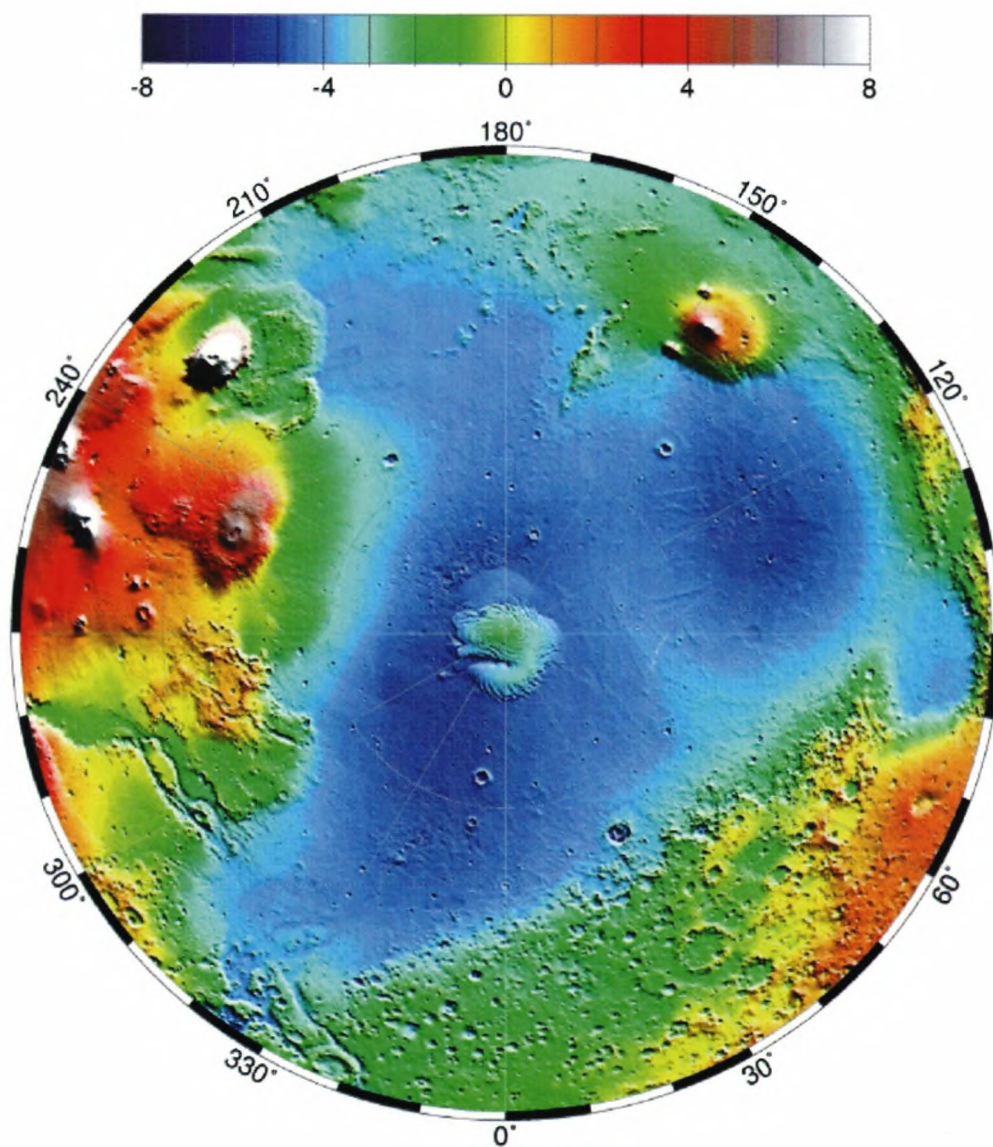


KVANT Marts 1

2000

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 11. årgang



- DET ASTROFYSISKE GRUNDLAG FOR LIV • IS PÅ MARS •
- I SKYGGEN AF NEWTONS ÆBLETRÆ • LÆSEROPGAVE • NYHEDER •
- NOBELPRISEN I KEMI 1999 • DANSK NATURVIDENSKAB UNDER LUP •

LØSSALGSPRIS: 35 KR

KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

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

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

Udgives af

Astronomisk Selskab
Dansk Fysisk Selskab
Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Redaktion

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

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

Annoncepriser

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

Priserne er excl. moms og for reproklart materiale. Henv. om annoncer til redaktøren, tlf. 35 32 05 73 / fax 35 32 05 76.

Oplag: 2500

Tryk: P. J. Schmidt, Vojens
ISSN 0905-8893

Produktionsplan

Nr. 2-00 udkommer ca. 15. maj
Nr. 3-00 udkommer ca. 15. september
Nr. 4-00 udkommer ca. 15. november
Deadline for mindre bidrag og annoncer er ca. en måned før, længere artikler skal modtages mindst to måneder før.

Indhold:

Naturvidenskab og teknik <i>Jens Olaf Pepke Pedersen</i>	3
Kopernikursus 2000	3
Det astrofysiske grundlag for liv I <i>Michael Cramer Andersen og Aarne Damm</i>	5
Is på Mars <i>Janus Larsen</i>	13
Nyt fra Astronomisk Selskab	17
Dansk Naturvidenskab under lup – Inspireret af disputatsen "Det polytekniske gennembrud" <i>Ove Poulsen</i>	18
Nyt fra Dansk Fysisk Selskab	22
Læseropgaver i Kvant <i>Jens Højgaard Jensen</i>	23
Kvant-nyheder <i>Michael Cramer Andersen</i>	24
Løsning og kommentar til breddeopgave side 23 <i>Jens Højgaard Jensen</i>	26
Nobelprisen i kemi 1999 <i>Henrik Stapelfeldt og Søren Keiding</i>	27
Nyt fra Selskabet for Naturlærens Udbredelse	31
Kupon til bestilling af Kvant	31
I skyggen af Newtons æbletræ <i>Martin Sundstrøm</i>	Bagsiden (fortsættes side 21)

Forsiden:

MARS SET FRA NORDPOLEN.

Billedet på forsiden viser planeten Mars set fra nordpolen. Farverne indikerer topografien. Da der ikke er nogen oceaner på Mars til at definere havniveauet, har man defineret en areoide (areo er græsk for Mars, som geo er græsk for Jorden) ved hjælp af gravitationspotentialet, og højden af overfladen bliver målt i forhold til denne areoide. Figuren viser tydeligt hvordan store dele af den nordlige halvkugle ligger meget lavt i forhold til det højere liggende terræn mod syd. Man kan også se, at der er ganske få store kratere efter meteornedslag. I midten af billedet ses den permanente iskappe på nordpolen. Den hvide (altså meget høje) top øverst til venstre i figuren, er Olympus Mons, solsystemets højeste bjerg. Læs mere om Mars i Janus Larsens artikel side 13.

Ti år med Kvant og dansk naturvidenskab

Jens Olaf Pepke Pedersen, redaktør af Kvant og formand for Dansk Fysisk Selskab.

Kvant fejrer med dette nummer et lille jubilæum – det er nu 10 år siden at det første nummer af bladet så dagens lys, og samlingen af de første 10 årgange med i alt over 1000 sider udgør et smukt bidrag til formidlingen af fysikkens verden og dens udvikling gennem 1990'erne. Under de tidligere redaktører, Jørgen F. Bak og Mads Hammerich har bladet samtidig udviklet sin egen stil, som jeg har forsøgt at videreføre. Det eneste, der ikke har udviklet sig er prisen – en annonce eller et abonnement koster præcis det samme i dag som i 1990!

Kvants første nummer

I Kvants første nummer skrev koncernudviklingschef i NKT, Søren Isaksen, under overskriften "Inerti i dansk fysik", om den ringe fornyelsesgrad i dansk fysik: *på 10-15 års sigt kan man godt frygte, at det bliver dyb nat. Med institutternes nuværende aldersprofiler og en udskiftningsmekanisme næsten alene baseret på en endda meget sen pensionering, er det svært at se, hvorfra fornyelsen skal komme i de kommende år.* Søren Isaksen fandt at der var for megen inert i dansk fysik og mente, at den daværende styrelseslov var hovedårsagen hertil. Han foreslog derfor en ny ledelsesstruktur for universiteterne, der ligesom i industrien var i stand til at befordre "et progressivt og tidssvarende forskningsmiljø".

Søren Isaksen fik straks svar på tiltale fra Det fysiske Institut i Århus, hvor Ove Poulsen i det efterfølgende Kvant spillede bolden tilbage til industrien, som han savnede som en positiv modspiller og ikke blot som aftager af gode kandidater. F.eks. kunne industrien bidrage til nytænkningen ved at oprette praktikpladser til fysikstuderende med bestået 1. del. Endvidere mente Ove Poulsen, at der var gode tegn til faglig fornyelse og styrkelse i de fleste danske fysikmiljøer, men også tendenser til politisk kontrol med grundforskningen: *"Støtten til forskningen sektoriseres og programmeres og stadig flere betingelser knyttes til anvendelsen af forskningsmidler. Den hellige ko er den teknologiske udvikling, hvis nuværende stade netop bygger på den grundforskning, der forsømmes i disse år. Industriens rolle i dette magtspil er uklar. Vil industrien støtte en fri og uafhængig forskning eller vil de kortsigtede mål altid dominere?"*

Spørgsmålene idag

I dag – 10 år senere – kan vi konstatere at begge debattører havde god grund til bekymring over bl.a. fysikernes aldersprofil og forskningens sektoriering og programmering. I øvrigt er de begge to fortsat aktive i debatten. Som formand for Danmarks Forskningsråd rådgiver Søren Isaksen i dag forskningsministeren, og Forskningsrådet har netop fremlagt (www.fsk.dk) en omfattende kortlægning af de offentlige forskningsmidler sammen med en række anbefalinger. Kortlægningen viser, at antallet af "cigarkasser" er vokset stærkt i de sidste 10 år, og specielt de årlige forskningspakker på finansloven har – sammen med et utal af programkomitéer – medført stigende kompleksitet i forskningsfinansieringen. Det betyder bl.a., at der til enkelte programmer er så få ansøgere, at der ikke er reel konkurrence om midlerne. Redegørelsen viser også, at den offentlige forskningsindsats, målt som andel af BNP i dag er uændret i forhold til 1990. Til gengæld har den private forskning øget sin andel af BNP, men i alt anvender Danmark væsentligt mindre på forskning end f.eks. Sverige og Finland. Det er også bekymrende, at nye bibliometriske analyser viser en tendens til, at dansk forskning indenfor naturvidenskab og sundhedsvidenskab, hvor vi traditionelt har stået stærkt, i disse år taber international gennemslagskraft.

Ove Poulsen skriver i dette nummer af Kvant (s. 18) om den udfordring dansk naturvidenskab og teknik står overfor i dag. Ifølge Ove Poulsen er universiteterne truet på deres kerneområder, uddan-

nelse og forskning. Viden produceres ikke længere kun på universiteterne, og det stiller nye krav til forskningen om at åbne sig mod samfundet og føre en dialog, der rækker ud over de klassiske udfald mod politikerne. Den tidligere envejskommunikation med samfundet, hvor forskerne stillede deres viden til rådighed for samfundet, må afløses af en gensidig påvirkning og inspiration. Universiteterne har ifølge Ove Poulsen ikke vist evne eller vilje til at sætte debatten og han opfordrer derfor de faglige sammenslutninger til selv tage den.

Jeg vil gerne her give opfordringen videre og stille spaltepads til rådighed i Kvant for debatten.

Den superledende "supercollider" (SSC), der blev opgivet i 1992, er et eksempel fra fysikkens verden på, hvor galt det kan gå. Set fra fysikernes synsvinkel indbød projektet til store fremskridt, men fysikerne kunne (eller ville) ikke overbevise politikerne (og andre videnskabsgrøene) om, at den enorme investering også kom resten af samfundet til gavn. Her gavner det heller ikke sagen, at fysikere – og andre naturvidenskabsfolk – ofte bruger et sprog, som politikerne ikke forstår.

I disse dage, hvor naturvidenskabelige dekaner og mange andre går og ømmer sig, er det på sin plads at minde om, at der faktisk er en solid politisk forståelse for, at forskning er en nødvendig forudsætning for velfærdssamfundet. Men de samme politikerne er ikke overbevist om, at forskningen støttes bedst ved at give universiteterne flere penge. Forslagene om udviklingskontrakter er et udtryk for, at politikerne har mistet tilliden til, at universiteterne kan styre og udvikle sig selv. Det ikke universiteternes skyld alene. Det kan ikke lade sig gøre at styre et universitet med samme dynamik og effektivitet som en privat virksomhed, samtidig med, at man er underlagt et offentligt bureaukrati og ministeriernes skiftende luner.

Men udviklings- og resultatkontrakter kan blive et af midlerne til at få del i forskningsbevillingerne. De vil indeholde krav om effektivisering og fokusering, men de vil også virke motiverende for gode forskningsmiljøer, f.eks. ved en stabil basisbevilling og større selvstændighed.

Det er også på sin plads at minde om, at vi ikke har ressourcer til at udføre god forskning på alle områder. Derfor er det en naturlig politisk opgave at foretage en prioritering – samt sikre en betryggende evaluering, som må måles på mere end antallet af artikler eller patenter. Det er også en politisk opgave at få mest muligt ud af forskningsindsatsen. Det skal ske ved at nedbyrde barrierer og øge samarbejdet mellem den offentlige og private forskning, gerne ved øget privat finansiering af forskning på offentlige institutioner – og øget offentlig finansiering af erhvervslivets forskning. Øget kontakt skal være med til at identificere gode problemstillinger i forskningen og ændre holdninger begge steder: Den offentlige sektor skal se forskningens betydning for samfundet. Den private sektor skal se kontakten med forskningsverdenen som en vigtig faktor i deres udvikling.

Øget udbytte af forskningen er i øvrigt ikke i modstrid med en stærk grundforskning. Anvendt forskning af høj kvalitet er afhængig af høj kvalitet i grundforskningen.

Kopernikursus 2000

Kopernikursus 2000 er en fysik-sommerskole, dels for gymnasieelever og dels for seminariestuderende, der under temaet "Lys og Rumforskning" afholdes 2.-9. juli på Rødding Højskole i det naturskønne Sønderjylland. I en spændende tilrettelagt uge kommer kursisterne tæt på forskningen. Kurset for seminariestuderende skal inspirere til at inddrage aktuelle emner fra forskningen i undervisningen. Prisen er 950 kr. Læs mere på www.kopernikursus.dk

Photonics is transforming the world we live in.

It is our commitment to provide photonics tools
that bring your ideas to light.

the Practical Application of Light

Imaging
Medicine
Forensics
Photonics
Aerospace
Metrology
Electronics
Spectroscopy
Reprographics
Biotechnology
Semiconductor
Analytical Chemistry
Materials Processing
Telecommunications

Melles Griot has supplied products that enable the practical application of light for 30 years, becoming a worldwide manufacturer and distributor of optics, lasers, opto-mechanical hardware, and instruments.

Pioneering the field of catalog sales with our industry-leading Optics Guides, today the Photonics Components division is a major OEM supplier of standard and custom optical components and advanced thin-film coatings, as well as optical tables, opto-mechanical hardware, and flexure-based nanopositioning systems.

Melles Griot Optical Systems specializes in the design and manufacture of multi-element optical systems for demanding OEM applications including semiconductor, machine vision, and reprographics.

A leader in laser technology for commercial and research applications, Laser division has expanded from multi-colored helium neon lasers into helium cadmium, air-cooled ion, semiconductor, solid-state, and frequency-stabilized lasers. Subassemblies, turnkey, and fiber optic beam delivery systems enhance these capabilities.

Complementing these capabilities, our line of laser measurement instrumentation includes power and energy meters, photodetector amplifiers, and laser beam profilers.

Working with industry, supporting research and development, partnering in OEM production — Melles Griot continues to lead the photonics industry.

We furnish the products that enable the practical application of light.

Denmark

Stenagervej 13
DK-4100 Ringsted, Denmark

Tel: 5761 5049 • FAX: 5761 6049
E-mail: dk_mellesgriot@csi.com

Sweden

(Serving Sweden, Norway, Finland, Iceland &
The Baltic States)

Box 7071, Måttbandsvägen 12
S-187 12 Täby, Sweden

Tel: (08) 6308950 • FAX: (08) 6300745
E-mail: info.nordic@mellesgriot.com

Photonics

is emerging as an important
technology for the future.

Melles Griot supplies the elements
used to **create, transform, and**
detect light for applications
as diverse as biotechnology,
telecommunications, entertainment,
and reprographics.



MELLES GRIOT

www.mellesgriot.com

Det astrofysiske grundlag for liv I

Michael Cramer Andersen og Arne Damm, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik

Det er slående, at alt det liv man finder på Jorden er baseret på kulstof-forbindelser og vand (H_2O). Begge dele findes både i rummet mellem stjernerne og spredt i Solsystemet (f.eks. i kometer). Hvor kommer disse livets byggesten fra og hvordan er de endt på Jorden?

I det Univers vi lever i, er Solen blot én blandt ca. 300.000.000.000 stjerner i vores galakse Mælkevejen som igen kun er én blandt mere end 100.000.000.000 tilsvarende galakser i det synlige Univers. Intet tyder på, at hverken kulstof (C) eller vand (H_2O) er sjældne andre steder i Universet. Der er dog kun, med sikkerhed, opdaget liv ét sted, nemlig på Jorden. Er Jorden virkelig det eneste sted hvor der findes liv?

Hvilke grundstoffer anvender levende organismer?

Moderne levende organismer, som f.eks. mennesket, bruger altså primært brint, ilt og kulstof (H, O, C i alt 94%). Derudover bruges en række andre grundstoffer (i alt 6%). Grundstoffer med en biologisk anvendelse i levende organismer er vist (med aftagende hyppighed) i box 1. Som vi skal se, fandtes alle disse grundstoffer allerede i den sky der dannede Solsystemet før Solen udsendte sine første stråler.

Box 1. Grundstoffernes biologiske rolle.

GRUNDSTOF	ANVENDES F.EKS. I
1 H (brint)	Vand (H_2O) og alle biomolekyler.
8 O (ilt)	Vand (H_2O) og næsten alle biomolekyler; respiration (ånding).
6 C (kulstof)	"Rygraden" i alle biomolekyler.
7 N (kvælstof)	Alle proteiner og DNA/RNA.
20 Ca (calcium)	Knogler; muskelsammentrækning.
15 P (fosfor)	Energistofskifte (ATP); i DNA/RNA.
17 Cl (klor)	Salt (NaCl); saltbalance.
19 K (kalium)	Generering af nervesignaler.
16 S (svovl)	Næsten alle proteiner.
11 Na (natrium)	Salt (NaCl); nervesignaler.
12 Mg (magnesium)	Visse enzymer og i planternes klorofyl.
26 Fe (jern)	Hæmoglobin, ilt-transport.
29 Cu (kobber)	Optagelse af C-vitamin og jern.
30 Zn (zink)	Visse enzymer.
53 I (iod)	Hormonet thyroxin.
27 Co (kobolt)	Aktiv del af co-enzym.
25 Mn (mangan)	Visse reaktioner som katalysator.
42 Mb (molybdæn)	Planter, hjælper ved nitrogen-fiksering.
9 F (fluor)	For udvikling af normal tand-emaile.
24 Cr (krom)	Visse organismer i små mængder.
23 V (vanadium)	Visse organismer i små mængder.



Figur 1. Grundstoffernes vej fra "the big bang" over stjernedannelse og planetsystemer til en jord-lignende planet der rammes af kometer. Parallelt med dette ses udviklingen fra små atomer, over større atomer, til stadigt mere komplicerede interstellare molekyler. DNA-dobbeltspiralen som interstellart molekyle (nederst til højre) er dog fri fantasi. Illustration: Pat Rawlings/NASA.

Hvor kommer grundstofferne fra?

I de første minutter efter big bang blev der produceret 75% brint, knap 25% helium og ganske små spor af lithium (og beryllium). Alle tungere grundstoffer er senere dannet ved fusion indtil omkring grundstof nr. 26, jern. Dette sker med energigevinst. Tungere grundstoffer end jern kræver energitilførsel for at dannes.

Det er påfaldende, at nukleosyntesen i de første tre minutter efter big bang stoppede ved knap 1/4 helium mens resten vedblev med at være brint. Man kan tænke sig, at fusionen havde omsat al brint til helium; så havde der ikke været stjerner med lang levetid som solen, der kan levere energi til liv. Eller man kan tænke sig, at fusionen havde omdannet alle grundstoffer til jern. Jernet vil da blot danne store krystaller som måske ville kol-lapse. Universet kunne altså være blevet en inaktiv gas (helium) eller en stort krystal, men blev heldigvis mere interessant med strukturer såsom stjerner og galakser.

Fælles for de tungere grundstoffer er, at de kun kan være produceret i større mængde ved *flere generationer af stjerner*, der har returneret deres materiale tilbage til Mælkevejens gas og støv. Ilt, kulstof og kvælstof produceres i stjerner af en vis størrelse. De syv næsthyp-pigste grundstoffer i liv (se box 1) produceres i stjerner tungere end 6–7 solmasser i forbindelse med C-, O-, Ne- og Si-“forbrænding”. Metallerne fra jern og opefter dannes i sentype stjerner, såsom røde kæmpestjerner og supernovaer, med høj neutronflux.

Box 2. Atomkerner.

Atomkerner består af protoner og neutroner, der hver især er opbygget af tre *kvarker*. Kvarkerne bindes sammen af de stærke kernekræfter gennem udveksling af *gluoner*.

Alle grundstoffer fra nr. 1 (brint) til nr. 82 (bly), undtaget nr. 43 og 61, har stabile isotoper. Der er altså 80 stabile grundstoffer, men hvert grundstof kan have flere stabile isotoper med færre eller flere neutroner.

Bindingsenergien for atomkernen vokser med antallet af kernepartikler (protoner og neutroner) men reduceres ved overfladen af kernen hvor der ikke er så mange naboer (vigtigst for lette kerner).

Kernens bindingsenergi reduceres også ved den gensidige frastødning mellem protonerne. Stabile atomkerner har i de fleste tilfælde en “overvægt” af neutroner.

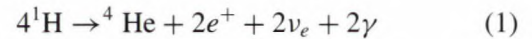
Stjernernes energiproduktion

Stjerner er store¹ selvlysende gaskugler, der primært er opbygget af brint og helium. Hvis gasobjektet vejer mindst 1/12 af Solen, vil *kernefusion* for en tid

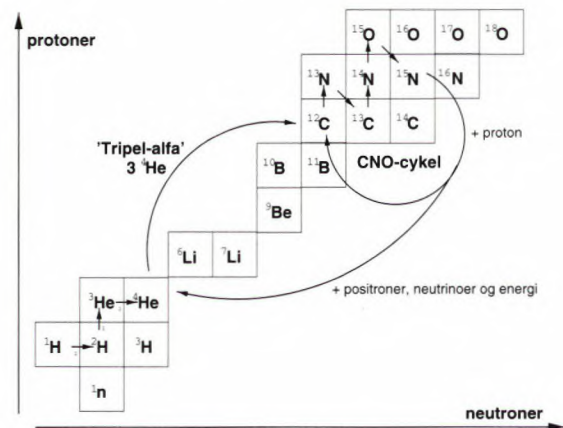
¹Selv mindre gasobjekter der trækker sig sammen, som f.eks. Jupiter, vil udsende energi i form af infrarød stråling.

bringe sammentrækningen til ophør, og vi kalder det en stjerne. Sammentrækningen af en stjerne som Solen holdes altså i skak af det udadrettede strålingstryk som kommer fra det over 15 mio. grader varme centrum.

Den mest energirige reaktion er omdannelsen af fire protoner til én heliumkerne, to positroner, to neutrinoer og to energirige fotoner:



Nettoenergien der frigøres er 26,7 MeV ($4,3 \cdot 10^{-12}$ Joule). Positronerne annihilerer med elektroner og bidrager dermed til energien. Processen foregår i virkeligheden i flere trin (se nederst t.v. på figur 2) og involverer deuteroner og helium-3 kerner.



Figur 2. De kernefysiske processer i stjernernes indre som producerer de første tungere grundstoffer ud fra brint og helium. Nederst til venstre omdannes 4 H til He; tripel-alfa processen omdanner 3 ⁴He til ¹²C og ¹²C fungerer som katalysator for dannelsen af N og O.

Den næste vigtige proces er *tripel-alfa*-processen hvor tre heliumkerner fusionerer til en kulstofkerne. Mange stjerner producerer altså helt naturligt den kulstof, som livet er baseret på.

Kulstof virker som katalysator for CNO-cyklen, hvor også kvælstof og ilt dannes (øverst t.h., figur 2). CNO-cyklen kræver en temperatur på 20 mio. grader. Det finder man i stjerner med masser fra halvanden gange solens masse og i lettere stjerner der har forladt hovedserien og er blevet røde kæmpestjerner.

Flere reaktioner følger hvor stadigt tungere grundstoffer produceres mens energiproduktionen falder. “Forbrænding” af kulstof, ilt, neon og silicium resulterer efterhånden i jern hvorefter der ikke er mere energi at hente i kernefusion.

Radioaktivitet

De tungeste grundstoffer blev altså dannet hvor der er en høj neutronflux, i de sene udviklingsstadier af stjerner.

Når jern og nikkel beskydes med neutroner dannes tungere radioaktive isotoper som, gennem forskellige

typer henfald, omdannes igen til lettere atomkerner på tidsskalaer fra millionte dele sekunder til mia. år.

Stjernevinde og støvkorn

Støvkorn og molekyler dannes hvor der er høj tæthed og "koldt" (under ca. 4000 K). Det kan f.eks. være i de øverste lag af røde kæmpestjerner (AGB-stjerner) og i stjernevindene der blæser ud herfra.

Det næsthyppest interstellare molekyle er CO (kulmonoxid) med hyppigheden 10^{-5} af H_2 -molekylet. Størstedelen af C- og O-atomerne i stjernevinde går til dannelsen af det meget stabile CO-molekyle.

Hvor der er overvægt af iltatomer dannes også met-aloxyder og lignende (SiO, TiO, ZrO, LaO). Men hvor der er overvægt af kulstofatomer dannes kulstofholdige molekyler (f.eks. CN, HCN, C_2 , C_3 , C_4H ,...). Støvkornene er af størrelsesordenen 0,1–10 mikrometer. De fleste støvkorn ser ud til, at bestå af ren kulstof (grafit).

Kæmpestjernernes vinde (som er væsensforskellige fra solvinden) resulterer i de meget smukke *planetariske tåger*. Kæmpestjerne² er ansvarlige for 90% af det stof som leveres tilbage til den interstellare gas. Supernovaer er kun ansvarlige for 10%.

Interstellare vandmolekyler dannes bl.a. når frie iltatomer og brintmolekyler udsættes for UV-stråling og kosmisk stråling. Flere interessante molekyler opblandes således i gassen (brint og helium) som nye stjerner dannes af. Dels støvkorn (til opbygning af planeter) og dels kulstof og vand (til opbygning af liv).

Galakser og stjerner

Vi lever i en spiralgalakse, der er rig på gas, støv og unge stjerner (se en lignende galakse på figur 3a).

Stjerner der er væsentligt tungere end solen vil leve et kort og intenst liv. Dette forstås af følgende:

- En stjernes luminositet (lysstyrke) vokser dramatisk med massen (M):

$$\text{Luminositet } (L) \propto M^3 \quad (2)$$

- En stjernes levetid går på følgende måde:

$$\text{Levetid } (T) \approx \frac{M}{L} \propto \frac{M}{M^3} = \frac{1}{M^2} \quad (3)$$

Det betyder, at en stjerne der vejer dobbelt så meget som solen vil lyse otte gange kraftigere og leve en fjerdedel af solens levetid. En stjerne på 30 solmasser vil lyse 27.000 gange kraftigere end solen og leve ca. en tusindedel af solens levetid. I dette tilfælde eksploderer stjernen som en supernova efter blot 10 mio. år.

Chokbølger fra supernova-ekspllosioner kan sammenpresse gasskyer og derved starte ny stjernedannelse. I stjernedannende skyer som f.eks. Orion-tågen (figur 3b) har man fundet såkaldte *protoplanetariske*

skiver hvor man ser en mørk skive af støv omkring en nydannet stjerne (figur 3c). Støvet er en forudsætning for, at danne et system af planeter som vores Solsystem.

Hvis en støvskive findes i nærheden af tunge stjerner, med kraftig UV-stråling, vil støvet "fordampe" væk. Men hvis støvskiven er lidt mere isoleret, kan den i løbet af ca. 100 mio. år udvikle planeter. Detektion af andre planeter er beskrevet i box 3.

Box 3. Andre planetsystemer.

Den første planet omkring en sollignende stjerne blev fundet november 1995 [4]. Der kendes nu over 25 planeter med masser fra ca. halvdelen til over ti gange Jupiters masse. Et planetsystem med *tre planeter*, omkring stjernen Upsilon Andromedae 44 lysår væk, blev fundet maj 1999.

Metoden går ud på, at man måler Doppler-forskydning af emissionslinjer i stjernens spektrum. Effekten skyldes, at en stor gasplanet vil trække lidt i stjernen under omløbet. Set udefra ville Jorden, på afstande over ca. 50 lysår, ikke kunne detekteres med instrumenter vi råder over idag og slet ikke kunne ses optisk. Det kunne altså virke forgæves at søge efter planeter som Jorden?

NASA vil opsende en *Space Interferometry Mission* i år 2006 [5], der skal undersøge systemer som Upsilon Andromedae. Den mindste vinkelopløsning, som det 10 m store teleskop vil kunne præstere er 0,01 buesekunder. Afløseren, *Terrestrial Planet Finder*, er allerede på tegnebrættet og skal opsendes år 2010.

De næste år vil helt sikkert bringe flere "Jupiters" og ved såkaldt *transit-fotometri*, har man allerede lært noget om størrelsen af planetatmosfærene og deres "farve". *Jord-finderen* vil kunne optage spektre af atmosfæren på andre planeter af Jord-størrelse. Det interessante er så, om man fra spektret alene kan konkludere om der er liv? På Jorden skyldes atmosfærens O_2 levende organismer der benytter fotosyntese.

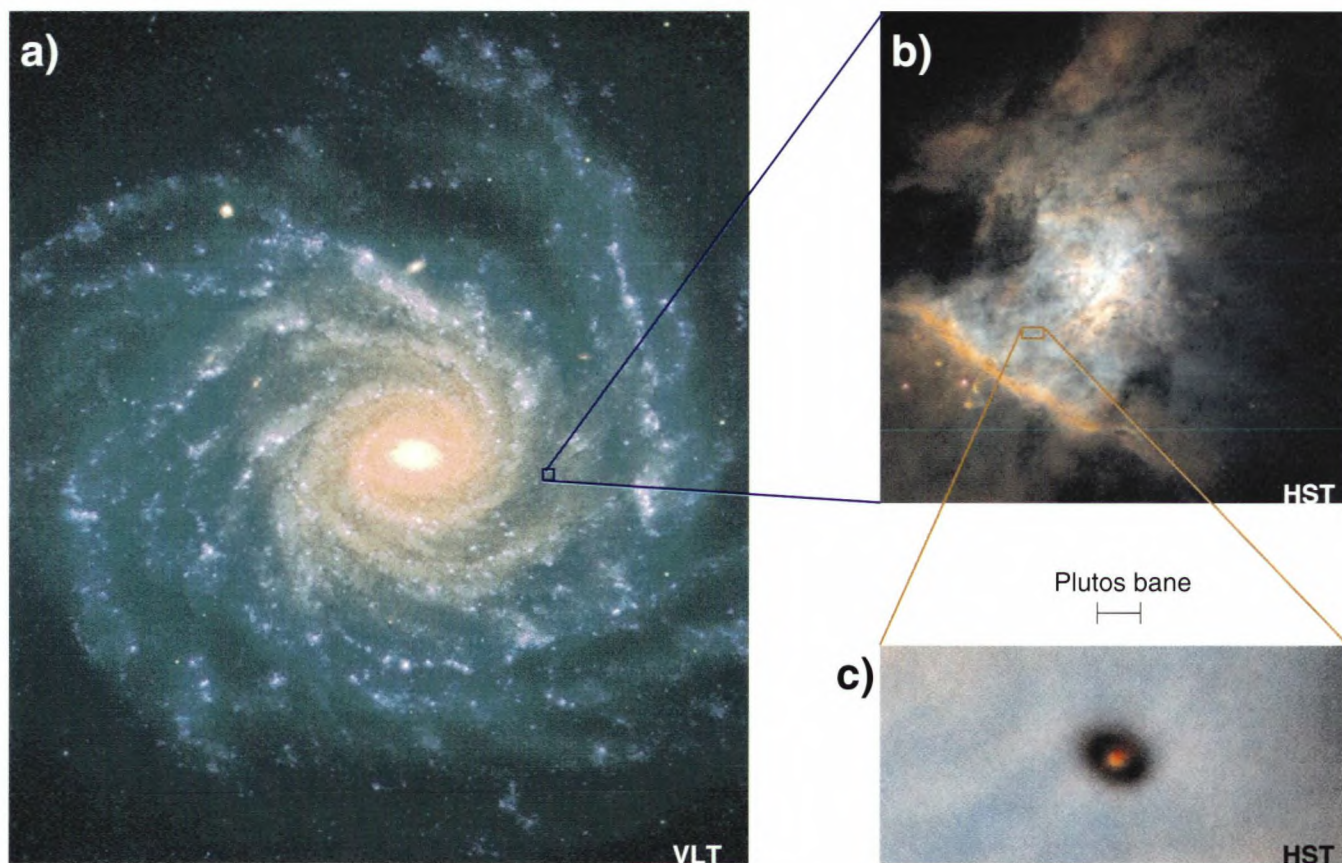
Solens dannelse

For knap 4600 mio. år siden begyndte et tæt område i en molekylsky (som Orion-tågen) at kollapse.

Diameteren har været godt tusind astronomiske enheder (d.v.s. 150 mia. km). Skyen har været mørk, kold (10–50 K) og turbulent. Under kollapset blev der dannet en flad roterende skive. I centrum opbyggedes efterhånden et centralt legeme: *proto-solen*.

Sammentrækningen af proto-solen øgede strålingstrykket fra centrum. Proto-solen begyndte at sende materiale ud igen fra polerne. Efter ca. en mio. år startede den såkaldte T Tauri fase, hvor vindene ender med at blive så kraftige, at massetilførslen stopper. Først herefter, er de indre dele af Solen opvarmet tilstrækkeligt til, at fusionsprocesserne kan starte og *Solen* begynder sit normale liv på hovedserien (i HR-diagrammet).

²Solen bliver i øvrigt selv en rød kæmpestjerne, om 6-7 mia. år, og bidrager dermed til stoffets kosmiske kredsløb.



Figur 3. a) Galaksen NGC1232 er i denne montage brugt som illustration af en spiralgalakse der kunne være Mælkevejen. b) Orion-tågen, et område for stjernedannelse. c) Protoplanetarisk gas- og støvskive i Orion-tågen. Udstrækningen af den mørke skive er lidt større end Plutos bane i vores solsystem. Illustration: Montage mellem fotos fra Hubble Space Telescope (1995) og Very Large Telescope (1998).

Kometer og planeter

Den sky der dannede solen indeholdt en blanding af både gasser og støv. Efter sammentrækningen og skivedannelsen vil stoffet ikke kun være påvirket af rotation, og tyngdekraft, men også af strålingstryk plus opvarmning.

En del af stoffet er på dette tidspunkt blevet sammenkittet i større stykker; molekyler vil kondensere på småpartiklerne som altså gror større og større. Da temperaturen er højest ved centrum, og aftagende udefter, ordnes molekylerne efter kogepunkt: Stoffer med højt kogepunkt kondenserer tættest på proto-solen. Stoffer med lavere kogepunkt (vand og "normale" gasser) kondenserer længere ude i skiven. Denne *ordning* af solsystemets materiale er delvis bevaret til idag (se box 4).

Men ordningen brydes af flere forhold.

1) Under T Tauri fasen bliver vindene fra den unge sol så kraftige, at massebevægelsen af stof *vender*: støv og gas blæses væk fra Solen, også det der ikke "nåede" at blive sorteret og bundet til planet-forstadier.

2) Vand og gasser kan bindes i mineraler og dermed ende i klippeplaneter og småplaneter tæt på Solen trods deres lave kogepunkt.

3) Kometer og isplaneter transporterer is og gas "tilbage igen" til de inderste planeter.

At sorteringen af stof må have været meget markant er der mange eksempler på. F.eks. består nogle af solsystemets yderste måner af mere end 50% vand-is, det samme gælder for kometerne.

En række molekyler³ er observeret i kometernes koma (fordampede gasser omkring kometkernen). Selve kometkernen er mørkere end kul (reflekterer kun 4% af lyset). Den mørke farve skyldes formentlig et lag af kulstofrige forbindelser og støv, der er efterladt ved fordampningen af kometens is.

Kometerne har, sammen med småplaneter, deltaget i et massivt bombardement og således ført kulstof og vand ind til de terrestriske planeter. Dette vidner Månen og Merkurs kratere stadig om, da de ikke har været væsentligt geologisk aktive. Der er to grunde til, at bombardementet ophørte for 3,9 mia. år siden. Dels er mange kometer blevet indfanget, primært af Solen (som "kamikaze"-kometer) og Jupiter (som Shoemaker-Levy, 1994). Dels er størstedelen af de resterende kometer blevet presset ud, af de ydre planeter, i baner langt væk fra Solen. Kometnedslag på de inderste planeter, f.eks. Jorden, er således sjældne i dag

³Det typiske indhold er [6]: 85% H₂O (vand), 4% CO (kulmonoxid), 3% CO₂ (kuldioxid), 2% H₂CO (formaldehyd), 2% CH₃OH (methanol), 1% N₂ (kvælstof), og sammenlagt ≤ 3% H₂S (svovlbrinte), HCN (blåsyre), NH₃ (ammoniak), CH₄ (methan), CS₂ og H₂CO₂.

fordi Solsystemet er "fyldt ud" af massive planeter.

Hvor meget vand er der tilført Jorden under planetens tidlige dannelse? Kan oceanerne og det vand der er bundet i klipperne forklares udelukkende ved denne kilde? Hvilke organiske molekyler indeholder kometer som kunne være interessante for livets opståen?

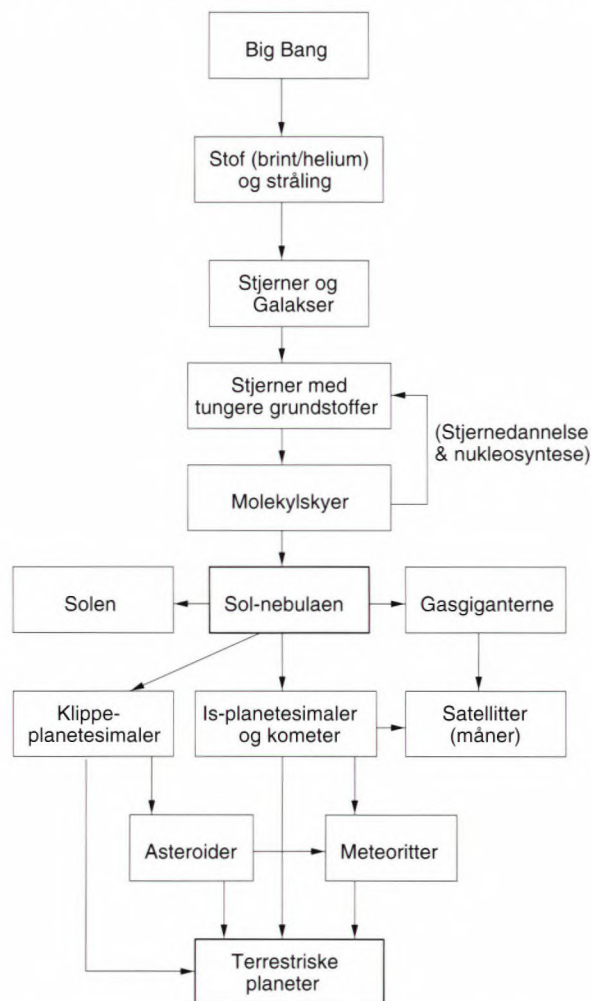
Kulkondritter – det ældste stof

Udover de mere almindelige stenmeteoritter og jernmeteoritter findes en meget interessant type meteoritter kaldet *kulkondritter*.

De korn der opbygger kulkondritterne er kondenseret direkte ud af sol-nebulaen på mindre end 50.000 år, og måske på endnu kortere tid. Kulkondritterne kan muligvis fortolkes som "udbrændte kometkerner". Man har fundet et stort indhold af grafit og biomolekyler i kulkondritter (f.eks. *Allende*).

Blandt disse biomolekyler er en lang række *aminosyrer* (essentielle for proteiner) fundet og visse af baserne i *makromolekylerne* RNA og DNA.

Et overblik over alle processerne er vist nedenfor:



Figur 4. Vigtigste reaktionsveje for stoffets udvikling fra gasserne brint og helium via stjerner, kometer og planeter. Hver kasse indeholder dele fra tidligere kasser. Læseren befinder sig i den nederste kasse. Illustration frit efter [3].

Box 4. Solsystemets opbygning i dag.

Vort eget solsystem kan forstås ved at inddele det i 3–4 dele, vi tager det udefra og ind i samme rækkefølge som det blev dannet (tallene i parentes angiver afstandene i astronomiske enheder d.v.s. Jordens afstand fra Solen):

Oortskyen (ca. 100–70.000 AE):

Herfra stammer de langperiodiske kometer.

Kuiper-bæltet (ca. 25–100 AE):

Herfra stammer de kortperiodiske kometer, nogle is-måner omkring de ydre planeter samt Pluto.

Gasgiganterne (5–30 AE):

Neptun, Uranus, Saturn og Jupiter.

De terrestriske klippeplaneter (0,39–5 AE):

Asteroiderne, Mars, Jorden, Venus og Merkur.

De store gasplaneter Neptun, Uranus, Saturn og Jupiter er blevet dannet i så stor afstand fra solen, at de har kunnet få en tyk atmosfære af gas. Gassen er tilført fra en tilvækstskive af gas og støv som den man kan se i Orion-tågen, figur 3c.

De inderste planeter, Mars, Jorden, Venus og Merkur, blev dannet så tæt inde omkring solen, at de flygtige gasser fordampede; kun metaller og klipper kondenserede ud. Der er sandsynligvis først dannet flere "foster-planeter" af størrelse fra Merkur til Mars. Asteroidbæltet (mellem Jupiter og Mars) er rester fra planetdannelsen, et slags "overskudslager" af over 100.000 småplaneter.

Jordens radioaktive indre

I Jordens indre var der oprindeligt ret betydelige mængder aluminium-26 med en halveringstid på 700.000 år. Det var en væsentlig varmekilde til at gøre Jorden flydende – og rund!

Derefter har uran-235 ($\tau_{1/2} = 700$ mio. år) og kalium-40 ($\tau_{1/2} = 1,3$ mia. år) været væsentlige og i dag er det isotoper med længere halveringstider, uran-238 ($\tau_{1/2} = 4,5$ mia. år) og thorium-232 ($\tau_{1/2} = 14$ mia. år), som er ansvarlige for den fortsatte geologiske aktivitet, som f.eks. jordskælv, vulkaner og kontinentaldrift. Bjergkæder som f.eks. Alperne og Himalaya er resultatet af "nylige" sammenstød (indenfor 60 mio. år) mellem kontinentalplader.

Jorden og månen

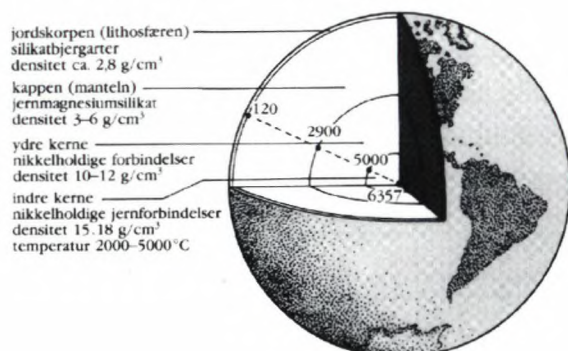
Mens Jorden langsomt blev opbygget ved hjælp af tyngdekraften faldt asteroider og kometer ned og tilførte både metaller, klipper og vand-is. Der blev omsat enorme mængder *potentiel energi til varme* og Jordens temperatur kom op på flere tusinde grader, 4–6000 K. Sammen med henfaldet af radioaktive isotoper blev Jorden flydende og tyngdekraften formede den sfærisk.

Månen blev sandsynligvis dannet ved, at den unge Jordklode kolliderede med en fosterplanet på størrelse med Mars. Da de yderste dele af begge kloder blev til

Månen har man en forklaring på Jordens relativt store metallerne og Månens relativt lille metallerne.

Jordens grundstofsammensætning

Jorden har en grundstofsammensætning hvoraf 93% af massen udgøres af de fire grundstoffer jern, ilt, magnesium og silicium. Omkring 99% af massen findes i kernen og kappen. Den ca. 20 km tynde⁴ jordskorpe udgør den sidste 1% bestående af vulkanske klipper eller *metaloxider*⁵ Bjælken, under figur 5, angiver fordelingen af grundstoffer for hele Jorden. Bemærk at *kulstof*, som alt liv er baseret på, er i så ringe mængde at den ikke er synlig!



Figur 5. Jordens opbygning i dag. Oprindeligt lå alle kontinenter samlet ved sydpolen i superkontinentet *Gondwana*. Tætheden ind gennem Jordens forskellige lag er også angivet.

35% Fe (jern)	28% O (ilt)	17% Mg (magnesium)	13% Si (silicium)	Nikkel Svovl Andre
-------------------------	-----------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------

Andre, primært: Co, Na, Mn, K, Ti, P og Cr.

Hvor gammel er Jorden?

Jorden er 4450–4550 mio. år gammel. Denne alder bygger på datering, ved isotopforhold, af de ældste meteoritter, idet de første klipper på Jorden er blevet nedbrudt af pladetektoniske processer. De fleste klipper er yngre, "kun" 2200–2800 mio. år [7].

De til dato ældste fundne klipper på Jorden er 3850–3900 mio. år gamle *oceanbunde*, som er foldet op ved overfladen ved en række lokaliteter, bl.a. Grønland⁶. Man kan sammenligne med alderen af Månens overflade som er bestemt ved, at aktiviteten stoppede for samme 3900 mio. år siden.

Jordens tidlige udvikling

Der forløb 6-700 mio. år fra Jordens dannelse, hvor overfladen var dækket af et lavahav, til der var kontinenter, oceaner og en atmosfære.

De vigtigste opvarmningsprocesser som var med til at holde jordskorpen flydende er:

- **Kollisionsvarme/bombardement.**
- **Radioaktive henfald.**
- **Dannelsen af Jordens kerne.**

Bombardementet af asteroider og kometer fortsatte med at gennembryde den tynde jordskorpe og gnidningsvarmen fra nedslagene smeltede klipperne.

Henfaldet af aluminium-26, med en halveringstid⁷ på $7 \cdot 10^5$ år opvarmer klipperne som derved holdes flydende. På 7 mio. år, svarende til 10 halveringstider, er aktiviteten af aluminium-26 faldet til under 0,1% og andre isotoper har taget over. Den store mængde magnesium i Jorden skyldes bl.a. disse henfald. Sol-nebulaen skal være dannet ret kort tid efter at en supernova, eller rød kæmpestjerne, har produceret og spredt det radioaktive aluminium-26.

Dannelsen af Jordens kerne indledtes, da den hurtigt roterende flydende stenkugle begyndte at differentiere i stoffer med tungere og lettere vægtfylde. Mens de lette klippearter søgte opad, faldt metallerne jern og nikkel, samt urenheder af bl.a. svovl, nedad (se figur 5). Herved blev der frigjort så meget energi, at temperaturen steg yderligere 2000 K [8].

Dannelsen af oceanerne og atmosfæren

Jordens hydrosfære består af H₂O med en række salte⁸ opløst. Hydrosfæren udgør 0,0250% og atmosfæren udgør 0,0001% af Jordens totale masse, $6 \cdot 10^{24}$ kg.

For 4000 mio. år siden var Jordens overflade formentlig stadig et "lava-hav" og kunne ikke bære et ocean. For 3900 mio. år siden var der havbundssedimenter og dermed også oceaner.

Hvis vandet i oceaner og indeni Jorden skal forklares med f.eks. kometer alene, kræver det af størrelsesordenen 1–10 mio. kometer, der hver er 10 km i diameter.

Stoffet fra kometerne kan sagtens være ophobet indeni Jorden under Jordens dannelse og senere frigjort gennem vulkan-lignende "udgasning".

Livets oprindelse

I 3700 mio. år gamle grønlandske klipper, der stammer fra havbundssedimenter, har man fundet et ¹³C-isotopindhold der kunne tyde på biologisk oprindelse [9]. De ældste fossiler som *med sikkerhed* skyldes levende organismer er 3500 mio. år gamle.

Vi har nu indkredset livets oprindelse til perioden 3700-3900 mio. år siden. *Før* denne periode var Jorden formentlig stadig et lava-hav. *Efter* denne periode var der en vrimmel af liv, i form af *anaerobe svovlsure*

⁴Månens skorpe er ca. 50 km, hvilket skyldes større afkøling.

⁵For eksempel: SiO₂ (kvarts), Al₂O₃, CaO, FeO, Fe₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O o.s.v.

⁶Grønland, Norge/Sverige, Sibirien, Sydamerika-Afrika, Australien-Antarktis (bindestreg angiver, at kontinenterne har hængt sammen).

⁷Henfaldet sker dels ved positron-emission (82%): $^{26}\text{Al} \rightarrow ^{26}\text{Mg} + \beta^+$ og dels ved elektron-indfangning (18%): $e^- + ^{26}\text{Al} \rightarrow ^{26}\text{Mg} + \nu_e$.

⁸Bl.a. NaCl, MgCl₂, MgSO₄, CaSO₄ og K₂SO₄.

bakterier der bredte sig som store puder. De ligger nu begravet som klipper over det meste af Jordens overflade. Dette kunne tyde på, at når de rette betingelser er tilstede og livet først vinder fodfæste, så breder det sig overalt hvor der er næring!

Intet liv uden næringsstoffer og det oprindelige urhav har været rigt på svovl og salte tilført af vulkaner (undersøiske og oversøiske) og mere afdæmpede vulkanske kilder. Nutidige eksempler på disse fænomener er *black smokers* ("sorte skorstene") og *hydrothermal vents* ("varmtvandshuller" eller geysere).

Geotermisk varme – andre himmellegemer

De bedste kandidater blandt planeter eller måner, udover Jorden, hvor livet kunne findes er: Mars, Venus og Europa.

Mars er afkølet betydeligt mere end Jorden p.g.a. dens lille størrelse. Overfladetemperaturen som i gennemsnit er ca. -53°C sænkes yderligere p.g.a. af den større afstand fra Solen.

Venus har en kompliceret geologi og en varm og tæt atmosfære. Men planeten er interessant fordi den minder så meget om Jorden i størrelse. Kan der findes bakterielt liv i undergrunden? Skyldes svovlsyren i atmosfæren i virkeligheden tidligere liv som er blevet kvalt ved den stadige oxidering af svovl?

Omkring Jupiter findes to måner, Io og Europa, som har usædvanlig stor aktivitet på overfladen. I begge tilfælde skyldes det opvarmning på grund af tidevandskræfterne fra kæmpeplaneten Jupiter og månerne indbyrdes.

Io er den mest aktive af Jupiters måner. Den har vulkaner og en atmosfære med bl.a. frosset svovldioxid, men selv om svovl kan producere energi ved oxidering, så er manglen på kulstof i store mængder nok skæbnesvanger for eventuelt organisk liv på denne lille måne. *Europa* er i denne forbindelse mere interessant.

Europa



Figur 6. Is-månen Europa med sprækker på overfladen.

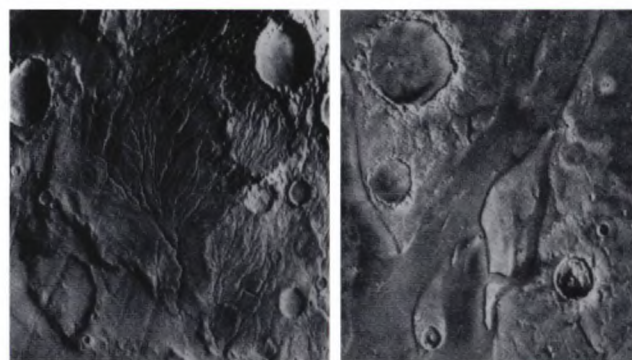
Strukturerne i isen på overfladen af Jupiter-månen Europa skyldes, at isen er sprækket og frosset gentagne gange, næsten som "pak-is" ved f.eks. Grønland. Varmen der driver denne vedvarende proces skyldes efter alt at dømme tidevandskræfterne fra Jupiter og de øvrige måner.

Hvis varmen der frigøres er nok til, at det ca. 300 km tykke lag is kan brydes helt oppe ved overfladen, kan man forvente, at noget af isen er smeltet i bunden. Her i bunden af en tyk iskappe kunne man tænke sig, at finde betingelserne for at livet kunne opstå.

På Jorden findes organismer der kan modstå det høje tryk. Men er gnidningsvarmen tilstrækkelig til at starte processen? Solens lys og ultraviolette stråling finder man næppe så langt nede og godt fem gange længere væk fra Solen end Jorden er strålingsmængden per m^2 i forvejen reduceret til knap 4%.

Vand eller is på Mars

Vand er en absolut betingelse for liv som vi kender det. På Mars, som jo på en række punkter minder om jorden, er der tydelige spor af en strømmende væske på planetens overflade:



Figur 7. Detaljer på overfladen af Mars. Til venstre: Dendritisk netværk af kanaler der samler vand fra et bjergområde til en flod i lavlandet. Til højre: En over 100 mio. år gammel udtørret flod? [11].

Alt tyder på, at det var flydende vand, men det er væk i dag. Mars' tynde atmosfære består af 95% CO_2 , Mars' polkalotter er mest CO_2 -is (tøris) men dog med lidt vand-is, se [12]. Det mest oplagte bliver, at vandet trængte nede i undergrunden i forbindelse med en større temperaturnedgang. Temperaturen på Mars svinger i dag mellem ca. 20 og -140°C med en gennemsnitstemperatur på ca. -53°C . Hvorfor er der koldt på Mars? Det er der flere grunde til.

Dels gør *afstanden*, at Mars kun modtager ca. 43% så meget stråling fra Solen pr. m^2 som Jorden og dels er der *størrelsen*. Mars har en radius der er godt halvdelen af Jordens. Det betyder for det første, at afkølingen er foregået hurtigere, idet *forholdet mellem overflade og rumfang* er større for et mindre legeme (knap to gange større). For det andet har Mars ikke så mange radioaktive isotoper i kappen. For det tredje kan Mars ikke holde på så stor en atmosfære (trykket er 0,01 atm.). En tykkere atmosfære ville holde bedre på varmen.

Selv om alle disse forhold betyder, at overfladen af Mars er dybfrossen ned til omkring 1 km [10] så kan der stadig findes vand i undergrunden og Mars er et oplagt sted at søge efter liv, også selv om vandet måtte findes som "permafrost".

At Mars har (eller har haft) et varmt indre, viser vulkankraterne på Mars' overflade. Mest imponerende⁹ er *Olympus Mons* som hæver sig 24 km over den omkringliggende overflade. Udfra tællinger af nedslagskratere er det for nylig bestemt [11], at Olympus Mons nok kun¹⁰ er 100 millioner år gammel. I dag antages Mars at være geologisk "inaktiv", men det kan være en kortere eller længere pause.

Vandet kan være forsvundet ved, at vandmolekylerne er spaltet i brint og ilt (ved ultraviolet stråling) hvor brinten er drevet væk fra den lille planet. Noget af vandet er højst sandsynligt gemt under overfladen som *permafrost*. Polkalotterne kunne også indeholde noget vand. Men da polkalotterne varierer i størrelse med årstiderne og atmosfæren primært består af CO₂, må en væsentlig del af isen være CO₂-is (læs mere om "Is på Mars" i artiklen af Janus Larsen i dette nummer af KVANT [12]). Det vand-is der ligger i polregionerne kan også være tilført senere via komet.

Fossilt liv i Mars-sten?

Der er stadig debat om hvorvidt der er fundet spor af fossilt liv i den berømte Mars-meteorit, ALH 84001. Men det eneste der virkelig tæller i denne sammenhæng er hvis astronauter, eller tilstrækkeligt snedigt konstruerede robotter, foretog en såkaldt *sample-return-mission*. Hvis man fik bragt en sten hjem fra Mars, der med sikkerhed stammer fra en af de udtørrede flodløj, vil nulevende bakterier eller *fossilt liv* fortælle os hvorvidt livet er enestående på Jorden eller ej.

De strukturer man har fundet i ALH 84001 minder om jordisk liv men er ca. 10 gange mindre og stenen kan meget vel være forurenset med jordisk liv i de ca. 13.000 år Mars-stenen lå på Antarktis. Kulstof-14 indholdet svarer ikke til det man ville forvente på Mars, men snarere til meteoritter af kondrit-typen eller jordisk. Som "bevis" for liv på Mars står det for tiden svagt. Debatten kan følges på [13].

I næste artikel vil vi se på molekyler i det interstellare medie. Kometernes kemi bliver belyst og vi prøver at give et bud på hvordan "de første livskim" kan have set ud.

Referencer:

- [1] M. C. Andersen (1998) "On The Origin of Life in the Solar System. Written report", *Kernesyntese, Stjernernes udvikling og Solsystemets dannelse*, NBIfAFG. www.astro.ku.dk/~cramer/papers/life/
- [2] C. F. Chyba og G. D. McDonald (1995) "The Origin of Life In The Solar System", *Current Issues. Annu. Rev. Earth Planet. Science*, bind 23, side 215-49.
- [3] Yuk L. Yung og William B. DeMore (1999) "Photo-

chemistry of Planetary Atmospheres". Oxford University Press.

- [4] Michel Mayoer og Didier Queloz (1995) "A Jupiter-mass companion to a solar-type star". *Nature*, bind 378, 23 November.
- [5] Space Interferometry Mission, <http://sim.jpl.nasa.gov/>
- [6] P. J. Thomas, C. F. Chyba og C. P. McKay (Red.) (1997) "Comets and the Origin and Evolution of Life". Springer-Verlag.
- [7] Vagn F. Buchwald (1992) "Meteoritter – nøglen til Jordens fortid". Gyldendal.
- [8] "Encyclopedia of Planetary Sciences" (1997) Red. af J. H. Shirley og R.W. Fairbridge. Chapman & Hall.
- [9] Minik T. Rosing (1999) "¹³C-Depleted Carbon Microparticles in >3700-Ma Sea-Floor Sedimentary Rocks from West Greenland". *Science*, bind 283.
- [10] J. Kelly Beatty, Carolyn Collins Petersen og Andrew Chaikin (1999) "The New Solar System". Sky Publishing/Cambridge University Press (4. udgave).
- [11] John S. Lewis (1995) "Physics and Chemistry of The Solar System". Academic Press.
- [12] Janus Larsen (2000) "Is på Mars", Dette nummer af Kvant.
- [13] On the Question of the Mars Meteorite, http://cass.jsc.nasa.gov/lpi/meteorites/mars_meteorite.html



Michael Cramer Andersen, specialestuderende i astronomi ved NBIfAFG, hvor han arbejder med Mælkevejens dynamiske udvikling. Han er desuden interesseret i fundamentale problemer indenfor naturvidenskab.



Arne Damm, studerende ved NBIfAFG, læser astronomi i kombination med andre fag.

⁹Tyngdekraften er kun 40% af Jordens. Placerede man et 24 km højt bjerg (3 × Mount Everest) på Jorden, ville det "flyde ud".

¹⁰Tidligere antog man, at Mars har været geologisk "død" i 1-2 mia. år.

Is på Mars

Janus Larsen, Geofysisk Afdeling, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik.

Når videnskaben søger svar på det fundamentale spørgsmål om liv her på jorden er unikt, er der en åbenlys vej at gå: Søgen efter liv uden for jorden. Denne søgen efter ekstraterrestrielt liv blev der kigget skævt til indtil et forskerhold fra NASA i 1996 muligvis fandt spor af biologisk aktivitet i en meteorit fra Mars. De bedste betingelser for liv i vores solsystem finder vi (bortset fra på jorden) på Mars, eller rettere på Mars for nogle milliarder år siden. Tydelige spor af udtørrede flodlejer viser os at klimaet på Mars har tilladt flydende vand på overfladen. Dette er en af de vigtigste betingelser for liv som vi kender det på jorden.

Det viser også at klimaet på Mars har ændret sig drastisk gennem planetens historie, og forståelse af de mekanismer som driver klimaet på Mars, er ikke bare værdifulde for vores indsigt i Mars' historie og mulighederne for at finde liv, men vil også bidrage til forståelse af de klimamekanismer som virker her på Jorden.

På Jorden findes en velbevaret klimahistorie i iskapperne på Grønland og Antarktis og vi kan "læse" denne historie ved at analysere isen fra iskerner boret gennem iskapperne. Klimaet har sat sit tydelige fingeraftryk i isen, og vi forventer at dette også er tilfældet for isen på Mars. Ydermere er akkumulationen¹ langt mindre på Mars end på Jorden og jo tyndere årlagene er, desto flere år er der repræsenteret i en f.eks. 3 km tyk iskappe. På Mars er akkumulationen så lille, at måske mange millioner års klima er "arkiveret" i isen.

Vores håb er derfor, at der i fremtiden bliver mulighed for at undersøge isen på Mars ved, at bore en iskerne og analysere dens indhold. En særdeles vanskelig opgave, men en unik mulighed for at lære om Mars' klimahistorie og om de mekanismer der driver klimaet på Mars og på Jorden.

Lidt om planeten Mars

Mars er cirka halv så stor som Jorden og ligger halvdelen gang så langt væk fra Solen. Det at planeten er mindre betyder, at overfladearealet set i forhold til volumen er væsentligt større, og planeten er derfor afkølet hurtigere end f.eks. Jorden. Dette er en af forklaringerne på at Mars er så meget koldere end jorden. En anden er, at fordi Mars er mindre, er tyngdekraften mindre og atmosfæren har derfor nemmere ved at undslippe til

rummet, hvorved drivhuseffekten formindskes. Netop drivhuseffekten spiller en afgørende rolle i klimasammenhænge, på Mars såvel som på Jorden. Endelig modtager Mars mindre indstråling per overfladeareal fordi den er fjernere fra solen end Jorden.

Atmosfæren på Mars består af 95% kuldioxid (CO_2). Trykket er kun 6 mbar, hvor trykket på Jorden er 1013 mbar. Umiddelbart synes det som så lidt, at det ikke er værd at regne med, men set fra et meteorologisk synspunkt er 6 mbar nok til at have vejrfænomener som ligner dem vi ser på Jorden: Strømninger og bølgedannelse, nedbør, skydannelse mm. Et specielt vejrfænomen på Mars er de utrolig store støvstorme, som er så store at de kan observeres fra Jorden, og flere gange har dækket hele Mars' overflade.

Mars' rotationsakse hælder 25 grader i forhold til Mars-Sol planet, cirka lige så meget som Jorden. Dette gør at der også er årstider på Mars. På vinterpolen modtages ingen indstråling, som nord for polarcirklen på Jorden. Temperaturen falder drastisk, fordi atmosfæren er for tynd til at transportere væsentlige mængder varme og fordi der ingen oceaner er, som kan transportere varme mod polerne. Faktisk falder temperaturen så meget, så den når under frostpunktet² for CO_2 hvilket betyder at atmosfæren begynder at kondensere ud på overfladen af planeten.

Rotationsaksen vipper frem og tilbage sådan, at vinklen mellem rotationsaksen og planet-Sol planet ikke altid er den samme. Dette har stor betydning for den geografiske fordeling af solindstrålingen. Amplituden af udsvinget er for Jorden kun 1 grad, men er alligevel sat i forbindelse med istiderne, som har vist sig periodisk gennem de sidste par millioner år. Dette er kendt som Milankovitch teori. På Mars vipper rotationsaksen med en periode på ca. 100.000 år, men langt mere voldsomt end Jordens. Amplituden af svingningen er 10 grader, og man tror endda, at udsvingene har været endnu større for et par milliarder år siden. Dette har uden tvivl en stor indflydelse på Mars' klima. Når vinklen er stor, modtager polerne meget indstråling og iskapperne vil helt eller delvist forsvinde. Dermed øges atmosfære trykket, som igen øger drivhuseffekten og følgelig stiger temperaturen. En såkaldt positiv feedback mekanisme. Tilsvarende vil en feedback mekanisme opstå når vinklen er lille: Polerne modtager meget lidt indstråling, CO_2 frosten vil overleve året

¹ Isen på Jorden er dannet ved at sne er faldet på overfladen og derefter er blevet trykket sammen, efterhånden som mere sne falder oven på for til sidst, at blive til is. I dette tilfælde er akkumulationen det samme som nedbøren. På Mars er mekanismerne noget anderledes, og faktisk ved man ikke hvilke processer, der er mest betydningsfulde. Vanddamp kan fortættes direkte på overfladen eller falde som partikler af CO_2 , støv og vand, og når CO_2 'en forsvinder, bliver vandet og støvet tilbage.

² Frostpunktet for CO_2 er den temperatur, hvor CO_2 på gasform begynder at fortættes som fast stof. Frostpunktet afhænger af trykket og ved atmosfæretrykket på Mars (6 mbar) er frostpunktet for CO_2 148 K (-115°C).

rundt, atmosfæren vil blive tyndere fordi den nu ligger som CO₂-frost ved polerne, drivhuseffekten forsvinder helt og temperaturen falder.

Store dele af terrænet på den nordlige halvkugle på Mars ligger 5 km lavere end på den sydlige halvkugle. Billedet på Kvants forside viser højden af overfladen på Mars, og højdeforskellen ses tydeligt. I nord er terrænet meget fladt og med meget få kratere, i syd er der kolossale bjerge (bl.a. solsystemets største, den 24 km høje, udslukte vulkan Olympus Mons) og mange kratere fra meteornedslag. Et stort antal kratere vidner om en gammel overflade, så på Mars er overfladen på den nordlige halvkugle blevet modificeret senere end på den sydlige halvkugle. En af de mest plausible teorier er, at der har ligget et ocean på den nordlige halvkugle. Den meget jævne overflade kunne være dannet af sedimentering i oceanet. Man har desuden observeret terrasser som kunne være gamle kystlinier, og udtørrede kanaler hvis udløb ender i samme højde, hvilket kan forklares ved, at de løb ud i et ocean. Men hvis dette er tilfældet, rejser der sig nye spørgsmål; hvorfor forsvandt oceanet?, hvor er vandet blevet af?

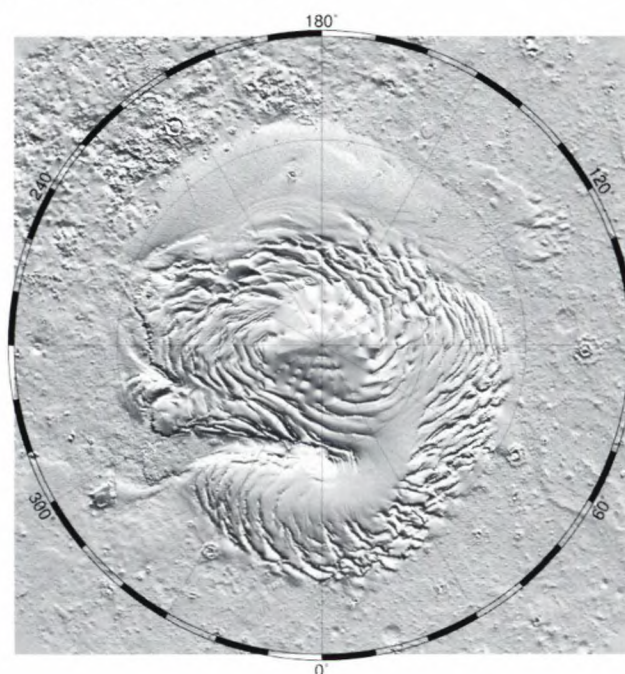
Det at der er spor af flydende vand på overfladen af Mars gør, som før nævnt, planeten meget interessant. Dels fordi vi mener, at flydende vand er nødvendig for, at liv kan opstå og dels fordi det viser, at der er foregået nogle drastiske klimaændringer som vi måske kan lære af. I de sidste årtier har der derfor været sendt mange sonder til Mars. En af de mest succesrige var Mariner 4, som i 1965 bragte de første billeder af Mars til Jorden. Billederne var taget fra 12.000 km højde og viste en gold og død planet. Sidst i 70'erne var Viking missionerne utroligt succesfulde med to satellitter og to landere, og data fra disse missioner viste et helt andet billede af Mars: En planet med vejr, klima og tydelige tegn af flydende vand tidligere i planetens historie.

I september 1997 ankom Mars Global Surveyor (MGS) til Mars. Blandt instrumenterne på satellitten er Mars Orbiter Camera (MOC), som er et kamera der er istand til at tage globale³ samt regionale, højopløste billeder med en opløsning helt ned til 1.4 m per pixel. Ombord på MGS er også Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA), som med stor nøjagtighed har kortlagt højden af Mars' overflade, samt Thermal Emission Spectrometer (TES) som måler den spektrale sammensætning af det tilbagekastede lys fra Mars, hvilket giver information om overfladematerialet. Alle instrumenterne har fungeret perfekt og har sendt utrolige mængder af ny information om Mars tilbage til Jorden.

Iskapperne på Mars

Man har i mere end 300 år vidst, at der var polkapper på Mars. Allerede i 1600-tallet lavede den Italienske astronom, Cassini detaljerede tegninger af Mars hvor

man tydeligt kunne se ikke bare de lyse polkapper, men også deres variation med årstiderne. Det Cassini observerede var det førnævnte kuldioxid snedække (tøris), som dannes på vinter polerne når atmosfærens temperatur når ned under frostpunktet for kuldioxid. Små støvkorn bevæger sig rundt i atmosfæren på Mars og den vanddamp som måtte findes fortættes sig på disse støvkorn, som vi kender det fra nedbørsprocesser i den Jordiske atmosfære. Når atmosfæren er afkølet til frostpunktet begynder kuldioxiden, som atmosfæren hovedsageligt består af, at fortættes, enten direkte på overfladen eller på de små støv-vandpartikler i atmosfæren. Når tilstrækkeligt meget kuldioxid har sat sig på partiklerne falder de ned på overfladen og danner sæson polkapperne som kan observeres fra Jorden. Disse sæson polkapper kan blive meget store. På den sydlige halvkugle kan sæson polkappen dække området fra sydpolen og helt op til 40° syd.



Figur 1. Nordpols iskappen på Mars. Billedet er et gråtone plot af topografien nord for 70° N, som er pålagt skygger med belysning fra toppen af figuren. I midten af plottet findes kun meget lidt data, dette skyldes at inklinationen af den bane som Mars Global Surveyor har, er for lav til at Mars Orbiter Laser Altimeter har kunne måle topografien kontinuert over polområdet. Iskappen dækker området nord for 80° N. Denne figur viser meget tydeligt det spiralformede mønster som præger iskappen. Mønsteret er opbygget af terrasser, som ud ved isranden er brede og høje, men efter hånden som de nærmer sig polen bliver mindre og lavere for helt at forsvinde på midten. De centrale områder af iskappen er glatte som de Jordiske iskapper.

Når sæson polkapperne af CO₂-frost om sommeren sublimerer⁴, kommer de permanente iskapper på polerne til syne. De ligner på mange måder dem vi kender fra Jorden (Grønland og Antarktis). Med en diameter på

³MOC fotograferer hele overfladen af Mars på 24 timer. Dette forgår konstant, så det er muligt at følge med i dynamiske fænomener som skysystemer og støvstorme.

⁴Sublimere: Når et stof overgår fra fast form direkte til gasform uden først at være flydende.

1000 km og højde over det omliggende terræn på 3 km har iskapperne på Mars samme proportioner som iskapperne på Jorden. Tykkelsen af iskapperne er ukendt, men hvis man antager at undergrunden bliver presset ned af den overliggende is som på Jorden, vil tykkelsen af iskapperne på Mars være cirka 4 km⁵

Meget tyder på, at polkapperne hovedsageligt består af H₂O is. Gravitationsmålinger viser, at massefylden af iskapperne er omkring 1000 kg/m³, som for vandis. Om sommeren når overfladetemperaturen op over frostpunktet for CO₂ og alt CO₂’en vil derfor fordampe, hvorefter vandisen begynder at sublimere ud i atmosfæren. Dette er observeret i form af høje koncentrationer af vanddamp i atmosfæren over den nordlige polkappe. Desuden minder overfladeprofilen af iskapperne meget om dem vi ser på jorden (se figur 2).

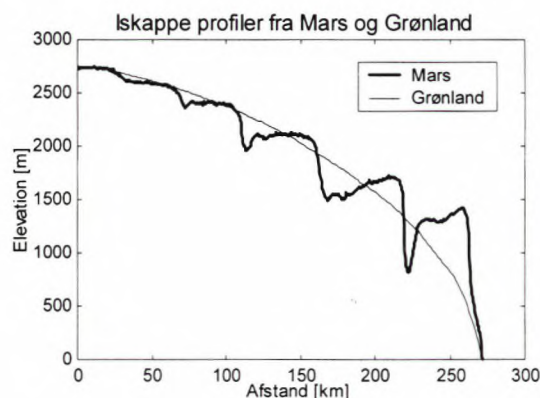
Overfladeprofilen er bestemt af materialets flydeegenskaber, og havde iskappen været af tør is, ville den flyde ud og blive meget tynd og flad, da tør is er et svagt materiale. Isen kunne også være et bestemt krystal hvor H₂O molekyler indkapsler et CO₂-molekyle, såkaldte clathrate-hydrates, men dette materiale er meget stærkere end H₂O is og ville derfor have en stejlere overfladeprofil. Der er altså stadig betydelige mængder vand på Mars, selvom det ikke er nok til at udgøre et ocean.

Temperaturen inde i iskapperne er interessant, ikke bare fordi den er afgørende for hvordan (og om) iskappen flyder, men også fordi eventuel smeltning ved bunden af iskappen har stor betydning for den globale vandcirkulation. Biologer har desuden forslået, at hvis der en gang har været liv på Mars, kunne dette måske være bevaret i søer under isen, som det er tilfældet i Antarktis. Temperaturen i det indre af en iskappe er bestemt af fire ting: Overfladetemperaturen, den varme fra planetens indre som bliver tilført ved bunden, varmeledningsevnen af isen samt tykkelsen af iskappen. I første omgang fristes man til at antage, at der umuligt kan være bundsmeltning når overfladetemperaturen er så lav som på Mars, men det viser sig at varmeledningsevnen af isen er af større betydning. Hvis der er et meget højt støvindhold, som man må formode med de mange store støvstorme, vil varmeledningsevnen falde, hvilket betyder at kulden fra overfladen ikke trænger så langt ned i isen, og dermed bliver bundlagene i isen varmere. Andre urenheder vil også sænke ledningsevnen, f.eks. kan man forestille sig, at for 50.000 år siden hvor Mars’ rotationsakse kun hældte lidt i forhold til Mars-Sol planet, har overfladen været meget kold året rundt så CO₂-sneen ikke forsvandt om sommeren. Dette vil danne lag med meget højt CO₂-indhold inde i isen, og da CO₂ har en meget lav ledningsevne vil det betyde meget for bundtemperaturen af isen.

Som nævnt ligner overfladeprofiler fra iskapperne på Mars dem fra jordiske iskapper meget, men der er en væsentlig forskel som umiddelbart springer i øjnene:

Iskapperne på Mars synes at være overlagt med et spiralformet mønster (se figur 1).

Et fænomen som ikke kan forbindes med noget kendt fænomen på Jorden. Spiralmønstret er dannet af terrasser som ude ved isranden er brede og høje men, som ind mod midten bliver smallere og lavere. Inde på midten af den nordlige iskappe er et stort område, som er helt glat, svarende til det vi kender fra de Jordiske iskapper. I virkeligheden består terrasserne af flader som hælder højest et par grader enten mod ækvator eller mod polen, forbundet af flader som hælder 8–15 grader mod ækvator. På figur 2 ses en profil gennem den nordlige iskappe. Den vertikale skala er stærkt overdrevet, så selvom det ser ud som skarpt adskilte terrasser, hælder selv de stejleste flader ikke mere end 15 grader.



Figur 2. Profiler af iskapperne på nordpolen af Mars og på Grønland. Profilen fra Grønland er langs en flydelinie fra isdeleren ned til Jakobshavn [Kilde: S. Ekholm (KMS) samt personlig kommunikation, H. Ribergaard og N. Reeh (DCRS)]. Denne profil er skaleret til højden og længden af profilen fra iskappen på Mars. Den generelle form af iskapperne minder meget om hinanden, men her ses det tydeligt hvordan iskappen på Mars er inddelt i terrasser, i forhold til den helt glatte profil fra Grønland. Den vertikale skala er stærkt overdrevet, så selvom inddelingen i terrasser ser meget skarp ud, hælder de stejleste overflader faktisk ikke mere end 15°. Det ses også hvordan terrasserne er brede og høje tæt på isranden (til højre), men bliver mindre indmod polen (til venstre).

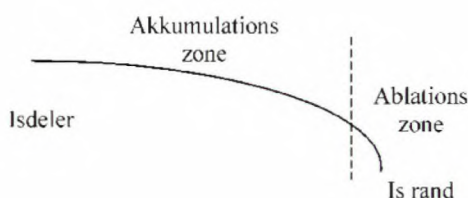
De stejle ækvatorvendte sider er mørke og de mindre stejle, eller ligefrem polvendte flader er lyse. Dette leder til den teori, at disse terrasser opstår ved, at isen fordamper på de stejle sider fordi de modtager mere solindstråling og fordi de er mørke. På de lyse flader akkumulerer materiale fordi de er kolde. Det, at der akkumuleres materiale på lyse flader og fordamper materiale fra mørke flader, er positive feedback mekanismer: Nyfalden sne (eller fortættet frost) er lyst, og da lyse overflader reflekterer meget stråling bliver de kolde, og kolde overflader holder på sneen (eller frosten). Hvor materiale fordamper, blotlægges de underliggende lag. Disse lag er mørke, både fordi

⁵Iskappen på Grønland er 3 km tyk og iskappen på Antarktis er 4 km tyk.

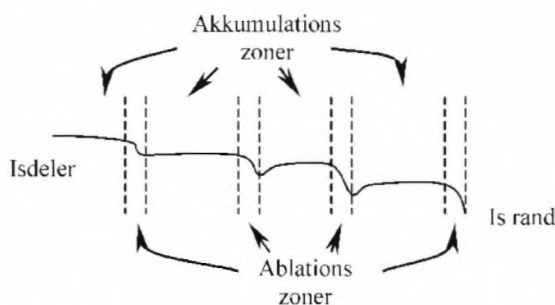
is er mørkere end sne/frost og fordi støvindholdet er højt. Overfladen bliver derfor mørkere, absorberer mere stråling, bliver varmere og dermed fordampes endnu mere materiale. Figur 4 illustrerer forskellen i massebalancen af iskapper på Jorden og på Mars.

Terrasserne, som nogle steder mere er trug end terrasser, finder vi ikke bare på de permanente polkapper, men de breder sig ud i det omliggende terræn. På de stejle sider kan man se, at terrænet både på polkapperne og det omliggende terræn er tydeligt stratificeret. Dette terræn som ligger rundt om iskapperne er derfor blevet døbt "Polar Layered Deposits". Lagene er tynde, helt ned til opløsningen af MOC billederne (1.4 m) og de kan følges flere hundrede kilometer. Dette viser, at det ikke er et lokalt fænomen som har skabt denne lagdeling, og man mener derfor at klimaforandringer har skabt lagene. F.eks. kunne man forstille sig at når rotationsaksen har stor vinkel i forhold til Mars-sol planet har der været tyk atmosfære og derfor større støvtransport. Det deponerede materiale er derfor mørkt pga. det høje støvindhold. Under koldere klima er atmosfæren ikke tyk nok til at kunne løfte støv og materialet bliver derfor lysere. Dette tyder på at klimaet har sat sine spor i iskapperne og at vi derfor kunne lære om klimamekanismerne ved at studere dette materiale.

Iskapper på Jorden



Iskapperne på Mars



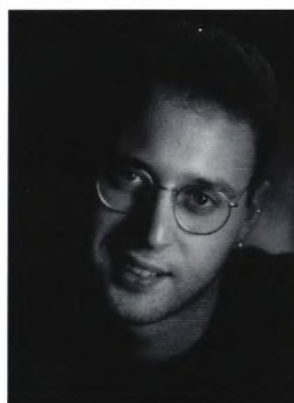
Figur 3. Illustration af akkumulations (zoner hvor materiale pålejres) og ablationszoner (zoner hvor materiale forsvinder) af iskapper på Jorden og på Mars. På Jordiske iskapper akkumuleres materiale på den øverste del og materiale ableres fra den nederste del af iskappen. Typisk foregår ablationen ved afsmeltning eller afbrækning af isbjerge. Isen flyder fra akkumulationszonen til ablationszonen for at balancere massetabet. På Mars er teorien, at akkumulationszonen er afbrudt af mange mindre ablationzoner (nemlig de stejle mørke sider af terrasserne). Dette giver et noget mere komplekst flydemønstre, især fordi man formoder, at ablationszonerne med tiden bevæger sig hen over iskappen.

Fremtidens udforskning af Mars

Vi vil gerne lære mere om klimaet på Mars, og nogle af de spørgsmål vi står med lige nu er: Hvor stort er vandindholdet af overfladematerialet, specielt i det lagdelte terræn og i de permanente is kapper? Hvor stor er CO₂ og støvindholdet? Hvor meget vand er der i atmosfæren? Hvordan ændrer tryk og temperaturen i atmosfære i løbet af året? Netop disse spørgsmål skulle Climate Orbiter og Polar Lander missionerne i 1999 give svar på, men desværre mislykkedes begge disse missioner og vi må se på de næste missioner for at se hvad vi kan lære om Mars og dens klima. I år 2001 afsendes en satellit, en lander samt en rover til Mars. Hovedformålene med disse missioner er, at lære mere om hvilke materialer der findes på overfladen af Mars, samt hvor store mængder af hydrogen og dermed vand der findes i det øverste lag af overfladen. Desuden medbringes instrumenter til at bestemme hvor stor stråling overfladen modtager, et eksperiment som er direkte rettet mod, at lære mere om mulighederne for en bemandet Mars mission.

Referencer:

- [1] "Mars" (1992) The University of Arizona Press.
- [2] J. Larsen og D. Dahl-Jensen (2000) "Interior Temperatures of the Northern Polar Cap on Mars", Icarus, under trykning.
- [3] M. T. Zuber m.fl. (1998) "Observations of the North Polar Region of Mars from the Mars Orbiter Laser Altimeter", Science, bind **282**, side 2053–2060.
- [4] Mars Global Surveyor: mars.jpl.nasa.gov/mgs.
- [5] Mars Orbiter Laser Altimeter: <http://www.gsfc.nasa.gov/tharsis/mola.html>.
- [6] NASA, Mars exploration: mars.jpl.nasa.gov.



Janus Larsen er specialestuderende i geofysik ved NBIfAFG, hvor han arbejder med areo-glaciologi.

Nyt fra Astronomisk Selskab

Generalforsamlingsdag den 8. april 2000.

Astronomisk Selskab

Hjemmeside: www.dsri.dk/AS

Michael Quaade (formand)
Hviddingvej 48
2610 Rødovre

E-mail: mq@dsri.dk
Tlf. 36 72 36 34

Knud Strandbæk (næstformand)
E-mail: canute@mail.dk

Gunnar Olesen (kasserer)
E-mail: g.olesen@image.dk

Camilla Bacher
E-mail: bacher@fys.ku.dk

Morten Bech Kristensen
E-mail: krisbech@post11.tele.dk

Bjarne Thomsen
E-mail: bt@obs.aau.dk



Astronomisk Selskabs generalforsamlingsdag

Lørdag den 8. april afholder Astronomisk Selskab sin årlige generalforsamlingsdag. Vi indbyder alle astronomi-interesserede til to spændende foredrag, til spisning med mulighed for en hyggelig snak med andre amatører og til at se et par udstillinger af bl.a. teleskoper fra nogle af landets forhandlere af astronomisk udstyr.

Program for dagen:

Kl. 10: Astronomiske objekter på film og CCD ved Torben Tastrup, Astrofotosektionen i Astronomisk Selskab.

Astrofotografering kan udøves på mange niveauer, lige fra fotografering med kamera på trefod til optagelser foretaget gennem et astronomisk instrument. Sidstnævnte disciplin er krævende for både observatør og udstyr, hvis der skal komme et tilfredsstillende resultat ud af anstrengelserne.

Jeg vil vise eksempler på, hvilken billedkvalitet man kan forvente at få ved brug af en 8" Newton, og jeg vil forsøge at afdække de forhindringer der skal overvindes i forbindelse med fotografering både med fotografisk film og med det mere avancerede CCD kamera.

Som en naturlig del, vil jeg også komme ind på efterbehandling af optagelser, hvor vi skal se lidt nærmere på programmerne "FITS 300" og "Photoshop".

Kl. 12: Frokost.

Vi spiser "hos Anders" i astronomernes kantine. Vi tilbyder en kold buffet bestående af salat m. tun, æg, oliven, pastagratin med bacon, kold kalkunbryst m. sommersalat, brød, smør og brie samt 1 øl eller vand pr. person. Pris i alt 60 kr. per person. Tilmelding til Arne Damm på E-mail: arne@fys.ku.dk eller tlf.: 45 83 99 38 inden 1. april. Ved tilmeldingen bedes man oplyse navn samt telefonnummer.

Kl. 13: Spændende udsigter for Det Europæiske Sydobservatorium ved Richard West, ESO.

Tre ud af de fire 8.2-m VLT teleskoper på Paranal er i nu brug og leverer enorme datamængder. En lang række spændende programmer er undervejs og Europas astronomer har for alvor fået øjnene op for de store muligheder med deres nye observatorium i den chilenske Atacamaørken. Samtidigt er der andre banebrydende teleskopprojekter undervejs. Det første, ALMA med 64 12-m submillimeter antenner ved Chajnantor i Andesbjergene i 5200 m højde, er tæt på en politisk afgørelse og kan blive det første egentlige globale astronomiprojekt med deltagelse fra Europa, USA og Japan. Samtidig er de første skridt taget mod et 100-m kæmpe-teleskop (OWL) der er mange astronomers drømmeprojekt og som synes at være teknologisk indenfor rækkevidde.

Hvor står ESO ved årtusindeskiftet – og hvad er de realistiske udsigter i de næste år for Europas astronomiorganisation? Det er nogle af de emner, som Richard West vil komme ind på i sit foredrag.

Kl. 15: Astronomisk Selskab afholder sin generalforsamling. Medlemmerne modtager dagsorden via Knudepunktet.

Hele arrangementet foregår i det store auditorium i Rockefeller Komplekset, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø. Til begge foredrag er ALLE VELKOMNE og der er GRATIS ADGANG. Yderligere oplysninger kan findes på Astronomisk Selskabs hjemmeside: <http://as.dsri.dk/generalfors2k.html> eller ved henvendelse til Camilla Bacher, bacher@fys.ku.dk, tlf.: 38 87 03 93 eller Arne Damm: arne@fys.ku.dk, tlf.: 45 83 99 38.

Dansk Naturvidenskab under lup – Inspireret af disputatsen “Det polytekniske gennembrud”

Ove Poulsen.

En historisk ramme

Dansk naturvidenskab og polyteknik er ikke en moderne konstruktion. Fundamentet blev lagt af mange personligheder, med H.C.Ørsted som én af de helt store [1]. Specielt Ørsteds epoke i den første halvdel af 1800 tallet er behandlet systematisk i de senere år, herunder Ørsteds direkte rolle for udviklingen af dansk naturvidenskab. Det er analyser, der afdækker forhold, der er af betydning for den løbende debat om dansk forskning (videnskab) og dens rolle i samfundet.

Den seneste systematiske behandling af Ørsteds epoke, med specielt fokus på dannelsen af Den Polytekniske Lærestanstalt i 1829, er givet af Wagner [2]. Ørsteds indsats mere bredt, med udgangspunkt i Videnskabernes Selskab, er behandlet af Pedersen [3]. Disse to værker er de første, som mere systematisk går bag om overfladen og afdækker noget som ingen skulle blive overrasket over, nemlig at den tids udvikling, ligesom i dag, er en blanding af videnskab og politik. At Ørsted var eminent dygtig til begge dele fremgår tydeligt af begge værker.

Det Polytekniske Gennembrud [2] rejser en nødvendig debat, der både har tydelige historiske elementer, men først og fremmest er af betydning for dansk naturvidenskab og tekniks videre udvikling i dag. Wagner er således anmeldt af Nathan [4] og Rüdiger [5] ligesom Jelved og Jackson [6] har taget hul på en mere generel debat om Ørsteds betydning i forbindelse med en engelsksproget udgivelse af Ørsteds videnskabelige værker.

Wagner [2] og Pedersen [3] piller ved glorien omkring H. C. Ørsted. Bag glorien finder vi en stor naturvidenskabsmand, en fremragende formidler og en stærk og beslutsom forskningspolitiker. De to afhandlinger afdækker et spændende billede af en dansker, der ikke taber i statur derved, snarere tværtimod. Ørsteds arv er kompleks at få hold på. Han satte *aanden i naturen* over matematikken, ligesom han forholdt sig til spørgsmålet om balancen mellem *ren og anvendt* videnskab ved at fastholde, at videnskabsinterne forhold altid skulle have forrang over eksterne forhold. Dette naturfilosofiske grundlag mødte i starten modstand, men efterhånden vandt Ørsteds synspunkter frem. De danner således grundlag for etableringen af Selskabet til Naturlærens Udbredelse i 1824 og af Den Polytekniske Lærestanstalt i 1829.

Ørsteds egen efterlevelse af disse principper var total. Hans opdagelse af elektromagnetismen i 1820 var således for ham et naturligt indblik i naturen, medens

videnskabseksterne forhold ikke optog ham. Derfor overlod han generøst udnyttelsen af opdagelsen til Faraday, Ampere og Maxwell. Hans del af “arbejdet”, det vanskelige kik ind i *aanden i naturen*, var overstået, nu måtte andre tage over. Ørsted var overbevist om det gode i naturen. Derfor oprettede han Selskabet til Naturlærens Udbredelse som et redskab til at sprede værdifulde tanker, der i sig selv ville gøre mennesket bedre, herunder også håndværkere, som spontant ville indføre ny teknologi i deres virksomheder, inspireret af de store tanker.

En udfordring i vor tid

Ud over en historisk afklaring af en vigtig epoke i dansk naturvidenskab, drejer diskussionen sig også om den udfordring, som dansk naturvidenskab og teknik står overfor i dag og om hvad vi kan lære af historien.

Det er rigtigt, at Ørsteds opfattelse af science i sin brede definition har overlevet indenfor naturvidenskab og teknologi frem til i dag. Diskussionen om det Europæiske paradoks, der i sin simple udgave konstaterer, at videnskabelig styrke ikke omsættes til vækst og afløst velfærd og den ophedede debat om intellektuelle rettigheder til ny viden og patenter i Danmark, er begge symptomer på problemer, som ikke er fuldt afdækkede og som ikke kan forstås i den traditionelle historiske kontekst.

Bag diskussionen ligger den lineære innovationsmodel, som spænder grundforskningen for den teknologisk-industrielle udvikling i fødekæden grundforskning, anvendt forskning og nye produkter. Den blev styrket af udviklingen under den anden verdenskrig (atomkraft, radar, bombeudlødere og regnemaskiner) samt af den efterfølgende kolde krig med Sputnik som den udløsende faktor. Med murens fald er denne stærke symbiose mellem grundforskning og nationale sikkerhedspolitiske forhold borte. Kæden er sprunget af og samfundet kører nu forbi de institutioner, som hidtil har produceret ny viden. Specielt naturvidenskab og teknologi står derfor i en vanskelig situation, da de ikke besidder et sprog til dialog med samfundet. Den gamle sang fra de varme lande om *serendipitous unfettered research* har ingen klangbund længere, de blå skyer er i lav kurs og spredning af viden i form af foredrag i selskaber er ikke længere nok. Samfundet nøjes ikke med at lytte til universiteter og andre lærdomssæder. Samfundet genererer selv viden og udfordrer derfor universiteterne på deres kerneydelse, at skabe ny viden. Sammenholdt med globaliserings

fremmarch, først opdaget af de studerende, er universiteternes arbejdsfelter truet på begge de to store klassiske kerneydelser, uddannelse og forskning.

Fysikerne har slet ikke forstået det. De udgør et lokomotiv, der ufortrødent kører videre, med klare budskaber som [7]

Physics has not only initiated whole new technologies but provided the basis for important advances in the life sciences, medicine, chemistry and geo-sciences. Moreover, physics is part of our cultural heritage: it answers the most fundamental questions as to the structure of matter, the properties of materials, the birth and fate of our universe and the origin of life on our planet. It contributes to our understanding of the environment and the place man occupies in nature. Physics is, and must remain, the *Leitwissenschaft*.

Meget er rigtigt i denne erklæring, men tonen er falsk. Det er forkert at signalere så kraftigt ordet *Leitwissenschaft*, specielt i en tid, hvor problemløsninger forudsætter mange forskellige discipliner og hvor andre videnskabsgrene, herunder humaniora og sundhedsvidenskaberne, gør sig uafhængige ved selv at opbygge nye kompetencer og placere sig som vigtige spillere i samfundets udvikling.

Hver generation må tage et livtag med fremtiden. Tiden er moden til et opgør med historiske forudsætninger, der i dag er direkte skadelige, og som har bragt dansk naturvidenskab og teknologi i knæ. Det er ikke samfundet, der er skurken, ej heller politikerne. Det er internt definerede forhold, der forudsætter en struktureret debat, og som går videre end de klassiske udfald mod politikere under overskriften for få penge og for meget styring. Dansk naturvidenskab og teknologi er stærke i deres klassiske udtryk, at publicere og skabe mere ny viden til indvortes brug, en slags specialiseringens intranet. Når ATV i sit seneste nyhedsbrev [8] taler om *Aanden i Naturen - Ånd i teknologien* er det et direkte udtryk for, at debatten slet ikke er startet i nutiden, men stadigvæk befinder sig trygt i det forrige årtusinde. Overskuddet af ånd og den manglende hånd i dansk teknologi er jo netop problemet.

Debatten må nødvendigvis bestå i en diskussion af begrebet viden i en sammenhæng, der rækker ud over videnskaben selv. Netværkssamfundet er jo netop en udfordring til alle samfundets aktører om at placere sig centralt i dette netværks knudepunkter, gerne som et stærkt knudepunkt, der skaber nye muligheder for udvikling i en klar social, etisk og politisk ramme. Den gamle kontrakt mellem videnskab og samfund tillader

ikke denne vekselvirkning. Den må derfor erstattes af en ny kontrakt [9], der sætter naturvidenskab og teknologi i stand til at føre en dialog med samfundet til afløsning af den envejskommunikation, som samfundet klart har signaleret ikke længere er tilstrækkelig.

Universiteterne selv har ikke vist evne eller vilje til at sætte denne debat. Derfor må de faglige sammenslutninger selv tage den. Jeg ser frem til, at Dansk Fysisk Selskab går foran og på den måde giver ordet *Leitwissenschaft* en helt anden mening.

Referencer:

- [1] F. E. Bloom, "The Endless Pathways of Discovery", Science, bind **287**, side 229 (2000).
- [2] M. Wagner, "Det Polytekniske Gennembrud," Aarhus Universitetsforlag (1999).
- [3] O. Pedersen, "Lovers of Learning", Munksgaard, Copenhagen (1992).
- [4] O. Nathan, "H. C. Ørsted under lup – I anledning af en kritisk beretning om *Det Polytekniske gennembrud*", Kvant, bind **10**, nr. 4, december 1999, side 41.
- [5] M. Rüdiger, "Den romantiske polyteknik", Berlingske Tidende, 12. januar 2000.
- [6] K. Jelved & A. D. Jackson, "Ørsted, Filosofien og Fysikken", Naturens Verden, bind **82**, nr. 2, side 14 (1999).
- [7] "Securing the future of physics, The report on the Malvern Seminar" (European Physical Society), Malvern (1999).
- [8] Nyhedsbrev, ATV, december 1999, side 1.
- [9] M. Gibbons, "Sciences new social contract with society", Nature, bind **402**, side C81 (december, 1999).



Ove Poulsen er professor, dr.scient.

I skyggen af Newtons æbletræ (fortsat fra bagsiden)

Martin Sundstrøm.

Artiklen begynder på bladets bagside!

I Newtons hus

Woolsthorpe Manor daterer tilbage til det trettende århundrede, og kom i familien Newtons eje i 1623, da Newtons farfar, Robert, købte det i forbindelse med erhvervelse af landområder. Familien var landejere og det var også blevet Newtons skæbne, havde det ikke været for Newtons manglende interesse for landbruget og hans onkel pastor William Ayscough, som opdagede Newtons begavelse, og som overtalte Newtons mor Hannah Ayscough til, at Newton skulle gå på universitetet i Cambridge.

I 1942 blev Woolsthorpe Manor omdannet til et museum, og i dag er de to nederste etager af huset tilgængelige for offentligheden. Man har forsøgt at genskabe interiøret, som det så ud på Newtons tid, men der er kun et møbel i huset, som Newton måske har kendt. Det er et hjørneskab i stueetagen, som tilhørte Newtons mor, men som ikke stod i huset, da Newton boede der. Skabet står i det lokale, hvor man køber indgangsbilletter.

Der er god lejlighed til at tale med de flinke medarbejdere i huset, som på grund af et lavt besøgstal på godt 7000 besøg om året, nærmest tager i mod de besøgende som personlige gæster.

Fra dem kan man høre alle barndomshistorierne om Newton, der allerede i en tidlig alder viste sin analytiske og mekaniske begavelse.

Newton byggede det ene stykke mekaniske legetøj efter det andet. En af hans første interesser var vindmøller, som han så på egnen. Han byggede forskellige slags hjemme i huset. Nogle som blev drevet af vinden, men også en trædemølle, der kunne male hvedekorn til fint mel, og som blev drevet frem af en mus. Blandt andre imponerende konstruktioner var et vandur og et træur, der faktisk også kunne gå. Også selve vinden interesserede Newton. Når det blæste, hoppede han rundt på egnen og eksperimenterede med længdehop med og uden medvind.

På første sal findes et lille kammer på omkring to gange tre meter i hjørnet af Newtons arbejdsstue. Newton benyttede det som mørkekammer til sine eksperimenter med lys. I kammeret findes et sydvendt vindue, som Newton ledte sollys ind af til et prisme, så han kunne studerede lysets brydning og dispersion eller spredning i forskellige farver.

Det førte til Newtons farveteori i januar 1666, der blev fundamentet for den klassiske optik, og som i 1668 tillod Newton at opfinde og bygge spejlteleskopet, hvor man undgår dispersion i teleskopets linser, som gør billedet af himlen uskarpt. Spejlteleskopet er i dag

stadig den mest almindelige type teleskop, som anvendes i astrofysikken til udforskning af universet. Med udgangspunkt i farveteorien blev Newton i 1672 også den første til at give en videnskabelig forklaring på regnbuens farver.

På første salen er der udstillet en lang række personlige genstande, som har tilhørt Newton, såsom geometriske hjælpemidler og breve fra hans hånd.

Førend man forlader huset, bør man lægge mærke til de små tegninger ridset ind i væggene hist og her. De menes at være lavet af Newton, fordi man ved, at Newton ofte ridsede lignende tegninger ind i bordene under hans skoletid. I køkkenet findes en tegning af en lille vindmølle og andre steder i huset findes dyr og geometriske mønstre.

Æblet falder aldrig langt fra stammen

Foran Woolsthorpe Manor ligger en lille lund med æbletræer. Traditionen siger, at det var her, at Newton opdagede tyngdekraften, da han betragtede faldet af et æble. Newton lagde mærke til, at æblet aldrig faldt skævt ned, men altid lodret og mod centrum af jorden. Det førte senere til Newtons lov om gravitationskraften, der beskriver tiltrækningskraften mellem to legemer, og som blev essentiel for forståelsen af himmellegemernes bevægelser.

Det ældste træ i lunden daterer efter signede tilbage til Newtons tid, og siges at være det originale træ, om end det nok er lidet sandsynligt, at det rent faktisk forholder sig sådan.

Historien om æblet stammer fra en middag i 1726, hvor Newton fortalte den til vennen William Stukeley, der senere skrev en biografi om Newton. Newton nævnte dog ikke, at episoden fandt sted i Woolsthorpe. Men da Newton begyndte det arbejde, der senere blev til loven om den universelle gravitationskraft under et ophold på Woolsthorpe Manor, er traditionen ikke helt grebet ud af luften.

I skyggen af et æbletræ i lunden står en behagelig træbænk, hvor man kan sætte sig og betragte huset, mens man reflekterer over betydningen af Newtons år i huset.

Newton boede i huset, indtil han blev 12 år, så blev han sendt på latinskole i Grantham. Sidenhen var han en sjælden gæst i huset. Selvom det var hans intention at nyde sit otium på Woolsthorpe Manor, så nåede han aldrig at flytte tilbage, før hans død i London den 20. marts 1727.

Ved en lejlighed boede Newton dog igen i huset, som han flyttede fra som barn. Den periode skulle vise sig at blive hans mest frugtbare i videnskabelig forstand, og

det er blandt andet fra denne periode, at historien om æblet sandsynligvis stammer.

Mirakelårene i eksil

I sommeren 1665 blev den unge Newton tvunget til at forlade universitetet i Cambridge, hvor han samme år i januar havde taget sin bachelorgrad på *Trinity College*, på grund af et udbud af byldepest. Newton tog hjem til Woolsthorpe Manor, og flyttede først tilbage til Cambridge i foråret 1667. Året forinden var han dog taget tilbage til Cambridge i den tro, at pestepidemien var ovre, men snart den brød ud igen og kort efter tog han tilbage til Woolsthorpe.

Tiden, Newton tilbragte i eksil på Woolsthorpe Manor, er siden blevet kaldt hans *annus mirabilis* eller mirakelår, hvor han udviklede differential- og integralregningen, farveteorien baseret på sollysets dispersion i et prisme og hvor han lagde grunden til den klassiske mekanik med sine tanker om gravitationskraften.

Naturligvis var Newtons store opdagelser ikke udelukkende baseret på egne indsigter. Newton sagde selv, at den eneste grund til, at han havde set mere end andre, var fordi han havde stået på skuldre af kæmper.

Det var den ansete professor Isaac Barrows (1630–77), der underviste Newton i matematiske fag på *Trinity College*, som introducerede Newton for nogle af disse kæmper i form af René Descartes (1596–1650) og hans matematiske fysik og algebraiske geometri, der blev vigtig for Newtons udvikling af integral- og differentialregningen, samt John Wallis' (1616–1703) uendelige rækker, der førte Newton til opdagelsen af den fuldstændige binomialformel.

Med tiden viste det sig dog, at tyskeren Gottfried Leibniz (1646–1716) næsten samtidig med Newton havde udviklet en mere tilgængelig form for integral- og differentialregning, som skulle blive den, der kom til at præge matematikken frem over. Det skal dog nævnes, at Leibniz korresponderede livligt med Newton, og at det ikke vides med sikkerhed, hvor meget Leibniz var inspireret af Newtons integral- og differentialregning. Der opstod senere en voldsom strid mellem Newton og Leibniz om, hvem der havde udviklet integral- og differentialregningen først. Eftertiden har dog konkluderet, at det var Newton, selvom Leibniz offentliggjorde sin resultater først.

Arven efter Newton

I løbet af de 18 måneder, som Newton opholdt sig på Woolsthorpe Manor, revolutionerede han naturvidenskaben ved at skabe grundlaget for den moderne matematik, den klassiske mekanik og optik. En sjælden bedrift, der ikke er overgået af mange i verdenshistorien, og hvis betydning har været enorm for civilisationen.

Sidenhen udviklede Newton ideer, der udspang fra tiden på Woolsthorpe Manor til et af de mest betydningsfulde naturvidenskabelige værker, nemlig

Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica fra 1687, der præsenterer den klassiske mekanik baseret på et aksiomatisk grundlag bestående af Newtons tre bevægelseslove om inertie, kraft og reaktion, og hvor Newton benyttede sin integral- og differentialregning til at udlede sine teorier matematisk.

Newton viste blandt andet, at Johannes Keplers (1571–1630) love om planetbevægelser i solsystemet, der var baseret på målinger, kunne udledes fra loven om den universelle gravitationskraft. Newton kunne også udlede Galileo Galileis (1564–1642) bevægelseslove, der blandt andet siger, at alle legemer uanset deres vægt falder lige hurtigt. Galilei beviste sagen ved at smide to kugler med forskellig vægt ud fra det skæve tårn i Pisa, der derefter ramte jorden samtidigt.

Kepler og Galilei var to andre kæmper, som Newton opdagede under sin første tid på Cambridge.

I *Principia* sammenfattede Newton størstedelen af tidligere fysiske og astronomiske opdagelser og præsenterede som den første en videnskabeligt begrundet teori om, hvordan verden og solsystemet var indrettet.

Før Newton havde naturvidenskaben baseret sig på empiri, det vil sige målinger, men med Newtons metode blev det muligt at forudsige hændelser, fordi nye love kunne udledes. Uden Newtons metode havde venen Edmund Halley (1656–1742) aldrig fået en komet opkaldt efter sig, fordi han ikke havde haft noget redskab til at forudsige den med.

Newtons mekanik blev hurtigt et uundværligt værktøj til at udforske naturen med. Da den ottende planet i solsystemet Neptun blev opdaget den 23. september 1846, var dens position på himlen forinden allerede blevet beregnet med en grads nøjagtighed ved hjælp af Newtons love.

Verdensbilledet, som Newton skabte, levede uforstyrret videre frem til Albert Einsteins (1879–1955) relativitetsteorier i begyndelsen af forrige århundrede og fremkomsten af kvantemekanikken, der viste, at Newtons love ikke gælder omkring lysets hastighed og ved atomare størrelsesordener, hvor der optræder kvanteeffekter.

Men da disse effekter ikke gør sig gældende ved de fleste hverdagsfænomener, så benyttes Newtons mekanik stadig, og er fortsat fundamentet for fysikken og astronomien i dag.

Når den største fart skal udregnes til svinget i mariehønerutschebanen i Tivoli, så vognene ikke ryger af, så sker det med Newtons kraftdefinitioner. I øvrigt et godt eksempel på, at empiri ikke altid bør anvendes. Da Neil Armstrong satte foden på månen natten mellem den 20. og 21. juni 1969, så skete det blandt andet på baggrund af Newtons ligninger, der blev brugt til at beregne omløbstider og planetbaner.

Når man rejser sig fra æbletræets skygge og går ned af bakken, hvor Newton som barn susede af sted i sin hjemmelavede sæbekassebil, og kigger ud over markerne, hvor han fløj med drager med lygter om natten, og

skræmte de lokale fra vid og sans, så sker det med en vis ydmyghed, fordi man forlader det sted, hvor grundlaget til de fleste menneskers verdensbillede i dag blev skabt.

Information

Woolsthorpe Manor har åbent alle hverdage undtagen mandag og tirsdag mellem 13.00 og 17.30 fra april til slutningen af oktober. Tlf.: +46 01476 860 338.



Martin Sundstrøm skriver speciale i fysik på RISØ, hvor han bygger et instrument til at detektere diabetesrelaterede ændringer i øjets egenfluorescens.

Nyt fra Dansk Fysisk Selskab

Dansk Fysisk Selskab

Hjemmeside: www.nbi.dk/dfs
Inf. om DFS's årsmøde: dfs@nbi.dk

Jens Olaf Pepke Pedersen (formand)
DCESS, NBIfAFG
Juliane Maries Vej 30
2100 København Ø

E-mail: jopp@dcass.ku.dk
Tlf. 35 32 05 73 / Fax 35 32 05 76

Dorthe Posselt (næstformand)
E-mail: dorthe@mmf.ruc.dk

Nis Bjerre (kasserer)
E-mail: nis@ifa.au.dk

Henrik Bruus
E-mail: bruus@nbi.dk

Karsten W. Jacobsen
E-mail: Karsten.W.Jacobsen@fysik.dtu.dk

Ole Mouritsen
E-mail: ogm@fki.dtu.dk

Poul V. Thomsen
E-mail: pvt@ifa.au.dk



DFS årsmøde 2000

Husk at fristen for tilmelding til DFS's årsmøde er *mandag den 27. marts 2000*.

Tilmeldinger modtages dog også efter denne dato så længe der er plads på hotellet, men man kan ikke søge om friplads som studerende efter tilmeldingsfristens udløb. Nærmere oplysninger, program og tilmeldingsskema findes på DFS's hjemmeside www.nbi.dk/dfs samt i Kvant nr. 4, december 1999.

DFS kontingent 2000

Det er igen tid til opkrævning af kontingent til Dansk Fysisk Selskab og individuelt medlemsskab af European Physical Society. Kontingentsatserne er uændrede fra sidste år, dvs. ordinært DFS medlemsskab koster 325 kr., mens kandidat- og Ph.D.-studenende samt pensionister slipper med 75 kr. Dertil kommer 270 kr., hvis du ønsker at være individuelt medlem af EPS.

Sidste betalingsdag er mandag den 27. marts. Desværre er der en del af vores medlemmer, der ikke overholder betalingsfristerne. Det betyder ganske meget unødvendigt ekstraarbejde for os med at rykke for betalingen og fører i sidste ende til sletning af medlemsregisteret. Dermed mister man jo så også abonnementerne på Kvant og Europhysics News, samt muligheden for at deltage i DFS-årsmødet til reduceret pris. Det vil gøre det sikrere og lettere for alle parter, hvis I vil tilmelde jeres DFS betaling til automatisk overførsel via PTG eller PBS. Hvis I betaler manuelt, SKAL det udsendte girokort benyttes.

På de udsendte girokort eller opgørelse fra PTG/PBS er anført din medlemskategori samt hvilke sektioner, du er tilmeldt. Er der fejl heri, bedes du give mig besked, gerne via e-post.

Bjarne Andresen, registerfører, Ørsted Laboratorium, Universitetsparken 5, 2100 København Ø tlf. 35320470, fax 35320460, e-post andresen@fys.ku.dk.

DFS generalforsamling 2000

Der indkaldes hermed til den årlige generalforsamling i Dansk Fysisk Selskab på Hotel Nyborg Strand, fredag den 9. juni 2000 kl. 13.15.

Dagsordenen:

1. Formandens beretning
2. Godkendelse af regnskab
3. Forslag fra medlemmerne
4. Eventuelt

En skriftlig udgave af formandens beretning vil blive bragt i næste nummer af Kvant.

Læseropgaver i Kvant

Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.

Kvant vil i hvert af de kommende numre bringe en lille læseropgave med tilhørende "løsning" og kommentar. Opgaverne er eksamensopgaver fra det såkaldte breddekurset på fysikoverbygningen på RUC, og de går derfor under betegnelsen breddeopgaver. Formålet med at bringe dem i Kvant er dobbelt. Dels håber jeg at opgaverne kan have en underholdningsværdi i sig selv for fysikere. Dels håber jeg at deres afvigende form i forhold til traditionen kan bidrage til overvejelser og diskussion af formål med og udbytte af fysikundervisning blandt fysikundervisere.

Som optakt til breddeopgaven i dette nummer, d.v.s. den første i rækken, vil jeg forklare lidt om breddekurset og breddeopgaverne. Breddekurset indleder overbygningsstudiet i fysik efter den to-årige naturvidenskabelige basisuddannelse. Det strækker sig over et helt år med undervisning 2 halve dage om ugen. Omfanget er normeret til 30% af de studerendes tid i dette år. Formålet med breddekurset er populært sagt, at man skal lære at tænke som en fysiker. Endvidere skal kurset styrke deltagernes viden om og forståelse af et bredt udsnit af fysiske fænomener og teorier indenfor klassisk og moderne fysik. Kurset afsluttes med to skriftlige 4-timers eksamener, hvor de studerende uden hjælpemidler skal besvare 4 ud af 5 stillede breddeopgaver ved hver eksamen. Tendentielt har undervisningen i kurset mere karakter af arbejde med opgaverne i den oparbejdede eksamensopgavesamling, hvor lærebogen fungerer som hjælpemiddel hertil, end af lærebogsgennemgang støttet af opgaveregning. Breddekurset fungerer som introduktion til fysikoverbygningsstudiet. Men det fungerer også som opsamling af de studerendes forudgående fysikerfaringer fra basisuddannelsen. Disse varierer en del på grund den indbyggede valgfrihed i særlig projektarbejdet i basisuddannelsen.

I overensstemmelse hermed er de to skriftlige eksamener ikke tilrettelagt på den traditionelle måde, der tjener til at afprøve de studerendes evne til at reproducere og anvende et umiddelbart forud for eksamen gennemgået pensum. (Sådan tilrettelægges de senere skriftlige eksamener i fysikoverbygningen). Det har været afgørende at finde frem til en opgaveform, der fremfor afprøvning af matematisk/tekniske manipulationsfærdigheder og detailviden netop afprøvede de studerendes overblik over fysikken i dens helhed, deres forståelse af de centrale begrebsdannelser og deres evner til at anvende dem, således at eksamen kommer til at fungere som en "modenhedsprøve", hvortil en pedantisk eksamensrepetition af det uoverkommeligt store pensum kun har begrænset værdi.

Samtidig med, at der altså er særlige strukturelle årsager til opgaveformen, er den også valgt ud fra mere almene pædagogiske overvejelser. Opgaverne er udarbejdet med tanke på den tilbagevirkning på den forudgående undervisning og indlæring, eksamensopgaver uvægerligt har.

Ved udarbejdelsen af opgaverne er der forsøgt taget følgende 7 hensyn:

- 1) Rimelig behandling af de antydende problemer, skal forudsætte fysisk forståelse.
- 2) Opgaverne skal vedrøre de centrale begrebsdannelser og forståelsesmåder i fysikken.
- 3) Opgaverne skal tilsammen udspænde pensum.
- 4) Løsning af opgaverne skal kunne ske ved simple regninger.
- 5) Problemstillingerne skal kunne formuleres i dagligdags sprog, således at den nøjere præcisering af problemerne i fysiske termer bliver et centralt punkt ved opgaveløsningen.
- 6) Opgaverne skal have en rimelig sværhedsgrad.
- 7) Opgaverne skal vedrøre virkelige, ikke tænkte, problemstillinger.

At opgaverne skal vedrøre virkelige, ikke tænkte, problemstillinger skyldes dels et motiveringshensyn i forhold til de studerende, dels at det ønskes illustreret, at fysikkens karakter af teoretisk, forklarende videnskab netop gør den brugbar til at overskue dele af virkeligheden med, og at fysikken ikke er det skolatiske, selvbestemmende system, som den på grund af sit stærkt teoretiske præg ofte forveksles med. At de i opgaverne rejste problemstillinger skal kunne formuleres i dagligdags sprog skyldes en opfattelse af, at det væsentligste udbytte af fysikundervisning først opnås gennem opøvelsen af evnen til aktiv anvendelse af tillærte begreber og forståelsesmåder på ikke i forvejen velkendte eller tilrettelagte problemer. For at tilgodese dette hensyn er en stor del af problemstillingerne nogle, der allerede behandles i gymnasiet.

Det kan måske for nogle forekomme overraskende, at den slags "lette" problemer skal være udgangspunkter for universitetsundervisning. Det er imidlertid en erfaring, at der er megen forskel på udbyttet af og vanskelighederne ved arbejdet med et problem, når det leveres i en blot antydning uden tilknytning til et bestemt sted i pensum, og når det leveres i parametriseret og præciseret form i sammenhæng med gennemgang af netop det relevante pensum.

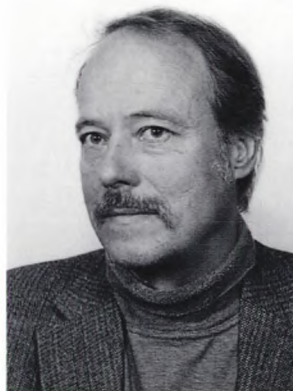
Den første eksamen i fysikbreddemodulet på RUC blev afholdt sommeren 1976. I sammenhæng hermed forelå en opgavesamling med 68 opgaver. Samlingen er nu vokset til 470 opgaver ved at inkludere eksamensop-

gaverne fra årene, der er gået. Den forligger som IMF-
UFA Tekst nr. 370 og kan købes for trykkeudgifterne
ved henvendelse til sekretariatet, IMFUFA, Roskilde
Universitetscenter, Postbox 260, 4000 Roskilde.

Breddeopgave nr. 1¹

Hvor stor er kraften mellem fod og pedal i forhold til
gnidningskraften mellem vej og dæk ved cykling? Be-
grund svaret.

“Løsning” og kommentar findes på side 26.



Jens Højgaard Jensen er
lektor i fysik ved IMFUFA,
RUC. Han er uddannet og har
haft midlertidig ansættelse ved
Københavns Universitet til
1972. Har siden deltaget i
opbygningen af RUC, bl.a.
som dekan for det
naturvidenskabelige
hovedområde og prorektor.
Faglig hovedinteresse i de
eksakte fags didaktik og
videnskabsteori.

KVANT-nyheder

Redigeret af Michael Cramer Andersen

Einstein – århundredets personlighed

1900-tallet er forbi. De forgangne hundrede år er bl.a.
blevet gennemanalysere for at finde de personligheder
der prægede udviklingen. “TIME magazine” kårede
således Albert Einstein (1879-1955) som århundredets
personlighed.

At det blev en fysiker kan vi naturligvis kun bifalde,
men valget faldt ikke alene på grund af Einsteins re-
volutionerende arbejde indenfor teoretisk fysik, han var
også et filosofisk (og musik) menneske som arbejdede
for verdensfreden, i øvrigt parallelt med vor hjemlige
Niels Bohr.

1900-tallet blev i høj grad præget af kvante-
mekanikken og dens projekt med at kvantisere alle vek-
selvirkninger. Indledningen på dette var Max Plancks
indførelse af *virkningskvantet*, i året 1900, hvormed han
kvantiserede den elektromagnetiske hulrumsstråling
som det første (mere om dette på netudgaven af Kvant-
nyheder). Det er endnu ikke lykkedes at formulere en
tilfredsstillende teori for kvantegravitation, men super-
strengte og M-teori er et godt bud på en sådan.

Hvad der kommer til at præge de næste hundrede år
er svært at forudsige, men det er sikkert, at vi vil komme
til bedre at forstå hvad liv er. Menneskets arvemateriale
(genom) er fuldstændig kortlagt om få år. Beskrivelsen
og udnyttelsen af genomet er i stigende grad en opgave
hvor fysikere og computervidenskabsfolk samarbejder
med biokemikerne. Et forsigtigt bud er derfor, at *bio-
teknologien* vil komme til at præge fremtiden.
Kilde: TIME magazine: Person of the century,
www.pathfinder.com/time/time100/poc/home.html

Solaktivitet og rumstorme

Sol-satellitten SOHO observerede den 17. februar et ud-
kast af materiale fra Solens korona som et par dage
efter gav mulighed for at observere nordlys. Solen
er nær maksimum (juli 2000) i sin 11-års cyklus som
bl.a. afslører sig ved et øget solpletantal. Men ud-
strømning af flere mia. tons elektrisk ladede partikler
med hastigheder på et par tusind km/s – mod Jorden –
er altså et andet udslag af vores urolige stjerne.

Kilde: www.rummet.dk

Fjerneste kvasar

Astronomer har fundet en kvasar med en rødfor-
skydning på $z=5,5$. Lyset er udsendt fra denne unge
aktive galakse da Universet havde ca. 8% af sin nu-
værende alder d.v.s. 1 mia. år efter big bang. Kvasaren
blev fundet med 5m Hale teleskopet og spektret blev
optaget med Keck-teleskopet på Hawaii. Det er dog en
galakse som holder rekorden med en rødforskydning på
 $z=6,68$.

Der er endnu et stort interval at dække tilbage til
 $z=1100$, hvor den kosmiske baggrundsstråling kobledes
fri af stoffet og Universet overgik fra et plasma til en
neutral gas. Gassen resulterede i hobe af stjerner som
derefter ordnede sig i galakser og galaksehobe. Nogle
galakser er stødt sammen og har dannet et supermassivt
sort hul i centrum. I tilvækstskiven af gas omkring det
sorte hul kan voldsomme energiudbrud resultere i det
vi kalder en kvasar: en aktiv galaksekjerne, som lyser
mange gange kraftigere end en almindelig galakse.
Kilde: Sky & Telescope News, February 25 (2000).
www.skypub.com/news/news.shtml

¹ Opgave fra eksamen juni 1999.

Laserpulser med 10^{-16} s varighed

Forskere fra *Foundation for Research and Technology-Hellas* på Kreta, har skabt laserpulser der varede under 100 attosekunder ($1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$). Tidligere har femtosekundlasere været rekorden (se artiklen om nobelprisen i kemi side 27).

Man konstruerer laserpulserne ud fra laserlys med bølgelængde på 800 nm, som bliver splittet i to dele som hver sendes gennem en argon-gas der producerer højere-harmoniske bølgetog, eller laserlys med bølgelængder der kun er brøkdele af det oprindelige 800 nm lys. Ved at lægge lyset sammen på en synkroniseret måde (gennem en vægtet sum) kan man danne ultrakorte bølgepulser. Men derved bliver bølgelængden ikke så veldefineret som lys produceret direkte af laseren.

Kilde: AIP Physics News 471,
newton.ex.ac.uk/aip/February.2000.html#471

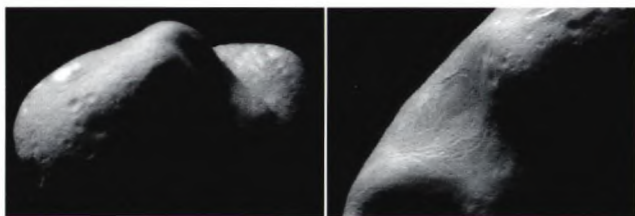
“Rumhotel Mir”

En amerikansk investor, Walt Anderson, har “lejet” den udtjente rumstation Mir og har derved reddet den fra at havne i Stillehavet senere på året som det ellers var planen. Firmaet *MirCorp* vil omdanne rumstationen til et luksushotel. Prisen for et ophold bliver ca. 140 mio. kr. pr. person. Men først skal den 14 år gamle rumstation, der lider af metaltræthed, korrosion (et afsnit er spærret af p.g.a. huller i skroget) og kemisk forurening, totalt renoveres for 1,5 mia. kr. og derefter vedligeholdes for yderligere 700 mio. kr. om året. Udover at give ufatteligt rige personer mulighed for en ubeskrivelig udsigt over Jorden, er det også tanken, på længere sigt at tilbyde farmaceutiske laboratorieeksperimenter, tv-transmissioner og reparationer af satellitter.

Kilde: Reuters og Politiken d. 18. februar 2000.

Nærbilleder af asteroiden Eros

Rumsonden NEAR (Near Earth Asteroid Rendezvous) er kommet succesfuldt i kredsløb om en asteroide og har taget en række billeder af det lille himmellegeme som måler 13 x 13 x 33 km.



Kilde: Sky & Telescope News og [near.jhuapl.edu/iod/20000217e/index.html](http://near.jhuapl.edu/near.jhuapl.edu/iod/20000217e/index.html) (animation).

Ny teori for kuglelyn

To forskere fra New Zealand, John Abrahamson og James Dinniss har foreslået en ny teori for de mærkelige kuglelyn. Ved et lynnedslag dannes nanopartikler af Si, SiO eller SiC som oplagrer kemisk energi. Partiklerne danner en filamentagtig struktur som flyver op

i luften, hvor de langsomt oxideres mens de udsender varme og lys. En slags “glødende candy floss”.

Kuglelyn er blevet observeret i flere århundreder, men fotografier af dem er fåtallige. Beskrivelserne er dog forholdsvis entydige: et “gennemsnitskuglelyn” fremtræder som en 30 cm stor lysende sfære der lyser som en 100 W pære i ca. 10 sekunder indtil den fader ud eller forsvinder i en eksplosion.



Et af de eneste eksisterende billeder af et kuglelyn.

Sidste år blev der fremsat en teori om kuglelyn, hvor det var magnetfelter der indesluttet et varmt plasma, så det ikke kunne nå at afkøles. Det var ikke oplagt hvordan lynnedslaget, som skulle generere magnetfelterne, kunne resultere i den rigtige orientering af magnetfelterne så et begrænset volume af opvarmet gas ville blive indesluttet.

Kilde: J. Abrahamson & J. Dinniss: “Ball lightning caused by oxidation of nanoparticle networks from normal lightning strikes on soil”. *Nature*, bind 403, 3. februar 2000, side 519. Se også artiklen om lyn i *Kvant*, bind 9, nr. 4, side 34.

Mulige fejl ved Mars Polar Lander

NASA opgav i slutningen af januar at få kontakt med den tabte *Mars Polar Lander*, men fik et par dage efter et svagt signal. Flere radioteleskoper har nu lyttet men stadig forgæves. Det kan naturligvis være en fejl i radiosystemet. En anden fejlmulighed kunne være, at landingsmotorerne slukkede for tidligt p.g.a. en designfejl i landingssystemet som har reageret på rystelserne da bagskjoldet blev kastet bort under nedstigningen, sonden var da ca. 40 meter over overfladen. Polar Landeren har derfor muligvis tilbagelagt det sidste stykke vej i frit fald og er dermed blevet smadret. Endelig kan landingen på et for ujævn eller skråt underlag have betydet, at sonden er væltet.

Kilde: www.ing.dk/m/arkiv/0800/mars.html

Pioneer 10 – status

Rumsonden Pioneer 10 som blev opsendt den 2. marts

1972 er stadig aktiv og skyder en fart på 12 km/s væk fra Solen. Den har retning mod stjernen Aldebaran (Tyrens røde øje) som er 68 lysår væk, men vil først nå den om 2 mio. år. Pioneer bærer i øvrigt en guldbelagt plade med en besked.

Afstanden fra Jorden er ca. 75 AE (eller 20,5 lystimer), men selv herude har Solen indflydelse. Rumsondens instrument til detektion af kosmisk stråling viste, med en forsinkelse på 10 måneder, et dyk på 5%

på grund af et soludbrud. Pioneer 10 er altså ikke nået til den såkaldte heliopause og det håber forskerne at registrere inden signalerne bliver for svage.

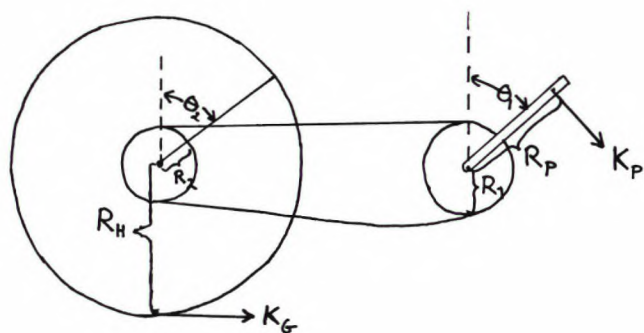
Kilde: spaceprojects.arc.nasa.gov/Space_Projects/pioneer/PNStat.html

KVANT-nyheder på WWW

Der findes en WWW-version af nyhederne hvor *links* er markeret: www.nbi.dk/dfs/ny.

“Løsning” og kommentar til breddeopgave side 23

Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.



“Løsning”²

Uanset om gnidningskraften mellem vej og dæk overvinder luftmodstand, accelererer eller løfter op ad bakke, må arbejdet den udfører på cykel plus person af energibevarelsesgrunde være omtrent det samme som det arbejde personen udfører ved at trampe i pedalen:

$$K_G R_H \Delta\theta_2 = K_P R_P \Delta\theta_1. \quad (1)$$

Da

$$R_2 \Delta\theta_2 = R_1 \Delta\theta_1. \quad (2)$$

fås:

$$\frac{K_P}{K_G} = \frac{R_H}{R_P} \frac{R_1}{R_2}. \quad (3)$$

Det samme resultat kan opnås ved at udnytte at de resulterende kraftmomenter på henholdsvis pedaltandhjul og

cykelbaghjul omkring deres omdrejningsakser er nul, og at pedaltandhjulets træk i kæden er det samme som kædens træk i baghjulstandhjulet.

Kommentar

Selvom jeg ikke er stødt på dem, går jeg ud fra at opgavens gearingsproblem findes behandlet udførligt og mange steder i litteraturen. Derimod ville jeg blive overrasket over at finde problemet formuleret som undervisningsopgave i fysik i den åbne form det er gjort her. Den åbne formulering gør opgaven svær. Til gengæld går man måske glip af noget helt afgørende ved ikke selv at skulle levere præcisering og parametrisering. Det er i alle tilfælde synspunktet bag breddeopgaverne på RUC.

Forskellen på astronomi og fysik

I forbindelse med, at Kvant i sidste nummer skiftede navn fra “Fysisk Tidsskrift” til “Tidsskrift for Fysik og Astronomi”, har flere læsere henvendt sig til redaktøren for at spørge til forskellen mellem astronomi og fysik. Redaktøren vil derfor gerne henvise til Leslie Sage, der skriver om både fysik og astronomi for tidsskriftet “Nature”. På et møde arrangeret af Nordita den 4.-5. november 1999 definerede han forskellen på astronomi og fysik således: “Når jeg sidder i et fly og gerne vil tale med min sidemand, siger jeg, at jeg er astronom. Hvis jeg hellere vil sidde i fred og ro, siger jeg, at jeg er fysiker.”

²“Løsning” er sat i gåseøjne, fordi der ifølge breddeopgavernes karakter ikke altid findes bestemte, entydige og autoriserede svar på dem.

Nobelprisen i kemi 1999

Henrik Stapelfeldt og Søren Keiding, Kemisk Institut, Aarhus Universitet.

Nobelprisen i kemi 1999 blev tildelt Ahmed Zewail :

“For his studies of the transition states of chemical reactions using femtosecond spectroscopy”

Ahmed Zewail er Linus Pauling professor på California Institute of Technology, Pasadena, USA. Denne artikel giver en kortfattet beskrivelse af noget af det arbejde, der førte til, at Ahmed Zewail modtog Nobelprisen.

Hvor hurtigt foregår en kemisk reaktion?

Man kan måske undre sig over, at det er nødvendigt at anvende femtosekund (fs) laser pulser til at undersøge kemiske reaktioner ($1 \text{ fs} = 10^{-15}$ sekunder). Mange kemiske reaktioner foregår tilsyneladende ikke ret hurtigt – f.eks. kan nedbrydning af jernskroget i et skibsvrag på havets bund tage mange år. Ikke desto mindre vil 1999 Nobelpris modtageren i kemi argumentere for, at alle kemiske reaktioner foregår i løbet af nogle hundrede femtosekunder. Forklaringen er, at på molekylært og atomart niveau varer reaktionen cirka den tid, det tager to molekyler at støde sammen. Denne stødtid kan vurderes som størrelsen af molekylerne divideret med deres (indbyrdes) hastighed. Den typiske udstrækning af små molekyler er 4-5 Ångstrøm, og hastigheden er cirka 1000 m/s. Hermed får vi:

$$\text{Reaktionstiden} = \frac{4 - 5 \text{ \AA}}{1000 \text{ m/s}} = 400 - 500 \text{ fs.} \quad (1)$$

At en kemisk reaktion, der foregår når man blander f.eks. to væsker, alligevel nemt kan tage adskillige sekunder skyldes, at hvert A molekyle i den ene væske skal finde et B molekyle i den anden væske. Her skal molekylerne altså bevæge sig over makroskopiske afstande for at finde hinanden – og det er netop denne tid, der normalt bestemmer varigheden af reaktionen, snarere end stødtiden mellem de to molekyler, når de endelig mødes. Bemærk iøvrigt, at selv hvis molekylerne støder sammen, er det ikke sikkert der sker en reaktion – dette kræver bl.a. at kollisionsenergien er tilstrækkelig høj, og at molekylerne vender rigtigt i forhold til hinanden.

Kemisk reaktionsdynamik

Femtosekund laser undersøgelser af kemiske reaktioner er den nyeste, og nogen vil sige mest direkte, måde at studere det, der kaldes kemisk reaktionsdynamik. I kemisk reaktionsdynamik studerer man reaktioner på molekylært og atomart niveau – dvs. reaktioner mellem individuelle molekyler snarere end reaktioner mellem to makroskopiske objekter som f.eks. to væsker.

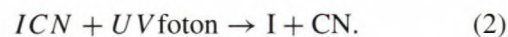
Der findes to overordnede eksperimentelle måder at studere kemisk reaktions dynamik på. I den første teknik arbejder kemikeren nærmest som en detektiv. Man karakteriserer de to oprindelige molekyler, altså reaktanterne, meget præcist ved bl.a. at kontrollere deres hastigheder, deres rumlige orientering og deres kvantemekaniske energitilstand. Ligeledes måler man energien, retningen og den kvantemekaniske tilstand af slutprodukterne. På baggrund af disse oplysninger om start- og sluttilstand prøver man at finde ud af, hvad der skete ind imellem. I 1986 blev tre af pioniererne for denne teknik belønnet med årets Nobelpris. I den anden teknik forsøger man direkte at undersøge, hvad der forgår mellem reaktanter og produkter – man følger simpelthen reaktionen fra slut til start. Da den kemiske reaktion, som omtalt ovenfor, forløber over nogle få hundrede femtosekunder, kræves der altså et ultrahurtigt molekyllært kamera. Dette kamera kan netop realiseres ved hjælp af femtosekund laser pulser.

Et ultrahurtigt molekyllært kamera

I praksis fotograferer man kemiske reaktioner med fs laser pulser ved at udføre såkaldte pumpe probe eksperimenter. Ideen er først at bestråle et molekyle med en *pumpe* femtosekund laser puls, som herved starter en kemisk reaktion. Dernæst bestråles molekylet med en forsinket *probe* femtosekund laser puls, hvis formål er at undersøge, hvor langt reaktionen er nået. Bestrålingen med probe pulsen bevirker, at molekylet f.eks. ioniseres eller bringes til at udsende fluorescens. Ved at måle mængden af fluorescens eller antal ioniserede molekyler som funktion af tidsforskellen mellem pumpe og probe pulsen kan man følge udviklingen af den kemiske reaktion med en tidslig præcision, der afgøres af pulsernes længde (typisk 50-100 fs). Afgørende for det ultrahurtige molekyllære kamera er således både, at femtosekund laser pulserne er meget korte, OG at to pulser kan synkroniseres med femtosekund præcision til hinanden.

Zewail's første femtosekund eksperiment

Et af de første femtosekund eksperimenter, Ahmed Zewail og hans medarbejdere udførte var fotolyse eller fotodissociation af iodcyanid med ultraviolet lys svarende til den fotokemiske reaktion :



I dette eksperiment bestråles en gas af ICN molekyler med en ultraviolet pumpe puls. Herved eksiteres ICN



Softwareudvikler

til mobile datatjenester og WAP teknologi

Cellular Systems (CS)

Vi er en gruppe udviklere af CS Software med vidt forskellig faglig baggrund, som bidrager til et levende og kreativt miljø. Vi udvikler software til GSM, W-CDMA, SIM, GPRS, WAP og datatjenester. Softwaren bruges i vores nye mobiltelefoner og følger internationale specifikationer, hvoraf den nyeste er WAP standarden.

Kreativitet og kvalitet

Du udvikler software fra analyse og design til implementering, integration og test. Du arbejder primært med kommunikationsprotokoller i WAP, GPRS eller andre datatjenester. Vi har en struktureret og professionel tilgang til softwareudvikling, men der er også plads til din kreativitet og medindflydelse. Dine resultater bliver brugt i vores mobiltelefoner, som produceres i meget store stykta. Derfor er kvalitet og funktionalitet vigtige parametre i dit arbejde. Du får et tæt samarbejde med kollegaer i andre Nokia centre om integrationen af softwaren i vores nye produkter.

Dine kvalifikationer

Du har erfaring med softwareudvikling og er ingeniør, cand.scient. eller lignende. Det er en fordel, hvis du har kendskab til realtidssoftware og datakommunikation. Du behøver ikke kende til alle relevante fagområder og programmeringssprog, da vi tilbyder gode muligheder for videreuddannelse. Det er vigtigt, at du evner og har lyst til at levere resultater, der er gennemarbejdede og veldokumenterede. Du kommunikerer godt på engelsk, som er vores concernsprog.

Din fremtid i virksomheden

Du kan glæde dig til et spændende job i en international virksomhed, som er præget af dynamik og fremdrift. I Nokia arbejder vi efter et nøje defineret værdigrundlag, hvor respekten for det enkelte individ er i centrum. Jobbet giver dig mulighed for at bruge dine menneskelige og faglige kvalifikationer i et velfungerende team med kompetente kollegaer. Hvert år bliver der lagt en personlig handlingsplan, hvor din faglige og personlige udvikling er i fokus.

Join Nokia!

Send din ansøgning mærket "SU WAP 02.00/NMP", dit CV og dine eksamensbeviser til Nokia Danmark A/S, Frederikskaj, 1790 København V eller job@nokia.com, att.: Line Guldbæk, så vi har det senest den 29. marts 2000.

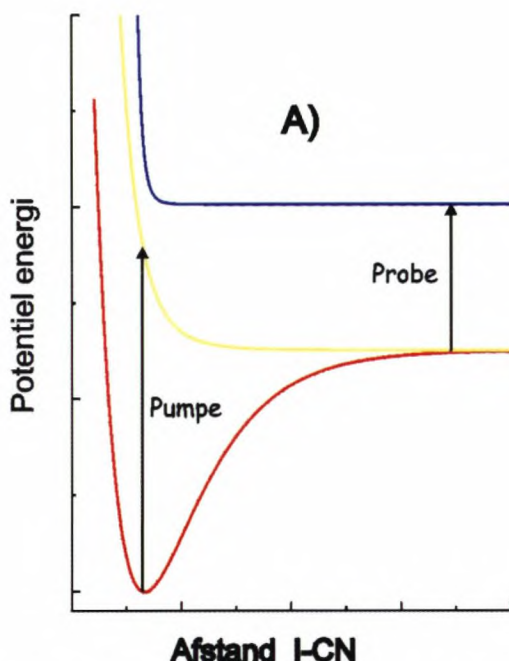


Nokia er en af verdens førende koncerner inden for udvikling, markedsføring og leverance af praktisk taget alt inden for telekommunikation - herunder systemer og udstyr til faste og mobile telekommunikationsnet, analoge og digitale mobiltelefoner, computerskærme til ethvert behov og enhver konfiguration samt modtageudstyr for digitale, interaktive tjenester. Nokia har globalt 55.000 ansatte. Nokia i Danmark har til huse på Frederikskaj i København og på Novi i Aalborg og har 1.200 medarbejdere.

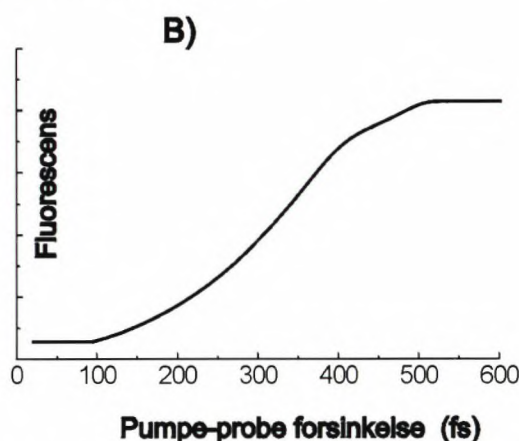
NOKIA
CONNECTING PEOPLE

Se flere jobmuligheder på www.nokia.dk

THE MECHELLE SPECTRAL SYSTEMS



Figur 1a. Tre potentialkurver for ICN molekylet vist som funktion af den internukleare afstand mellem I og CN. En foton fra pumpe pulsen starter dissociationen af ICN ved at eksitere molekylet fra grundtilstanden (den røde kurve) til den gule kurve. Slutprodukterne observeres ved at bestråle molekylet med en probe puls affyret på forskellige tidspunkter efter pumpe pulsen.



Figur 1b. Produktion af I og CN fragmenter som funktion af tiden efter pumpe pulsen. Signalet er fluorescens fra den blå potentialkurve - eksiteret ved at bestråle det dissocierede molekyle med probe pulsen.



Figur 2. Reaktionen $C_2F_4I_2 + \text{foton} \rightarrow C_2F_4 + 2I$.

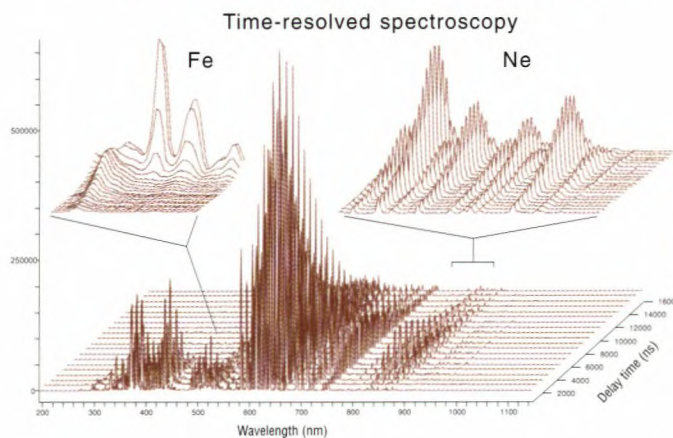
molekylerne fra den elektroniske grundtilstand (figur 1a, røde kurve) til en elektronisk eksiteret tilstand (figur 1a, gule kurve). Da den eksiterede potential kurve er repulsiv glider I og CN gradvist fra hinanden –



Our spectrograph system, with optional fibre optic input, combined with the latest CCD/ICCD technology, offers a number of unmatched features.

- Simultaneous spectral recording from 200 to 1100 nm. No scanning or moving parts.
- Multichannel time-resolved recordings from 3 ns.
- No overlapping wavelengths and true spectral continuity.
- High constant spectral resolution (CSR™) 0.04 nm at 300 nm.
- Compact, rugged and portable.
- Compatible with GRAMS/32™ and other laboratory software.

For more information about the Mechelle™, please contact us or visit our Homepage



Tel: +46 8 605 70 90
Fax: +46 8 605 71 01
Homepage: www.multichannel.se
E-mail: mechelle@multichannel.se

dvs. molekylet dissocierer. For at følge den fotokemiske reaktion bestråler man de dissocierende ICN molekyler med en probe puls, der eksiterer molekylet til en "målbar" (fluorescerende) tilstand (figur 1a, blå kurve). Anvendes en bølgelængde af probe pulsen på ca. 389.7 nm prober man selektivt slutprodukterne – altså iod og cyanid radikalerne. Resultatet af eksperimentet er illustreret i figur 1b og viser, at fragmentationen af ICN molekylet tager ca. 350 fs. Ved at vælge en anden bølgelængde af probe laseren kan man direkte probe tilstanden mellem reaktanter (ICN) og produkterne – den såkaldte transition state.

Andre femtosekund eksperimenter

Eksperimentet med fotolyse af iodcyanid blev startskuddet til en lang række af femtosekund studier af mange forskellige molekyler og mange typer kemiske reaktioner – omfattende bl.a. eliminationsreaktioner, ladningsoverførselsreaktioner, cis-trans omlejring, og bimolekylære reaktioner.

Som et eksempel på en eliminationsreaktion undersøgte Ahmed Zewail og hans medarbejdere fotoinduceret elimination af iod atomer fra 1,2-diiodotetrafluoroethan. De var specielt interesserede i at undersøge om de to C-I bindinger brydes på samme tid eller om I atomerne bliver løsrevet et af gangen. Ved hjælp af pumpe-probe eksperimenter viste Zewail gruppen, at bestråling af molekylet med UV lys fører til, at det første iod atom fraspaltes efter blot 200 fs, hvorimod der går ca. 25000 fs mere før den resterende overskudsenergi i molekylet lokaliseres så meget i den sidste C-I binding, at iod atom nummer to også løsriveres.

Et andet betydningsfuldt forskningsprojekt Zewail gruppen gennemførte var fs tidsopløste studier af lys-induceret cis-trans omlejring i stilbene molekyler. I en cis-trans omlejring ændres molekylets struktur ved en slags rotation af en del molekylet omkring en dobbeltbinding. Denne type fotokemiske proces er ansvarlig for øjets registrering af lys. Zewail og hans medarbejdere viste, at denne fundamentale reaktion er overstået på mindre end 250 femtosekunder – så en vigtig del af vores syn er altså ultrahurtig.

Zewail's arbejde har i sig selv været et betydningsfuldt skridt for forståelsen af kemisk reaktionsdynamik. Det har imidlertid også været en vigtig katalysator og igangsætter for femtosekund studier udført af mange andre forskningsgrupper. Femtosekund laser pulser bruges idag til at studere kemiske reaktioner i gasfase, i væskefase, på overflader, og der studeres alle slags molekyler lige fra små to- og tre atomige til store biologiske molekyler. Den teknologiske udvikling af lasere går utrolig hurtig og har medført, at femtosekund lasere's udbredelse er eksploderet indenfor de sidste 5 år. Femtosekund pulser bliver nu også anvendt i industrielle og medicinske sammenhænge, og med den reduktion i størrelse og pris, der foregår for tiden vil det ikke tage mange år før man har femtosekund lasere stående i forsøgs laboratorier på gymnasier og skoler.

Forslag til yderligere læsning :

Referencer:

- [1] Physics Today, December 1999, side 19-21.
- [2] <http://www.nobel.se/announcement-99/chemistry99.html>
- [3] D. Zhong og A. H. Zewail (1998), Journal of Physical Chemistry A, bind **102**, side 4031-4058.
- [4] A. H. Zewail (1990), "The Birth of Molecules" , Scientific American, December 1990, side 40-46.
- [5] S. R. Keiding, H. Stapelfeldt og N. E. Henriksen (1999) "Femtosekundkemi: Forståelse og kontrol af kemiske reaktioner", Aktuell Naturvidenskab nr 2, september 1999.



Henrik Stapelfeldt er adjunkt på Kemisk Institut, Aarhus Universitet, samt medlem af bestyrelsen for atomfysiksektionen i Dansk Fysisk Selskab.



Søren Keiding er lektor på Kemisk Institut, Aarhus Universitet, og leder af femtosekundlaboratoriet samme sted.

Dommedag 5. maj?

Den 5. maj kl. 10:08 (sommertid) vil fem af Solsystemets planeter – Merkur, Venus, Jorden, Jupiter og Saturn samt Solen og Månen – stå på linie, og det sker ikke igen før den 20. marts 2675. Da planeterne står tæt på Solen, vil selve oplinieringen ikke kunne ses på himlen, men begivenheden vil sikkert få astrologer, mystikere og dommedagsprofeter til at fremkomme med et utal af bud på betydningen af begivenheden.

Nyt fra Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Direktionen for SNU udgøres af:

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

Lektor Finn Berg Rasmussen

Lektor Erik Schou Jensen

Professor Erik W. Thulstrup

Lektor Malte Olsen

Direktør Ole Mørk Lauridsen

Lektor Jørn Johs. Christiansen (sekretær)
Aakjærs Alle 24 B
2860 Søborg
Tlf. 39 69 58 18



Molekylær Modellering - fra brint til lægemidler

Foredrag ved Morten Langgaard, H. Lundbeck A/S, den 10. april 2000 kl. 19.30 på Geologisk Museum.

Efter foredraget er der generalforsamling.

3D-teknikker indenfor medicinsk diagnostik, behandling og forskning

Foredrag ved professor Svend Kreiborg, 3D-Laboratoriet, Panum Institutet, den 1. maj 2000 kl. 19.30 på Geologisk Museum.

Alle interesserede er velkommen til foredragene. Nærmere oplysninger om møderne fås hos Bente Egaa på telefon 35 87 88 04.

Medlemsskab af AS/DFS/SNU

Indmeldelse i foreningerne AS, DFS eller SNU kan ske ved at udfylde og indsende kuponen nedenfor. Det koster 250 kr. om året at være medlem af AS, 325 kr. om året at være medlem af DFS (dog 75 kr. for pensionister) og 150 kr. om året at være medlem af SNU. Unge under uddannelse slipper dog med 100 kr. hos AS og 75 kr. hos DFS og SNU. Det er også muligt alene at tegne abonnement på Kvant for 135 kr. om året. Hvis du ikke vil klippe i bladet, må du gerne fotokopiere kuponen.

Mangler du Kvant?

Hvis du mener, at du allerede har abonnement, men ikke får bladet (og derfor læser dette hos en kollega), har du måske glemt at melde flytning (det skal meddeles postvæsenet eksplicit!) eller glemt at betale for abonnementet/kontingentet. Du opfordres derfor til at kontakte Lene Körner, Matematisk Institut, Universitetsparken 5, 2100 København Ø (kørner@math.ku.dk), tlf. 35 32 07 62, for at få opklaret sagen.

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

Jeg er ☐ under uddannelse ☐ pensionist

Jeg ønsker

- ☐ abonnement på Kvant
☐ medlemsskab af AS
☐ medlemsskab af DFS
☐ medlemsskab af SNU

Ved DFS-medlemsskab: Angiv evt. ønske om tilknytning til sektionerne for:

- ☐ atomfysik
☐ faststoffysik
☐ uddannelse og undervisning
☐ netværk for kvinder i fysik (KIF)



Sendes ufrankeret
Modtageren
betaler portoen

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

I skyggen af Newtons æbletræ

Martin Sundstrøm, Ørsted Laboratoriet, Københavns Universitet, samt Afdelingen for Optik og Fluid Dynamik, Forskningscenter RISØ.

En times rejse fra London med tog ligger byen Grantham i Lincolnshire County. Ved første øjekast minder den om så mange andre små engelske byer på landet. Vindblæst og halvkedelig. Lige bortset fra togstationen, hvor tavler på væggen fortæller, at den et par gange har modtaget prisen som Storbritanniens bedste, og hvor man kan købe gode scrones.

Men på vej ned af hovedgaden til den lokale bus-holdeplads, er der en ting, der pludselig skiller sig ud i gadebilledet. Et supermarked, der bærer navnet *The Isaac Newton Supermarket*, og som fortæller en, at man er på rette spor i jagten på den lille landsby Woolsthorpe. Fødestedet for Sir Isaac Newton (1642–1727), en af de største naturvidenskabsmænd, der nogensinde har levet.



I skyggen af et æbletræ foran Woolsthorpe Manor.

Fra Grantham er der yderligere en halv times rejse med bus, før man når frem til Woolsthorpe. Landskabet er fladt og domineret af marker, der i horisonten tager sig ud som et engelsk patchwork eller kludetæppe i jordfarver, men efterhånden, som man nærmer sig Woolsthorpe, ændrer omgivelserne karakter og bliver til et bakket landskab med flere træer.



Sir Isaac Newton (1642–1727). Portræt fra 1689 af Sir Godfrey Kneller.

I den sidste landsby, man kører igennem før Woolsthorpe, støder man på endnu et lokalpatriotisk navnevalg. I et vindue i et af de små huse ud til den snoede smalle hovedgade, der mest af alt minder om et sydlandsk kvarter, fortæller et farverigt papskilt, at her ligger børnehaven *Newton Nursery*.

Når man stiger ud af lokalbussen, befinder man sig på en landevej omgivet af træer og gamle markhegn. Fra den anden side af landevejen fører en mindre vej op imellem to små højdedrag i landskabet til et par store lader og en indhegning med geder. Når man kommer tættere på, ser man et beskedent lyst hus med mørkt tag i tre etager på bakken bag den ene lade. Det er Woolsthorpe Manor, hvor Sir Isaac Newton blev født 1. juledag 1642.

Artiklen fortsætter inde i bladet på side 20.