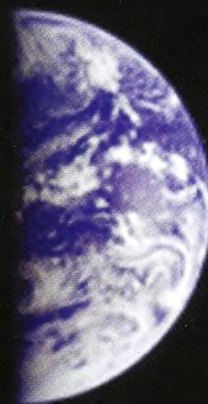


KVANT

Marts
2006

1

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 17. årgang



- JORDENS ALDER
- DEN KOLDE PLANET
- SEJE VÆSKER OG GLASOVERGANGEN
- HVORFOR ER DNA HØJREDREJET?
- TØRKE MÅLT FRA RUMMET
- VIDENSKABENS ULØSTE PROBLEMER
- DFS ÅRSMØDE • KVANT-NYHEDER
- OPGAVER • AKTUELLE BØGER

LØSSALGSPRIS: 40 KR

KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

c/o Niels Bohr Institutet
Universitetsparken 5
DK-2100 København Ø

Hjemmeside : www.kvant.dk
E-mail : kvant@kvant.dk

Udgives af

Astronomisk Selskab,
Dansk Fysisk Selskab,
Dansk Geofysisk Forening,
Selskabet for Naturlærens Udbredelse,

Redaktion

Michael Cramer Andersen (ansv. red.)
Ordrup Gymnasium
Camilla Bacher (AS)
Mærsk Olie & Gas
Jørgen Friis Bak, Aarhus Universitet
Jørn Johs. Christiansen (SNU)
Torsten Freltoft, Sophion Bioscience A/S
Mogens Esrom Larsen,
Matematisk Institut, KU
Sven Munk (nyhedsredaktør)
John Rosendal Nielsen (nyhedsredaktør)
Jens Olaf Pepke Pedersen,
Danmarks Rumcenter
Finn Berg Rasmussen, Ørsted Lab, KU
Svend E. Rugh

Abonnementspris : 160 kr/år.

Kvant udkommer 4 gange årligt og er medlemsblad for de udgivende selskaber. Henvendelser vedr. abonnement til forretningsfører Lene Körner tlf. 35 32 07 62 (koerner@kvant.dk).

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. Henvendelser om annoncer til redaktøren, tlf. 22 67 26 42.

Oplag: 2500. Tryk: P.J. Schmidt A/S,
Vojens. ISSN 0905-8893



Produktionsplan

Nr. 2-06 udkommer ca. 15. maj
Nr. 3-06 udkommer ca. 1. september
Deadline for mindre bidrag og annoncer er ca. en måned før, længere artikler skal modtages to måneder før.

Indhold:

Solsystemets tidlige udvikling studeret med Mg og Pb isotoper i meteoritter

Martin Bizzarro og David Ulfbeck 3

Den kolde planet

Christian Vinter 6

Ændringer i Jordens tyngdefelt fra GRACE – tørke, oversvømmelse og is-afsmeltning målt fra rummet

Ole B. Andersen 9

Seje væsker og glasovergangen

Jeppe Dyrre og Thomas Schrøder 12

Dansk Fysisk Selskab – Årsmøde den 1.-2. juni 2006 16

KVANTE-stigen – meddelelser om stort og småt 18

Hvorfor er DNA en højregjenget dobbelheliks og hva var opprinnelsen til livet på Jorden?

Olav Steinsvoll 19

Opgave-hjørnet

Jens Højgaard Jensen, John R. Nielsen og Michael C. Andersen 24

Naturvidenskabens største uløste problemer

Michael Cramer Andersen 26

KVANT-nyheder

John Rosendal Nielsen og Sven Munk 29

Aktuelle bøger 32

Fysikforsøg: Stående bølger i en kaffekop

Klaus Seiersen og John Rosendal Nielsen 35

Oriontågen – skarpere end nogensinde

John Rosendal Nielsen Bagsiden

Forsiden viser Jorden og Månen fotograferet af

Galilei-rumsonden på en forbiflyvning af Jorden i december 1990 (JPL/NASA). I dette nummer af Kvant kan man læse flere artikler relateret til vores planet. I den første artikel fortæller Martin Bizzarro og David Ulfbeck om den hidtil mest præcise aldersbestemmelse af det materiale som Jorden blev dannet af. Christian Vinter beretter om opdagelsen af den hidtil mindste exoplanet med en masse på få gange Jordens masse. Ole B. Andersen fortæller om hvordan tørke, oversvømmelser og isafsmeltning kan kortlægges gennem målinger af små tyngdefeltsvariationer med GRACE-satellitterne. Herudover er der artikler om seje væsker og glasovergangen, hvorfor DNA er højredrejet samt en oversigt over videnskabens største uløste problemer. God læseslyst!



Bestilling af ekstra eksemplarer af dette nummer (40 kr. per stk. inklusiv forsendelse) kan ske på kvant@kvant.dk så længe lager haves.

Solsystemets tidlige udvikling studeret med Mg og Pb isotoper i meteoritter

Martin Bizzarro og David Ulfbeck, Axiom Laboratoriet, Geologisk Institut, Københavns Universitet

De første isotopstudier af meteoritternes (og Solsystemets) alder fandt sted allerede i 1950'erne, men særligt indenfor det seneste årti har udviklingen taget fart i takt med udviklingen af nyt apparatur og nye analytiske metoder. I det følgende præsenterer vi nogle af de seneste resultater fra udforskningen af Solsystemets tidligste historie gennem isotopstudier af materiale fra meteoritter.

Indledning

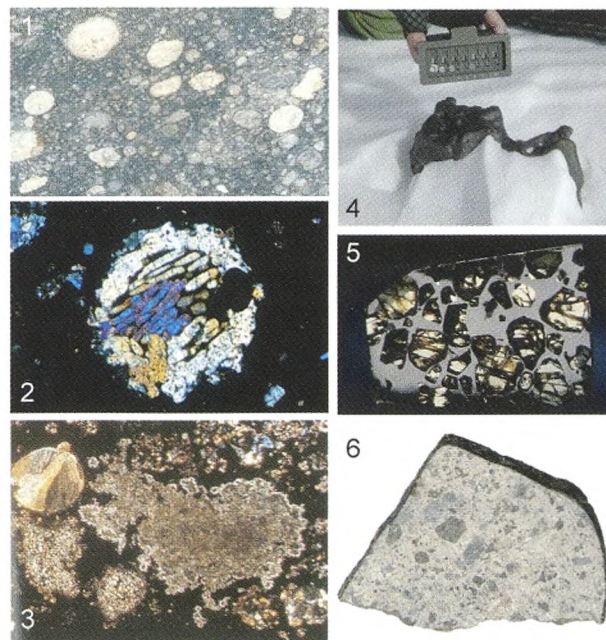
Radioaktive henfaldssystemer fungerer som kronometre der kan bruges til at teste modeller for Solsystemets dannelse [1]. De kronologiske studier udføres på materiale fra meteoritter som repræsenterer rester af det materiale de tidligste planeter eller asteroider dannedes af.

Boks 1: Meteoritter

Meteoritter inddeles overordnet i to grupper: kondritter og ikke-kondritter. Kondritter er komplekse legemer sammensat af flere komponenter med forskellig alder og oprindelse. Den hyppigst forekommende bestanddel i kondritter er kondruler, små (0,01-10 mm) legemer af silikatminerale der krystalliserede fra dråber af "smelte" i løbet af få timer tidligt i Solsystemets historie. Endvidere findes Calcium Aluminium rige Inklusioner (CAI), fra mm til cm store uregelmæssige aggregater af Ca- og Al-rige mineraler. CAI betragtes som de tidligst dannede komponenter i vores solsystem, og menes ligesom kondruler at være krystalliseret ud fra en smelte. Herudover indeholder kondritter Fe-Ni legeringer og silikatminerale sat i en finkornet matrix. Kondritter er karakteriseret ved ikke at besidde tegn på opsmeltning. I modsætning hertil viser ikke-kondritter tegn på at de engang var opsmeltede, omend i meget variabelt omfang. En kategori af ikke-kondritter er de *differentierede meteoritter* omtalt i denne artikel. Disse omfatter tre hovedgrupper:

- jernmeteoritter (kernen)
- sten-jern meteoritter (kerne/kappe)
- akondritter (skorpe),

hvor hver gruppe antages at repræsentere fragmenter (angivet i parentes) af differentierede asteroider. Angritter, Eucrit og Diogeniter repræsenterer forskellige fragmenter af skorpen på sådanne differentierede meteoritter. I billedserien (figur 1) er vist eksempler på Kondrit-meteoritter.



Figur 1. Eksempler på Kondrit-meteoritter (1), kondruler (2), CAI (3), jern meteoritter bestående af en Fe-Ni legering (4), sten-jern meteoritter som den viste Pallasit med olivin krystaller omgivet af Fe-Ni legering (5) samt en Eucrit (6).

Radioaktive henfaldssystemer med lange halverings-tider såsom U-Pb ($T_{1/2} = 7,04 \times 10^8$ år (^{235}U), $4,45 \times 10^9$ år (^{238}U)), ^{40}K ^{40}Ar ($T_{1/2} = 1,27 \times 10^9$ år), ^{87}Rb ^{87}Sr ($T_{1/2} = 4,88 \times 10^{10}$ år), ^{147}Sm ^{143}Nd ($T_{1/2} = 1,06 \times 10^{11}$ år) og mange andre, har i vid udstrækning været brugt til at aldersbestemme begivenheder i den tidlige jords udvikling og til at datere meteoritter. Disse henfaldssystemer omtales også som absolutte kronometre fordi de måler tiden fra en given proces fandt sted indtil idag. De analytiske usikkerheder sætter dog en begrænsning for hvor godt begivenheder kan adskilles i tid ved brug af absolutte kronometre. Det har affødt en interesse i brugen af "fossile", eller relative, kronometre, baseret på meget kortlivede henfaldssystemer såsom ^{26}Al ^{26}Mg ($T_{1/2} = 0,73 \times 10^6$ år), ^{60}Fe ^{60}Ni ($1,5 \times 10^6$ år) eller ^{53}Mn ^{53}Cr ($T_{1/2} = 3,7 \times 10^6$ år). I modsætning til de absolutte kronometre er disse henfaldssystemer karakteriseret ved at alle

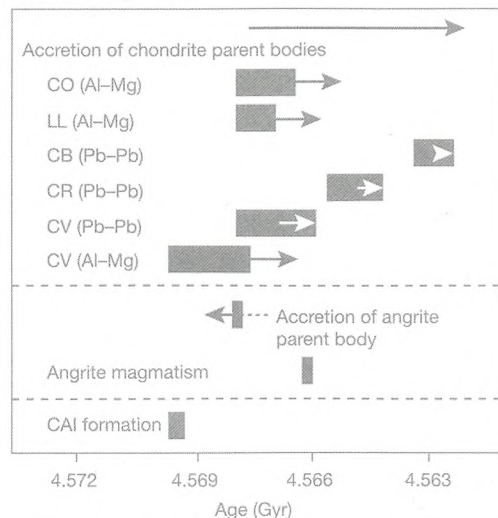
de radioaktive kerner forlængst er henfaldet, og man forlader sig dermed på at identificere komponenter (meteoritter eller mineraler heri) som stadig bevarer et overskud af datterkernen relativt til den gennemsnitlige sammensætning af Solsystemet. Under antagelse af, at moderkernerne var homogent fordelt i det tidlige solsystem, og at forholdet mellem moder- og datterkerner samt den initiale isotopsammensætning for datterelementet er kendt kan man på baggrund af overskuddet i antallet af datterkerner beregne over hvor lang tid moderkernen er henfaldet. Analytisk kan overskuddet af datterkerner bestemmes med stor præcision, og usikkerheden på tidsbestemmelserne er derfor lille (< 50.000 år). Fordi moderkernerne ikke længere findes har man ved kun at studere kortlivede henfaldssystemer ingen mulighed for at bestemme hvor længe siden disse processer fandt sted. Hvis man imidlertid kan kombinere absolutte og relative kronometre, dvs. analysere både kort- og langlivede henfaldssystemer i det samme materiale, kan man knytte aldersbestemmelserne fra de relative kronometre til en absolut alder og derved med høj præcision adskille processer der fandt sted i de første millioner år af vort solsystems historie.

Et sådant studie blev fornylig gennemført på en sjælden klasse af meteoritter kaldet Angritter [2]. Disse meteoritter repræsenterer fragmenter af den basaltiske skorpe fra asteroider der i forbindelse med opsmeltning af deres indre gennemgik kemisk udskillelse (differentiering) af en tung jernrig kerne omgivet af en lettere silikat-rig kappe og skorpe. Prøverne blev analyseret for deres Pb og Mg isotop sammensætninger ved hjælp af et plasma-kilde massespektrometer i Axiom laboratoriet på Geologisk Institut i København. Instrumentet, der er den eneste af sin art i Danmark, er udstyret med ni detektorer så de relative mængdeforhold for op til ni isotoper af det samme element kan bestemmes med høj præcision. Resultaterne af studiet kan sammenfattes i tre hovedpunkter:

1. Skorpen på de differentierede asteroider som Angritterne stammer fra dannedes for $4,5662 \pm 0,0001 \times 10^9$ år siden.
2. Dette fandt sted på et tidspunkt hvor ^{26}Al (og højst sandsynligt også andre kortlivede radioaktive isotoper) stadig eksisterede i tilstrækkelig mængde til at levere varme så opsmeltning af asteroidens indre og differentiering kunne finde sted.
3. Den relative $^{26}\text{Al} / ^{26}\text{Mg}$ datering af prøverne viser at tidsforskellen mellem dannelsen af Angritterne og de ældste kendte komponenter i vores solsystem, de Calcium-Aluminium rige Inklusioner (CAI) er mellem $3,3$ til $3,8 \times 10^6$ år.

Kombineret med den præcise absolutte alder for Angritterne kan man udlede et revideret bud på Solsystemets minimumsalder. Resultatet er en alder på $4,5695 \pm 0,0002 \times 10^9$ år som angiver at Solsystemet er ca. 2 millioner år ældre end tidligere beregnet.

Alderen på Angritterne relativt til CAI og primitive komponenter (kondruler) fra udifferentierede asteroider er illustreret i figur 2.

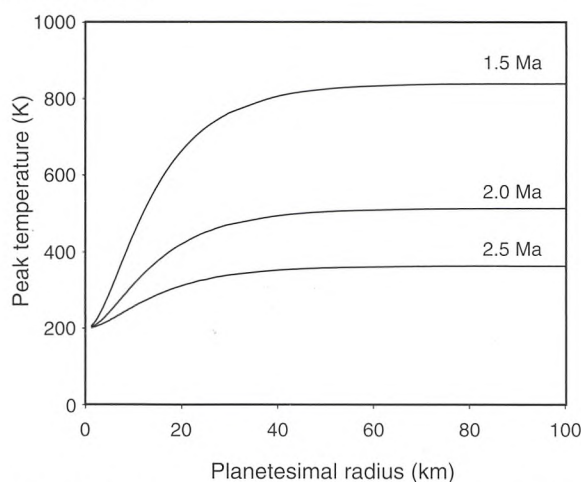


Figur 2. Tidspunktet for Angritternes dannelse sammenlignet med aldre for forskellige klasser af udifferentierede kondrit meteoritter. De mørke rektangler viser aldre (inklusive usikkerheder) på Kondritter (daterings metode angivet til venstre i diagrammet) Markeret med et gråt rektangel er alderne på kondruler i kondritter. I lighed med sedimentære bjergarter på Jorden kan kondrit asteroiderne højst være så gamle som de yngste bestanddele de indeholder. Kondrulerne sætter derfor grænser for kondrit meteoritternes maksimale aldre, markeret med pilene der udgår fra de grå rektangler. Angritterne dannedes $4,5662 \pm 0,0001 \times 10^9$ år før nu, og asteroiden som Angritterne stammer fra dannedes mindst 2 millioner år tidligere og før de udifferentierede kondritter. Alderforskellen mellem Angritterne og CAI er $3,3$ til $3,8 \times 10^6$ år.

Tidspunktet $4,5662 \pm 0,0001 \times 10^9$ år før nu er den ældste og mest præcist bestemte alder for nogen bjergart i Solsystemet og den fastlægger tidspunktet for den magmatiske proces der dannede den basaltiske skorpe på asteroiden Angritterne stammer fra. Dannelsen af selve asteroiden må derfor være foregået før og kan anslås ved at beregne hvor længe det mindst vil tage at opvarme en asteroide til smeltepunktet, hvis den eneste varmekilde er det radioaktive henfald af ^{26}Al . Den opnåede alder, $4,5680 \times 10^9$ år (figur 2) udgør således en minimumsalder for opbygningen af asteroiden, og viser at denne højst sandsynligt dannedes før de udifferentierede kondrit asteroider blev dannet (figur 2). Det vil sige at kondrit asteroiderne (ikke kondrulerne selv) der traditionelt regnes blandt de først dannede asteroider i Solsystemet faktisk er yngre end asteroiden hvorfra Angritterne stammer. Alderen begrænser endvidere tidsrummet for dannelsen af km-store asteroide legemer ud fra millimeter skala partikler til nogle få millioner år. Det er en direkte konsekvens af den lille forskel i alder mellem CAI, Angritterne og asteroiden de stammer fra.

Dermed kan man også forklare hvordan opsmeltning af legemer hvis tyngdekraft ikke er tilstrækkelig til at generere tryk og temperaturer over materialets smeltepunkt kunne lade sig gøre i det tidlige solsystems

historie. I de første millioner år af Solsystemets historie fandtes de kortlivede radioaktive isotoper af Al og efter al sandsynlighed også Fe i så tilpas store mængder at varmen til opsmeltning af asteroiderne kunne leveres udelukkende fra de radioaktive henfald. Det er dog en forudsætning at opbygningen af asteroiderne fandt sted indenfor 1-2 millioner år, ellers ville henfaldene af ^{26}Al (og ^{60}Fe) ikke levere tilstrækkelig energi til at varme asteroiderne op til smeltepunktet. Figur 3 viser modelberegninger for den maksimalt opnåede temperatur i en asteroide som funktion af radius og dannelses-tidspunkt forudsat at den eneste kilde til opvarmning er de radioaktive henfald af ^{26}Al og ^{60}Fe . Af figuren fremgår det at legemer der dannedes mere end 1,5 til 2 millioner år efter CAI ikke vil opnå en temperatur der er tilstrækkelig til at smelte en signifikant del (50 %) af asteroiden. Asteroider der dannedes senere end 2 millioner år efter CAI kan derfor ikke forventes at være differentierede.



Figur 3. Maksimal temperaturer opnået i asteroider som funktion af asteroide radius og dannelses tidspunkt. Eneste varmekilde er de radioaktive henfald af ^{26}Al og ^{60}Fe . Legemer der dannedes efter 2 millioner år vil indeholde for lidt ^{26}Al og ^{60}Fe til at generere smelter og vil derfor ikke gennemgå kemisk differentiation.

I supplement til analyserne af Angritterne er det sidenhen lykkedes at finde et lignende mønster i Mg-isotopsammensætninger for andre, mere almindeligt forekommende typer af meteoritter der alle repræsenterer fragmenter af differentierede asteroider [3]. Dermed virker det klart at de differentierede asteroider dannedes før de udifferentierede (kondritiske) asteroider. Dette stemmer overens med andre Mg isotop undersøgelser der viser at kondrulerne i kondritmeteoritter dannedes over et tidsrum der strækker sig fra dannelsen af CAI indtil mindst 2 millioner år derefter [4], og da den maksimale alder af kondritter (ligesom for jordiske sedimenter) er bestemt af alderen på den yngste komponent, er det sandsynligt at kondritasteroiderne først begyndte at dannes ca. 2 millioner år efter CAI. Kondritasteroiderne kan altså først være dannet efter at ^{26}Al og ^{60}Fe aktiviteterne var blevet utilstrækkelige til at levere energi til opsmeltning af selv store

asteroider. Dette udelukker dog ikke at de differentierede asteroider oprindeligt dannedes ud fra materiale der lignede det vi idag finder i de kondritiske meteoritter, men i så fald må alle spor heraf være blevet udslettet under opsmeltning- og differentieringsprocesserne som asteroiderne sidenhen gennemgik.

I den nærmeste fremtid vil de beskrevne Mg isotop undersøgelser blive suppleret af isotopanalyser af Ni i de samme og andre typer af meteoritter, for der igen nem at opnå en bedre forståelse af bl.a. hvilken rolle ^{60}Fe spillede for opvarmning af asteroider i det tidlige solsystems historie. Andre planlagte studier omfatter undersøgelser af ^{53}Mn – ^{53}Cr og ^{41}Ca – ^{41}K systemet, der med en halveringstid på ca. $0,1 \times 10^6$ år meget vel kunne vise sig at rumme et hidtil udforsket potentiale for høj-præcisions studier af Solsystemets allertidligste udvikling.

Litteratur

- [1] Wasserburg, G.J. (1987), Isotopic abundances: inferences on solar system and planetary evolution, *Earth and Planetary Science Letters* bind **86**, s. 129-173.
- [2] Baker, J., Bizzarro, M., Wittig, N., Connelly, J. and Haack, H. (2005), Early planetesimal melting from an age of 4.5662 Gyr for differentiated meteorites, *Nature* bind **436**, s. 1127-1131.
- [3] Bizzarro, M., Baker, J., Haack, H., and Lundgaard, K.L. (2005), Rapid timescales for accretion and melting of differentiated planetesimals inferred from ^{26}Al - ^{26}Mg chronometry, *The Astrophysical Journal* bind **632**, s. L41-L44.
- [4] Bizzarro, M., Baker, J. and Haack, H. (2004), Mg isotope evidence for contemporaneous formation of chondrules and refractory inclusions, *Nature* bind **431**, s. 275-278.



Martin Bizzarro er adjunkt og forskningsleder for Axiom laboratoriet på Geologisk Institut i København. Hans forskning er centreret omkring brugen af isotopsystemer i kronologiske studier af det tidlige solsystems udvikling. Driften af laboratoriet er finansieret af Danmarks Grundforskningsfond.



David Ulfbeck er laboratorie-manager / post doc ved Axiom laboratoriet. Udover at varetage den daglige drift af laboratoriet, er hans forskning ligeledes koncentreret omkring isotopstudier af materiale fra det tidlige solsystem.

Den kolde planet

Christian Vinter, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Et internationalt hold af astrofysikere har opdaget en jordlignende planet i en jordlignende bane omkring en stjerne der ligger 25.000 lysår væk. Opdagelsen åbner op for, at der måske findes mange planeter som Jorden i vores galakse Mælkevejen. En af de danske deltagere på forskerholdet er ph.d.-studerende og fortæller her om opdagelsen.

Der er langt derhen: 25.000 lysår og der er koldt: 220 grader. Den har tilmed et kluntet navn: OGLE 2005-BLG-390Lb, så det er måske lidt svært at se, hvorfor man skulle interessere sig for denne kolde planet. Men det skulle forhåbenligt løfte et øjenbryn, hvis man læser, at danske forskere har været med i opdagelsen af den planet udenfor vores eget solsystem, der ligner Jorden mest.

Planeten blev fundet efter ti års bemærkelsesværdigt, internationalt samarbejde med en metode, der kaldes mikrolinsning. Kort fortalt udnytter vi, at hvis en stjerne (linsestjerne) bevæger sig ind på linien mellem Jorden og en baggrundsstjerne i Mælkevejen vil

linsestjernens tyngdefelt fokusere (og forstærke) lyset fra baggrundsstjernen. Denne metode blev i princippet forudsagt af Einstein i 1936, men fordi det er en meget sjælden begivenhed (stjernerne skal stå *helt* på linie set fra Jorden) kunne den ikke observeres med andre stjerner end Solen som linse før midt i 1990'erne. Siden har en del forskergrupper specialiseret sig i at finde stjerner, der bliver klarere og bagefter svagere igen på den karakteristiske måde, der forudsiges af teorien for mikrolinsning. Og det største af disse teams, "OGLE" er så flinke, at de fortæller os andre om det, når en baggrundsstjerne ser ud til at blive mikrolinset. De finder typisk 500 sådanne mikrolinsebegivenheder om året, og en sådan står typisk på i et par uger.

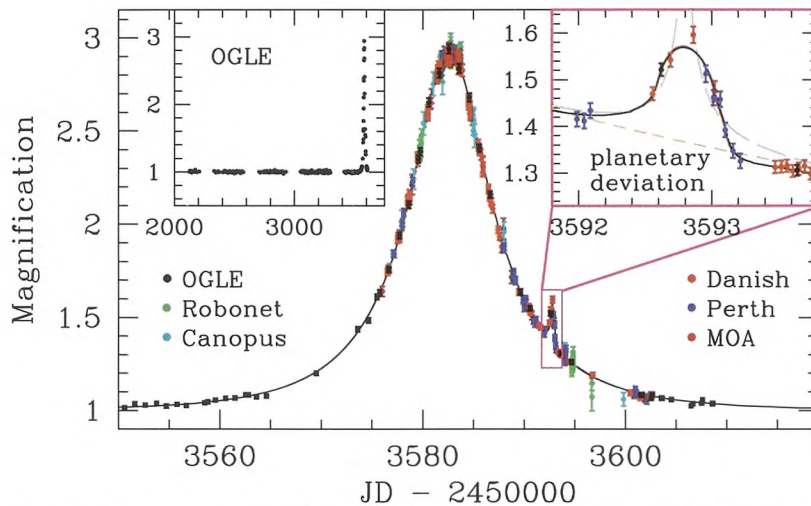


Figur 1. Den nyopdagede exoplanet, som en kunstner opfatter den (ESO) [1]. Planeten er ca. 5,5 gange så tung som Jorden og kredser omkring sin værtsstjerne med en periode på ni år.

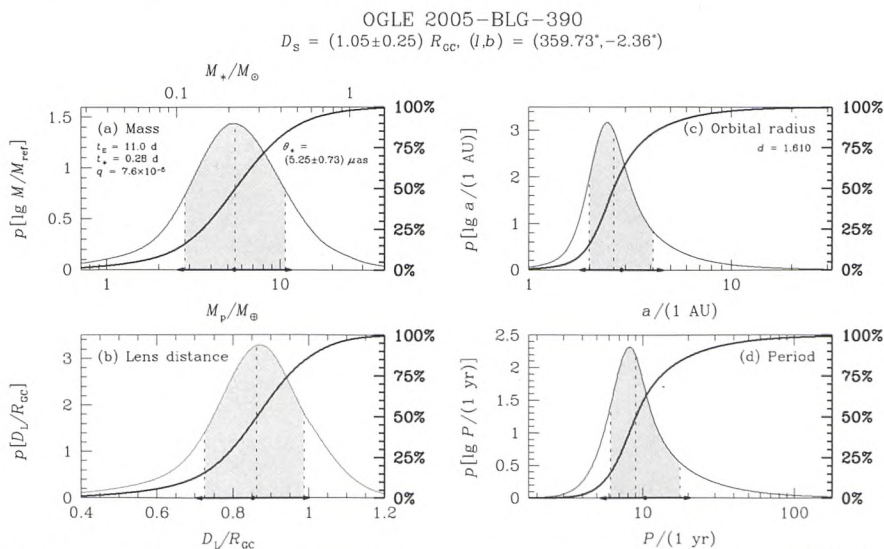
Men det der gør metoden særlig interessant, er, at hvis linsestjernen har en planet kredsende om sig, så er der en chance for at baggrundsstjernens forstærkning i tid vil se anderledes ud, end hvis den ikke havde en planet, og det særlige ved mikrolinsning som metode er, at den kan finde mindre planeter i større kredsløb end nogen anden metode. Sagen er bare, at denne forstærkning tager et par dage for større planeter og kun få timer for mindre planeter. Den gruppe, min vejleder og jeg selv er medlem af, PLANET (Probing Lensing Anomalies NETwork) [2] vælger derfor de mest lovende af OGLEs mikrolinser og observerer dem mere intenst. Faktisk har vi teleskoper på hele den sydlige halvkugle, så vi kan se ind mod Mælkevejens centrum hele døgnet i de fire måneder, hvor Mælkevejens centrum er oppe om natten. Så fra maj til august, mens de

fleste mennesker steger deres legemer på strandene og pølserne på grillen, sidder vi andre i sne og 12 timer lange nætter på en bjergtop i enten Chile, Sydafrika, Perth eller på Tasmanien og observerer 20 forskellige mikrolinsbegivenheder i håbet om at finde en signatur af en planets afvigelse. Det har vi i slutningen af 2005-sæsonen gjort i ti år uden større succes.

Men så en morgen indløb der endnu en af disse emails til os alle sammen fra observatøren på det danske teleskop i Chile: "Gider nogen lige kigge nærmere på OB-05-390? Den kunne godt ligne noget spændende." Efter yderligere et par emails stod det klart, at vores egne og andres teleskoper også havde observeret forstærkningen, og at det var en meget lille planet (se figur 2).



Figur 2. Data for mikrolinsbegivenheden OGLE 2005-BLG-390 og model (sort linie). Data blev taget med PLANET-teleskoperne: Canopus på Tasmanien, det danske på La Silla (Chile), RoboNet FN (Hawaii), Perth (Australien) samt fra vores kolleger i OGLE og MOA. Figuren viser kildestjernens lysstyrke, som den forstærkes af linsens tyngdefelt. Førsteaksen er i enheder af dage, og det ses at andelen af lyskurven, hvor planeten kan ses er relativt lille.



Figur 3. "Sandsynlighedstætheder" for egenskaberne af planeten om værtsstjernen, der forårsager OGLE 2005-BLG-390 baseret på en model af Mælkevejen. De stiplede linier angiver de mest sandsynlige værdier, mens de gråtonede områder markerer usikkerhederne (et 68,3 % konfidensinterval), mens de tykke linier angiver de kumulerede sandsynligheder. De venstre, øvre paneler modellerer massen for henholdsvis linsestjernen i enheder af Solens masse (øverste akse) og af planeten i enheder af Jordens masse (nederste akse), mens det nederste venstre plot viser afstanden til linsen i enheder af afstanden til Mælkevejens centrum (25-30.000 lysår). Øverst til højre illustreres planetens omløbsradius i enheder af en astronomisk enhed og nederst til venstre ses dens omløbsperiode i enheder af år.

Som udgangspunkt giver mikrolinsning kun oplysninger om forholdet mellem massen af linsestjernen og dens planet samt afstanden mellem dem i en desværre noget fjollet enhed Einsteinring-radien. Linsestjernen selv er så lyssvag, at den overdøves af baggrundsstjernen, der er en kæmpestjerne, og vi kan derfor ikke direkte finde massen af linsestjernen og dermed heller ikke bestemme massen af dens planet. Men via en statistisk analyse af kildestjernens størrelse, forløbet af mikrolinsens forstærkning samt kendskab til størrelsesfordelingen af Mælkevejen stjerner kan man komme med udsagn om linsestjernen og dens planet (se figur 3).

Af figuren og figurteksten fremgår det, at det er mest sandsynligt, at planeten er 5,5 gange så tung som Jorden og kredser to gange så langt fra sin stjerne som Jorden fra Solen med en periode på ni år.

Fra figur 3 kan man udregne at linsestjernen er cirka en fjerdedel så stor (i masse) som Solen, og derfor at dens planet får cirka 1/1000 så meget lys som Jorden gør. Hvis man i første omgang ser bort fra varme fra planetens indre, atmosfæreeffekter og så videre, er planetens overfladetemperatur 220°C , og man skal derfor nok have en god fantasi for at forestille sig, der kan være flydende vand og nok også liv.

Når opdagelsen alligevel har skabt så meget opmærksomhed, så er det fordi, OGLE 2005-BLG-390Lb er den mindste extra-solare planet, der er opdaget og offentliggjort [3]. For den metode, man hidtil har fundet flest extrasolare planeter med, "radialhastighedsmetoden", kan primært finde tungere planeter i tætte omløb ved hjælp af disses gravitationelle indvirkning på deres stjerne, og alle de planeter der er fundet med denne metode er derfor også store planeter i tætte kredsløb (se artiklen om metoder til detektion af andre planetsystemer i KVANT nr. 3, 2004 [4]). Disse systemer er selvsagt meget anderledes end vores eget solsystem, hvor de store gasplaneter som bekendt kredser mange astronomiske enheder fra Solen, og hvor de indre planeter alle er relativt små. Radialhastighedsmetoden har derfor rejst to spørgsmål:

1. Findes der også små planeter i store kredsløb, som vi ikke kan se på grund af vores eksperiment (udvalgseffekter som følge af metoden)?
2. Er det så sikkert, at vi er alene i Mælkevejen givet, at livet næppe kan eksistere på store (gas-) planeter?

I januar kunne vi svare bekræftende på det første spørgsmål, og kom lidt tættere på (et benægtende svar) på det sidste.

Litteratur

- [1] ESO pressemeddelelse den 25. januar 2006, "It's Far, It's Small, It's Cool: It's an Icy Exoplanet!", <http://www.eso.org/outreach/press-rel/pr-2006/phot-03-06.html>
- [2] PLANETs website, <http://planet.iap.fr>
- [3] J.-P. Beaulieu et al. (2006), Discovery of a cool planet of 5.5 Earth masses through gravitational microlensing, *Nature* bind 439, nr. 7075, s. 437.
- [4] Uffe Gråe Jørgensen (2004), Er Solsystemet almindeligt blandt planetsystemer?, *KVANT* bind 3, s. 8.



Christian Vinter,
ph.d.-studerende ved Niels Bohr Institutet, men arbejder til og med marts ved Institut d'Astrophysique de Paris. Medlem af PLANET og arbejder med mikrolinsemåling af frekvensen af extrasolare planeter. Christians vejleder er Uffe Gråe Jørgensen.

PFEIFFER  VACUUM

NYHED

Markedes nyeste
Helium Læksøger
SmartTest

Med frit valg af
backingpumpe. Tør
membranpumpe
Olietætnet lamelpumpe
integreret i SmartTest

Extern backingpumpe
efter ønske.

Tel 4362 3800 Fax 4362 3850
efa@pfeiffer-vacuum.dk

Ændringer i Jordens tyngdefelt fra GRACE – tørke, oversvømmelse og is-afsmeltning målt fra rummet

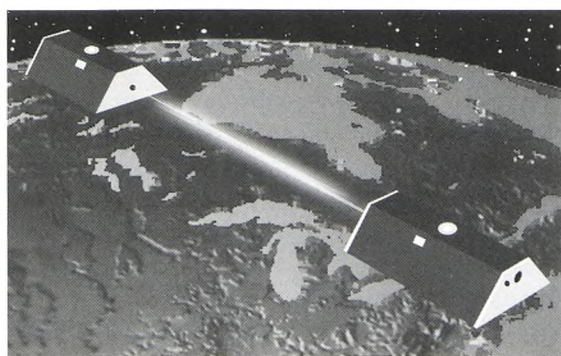
Ole B. Andersen, Danmarks Rumcenter

Jordens tyngdefelt bevirker, at vi mennesker bliver fastholdt på Jorden og de fleste ved, at Jordens tyngdefelt varierer en lille smule (ca. 1/1000 af selve tyngden) fra sted til sted på grund af densitetsforskelle i Jordens yderste lag. Endnu mindre tidsvariationer – der nu kan måles med GRACE-satellitterne – kan afsløre ændringer i vandets fordeling f.eks. i forbindelse med tørke, oversvømmelser og afsmeltningen af is.

Jordens tyngdefelt viser i store træk, hvordan Jordens yderste dele (skorpen) ser ud. Hvad færre nok ved er, at Jordens tyngdefelt også varierer med tiden. Størrelsen af dette signal er meget småt (ca. 1/1000 af tyngdevariationerne eller en milliontedel af selve tyngden), og skyldes at vandets fordeling i det hydrologiske kredsløb på Jorden ændrer sig med tiden.

De to tvillinge-satellitter kaldet GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment) blev opsendt fra Rusland den 17. marts 2002 via et samarbejde mellem NASA og det tyske rumforsknings institut (DLR). Satellitterne er sendt i kredsløb om Jorden i omtrent 450 km højde, og med en banehældning i forhold til Jordens ækvatorplan på 89 grader dækker GRACE næsten hele Jorden [8].

Satellitterne er et næsten identisk tvillingepar, der jagter hinanden rundt om Jorden som Chip og Chap med en hastighed af 25000 km i timen og en indbyrdes af-stand på ca. 200 km. Når satellitterne kredser rundt om Jorden påvirker områder med stærkere tyngdekraft formationen på den måde, at den forreste satellit trækker en smule væk fra sin forfølger. Ved konstant at måle afstanden mellem de to satellitter med stor præcision, er GRACE i stand til opfange selv de mindste svingninger i Jordens tyngdefelt.



Figur 1. GRACE satellitterne i omløb om Jorden i ca. 450 km højde, hvor afstanden på ca. 200 km mellem de to satellitter måles med ultrahøj nøjagtighed med et mikrobølgelink.

Det er netop i præcisionen af denne afstandsmåling mellem de to satellitter, at GRACE konceptet er enestående. Det skyldes et mikrobølgelink mellem de to

satellitter, der kan bestemme afstanden med 1 mikrometers nøjagtighed, svarende til 1/100 af tykkelsen på et hår. Herved bliver GRACE i stand til at kortlægge Jordens tyngdefelt med en opløsning på ca. 1000 km hver måned af langt højere nøjagtighed, end det er set før. Da man fra GRACE kan producere et tyngdefelt hver måned, bliver man for første gang i stand til også at studere ændringer i Jordens tyngdefelt på disse skalaer.

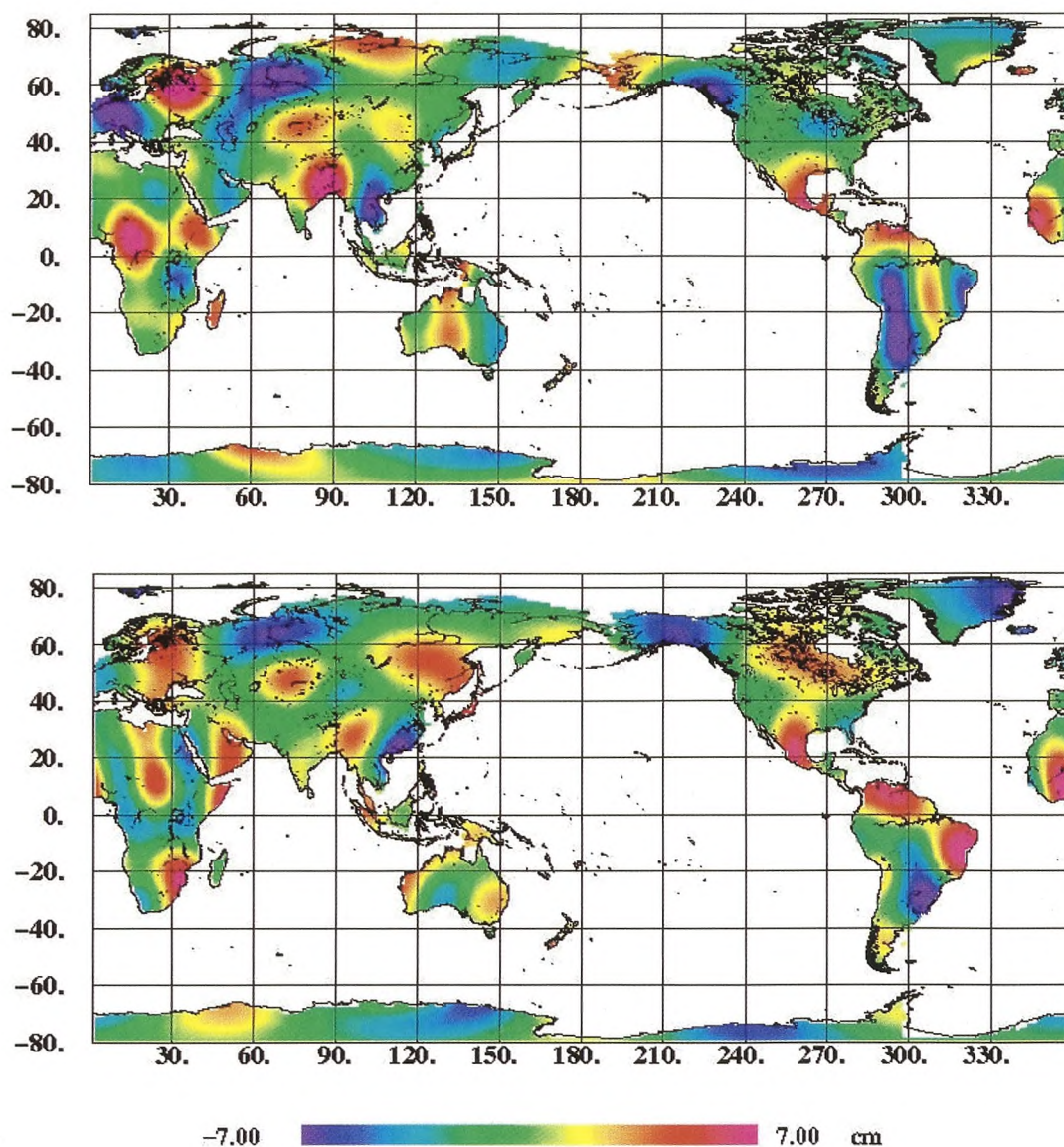
Ændringer i Jordens tyngdefelt giver direkte indblik i ændringer i massefordelingen direkte under satellitten. Det vil sige på, i og over Jorden. GRACE måler den integrerede masseændring under satellitten, som hovedsageligt skyldes ændringer i fordelingen af vand under satellitten. Det være sig ændringer i mængden af grundvandet på kontinenterne, ændringer i størrelsen af gletsjere og indlandsis eller ændringer i havstrømme og ændringer i vand bundet i atmosfæren.

På nuværende tidspunkt har GRACE satellitterne været i kredsløb i ca. 4 år og har leveret månedlige data for årene 2002, 2003 og 2004. Ved at fjerne bidraget til tyngdefeltsændringer fra kendte og kortlagte bidrag, så som tidevand og tide-jord, atmosfære, oceanvariationer og pol-tide, kan man over land isolere det hydrologiske signal sammen med et eventuelt post glacialt opløft signal i tyngdemålingerne. Tyngdeændringerne er fantastisk små og man bliver i processeringen nødt til at midle observationerne over et stort område (1000 km og 1 måned) for overhovedet at set et signal. Det betyder at de tyngdefelter som leveres for tiden kun har en rumlig opløsning på ca 1000 km (en måned i tid), hvorfor man kun kan analysere signaler af større rumlig og tidslig udstrækning.

Det hydrologiske signal, som er den vandmængde der ophobes på Jorden eller i undergrunden, kan bestemmes som regnmængden minus fordampningen og den del der transporteres væk i floder. Vandmængden kan approksimeres med et tyndt lag af vand med en tykkelse $h(t)$. Tyngdeændringen $\Delta g(t)$ som funktion af denne masse kan bestemmes [4] som

$$\Delta g(t) = 41,89(\mu\text{Gal/m}) \cdot h(t), \quad (1)$$

hvor en mikro Gal, $1 \mu\text{Gal} = 10^{-8} \text{ m/s}^2$. En tyngdeændring på $1 \mu\text{Gal}$ svarer til et 2,3 cm tykt lag vand.



Figur 2. Ændringerne i mængden af is og vand i cm på kontinenterne mellem 2002 og 2003 (øverst) og mellem 2003 og 2004 (nederst). Positive værdier indikerer en forøgelse af vand eller is i de to perioder.

De hydrologiske signaler som følge af tørke, oversvømmelse og is-afsmeltning fremkommer ved, at man analyserer to års data ad gangen, og disse signaler vil så fremkomme i forskellene/ændringerne mellem de to år. I dette tilfælde analyserer man først årene 2002 og 2003 og dernæst årene 2003 og 2004, og man benytter en stokastisk inversion på de målte GRACE tyngdefelter og deres associerede fejlfelter. I inversionen modellerer man de dominerende signaler i data, og det er nødvendigt at inkludere årstidssignalet. Dette signal er nemlig lige så stort som de lineære ændringer (trenden), som indeholder informationen om forskellene fra år til år (inter-årslige hydrologiske signal).

I inversionen modellerer man observationerne som en middelværdi (g_0) samt den lineære ændring ($g_1 t$) fra år til år (trenden) samt et årstidssignal, opskrevet som

$$g_{obs} = g_0 + g_1 t + g_2 \cos(\omega_{ann} t) + g_3 \sin(\omega_{ann} t) + e, \quad (2)$$

hvor t er tiden, og fejlen e er den størrelse man

søger at minimere i inversionen. Årstidssignalet er modelleret som en sinus og cosinus med frekvens ω_{ann} (årstidscyklus) for at tage hensyn til fasen for hvornår på året signalet har maksimum.

GRACE tyngdefelterne leveres med associerede fejlfelter, og metoden har den fordel at den giver et fejlskøn på de bestemte størrelser. På det inter-årslige signal er fejlen overalt på Jorden mindre end $0,4 \mu\text{Gal}$. Dette svarer til, at ændring i vandlagets tykkelse kan bestemmes med en nøjagtighed på 1 cm når vandlagets rumlige udbredelse er større end 1000 km. Fejlen bliver lavere ved højere breddegrader da der er flere observationer her.

Ændringer i mængden af vand og is er vist i figur 2 mellem 2002 og 2003 (top) og mellem 2003 og 2004 (bund). Et af de største signaler ses over Europa. Fra 2002 og 2003 forsvinder der masse svarende til en grundvandssænkning over det meste af Europa på mere end 7 cm og denne grundvandssænkning øges med yderligere 4 cm i 2004. En undersøgelse [2] har

påvist, at grundvandssænkningen i 2003 var en direkte konsekvens af hedeølgen i Europa i sommeren 2003. Hedeølgen havde de største temperaturer i Frankrig [7], men signalet ses ligeledes i store dele af Tyskland og Centraleuropa. Det skyldes at vi analyserer ændringerne mellem 2002 og 2003 og implicit antager at det ene år (2002) var et "normalt" år. Men 2002 var ikke "normal" i Centraleuropa. Centraleuropa var hærget af store oversvømmelser (anomal forøgelse af vandet) i forårmånederne i 2002.

I figur 2 lægger man også mærke til det vestlige Rusland, hvor vandmængden stiger både mellem 2002 og 2003 og mellem 2003 og 2004. Det er helt omvendt til situationen i Europa, hvilket formodentlig skyldes, at vejrfænomenerne over Europa og Rusland er relateret til hinanden.

Flere andre steder ses der store variationer fra år til år, som skyldes enten unormalt tørre eller våde år. Dette ses eksempelvis i Indien og Bangladesh, der var plaget af store mængder nedbør og oversvømmelser i 2003, men som oftest har disse signaler modsat fortegn mellem de to år.

I det Arktiske område ser man blandt andet over Østgrønland et klart signal der viser at tyngden formindskes i relation til afsmeltning af is fra 2002 til 2004. Undersøger man figur 2 nærmere ses det, at afsmeltning af is viser tiltagende styrke fra 2003 til 2004 i forhold til året forinden. Signalet er blevet nærmere analyseret [3] og svarer til en afsmeltning på mere end 80 km³/år over de to år. I Alaska kan man se et signal som følge af afsmeltningen og tilbagetrækning af gletsjere i det nordvestlige Canada og Alaska.

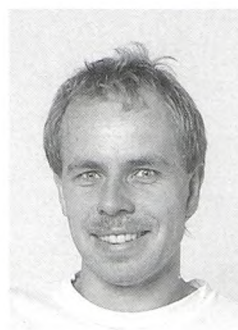
At GRACE virkelig observerer tyngdeændringer på grund af tørke og is-afsmeltning er blevet valideret [1] i bl.a. Europa, hvor resultaterne på årsbasis er blevet sammenlignet med variationerne i mængden af grundvand modelleret med den globale hydrologiske assimilations model kaldet Global Land Data Assimilation Scheme (GLDAS) [5]. Resultatet viste stor overensstemmelse på den nordlige halvkugle, hvor der indgår mange observationer i GLDAS modellen, men også store forskelle på den sydlige halvkugle, hvor der kun er få observationer. Dette viser GRACE konceptets store betydning til kortlægning af de globale hydrologiske variationer og forbedring af hydrologiske og klimatiske modeller i fremtiden. Der er yderligere foretaget direkte sammenligninger mellem GRACE og observationer foretaget med et super-ledende gravimeter [2], der måler tyngden med samme nøjagtighed som GRACE. Denne undersøgelse viste stor overensstemmelse mellem de forskellige målinger og fastslog, at GRACE faktisk observerede grundvandssænkningen som en konsekvens af hedeølgen i Europa i 2003.

Som nævnt ovenfor kræver den eksisterende undersøgelse, at ændringer i vandlaget på eller i Jorden har en rumlig udstrækning og tidslig udstrækning på 1000 km og månedlig tidsskala. En helt ny metode

er under udvikling i samarbejde mellem NASA og Danmarks Rumcenter [6, 7] der betyder, at man nu kan analysere GRACE i blokke med en størrelse helt ned til 400 km udstrækning og 1 uges tidsskala. Alternativt kan GRACE data analyseres i komplicerede områder, der eventuelt kan følge et vilkårligt dræningsbassin (dog større end 40.000 km² eller 200×200 km). Dette øger oplagt GRACEs potentiale indenfor hydrologisk og klimatologisk modellering i fremtiden.

Litteratur

- [1] Andersen O. B. & Hinderer J. (2005), Global Inter-Annual Gravity Changes from GRACE: Early Results. *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 32, No. 1, L01402 10.1029/2004GL020948
- [2] Andersen O. B., S. I. Seneviratne, J. Hinderer, P. Viterbo (2005), GRACE-derived terrestrial water storage depletion associated with the 2003 European heat wave, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L18405, doi:10.1029/2005GL023574.
- [3] Forsberg, R. (2005) 85 kubik-kilometer indlandsis forsvinder hvert år. *Ingeniøren*, 18/11-2005 (nr 46), side 6-7.
- [4] Knudsen P. and Andersen O. (2002), Correcting GRACE gravity fields for ocean tide effects *Geophys Res. Lett.*, 29(8), 19-1 19-4.
- [5] Rodell, M., P. R. Houser, U. Jambor, J. Gottschalk, K. Mitchell, C.-J. Meng, K. Arsenault, B. Cosgrove, J. Radakovich, M. Bosilovich, J. K. Entin, J. P. Walker, D. Lohmann, and D. Toll (2004a), The Global Land Data Assimilation System. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 85 (3), 381-394
- [6] Rowlands. D. D. , S. B. Luthcke, S. M. Klosko, F. G. R. Lemoine, D. S. Chinn, J. J. McCarthy, C. M. Cox, and O. B. Andersen (2005), Resolving mass flux at high spatial and temporal resolution using GRACE intersatellite measurements, *Geophys. Res Lett.*, (32), L04310, doi:10.1029/2004GL021908,
- [7] Schär, C., Vidale, P. L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M. A. & Appenzeller, C. (2004), The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature*, doi 10.1038,
- [8] Tapley, B.D., Bettadpur S., Ries J.C., Thompson P.F., and Watkins M.M.(2004) GRACE Measurements of Mass Variability in the Earth System. *Science*, 305, 503-505.

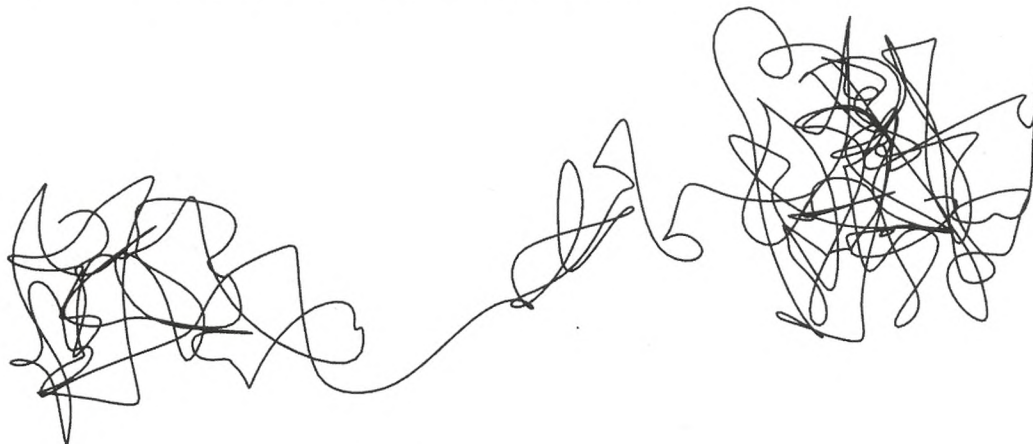


Ole B. Andersen er seniorforsker i geodæsi ved Danmarks Rumcenter. Han arbejder med brug af satellit til kortlægning indenfor bl.a. geodæsi, oceanografi og hydrologi.

Seje væsker og glasovergangen

Jeppe Dyre og Thomas Schrøder, Institut for Matematik og Fysik (IMFUFA), Glas og tid – Danmarks Grundforskningsfonds Center for Seje Væskers Dynamik, RUC

Enhver væske kan danne en glas, hvis den køles så hurtigt at krystallisation undgås. Ét blandt mange fascinerende træk ved glasdannende væsker er, at kemisk set helt forskellige væsker har en række fælles karakteristika når de bliver meget sejtflydende. Der er dog stadig mange forhold ved glasdannende væsker som ikke er velforståede. I denne artikel beskrives disse problemer nærmere.



Figur 1. Computer-simulering af et molekyles bevægelse i en sej væske [2]. Molekylet forbliver relativt lokaliseret i lang tid og bevæger sig så til en ny position, hvor det igen lokaliseres og vibrerer. I laboratoriet er væskerne ca. en milliard gange mere sejtflydende end i denne simulering og lokaliseringen endnu mere udpræget.

Indledning

Fysikeren P.W. Anderson omtalte i 1995 problemet med at forstå glas således, *“The deepest and most interesting unsolved problem in solid-state physics is probably the theory of the nature of glass and the glass transition”*. Dette citat afspejler efter vores opfattelse stadig situationen – for så vidt som at problemet ikke i dag anses for mere “løst” end for 10 år siden.

Glas er det første kunstige materiale mennesket udviklede. De ældste eksempler på glasur stammer fra Ægypten og er dateret til mere end 10.000 år før vor tidsregning. Det ældste eksempel på rent glas er en støbt amulet fra omkring 7.000 år før Kr. [1].

Almindeligt glas er et ikke-krystallinsk netværk af silicium-oxygen kovalente bindinger iblandet forskellige metal-ioner (natrium, kalium, calcium, etc). Disse traditionelle oxid-glasser er dog kun ét af mange eksempler på glasser. I dag står ordet glas for et ikke-krystallinsk fast stof fremstillet ved kontinuert køling af en væske indtil den størkner. Enhver væske kan danne en glas, hvis den køles så hurtigt at krystallisation undgås.

Forskning i seje væsker og glasovergangen er en omfattende og tværvideenskabelig disciplin, der foruden fysik involverer fag som kemi, materialevidenskab og polymervidenskab – med vigtige anvendelser inden for biologi og geologi. Glasforskning har først inden for

de seneste 15 år for alvor fænet fysikerne. Interessen for spin-glasser og for amorfe (uordnede) halvledere i 1980'erne var utvivlsomt en katalysator. Når nu så mange fænomener udviste glasagtig opførsel med lange relaxationstider, hvorfor så ikke studere *“the real thing”*: Seje væsker og glasovergangen?

Glasovergangen

Glasovergangen sker når væskens viskositet ved afkøling bliver så høj at atomare bevægelser i praksis stopper på den eksperimentelle tidsskala. Det fascinerende ved dette fænomen er at kemisk set helt forskellige væsker har en række fælles karakteristika når de bliver meget sejtflydende.

Ved typiske kølerater (Kelvin/minut) sker glasovergangen når viskositeten er ca. 15 størrelsesordner større end for almindeligt vand. Så det er naturligt at forvente, at seje væskers fysik adskiller sig afgørende fra fysikken af “almindelige” væsker. Dette er da også for længst bekræftet af en række eksperimenter og – senest – ved omfattende computer-simuleringer. Man ser dér at molekylerne næsten ikke flytter sig, men blot vibrerer (som forventet når temperaturen ikke er nul). Kun meget sjældent sker der noget: Ved en såkaldt “flow event” omlægges molekylerne pludselig til ny ligevægtspositioner, hvorfra de vibrerer frem og tilbage mange gange før en ny flow event finder sted, osv. (se

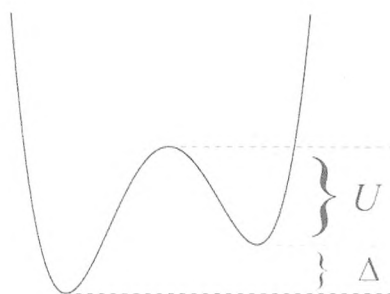
figur 1). Efter vores mening er en sej væske faktisk mere at betragte som et fast stof, der flyder meget langsomt, end som en "sædvanlig væske" som vand eller alkohol.

Ved et første blik ligner glasovergangen en anden ordens faseovergang i Ehrenfests betydning med kontinuitet af entropien og den fri energi, men diskontinuitet af deres afledede. Men glasovergangen er ikke nogen faseovergang. Den er kontinuert, og overgangstemperaturen afhænger lidt af kølehastigheden: Jo langsommere man køler ned, desto lavere er temperaturen hvor glasovergangen finder sted. Dette skyldes at glasovergangen er et *kinetisk fænomen*. Dette blev allerede understøttet i Kauzmann's klassiske artikel fra 1948 [3], der markerer starten på moderne glasvidenskab i den engelsksprogede litteratur¹.

For at forstå glasovergangen er det nyttigt at referere til Maxwells model for viskoelasticitet, som er den simpleste model for et system, som flyder som en væske over lange tider, men opfører sig elastisk på en kort tidsskala. Hvis viskositeten betegnes med η og det såkaldte kort-tids shear modul med G_∞ , forudsiger Maxwell modellen at den karakteristiske "relaxationstid", som adskiller kort- og langtidsopførslen, er givet ved

$$\tau = \frac{\eta}{G_\infty} \quad (1)$$

Ved typiske kølehastigheder har væsken en viskositet på omkring 10^{12} Pa·s ved glasovergangen. Da kort-tids shear modulet generelt ligger mellem 10^9 og 10^{10} Pa, er Maxwells relaxationstid 100-1000 sekunder ved glasovergangen. Glasovergangen finder derfor sted når relaxationstiden er sammenlignelig med køleraten (eller mere præcist: når $1/\tau$ er af samme størrelsesorden som $d \ln T/dt$). Defineres glastemperaturen T_g som temperaturen hvor væskens viskositet er 10^{12} Pa·s, gælder at glasovergangen ved sædvanlige kølehastigheder finder sted tæt på T_g .



Figur 2. Asymmetrisk dobbelt potentialbrønd som et modelsystem for den molekulære potentielle energi som funktion af koordinaterne. Selv dette simple system udviser en glasovergang når det køles med jævn hastighed: På et eller andet tidspunkt "fryser" systemet enten i det ene eller det andet minimum, hvilket tyrer sig ved at varmfylden falder.

¹Allerede i 1920'erne havde tyske forskere som Simon og Tammann gjort betydningsfulde bidrag til glasforskningen, fx ved at påvise fænomenets universalitet. I øvrigt anses samarbejdet mellem tysk glasindustri og universiteterne – etableret allerede inden år 1900 – som et af de første eksempler på vellykket (regeringsunderstøttet) universitets-industri samarbejde.

En simpel model for glasovergangen er den asymmetriske dobbeltpotentialbrønd vist på figur 2. På en tidsskala meget kortere end den tid det typisk tager at hoppe fra det ene minimum til det andet (relaxationstiden) vil systemet enten befinde sig omkring det ene eller det andet minimum. Derfor er varmfylden på denne tidsskala stort set den samme som for et klassisk harmonisk system ($k_B/2$ i én dimension). På den lange tidsskala kommer der yderligere bidraget til varmfylden fra "hop" mellem de to minima. Derfor må varmfylden være afhængig af frekvensen ved en periodisk temperaturvariation, så den ved lave frekvenser er større end ved høje frekvenser. Denne effekt blev først observeret i 1985 ved to uafhængige arbejder, det ene udført af Tage Christensen i forbindelse med hans KU-speciale udført på RUC [4].

Relaxationstiden af den asymmetriske dobbeltpotentialbrønd er givet ved en invers Boltzmann-faktor og stiger derfor enormt når temperaturen sænkes. Måles varmfylden på dette system under kontinuert afkøling, vil man på et tidspunkt observere et ret skarpt fald. Det sker når systemet ikke mere har tid nok til at hoppe mellem de to minima. Dette er glasovergangen, som finder sted når den indre relaxationstid bliver meget længere end køletiden. For rigtige seje væsker ses da også altid et fald i varmekapaciteten ved glasovergangen. Tilsvarende fald ses også fx i kompressibiliteten og den termiske udvidelseskoefficient.

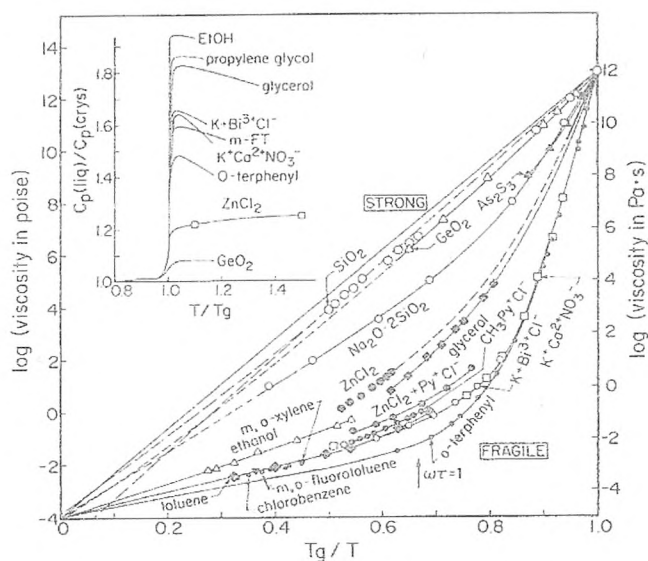
Der er to konklusioner at drage fra ovenstående. Dels er glasovergangen et rent kinetisk fænomen, noget der altid vil finde sted for et system som ikke har tid til at komme rigtigt i ligevægt. Dels har glasovergangen klare "signaler" i egenskaberne af væsken *før* den falder ud af ligevægt. I konsekvens heraf er vores forskning i høj grad fokuseret på at forstå egenskaberne af de seje væsker i ligevægt, ud fra betragtningen at dette burde være den simpleste angrebsvinkel på problemet at forstå glasser og glasovergangen.

Eksempler på gode glasdannere

Med betegnelsen en "god glasdannere" mener man en væske som har svært ved at krystallisere og derfor er nem at underafkøle. Dem er der mange af, og man har nu fundet eksempler på gode glasdannere med alle typer kemiske bindinger:

1. *Metalliske glasser* blev først fremstillet i 1960. I mange år kunne de kun fremstilles ved såkaldt "splat cooling", med kølerater af størrelsesorden 10^6 K/s. Men i løbet af 1990'erne lykkedes det at udvikle legeringer som danner glasser selv ved kølerater af størrelsesordenen K/min. Dette er de såkaldte "bulk metallic glasses".

2. For *polymerer* har glasovergangen været kendt og studeret i rigtig mange år. Selve begrebet "glasovergangen" refererer dog her ikke til den sædvanlige væske-glas størkningsproces, men til overgangen fra den såkaldte gummifase til glasfasen. Selvom den molekulære struktur fryses ligesom for den sædvanlige glasovergang, er der i stigende grad enighed om at glasovergangen for polymerer har sine egne, særlige karakteristika.
3. De klassiske glassdannere er som som nævnt *oxidglasserne* (silikater, borater, osv), som involverer de stærke kovalente bindinger. Disse glasser består generelt af en såkaldt "network former" med en eller flere ioner i rollen som "network modifier", som lokalt bryder det kovalente netværks tredimensionale struktur.
4. Der er en række gode glassdannere hvor *ion-bindinger* dominerer, fx smeltet kaliumnatrium nitrat. For relativt nyligt er det lykkedes at lave såkaldte "room temperature ionic liquids" som ofte er gode glassdannere.
5. Væsker med *hydrogenbindinger* som fx glycerin er ofte glimrende glassdannere (og tit meget vanskelige at krystallisere overhovedet). Vand er en interessant undtagelse, der kun danner glas ved ekstremt høje kølerater.
6. Endelig er der væsker holdt sammen af rene *van der Waals kræfter*, som fx toluen eller orthoterphenyl, der ofte også er glimrende glassdannere.

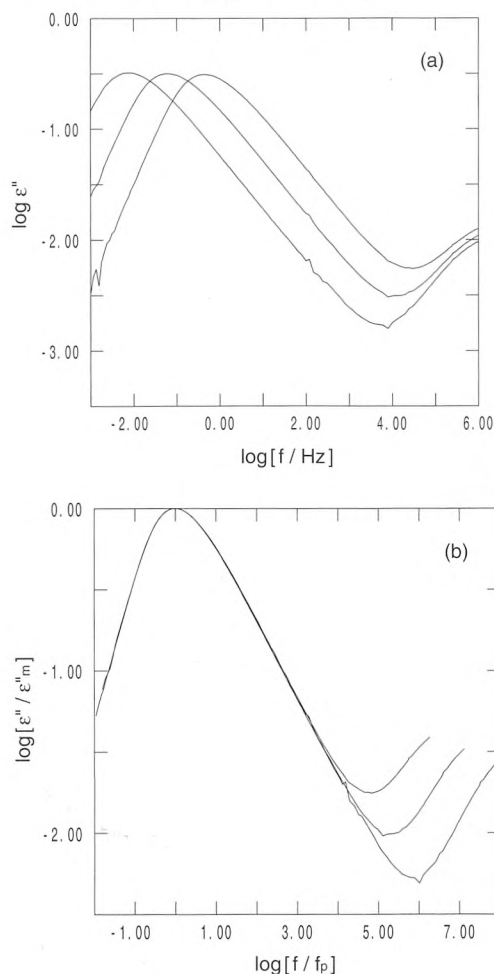


Figur 3. Austen Angell's oprindelige såkaldte "fragilitets" plot (denne betegnelse referer til væskens ikke-Arrhenius karakter, ikke til den velkendte skørhed af glas) [6]. Diagonalen svarer til en Arrhenius temperaturafhængighed af viskositeten. Temperaturerne er alle normaliserende ved skalering med glastemperaturen. Den indskudte figur viser faldet i varmfylde ved glasovergangen.

Universelle træk ved seje væsker tæt på glasovergangen

Adskillige træk er fælles for alle ekstremt seje væsker [5]. Ét slående træk er viskositetens temperaturafhængighed. Simple modeller ville forudsige en såkaldt Arrhenius temperaturafhængighed, proportional med $\exp(\Delta E/k_B T)$, men næsten alle seje væsker har en meget stærkere stigning i viskositeten end dette udtryk forudsiger. Et plot af logaritmen til viskositeten versus invers temperatur giver derfor krumme linier som vist på figur 3.

Et andet universelt træk ved seje væskers fysik er at lineær-respons funktioner altid er *ikke-eksponentielle*. Eksempler er dielektrisk relaxation (der måler dipolers rotation), shear and bulk moduli (der måler de mekaniske egenskaber af væsken) og varmfylde. Alle disse størrelser bliver frekvens-afhængige i seje væsker, og de bliver det ved meget lavere frekvenser end man ser det i andre dele af faststoffysikken (er væskens relaxationstid fx 1 s, så er responsfunktionerne typisk stærkt frekvens-afhængige ved 1 Hz).



Figur 4. (a) Det dielektrisk relaxationstab for trifenyl-fosfit ved 204, 206 og 208 K [7]; (b) de samme data skaleret til sammenfald. Ved høje frekvenser – dog før beta processen kommer ind – ses en $\omega^{-1/2}$ opførsel, som muligvis er universel. I reglen er billedet dog mere mudret end her, idet beta-processer ofte blander med hovedrelaxationen (alfa-processen).

Ovenstående figur viser det såkaldte dielektriske tab målt på trifenyl-fosfit ved de tre temperaturer 204, 206 og 208 K. Maksimum tabet finder sted ved en frekvens der formindskes med en faktor 100 alene ved 4 graders nedkøling fra 208 K. Det interessante er, at formen af kurven er uændret (når den højfrekvente ekstra "beta" proces ignoreres), hvilket ses i (b) hvor kurverne er skaleret til sammenfald. Dette kaldes "time-temperature superposition." Hældningen ved høje frekvenser er meget tæt på $-1/2$. RUCs glasgruppe har fremsat den hypotese at denne opførsel er universel [7], men at det hidtil er blevet overset fordi de såkaldte betaprocesser ofte ligger ved meget lavere frekvenser end hidtil formodet og forplumrer billedet.

Afrunding

Siden P. W. Anderson i 1995 i Science skrev som citeret i starten af denne artikel, er der ikke sket de store gennembrud inden for forskningsområdet. Der er fx stadig ikke enighed om hvad der forårsager afvigelse fra Arrhenius opførsel vist i figur 3. Dette er et af de store uløste problemer. Et andet er at forklare relaxationsfunktionernes frekvensafhængighed. Begge problemer arbejder vi på at løse i RUCs glasgruppe, der med en større bevilling fra Danmarks Grundforskningsfond nu har fået et kæmpe skub fremad. Vi har nogle idéer der går på tværs af de gængse opfattelser [8,9], men det må vi fortælle om en anden god gang...

Læs mere på "Glas og tid" hjemmesiden <http://glass.ruc.dk>.

Litteratur

- [1] Sir Flinders Petrie (1925), Trans. British Newcomen Soc. bind **5**, s. 72.
- [2] T.B. Schröder, S. Sastry, S.C. Glotzer, and J. C. Dyre (2000), J. Chem. Phys. bind **112**, s. 9834.
- [3] W. Kauzmann (1948), Chem. Rev. bind **43**, s. 219.

- [4] T. Christensen (1985), J. Phys. Colloq. bind **46**, C8-635 (1985); N. O. Birge and S. R. Nagel, Phys. Rev. Lett. bind **54**, 2674 (1985).
- [5] P. G. Debenedetti, Metastable Liquids: Concepts and Principles (Princeton University Press, 1996); C. A. Angell et al., J. Appl. Phys. bind **88**, s. 3113 (2000).
- [6] C. A. Angell, in Relaxations in Complex Systems, Eds. K. L. Ngai and G. B. Wright, p. 3 (Naval Research Laboratory, US Government printing office, 1985).
- [7] N. B. Olsen, T. Christensen, and J. C. Dyre (2001), Phys. Rev. Lett. bind **86**, s. 1271.
- [8] J.C. Dyre, T. Christensen, og N.B. Olsen (2004), cond-mat/0411334 (J. Non-Cryst. Solids, to appear) .
- [9] J.C. Dyre, Europhys. Lett. bind **71**, s. 646 (2005); Phys. Rev. E bind **72**, 011501 (2005).



Jeppe Dyre, der er professor i fysik, arbejder på at opstille fænomnologiske modeller for seje væskers dynamiske egenskaber. Modellerne opstilles i dialog med RUC glasgruppens eksperimentalfysikere. Målet er en model som gælder for alle seje væsker, uanset kemisk sammensætning.



Thomas Schröder, som er lektor i fysik, forsker i computer-simuleringer af seje væskers dynamik og søger at opstille simple modeller, der afspejler disse egenskaber. Han har tidligere arbejdet med simulering af modeller for AC elektrisk ledning i uordnede stoffer, samt protein- og polymerdynamik.

KVANT udgives af:

Astronomisk Selskab (AS)
www.as-dk.org

Michael Quaade (formand)
Hviddingvej 48
2610 Rødovre
Tlf. 36723634 (privat)
43386947 (arbejde)
mq@spacecenter.dk

Aksel Gasbjerg (kasserer)
Tlf. 48245514, ag@atp.dk

Inge Frederiksen (medl.)
Tlf. 46756676
inge.frederiksen@mail.dk

Dansk Fysisk Selskab (DFS)
www.nbi.dk/dfs

Jørgen Schou (formand)
Afd. for Optik og Plasmaforskning
Forskningscenter RISØ
4000 Roskilde
Tlf. 46774755
j.schou@risoe.dk

Erik H. Pedersen (kasserer)
horsdal@phys.au.dk

Dansk Geofysisk Forening (DGF)
dgf.gf.ku.dk

Karen G. Schmidt (formand)
Nordisk Astrobiologi Projekt
NORDITA, Blegdamsvej 17
2100 København Ø
Tlf. 35325502
kgs@nordita.dk

Bo Vinther (kasserer)
Tlf. 35320518, bo@gfy.ku.dk

Lars Stenseng (sekretær, web)
Tlf. 35325792
stenseng@spacecenter.dk

Selskabet for Naturlærens Udbredelse (SNU)
www.naturvidenskab.net

Dorte Olesen (formand)
UNI-C, Vermundsgade 5
2100 København Ø
Tlf. 35878804 (sekretær)
bente.egaa@uni-c.dk

Jørn Johs. Christiansen
(sekretær, medlemmer)
Tlf. 39695818
jjchr@tdcadsl.dk

Lene Körner (bogholder)
Tlf. 35320762
koerner@math.ku.dk

Dansk Fysisk Selskab – Årsmøde den 1.-2. juni 2006

Dansk Fysisk Selskab

Hjemmeside: www.nbi.dk/dfs

Jørgen Schou (formand)

Afd. for Optik og Plasmaforskning, Forskningscenter Risø
4000 Roskilde

E-mail: j.schou@risoe.dk

Tlf. 4677 4755 / Fax 4677 4565

Per Morgen (næstformand) (per@fysik.sdu.dk)

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

Johannes Andersen (ja@astro.ku.dk)

Martin Schmidt (Martin.Schmidt3@skolekom.dk)

Winnie Svendsen (ws@mic.dtu.dk)

Kim Lefmann (kim.lefmann@risoe.dk)

Poul V. Thomsen (pvt@phys.au.dk)

Henrik Stapelfeldt (henriks@chem.au.dk)

Betal venligst dit kontingent til DFS til tiden enten via PBS eller det udsendte girokort. Selskabet har hvert år et stort arbejde med at sende rykkerskrivelser ud.

DFS årsmøde 2006

Dansk Fysisk Selskab afholder sit årsmøde 2006 på Hotel Nyborg Strand. Mødet starter torsdag den 1. juni kl. 11 og slutter fredag den 2. juni kl. 17. På andendagen afholder DFS sin årlige generalforsamling. Dagen før DFS-årsmødet, onsdag den 31. maj, holder netværk for Kvinder i Fysik (KIF) sit årlige møde.

DFS-årsmødet vil indeholde følgende plenarforedrag: Mike A'Hearn (University of Maryland, College Park) *The impact of DEEP IMPACT*, Eleanor Campbell (Göteborg University, Göteborg) *Structure and dynamic behaviour of highly excited fullerenes and atomic clusters*, Peter Sigmund (University of Southern Denmark, Odense) *New applications of Niels Bohr's collision theory*. Endvidere vil der være et foredrag indenfor faststoffysik og biofysik af internationalt kendte forskere. Der vil være en efter dinner talk om det store internationale fusionsexperiment, ITER, af Henrik Bindslev (Risø National Laboratory, Roskilde).

Derudover vil der være parallelsessioner om astrofysik, atomfysik, faststoffysik, højenergifysik, geofysik samt uddannelse og undervisning. Sideløbende hermed vil forskningsresultater blive præsenteret som posters. DFS lægger herunder særlig vægt på at give yngre forskere mulighed for at præsentere deres resultater for en bredere kreds. Endelig vil en række firmaer demonstrere nyt forskningsapparat i en session og på en udstilling.

Alle landets fysikere opfordres til at deltage i Dansk Fysisk Selskabs årsmøde med indlæg og posters og ikke mindst til at bidrage til en livlig diskussion af spændende forskningsresultater.

Program

Årsmødeprogrammet findes på DFS's hjemmeside (www.nbi.dk/dfs). Det vil løbende blive opdateret i takt med modtagelsen af indsendte abstracts. Det endelige program forventes at være klart medio maj.

DFS posterprisen 2006

DFS ønsker at opretholde det øgede fokus indledt sidste år på årsmødets postersession. Kriterierne, som komiteen

efter bedste evne vil benytte under udvælgelsen af årsmødets bedste poster er følgende: Originalt videnskabeligt indhold, rimelig informationsmængde, æstetik, overskuelighed, struktur, 'special effects', og endelig er en engageret præsentation også et plus. De tre bedste poster vil udover den obligate vin- og chokoladepræmie også blive hædret med diplomer samt få tilbud om at publicere en kort redigeret version af posteren i Kvant. Endelig vil studerende til og med ph.d.-niveau fra den vindende poster få tildelt et års medlemskab af DFS. Vinderne kåres udmiddelbart efter DFS' generalforsamling.

Frist for tilmelding og indsendelse af abstracts

Fristen for tilmelding til årsmødet og for indsendelse af abstracts er **torsdag den 20. april 2006**. Tilmeldinger modtages dog også efter denne dato, så længe der er plads på hotellet, men studerende kan ikke søge om friplads (se nedenfor) efter tilmeldingsfristens udløb. Også abstracts kan indsendes efter fristens udløb, men dels kommer disse ikke nødvendigvis med i abstractlisten og dels får indsenderen kun mulighed for en posterpræsentation.

Tilmelding, indkvartering, priser m.v.

Tilmelding til DFS/KIF-møderne foretages direkte til Hotel Nyborg Strand. Benyt venligst internet-linket til hotellet på DFS's hjemmeside (www.nbi.dk/dfs). Møderne samt indkvartering foregår på Hotel Nyborg Strand, Østerøvej 2, DK 5800 Nyborg. (tlf. +45 6531 3131, fax +45 6531 3701). Pris for mødedeltagelse, incl. eventuel overnatning og diverse måltider, fremgår af hjemmesiden. Betalingsmåder vil fremgå af hotellets bekræftelse, som fremsendes i starten af maj måned. Bemærk, at man frem til den 20. april frit kan afbestille sin tilmelding, men **efter denne dato er tilmeldinger almindeligvis bindende**.

Fripladser for studerende: Søg inden den 20. april!

For studerende, der ikke er indskrevet på Ph.D.-studiet, vil der være et antal fripladser. Ansøgning om en af fripladserne sker automatisk ved at afkrydse den relevante rubrik på hjemmesiden/tilmeldingsskemaet. Studerende kan få friplads af DFS, og her er det en forudsætning, at man er medlem. Fripladserne vil blive fordelt kort tid efter tilmeldingsfristens udløb, og man vil modtage særskilt besked herom den 9. maj. Hvis pladserne er brugt op, har man fortsat mulighed for at deltage mod betaling som anført på tilmeldingsskemaet.

Abstracts

Abstracts indsendes via DFS' hjemmeside (www.nbi.dk/dfs). Fristen for indsendelse af abstracts er **torsdag den 20. april 2006**.

DFS' sektioner sammensætter programmet på grundlag af bl.a. de indsendte abstracts, og deltagerne vil få meddelelse herom, hvis deres bidrag er udvalgt til et foredrag. De øvrige bidrag (samt hvis man ikke ønsker foredrag) vil blive præsenteret i en posterudstilling. Posterboards er 1,15 m brede og 1,45 m høje, og de er hævet ca. 30-40 cm over gulvet. Se endvidere omtalen af DFS posterprisen 2006 ovenfor. De indsendte abstracts vil løbende være tilgængelige på internettet. Overhold venligst tidsfristen for rettidig indsendelse (se afsnittet om tidsfrister ovenfor).

Sprog

Årsmødets sprog er engelsk. Enkelte sessioner, f.eks. inden for uddannelse og undervisning, vil foregå på dansk. Deltagerne bedes indrette deres præsentationer efter, at hovedparten af tilhørerne er ikke-specialister i det behandlede emne.

Transport

Transport til/fra Nyborg sørger deltagerne selv for. Der kan blive arrangeret bustransport mellem Nyborg Station og hotel Nyborg Strand i forbindelse med årsmødets start torsdag formiddag og årsmødets afslutning fredag eftermiddag. Angiv venligst på tilmeldingsblanketten om der påregnes deltagelse i denne fælles bustransport. Følg med på hjemmesiden, om der bliver arrangeret transport. Det tager dog kun 10-15 minutter at spadsere mellem station og hotel.

Tilbud til ikke-medlemmer

Ikke-medlemmer der tilmelder sig årsmødet som betalende deltagere kan få gratis medlemskab af DFS i 2006.

Yderligere information

Spørgsmål vedrørende årsmødet besvares ved at sende en e-mail til j.schou@risoe.dk. Benyt venligst kun denne adresse til henvendelser vedr. årsmødet.

KIF-årsmøde 31. maj 2006

Netværk for Kvinder i Fysik (KIF) afholder sit årsmøde onsdag d. 31. maj 2006, ligeledes på Nyborg Strand. Mødet, der starter kl. 10, omfatter faglige foredrag af kvindelige fysikere, samt et foredrag over et mere generelt "kvinder i fysik"-tema med tid til efterfølgende diskussion. starter kl. 10. Alle er velkomne til at overvære foredragene, og alle opfordres til at deltage i mødet med en poster; abstract indsendes via DFS' hjemmeside. Dagen afsluttes med et netværksmøde med yderligere udveksling af erfaring og diskussion. For yderligere information, kontakt venligst Tina Christensen, DMI. Tlf.: 3915 7496, mobil: 2125 9153, e-post: tic@dmu.dk. Tilmelding sker via DFS' hjemmeside. Se KIFs hjemmeside for løbende opdateret program, kif.nbi.dk, samt tidligere års programmer.

Tilmeldingsblanket – DFS, IDA og KIF årsmøder

Bemærk!! Tilmelding bør helst foregå via DFS' hjemmeside www.nbi.dk/dfs

Navn: _____
Institution: _____
Adresse: _____
Postnr. og by: _____
Telefon: _____ E-mail: _____

Tilmelding her gælder deltagelse i DFS-årsmødet 1.-2. juni 2006, overnatning natten mellem torsdag og fredag samt alle måltider fra torsdag formiddag til fredag eftermiddag. Bemærk, at DFS-medlemmer får rabat på deltagergebyret.

- ☐ Deltager (incl. Ph.D. studerende) med overnatning på enkeltværelse; DFS-medlem; 2.350 kr.
- ☐ Deltager (incl. Ph.D. studerende) med overnatning på enkeltværelse; ikke-medlem; 2.650 kr.
- ☐ Deltager (incl. Ph.D. studerende) med overnatning på dobbeltværelse; DFS-medlem; 2.020 kr.
- ☐ Deltager (incl. Ph.D. studerende) med overnatning på dobbeltværelse; ikke-medlem; 2.220 kr.
- ☐ Studerende med overnatning på delt tre-sengs værelse; DFS-medlem; 1.800 kr.
- ☐ Studerende med overnatning på delt tre-sengs værelse; ikke-medlem; 2.000 kr.
- ☐ Fysikstuderende (ikke Ph.D) og medlem af DFS - søger DFS friplads.
- ☐ Astronomistuderende (ikke Ph.D) - søger IDA friplads.
- ☐ Deltager (også studerende) uden overnatning; DFS-medlem; 1.450 kr.
- ☐ Deltager (også studerende) uden overnatning; ikke-medlem; 1.750 kr.
- ☐ Deltager (også studerende) dagmøde; kun frokost; uden overnatning; 700 kr.
- ☐ Deltager (også studerende) dagmøde; frokost og middag; uden overnatning 1.150 kr.
- ☐ Jeg ønsker bustransport mellem station og hotel.

KIF-årsmødet 31. maj 2006

Tilmelding her gælder deltagelse i KIF-årsmødet onsdag 31. maj 2006 samt frokost og eftermiddagskaffe. Overnatning er natten mellem fredag og lørdag (incl. morgenmad).

- ☐ Deltager med overnatning på enkeltværelse; 1.200 kr.
- ☐ Deltager med overnatning på dobbeltværelse; 870 kr.
- ☐ Deltager uden overnatning; 315 kr.

Denne blanket indsendes bedst i internetversionen på DFS-hjemmesiden www.nbi.dk/dfs, men kan også sendes med brev eller fax senest den 20. april 2006 til Hotel Nyborg Strand, 5800 Nyborg. Mærk kuverten/faxen 'DFS 2006'.

KVANTE-stigen

– meddelelser om stort og småt

'Kvantestigen' bruges her som overskrift på en spalte der kan rumme stort og småt f.eks. læserbreve og redaktionelle kommentarer. I fysikken benyttes ordet til at anskueliggøre en lagdeling af kvantefænomener i naturen, hvor de enkelte lag eller trin placeres efter deres karakteristiske energi.

Kommentar: Den truende asteroide

I det foregående nummer af KVANT foreslog Poul Martin Hansen med flere [1] at redde Jorden fra kollision med en asteroide ved at lade en optisk pincet ændre asteroidens bane. Den optiske pincet skulle placeres på en satellit i kredsløb om Jorden, og jeg så umiddelbart for mig en mand i en lille robåd liggende ved siden af en oceandamper. Manden har en lang fiskestang og skubber damperen frem, mens båden glider baglæns. Dette billede er imidlertid misvisende, for fotonernes påvirkning af asteroiden sker først efter, at de har forladt satellitten. Fotonernes skub til asteroiden kommer jo af, at deres bevægelsesretning ændres ved lysbrydning i den glaslignende asteroide. Processen er altså snarere analog med, at manden i robåden har et gevær og skyder mod rundingen af oceandamperens agterstav. Projektileterne rikochetterer mod agterstavnen og skubber derved damperen afsted, på tværs af skudretningen (det er vist ikke den mest effektive måde at udnytte projektilernes bevægelsesmængde).

Man kan nu spørge om, hvor stort rekyl alle disse skud giver på robåden – eller for at vende tilbage til asteroideproblemet: hvor stort rekyl giver de udsendte fotoner på rumstationen? I artiklens boks 3 regnes der med en udsendt effekt på $P = 10^{17}$ W. Hertil svarer en impulsændring pr. tid på $P/c \simeq 3 \cdot 10^8$ N, idet c er lysets hastighed. Fotonudsendelsen medfører altså en reaktionskraft af størrelsen $3 \cdot 10^8$ N på rumstationen, og den virker uafbrudt i ca. 10 døgn $\simeq 10^6$ s. Lad rumstationen have en masse på 1000 tons = 10^6 kg. Accelerationen vil være $a = 300$ m/s², altså ca. 30 gange tyngdeaccelerationen ved Jordens overflade. Under en konstant accelereret bevægelse med denne acceleration vil rumstationen i løbet af 10 døgn tilbagelægge en vejlængde på 10 gange jordbanens radius. Det er således ikke uden grund, at forfatterne taler om "en væsentlig rekyleffekt på rumstationen". Deres løsning, "at påmontere raketmotorer på rumstationen", vil næppe være tilstrækkelig: den omtalte acceleration ligger næsten en størrelsesorden over, hvad raketmotorer præsterer, vel at mærke med en masse, der er begrænset til det mindst mulige i forhold til brændstofmængden. Heldigvis ligger en anden løsning lige for: man skal blot sende lige så meget lys bagud som fremad. Den samlede impulsændring bliver nul, og rekylet på rumstationen er dermed elimineret. Den

nødvendige lasereffekt bliver naturligvis fordoblet, men hvis den kontinuerte effekt kan forbedres en faktor 10^{10} som foreslået, kan en yderligere faktor 2 vel også nås.

[1] P.M. Hansen and T.W. Madsen and L.B. Oddershede, "Vild med lys", KVANT 16, nr 4, p. 14-16 (2005).

Finn Berg Rasmussen
Niels Bohr Institutet

Foredrag i Videnskabernes Selskab

Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab har i foråret en foredragsserie med temaet "Aktuelt fra forskningen". De første tre foredrag er afholdt og de sidste to foredrag er:

- Mandag den 20. marts kl. 19.30. Professor, lic.scient. Hans Thybo: "Hvorfor findes der olie men ikke diamanter i Danmark?"
- Mandag den 3. april kl. 19.30. Centerleder, dr.phil. Mogens Herman Hansen: "Polis – den græske bystatskultur".

Foredragene afholdes på adressen H.C. Andersens Boulevard 35, København. Gratis adgangskort fås fra 14 dage før hvert foredrag på forskellige biblioteker mm. – se hjemmesiden (www.royalacademy.dk). Her kan man desuden læse nærmere om foredragene.

KVANT Løssalg og bestilling af ældre numre:

Løssalg af nye numre: Løssalgsprisen for ét nyere nummer af KVANT er 40 kr. inklusiv forsendelse. Denne pris gælder nuværende og seneste årgang.

KVANT nr. 1 og 3, 2005 er udsolgt til løssalg og kan kun købes i forbindelse med køb af et næsten komplet sæt.

Større partier: Ved køb af større partier på mindst 30 stk., f.eks. klassesæt, er prisen 30 kr. pr. blad plus forsendelse.

Ældre numre: Blade der er på lager af årgang 1990-2004 sælges for 15 kr. pr. stk. plus forsendelse.

Udsolgte numre: Årg. 1997: nr. 4; 1998: nr. 3,4; 1999: nr. 4; 2000: nr. 1,2; 2003: nr. 1; 2005: nr. 1,3.

Næsten komplette sæt: Et mindre antal på ca. 5 "næsten komplette sæt" sælges for 750 kr pr. sæt inklusiv forsendelse. Sættet indeholder KVANT, årgang 1990-2005, bortset fra 10-15 udsolgte numre – hovedsageligt ovenstående numre (sættene rummer bl.a. det første Einstein-særnummer, nr. 1, 2005).

Betaling: Betaling sker ved girokort, som fremsendes sammen med bladene. Henvendelse til kvant@kvant.dk. Der må påregnes en ekspeditionstid på et par uger.

Indeks: På KVANTs hjemmeside, www.kvant.dk, findes bl.a. et forfatterindeks over årgang 1-13.

Hvorfor er DNA en høyregjenget dobbelheliks og hva var opprinnelsen til livet på Jorden?

Olav Steinsvoll, Steinsvolls Materialforskning og IFE, Kjeller

I en jubileumsartikkel om DNA i KVANT [1] var det et avsnitt om chiralitet som roper etter en fortsettelse. Det ble bare fortalt at oppdagerne av DNA dobbelheliksen og proteiners alfaheliksdeler presenterte som et faktum at dette var høyregjengede skrueformer. Man kan da spørre om hvilket grunnlag de hadde for disse påstandene: En venstregjenget heliks kunne vært like sannsynlig. I denne artikkel undersøkes begrepet chiralitet nøyere.

Bevis for at DNA heliksene er høyregjengede

Det var nok slik at DNA-prøvene i 1950-årene, i form av fiberbunter og ikke molekylære enkrystaller, ikke tillot å bestemme skrueformen av heliksene ved hjelp av røntgendiffraksjon. Derfor er det i ettertid ikke mulig å finne noe i de mange publikasjonene om strukturen av DNA og proteiner fra 1951 og utover som antyder at det har vært gjort forsøk på å bestemme skrueformen fra røntgendiagrammene på den tiden. Det skrives bare at det var bygget en høyregjenget modellheliks for proteiner i samsvar med de kjemiske dataene for aminosyrene. Dette ble godtatt som godt nok bevis ettersom oppdageren, Linus Pauling, var spesialisten innen dette feltet. Tilsvarende finner vi for DNA der det var bygget en høyregjenget modellheliks for DNA på grunnlag av de kjente kjemiske dataene for nukleotidene.

Når man ser bilder av de primitive kjemiske modellene som ble laget av holdere for kjemisk apparatur, papplater, trepinner og kuler, kan man undre seg over at verden godtok dette! Men modellene ble også fulgt av argumenter om muligheter for hydrogenbindinger mellom vindingene i heliksen. Det var først i 1973 [2] at man kunne gjøre røntgendiffraksjon med atomær oppløsning og kunne fastslå at DNA virkelig var en høyregjenget dobbelheliks slik som Watson og Crick hadde foreslått i sin modell.

Begrepet chiralitet

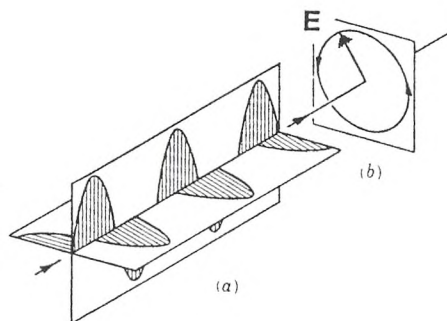
Når en struktur forholder seg til sitt speilbilde som høyre til venstre hånd, eller altså ikke kan dekke sitt eget speilbilde, sier vi at den har en chiral egenskap. Skruer (helikser) forholder seg nettopp slik: En venstregjenget mutter kan ikke skrus på en høyregjenget skrue! Man kan også uttrykke den chirale egenskapen matematisk for helikser. Går vi opp en høyrevridd vindeltrapp, får vektorproduktet av retningene av successive kanter av trappetrinn retning oppover. Går vi opp en venstrevridd vindeltrapp, får vektorproduktet retning nedover. Vi kan derfor tillegge en høyreskrudd heliks en chiral karakter eller helisitet (+1) og en venstreskrudd heliks helisiteten (−1). DNA har altså helisiteten (+1).

Forklaring av Pasteurs eksperimenter

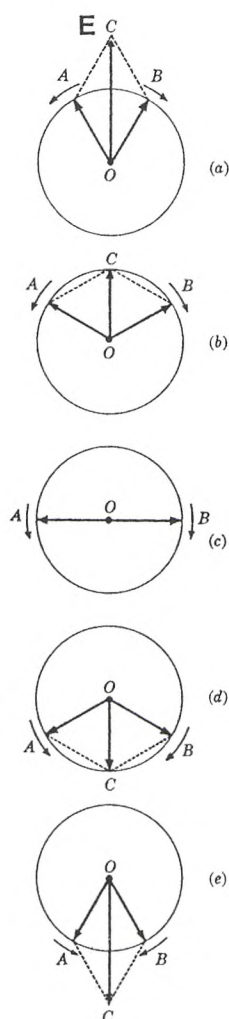
La oss gå tilbake til Louis Pasteurs observasjoner [3, 4] der et salt av vinsyre felte seg ut av en oppløsning i form av like mengder av to typer krystaller med strukturer som forholdt seg til hverandre som høyre til venstre hanske, eller som speilbilder av hverandre, en racemisk blanding. Han sorterte dem deretter ut etter krystallform med en nål under mikroskop og oppløste dem igjen hver for seg i vann. Da han så sendte planpolarisert lys gjennom disse to oppløsningene i et polarimeter (se boks 1), fant han at polarisasjonsretningen for lyset ble vridd mot venstre i den ene løsningen, *l*, og mot høyre i den andre, *d*. Når han felte ut krystaller fra hver av disse oppløsningene, fikk han spontant tilbake de to opprinnelige krystallformene som han hadde startet med, og bare dem. En væske har ingen akse, så det måtte altså være noe spesielt, "aksielt", med molekylene til de to typer vinsyresalt som han hadde klart å atskille. Krystaller, slik som kvartskrystaller, kan også ha optisk aktivitet, men det kan skyldes en egenskap for hele krystallen, altså dens struktur.

Boks 1: Virkemåten av et polarimeter

Et polarimeter er et apparat som brukes for å bestemme dreiningen av polarisasjonsplanet når planpolarisert lys går gjennom et optisk aktivt stoff. Det består av en lyskilde, en polarisator, *p*, og en analysator, *a*, som kan dreies i forhold til hverandre, og et fotometer som måler lysgjennomgangen i et stoff eller væske som plasseres mellom *p* og *a* som funksjon av dreiningen. Væsken (vann) med oppløste molekyler (for eksempel sukker) holdes i en liten standard skuff med vindu i begge ender. Når polarisert lys har samme polarisasjonsretning som analysator, slippes lys gjennom apparatet. Stilles analysatorretningen på tvers av lysets polarisasjonsretning, blir det ingen lysgjennomgang. Fylles skuffen med en optisk aktiv oppløsning, må man dreie litt på analysatoren for å få det helt mørkt, til den ene eller andre retningen. Dreiningens retningen, enten mot venstre eller høyre, forteller om man har *l* – eller *d*-type sukker, se figur 3.



Figur 1. En venstresirkulær polarisert lysstråle. (a) Prosjeksjoner på et tilfeldig tidspunkt av den roterende elektriske vektoren, $\mathbf{E}$, på horisontal – og vertikalplan lagt gjennom forplantningsretningen z for etterfølgende steder langs z -aksen. Dette mønster beveger seg i tid mot høyre. Ethvert sted langs z -aksen opplever da at projeksjonene setter seg sammen til resultantvektoren $\mathbf{E}$ som roterer rundt stedet som en venstregjenget skruer, normalt på z -aksen. (b) Prosjeksjonen av den elektriske vektoren $\mathbf{E}$ inn i et plan normalt på forplantningsretningen for et tilfeldig sted og tidspunkt på z -aksen.



Figur 2. En vertikal planpolarisert lysstråle, $\mathbf{E}$, dekomponert i to motsatt sirkulært polariserte lysstråler. To elektriske vektorer, $\frac{1}{2} \mathbf{E}$, roterer hver sin vei på tvers av forplantningsretningen.

I figur 1 forklares det som kalles sirkulært polarisert lys. Man kan se på en stråle av vertikalt planpolarisert lys med elektrisk vektor $\mathbf{E}$ som sammensatt av to sirkulært polariserte lysstråler der to elektriske vektorer, $\frac{1}{2} \mathbf{E}$, roterer hver sin vei gjennom oppløsningen av molekylene, se figur 2. Vi kan tillegge lysstrålene helisitetene $(+1)$ og (-1) . Dersom lysbrytningsindeksen for den ene sirkulært polariserte stråledelen i en bestemt molekylær oppløsning er større enn indeksen for den motsatt roterende stråledelen, betyr dette at den første delen kommer senere frem ved enden av væskebeholderen i polarimeteret, og resultanten av de to elektriske vektorene, altså polarisasjonsretningen ved utgangen av polarimeteret, har svingt bort fra den opprinnelige vertikallretningen, se figur 3. Det ser ut som at en type molekyler har kraftigere vekselvirkning med den ene formen av sirkulært polarisert lys enn med den andre.

Boks 2: Nomenklaturer for speilmolekyler.

I figur 4, til venstre, vises den *l*-enantiomere utgaven av aminosyren alanin. *d*-utgaven er speilbildet av denne. Går vi over til å karakterisere alanin med betegnelsene D og L som i [4], betyr dette at vi *løfter saken fra å være en eksperimentell kuriositet vedrørende polarisert lys, opp til et strukturelt plan*, hvor det tas hensyn til de underliggende forhold som antas å være de fysiske årsakene bak fenomenet [5]. Nomenklaturen, D og L ble innført av kjemikeren Emil Fischer i 1891. Han foreslo regler om hvordan man skulle projisere gruppene rundt et chiralt senter inn i et plan for lettere å kunne se høyre- og venstreformer, D/L. Den absolutte og entydige strukturbeskrivelsen av de fire atomgruppene rundt et chiralt senter ble senere innført av R. Cahn, C. Ingold og V. Prelog i 1956 med deres R/S terminologi (rectus, sinister). Denne har med rekkefølgen av de bundne atomer rundt det angjeldende C-atom etter plasseringen i det periodiske systemet. For alanin av formen $L(l)$ fås rekkefølgen N, C, C, H eller NH_2 , $COOH$, CH_3 , H for gruppene, se figur 4, til høyre. Den angir en rotasjonsretning mot Solen rundt bindingsaksen i retning mot H-atomet. R/S regelen forteller da at strukturen har konfigurasjon S, og vi kan tillegge, helisitet (-1) .

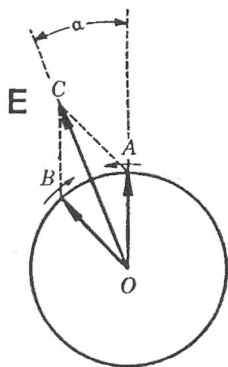
R/S terminologien gir en enda dypere forståelse av stereokjemien, men faller nesten helt sammen med D/L terminologien. Det viktige er at vi heretter kan tillegge molekylene helisitet, en skrueretning. Vi vil holde oss til D/L betegnelsen, men gi den et utvidet innhold. Fra nå av er altså L- og D-betegnelsene helt uavhengige av den optiske aktiviteten, og vi må se det som en ren tilfeldighet at vi kan skrive $L(l)$ og $D(d)$ for de to enantiomere utgavene av alanin og for alle de andre livsviktige aminosyrene. Sukkerkjemien er komplisert, og for noen sukkerarter kan man finne både $D(l)$ og $D(d)$, (for eksempel, fruktose(*l*) og glukose(*d*), som sammen utgjør vanlig sukker!). Vi skal se at det er de oppløste molekylenes helisitet som bestemmer deres vekselvirkning med det sirkulært polariserte lyset med en bestemt helisitet.

Stereokjemi og polarisert lys fra Kosmos

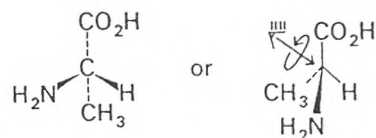
Vi er nå kommet inn i stereokjemien. Fenomenet ble senere forklart ved at salter av vinsyre selv hadde en molekylstruktur der det fantes såkalte asymmetriske karbonatomer eller chirale senter som førte til at molekylet kunne opptre i to utgaver som var speilbilder av hverandre, såkalte enantiomere former. Ut fra en blandingsoppløsning søkte altså likeformede molekyler sammen til hver sine krystallformer på grunn av fordelaktige energi- og bindingsforhold. Dette fenomenet brukes i våre dager ofte til renfremstilling av en bestemt enantiomer utgave av et molekyl innen farmasøytisk industri og ved illegal narkotikafremstilling.

Når det gjelder navn på stereoisomere eller enantiomere utgaver av organiske molekyler, er det skjedd en historisk utvikling av mer og mer treffsikre metoder og betegnelser. Man har forsøkt å karakterisere dem ved deres struktur og derigjennom ved de underliggende kjemisk/fysiske årsakene bak deres oppførsel i polarisert lys. Nomenklaturen er gått fra Pasteurs høyre/venstre-dreining av lyset, *d/l*, til E. Fischers projeksjonsregel, *D/L*, og senere til angivelse av *R/S* konfigurasjoner. En kort gjennomgang er forsøkt i boks 2 og figur 4 der alanin *L(l)* er brukt som illustrasjon. Vi holder oss til en utvidet *D/L* form.

I 1997 oppdaget man en kraftig kilde for rent høyresirkulært polarisert lys i stjernebildet Orion (se bildet på bagsiden). Hva vil skje dersom dette spesielle lyset sendes mot en racemisk blanding av enantiomere aminosyrer? Vil den asymmetriske vekselvirkningen av lyset kanskje kunne ødelegge molekyler av *L*-typen, og altså frembringe en kjemisk ubalanse i blandingen? Det er det høyresirkulært polariserte lyset som har den kraftigste vekselvirkningen med og som blir forsinket av det vi kaller *L*-type molekyler og som fører til en vridning mot venstre av polarisasjonsvektoren, se $\frac{1}{2} \mathbf{E}$ ved B i figur 3.



Figur 3. Med en venstrevridende aminosyre, *L*, i polarimeteret blir den høyresirkulære del av den planpolariserte lysstrålen forsinket i sin rotasjon. Når den venstresirkulære vektor $\frac{1}{2}\mathbf{E}$ ved A har gjort et heltallig antall rotasjoner gjennom stoffet, har vektoren $\frac{1}{2}\mathbf{E}$ ved B rotert en litt mindre vinkel. Resultantvektoren ved C ligger i et plan som danner vinkelen α med den inngående opprinnelige planpolariserte lysbølge, til venstre for dens polarisasjonsretning (se boks 1). Figurene 1, 2 og 3 er lånt fra F.W. Sears, Optics (1949) Addison-Wesley Press



L (*l*) - alanin

priority order: $\text{NH}_2 > \text{CO}_2\text{H} > \text{CH}_3 > \text{H}$

Figur 4. På venstre siden av figuren er *l*-formen av aminosyren alanin fremstilt på en tredimensjonal måte der atomgruppene CO_2H og CH_3 ligger under billedplanet, mens gruppene H_2N og H ligger over billedplanet. I en Fischerprojeksjon tegnes dette som et kors i papirplanet og molekylet gis betegnelsen *L*. På høyre siden av figuren er det antydning et øye som ser inn mot det sentrale C-atomet i alanin i retning av H-atomet. Rekkefølgen av atomgruppene NH_2 , CO_2H , og H går i motsatt retning av solen, som antydning av den lille sirkelen rundt H-aksen. Molekylet kan derfor etter *R/S* regelen tilordnes konfigurasjonen *S* (*sinister*) og helisitet (-1). Vi vil likevel betegne denne enantiomeren av aminosyren alanin som *L(l)* (se boks 2).

Homochiralitet og heliksform for proteiner og DNA

Alt liv inneholder proteiner som primært er bygd opp av aminosyrer, kjedet sammen i lange tråder eller polymerer, mange hundre aminosyrer lange. De mest vanlige aminosyrene, 20 stykker, kan ses på som monomerer som inngår i forskjellig antall og i en bestemt rekkefølge i proteinene. 19 aminosyrer har ett chiralt senter og forekommer derfor i to former, *L*- og *D*-form. Den 20. aminosyren, glycin, mangler et asymmetrisk C-atom, og finnes bare i en "nøytral" utgave. Under oppbyggingen av proteiner i cellene anvender naturen stort sett bare de monomerer som kan karakteriseres som *L*-utgaver av aminosyrene. Noen *D*-utgaver forekommer hos bakterier, i deres celledvegger og peptider. De finnes faktisk også i "høyere" organismer. Et ferdig protein inneholder lineære, båndliknende og heliksformede områder.

Byggeklussene, monomerene, som inngår i DNA, er fire forskjellige nukleotider, som alle består av en fosfatdel, en sukkerdel (en pentose, femring) og en aminbasedel. Det forekommer flere asymmetriske atomer i sukkerfemringen. Undersøkelser har likevel vist at alle monomerene som inngår i DNA dobbelheliksen, inneholder *D*-type deoksyribose. Alle de andre er biologisk inaktive. Hos RNA, ribonukleinsyre, opptrer bare *D*-ribose, og strukturen er en enkel heliks. Denne egenskapen til monomerene hos proteiner, DNA og RNA kalles homochiralitet. Min artikkel supplerer på dette området det viktige bidraget fra A.C. Andersen et al. [4].

Heliksformene hos proteiner, DNA og RNA er å betrakte som spesielle lineære enkrystaller med stor utstrekning, og for fysikeren kan det synes som om vi her har et tilsvarende tilfelle som for Pasteurs salter av vinsyre der like, asymmetriske monomerutgaver søkte sammen og dannet faste krystaller med enten *l* eller

d egenskaper i en mettet oppløsning. Hvis vi hadde en samling med bare D-type deoksyribose i vann, kunne vi kanskje etter en tid observere at DNA hadde bygd seg opp spontant? Det er mange likhetspunkter med Pasteurs eksperimenter, og vi kan si at Pasteur både oppdaget fenomenet chiralitet og homochiralitet i planteriket. Men naturen er ikke så enkel i DNA tilfellet. Vi må huske at bindingsenergiene som utløses i faststofftilfellet, er ganske store, og dessuten er alle molekyler som inngår i krystallene, omgitt av likeartede molekyler i alle retninger. Vannmolekyler er utsluttet. Dannelsesenergiene for DNA- og proteinheliksene er ganske betydelig mindre.

Vann, et viktig biomateriale

Vannmolekylet har et elektrisk dipolmoment, og vannmolekyler danner lett hydrogenbindinger med hverandre og danner kortlivede lenker og klynger. Vann er derfor et viktig støtteapparat for heliksenes struktur [6]. Kjeder av vannmolekyler kan danne broer og binde enkelte molekyldeler sammen. Dessuten stabiliserer vannet dobbeltheliksens struktur på den måten at de hydrofobe molekyldelene vender inn mot midten, mens de hydrofile delene ligger ut mot vannet. Heliksenes struktur og funksjoner kan bare bestå og foregå i vandige oppløsninger. Denne konstruksjonen oppsto under en singular, enestående begivenhet i tidenes morgen, og DNA strengen og dens nødvendige vandige biologiske omgivelser er siden blitt bevart og overført fra generasjon til generasjon ved inneslutning i celler.

For DNA fører altså forekomsten av bare D-monomerer til helikser på grunn av fordelaktige energi- og bindingsforhold. DNA er i tillegg en dobbelheliks, og dessuten bærer de to samvirkende helikser med seg en retningsgivende komponent langs heliksaksen i sukkerringen, se figur 4 i [1]. Dersom vi definerer den som "oppover" på den ene heliksen, vil den være rettet "nedover" på den andre heliksen. Alt dette stiller ekstra krav til de elementene som inngår i oppbygningen for å få et mest mulig regulært og holdbart "sluttprodukt". På den annen side kan det forekomme at innskutte heliksdeler i DNA er venstreskrudde, nemlig såkalte Z-former [1].

Som en generell konklusjon kan man si at helikser fremkommer som en nødvendig struktur når små asymmetriske molekyler setter seg sammen ved hjelp av kovalente bindinger i en lineær sekvens. Den viktigste grunnen til homochiralitet hos DNA er kanskje at en eventuell DNA med heterochirale elementer ikke kan lage identiske kopier av seg selv, og derved er blitt utsjaltet tidlig under evolusjonen. Naturens tilfeldige valg av den homochirale enhet, D-formen i stedet for L-formen i begynnelsen, bestemte sikkert at vi fikk høyregjengede helikser for DNA.

En tilsvarende betraktningssåte kan vi anlegge for proteiner. Når et ferdig lineært protein av bare L-former i neste omgang søker å oppnå en mer stabil form, kan man anta at fordelaktige energi- og bindings-

forhold styrer i retning av en heliks med en bestemt skrueretning for noen deler av proteiner. Linus Pauling fant at siden amidgruppen er plan og stiv, kunne han bygge en heliks som blir stabilisert av regulære hydrogenbindinger mellom atomer i amider plassert på forskjellig vindingsnivå. Vi har allerede nevnt at modellen kommer ut som høyregjenget. Med en eneste aminosyre av D-typen i utvalget blir heliksformen kanskje umulig.

Livets opprinnelse på Jorden

Det at alle livsformer inneholder de samme byggestener, slik som aminosyrer, fettsyrer, nukleinsyrer og karbohydrater og har egenskapen homochiralitet hos monomerene for både DNA og proteiner, har ført til mange spekulasjoner om livets felles opprinnelse. Dessuten er det en sammenheng mellom naturens bruk av L-aminosyrer og D-nukleotider. Det er mange teorier for hvordan livet er oppstått på jorden. Er det kommet en DNA streng fra et fjernt himmellegeme dalende ned på jorden en gang i en fjern fortid, eller har RNA, proteiner og DNA utviklet seg fra en serie tilfeldige kjemiske prosesser her på jorden? I det siste tilfellet vet vi at livet er like mye avhengig av alle de tre kjemiske byggestenene.

Nylig bombarderte en romsonde fra USA en kometkjerne med et prosjektil. De foreløpige analyser viser at "den skitne snøballen" som ventet, hovedsaklig består av vann, men også karbonforbindelser, såkalte organiske molekyler. Hvilke stoffer det dreier seg om og eventuelt deres chiralitet var ikke oppgitt. I referansene [4, 7] beskrives hvordan Stanley L. Miller kunne lage "organiske" molekyler fra uorganiske stoffer ved hjelp av elektriske utladninger, og at han fant at de dannede aminosyrene forekom med 50 % av L-formen og 50 % av D-formen, en racemisk blanding. Dessuten diskuteres hva det innebærer om romsondene til planeten Mars finner liv med samme chiralitet som på Jorden. Hvis det finnes liv og det derimot har motsatt chiralitet av på Jorden, har vi et bevis for at liv kan utvikles overalt og lokalt i Universet, hvis forholdene er de rette. Det skal nå sendes romsonder ikke bare til Mars, men også til månene Titan og Europa i solsystemet for å se etter liv.

Allerede i 1970-årene fant man at "Murchinsons meteoritt", som var falt ned i Australia, inneholdt et overskudd av L-type aminosyrer. Denne ubalansen kan nettopp ha blitt forårsaket av lyset fra sterke sirkulært polariserte lyskilder i Universet, slik som fra kilden i Orion. Nylig har en fransk gruppe ved lagringsringen LURE i Orsay, Frankrike, bestrålt en racemisk blanding av aminosyren leucin i fast form med høyresirkulært polarisert lys med samme frekvens som lyset fra Orion (182 nm, UV stråling) og fremkalt en overvekt på 2,6 % av D-typen enantiomer for stoffet [8, 9]. Denne selektive ødeleggelsen av L-typen enantiomer kalles fotolyse: Helisiteten av lyset og helisiteten av molekylerne passer sammen som skrue og mutter. Vi

har dermed fått svar på spørsmålet som ble stilt foran i artikkelen. Dette eksperimentet skal nå gjentas ved den franske synkrotronlyskilden SOLEIL for andre aminosyrer. Dessuten vil man se på om det går an å få til en biomolekylær asymmetrisk dannelse av aminosyrer fra enkle stoffer som vann, ammoniakk, metanol osv under påvirkning av kraftig monokromatisk sirkulært polarisert lys [9], altså et eksperiment som ligner på S.L. Millers eksperiment i [7].

Det mest trolige er at både tilfeldigheter og nødvendigheter har spilt en rolle for Livets opprinnelse og utvikling her på jorden. Hvis det har skjedd en asymmetrisk lyspåvirkning eller en forsterkning av en tilfeldig fluktusjon i en racemisk "urblanding" av aminosyrer eller nukleotider, kunne man tenke seg at den ene spillformen "får overtaket" i kampen om tilgjengelig informasjon, definert som "bits" etter C. Shannon ("negativ entropi") [10]. En etterfølgende langsom kjemisk utviklingsprosess à la Darwin er så et mulig scenario for begynnelsen av Livet på jorden der det hersker homochiralitet.

Dannelse av organisk stoff i førbiologisk tid

Et annet scenario som er diskutert, er om en enkel form av nukleinsyren RNA kunne ha vært den første som har oppstått tilfeldig under en "prebiotisk", førbiologisk, periode, kanskje under andre atmosfæriske forhold. På vårt utviklede stadium av livet brukes "nyere" utgaver av RNA til å avlese den genetiske koden i DNA og oversette den til en sammenhengende lineær rekkefølge av aminosyrer i ribosomene. De korteste av dem kalles peptider, de lengre polypeptider og de lengste proteiner med opptil tusen aminosyrer i kjeden. På et tidlig stadium kunne denne evnen hos RNA kanskje vært brukt til å lage polypeptider. Dette ville så avgjøre chiraliteten til proteinene. Et slags primitivt liv ville da kunne tenkes der RNA utgjorde "minnebrikken" før DNA dukket opp. DNAs store hukommelseskapasitet og selvkopieringsegenskaper muliggjorde mer komplekse livsformer. DNA kunne ha utviklet seg på grunnlag av RNA. Vi får dermed en "enkel" forklaring på mysteriet om homochiraliteten og sammenhengen mellom L- og D-former hos henholdsvis proteiner og DNA. Dessuten burde energilagringenheten ATP, adenosintrifosfat, og forstadier til cellevegger, også vært tilstede på et tidlig tidspunkt.

Hele veien fra det førbiologiske stadium, frem til det moderne mennesket, er livet gått gjennom "flaskehals" eller singulariteter, som har styrt utviklingen i nye retninger [11]. Nobelprisvinneren Christian de Duves nyeste bøker inneholder en fersk oppdatering om forskning, fakta og filosofi på denne interessante, til dels førbiologiske tidsperioden for Jorden.

Sammendrag

Vi har funnet en sannsynlig forklaring på DNAs og α -heliksenes høyreskrueform med helisitet (+1). Dessuten har vi sett på det fysiske grunnlaget for at chiral, sirkulært polarisert elektromagnetisk stråling slik som UV lys, og molekyler med chirale egenskaper

har evne til heftige omfavnelser og vekselvirkninger med alvorlige følger for dem begge når helisitetene er tilpasset hverandre!

Man har observert en kilde for sirkulært polarisert stråling i stjernebildet Orion. Slike kilder kan ha ført til naturlige, asymmetriske forekomster av aminosyrer i Kosmos. Deretter kan de ha kommet som et kosmisk regn over Jorden i en førbiologisk periode og ha dannet utgangspunktet for Livet med den homochiraliteten vi observerer i dag. Senere oppsto muligheten for videre utvikling av denne kjemien i et vandig miljø i celler med en "behagelig" temperatur på Jorden frem til alt Liv som fins på Jorden i dag. En blanding av utenomjordiske og jordiske forhold kan altså ha ført til Livets opprinnelse. Et annet scenario er at Livet kan ha oppstått helt selvstendig på Jorden etter en førbiologisk periode av karbonkjemi.

En stor takk til alle dem som er kommet med gode innspill under arbeidet med denne artikkelen innen astrobiologi.

Litteratur

- [1] Steinsvoll, O. (2004), DNAs fysisk/kjemiske struktur kjent i 50 år, KVANT, bind 15, nr. 4, 16
- [2] Rosenberg, J.M., Seeman, N.C., Kim, J.P., Suddath, F.L., Nicholas, H.B., and Rich, A. (1973), Double helix at atomic resolution, Nature, bind 243, 150.
- [3] McManus, Chris, Right hand, left hand, The Origins of asymmetry in Brains, Bodies, Atoms and Cultures (2003) Phoenix Paperbacks. Orion Books Ltd.
- [4] Andersen, Anja, C., Brandenburg, B. og Multamäki, T. (2005), Er det en naturlov at aminosyrer er venstredrejede? KVANT bind 16, nr. 3, p 18.
- [5] Hart, H. and Schuetz, R.D. (1978), Organic Chemistry 5. ed., Houghton Mifflin Company.
- [6] Steinsvoll, O. (1996), Vann, et viktig biomateriale, Fra Fysikkens Verden, årgang 58, nr. 3, 74.
- [7] Miller, S.L. (1953), A Production of Amino Acids under possible primitive Earth Conditions, Science, bind 117, 528.
- [8] Meierhenrich, U.J., Nahon, L., Alcaraz, C., Bredehøft, J.H., Hoffmann, S.V., Barbier, B. and Brack, A. (2005), Asymmetric Vacuum UV photolysis of the Amino Acid Leucine in the Solid State, Angew. Chem. Int. Ed., nr. 44, p 5630-5634.
- [9] Nahon, Laurent (2005), "L'asymétrie des biomolécules vient de l'espace", La Recherche, nr. 390, 10 (I intervjuet med Nahon står det at eksperimentene viste et overskudd av leucine "gauche". Det riktige er et overskudd av leucine "droite", altså D-typen. Se referansen, et nummer foran).
- [10] Loewenstein, W.R. (1999), The Touchstone of Life. Molecular information, cell communication, and the foundations of life, Penguin Books.
- [11] de Duve, C. (2005), Singularities, Landmarks on the Pathway to Life, Cambridge University Press.



Olav Steinsvoll (født 1931), opprinnelig biofysiker, seniorforsker, dr. philos., popularisator av forskningsmetoder og -resultater, fhv. redaktør av tidsskriftet "Fra Fysikkens Verden", mangeårig bruker av nøytronspredning innen materialforskning, fhv. leder av Nøytronlaboratoriet, IFE, Kjeller.

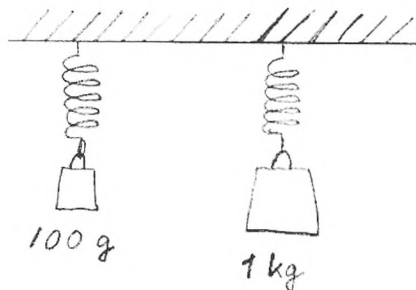
Opgave-hjørnet

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, Roskilde Universitetscenter, John Rosendal Nielsen og Michael Cramer Andersen, KVANT

Vi vil med denne udgave af Opgave-hjørnet supplere serien af breddeopgaver med nogle kortere opgaver – med løsning – så man ikke skal vente helt til næste nummer af KVANT. Vi lægger ud med to små opgaver om henholdsvis fjedre og tal. Løsningerne kan findes efter breddeopgaven.

Opgave 1. Svingningstid af to fjedre

Et lod på 1 kg hænger i en kraftig fjeder og et andet lod på 100 g hænger i en blødere fjeder. De to fjedre er lige lange både uden belastning og med de angivne lodder (se tegningen). Hvor stor er forskellen på svingningstiden af de to lodder?



Figur 1. To fjedre med lodder.

Opgave 2. Tre tal i forholdene 1:2:3

Konstruer 3 trecifrede tal der er i forholdene 1:2:3 til hinanden. Man skal bruge alle tallene fra 1 til 9 én gang hver.

Breddeopgave 23. Darcys lov

Her bringes løsning og kommentarer til opgaven fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaven i sidste nummer af KVANT var denne breddeopgave fra RUC (nr. 23 i rækken i KVANT):

I hydrologien beskrives vands strømning i undergrunden ved den såkaldte Darcys lov. Den udsiger, at strømningshastigheden et givet sted er proportional med trykfaldet per længdeenhed det pågældende sted. Proportionalitetskonstanten afhænger af, om det f.eks. er ler, sand eller grus, der gennemstrømmes, og den kaldes det pågældende materiales permeabilitet for vand. Permeabiliteten må antages at afhænge af både størrelse, form og sammenpakning af de korn, materialet består af. Hvordan afhænger permeabiliteten af kornstørrelserne i materialer, hvis kornformer og sammenpakkingsmåder antages ens? Begrund svaret.

Løsning

Darcys lov kan åbenbart skrives:

$$v = -k \cdot \frac{dP}{dx}, \quad (1)$$

hvor v er strømningshastigheden, dP/dx er trykfaldet per længdeenhed og k er permeabiliteten. De fysiske størrelser, som k kan tænkes at afhænge af, er vandets viskositet η , vandets massefylde ρ og størrelser, former og sammenpakninger af kornene i materialet. En given fordeling af kornstørrelser, kornformer og deres sammenpakkingsmønstre må i princippet kunne beskrives ved en karakteristisk længde d og en dimensionsløs funktion $F(f)$ af en række geometriske forhold f karakteristisk for den pågældende fordeling af størrelser, former og sammenpakninger. Der må derfor gælde:

$$k = d^\alpha \cdot \eta^\beta \cdot \rho^\gamma \cdot F(f), \quad (2)$$

hvor α , β og γ må vælges således, at højresiden får den rigtige dimension. Hvor en eventuel dimensionsløs tal-faktor i den ukendte formel for k er indlemmet i $F(f)$.

Af (1) fremgår det, at k 's dimension må være:

$$[k] = [v] \cdot \frac{[dx]}{[dP]} = \frac{L^2 T^{-1}}{M L^{-1} T^{-2}} = M^{-1} L^3 T. \quad (3)$$

Da $[d] = L$, $[\eta] = M L^{-1} T^{-1}$ og $[\rho] = M L^{-3}$ er det derfor tvingende, at:

$$M^{-1} L^3 T = L^\alpha \cdot M^\beta L^{-\beta} T^{-\beta} \cdot M^\gamma L^{3\gamma}. \quad (4)$$

Ligningen kan kun opfyldes for dimensionen T , hvis $\beta = -1$. Dette taget i betragtning, kan den kun opfyldes for dimensionen M , hvis $\gamma = 0$. Herefter kan den kun opfyldes for dimensionen L , hvis $\alpha = 2$. Hvis Darcys lov kan gøres gældende, er konstanten i den således entydigt givet ved:

$$k = d^2 \cdot \eta^{-1} \cdot F(f) \quad (5)$$

Svaret på opgaven er således, at hvis det geometriske billede af sediment 1 fremgår af det geometriske billede af sediment 2 ved at alle længder er ganget med ε , da er k for sediment 1 ε^2 gange større end k for sediment 2.

Kommentarer

1. Darcys lov, jævnfør ligning (1), fremkommer af Newtons 2. lov anvendt på en infinitesimal kasse med vand og jordpartikler i, hvor vandet dels er påvirket af det varierende tryk fra vandet uden for kassen, dels af vekselvirkningen imellem vandet og jordpartiklerne i

kassen. Idet det dels antages, at det trykfald, der skal til for at sikre accelerationen i en given vandstrømning, er forsvindende i forhold til det trykfald, der skal til for at overvinde vandets gnidningmodstand imod jordpartiklerne, dels antages, at gnidningsmodstanden kan regnes for proportional med transporthastigheden af det strømmende vand. I lærebogen i hydrologi fra DTU, som jeg i sin tid konsulterede forud for formuleringen af opgaven, blev både (1) og (5) præsenteret som rene erfaringslove. Udlædninger af dem fra en mere teoretisk ramme, som gjort her, skulle man til speciallitteraturen for at finde.

2. Når jeg har afholdt breddekurset på fysikstudiet på RUC, har jeg tidligt i forløbet fremhævet dimensionsanalyse som et undertiden kraftfuldt redskab til problemløsning i fysik. Pointen hermed har været dobbelt. Dels har jeg gjort det, fordi dimensionsanalyse som sagt kan være et slagkraftigt værktøj for de studerende at have til rådighed. Somme tider – som ved opgaven her – er det endda den eneste mulige vej til problemløsning. En del af eksamensopgaverne gennem årene har tilsvarende alene – eller som en mulighed blandt flere – kunnet løses ved dimensionsanalyse. Men jeg har også fremhævet dimensionsanalysen for i større almindelighed at henlede de studerendes opmærksomhed på de både historiske og filosofiske perspektiver i, at fysikken nu om dage formulerer sig i *størrelsesligninger*.

At symbolerne i fysik repræsenterer *størrelser* kan ses som det større abstraktionsspring nummer tre i udviklingen af brugen af symboler i matematik og fysik: Det første spring fandt sted i forhistorisk tid ved overgangen fra at tale om f.eks. syv får eller syv høns til at tale om syv i al abstrakthed, således at f.eks. syv plus fem gives mening uden henvisning til hverken får eller høns. Det andet spring skete ved udviklingen af algebraen over araberne til Descartes (*“Géométrie”*, 1637), hvorefter vi ikke blot har kunnet regne med tal, men også som pladsholdere for vilkårlige tal har kunnet regne med bogstaver. Altså det spring, der har styret måden vore dages matematik udtrykkes på. Endelig kan det tredje abstraktionsspring, modsvarende henvisningen til Descartes som repræsentant for det andet spring, tidsfæstes til Maxwells *“Treatise of electricity and magnetism”* (1873). Heri introducerer Maxwell bebegbet en *“fysisk størrelse”* som produktet af et tal og en enhed. Og han gør opmærksom på, at bogstavregningen i fysik kan tolkes på to måder: Bogstaverne kan, som i matematik, opfattes som pladsholdere for tal gældende for et underforstået bestemt valg af enheder. Eller de kan opfattes som pladsholdere for fysiske størrelser. Hvorved han lægger op til den senere forståelse af ligningerne imellem disse størrelser som uafhængige af valgte måleenheder, på samme måde som f.eks. ligheden imellem to længder ikke afhænger af, om de måles i meter eller alen. (Uddybning kan findes i: Jan de Boer, *“Symboler og betegnelser i matematikken og fysikken”*,

Fysisk Tidsskrift 86, 1988, No. 2).

Siden Maxwells tid bredte opfattelsen af bogstavregningen i fysik som størrelsesregning sig til hele fysiklitteraturen i løbet af små hundrede år. I megen teknisk litteratur opereres der stadig med algebraiske udtryk, hvor symbolerne står for talværdier og rigtigheden af udtrykkene hænger på brugen af bestemte enheder. Men i fysik er ligningerne nu om dage altså ikke afhængige af valgte enheder. Symbolmanipulationerne handler om produkter af tal og enheder, således at der samtidigt gennemføres parallelle regnestykker for tal og enheder. Hvor kombinationen af tal og enhed refererende til en bestemt fysisk størrelse kan vælges frit så længe produktet af tal og enhed stadig repræsenterer det samme.

I modsætning til uafhængigheden af det specifikke valg af enheder afhænger udseendet af fysikkens ligninger derimod af, hvad der anses for grundstørrelser og hvad der anses for heraf afledte størrelser. Valget af, hvad der regnes for grundstørrelser, er også afgørende for, hvilke dimensionsanalyser, der kan gennemføres.

Breddeopgave 24. Kasserollehåndtag

Inden næste nummer af KVANT udkommer kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne eksamensopgave fra breddekurset på RUC (fra sommereksamen 1978, nr. 24 i rækken her i KVANT):

Oftest brænder man sig på pander eller kasseroller med metalhåndtag, når man fjerner dem fra ilden. Hvordan afhænger temperaturen af enden af et sådant metalhåndtag af dets længde og tykkelse? Begrund svarene.

Løsning og kommentar bringes i næste nummer.

Løsninger til små opgaver

1. Svingningstid af to fjedre.

Fjedersvingningerne antages at være harmoniske, hvor udsvinget x er godt beskrevet af Hookes lov, $F_{res} = -k \cdot x$, med fjederkonstanten $k = m \cdot \omega^2$. Svingningstiden er $T = 2\pi/\omega$ eller $T = 2\pi \cdot \sqrt{m/k}$. Da lodderne udvider fjedrene lige meget må de to fjedre have et tilsvarende forhold mellem deres fjederkonstanter $k_1/k_2 = m_1/m_2 = 10$. Af formlen for svingningstiden ses det nu, at de to lodder må have *samme svingningstid*.

2. Tre tal i forholdene 1:2:3.

Der er fire løsninger: (219, 438, 657), (327, 654, 981), (192, 384, 576) og (273, 546, 819). Se hvordan de findes på United States Military Academy's Math Forum (26. januar 2006), www.dean.usma.edu/math/activities/potw/default.htm.

Naturvidenskabens største uløste problemer

Michael Cramer Andersen, Ordrup Gymnasium og KVANT

I anledning af sit 125-års jubilæum udgav tidsskriftet Science en serie artikler om de største gåder og spørgsmål, der optager forskerne i dag. I stedet for altid at fokusere på nye opdagelser og ting vi ved, er det nogle gange frugtbart at se på hvad vi ikke ved – hvor er hullerne i vores viden?

Redaktørerne bag Science besluttede sig for at udvælge 25 store spørgsmål, som forskerne i princippet ville kunne løse indenfor de næste 25 år. Men der var så mange forslag, at listen endte med at rumme 125 spørgsmål. Listen rummer spørgsmål, der har inspireret flere generationer og som måske stadig vil være aktuelle for kommende generationer.

Listen skal ikke opfattes som en forudsigelse af hvad videnskaben vil løse de kommende år, men som en kortlægning af områder der stadig er præget af uvidenhed. Det er spørgsmål som disse, forskerne undrer sig over – “muligheder der kan udforskes”. I boks 1 er de 25 største problemer samlet, med fremhævnin g af de problemer som er interessante set med fysikers øjne. Til hver af de 25 første problemer findes en sidespektivering (på engelsk) [1].

100 problemer mere...

De øvrige hundrede problemer spænder over mange discipliner: fra kosmologi og astrofysik, partikelfysik, faststoffysik, kemi, planetyfysik, geofysik, biokemi, genetik, medicin, biologi, økologi, bevidsthedsforskning, sociologi og matematik. Rækkefølgen afspejler kompleksiteten af de systemer, de enkelte videnskabelige discipliner undersøger. Nedenfor samles problem nr. 26-58, som er de fysisk mest interessante problemer.

Er vores univers det eneste? (26)

Et antal kvanteteoretikere og kosmologer forsøger at finde ud af om vores univers er en del af et større “multivers”. Andre mener, at denne idé – som er svær at teste – er et spørgsmål for filosoffer.

Hvad drev den kosmiske inflation? (27)

I de første brøkdele af et sekund efter big bang blev Universet pustet op med en ufattelig hastighed. Men hvad pustede? Målinger af den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling og andre astrofysiske observationer indskrænker mulighederne.

Hvordan opstod de første stjerner og galakser? (28)

De store træk er forstået, men ikke de finere detaljer. Data fra satellitter og jordbaserede teleskoper vil måske snart afsløre hvornår den første generation af stjerner blev dannet af den oprindelige brinttåge.

Top 25 over videnskabelige problemer:

1. **Hvad er Universets fundamentale bestanddele?**
2. Hvad er det biologiske grundlag for bevidsthed?
3. Hvorfor har mennesket så få gener?
4. I hvor høj grad er genetisk variation og helbred relateret?
5. **Kan fysikkens love forenes?**
6. Hvor langt kan menneskets levetid forlænges?
7. Hvad kontrollerer regenerering af organer?
8. Hvordan kan en hudcelle omdannes til en nervecelle?
9. Hvordan kan en enkelt somatisk celle blive til en hel plante?
10. **Hvordan virker Jordens indre?**
11. **Er vi alene i Universet?**
12. **Hvordan og hvor opstod livet på Jorden?**
13. Hvad bestemmer arternes diversitet?
14. Hvilke unikke genetiske ændringer gjorde os til mennesker?
15. Hvordan gemmes og fremkaldes oplevelser?
16. Hvordan udvikledes samarbejde indenfor biologien (cooperative behaviour)
17. Hvordan findes de store linjer i et hav af biologiske data?
18. Hvor langt kan vi udvikle selvsamlende molekyler?
19. **Hvad er grænserne for konventionelle computerberegninger?**
20. Kan vi selektivt afbryde immunrespons?
21. **Ligger der dybere principper bag kvanteubestemthed og ikke-lokalitet?**
22. Kan der udvikles en billig og effektiv HIV-vaccine?
23. **Hvor varm bliver den globale opvarmning?**
24. **Hvad kan erstatte billig olie – og hvornår?**
25. Vil Malthus fortsat tage fejl?

Hvor kommer energirige kosmiske stråler fra? (29)

Kosmiske stråler beæger sig, over en vis energigrænse, ikke særlig langt før de bliver tilintetgjort. Hvorfor observeres de højt i Jordens atmosfære, når der tilsyneladende ikke er nogen kilde i vores galakse?

Hvilken energikilde driver kvasarer? (30)

De største energiidstrømninger i Universet får sandsynligvis deres energi fra stof der trækkes ned i supermassive sorte huller. Men detaljerne om hvad der driver deres jets er endnu kun gætværk.

Hvad er naturen af sorte huller? (31)

Når en klump relativistisk masse presses sammen til kvantestørrelse bryder naturlovene sammen. Hvordan skal energien beskrives?

Hvorfor er der stof men ikke antistof? (32)

For partikelfysikere er stof og antistof stort set det samme. Der må være nogle skjulte forskelle, der gør at stof er almindeligt mens antistof er sjældent.

Henfalder protonen? (33)

I følge foreningsteorier vil kvarker (der opbygger protoner) kunne henfalde til leptoner (som f.eks. elektroner). Hvis man detekterer en proton, der henfalder til noget andet, vil man være på sporet af nye love indenfor partikelfysik.

Hvordan virker tyngdekraften? (34)

Tyngdekraften er nærmest uforenelig med kvantemekanikken og Partikelfysikkens Standardmodel og ingen har detekteret den partikel de skulle formidle tyngdekraften. Newtons æble var fyldt med orme.

Hvorfor er tiden forskellig fra andre dimensioner? (35)

Tid kan opfattes som en dimension og tid og rum er tæt forbundne. Ligningerne virker fint, men giver ikke svar på hvorfor vi oplever et "nu" og hvorfor tiden går som den går.



Er der mindre byggesten end kvarker? (36)

Atomerne var "udelelige" indtil forskere opdagede subatomare partikler inde i. Er der mindre partikler inde i de mindste – kvarker og gluoner?

Er neutrinoer deres egne antipartikler? (37)

Et antal nye undergrundeksperimenter skal undersøge dette spørgsmål, som kan kaste lys over dannelsen af stof i Universet.

Findes der en teori for kollektive elektronsystemer? (38)

Kan man finde en fælles teori for kollektive elektronsystemer som f.eks. højtemperatursuperledning og magnetoresistans?

Hvor kraftig en laser kan man konstruere? (39)

Teoretikere forudsiger, at fotonerne i en meget intens laserstråle vil danne elektron-positron par, som vil ødelægge strålen. Er det muligt at nå dette punkt?

Kan man fremstille en perfekt linse (40)

Forskerne har gjort det med mikrobølger, men ikke med synligt lys.

Kan magnetiske halvledere virke ved stuetemperatur? (41)

Sådanne komponenter er fremstillet ved lave temperaturer, men kan de virke ved højere temperaturer, så de kan bruges til spintronics?

Hvad er parmekanismen bag superledning? (42)

Elektronerne i superledere surfer sammen i par, men efter to årtiers intens forskning er der stadig ingen der ved, hvad der holder dem sammen i de komplekse højtemperatur superledermaterialer.

Findes der en generel teori for dynamikken af turbulente strømninger og granulære materialer? (43)

Indtil videre har sådanne systemer "ude af ligevægt" undvejet værktøjskassen indenfor statistisk mekanik og efterladt et gabende hul i fysikken.

Er der stabile grundstoffer med høje atomnumre? (44)

Et supertungt grundstof med 184 neutroner og 114 protoner skulle være relativt stabilt, hvis det kan skabes.

Er superflydning muligt i et fast stof? (45)

I så fald hvordan? På trods af antydninger i helium på fast form, ved ingen om krystallinske stoffer kan flyde uden modstand. Viser denne bizarre opførsel sig i nye eksperimenter, må teoretikerne forklare hvordan.

Hvad er strukturen af vand? (46)

Forskerne diskuterer stadig hvor mange bindinger hvert H₂O-molekyle danner med sine nærmeste naboer.

Hvad er naturen af glas? (47)¹

Molekylerne i en glas er arrangeret næsten som i en væske, men mere tætpakket. Hvor og hvorfor foregår overgangen mellem væske og glas?

Er der grænser for kemisk syntese? (48)

Jo større syntetiske molekyler bliver, jo sværere er det at kontrollere deres form og at lave nok kopier til at de kan bruges. Kemikerne har brug for nye metoder til fortsat at lave større molekyler.

Hvor effektive kan solceller blive? (49)

Konventionelle solceller kan omdanne 32 % af energien i sollys til elektricitet. Kan denne grænse overskrides?

¹Se artiklen af Jeppe Dyre og Thomas Schrøder i dette nummer af KVANT.

Vil fusion altid være fremtidens energikilde? (50)²

Det har været 35 år ude i fremtiden i de sidste 50 år. Hvis ikke det internationale samfund forener indsatsen, vil det være 35 år væk i mange årtier endnu.

Hvad driver Solens magnetiske cyklus? (51)

Forskerne kan ikke forklare Solens differentielle rotation ud fra dens 22-årige solpletcyklus. Enten mangler der en detalje i simuleringerne, eller de må gå tilbage til tegnebordet.

Hvordan dannes planeter? (52)³

Det er stadig uklart hvordan klumper af støv og is og lommer af gas samlede sig til planeterne uden at Solen opslugte det hele. Planetsystemer omkring andre stjerner giver nogle spor.

Hvad forårsager istiderne? (53)

Istiderne kommer hver 100.000 år som følge af hvordan planeten vipper og præcesserer i sin bane omkring Solen, men forskerne har endnu ikke kunne forklare præcis hvordan ud fra klimadata.

Hvad forårsager Jordens magnetiske polvending? (54)

Laboratorieeksperimenter og computermødelles giver ny indsigt i hvordan Jordens magnetfelt kan flippe. Kan modellerne indfange tilstrækkelig mange aspekter ved magnetfeltet udenfor den utilgængelige kerne?

Er der forløbere som varsler et jordskælv? (55)

Jagten på signaler, der kommer før et jordskælv, har været resultatløs i årtier. Forståelsen af forskydningerne vokser, men det vil kræve et gennembrud før det er muligt at foretage rutinemæssige forudsigelser.

Er der eller har der været liv andre steder i Solsystemet? (56). Eftersøgningen af liv på andre klippelegemer har høj prioritet i udforskningen af planeter (af både ESA og NASA), hvor Mars er i fokus fordi der tidligere har været flydende vand.

Hvordan opstod homokiralitet i naturen? (57)⁴

De fleste biomolekyler kan dannes i spejlbilleder, men i levende organismer er aminosyrer altid venstrehåandede og sukkerer højrehåandede. Årsagen til denne præference er stadig en gåde.

Kan man forudsige hvordan proteiner folder? (58)

Et protein vælger én ud af næsten uendelig mange måder det kan folde op på, i løbet af nogle mikrosekunder. Den samme proces tager 30 år at simulere på computer.

Videre læsning

Der er angivet henvisninger til nylige artikler i KVANT, som omhandler de pågældende problemer. Vi håber at kunne bringe artikler om flere emner fremover. Man

kan desuden læse videre i [2], skrevet af den tidligere redaktør af Nature, og [3].

Glimrende (AT-)undervisningsforløb

De uddybende beskrivelser [1] kan udmærket bruges i gymnasieundervisningen i et tværfagligt undervisningsforløb mellem f.eks. fysik, engelsk og samfundsfag. I den nye gymnasireform er der i faget Almen Studieforbereelse netop krav om samarbejde på tværs af fakulteterne – naturvidenskab, humaniora og samfundsfag.

Emnet er blevet afprøvet af forfatteren sammen med en engelsklærer i et forløb om "Science og Science Fiction" i en samfundsfaglig 1.g-klasse. Eleverne fandt emnerne meget inspirerende for diskussioner om samfundets udvikling i fremtiden. De skulle forestille sig, at de var blandt de forskere der om 25 år havde løst ét af problemerne og i grupper arbejde med spørgsmålene: 1) Hvordan vil samfundet blive ændret – til det bedre eller værre? 2) Hvis I opfandt et nyt lægemiddel eller en ny billig energiteknologi, ville I så tage patent på det eller dele Jeres viden med menneskeheden?

Teksterne indeholder en del fagudtryk og er en god træning for eleverne, selv om nogle fandt dem lidt svære. Men man kommer ikke udenom, at de fleste tekster på Internettet er på engelsk. Engelsklæreren kan hjælpe med at forstå teksterne sammen med fysiklæreren, der kan forklare fagudtrykkene på dansk. Samfundfaglæreren kan styre de efterfølgende diskussioner.

Litteratur

- [1] Science Magazine – 125 Questions: What Don't We Know?, www.sciencemag.org/sciext/125th/
- [2] John Maddox, What Remains to be Discovered – Mapping the Secrets of the Universe, the Origins of Life and the Future of the Human Race. The Free Press 1998.
- [3] John Brockman (ed.), The Next Fifty Year – Science in the First Half of the Twenty-First Century. Phoenix 2002.



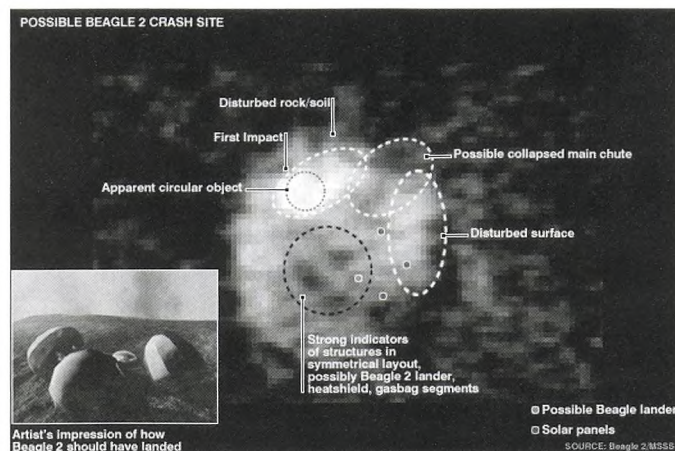
Michael Cramer Andersen er cand. scient og redaktør af KVANT. Han er ved at tage 1-årigt pædagogikum i fysik og astronomi. De faglige interesser spænder over kosmologi, astrobiologi og videnskabshistorie samt videnskabsformidling.

²Se artiklen af Vagn O. Jensen i KVANT nr. 4, 2005.

³Se artiklen af Uffe Gråe Jørgensen i KVANT nr. 3, 2004.

⁴Se artiklen af Anja C. Andersen et al. i KVANT nr. 3, 2005 og artiklen af Olav Steinsvoll i dette nummer.

Af John Rosendal Nielsen og Sven Munk, KVANT.



Magnetisk nordpol flytter sig hurtigt!

Fra en konference arrangeret af American Geophysical Union lyder meldingen, at den magnetiske nordpol flytter sig så hurtigt, at den måske allerede om 50 år vil befinde sig i Sibirien. I løbet af de sidste 150 år er den magnetiske feltstyrke aftaget med ca. 10 % og den magnetiske pols position på jordoverfladen er rykket 1100 km tættere på den geografiske nordpol. Hvad dette indebærer for nordlys og afbøjning af den kosmiske stråling er endnu uvist.

Kilde: news.bbc.co.uk/go/pr/fr/-/1/hi/sci/tech/4520982.stm

Tredje gang...

Der skulle tre forsøg til, men så kom NASA sonden New Horizons også af sted til Pluto. Vejret havde bl.a. været årsagen til forsinkelserne, men den 19. januar kl. 20:00 dansk tid lettede den fra Cape Canaveral Air Force Station med en kraftig Atlas raket. Undervejs skal New Horizons passere Jupiter i afstand af 2,3 millioner km, hvilket skal benyttes til observationer og målinger af solsystemets største planet og enkelte af dens måner. Det vil ske efter omtrent 1 år rejsetid, og det er planen, at sonden skal udnytte Jupiters tyngdekraft til at forøge hastigheden fra 60.000 km/t til 75.000 km/t. Derefter skal rumsonden bringes i en dvaletilstand indtil den ankommer til Pluto i midten af juli 2015. New Horizons skal ikke lande eller gå i kredsløb om Pluto, men blot flyve forbi i forventet afstand af 10.000 km. Hvis mødet med Pluto forløber problemfrit, er det håbet, at man kan forlænge missionen til Kuiper-bæltet. Der er mange spændende videnskabelige perspektiver i denne mission, hvor bl.a. tætheden af støv i solsystemet skal måles. Dette instrument, der ikke skal bringes dvale efter mødet med Jupiter, er også interessant, idet det er første gang, at studerende er blevet udvalgt til rummission.. Det drejer sig, om studerende fra University of Colorado at Boulder. Man må formode at de er blevet færdige med studiet inden ankomsten til Pluto.

Kilde: www.tycho.dk

Beagle 2 fundet på Mars

Radioastronomer mener, at de ved hjælp af radar har fundet Mars-sonden Beagle 2 – se billedet til venstre. Med denne imponerende bedrift, håber forskerne at komme nærmere en forklaring på hvorfor missionen fejlede.

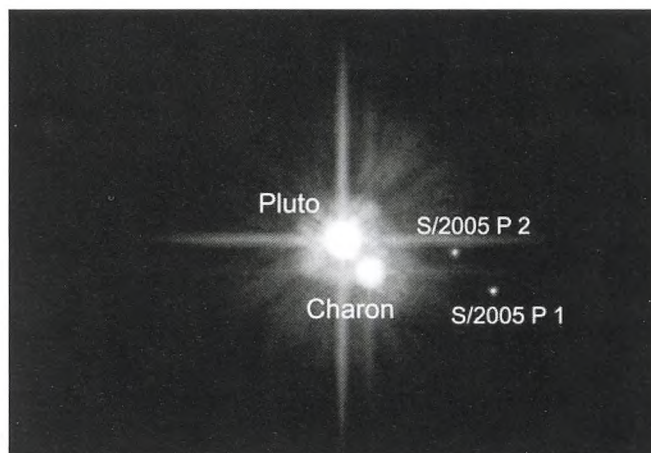
Har Pluto flere måner?

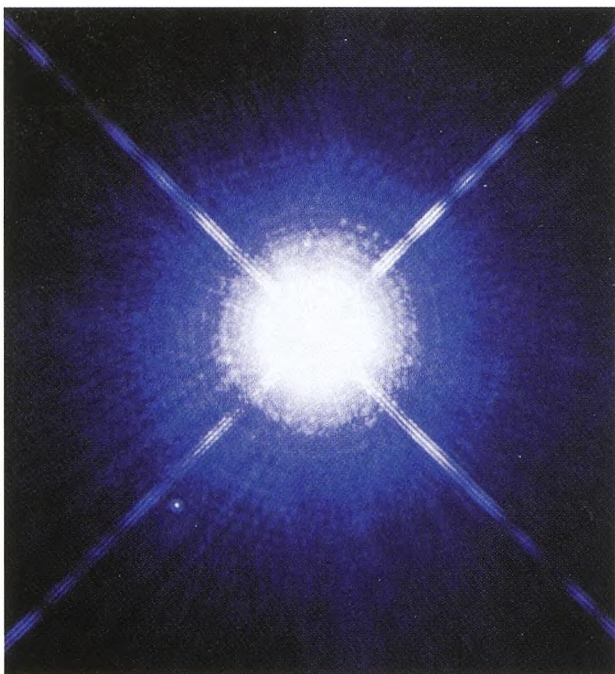
Hvis man slår op i diverse astronomiske bøger, kan man læse, at Pluto kun har en måne, Charon, men det er måske ikke korrekt. Ifølge amerikanske astronomer viser observationer fra Hubble rumteleskopet, at der måske er tre måner i stedet for én. De to kandidater til Plutos måner har indtil videre fået de poetiske navne, S/2005 P1 og S/2005 P2. Nogle mere passende navne vil først komme på tale, hvis observationerne kan bekræftes.

Månekandidaterne menes at være mellem 50 og 150 km i diameter og blev fundet på billeder af Pluto med lang eksponering med Hubble rumteleskopets Advanced Camera for Surveys. Billederne med de overeksponerede Pluto og Charon blev taget i maj 2005 og efterfølgende blevet behandlet og har vist to mulige måner, der bevæger imod uret omkring Pluto og med langt mindre hastighed end Charon, da de befinder sig længere væk fra Pluto. Opdagelsen blev bekræftet i februar med opfølgende optagelser med Hubble Rumteleskopet.

Som vi beskrev i sidste nummer af Kvant, befinder Pluto sig (ufrivilligt) i øjet af en diskussion om dens planetstatus. Pluto er en ud af mange dybfrosne objekter, der danner det såkaldte Kuiper-bælte. Da man opdagede et nyt objekt i Kuiper-bæltet, der var større end Pluto, har man ment at Pluto ikke længere kunne beholde sin status som planet. Redaktionen på Kvant forudsiger, at denne opdagelse ikke vil bilægge denne strid. Måske vil vi vide mere, når en sonde besøger Pluto.

Kilder: Nyhed den 24. februar 2006, www.tycho.dk; www.nasa.gov/lb/universe/solarsystem/hubble_pluto.html.





Hubble bestemmer massen af Sirius B

På billedet til venstre ses himlens klareste stjerne Sirius med ledsageren Sirius B nederst til venstre i billedet. Sirius, eller Hundestjernen, befinder sig i stjernebilledet Store Hund. Den har været observeret siden oldtiden, hvor stjernen i Ægypten for eksempel bebudede Nilens oversvømmelse. Det er dog først i 1862, at man opdagede, at der ikke kun er tale om én stjerne men et dobbeltstjernesystem. Sirius har en ledsagerstjerne, der er en hvid dværg ved navn Sirius B. Massen af Sirius B har lige siden været forsøgt bestemt dog uden det store held før nu med Hubble Rumteleskopet. Problemet med ordentlige observationer af Sirius B var, at den næsten forsvandt pga. lyset fra den klare blå-hvide Sirius, idet Sirius B er omkring 10.000 gange svagere end Sirius. Bestemmelsen af massen af Sirius B er baseret på ændringen af lysets bølgelængde fra stjernen som følge af det store tyngdefelt fra den hvide dværg. Sirius B har en diameter på 12.000 km, hvilket er mindre end Jorden, men den har en langt større tæthed. Dette resulterer i, at tyngdefeltet fra Sirius B er 350.000 gange større end Jordens – ensbetydende med at en 70 kilogram tung person vil veje omkring 25 millioner kilogram på overfladen af Sirius B.

Lyset fra den hvide dværg mister energi, når det skal undslippe stjernens tyngdefelt. Derved bliver lysets bølgelængder forskudt til længere og dermed mere røde bølgelængder. Denne effekt er forudsagt af Einsteins generelle relativitetsteori fra 1916 og kendt som gravitationel rødforskydning. Effekten ses tydeligst med lyset fra kompakte objekter, hvor tyngdefeltet krummer rumtiden mærkbart. Martin Barstow fra University of Leicester i England, der er lederen af observationsgruppen, meddelte i december, at det lykkedes dem ved gravitationel rødforskydning at bestemme massen af Sirius B til 98 % af Solens masse. Dette er ikke særligt overraskende, idet observationerne stemmer med teoretiske forudsigelser. Astronomer har længe ment, at jo tungere en hvid dværg er, jo mindre er dens diameter – hvilket man nu har fået bekræftet.

Det er vigtigt, at man får bestemt hvide dværges masser, idet de er fundamentale i forståelsen af stjerneudvikling. Stjerner som vores egen Sol vil ende deres dage som hvide dværge. Hvide dværge er desuden kilden til Type Ia supernovaer, der er blevet benyttet til bestemmelsen af kosmologiske afstande og af den kosmologiske ekspansionshastighed.

Kilde: Pressemeddelelse den 13. december 2005, www.spacetelescope.org

Solformørkelse den 29. marts

Der er mulighed for at opleve en total solformørkelse den 29. marts i bl.a. dele af Afrika, Tyrkiet og Rusland. I København må vi nøjes med en partiel solformørkelse, hvor kun 27 % af solskivens areal vil være dækket af Månen. Solformørkelsen har maksimum kl. 12:51 dansk sommertid. Kortet herunder viser skyggebæltet under formørkelsen.

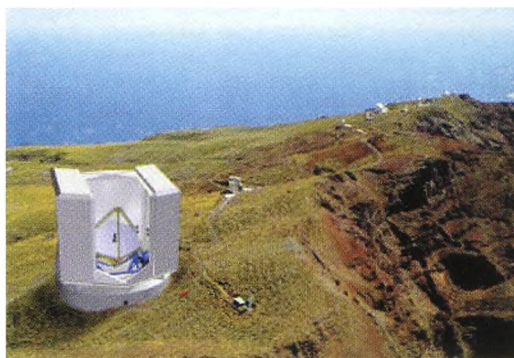
Hvis man ønsker at iagttage fænomenet, skal man huske at benytte solformørkelsesbriller. Der vil på dagen blive afholdt et arrangement af Tycho Brahe Planetarium og Københavns Astronomiske Forening. Læs nærmere herom på planetariets hjemmeside. Kilde: www.tycho.dk



Europæisk superteleskop planlægges

Et 50 meter jordbaseret teleskop med adaptiv optik er kommet på tegnebrættet. Forskere i Sverige, Spanien, Irland, UK og Finland har etableret en projektgruppe, som opererer under navnet "Euro50". Gruppen er formelt en studiegruppe, som skal gennemanalysere de tekniske og videnskabelige aspekter ved opbygningen af et sådant teleskop. Foreløbig antager man, at det skal anbringes på de kanariske øer – nærmere bestemt La Palma. Udover at registrere synligt lys er det tanken, at man også skal kigge ud i rummet i det infrarøde område (2,2 $\mu\text{m/K}$ -bånd). Billedet herover viser teleskopet "Euro50" som vision.

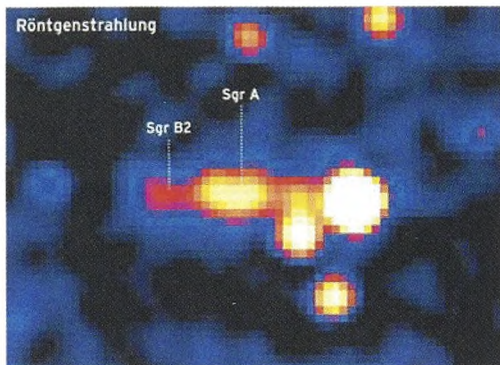
Kilde: "Design Study Report" (372 sider/52 MB), som kan hentes fra www.astro.lu.se/~torben/euro50/index_right.html.



Strukturer i jetten fra galaksen M87

I centrum af den gigantiske M87 elliptiske galakse M87 (det store billede til højre) findes et sort hul, med en estimeret masse på 3 milliarder solmasser. M87 har en jet – stråler der udgår fra galaksens centrum – som har en udstrækning på ca. 5000 lysår. De er frembragt af relativistiske elektroner, der styres af et kraftigt magnetfelt. På grund af elektronernes store kinetiske energi bliver en stor del af den elektromagnetiske stråling udsendt som Røntgenstråling. Derfor kan de også iagttages med Chandra Røntgenteleskopet. I røntgen- og radiooptagelserne (indsat billede) ses tydelige strukturer, "knuder", i jetten, hvor elektroner accelereres til høje energier. Billederne er fra Hubble Rumteleskopet, Chandra Røntgenteleskopet og Very Large Array radioteleskoperne.

Kilder: chandra.harvard.edu/photo/2001/0134/;
www.astr.ua.edu/keel/agn/m87jet.html;
antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap000706.html.

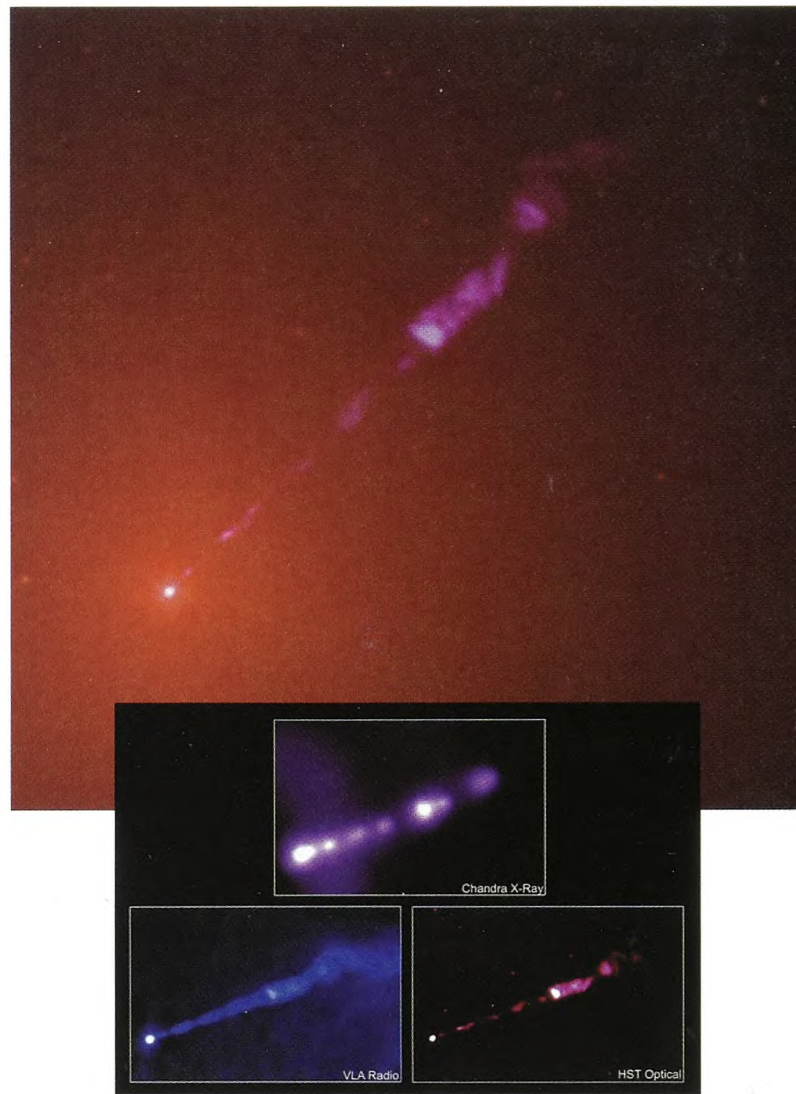


Røntgenstråling fra Mælkevejens centrum

I en afstand af omkring 25.000 lysår fra Jorden findes vor Mælkevejs centrum. Astronomer har i mange år været interesseret i at iagttage dette centrum, men store støvskyer i stjernebilledet Skytten har hindret dette. Det har dog ikke forhindret forskerne i at konkludere, at koncentrationen af stjerner i det pågældende område er så stor, at det er uegnet til planeter med liv.

I de seneste årtier er der udviklet meget nyt elektronik (f.eks. radar), hvilket også har givet astronomerne bedre instrumenter. Med radiobølger kan man "se" gennem støvskyerne og hermed øjne et "lysende" objekt i Mælkevejens centrum. Dette blev døbt Sagittarius A (Sgr A). Kilden til denne mikrobølgestråling, er hurtige elektroner. Via en mekanisme, som kaldes synkrotronstråling, omformes den kinetiske energi til elektromagnetisk stråling. Denne er dog ikke begrænset til mikrobølgeområdet – også røntgenstråling kan fremkomme på denne måde. På grundlag af de nu foreliggende måleresultater mener forskerne at kunne konkludere, at der i centrum findes et sort hul med en masse på 3,4 millioner solmasser. Endnu savner man en forklaring på, hvorfor strålingen fra centrum fluktuerer med en periode på 17 min.

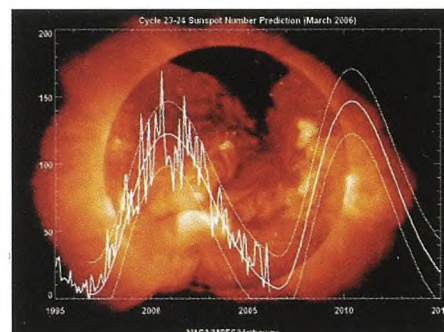
Kilde: Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik



Forudsigelse af Solens aktivitet

Astronomer har fulgt Solens aktivitet i århundreder og har længe kunnet forudsige vores stjernes aktivitet i store træk. For tiden er solaktiviteten nær minimum, og med en 11-års cyklus bliver næste maximum omkring år 2010. Forskere ved National Center for Atmospheric Research (NCAR) i USA, mener nu at være i stand til at forudsige Solens magnetiske aktivitet med en computerbaseret matematisk model af, hvordan de elektriske strømme og magnetfelter bevæger sig inde i Solen. Forskerne har bl.a. undersøgt hvordan solpletgrupperne udvikler sig og fundet, at udviklingen styres af plasma, der cirkulerer mellem Solens ækvator og polerne med en periode på 17 til 22 år.

Kilde: Nyhed den 8. marts 2006, www.tycho.dk



Aktuelle bøger

Tid til tid



Tid – Den relative virkelighed

Forfatter: *Ulrik Uggerhøj*, Aarhus Universitetsforlag 2005. 231 sider, ill., 198 kr. Se www.unipress.dk.

Hvad er tid? Hvordan beskrives tid i relativitetsteorien? Er tidsrejser mulige? Hvis du er interesseret i disse og andre spørgsmål relateret til begrebet tid, er bogen af fysikeren Ulrik Uggerhøj måske lige noget for dig. Mange spørgsmål angående tid bliver stillet af forfatteren, der prøver at give et svar på nogle af dem.

Bogens emner spænder meget vidt – lige fra relativitetsteoriens samtidighed og kausalitet til naturen af vakuum. Desuden bliver eksotiske teorier såsom orme-huller, warp-drive og rumtidsskum beskrevet. Man får at vide, at sorte huller ikke er helt sorte, men faktisk lyser en smule og vil fordampe med tiden ifølge Hawkings teori om kvantefordampning af sorte huller. Det er et sandt overflødighedshorn af spørgsmål, der bliver taget op i denne lille bog (format 13 × 22 cm). Det er selvfølgelig begrænset, hvor dybtgående disse spørgsmål bliver diskuteret, men på den anden side er det vel heller ikke målet med bogen. Den skal snarere være en appetitvækker til et videre studium i fysikken.

Bogens introduktion er et underligt kapitel, der kan betegnes som en leksikalisk rodebunke. Først kommer Uggerhøj ind på vores oplevelse af tiden for derefter at beskrive tre af de fire væsentlige danske fysikere, Brahe, Rømer og Ørsted – og deres arbejde. Så springer han til oldtid for at beskrive Pythagoras' sætning. Derefter diskuterer han sproget og naturvidenskaben, hvor han kommer ind på Bohr (den sidste af de fire danske vigtige fysikere), Albert Einstein og de fire dimensioner. Det forekommer mig, at der ikke er en rød tråd igennem dette kapitel. Dets opbygning svarer til at man skal dække bord, og det gør man ved at smide nogle glas, bestik osv. tilfældigt på bordet. Det er det dårligste kapitel i bogen.

De andre kapitler er generelt gode og velskrevne. Uggerhøj har det desværre til tider med at fortabe sig i uvæsentlige detaljer. Et eksempel findes i kapitel 2, hvor han synes at det er vigtigt at vide at Kant og Newton ikke blev gift for at forstå deres fortabelse i deres arbejde. Det er en lidt tynd argumentation og temmelig unødvendigt information, da bogen ikke er en biografi. Ind imellem bliver nogle tekniske sider af fysikken beskrevet, hvilket han kommer ganske godt fra i de fleste tilfælde – dog ikke altid. I enkelte forklaringer af fysisk sværere emner er det ikke så nemt at forstå, hvad han mener. Der kunne man godt ønske sig lidt flere illustrationer. Selvom der er 43 figurer i bogen, vil jeg ikke kalde bogen for overillustreret. En figur kan i mange tilfælde bedre forklare fysikken end ord.

De mange tekniske forklaringer giver anledning til at formode, at bogen ikke henvender sig til den brede læserskare. Det er dog mit indtryk at forlaget måske havde en populærvidenskabelig bog som mål, men Uggerhøj snarere har haft 3.g elever og andre med en matematisk gymnasial uddannelse bag sig for øje? Det er lidt usædvanligt, at forlaget og forfatteren har misforstået hinanden på et så grundlæggende punkt.

På trods af mine forbehold kan jeg varmt anbefale at læse bogen. Den er utrolig lærerig og selv fysikere kan tåle at læse den, da den giver udlægning af teorierne, som man ofte overser pga. matematikken.

JRN

Tre minibiografier



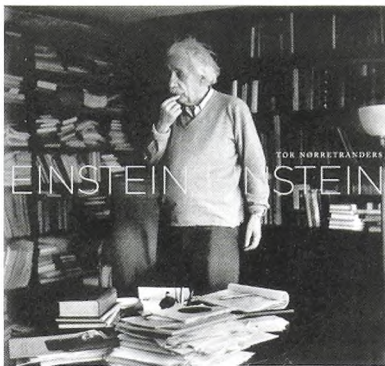
Fysikkens bagmænd

Polyteknisk Forlag 2005. 96 sider, ill., 128 kr. Se www.polyteknisk.dk.

I serien om "Fysikkens bagmænd" – og *kvinder* – er der kommet tre nye bind. Nu kan man læse korte indføringer i ovennævnte personers livsforløb og bidrag til fysikken. Bøgerne er rige på citater, fotografier og figurer der forklarer de fysiske fænomener som fysikerne opdagede. Bøgerne er dog ikke helt konsistente mht. om der er en kronologisk oversigt, et sagregister eller et personregister til at lette overblikket.

MCA

Illustreret Einsteinbiografi



Einstein Einstein

Forfatter: *Tor Nørretranders*, Politikens Forlag 2005. 216 sider, ill., 269 kr. Se www.politikensforlag.dk.

I anledning af Einstein-året er der kommet mange udenlandske biografier om Einstein. På dansk har Tor Nørretranders bidraget med en fin bog om den geniale og elskede fysiker. Bogen handler om Einsteins afgørende bidrag til det moderne verdenbillede og hans indsats for en bedre verden.

Bogen indledes med beretningen om Ole Rømers opdagelse af lysets tøven, der skulle blive et vigtigt grundlag for Einsteins arbejde. Herefter slår Nørretranders ned på udvalgte år i Einsteins karriere – først 1905: Det mirakuløse år med tre banebrydende artikler.

De kronologiske nedslag er ordnet i tre kapitler med overskrifterne "Einsteins hjerne", "Einsteins hjerte" og "Søgende sjæl". For fysikinteresserede vil det nok være mest interessant at læse om 'Den mirakuløse teori' (den almene relativitetsteori), og "Et univers i udvidelse". Men bogen rummer meget andet end Einsteins fysik. Selv om det vigtigste i Einsteins liv nok var hvad han tænkte, søger Nørretranders også at forstå Einstein gennem hans ulykkelige ægteskaber, hans forladte børn og hans tanker om fred og socialisme – som han skrev mere om end fysik!

Einstein var dybt engageret i arbejdet mod krig, og var forfærdet over sine kollegers 'krigsliderlighed'. Mens nogle fysikere havde lyst til at lave våben, fik Einstein et ry som en fredelig verdensborger, der var eftertragtet af medierne og kom med dybsindige meninger om alverdens ting – en ægte vismand. At han helst gik uden sokker var kun med til at styrke billedet af en lidt verdensfjern genial forsker.

Der er taget mange berømte billeder af manden med det lange hvide strittende hår – ét af dem på hans 60 års fødselsdag, hvor han provokerende rækker tungen af fotografen. Hvor mange kan tillade sig det? Nørretranders analyserer hvordan Einstein kunne få succes med at gå med langt hår længe inden The Beatles gjorde det populært. Einstein gjorde det fordi han sjuskede og ikke orkede at ordne håret, har han selv forklaret. Her fortolker forfatteren videre (inspireret

af en fugleforsker), at man kan vise sin styrke ved at gøre noget der egentlig er tegn på svagheit, eller vanskelighed: Einstein vidste, at ingen ville smide ham ud selv om han havde langt hår eller gik med krøllet tøj. Han havde lavet så vigtig videnskab, at han også kunne tillade sig at se ud som han ville. Einstein havde ret – i 2000 prydede han forsiden af "Time", kåret som århundredets person. En fysiker! Det er en interessant pointe, at områder som kunst, politik og fodbold skiller os ad, mens grundvidenskab forener os i respekt og fælles viden.

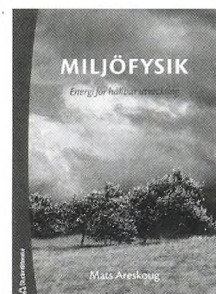
Nørretranders trækker på mange erfaringer i sine fortolkninger i kraft af sine tidligere bøger om kosmologi, filosofi, psykologi, adfærdsbiologi og religion. Det er de store spørgsmål der optager ham. Men ofte afsluttes et ellers udmærket afsnit med nogle meget vidtrækkende proklamationer, hvor argumentationen kører af sporet og der nærmere er tale om ordleg. Der bliver sproget for storladent.

Hvis man ser bort fra sådanne skønhedspletter, er det en inspirerende bog med mange indfaldsvinkler til mennesket Einstein og ikke mindst hans videnskab, der forklares så også unge mennesker kan forstå det og kan blive interesseret.

MCA

Miljöfysik – Energi för hållbar utveckling

Forfatter: *Mats Areskoug*, Studentlitteratur 2006. 400 sider, ill., 353 SKR. (ca. 280 kr.). Se www.studentlitteratur.se.



Redaktionen har modtaget en bog fra et svensk forlag som måske kan have interesse for KVANTs læsere. Vi citerer fra beskrivelsen på bagsiden:

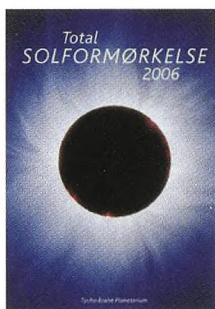
"Fysikämnet kan med sina begrepp, metoder och teorier bidra till förståelsen av en rad viktiga miljöfrågor. Miljöfrågorna kan i sin tur berika fysikundervisningen med aktuella och angelägna tillämpningar. Idén bakom denna lärobok i miljöfysik är att studerande utifrån frågor kring långsiktigt hållbar energiförsörjning kan skapa sig fördjupade kunskaper inom områdena värmelära, optik, ellära och atom- och kärnfysik".

Bogen er rig på diagrammer, tabeller, opgaver og forslag til simple forsøg. Specielt afsnittene om solceller, brændselsceller og vindenergi er nyttige, da det ellers kan være svært at finde god litteratur om disse aktuelle emner. Bogen hilses velkommen!

MCA

Total solformørkelse 2006

Forfatter: *Bjørn Franck Jørgensen*, Tycho Brahe Planetarium 2006. 24 sider, ill., 35 kr. Se www.tycho.dk.



I dette lille hæfte kan man læse om mange interessante aspekter i forbindelse med observation af en total solformørkelse. Det er en god idé at købe formørkelsesbriller med. I København bliver ca. 27 % af solskivens areal dækket af Månen.

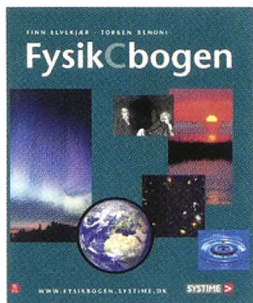
Først beskrives hvordan formørkelsen opleves trin for trin. Derefter beskrives formørkelsestyper mere detaljeret og begrebet Sarosserie forklares. Den totale solformørkelse den 29. marts 2006, der bl.a. går gennem Ægypten og Tyrkiet, er beskrevet i stor detalje med kort og tabeller over tider og klimaprognoser. Endelig er der gode råd om hvordan man beskytter sine øjne og fotograferer en formørkelse.

MCA

To gymnasielærebøger i fysik C

FysikCbogen

Forfattere: *Finn Elvekjær* og *Torben Benoni*, Systime 2005. 200 sider, ill., 220 kr. excl. moms. Findes også som e-bog til 110 kr. excl. moms. Se www.systime.dk.



FysikCbogen er nyskrevet til fysik på C-niveau i gymnasiet og rummer både kapitler indenfor kernestoffet og idéer til supplerende stof.

Hvert emne behandles kort og klart og der er mange eksempler på aktuel forskning, f.eks. indenfor nanoteknologi. Altsammen vel illustreret. Emnerne er: Stof og form, Verdensbilledet, Energi, Lyd, lys og sanser, Atomere og lys, Kosmologi og Rum og tid.

Man kan godt mærke, at de matematiske sider er nedtonet. Formler er isoleret i specielle bokse og kan i princippet undværes. Vægten er lagt på at fange elevernes interesse – også dem der ikke er så matematisk stærke. Hvis de vælger fysik på B-niveau vil de møde mere matematik.

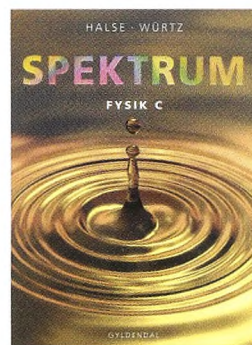
Der er enkelte små beregningsopgaver, tænkeopgaver og forsøg. Forslagene til forsøg rummer både de traditionelle (dedukive) eksperimenter, hvor man efterviser en kendt sammenhæng men også induktive eksperimenter, hvor eleverne selv skal eksperimentere. Der findes desuden en hjemmeside med perspektiverende stof og interaktive opgaver.

Bogen kan varmt anbefales til “samfundsfaglige” eller “sproglige” fysikhold, der ikke allesammen ønsker at gå videre med fysik eller matematik. Man kan supplere med opgaver og forsøg fra andre bøger. Et mere matematisk fysikhold vil dog nok have mere gavn af en bog med flere regneopgaver og formler.

MCA

Spektrum – Fysik C

Forfattere: *Søren Halse* og *Niels Henrik Würtz*, Gyldendal 2005. 166 sider, ill., 200 kr. excl. moms. Se www.gyldendal-uddannelse.dk.



Spektrum – Fysik C er henvendt til undervisningen i fysik på C-niveau og dækker kernepensum med emnerne: Verdensbilleder, Stoffer, Energi og Bølger.

Det indledende kapitel om Verdensbilleder starter med hverdagsobservationer – dag/nat, Månen, årstider, formørkelser mm. – og gennemgår kronologisk forskellige modeller af verden fra de første myter over antikken, middelalderen og renæssancen og til slut moderne tid. Her findes både Keplers love og Hubbles lov.

På bogens hjemmeside, www.fysik-c.gyldendal.dk, findes artikler om: Solen, Mælkevejen, HIV, Atomkerner, Vands elektronstruktur, Energi og Kondital (i alt omkring 100 sider). Materialet er offentligt tilgængeligt. I kraft af det supplerende materiale, kan man indlægge en større eller mindre progression i undervisningen, med udgangspunkt i elevernes forudsætninger.

Bogen er lagt an på, at alle undervisningsforløb tager udgangspunkt i en fælles introduktion i klassen, og via opgaveregning, øvelser og diskussioner føres videre i små elevstyrede projekter, f.eks. i samarbejde med andre fag i grundforløbene. Her kan opslagene “Projekter og tværfaglighed” være til inspiration.

Der stilles mange af de “store spørgsmål” om naturen – fra de mindste partikler til det store univers, som fysikken giver svar på. Det er en indbydende og spændende skrevet bog, som kan anbefales – særligt til fysikhold, hvor eleverne fortsætter med fysik.

MCA

Fysikforsøg: Stående bølger i en kaffekop

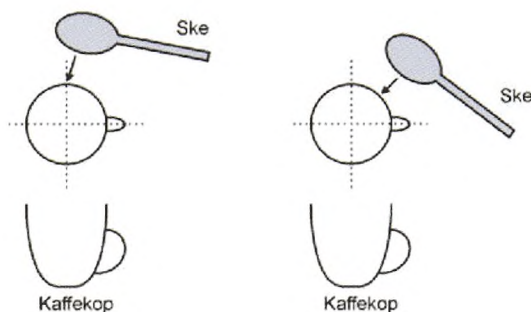
Af Klaus Seiersen, Fysikbasen.dk. Redigeret af John Rosendal Nielsen, KVANT.

Når man sidder ved morgenbordet og kigger dybt i kaffekoppen, får man ofte lyst til at lave fysikeksperimenter. Og hvad er ikke bedre end at demonstrere stående bølger i en kaffekop? Hvad er f.eks. hankens indvirkning på frekvensen? Dette eksperiment fra Fysikbasen.dk demonstrerer, hvorfor det lyder forskelligt afhængig af hvor man slår på koppen.

Hvis man tager en teske og slår på siden af en kop, vil man sætte koppen til at vibrere. I praksis er vibrationerne så små, at man ikke kan se dem med det blotte øje, men i virkeligheden vil kaffekoppens åbning svinge, så den skiftevis har en cirkulær form og en elliptisk form. Der er altså tale om en stående bølge rundt langs koppens omkreds.

Selv om vibrationerne er for små til at se, så kan man høre dem, idet koppen sætter den omgivende luft i svingninger og derved skaber lyd. Man hører altså koppen ringe med samme frekvens som vibrationerne.

Hvis kaffekoppen er helt symmetrisk, vil koppen ringe med samme frekvens uafhængigt af, på hvilken side man slår på koppen. Dette er dog ikke tilfældet, hvis man slår på en kaffekop med hank.



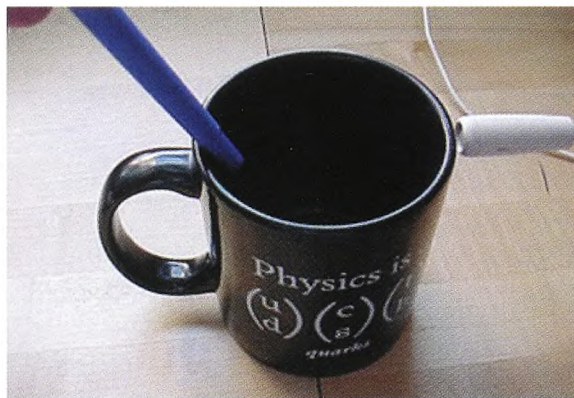
Figur 1. To forskellige svingningsmønstre kan eksisteres i en kaffekop afhængig af, hvor man slår på koppen.

Kaffekoppens hank vil nemlig have betydning for koppens svingninger. Når koppen vibrerer, vil den stående bølge rundt langs åbningen have skiftevis bug og knudepunkt. Grundsvingningen har 4 knudepunkter, mens bugen optræder lige der, hvor man anslår kaffekoppen.

Stående bølge i en kaffekop

Grundtonen består af 4 knudepunkter og 4 buger. Hvis koppens håndtag er placeret der, hvor der er en bug, vil håndtaget skulle bevæge sig, hvilket resulterer i en langsom svingning (lav frekvens). Hvis håndtaget falder sammen med en bug, vil håndtaget ikke påvirke svingningen, som dermed bliver hurtig (høj frekvens).

Hvis man anslår kaffekoppen lige over for hanken, vil det medføre, at selve hanken befinder sig på en bug, altså der hvor der er maksimalt udsving. Da hanken virker som et ekstra masselod på svingningen, vil koppen vibrere langsomt. Hvis hanken i stedet befandt sig i et knudepunkt, vil den ikke påvirke svingningen, som dermed har en højere frekvens.



Figur 2. Med en kuglepenn anslås stående bølger i en kaffekop. Afhængig af hvor kuglepennen rammer i forhold til hanken, kan man anslå forskellige svingninger. Billedet er fra [1] og viser også en mikrofon til optagelse af lyden.

Bemærk at man kan anslå koppen flere steder. Hvis man anslår kaffekoppen lige over for hanken eller 90 grader til hver side, vil koppen ringe med samme frekvens. Slår man i stedet 45 grader til hver side, får koppen en anden frekvens.

Litteratur

- [1] John W. Dooley, Why is My Cup Two-Tone?, www.sas.org/tcs/weeklyIssues/2004-12-03/feature1/

Fysikbasen.dk – over 100 fysikforsøg.

FYSIKBASEN.DK er en database med pædagogiske fysikforsøg til lærere på alle trin i undervisningssektoren. Databaseen er delvist baseret på forsøg, der er udviklet og afprøvet af Fysikshowet ved Institut for Fysik og Astronomi på Aarhus Universitet.

I databasen findes over 110 demonstrationsforsøg. Man kan søge efter forsøg ved hjælp af faglige nøgleord og se forslag til korte undervisningsoplæg, der kæder forsøgene sammen. Til forsøgene findes referencer, figurer, billeder, lister over nødvendigt udstyr samt spørgsmål-og-svar sektioner. Flere forsøg vil løbende blive lagt i databasen.

Find f.eks. forsøg med balloner, bowlingkugler, magneter, mikrobølgeovne og meget mere.

Afsender:
KVANT
c/o Niels Bohr Institutet
Universitetsparken 5
2100 København Ø

Returneres ved varig adresseændring
Magasinpost B



Orientågen – skarpere end nogensinde

Dette billede blev offentliggjort den 11. januar i år, og viser Orientågen med omkring 3000 stjerner med forskellige størrelser. Nogle af disse stjerner har man aldrig tidligere observeret det synlige lys fra. Styrken ved *Hubble's Advanced Camera for Surveys* illustreres ved, at nogle af disse unge stjerner har en lysstyrke

på 1/100 af tidligere observerede stjerner i denne tåge. Blandt andet har man observeret mulige brune dværgstjerner og mulige dobbeltstjernesystemer med brune dværge.

Læs flere nyheder side 29.



Orientågen. Den stjernedannende sky M42 i stjernebilledet Orion befinder sig 1500 lysår væk. Der er observeret nogle tusinde nydannede stjerner, hvoraf mange har støvskiver omkring, der med tiden vil udvikle sig til planetsystemer. Foto: Hubble Rumteleskopet (NASA/ESA).