationerne fra alle INTEGRAL's fire videnskabelige instrumenter når de om få uger begynder at strømme ned.

En udstilling om INTEGRAL-satellitten kan for tiden ses på Tycho Brahe Planetarium hvorefter den vil kunne ses på Steno Museet i Århus, Orionplanetariet i Jels og Ole Rømer Museet i Tåstrup.

Kilde: Pressemeddelelse Dansk Rumforskningsinstitut 17. okt. 2002; www.rummet.dk/integral

ALMA – 64 europæiske submillimeterteleskoper

ASTROFYSIK. Det Europæiske Sydobservatorium (ESO) har indgået aftale med den chilenske regering om at bygge et nyt stort astronomisk observatorium: ALMA, der står for the Atacama Large Millimeter Array. Teleskoperne, der skal stå i 5000 m højde 60 km øst for byen San Pedro de Atacama, vil kunne obser-

vere i millimeter området og vil bestå af 64 enkelt antenner med uset opløsning og følsomhed. ALMA vil kunne bruges til at studere galakse-, stjerne- og planetdannelse og kunne observere galakser, hvor der foregår stjernedannelse igennem hele universet – kort sagt vil ALMA åbne nye horisonter for astronomerne.

Kilder: ESO pressemeddelelse 23. okt. 2002,
www.eso.org/outreach/press-rel/pr-2002/pr-18-02-en.html

Global opvarmning fra flytrafik

KLIMAFYSIK. Jetflyenes kondensstriber virker ligesom kunstige cirrusskyer og forhindrer dagene i at blive for varme ved at reflektere Solens stråler, samtidig med at nætterne bliver varmere ved at skyerne holder på Jordens varme. Effekten er lille men signifikant og kan i lokale områder med meget lufttrafik (f.eks. Nordamerika og Europa) sammenlignes med effekten fra drivhusgasser. Resultatet har af nogle forskere været kendt i årevis, men efter standsningen af al kommerciel lufttrafik i Nordamerika d. 11.-14. september 2001, i kølvandet på terrorangrebet 11. september, fik klimaforskerne en mulighed for at sammenligne temperaturer med og uden flytrafik. David Travis fra University of Wisconsin-Whitewater og kolleger sammenlignede dag- og nattemperaturerne over Nordamerika fra 11.-14. september 2002 med data fra dage i september 1977-2000 med lignende type vejr. De fandt at forskellen mellem maksimumstemperaturen om dagen og minimumstemperaturen om natten var mere end 1°C større uden kondensstriber end med kondensstriber. Sammenlignet med de tre dage umiddelbart før flystoppet og umiddelbart efter gav en forskel på 1,8°C. Opdagelsen er vigtig fordi man ikke hidtil har kunnet kvantificere effekten, selvom det er vanskeligt at inddrage effekten i klimamodeller. De senere års fokusering på beskatning af drivhusgasser som CO₂ skal måske nuanceres og opmærksomheden rettes mod jetmotorernes udledning af vanddamp. Det kan vække nogen bekymring, at flytrafikken i de kommende år ventes at stige med 5% om året.

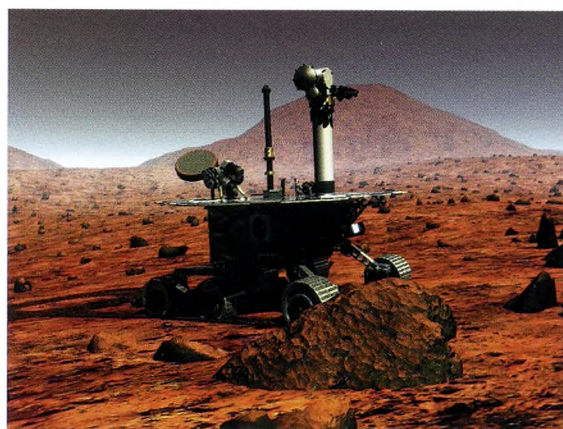
Kilder: Nature Science Update 8. aug. 2002; Travis, D.J.: "Contrails reduce daily temperature range". Nature, 418, 601 (2002).

Fremtidens biler kører på brint

VEDVARENDE ENERGI Biler der kører på brint vil dominere persontransporten om 20–25 år forudsiger Storbritanniens videnskabelige rådgiver David King. Fordelene ved brintbiler er mange, men der skal opbygges en brintinfrastruktur så det let kan produceres, opbevares og distribueres. Allerede nu findes biler der kører på brændselsceller, der fødes med brint og frembringer strøm til bilens motor. Brintbiler har en ydelse, der svarer til nutidens benzin- og dieslbiler, og der findes fly, der udelukkende er drevet på brint. I Californien, som er kendt for et højt niveau af smog, samarbejder "California Fuel Cell Partnership" om at sende

personbiler og busser, drevet af brint eller metanol, ud i trafikken. Bilproducenterne Ford, Daimler-Chrysler, GM, Honda, Hyundai, Nissan, Toyota og WW leverer alle brintbiler til dette projekt. Herhjemme har lastbil- og busproducenten Scania indledt et projekt med en elektrisk bybus drevet af batterier og brændselsceller som skal køre i Silkeborg. Den store fordel ved at benytte brint til energiforsyning er, at brændselsceller forurener meget lidt eller slet ikke og man kan producere brinten – decentralt – ved at spalte vand f.eks. med el fra vindmøller, hvor Danmark er blandt de førende producenter. På lang sigt vil det give mening at basere samfundet på brint fremfor fossile brændsler som kul og olie, der for det første er endelige og for det andet i høj grad importeres fra Mellemøsten der er en politisk meget urolig region. Ved oliekrisen i 1973 var det især udviklingslandene som blev ramt hårdt økonomisk p.g.a. en voksende befolkning.

Kilder: Magasinet BrintBiler.dk, Sommer 2002, 1. årgang nr. 1; www.brintbiler.dk



Figur 1. En af Mars-roverne som skal opsendes i foråret 2003 og lande i starten af 2004.

Mars år 2003

RUMFART. I foråret 2003 opsendes "Mars Exploration"-missionen for at lande i starten af 2004. Den danske Mars-gruppe ved Niels Bohr Institutet for Astronomi Fysik og Geofysik og Center for PlanETForskning har eksperimenter med ombord ligesom de succesrige magneter på Mars-Pathfinder missionen i 1997. "Mars Exploration"-missionen involverer denne gang to Mars-rovere som vejer betydeligt mere (hver 180 kg) end forløberen "Sojourner" som vejede 11 kg. Det første kritiske punkt i missionen er derfor at lande sikkert på overfladen ved hjælp af faldskærme og airbags. I februar i år blev tre forskellige sæt magneter, som er udviklet ved Ørsted Laboratoriet, NBI-FAFG, afleveret til NASA som har monteret dem på de to rovere. Mars-gruppen testede i september en af roverne ved at køre den godt 200 meter og grave i overfladen med ét af hjulene.

Mens vi venter på opsendelsen kan man følge med i nyheder om Mars-udforskningen på

WWW.MARSNYT.DK eller besøge Experimentariums særudstilling "Rejsen til Mars" i perioden 10. oktober 2002 til 25. maj 2003. Et projekt, der har til formål at udvikle lærermidler til undervisningen i Natur og Teknik i folkeskolen er også blevet inspireret af at Mars igen bliver besøgt af fjernstyrede robotbiler. Dette projekt har navnet "Mars 2003 og Dansk Rumfart" og kan følges på projektets hjemmeside.

Kilder: ntserv.fys.ku.dk/mars; www.experimentarium.dk/udstillinger/mars; www.mars2003.dk; www.marsnyt.dk

Polarisation i mikrobølgebaggrunden

KOSMOLOGI. Sidste år afslørede forskerne bag DASI-detektoren flere toppe i powerspektret for den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling. Strålingen blev udsendt da Universet kun var 300.000 år hvor det overgik fra et varmt plasma til neutral brint og helium. Nu har DASI-folkene igen målt over Sydpolen og registreret en svag polarisation af fotonerne fra det tidlige univers. DASI er en forkortelse af "Degree Angular Scale Interferometer". Når ESAs ambitiøse PLANCK-satellit sendes op omkring 2007 vil polarisationen blive målt over hele himlen.

Kilder: AIP Physics News 606, 25. sep. 2002; DASI, astro.uchicago.edu/dasi/

Nyt fra Dansk Fysisk Selskab

Dansk Fysisk Selskab

Hjemmeside: www.nbi.dk/dfs

Henrik Bruus (formand)
MIC, bygn. 345ø
DTU, 2800 Kgs. Lyngby

E-mail: bruus@mic.dtu.dk
Tlf. 45 25 63 99 / Fax 45 88 77 62

Erik Horsdal Pedersen (kasserer) (horsdal@ifa.au.dk)



Ny bestyrelse

Bestyrelsen for Dansk Fysisk Selskab er nu fuldtalig efter at de fire DFS-sektioner har udpeget sine repræsentanter. Bestyrelsen frem til 2004 har følgende medlemmer:

Henrik Bruus, DTU (bruus@mic.dtu.dk), formand, Jan W. Thomsen, KU (jwt@fys.ku.dk), næstformand, repræsenterer atomfysik, Erik Horsdal Pedersen, AU (horsdal@ifa.au.dk), kasserer, Per Morgen, SDU (per@fysik.sdu.dk), Ole Bakander, Allerød Gymnasium (ole.bakander@post.tele.dk), Dorthe Posselt, RUC (dorthe@mmf.ruc.dk), repræsenterer KIF, Hans C. Fogedby, AU (fogedby@ifa.au.dk), repræsenterer faststof/biofysik, og Poul V. Thomsen, AU (pvt@ifa.au.dk), repræsenterer uddannelse og under-

visning.

DFS-årsmødet den 12.–13. juni 2003

Forberedelserne til DFS-årsmødet 2003 er sat i gang. Mødet finder sted på Hotel Nyborg Strand torsdag den 12. juni og fredag den 13. juni. I næste nummer af Kvant følger detaljerede oplysninger om tilmelding og tidsfrister. Kommentarer og ideer til årsmødet bedes sendt til Henrik Bruus (bruus@mic.dtu.dk) eller Jan W. Thomsen (jwt@fys.ku.dk). Årsmødeprogrammet vil løbende blive opdateret på DFS-hjemmesiden www.nbi.dk/dfs.

KIF-årsmøde den 14. juni 2003

Netværk for Kvinder i Fysik (KIF) afholder sit årsmøde dagen efter DFS-årsmødet.

Kvante-teleportation

Hr. Redaktør!

Et læserbrev i septembernummeret af Deres tidsskrift af Dr. med. scient. A. K. Selbo om kvante-teleportation har givet min tele den tanke at portere følgende bemærkninger og overvejelser om dette vanskelige emne.

Teleportation betyder ganske rigtigt at flytte noget ved tankens kraft, men her tænker jeg ikke på bilens benzintank, men på den som er lokaliseret til vore hjerner, hvor denne tanke så siden kommer fra, – for intet menneske har jo skabt sig selv. Men den er jo en realitet, og den må på en eller anden måde ved bio-feedback reagere med hjernens elektriske impulser, som så igen giver ordre til de motoriske nerver, der gennem lillehjernen og rygmærven aktiverer vore muskler så vi går ud og starter bilen og teleporterer/transporterer os et andet sted hen. En trinvis forstærkning af dynamikken.

Denne succession af dynamiske begivenheder peger på, at paradokset: Den mikro-kosmiske kvantedynamik kontra den makro-kosmiske fysik ikke kan være et enten eller mellem kvantificering og diskvantificering, men må være en dynamisk succession af trinvis voksende eller aftagende kræfter.

En sådan trinvis succession kan beskrives af formelen: $a^{(n/m)^m}$, med a som en arbitrær konstant, n som antal trin, og m må pendle mellem 1 og n . Formlen skrifter således dynamisk målestok for hver ny potens og beskriver derved en given energimængde i dynamisk oscillation eller en elastisk fluktuation mellem ekspansivt og kontraktivt potentiale, en trinvis overgang mellem kvantedynamik og makrokosmisk dynamik. Formlen ligner en kosmisk grundlov, idet både a og n kan vælges ad hoc. En musiker ville måske kalde funktionen for harmoniske resonanser. En matematiker ville tale om vekslen mellem brudne og hele potenser. En måler og vejer om vekslende kvaliteter, og en fysiker om skiftende dimensioner og dynamiske målestokke, og en kosmolog kan ved at indsatte $a = \pi$ også beskrive sovende lukkede kredsløb med statisk balance mellem ekspansion og kontraktion, kredsløb som igen kan vækkes ved dynamisk feedback med omgivelserne.

Idet jeg håber, at disse betragtninger kan tilskynde til mere interesse for kosmologien, især blandet unge, der synes, at tilværelsen er kedelig, tegner jeg

Med venlig hilsen

S. M. Pedersen, Skydebanevej 2B, 8600 Skanderborg

Nye bøger

Michael Cramer Andersen og Jens Olaf Pepke Pedersen

Universet i en nøddeskal

Siden den meget succesrige bog "A Brief History of Time" udkom (på dansk: "Hawkings Univers", 1988), har læserne – og forlagene – hungret efter en fortsættelse. I 1996 blev den populære bog genudgivet i en flot illustreret udgave, "Hawkings Illustrerede Univers". Hvor Hawkings Univers var lineært opbygget er den nye bog opbygget som et træ: De første to kapitler udgør en central stamme hvorfra de andre fem kapitler forgrener sig. Man kan eventuelt vælge, at springe det indledende kapitel over hvis man har godt styr på almen relativitetsteori og kvantemekanik. Kapitel to handler om tidens form og hvordan tiden kan forlignes med kvantemekanikken. De følgende kapitler handler om 3) Universets udvidelse og Universets historier 4) Informationstab i sorte huller 5) Tidsrejser 6) Udviklingen af kompleksitet i biologi og elektronik og 6) Bor vi på en bran eller er vi bare hologrammer?

Nogle af emnerne er behandlet temmelig fantasifuldt hvilket er okay hvis man blot vil underholdes. At der er tale om en populær bog vidner illustrationerne om. Et sted (side 77) mangler enhederne på akserne af et diagram, der ser ud til oprindeligt at stamme fra faglitteraturen. At der må være tale om galaksernes størrelsesklasse som et mål for galakseafstandene kræver nok lidt overvejelse.

Teksten er generelt velskrevet men fylder kun 1/3 af bogen, da illustrationerne har overtaget. Der er mange sjove anekdoter i bogen som i det store og hele er en udmærket fortsættelse til populævidenskabens måske største succes til dato. Siden sidst har Hawking indgået nye væddemål med Kip Thorne (han tabte det sidste) og har medvirket i et afsnit af tv-serien Star Trek, hvilket han er meget stolt af. (MCA).

Universet i en nøddeskal, Stephen Hawking, Oversat af Jan Teuber, Gads Forlag 2002, 216 sider, ill., 229,- kr.

Der var engang et univers

Mysteriet om verdens skabelse har forundret og fascineret til alle tider. I *Der var engang et univers* beretter Michael J. D. Linden-Vørnle om de seneste 100 års indsigt i universet og dets opståen. Kvants læsere kender allerede forfatteren fra artiklen i forrige nummer om jagten på intelligent ikke-jordisk liv (som han forhåbentlig får tid til at skrive fortsættelsen af til næste nummer af Kvant), og Michael Linden-Vørnle fortæller i bogen veloplagt om forskerne, deres idéer og eksperimenter. Skrivestilen er måske til tider lidt for veloplagt, men bogen er svær at lægge fra sig, før man er færdig med den. Bogen slutter med en status over vores viden om universet i dag og de apparater, der i de kommende år skal føre os videre i jagten på en kosmologi – en beskrivelse af universets oprindelse og skæbne. (JOPP).

Der var engang et univers – Jagten på et verdensbillede, Michael J. D. Linden-Vørnle, Høst og Søn 2002, 180 sider, 199,95 kr.

Holgers Univers

Professor Holger Bech Nielsen fra Niels Bohr Institutet i København er som atomfysiker verdenskendt for sine store ideer om universets mindste byggeklodser. Kollegerne betagter ham som et geni, og han er elsket af den brede offentlighed for sine entusiastiske og underholdende foredrag rundt i landet, på film og i tv om Big Bang, og hvad deraf fulgte. I denne lettilgængelige bog fortæller Holger i tre interview om universet før, nu og i fremtiden, og Jens Kerte fortæller om Holger suppleret med beretninger om forskning i universet til alle tider. (MCA).

Holgers Univers, Jens Kerte, Forlaget Aschehoug 2002, 154 sider, 179,- kr.

Gyldendals store himmelguide

Bogen henvender sig til astronomiinteresserede, som dels vil udforske nattehimmelen på egen hånd og dels vil nyde de storslåede billeder som strømmer fra de store teleskoper. Første kapitel er en oversigt over vores billede af universet, astronomernes værktøj, rumfart og masser af historier om de videnskabsfolk som har udviklet de mange teknikker. Altsammen leveret i korte to-sides opslag som gør det meget overskueligt.

Hvis man har et lille teleskop som man ikke helt ved hvordan man skal stille ind på de mange planeter, stjernetaår, kometer og galakser er der råd at hente i bogens andet kapitel. Der findes nyttige informationer om teleskoptyper, astrofotografering, eksponeringstider, CCD-detektorer, billedbehandling, planetarieprogrammer og anden astronomi på nettet. Bogen er en god guide inden man går ud og køber udstyr for mange tusinde kroner og med sin pædagogiske opbygning og lækre layout er det en nydelse at bladere i bogen. Man får lyst til at købe sit eget teleskop og finde sig en mørk plet på landkortet. Kapitel tre beskriver hvordan og hvad man kan observere på Solen og Månen, bl.a. formørkelser og månekratere. Planeterne, asteroider og kometer behandles i kapitel fire med mange nye billeder fra forskningen de seneste år. Kapitel fem beskriver nordlys, meteorer, satellitspor samt observation af stjerner og galakser. I bogens sidste kapitel findes en række stjerneskort hvor man kan læse om interessante objekter i hvert enkelt stjerneskort for sig. Dette er helt uundværligt for amatører astronomer. I bogens appendiks findes en righoldig beskrivelse af supplerende læsning, astronomiske foreninger m.m. En sand perle og en god gaveidé. (MCA).

Gyldendals store himmelguide, 2. reviderede udgave. Redigeret af John O'Byrne, dansk udgave ved Lars Lindberg Christensen, Gyldendals Forlag 2002, 288 sider, 199,- kr.

Physically Speaking

Bogen indeholder en meget omfattende samling citater fra fysikken og astronomiens verden. Citaterne er sorteret efter emne, men der er et forfatter indeks, og der er både de dybsindige, de berømte, de pudsige og de mere ukendte citater. Umiddelbart er det svært at se et større behov for en sådan bog, men citaterne er underholdende og bogen kan godt læses for underholdningsværdien alene. Vi vover en enkelt smagsprøve af Ya. B. Zeldovich, russisk kosmolog: "Cosmologists are often in error, but never in doubt." (JOPP).

Physically Speaking, C. C. Gaither og A. E. Cavazos-Gaither, Institute of Physics Publishing, 492 sider.

Hurra for Peter Plys

Forfatteren Brian Sibley blev som barn fascineret af A. A. Milnes historier om Peter Plys og har skrevet flere bøger om Plys og hans univers (bl.a. "The Pooh Book of Quotations"). Nu foreligger denne "hyldestbog" som – på grundlag af breve, fotografier, tegninger, samtaler m.m. – fortæller hele historien om hvordan Peter Plys ("Winnie the Pooh") blev til. Temmelig overraskende er f.eks. Pooh oprindeligt ikke en bjørn, men en svane i historien. Men da "vi sagde farvel til svanen, beholdt vi navnet, fordi vi regnede med, at svanen ikke skulle bruge det mere," og siden blev Milnes søns bamse til "Pooh". Navnet Winnie stammer fra en bjørn i London Zoo. Denne bjørn var opkaldt efter byen Winnipeg og var – efter en tid som uofficiel maskot for et canadisk regiment – endt i England i forbindelse med 1. verdenskrig, og således får vi forklaringen på figurer, steder og historierne tilblivelse.

"Hurra for Peter Plys" er skrevet i Peter Plys' charmerende sprog og rigt illustreret med mange af de originale skitser og illustrationer. (JOPP).

Hurra for Peter Plys, Brian Sibley, oversat af Karin Bodenhoff, Gyldendals Forlag 2002, 128 sider, 225,- kr.

40cm teleskopet til Wieth–Knudsen Observatoriet

Michael Quaade, formand for Astronomisk Selskab.

Fredag den 8. november blev det længe ventede 40cm Meade LX200 GPS teleskop leveret til Wieth–Knudsen Observatoriet i Tisvilde. Der var da gået mere end et år siden vi bestilte teleskopet i de første dage af november 2001.

Opstillingen af teleskopet foregik temmelig dramatisk. Det er for stort til at komme op ad trappen til kuppelrummet, så det skulle løftes ind gennem spalten af en kran. Vi var en mand på taget af observatoriet til at styre teleskopet ind gennem spalten og et par stykker indenfor til at tage imod. Operationen lykkedes helt uden komplikationer og teleskopet står nu boltet til en 15mm stålplade på toppen af den murede sokkel i kuppelrummet.

Teleskopet er opstillet alt-azimutalt på en solid gaffelmontering. Sammenlignet med ækvatorealt opstillede teleskoper giver det en høj grad af observationskomfort, da okularet altid befinder sig i en bekvem position. Når dette læses har vi modtaget en feltderotorenhed, som sponsoreres af importøren, Erik Persson, så teleskopet også kan bruges til fotografering.



Figur 1. Teleskopet løftes op af transportkassen. Foto: John Weile.

De første observationer af astronomiske objekter – *first light* – fandt sted søndag 10. november, hvor der lejlighedsvis var større partier med klar himmel. Vi var fem personer fra foreningen, Birgit Fejerskov, Vitha Weitemeyer, George Callum Crichton, Paul Elmo Pedersen og undertegnede, der deltog i den store begivenhed. Førstehåndsindtrykket er, at teleskopet fuldt ud lever op til vores forventninger. Kugleformede stjernehober er f.eks. helt fulde af funkende enkeltstjerner på en helt anden måde end i det lille 20cm LX3 teleskop, der hidtil har stået i observatoriet. Den elektroniske styring fungerer ligeledes tilfredsstillende. Det medfølgende 26mm okular har med 4 meters brændvidde et felt på ca. 20 bueminutter, så det er vigtigt at

teleskopet kan styres forholdsvis præcist. Det viste sig at objekterne hver gang var nær midten af feltet, så også på dette punkt holder teleskopet hvad det har lovet.

Det var ikke uden en vis lettelse at vi konstaterede at teleskopet var i orden med hensyn til både optik og styring. Dagen før, da vi for første gang satte strøm til teleskopet, havde det nemlig vist sig at motoren på den vandrette akse var helt død. Efter en del fejlsøgningsarbejde lykkedes det at spore problemet til et knækket kabel. Da vi havde loddet det, fungerede elektronikken og motorerne heldigvis som forventet.



Figur 2. Teleskopet manøvreres ind gennem kuppelspalten. Foto: John Weile.

Forsinkelsen af leveringen skyldes især at Meade fabrikkerne skiftede til en ny forbedret model kort efter at vi havde afgivet vores bestilling. Selv om det har givet anledning til en forsinkelse kan vi kun være tilfredse med de konstruktionsmæssige forbedringer:

- Der er indbygget en 16-kanal GPS enhed til fastlæggelse af position og klokkeslæt. Positionen har ikke den store betydning i vores tilfælde, da teleskopet ikke skal flyttes, men det er en stor fordel med et GPS styret ur, der også kan bruges til at synkronisere tiden for observatoriets computersystemer.
- Det er forsynet med en to-trins fokusering, hvor finjusteringen er anbragt i okularudtrækket og styres fra fjernbetjeningsenheden. Det vil dels betyde at teleskopet betjenes helt uden at man rører ved det og dels undgås at billedet hopper en lille smule ved fokusering. Dette hop kan ellers virke generende ved Schmidt-Cassegrain teleskoper, der fokuseres ved at det store hovedspejl flyttes.
- Den indbyggede database indeholder nu 145000 objekter i stedet for "kun" godt 64000. Der er

dog ikke tale om 145000 forskellige objekter, da f.eks. alle hobe, tåger, galakser mv. i Messier kataloget (bortset fra nr. 45, Plejaderne) også er indeholdt i NGC og IC katalogerne. Der må dog alligevel formodes at være tilstrækkeligt med objekter til de første par nætters observationer. Hvis det ikke er nok, kan vi tilføje brugerdefinerede objekter som f.eks. nyopdagede kometer. Vi kan naturligvis også styre teleskopet fra observatoriets computersystem.

- Teleskopets microprocessorstyring har nu programmerbar korrektion for små fejl i snekkedrevene på begge akser. Det har stor betydning for teleskopets evne til at følge objekterne præcist hen over himlen, når det er opstillet alt-azimutalt.
- Teleskopets optiske overflader er forsynet med

forbedrede *Ultra High Transmission Coatings*, som giver en mere lysstærk gengivelse af objekterne. Denne optiske coating er normalt ekstraudstyr, men vi fik det med som en kompensation for forsinkelsen.

Alt i alt er det et af de største og mest teknologisk avancerede teleskoper til alment brug på dansk grund og det er det første af sin art i Europa. Tisvildes mørke himmel og rolige luft giver så gode observationsforhold som man kan opnå her i landet, så et besøg i Wieth-Knudsen Observatoriet kan ikke undgå at blive en stor astronomisk oplevelse. Der er åbent hus den anden og den sidste lørdag i hver måned året rundt og herudover mulighed for at skoleklasser og andre grupper kan træffe aftaler om besøg andre dage. Kontaktperson er: Carl-Otto Jakobsen, Tisvilde Bygade 70, 3220 Tisvildeje. Tlf. 4870 8089, e-post: coj47@ofir.dk

Nyt fra Dansk Geofysisk Forening

Dansk Geofysisk Forening

Hjemmeside: www.gfy.ku.dk/~dgf

Geofysisk Afdeling
Juliane Maries Vej 30
2100 København Ø
E-mail: dgf@gfy.ku.dk

Kristian Keller (formand) (krk@kms.dk)

Henning Haack (hh@savik.geomus.ku.dk)

Karen Guldbæk Schmidt (kgs@gfy.ku.dk)

Lennart Sorth (Lennart.Sorth@uni-c.dk)

Anders Svensson (kasserer) (as@gfy.ku.dk)

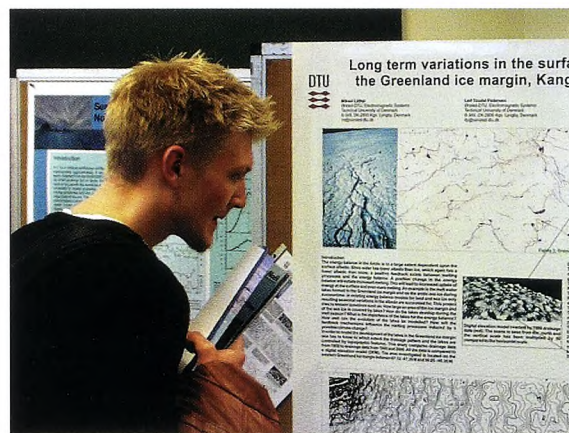
“Magnetisme på Mars” og filosofiske betragtninger over livets oprindelse. Dagen afsluttedes med en tur i Halloween fredagsbaren i studenterforeningen.



Figur 1. De to glade vindere af konkurrencen om bedste præsentationer, Anne Louise Vest, KU, og Joakim Arnfeldt Westergaard, AU.

Geofysikdag 2002

Fredag den 1. november 2002 havde Dansk Geofysisk Forening i forbindelse med Geofysisk Studenter Forening og Geofysisk Afdeling, Københavns Universitet, arrangeret en Geofysikdag. Programmet indeholdt bla. studenterpræsentationer, postersession og virksomhedsmesse. Arrangementet var en stor succes med deltagelse af over 100 studerende, repræsentanter fra 10 virksomheder, og andre interesserede. De studerende kom fra KU, AU, DTU, DMI og DMU. Deltagerne blev underholdt og bispist dagen igennem, og der var bred enighed om at arrangementet var et godt initiativ, som bør videreføres i fremtiden. Den bedste posterpræsentation og den bedste mundtlige præsentation blev hver præmieret med en flot gave. Efter middagen gav Jens Martin Knudsen et festfordrag om



Figur 2. De flotte poster blev grundigt studeret af de interesserede studerende.

Leoniderne 2002 – et festfyrværkeri af stjernes kud!

Camilla Bacher og Lars Bakmann, Astronomisk Selskab

Artiklen er fortsat fra Bagsiden!

7 danske observatører organiseret i meteorsektionen i Astronomisk Selskab. Der var endnu et maksimum, nemlig kl. 10:50 UT med en ZHR-værdi på 2660, men da det ikke var synligt fra Danmark, forbigår vi det i dybeste tavshed.

Traditionelt plejer der at indkomme flere hundrede observationer, men de kommer dryssene i ugerne efter observationerne (dette er skrevet en uge efter Leonidernes maksimum). Til gengæld giver de "normale" rapporter flere informationer, bl.a. er der her angivet lysstyrker for de enkelte meteoror, og de er vigtige, da de siger noget om sværmenes fysiske natur. Der er bl.a. naturligt nok en sammenhæng mellem en meteors lysintensitet og den indkomne partikels masse. De mange observationer som amatører astronomer på denne måde bidrager med, udgør den væsentligste mængde af de data, som fagastronomer, der beskæftiger sig med meteorastronomi, har til rådighed for deres forskning. Det er dermed et godt eksempel på, at dedikerede amatører stadigvæk kan bidrage med materiale til videnskaben.

Hvad kan observationerne bruges til?

Det vi så, var materiale frigjort fra kometen Temple-Tuttles perihelpassage i 1767. De fleste meteoror, vi så denne morgen, skyldes småpartikler ikke større end knappenålshoveder, men med en kolossal bevægelsesenergi, idet de kolliderer med Jordens atmosfære med 70 km/s. Under kollisionen exciteres atomer såvel i atmosfæren som i den fordampede meteoride, og det er ved atomernes relaxation, at det lys, vi ser på himlen som en lysende meteor, fremkommer.

Materialet stammer således fra kometer, og studiet af meteoror er på den måde tæt forbundet med studiet af kometer! Vor viden om kometerne stammer i meget høj grad fra komet Halleys passage igennem det indre

solsystem i 1986. Det var her rumsonden Giotto første gang viste os "den snavsede snebold" – kernen af en komet, hvorfra der frigjortes gasser og partikler pga. opvarmningen fra Solen.

Dette frigjorte materiale bevæger sig i samme bane som kometen, men får ved løsrivelsen en ekstra hastighedskomponent som gør, at det efterhånden bevæger sig væk fra kometen og får sin egen bane. Den helt store forskel på de forudsætninger, som de fire grupper, der er kommet med Leonideprædiktioner, har gjort, før de foretog deres beregninger, er den valgte model for kometens afkast af materiale. Ved at sammenligne de indkomne observationer med forudsigelserne, er det håbet, at det kan bidrage til en øget forståelse af, hvad der sker, når kometer frigør materiale fra kernen ved deres passage omkring Solen.

Det er selvfølgelig også rart for os alle, at man præcist kan forudberegne, hvornår man skal kigge, så man ikke skal stå og fryse forgæves på sådan en kold november-nat. Men også fagastronomer kan have glæde af at vide, hvornår de skal planlægge store kampagner omkring f.eks. Leonidesværmenes maksimum. Både NASA og ESA har store kampagner kørende i forbindelse med de seneste Leonider-maxima. NASA kørte "Leonid MAC" kampagnen, hvor to fly, udstyrede med fluxtællere og spektrometre, observerede Leonider over Atlanterhavet, og resultaterne herfra afventes med spænding.

Blandt andet giver den høje koncentration af meteoror en sjælden mulighed for at tage spektre af dem. Et moderne spektrometer dækker kun en beskedent del af himlen, og meteoror skal være forholdsvis lysklare for at kunne registreres. Spektret af en meteor består af en "sort-legeme" komponent, der siger noget om temperaturen af luften i meteorsporet, som er på omtrent 4200 grader Celcius. Spektret indeholder desuden emissionslinier fra såvel atmosfæren som den fordampede partikel. Man har f.eks. bestemt det relative indhold af metaller som Mg, Fe, Ca, og Na, og har iagttaget, at de har en lighed med de ældste meteoritter – de såkaldte

Tabel 1. Sammenligning mellem forudsigelser og det faktisk observerede antal meteoror, som var synlige fra Danmark, fra sporet efter Temple-Tuttle kometens passage i 1767. (Dansk tid = UT + 1).

McNaught/Asher	Lyytinen m.fl.	Vaubailon	Jenniskén	Observeret
03:56 UT ZHR = 1000	04:03 UT ZHR = 3500	04:04 UT ZHR = 3400	03:48 UT ZHR = 5900	04:10 UT ZHR = 2350

C 1-chondritter. [2] Man har ligeledes søgt efter linier fra organisk materiale, som man formoder, at kometer kan indeholde, endnu dog uden held.

Spektroskopiske studier giver således en mulighed for at studere den kemiske sammensætning af kometer – mere detaljeret viden kan vi først vente, når det lykkes rumsonder at hjembringe materiale direkte fra kometer. Både NASA og ESA har planer herom i de kommende år [3] og [4].

Næste meteorstorm om 100 år?

Leoniderne gav anledning til en høj aktivitet både i 1999, 2001 og 2002. Til gengæld tyder foreløbige beregninger på, at vi må vente knapt 100 år, før der igen kommer storm fra Leoniderne. I mellemtiden kan man nyde de to "stabile" meteorsværme Perseiderne (12. august) og Geminiderne (13. december) som hvert år giver anledning til, at man kan iagttage ca. 60 meteoror i timen, forudsat at Månen ikke generer. Er man interesseret i at observere meteoror i fremtiden, kan man finde yderligere informationer om meteorobservation på Astronomisk Selskab, Meteorsektionens hjemmeside [5].

Referencer:

- [1] Den Internationale Meteorsektionens hjemmeside:
<http://www.imo.net>.
- [2] Borovicka m.fl. (1999) "First results from video spectroscopy of 1998 Leonid meteors", *Meteoritics & Planetary Sciences*, on-line her: <http://www.asu.cas.cz/~borovic/fulltext.htm>
- [3] Læs om NASAs mission "Stardust" til komet Wild 2:
<http://stardust.jpl.nasa.gov>.

[4] Læs om ESAs Rosetta-sonde, der skal besøge komet Wirtanen: <http://sci.esa.int/home/rosetta>

[5] Astronomisk Selskab, Meteorsektionens hjemmeside:
<http://as.dsri.dk/sekt/meteor>



Camilla Bacher læser kemi på Københavns Universitet og er medlem af Kvants redaktion. Hun talte 232 Leonider på 1 time og 10 minutter i 2002, og 484 Leonider på 1,5 time fra USA i 2001.



Lars Bakmann leder meteorsektionen i Astronomisk Selskab og er til daglig maskinchef ved Molslinien. Han talte 304 Leonider på 2,25 timer om morgenen den 19/11 2002.

Kupon til bestilling af Kvant

Navn: _____

Stilling: _____

Adresse: _____

Postnr. og by: _____

Telefon: _____

E-mail: _____

Jeg er ☐ under uddannelse ☐ pensionist

Jeg ønsker

- | | |
|--------------------------|---|
| ☐ | abonnement på Kvant (135 kr. pr. år) |
| ☐ | medlemsskab af Astronomisk Selskab |
| ☐ | medlemsskab af Dansk Fysisk Selskab |
| ☐ | medlemsskab af Dansk Geofysisk Forening |
| ☐ | medlemsskab af Selskabet for Naturlærens Udbredelse |

Du modtager automatisk Kvant, hvis du er medlem af en af de fire foreninger.



POST

Sendes ufrankeret
Modtageren
betaler portoen

KVANT
Ørsted Laboratoriet
Universitetsparken 5
+++ 1385 +++
2100 København Ø

Leoniderne 2002 – et festfyrværkeri af stjernes kud!

Camilla Bacher og Lars Bakmann, Astronomisk Selskab

Om morgenen den 19. november gav meteorsværmen Leoniderne anledning til en usædvanlig stor mængde meteoror eller stjernes kud som de populært kaldes. Fænomenet var forudsagt i god tid i forvejen, og både aktive amatører såvel som "Hr. og Fru Jensen" var lokket ud under stjernehimlen denne morgen takket være en pæn dækning af begivenheden i medierne. Og vi blev ikke skuffet: Foreløbige observationer fra danske observatører tyder på, at der ved maksimum omkring kl. 5:10 dansk tid blev observeret ca. 10 meteoror i minuttet.

Et entusiastisk øjenvidne, Ellen Lassen, observerede fra Greve:

Det var da et vejr, der ville noget her til morgen. Jeg kom op, blev pakket ind, og så i løbet af 40 minutter 194 flotte stjernes kud. Det var en kæmpe oplevelse. Aldrig har jeg set så mange, så store og så tydeligt sætte spor på himlen. Det var helt tydeligt, at intensiteten steg lige omkring kl. 5, jeg blev lidt høj over at være tilskuer til så storslået et skue. Jeg er imponeret over, at man kan forudsige tætheden så præcist. Herlig morgenstund!

På forhånd havde fire grupper af fagastronomer forsøgt at beregne såvel tidspunktet for maksimum som det antal meteoror, man kunne forvente at iagttage. Det sidstnævnte er i meteor-fagsprog udtrykt ved den såkaldte ZHR-værdi (Zenithal Hourly Rate), der er et idealiseret tal for antallet af synlige meteoror, altså hvad en enkelt observatør kunne forvente at se under "perfekte" betingelser, dvs. med en perfekt mørk himmel (dvs. at man kan se stjerner så lyssvage som af størrelsesklasse 6,5) og med radianten – det sted hvorfra meteoror ser ud til at komme fra – i zenit. I praksis ser man altid mindre!

Forudsigelserne og de observerede værdier for tidspunkter og antal for det første maksimum – det der var synligt fra Danmark – er anført i tabel 1. Observationerne er baseret på 85 såkaldte express-rapporter, som er indkommet via den Internationale Meteororganisations hjemmeside [1], hvor observatører kunne taste deres resultater ind umiddelbart efter, at forestillingen på himlen var forbi. Der er tale om en begrænset rapport, hvor observatøren angiver sin geografiske position samt grænsestørrelsesklassen, og i intervaller af f.eks. 5



Figur 1. Juan Carlos Casado kombinerede 30 billeder med hvert et minuts eksponeringstid for at få dette spektakulære billede. En fiskeøjelinse var rettet imod stjernebilledet Løven, hvorfra meteoror ser ud til at komme. Det klare objekt ca. midt i billedet er planeten Jupiter. Billedet er optaget fra Kap Creus Naturparken på den spanske østkyst, og man kan skimte Middelhavet i bunden af billedet. Foto: Juan Carlos Casado, www.skylook.net.

minutter angiver antallet af sete Leonide-meteoror. Ud fra dette kan ZHR-værdien beregnes.

Det foreløbige IMO cirkulære angiver et maksimum kl. 05:10 dansk tid og en ZHR-værdi på 2350. Dette er i god overensstemmelse med observationer foretaget af

Fortsættes inde i bladet side 42.