

KVANT

Marts
2008

1

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 19. årgang

I DETTE NUMMER:

- TIPPETOPPEN
- DFS-ÅRSMØDE
- STJERNEHIMLEN
- STATUS FOR LHC
- ASTRONOMIÅR 2009
- PARADOKSER I FYSIKKEN
- NEUTRINOER OG GRUNDSTOFDANNELSE
- AKTUELLE BØGER
- KVANT-NYHEDER

LØSSALGSPRIS: 45 KR

KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

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

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

Udgives af

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

Redaktion

Michael Cramer Andersen (ansv. red.)
Christianshavns Gymnasium
Camilla Bacher Kiming (AS)
Mærsk Olie & Gas
Jørn Johs. Christiansen (SNU)
Torsten Freltoft, Sophion Bioscience A/S
Thomas R. N. Jansson (webredaktør)
Mogens Esrom Larsen,
Matematisk Institut, KU
Sven Munk (nyhedsredaktør)
John Rosendal Nielsen (nyhedsredaktør)
Københavns Åbne Gymnasium
Jens Olaf Pepke Pedersen,
Danmarks Rumcenter, DTU
Finn Berg Rasmussen, Ørsted Lab, KU
Svend E. Rugh

Abonnementspris : 165 kr/år.

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

Annoncepriser

1/1 side: 3000 kr, 1/2 side: 1600 kr
1/4 side: 1000 kr, farvetillæg: 1500 kr
Priserne er excl. moms og for reprojekteret materiale. Henvendelser om annoncer til redaktøren, tlf. 22 67 26 42.

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

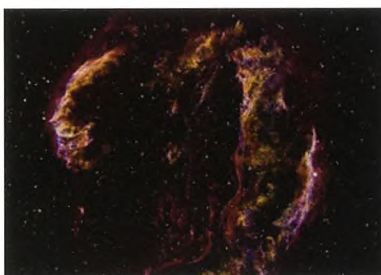


Produktionsplan

Nr. 2-08 udkommer ca. 15. maj
Nr. 3-08 udkommer ca. 1. september
Deadline for mindre bidrag og annoncer er ca. en måned før, længere artikler skal modtages to måneder før.

Indhold:

Skal Dansk Fysisk Selskab fortsat have et livskraftigt årsmøde?	
<i>Jørgen Schou</i>	3
Dansk Fysisk Selskab – Årsmøde den 17.-18. juni	4
Paradokser i fysikken	
<i>Finn Berg Rasmussen</i>	6
Tippetoppen	
<i>Klaus Seiersen</i>	10
Luftmodstand – breddeopgave 30 med didaktisk kommentar	
<i>Jens Højgaard Jensen</i>	13
KVANTs nye hjemmeside	
<i>Thomas R.N. Jansson</i>	15
Astronomiår 2009	
<i>Kristian Pedersen</i>	16
Stjernehimlen	
<i>Michael Cramer Andersen</i>	18
Med neutrinoen som fødselshjælper – en ny mekanisme for grundstofdannelse	
<i>Nikolaj Thomas Zinner</i>	20
KVANT-nyheder	
<i>John Rosendal Nielsen og Sven Munk</i>	23
Den store protonaccelerator – status for LHC	
<i>Michael Cramer Andersen</i>	27
Aktuelle bøger	29
Måneformørkelse set fra Grækenland	
<i>Michael Cramer Andersen</i>	Bagsiden



Billedet på forsiden viser 'Slørtågen' – resterne af en supernova som eksploderede for knap 20 tusinde år siden. Tågen fylder næsten tyve gange så meget på himlen som fuldmånen, men lyser meget svagt i forhold til stjernerne. For at vise resterne af eksplosionen i sit fulde omfang er billedet optaget med filtre der tillader lyset fra ioniserede gasarter – hydrogen, oxygen og svovl – at passere, mens det meste af stjernernes lys blokeres. På denne måde er tågen fremhævet cirka 100 gange hvorved dens samlede struktur afsløres (Foto: Mikael Svalgaard, www.leif.org/mikael). I artiklen af Nikolaj T. Zinner, side 20, fortælles om hvordan sjældne grundstoffer kan dannes i supernovaeksplosioner med hjælp fra neutrinoer.

KVANT udsendes gratis til fysiklærerne ved alle landets gymnasier, seminarier og HTX-kurser med velvillig økonomisk støtte fra fysikinstitutterne på Danmarks Tekniske Universitet samt Københavns, Syddansk, Aalborg og Aarhus Universiteter.

Skal Dansk Fysisk Selskab fortsat have et livskraftigt årsmøde?

Af Jørgen Schou, formand for Dansk Fysisk Selskab.

Der har i nogle år været en tendens til at færre og færre fra dansk fysik kommer til DFS' årsmøde, der traditionelt ligger i maj/juni måned, og som de seneste år har været afholdt på Hotel Nyborg Strand. Alle fysikere har travlt – på alle tider af året – og maj/juni er travle eksamens- og konferencemåneder. Det ser ud til, at netop årsmødet i stigende grad bliver fravalgt.

Den siddende bestyrelse ønsker, at vi fortsat har et bredt årsmøde med gode og instruktive foredrag af internationale fysikere i alle discipliner. Her kan specielt vore kandidat- og ph.d. studerende opleve andet end en snæver forskerskole eller en specialkonference. Her vil der også være lejlighed til at møde fysikere fra andre universiteter, specielt på lektor og professor-niveau. Endvidere får de unge fysikere en mulighed for at præsentere deres første resultater.

Det er lykkedes den siddende bestyrelse at stoppe nedgangen, men det er ikke nok, at der er 110-120 fysikere og studerende til vores årsmøde. Bestyrelsen har igangsat flere reklamekampagner for at få flere til at komme til årsmødet i år (17.-18. juni på Nyborg Strand) og vil også arbejde med nye initiativer. I år bliver årsmødet for eksempel holdt parallelt med DOPS

(Dansk Optisk Selskab) årsmøde, og der vil under mødet være fællesarrangementer med DOPS.

Det er ikke nok at bestyrelsen gør en kraftig indsats. Vi beder dig som medlem hvert år at overveje, om du ikke i år kan komme til årsmødet og være med til at bringe årsmødet op på tidligere tiders deltagerniveau! Spørg også dine kolleger, om de vil komme (og hvis ikke: hvorfor?). Du kan selv være med til at forhindre at årsmødet sygner hen! Det skulle nødigt gå som i et af vores nordiske nabolande, hvor der kun er årsmøde hvert andet år. Jeg glæder mig til vi ses i Nyborg til juni!



Jørgen Schou, dr. scient. Ansat ved DTU Fotonik, Risø Campus. Arbejder med intens laserbestråling af overflader, bl.a. for at lave tyndfilm af nye materialer. Formand for DFS siden 2005.

Redaktionel leder

Af Michael Cramer Andersen, KVANT.

I dette nummer har vi først en artikel af Finn Berg Rasmussen om "Paradokser i fysikken" efterfulgt af Klaus Seiersens artikel om "Tippetoppen", der også virker lidt paradoksal.

Vi bringer besvarelsen af sidste nummers opgave om hvorfor luftmodstanden for en stor og en lille cyklist, der ruller ned ad en bakke, ikke er den samme.

I anledning af 400-året for teleskopets opfindelse næste år, afholdes et "Astronomiår", som er nærmere beskrevet af Kristian Pedersen.

En ny sektion om "Stjernehimlen" introduceres i dette nummer. Her kan man bl.a. se forårets stjernehimmel, Månens faser og andre aktuelle oplysninger og et lille galleri med astrofotos. Læsere der fotograferer stjernehimlen er velkomne til at indsende deres billeder.

De fleste ved, at tunge grundstoffer kan dannes i supernovaeksplosioner. I artiklen af Nikolaj Zinner om neutrinoen som fødselshjælper, kan man læse om de finere detaljer i denne historie.

KVANT, marts 2008

Endelig kan man læse om hvor langt man er nået med CERNs nye partikelaccelerator LHC og man finder de sædvanlige sektioner med nyheder og aktuelle bøger.

I de seneste måneder har KVANT fået ny hjemmeside med helt nyt layout og større funktionalitet. Der er udviklet en søgemaskine, så man nemt kan finde en artikel igen. Når flere og flere artikler efterhånden lægges ind i databasen, bliver det et meget nyttigt værktøj. Der er flere ting der peger i retning af, at tidsskrifter i fremtiden i høj grad skal sætse på at blive udgivet elektronisk. Denne udvikling må KVANT også forberede sig på, selv om mange nok vil foretrække papirudgaven lidt endnu.

Den seneste portostigning medfører desværre en lille stigning på 5 kr. for en årgang af KVANT. Husk, at det er i denne tid, at abonnementet skal betales, så du ikke går glip af nogle blade.

Dansk Fysisk Selskab – Årsmøde den 17.-18. juni

Dansk Fysisk Selskab

Hjemmeside: www.dfs.nbi.dk

Jørgen Schou (formand)

DTU Fotonik,

Risø Campus, Danmarks Tekniske Universitet

4000 Roskilde

E-mail: j.schou@risoe.dk

Tlf. 4677 4755 / Fax 4677 4565

Johannes Andersen (næstformand) (ja@astro.ku.dk)

Peter Balling (kasserer) (balling@phys.au.dk)

Winnie Svendsen (ws@mic.dtu.dk)

Kim Lefmann (kim.lefmann@risoe.dk)

Sebastian Horst (shorst@cnd.ku.dk)

Anders Kristensen (ak@mic.dtu.dk)

Ian Bearden (ianbearden@mac.com)

Martin Schmidt, repræsentant for fysiklærerne,
(Martin.Schmidt3@skolekom.dk)

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

DFS årsmøde 2008

Dansk Fysisk Selskab afholder sit årsmøde 2008 på Hotel Nyborg Strand. I år bliver DOPS' (Dansk Optisk Selskab) årsmøde afholdt parallelt hermed, og der vil være en række fælles arrangementer. Mødet starter tirsdag den 17. juni kl. 11 og slutter onsdag den 18. juni kl. 16.30. På andendagen afholder DFS sin årlige generalforsamling. Dagen før DFS-årsmødet, mandag den 16. juni, holder netværk for Kvinder i Fysik (KIF) sit årlige møde.

DFS-årsmødet vil indeholde følgende plenarforedrag:

- **Andrei Geim**, University of Manchester, UK:
Electronic transport in atomically thin carbon films (graphene)
- **Philippe Grangier**, Palaiseau, Frankrig:
Schrödinger's kittens and non-gaussian states of the light: New tools for quantum communications
- **Lene Vestergaard Hau**, Harvard University, Cambridge, Massachusetts: *Wizardry with light ... Now you see it. Now you don't. Then you see it – over there...*

Der vil være et foredrag om *Verdens største menneskeskabte eksperiment: LHC ved CERN* som efter dinner talk af John Renner Hansen (NBI, København Universitet). Derudover vil der være et foredrag i astrofysik og nano-bio science. Endvidere vil der være parallelsessioner i astrofysik, atomfysik, faststoffysik, nanofysik, højenergifysik, biofysik samt muligvis uddannelse

og undervisning. Sideløbende hermed vil forskningsresultater blive præsenteret som posters. DFS lægger herunder særlig vægt på at give yngre forskere mulighed for at præsentere deres resultater for en bredere kreds. Endelig vil en række firmaer demonstrere nyt forskningsapparat for DFS' og DOPS' medlemmer på en udstilling.

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

Program

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

DFS posterprisen 2008

DFS og DOPS ønsker at opretholde det øgede fokus indledt sidste år på årsmødets postersession. Kriterierne, som komiteen efter bedste evne vil benytte under udvælgelsen af årsmødets bedste poster er følgende: Originalt videnskabeligt indhold, rimelig informationsmængde, æstetik, overskuelighed, struktur, 'special effects', og endelig er en engageret præsentation også et plus. Derfor skal posterforfatterne være til stede ved posteren i den ene af de to poster sessioner. De tre bedste poster vil udover den obligate vin- og chokoladepræmie også blive hædret med diplomer. Vinderne kåres udmiddelbart efter DFS' generalforsamling før afslutningsforedraget i en fælles DFS og DOPS session.

Pris for bedste foredrag af ph.d. studerende

I lighed med sidste år vil DFS og DOPS også uddele en pris med den traditionelle vinpræmie for det bedste mundtlige foredrag givet af en ph.d.-studerende. Ligesom ved posterprisen lægges der vægt på originalt videnskabeligt indhold, rimelig informationsmængde og en engageret fremlæggelse af foredraget.

Frist for tilmelding og indsendelse af abstracts

Fristen for tilmelding til årsmødet og for indsendelse af abstracts er **lørdag den 10. maj 2008**. Tilmeldinger modtages dog også efter denne dato, så længe der er plads på hotellet, men studerende kan ikke søge om friplads (se nedenfor) efter tilmeldingsfristens udløb. Også abstracts kan indsendes efter fristens udløb, men dels kommer disse ikke nødvendigvis med i abstractlisten og dels får indsenderen kun mulighed for en posterpræsentation.

Tilmelding, indkvartering, priser m.v.

Tilmelding til DFS/KIF-møderne foretages direkte til

Hotel Nyborg Strand. Benyt venligst internet-linket til hotellet på DFS's hjemmeside (www.dfs.nbi.dk). Møderne samt indkvartering foregår på Hotel Nyborg Strand, Østerøvej 2, DK 5800 Nyborg. (tlf. +45 6531 3131, fax +45 6531 3701). Pris for mødedeltagelse, incl. eventuel overnatning og diverse måltider, fremgår af hjemmesiden. Betalingsmåder vil fremgå af hotellets bekræftelse, som fremsendes i slutningen af maj måned. Bemærk, at man frem til den 10. maj frit kan afbestille sin tilmelding, men **efter denne dato er tilmeldinger almindeligvis bindende**.

Fripladser for studerende: Søg inden den 10. maj!

For studerende, der ikke er indskrevet på Ph.D.-studiet, vil der være et antal fripladser. Ansøgning om en af fripladserne sker automatisk ved at afkrydse den relevante rubrik på hjemmesiden/tilmeldingsskemaet. Studerende kan få friplads af DFS, og her er det en forudsætning, at man er medlem. Fripladserne vil blive fordelt kort tid efter tilmeldingsfristens udløb, og man vil modtage særskilt besked herom den 20. maj. Hvis pladserne er brugt op, har man fortsat mulighed for at deltage mod betaling som anført på tilmeldingsskemaet. Der vil også være mulighed for studentermedlemmer af DOPS at søge om friplads hos DOPS.

Abstracts

Fristen for indsendelse af abstracts er **lørdag den 10. maj 2007**. Abstracts indsendes via DFS' hjemmeside (www.dfs.nbi.dk). DFS' sektioner sammensætter programmet på grundlag af bl.a. de indsendte abstracts, og deltagerne vil få meddelelse herom, hvis deres bidrag er udvalgt til et foredrag. De øvrige bidrag (samt hvis man ikke ønsker foredrag) vil blive præsenteret i en posterudstilling. Posterboards er 1,15 m brede og 1,45 m høje, og de er hævet ca. 30-40 cm over gulvet. Se endvidere omtalen af DFS posterprisen 2008 ovenfor. De indsendte abstracts vil løbende være tilgængelige på internettet. Overhold venligst tidsfristen for rettidig indsendelse (se afsnittet om tidsfrister ovenfor).

Sprog

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



Transport

Transport til/fra Nyborg sørger deltagerne selv for. Der vil ikke blive arrangeret bustransport mellem Nyborg Station og Hotel Nyborg Strand. Det tager kun 10-15 minutter at spadsere mellem station og hotel.

Yderligere information

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

Kvinder i Fysik Årsmøde 2008

Vanen tro holder Netværk for Kvinder i Fysik (KIF) årsmøde i forbindelse med DFS-årsmødet på Hotel Nyborg Strand. I år er tidspunktet **mandag d. 16. juni 2008 kl. 10-17**.

Programmet vil bestå af fire 30-minutters foredrag, en postersession, KIF's årlige generalsamling og afslutningsvis et netværksmøde (i form af en selvfinansieret middag i Nyborg) med yderligere diskussion og udveksling af erfaring.

De fire foredrag vil fordele sig med to fysikfaglige foredrag, et foredrag om karriereaspektet for fysikere uden for den akademiske verden, samt et kønsforsknings-relateret foredrag. Foreløbig er tre foredrag bekræftede:

- **Mette Grage**, atmosfærekemiker, Syddansk Universitet: *To find the interesting: Over high school physics and molecular modelling (back) to the atmosphere of Venus*
- **Bente Rosenbeck**, kønsforsker, Københavns Universitet: *Alle talenter i spil*.
- **Karen Guldbæk Schmidt**, geofysiker ansat ved Mærsk Olie og Gas, vil fortælle om sine erfaringer fra et job uden for det akademiske elfenbenstårn.

Efterhånden som de øvrige talere bliver bekræftet vil årsmødets program blive opdateret på <http://kif.nbi.dk/>.

Alle deltagere opfordres til at medbringe en poster. Tilmelding og indsendelse af poster-abstract foregår via DFS hjemmeside på samme vis og med samme deadlines som for DFS-mødet.

KIF vil gerne understrege at alle fysikere, ikke kun kvinder, er overordentligt velkomne til at deltage i mødet (generalforsamlingen er dog kun for KIF-medlemmer). Sproget vil være engelsk. KIF vil specielt gerne opfordre andendelsstuderende og ph.d.-studerende til at deltage i mødet. Sæt straks kryds i kalenderen!

Paradokser i fysikken

Af Finn Berg Rasmussen, Niels Bohr Institutet

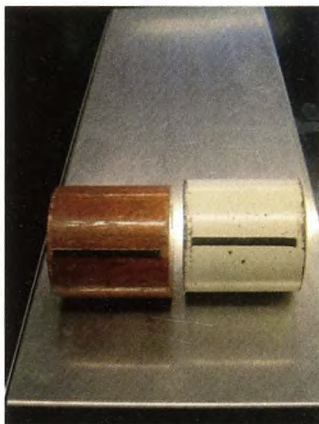
Fysikkens paradokser har altid tjent som godt pædagogisk hjælpemiddel. De sætter tingene på spidsen og demonstrerer, at der er noget man endnu ikke har forstået. Derved tvinger de én til dybere overvejelser og kan inspirere til ny forskning. De følgende eksempler har været brugt i foredrag i UNF.

To eksempler fra mekanisk fysik

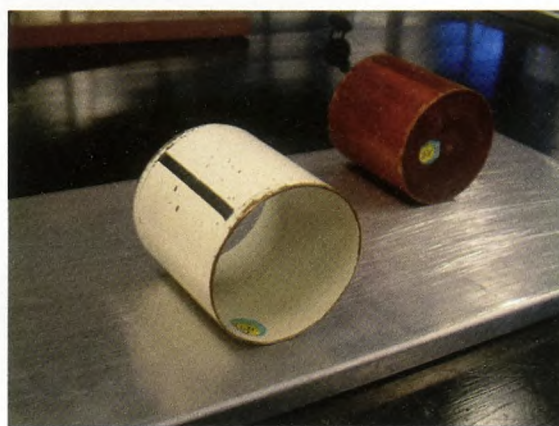
Lidt provokerende kan man sige, at vi oplever et paradoks, når forholdene ikke svarer til vores forudfattede opfattelse. Naturens opførsel kan forekomme paradoksal, hvis den ikke opfører sig i overensstemmelse med vore fordomme. Dette kan let illustreres med et par små forsøg med rulning.

To cylindre

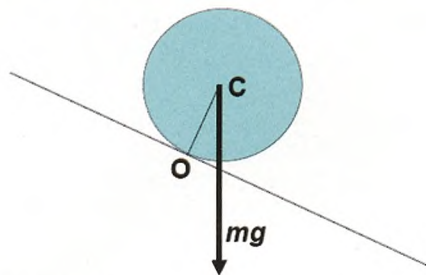
I figur 1 ligger to cylindre med samme radius side om side på en aflang plade. Når pladens ene ende løftes, ruller cylindrene ned. Siden Galileis undersøgelser ved vi, at alle legemer falder lige hurtigt, og når vi ydermere tænker på, at Galilei netop udførte en del af sine "fald"forsøg ved hjælp af skråplaner, er det nærliggende at forvente, at de to cylindre vil komme lige hurtigt ned til enden af væddeløbsbanen. Med de to viste cylindre ankommer den brune imidlertid altid et stykke tid før den hvide. Figur 2 afslører hvorfor: cylindrene har ikke samme massefordeling. En cylinders hastighed langs skråplanet hænger nøje sammen med rotationshastigheden (når den ruller uden at glide). Når en cylinder roterer, har punkter ved den krumme overflade størst hastighed. I den hvide cylinder skal hele massen således accelereres op til den højeste hastighed svarende til rotationen, mens det meste af massen i den brune, homogene cylinder kræver mindre acceleration. Kraftpåvirkningen er den samme for de to, jævnfør figur 3. Processen kan beregnes præcist ved brug af inerti-, kraft- og impulsmomenter.



Figur 1. To tilsyneladende ens cylindre.



Figur 2. Den hvide cylinder har massen koncentreret ved overfladen, længst væk fra cylinderaksen.



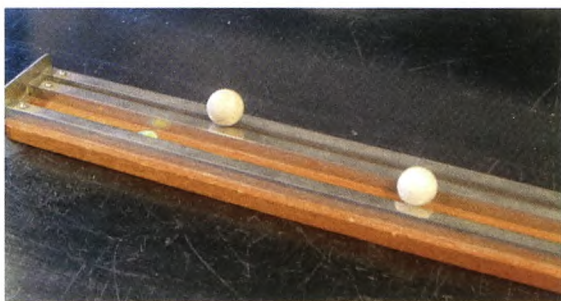
Figur 3. Tyngdekraftens moment om omdrejningsaksen gennem O er det samme for de to cylindre (masserne antages at være ens).

To marmorkugler

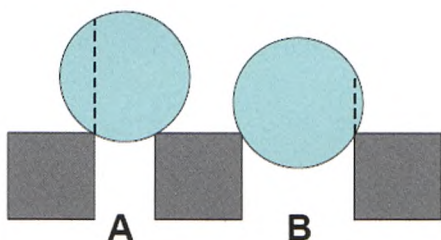
Et lignende, tilsyneladende paradoks kan demonstreres med udstyret i figur 4. De to kugler ruller ned ad hvert sit par af skinner. Ses forsøget lige fra siden, kan det opfattes som paradoksalt, at den ene kugle løber hurtigere end den anden (det må naturligvis understreges, at *kuglerne* er ens!). Forklaringen ligger i skinnernes forskellige afstand, se figur 5. Den øjeblikkelige omdrejningsakse for en kugle går gennem kuglens berøringspunkter med skinnerne. Tyngdekraften (som virker i kuglens centrum) har lettest ved at bringe kuglen over A i rotation, fordi dens arm (centrums vinkelrette afstand fra omdrejningsaksen) er størst. Desuden vil hver omdrejning af kuglen over A bringe den længere frem, idet berøringspunktet beskriver en større lillecirkel på kugleoverfladen end for kuglen over B (antydnet med de punkterede linier).

Udstyret kan iøvrigt bruges til en lille tryllekunst, altså et illusionsnummer. Hvis en kugle bringes i rotation med massemidtunktet i hvile i forhold til skinnerne, vil gnidningskraften mellem skinner og kugle dels accelerere kuglens centrum, dels bremse selve rotationen, indtil hastighederne passer sammen, hvorefter kuglen ruller videre uden at glide mere. I tilfælde A har gnidningskraften den største arm omkring massecentret og kan derfor hurtigere standse kuglens egenrotation, dens spin.

Man triller de to kugler, så de ruller imod hinanden over skinnerne A. De støder sammen næsten elastisk og ruller bort fra hinanden igen. Nu fortæller man tilhørerne, at man ved tankens kraft eller noget andet hokus-pokus kan få kuglerne til at tiltrække hinanden. Efter passende besværgelser gentager man forsøget, men på skinnerne B (og med en god rotations-hastighed). Her kan kuglerne bedre bevare deres spin, så efter en kort frastødning ruller de imod hinanden igen, helt af sig selv.



Figur 4. To marmorkugler på forskellige skinner.



Figur 5. Skinner og kugler skematisk.

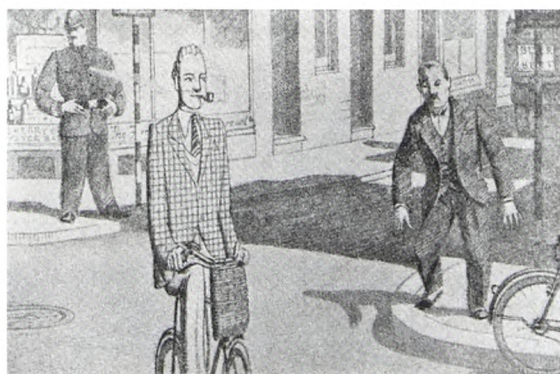
Relativitetsteorien – Lorentz-forkortningen

Centralt i den specielle relativitetsteori står begrebet *inertialsystem*. I et inertialsystem vil et legeme, der ikke påvirkes af nogen kræfter, enten være i jævn, retlinet bevægelse eller ligge stille. Det er med andre ord et system (fx et koordinatsystem), hvor inertiens lov gælder. Einsteins fundamentale postulat for den *specielle relativitetsteori* er, at naturlovene er ens i alle inertialsystemer. Det er således umuligt ved nogen- som helst observation at fastslå, om et system skulle være i hvile i en eller anden absolut forstand. Eftersom lyset udbreder sig i vakuum, må dets hastighed være den samme i alle inertialsystemer. Relativitetsteoriens konsekvenser er mest udtalte ved hastigheder i nærheden af lysets hastighed c .

En af relativitetsteoriens konsekvenser er Lorentz-forkortningen. Fænomenet kan illustreres med figurene

6 og 7, der stammer fra en serie historier om "Mr. Tompkins i drømmeland", som George Gamow (1904-1968) skrev omkring 1939 [1]. Mr. Tompkins går til aftenforedrag om "moderne" fysik, og hjemme i sin seng drømmer han om, hvad han har hørt. I dette tilfælde er han kommet til en by, hvor lyshastigheden er 30 km/t. I den første figur står han på fortovet og ser en cyklist, der kører forbi. For Tompkins ser det ud som om alle afstande i et bevæget system (cyklisten) er blevet forkortet i *bevægelsesretningen*, så cyklisten ser yderst slank ud. Tompkins vil gerne være lidt slankere og springer straks på en cykel, men ak: set i hans eget system er han lige så trivelig som altid, mens derimod alle andre, der nu bevæger sig i forhold til ham, er blevet slanke. Det kunne se ud som et paradoks, men man kan jo ikke være i begge systemer samtidig.

Tiden ændrer sig også mellem to iagttagere, der bevæger sig i forhold hinanden. Hvis Tompkins aflæser cyklistens ur, lige når han kører forbi, og gentager aflæsningen, efter at cyklisten har taget en hurtig runde omkring husblokken, vil han finde at cyklistens ur er kommet bagefter. Dette er det berømte *tvillingeparadoks*. Cyklistens system er imidlertid ikke længere et inertialsystem, idet han er drejet om hjørner et antal gange; han er blevet accelereret. Accelererede systemer og tyngdefelter kræver inddragelse af den *almene relativitetsteori*, så en ordentlig diskussion af tvillingeparadokset vil føre for vidt. Tidstransformationen spiller med i det følgende eksempel, som alene holder sig til inertialsystemer.



Figur 6. Iagttageren "står stille" og iagttagere cyklist i bevægelse.



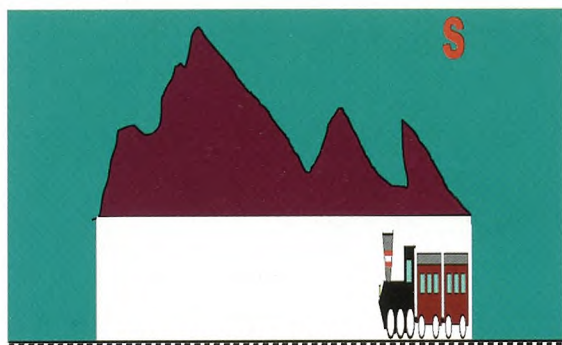
Figur 7. Omgivelserne bevæger sig i forhold til iagttageren.

Lorentz-forkortningen fører til et paradoks?

Dette eksempel har været benyttet ved opgaveregning for førsteårsstuderende i fysik. I figur 8 ses en tunnel under et bjerg og et tog, der holder stille i tunnelen. Som det ses, har toget samme længde som tunnelen. Vi forestiller os nu, at lyshastigheden er 100 km/t, og at toget kører gennem tunnelen med 98 km/t. Det er kraftigt Lorentz-forkortet (figur 9) I det øjeblik, da togets bagende forsvinder ind i tunnelen, bryder et altomfattende regnvejr løs. Det holder op igen netop som togets forende dukker ud af tunnelen. Foreløbig er der ikke noget paradoks, men prøv nu at se det hele fra togets synspunkt.



Figur 8. Toget står stille i tunnelen.



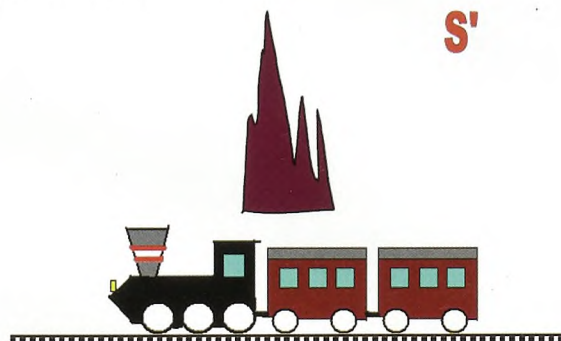
Figur 9. Togets hastighed er 98 % af lyshastigheden.

En iagttagere i togets system S' vil se tunnelen voldsomt forkortet (figur 10), og det er vanskeligt at se, hvordan den tunnel kan give ly for det lange tog. Alligevel vil relativitetsprincippet påstå, at begivenhedernes forløb ikke afhænger af, hvilket inertialsystem de ses fra. Toget skal altså forblive tørt, og efter tunnelen kommer det til at køre på våde skinner. Eksemplet viser klart hvor forsigtig man skal være med at stole på sin almindelige intuition, når det gælder relativistiske fænomener. For at opklare paradokset må man se på Lorentz-transformationen

$$x' = \frac{x - v \cdot t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (1)$$

$$t' = \frac{t - \frac{x \cdot v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (2)$$

Den handler om transformation af stedkoordinaten x og tiden t fra inertialsystemet S til x' og t' i inertialsystemet S' . Den simple form forudsætter, at S' bevæger sig i forhold til S med hastigheden v på sådan en måde, at x' -aksen glider langs x -aksen i S , og at urene i S og i S' viser henholdsvis $t = 0$ og $t' = 0$ i det øjeblik, da 0-punkterne for x - og x' -akserne passerer hinanden. I det foreliggende tilfælde ville man lægge x - og x' -akserne langs skinnerne.



Figur 10. Tunnel set fra toget. Er den for kort?

Selv om man nu kan regne problemet igennem ved hjælp af ligningerne (1) og (2) – det er ikke helt let – er en beregning ikke nødvendig for at se, hvor det afgørende punkt er: af ligning (2) fremgår det, at et tidspunkt t i S ikke transformeres over i ét bestemt tidspunkt t' i S' ; for et givet t afhænger t' tværtimod af stedet i S (dvs x). Begivenheder, der er samtidige i S , er ikke nødvendigvis samtidige i S' . Regnbygen, der begynder og slutter på én gang overalt i S , bliver i S' set som en lokal, smal byge, der bevæger sig imod toget og som netop passerer hen over bjerget med tunnelen i det tidsrum, hvor tunnelen som en anden paraply passerer hen over toget, figur 11. Trods det tilsyneladende paradoks giver teorien altså en konsistent beskrivelse.



Figur 11. Set fra S' er regnbygen ganske smal, men bevæger sig i forhold til iagttageren i toget.

Historiske paradokser

Uden at kunne gå i detaljer er det værd at nævne nogle berømte paradokser, der har haft afgørende betydning for fysikkens udvikling.

Olbers paradoks

For omkring 200 år siden påpegede H. Olbers det paradoksale i at antage et uendeligt univers med stjerner overalt. Hvis Universet virkelig var uendeligt, ville

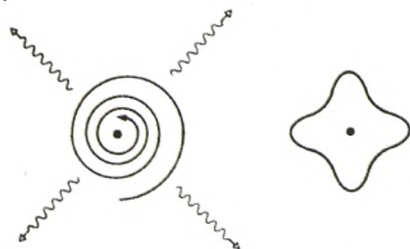
enhver sigtelinie før eller siden ramme en stjerne, og så måtte hele himlen være lys som Solen, døgnet rundt. Der skulle gå mere end 100 år, før dette paradoks blev opklaret. Svaret er Universets udvidelse. Stjerner langt fra os bevæger sig bort med store hastigheder, og på grund af Doppler-effekten bliver lyset fra dem forskudt mod længere bølgelængder (lavere frekvenser) og ud af det synlige spektralområde.

Plancks strålingslov

I slutningen af 1800-årene blev den elektromagnetiske stråling i et hulrum undersøgt ved omhyggelige spektralmålinger. Samtidig forsøgte det at beregne spektret ud fra elektromagnetisk teori og varmelære. Varmelæren kom ind, fordi spektret ændrede sig med hulrummets temperatur og blev forskudt mod kortere bølgelængder (højere frekvenser), når temperaturen steg. De beregnede spektre stemte ikke med de målte, men værre endnu: de teoretiske spektre ville medføre en uendeligt høj energitæthed i strålingsfeltet – det skulle med andre ord være livsfarligt at lukke en lystæt æske! Det var helt klart en absurditet eller om man vil, et paradoks. Max Planck løste problemet med sin antagelse om, at strålingsenergi med frekvensen ν kun kunne udveksles i portioner, *kvanter*, af størrelsen $h\nu$, hvor h er en universel konstant, nu kendt under navnet Plancks konstant. Planck kunne hermed redegøre for de målte spektre. Hans strålingslov danner nu grundlag for undersøgelser af Universets udvikling gennem studier af den kosmiske baggrundsstråling.

Atomets struktur

Vores nuværende forståelse af atomernes struktur blev også fremprovokeret af et paradoks. I årene op imod 1913 var den positivt ladede atomkerne blevet opdaget, og spørgsmålet var derefter, hvordan elektronerne kunne "udspænde" atomets formodede rumfang. For ikke at falde ind i kernen måtte elektronerne kredse omkring denne i baner, der var analoge med planeternes baner om solen. Ifølge klassisk elektromagnetisk teori må en ladning, der udfører en sådan svingende bevægelse, imidlertid udstråle elektromagnetiske bølger. Elektronerne vil derfor miste energi og efterhånden falde ind i kernen. På vejen ind vil elektronens omløbsfrekvens ændres, og den vil derfor udsende et kontinuert spektrum. Modellen er illustreret i figur 12.



Figur 12. Klassisk og kvantefysisk atommodel.

En sådan atommodel er helt paradoksal i forhold til det indlysende faktum, at atomerne er stabile. Ydermere udstråler atomerne skarpe spektrallinier, ikke kontinuerte spektre. Niels Bohr skar igennem paradokserne

ved at postulere, at atomerne kunne eksistere i visse stationære tilstande, og at frekvensen ν af udsendt lys svarede til en energiforskel mellem stationære tilstande gennem Plancks kvantum $h\nu$. Kvantefysikkens efterfølgende udvikling har medført, at de stationære tilstande ikke kan opfattes som planetbaner, men som en slags stående bølger eller skyer omkring atomkernen – som symbolsk antydning i figur 12.

De to mest berømte paradokser i 1900-årene

Der er et par paradokser fra kvantemekanikkens første tiår (1925-1935), som mange læsere måske havde ventet at se omtalt her, fordi de har været genstand for megen opmærksomhed og diskussion gennem det meste af det tyvende århundrede. Begge har haft afgørende betydning for diskussionerne mellem Bohr og Einstein om fortolkning af kvantemekanikken [2] [3] [4] [5].

Det ene, "EPR-paradokset" (efter Einstein, Podolsky, Rosen, 1935) havde baggrund i dybe overvejelser af virkelighedsbegrebet og af måleprocessers rolle. Mange fysikere vil regne problemstillingen for rent filosofisk, da der ikke findes eksperimenter, som blot antyder et behov for disse overvejelser.

Det andet paradoks – som vi formentlig skal leve med i al fremtid – er partikel-bølge dualiteten, altså det fænomen, at en partikel har *både* bølgeegenskaber og partikelegenskaber, helt i strid med vores forestillinger fra dagligdagen (eller fra klassisk fysik). Det er et eksempel, som meget klart illustrerer denne artikels pointe: at et paradoks indikerer nogle fejlagtige fordomme. De, der bliver ved med at mene, at partikel-bølge dualiteten er mærkelig, må berolige sig med et citat af Niels Bohr: hvis én siger, at han har forstået kvantemekanikken, så er det et sikkert tegn på, at der er noget han ikke har forstået.

Litteratur

- [1] George Gamow: Mr. Tompkins i drømmeland. Eller historien om lille c , store G og lille h (Gyldendal. København 1942)
- [2] Niels Bohr: Atomfysik og menneskelig erkendelse, s.45-82 (Schultz. København 1957)
- [3] Niels Blædel: Harmoni og enhed, s.199-216, udgivet af Carlsbergfondet (Rhodos 1985)
- [4] Per Hedegård: Forenede Elektroner A/S. Om superledning og kvanteteori, s.36-45 (Munksgaard-Nysyn, København 1991)
- [5] P.C.W. Davies and J.R. Brown (eds.): The ghost in the atom (Cambridge University Press 1986)



Finn Berg Rasmussen har gennem sin tid som lektor ved Niels Bohr Institutet studeret faste og flydende stoffer ved lave temperaturer (termiske, elektriske og magnetiske egenskaber). Er nu pensioneret. Medlem af KVANT's redaktion.

Tippetoppen

Af Klaus Seiersen, Fysikbasen

En "tippetop" er en lille snurretop, der først snurrer rundt som en normal snurretop for derefter automatisk at hoppe op og snurre på håndtaget ("stilken"). Beskrivelsen giver en kort teoretisk introduktion samt et større historisk overblik. Artiklen er redigeret fra en artikel på www.fysikbasen.dk.

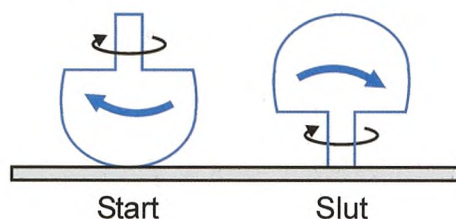
Indledning

"Tippetoppen" (også kendt som "the tippe top", "inverting top", "toupie magique", "topsy-turvy top" og på tysk "Stehaufkreisel" eller "Wendekreisel") er en snurretop, der er opbygget som en beskåret kugle med et håndtag ("stilken").

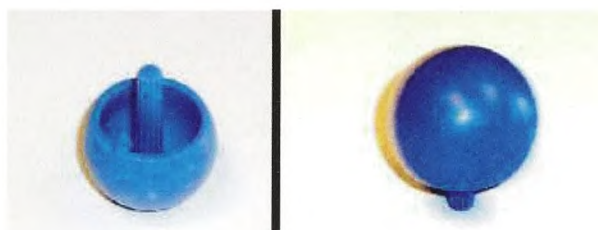
Når tippetoppen sættes i rotation med bunden ned mod underlaget, vil den hurtigt blive ustabil, hvorved stilken lige så stille drejer fra lodret ned mod vandret. Når stilken rammer bordet, vipper tippetoppen rundt og roterer med stilken ned mod underlaget.



Figur 1. Nærbillede af tippetop lavet i plastik. Denne model er produceret på Ingeniørhøjskolen i Århus.



Figur 2. Tippetoppen er en snurretop, der automatisk løfter sit massemidtpunkt, samtidig med at rotationen skifter retning.



Figur 3. Til venstre et billede af en tippetop, der ligger stille. Til højre roterer toppen. Se også filmen på Fysikbasen.dk.

Det interessante er, at tippetoppen drejer den modsatte vej af, hvad den gjorde, da den blev startet! På et eller andet tidspunkt holder tippetoppen altså op med at rotere omkring stilken for så at rotere den anden vej. Samtidig løftes massemidtpunktet, og tippetoppen er derfor en meget interessant problemstilling med hensyn til bevarelse af energi og impulsmoment.

Har man ikke en tippetop, så kan samme effekt faktisk opnås med et hårdkogt æg, en amerikanske fodbold eller en rund (oval) sten.

I det følgende vil jeg gå lidt i dybden med historien bag tippetoppen, hvorefter jeg vil prøve at beskrive teorien bag tippetoppen kvalitativt.

Historie

Tippetoppen har været studeret grundigt i rigtig mange år. Allerede i 1800-tallet lavede Sir William Thomson og professor Hugh Blackburn forsøg med at rotere ægformede sten, de fandt på stranden, og de så egenskaber, der mindede om den senere opfundne tippetop.

En beskrivelse af denne historie finder man i 1890 af en bog af John Perry. Perry beskriver (figur 35 i bogen) selv en kugle, hvis massemidtpunkt ikke falder sammen med kuglens centrum. Når kuglen lægges på et bord, vender massemidtpunktet nedad. Når kuglen roteres, løftes massemidtpunktet på samme måde som for en tippetop.

I 1891 blev toppen patenteret som "Wendekreisel" i Tyskland af Helene Sperl fra München. Patentet udløb allerede året efter, da patentgebyret ikke blev indbetalt. Det sjove er, at ingen af de beskrevne modeller i patentdokumentet faktisk virker ifølge Christian Ucke (Technische Universität München), som har forsøgt at bygge de beskrevne tippetoppe. Patentdokumentet beskriver dog med ord, hvordan tippetoppen vil vende rundt, når den roteres, så Helene Sperl har formentlig haft en fungerende model, der bare ikke er ordentligt beskrevet i patentet.

Ifølge Vendsyssel Historiske Museum blev tippetoppen så genopfundet i 1950 af den danske ingeniør Werner Østberg, der under et besøg i Sydamerika havde set nogle folk sidde foran deres hytte og lege med en rund frugt. De drejede på stilken, som man drejer på en gammeldags top, og når frugten havde snurret et øjeblik, vendte den pludselig rundt og fortsatte på stilken. Ingeniøren fik masseproduceret tippetoppen, der hurtigt

blev yderst populær over hele verden. Werner Østberg fik da også toppen patenteret i flere lande (blandt andet British Patent no. 656540).

I 1952 publicerede C.M. Braams fra Rijks Universitet i Utrecht artikler om fysikken bag tippetoppen, og her nævner han blandt andet, at tippetoppe blev solgt i Holland på daværende tidspunkt. I artiklen af J.A. Jacobs fra Canada står der: "The top was first produced in Denmark and was later manufactured in Canada, being obtainable at any drug store or tobacconist for 25 cents".

Ifølge en Internetside blev tippetoppen solgt på det engelske marked af British Indoors Pastimes Company fra 1953, og midt i 1950'erne fulgte der tippetoppe med i morgenmadspakker af mærket Post Rice Krinkles i USA. Ifølge Dan Goodsell fra www.theimaginaryworld.com kunne man finde tippetoppe i morgenmadspakker fra firmaer som Nabisco, General Mills og Post fra 1950'erne og op til 1970'erne.



Figur 4. Billeder fra omkring 1954 af to morgenmadspakker indeholdende tippetoppe. Billedet er gengivet fra www.theimaginaryworld.com med tilladelse fra Dan Goodsell.



Figur 5. Billede af Wolfgang Pauli og Niels Bohr, der studerer en tippetop. Billedet er taget ved indvielsen af det fysiske institut på Lund Universitet den 31. maj 1951. Billedet er taget af Erik Gustafson og findes i Emilio Segre Visual Archives, Margrethe Bohr Collection (www.aip.org/history/esva).

Der findes også et berømt billede fra åbningen af det nye fysiske institut på Lund Universitet i 1951, hvor Wolfgang Pauli og Niels Bohr står og betragter en tippetop. Bohr var meget interesseret i fysikken bag, og det menes også, at blandt andet Winston Churchill morede sig med tippetoppen.

Halvard Baugerød fra Ås i Norge har skrevet til Fysikbasen og fortalt, at han under et besøg i 1962 på den svenske centrifugefabrik Alfa Laval i Tumba nær Stockholm fik udleveret en tippetop med tilhørende forklaring som souvenir.

Werner Østberg, der i øvrigt døde i 1999, har efterladt en scrapbog med medieomtale af tippetoppen. Denne scrapbog, der i dag befinder sig på Vendsyssel Historiske Museum, henviser til artikler i blandt andet Berlingske Tidende, BT, Kristeligt Dagblad og Politiken fra 1951 og 1952.

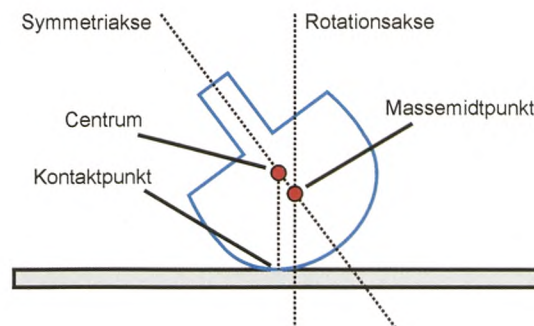
På Fysikbasen.dk kan man se to tyske patenter af en Oscar Hummel fra 1948 og 1949, tilsendt af Randolph Rehfeld. De beskriver to snurretoppe, der minder meget om Østbergs tippetop. Hvad sammenhængen mellem Hummel og Østberg er vides i øjeblikket ikke.

Teori

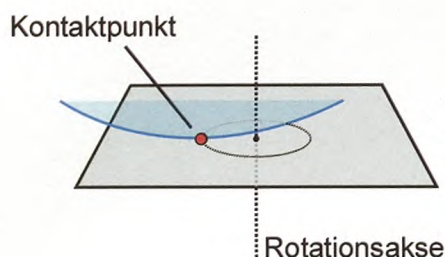
Teorien bag tippetoppen er meget kompliceret, men her gives en kort kvalitativ gennemgang baseret på artiklerne i referencerne.

Tippetoppen blev i 1950'erne hurtigt voldsomt populær over hele verden, og der blev publiceret et stort antal artikler om emnet. I starten diskuterede man, hvorvidt friktion havde nogen betydning. Dette mente hovedparten af forfatterne, og Del Campo beviste dette med et simpelt argument: Da tippetoppen hæver sit massemidtpunkt, må toppen nødvendigvis få energi til dette ved at snurre langsommere efter at have vendt om. Dermed er impulsmomentet blev reduceret, og dette kan kun lade sig gøre ved et ydre kraftmoment, der igen kun kan komme fra friktion mod underlaget.

Tippetoppens funktion er baseret på, at toppens massemidtpunkt ikke er sammenfaldende med kuglens geometriske centrum. Da toppens rotationsakse går igennem massemidtpunktet, vil toppen glide hen over underlaget:

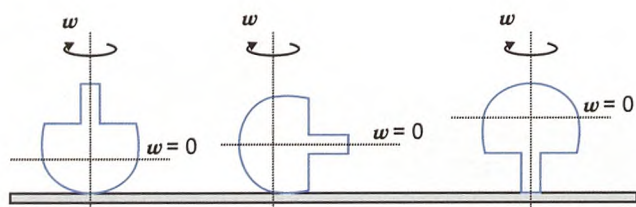


Figur 6. Da kuglens geometriske centrum ikke falder sammen med massemidtpunktet, vil kontaktpunktet med underlaget ikke falde sammen med rotationsaksen.



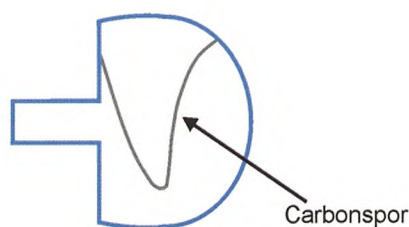
Figur 7. Da kontaktpunktet ikke ligger på rotationsaksen, vil tippetoppen glide hen over underlaget i en cirkel omkring rotationsaksen. Friktionen hermed skaber et kraftmoment, der drejer toppens stilk ned mod underlaget.

Toppen påvirkes altså af en friktion mod underlaget og dermed et kraftmoment. Det er dette kraftmoment, der drejer stilkens væk fra lodret og ned mod underlaget. Hvis underlaget er gnidningsfrit, vil tippetoppen ikke virke. Så snart toppens stilk når ned at røre underlaget, vil toppen rejse sig op på stilkens, igen forårsaget af et kraftmoment fra underlaget. Dette kan også ske for en normal snurretop, hvis kanten og stilkens rører underlaget samtidigt. Igen er det friktionen mod underlaget, der yder det nødvendige kraftmoment, og for at forøge denne friktion, når stilkens rører underlaget, er stilkens på en tippetop typisk rillet, som man for eksempel kan se på figur 1.



Figur 8. Rotationsakser for en tippetop. Når tippetoppen ligger næsten (ikke helt) vandret, vil rotationen omkring stilkens stoppe og begynde at rotere den anden vej.

Tippetoppens rotation skifter retning undervejs, hvorved impulsmomentet beholder samme retning. Når toppen startes, roterer den om en lodret akse, der går igennem stilkens. Herefter drejes stilkens nedad, mens rotationen fortsætter langs en lodret akse. Når toppen ligger nogenlunde vandret, vil toppen ikke længere rotere langs den akse, der går igennem stilkens. Idet stilkens fortsætter nedad, vil toppen begynde at snurre den modsatte vej omkring aksens, der går igennem stilkens.



Figur 9. Skitse over kulspor, der kan ses på en tippetop, hvis den roteres på tilsødet glas eller carbonpapir.

For at vise, at toppen skiftede rotationsretning omkring stilkens akse, lavede man forsøg, hvor tippetoppen blev afprøvet oven på et underlag af carbonpapir. Derved aftegnedes et spor på selve tippetoppen, og det var tydeligt, at tippetoppen skiftede retning, når stilkens lå nær – men ikke helt – vandret (se f.eks. artiklen af Pliskin [9] fra 1954 eller Johnson [14] 1960).

Tak

Beskrivelsen af dette forsøg i Fysikbasen er blevet til med hjælp fra en række bidragsydere. Tak til Anne Haubek (Danmarks Radio), Dr. Christian Ucke (Technische Universität München), Heather Lindsay (AIP), Dan Goodsell (theimaginaryworld.com), Liv Vego (Inst. for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet), Ruth Hedegaard (Vendsyssel Historiske Museum) og Randolph Rehfeld (www.wundersamessammelsurium.de).

Referencelisten er forkortet i forhold til den oprindelige artikel på Fysikbasen.dk, hvor man bl.a. også kan se en film af en tippetop og flere af de omtalte patentdokumenter.

Litteratur

- [1] J. Perry (1890), "Spinning Tops", Society for promoting Christian knowledge.
- [2] J.A. Jacobs (1952), "Note on the Behavior of a Certain Symmetrical Top", *Am. J. Phys.* **20**, 517.
- [3] J.L. Synge (1952), "On a case of instability produced by rotation", *Phil. Mag.* **43**, 724. (Teoretisk beskrivelse. Synge tror ikke på, at friktion er afgørende, men han overbevises af senere artikler.)
- [4] C.M. Braams (1952), "The Symmetrical Spherical Top", *Nature* **170**, 31. (Kort gennemgang af teorien bag tippetoppen.)
- [5] G.N. Copley (1952), "The Symmetrical Spherical Top", *Nature* **170**, 169. (Historiske bemærkninger til Braams' Nature-artikel.)
- [6] C.M. Braams (1952), "On the Influence of Friction on the Motion of a Top", *Physica* **18**, 503. (Teoretisk gennemgang hvor friktion er en afgørende faktor.)
- [7] N.M. Hugenholtz (1952), "On Tops Rising by Friction", *Physica* **18**, 515. (Teoretisk gennemgang der minder meget om Braams'.)
- [8] C.M. Braams (1954), "The Tippe Top", *Am. J. Phys.* **22**, 568.
- [9] W.A. Pliskin (1954), "The Tippe Top (Topsy-Turvy Top)", *Am. J. Phys.* **22**, 28. (Teoretisk analyse, hvor friktion er afgørende faktor. Eksperimenter med carbonpapir.)
- [10] A.R. Del Campo (1955), "Tippe Top (Topsy-Turvy Top) Continued", *Am. J. Phys.* **23**, 544. (Simpel argumentation for at friktion mod underlaget har en afgørende betydning.)
- [11] I.M. Freeman (1956), "The Tippe Top Again", *Am. J. Phys.* **24**, 178. (Opfølgning på Del Campos artikel.)
- [12] D.G. Parkyn (1958), "The Rising of Tops with Rounded Pegs", *Physica* **24**, 313. (Hvorfor en top rejser sig op, når stilkens rammer underlaget. Betragter ikke tippetoppen.)
- [13] J.B. Hart (1959), "Angular Momentum and Tippe Top", *Am. J. Phys.* **27**, 189.

- [14] F.F. Johnson (1960), "The Tippy Top", *Am. J. Phys.* **28**, 406. (En tippetop roteres på et stykke tilsodet glas. Et sodspor på toppen viser hvordan rotationen skifter retning.)
- [15] V. Güntelberg (1965), "Snurren", *Nordisk Matematisk Tidsskrift* **13**, 15. (Generel artikel om snurretoppe med tillæg om tippetoppen.)
- [16] J.C. Lauffenburger (1972), "A Large-Scale Demonstration of the Tippe-Top", *Am. J. Phys.* **40**, 1338. (Tippetoppe er små og uegnede til demonstrationer for et stort publikum. Brug i stedet en amerikansk fodbold som tippetop.)
- [17] R.J. Cohen (1977), "The Tippe Top Revisited", *Am. J. Phys.* **45**, 12. (Historisk introduktion efterfulgt af meget grundig matematisk gennemgang og computer-simuleringer.)
- [18] K.W. Ford (1978), "Why does a finger ring flip", *The Physics Teacher* **16**, 322. (Ganske kort historisk overblik over artikler om tippetoppen.)
- [19] J. Walker (1979), "The Mysterious 'Rattleback': A Stone That Spins in One Direction and Then Reverses", *Scientific American* **241**, 144 (October 1979). (Artikel om Rattlebacks. Kommer også ind på tippetoppe.)
- [20] J. Walker (1981), "The Physics of Spinning Tops, Including Some Far-Out Ones", *Scientific American* **244**, 134 (March 1981). (Generel artikel om snurretoppe. Kommer også ind på tippetoppe.)
- [21] H. Leutwyler (1994), "Why some tops tip", *Eur. J. Phys.* **15**, 59. (Matematisk analyse ud fra bevarelseslove.)
- [22] A.C. Or (1994), "The dynamics of a tippe top", *SIAM J. Appl. Math.* **54**, 597. (Grundig historisk og matematisk analyse af tippetoppen.)
- [23] S. Ebenfeld and F. Scheck (1995), "A new analysis of the tippe top: Asymptotic states and Liapunov stability", *Annals of Physics* **243**, 195. (Grundig matematisk analyse af tippetoppen.)
- [24] N.M. Bou-Rabee, J.E. Marsden, L.A. Romero (2004), "Tippe top inversion as a dissipation-induced instability", *SIAM J. Appl. Dyn. Sys.* **3**, 352. (Grundig matematisk analyse af tippetoppen.)



Klaus Seiersen, ph.d. i atom- og molekylfysik. Har stiftet Fysikshowet på Aarhus Universitet og har fremvist fysikforsøg i både Europa og Asien. Mange af disse forsøg kan hentes gratis på Fysikbasen.dk. Udover sit arbejde som hospitalsfysiker på Århus Sygehus, blogger Klaus fast om naturvidenskab for Nyhedsmagasinet Ingeniøren.

Luftmodstand – breddeopgave 30 med didaktisk kommentar

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, RUC.

Mit formål med artikelserien om breddeopgaver er – udover at gøre opmærksom på RUCs fysikuddannelse – dobbelt: Dels udvælger jeg opgaverne, så de kan have interesse som fysikproblemer i egen ret. Dels udvælger jeg dem med henblik på at kunne knytte didaktiske overvejelser til dem af interesse for fysikundervisere. I første omgang i forhold til universitetsundervisning. Men i anden omgang kunne der måske også trækkes paralleller til andre undervisningsniveauer.

Her bringes løsning og kommentarer til opgaven fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaven i sidste nummer af KVANT var denne breddeopgave fra RUC (nr. 30 i rækken her i KVANT):

30. Luftmodstand

Børn og voksne kommer i reglen ikke lige hurtigt ned ad bakke på cykel. Hvem kommer hurtigst ned? Begrund svaret.

Løsning

Vi vil se på tilfældet, hvor der køres i frigear ned ad bakken. Og vi vil antage luftmodstanden for afgørende større end rullemodstanden mellem dæk og vej. Det er det tilfælde, der kan gøres enkle fysiske overve-

jelser over. Fra bakketoppen vil farten i frigear vokse indtil den når den konstante frigearsfart, der får den modsatrettede luftmodstand til at være lige så stor som komponenten af tyngdekraften langs med vejen.

Hvis vi med konstant frigearsfart befinder os i den hydrodynamiske grænse, hvor cyklistens potentielle energi løbende umiddelbart omsættes til gnidningsvarme i den omgivende luft, må luftmodstanden, udover af farten, v , cyklistens form, og cyklistens størrelse, r , være bestemt af luftens viskositet, η . Da dimensionerne af v , r og η er henholdsvis LT^{-1} , L og $ML^{-1}T^{-1}$, og dimensionen af luftmodstanden er MLT^{-2} , må luftmodstanden i denne grænse af dimensionsgrunde derfor være et dimensionsløst tal (afhængig af cyklistens form) gange $r \cdot v \cdot \eta$. Da komponenten af tyngdekraften

langs med vejen er proportional med r^3 , ses v at være proportional med r^2 . Den konstante frigearsfart er således større for den voksne end for barnet.

Hvis vi med konstant frigearsfart befinder os i den modsatte hydrodynamiske grænse, hvor cyklistens potentielle energi løbende umiddelbart omsættes til kinetisk energi i hvirvler og strømninger i et kølvand, må luftmodstanden, udover af farten, v , cyklistens form, og cyklistens størrelse, r , være bestemt af luftens massefylde, ρ . Da dimensionerne af v , r og ρ er henholdsvis LT^{-1} , L og ML^{-3} , og dimensionen af luftmodstanden er MLT^{-2} , må luftmodstanden i denne anden grænse af dimensionsgrunde derfor være et dimensionsløst tal (afhængig af cyklistens form) gange $r^2 \cdot v^2 \cdot \rho$. Da komposanten af tyngdekraften langs med vejen er proportional med r^3 , ses v at være proportional med $\sqrt{r}$. Også i denne grænse ses den konstante frigearsfart således at være større for den voksne end for barnet.

I begge hydrodynamiske grænser kommer voksne altså hurtigere end børn ned ad bakke på cykel.

Kommentar

Breddekurset under fysikstudiet på RUC indeholder blandt alle dets andre delemler fra fysik to halve dages undervisning i hydrodynamik. Det levner tid til opstilling af Bernoullis ligning, men ikke til opstilling af Navier-Stokes ligningerne. Derfor behandler jeg i kurset fænomener angående det, som Feynmann i sine Feynmann Lectures kalder vådt vand, ved hjælp af dimensionsbetragtninger som ovenstående: Trækkes en genstand igennem et medie, vil det udførte arbejde i den laminare grænse ved lavt Reynolds tal afsættes direkte som varme i mediet.

Trækkraftens nødvendige størrelse må derfor være bestemt af mediets viskositet udover af genstandens form, lineære udstrækning og fart. Og den må derfor af dimensionsgrunde være et tal gange $r \cdot v \cdot \eta$. Hvorimod det udførte arbejde i den modsatte grænse med turbulent kølvand og højt Reynolds tal umiddelbart afsættes som kinetisk energi i kølvandet, hvorfor trækkraftens nødvendige størrelse her må være bestemt af mediets massefylde udover af genstandens form, lineære udstrækning og fart. Og den må derfor af dimensionsgrunde være et tal gange $r^2 \cdot v^2 \cdot \rho$.

Reynolds tal kan for tilfældet luftmodstand netop udtrykkes ved forholdet imellem de nødvendige trækkrafter i de to grænser:

$$Re = \frac{r^2 \cdot v^2 \cdot \rho}{r \cdot v \cdot \eta} \quad (1)$$

På kurset gennemgår jeg også strømning igennem rør i henholdsvis den laminare og den turbulente grænse ved hjælp af dimensionsanalyse på tilsvarende måde.

Jeg har søgt i litteraturen efter en lignende håndfast udmelding om den hastighedskvadratiske luftmodstand ved høje hastigheder (stort Reynolds tal). Og fundet en sådan i den populærvidenskabelige bog: Ascher H. Shapiro (1961): "Shape and Flow, The Fluid Dynamics of Drag". Anchor Books, New York (en af bøgerne fra den amerikanske "Science Study Series", der for en dels vedkommende – men ikke denne – udkom på dansk som "Gyldendals Kvantebøger" i begyndelsen af 1960'erne). Men typisk er lærebøger i hydrodynamik jo mere forsigtige.

Det er godt nok ρ og ikke η , der er den styrende materialekonstant for energitætheden i kølvandet efter en hurtigt bevæget genstand. Men det er kombinationen af ρ og η i form af Reynolds tal, der afgør, hvor udbredt kølvandet er. Hvorfor luftmodstanden i visse situationer sågar kan falde med øget fart på grund af kølvandsindsnævring. Derfor er den typiske lærebogs-fremstilling den korrekte, at luftmodstanden er givet ved $r^2 \cdot v^2 \cdot \rho$ gange en dimensionsløs modstandskoefficient, der for en given form er en entydig funktion af Reynolds tal. Da luftmodstanden, udover af r og v , således afhænger af både ρ og η , er der derfor for mange inputvariable til, at den kan fastlægges ved dimensionsanalyse.

Men i praksis er hastighedskvadratisk luftmodstand det måske mest almindeligt dagligdags forekommende. Og sikkert også det, der er tilfældet ved cykling ned ad bakke. Fordi kølvandets udbredning ved store hastigheder bag ikke strømliniede genstande mere eller mindre må være bestemt alene af genstandenes tværsnit uafhængigt af η . Og så kan luftmodstanden fastlægges som gjort ved dimensionsanalyse.

I en situation, hvor det empirisk er konstateret, at luftmodstanden vokser kvadratisk med hastigheden, kan det omvendt ved dimensionsanalyse indses, at luftmodstanden må være uafhængig af η .

Breddeopgave 31. Springflod

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne eksamensopgave fra breddekurset på RUC (fra sygeeksamen september 1987, nr. 31 i rækken her i KVANT):

Indtræffer springflod ved fuldmåne, nymåne eller halvmåne? Begrund svaret.

Løsning og kommentar bringes i næste nummer.

KVANTs nye hjemmeside

Af Thomas R.N. Jansson, webredaktør.

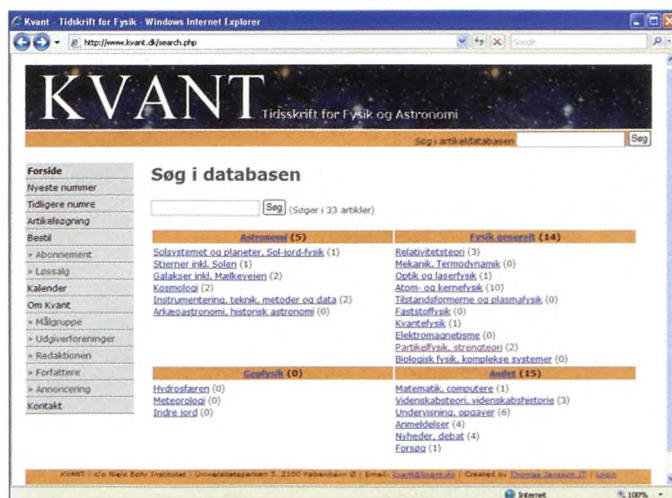
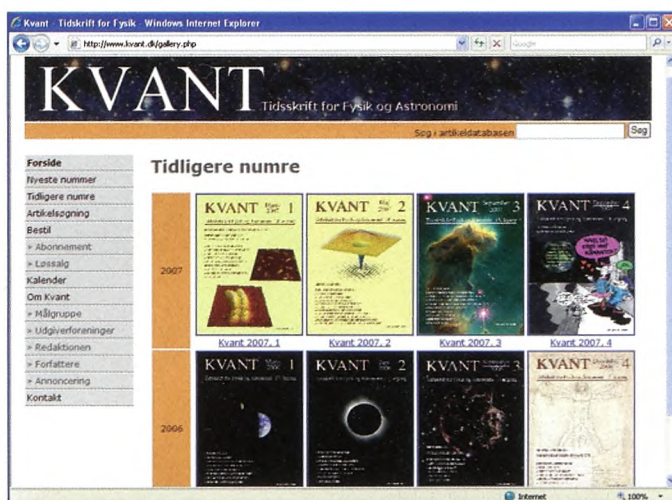
Kvant fik i februar ny hjemmeside. Udover at siden har fået en grafisk opfriskning vil den nye side forhåbentligt også give Kvant's læsere bedre muligheder for at se tilbage i gamle artikler og finde eller genopdage gamle artikler.

Den nye side er bygget op omkring en artikel-database, hvilket gør det meget nemt at søge i artiklerne på forfatternavn, titel og en række forudbestemte emnekategorier som f.eks "Atom- og kernefysik" og "Undervisning, opgaver".

Arbejdet med at lægge artiklerne ind i databasen er ret tidskrævende, men vil blive gjort løbende og på længere sigt vil selv de ældste numre være at finde (indskannet).

På den nye hjemmeside har Kvant også lanceret en kalender som viser udgiverforeningernes kommende arrangementer.

Klik ind på: www.kvant.dk.



Det Internationale Astronomiår 2009

Af Kristian Pedersen, Dark Cosmology Centre, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet.

I 2009 er det 400 år siden, at Galilei rettede en kikkert mod nattehimlen. Dette markeres verden over for at fremme interessen for astronomi og naturvidenskab. Aktiviteterne rettes dels mod den brede offentlighed men formålet er også, at styrke de naturvidenskabelige fag i skolerne og øge rekrutteringen til naturvidenskabelige uddannelser.

Astronomiår 2009

Normalt siger man, at 'The sky is the limit' – men i 2009 er det anderledes! I 2009 er det nemlig 400 år siden, at Galileo Galilei for første gang rettede en kikkert mod himlen og gjorde banebrydende opdagelser, som fuldstændig ændrede vores verdensopfattelse. Og derfor har den Internationale Astronomiske Union (den globale organisation for professionelle astronomer – med mere end 6000 medlemmer verden over) foreslået, at 2009 udnævnes til internationalt astronomiår. På FNs generalforsamling december 2007 blev resolutionen om Det Internationale Astronomiår endeligt vedtaget (med støtte fra Danmark), og året har dermed officiel international status. I 2009 bliver der således 'højt til loftet' og et festfyrværkeri af astronomi-relaterede aktiviteter vil involvere høj og lav, børn og voksne verden over.

Vision

Visionen for Det Internationale Astronomiår 2009 er at klodens indbyggere skal få en forståelse for menneskets plads i universet, og hvordan vores oprindelse, verdensbillede og daglige liv er tæt knyttet til Kosmos. Tænk bare på betydningen af månelandingerne, GPS- og meteorologi satellitterne samt de fascinerende billeder fra Hubble Rumteleskopet. De store spørgsmål som 'Hvordan opstod Jorden? Er der liv i rummet? Hvad er der mørke stof, som udgør det meste stof i universet? Hvordan begyndte det hele?' optager alle. Astronomiens store fascinationskraft skal bruges som spydspids til øge den generelle interesse for naturvidenskab. Specielt er Det Internationale Astronomiår 2009 en oplagt chance til at give naturfagene et løft og til at øge rekrutteringen til de naturvidenskabelige uddannelser.



Organisation

Relativt få, store internationale 'fyrtårnsaktiviteter' i astronomiåret er under planlægning, men de fleste aktiviteter vil foregå nationalt og regionalt. Forberedelserne til astronomiåret har stået på i mere end et år, og der er nu opbygget en slagkraftig internatio-

nal organisation med kontor i München (se portalen www.astronomy2009.org for informationer om de internationale aktiviteter og organisation). Aktiviteterne i de enkelte lande organiseres af en National Koordinator (i Danmark Kristian Pedersen), som står for at koordinere, katalysere og igangsætte nationale pro-

jekter i astronomiåret samt fungere som bindeled til den internationale organisation. I Danmark er etableret en National Komité med repræsentanter for de mange aktører, som allerede har vist stor interesse for at deltage i astronomiåret: Fagkonsulenterne for natur/teknik og fysik/kemi i Folkeskolen, fagkonsulenten for astronomi og fysik i gymnasieskolen, repræsentanter for planetarier, museer og science centre, professionelle formidlere, repræsentanter for astronomiske foreninger og repræsentanter for universiteterne. Desuden er oprettet målrettede arbejdsgrupper, som er den udfarende kraft i at iværksætte aktiviteter på de specifikke områder (folkeskoleområdet, gymnasietområdet, planetarier/science centre/museer,...). Organisation og aktiviteter i Danmark findes på astronomiårets danske web site www.astronomi2009.dk. Organisationen af astronomiåret er forankret i Instrumentcenter for Dansk Astrofysik (IDA) – et nationalt center (finansieret af Forskningsrådet for Natur og Univers) uden vægge, og som støtter og koordinerer dansk astronomi, herunder formidling. IDA leverer de basale støttefunktioner, der er nødvendige for at have en solid faglig og organisatorisk forankring af astronomiåret i Danmark.



Danske aktiviteter

Astronomi i Danmark har en lang tradition for et tæt samarbejde mellem forskere, lærere, professionelle formidlere og amatørastronomer om formidling af ny indsigt i verdensrummet såvel som af den naturvidenskabelige baggrund for nye opdagelser. Aktiviteterne i astronomiåret bygger på dette enestående netværk, og under sloganet 'Universet – din oplevelse' er en buket af aktiviteter ved at blive realiseret. Der er valgt to fokusområder for astronomiåret i Danmark: 1) Folkeskolen og Gymnasiet og 2) den brede offentlighed. For begge målgrupper rettes en særlig indsats mod dem, som ikke på forhånd har en særlig interesse for astronomi. Derfor vil en del af aktiviteterne møde 'de ikke specielt interesserede' på deres præmisser, dvs. på en form og i en sammenhæng, hvor astronomi og naturvidenskab ikke normalt optræder. Der vil også blive lagt vægt på astronomiens historiske, kulturelle og filosofiske sider, således at de menneskelige aspekter træder tydeligt frem og derved gør det lettere for den enkelte at træde ind i aktiviteterne.



Kristian Pedersen, astrofysiker, lektor. Forsker i mørkt stof, galaksehobe og kosmisk røntgenstråling. Manager for Instrumentcenter for Dansk Astrofysik, og ansvarlig for kommunikation og forskeruddannelse på Dark Cosmology Centre.

Magasin for astronomiformidling

"CAP-journal" er et nyt magasin for formidling af astronomi til offentligheden, udgivet af IAU. Man kan læse artiklerne på magasinets hjemmeside: www.capjournal.org.



I februar-nummeret kan man bl.a. læse om arbejdet med at indsamle de flotteste astronomibilleder fra hele verden, som skal indgå i de verdensomspændende udstillinger i astronomiåret 2009.

Stjernehimlen

Billederne på denne side er optaget af astrofotografen Anthony Ayiomamitis fra Grækenland, der velvilligt stiller sine billeder til rådighed for KVANT. Vi inviterer også andre astrofotografer til at indsende billeder.

Øverst på siden ses den store kuglehob M13 i stjernebilledet Herkules i en 2 timers eksponering med god seeing, maj 2007.

Nederst til venstre ses "Plejaderne" eller M45 i stjernebilledet Tyren. Denne hob af unge lysstærke blå-hvide stjerner, er stadig indhyllet i noget af den gas som stjernerne er dannet af. Den oplyste gaståge kaldes en refleksionståge fordi stjernernes lys reflekteres af

gassen. Billedet er taget i starten af december 2007 og baseret på sammenlagt 4 timers eksponering i fire farvefiltre.

Nederst til højre ses NGC 7635 – "Boble-tågen" i Cassiopeia, der er et imponerende eksempel på en aktiv "Wolf-Rayet" stjerne. Det er en emissionståge, da den udslyngede gas er så varm at den lyser af sig selv.

Anthony observerer med en "Astro-Physics AP160" refraktor (linseteleskop med en diameter på 160 mm) med enten et CCD-kamera eller et "Canon 350D" digitalkamera påmonteret. Se flere billeder på Anthonys hjemmeside: www.perseus.gr





Stjernehimlen mod syd den 1/4 kl. 21.

Månens faser:



Astronomiske begivenheder:

20/3 Forårsjævn døgn
3/3 Merkur største vestlige elongation (før solopgang)
22/4 Stjerneskudssværmen Lyriderne kulminerer.

Planeterne

Merkur kan i marts ses om morgenen og vil bevæge sig bag Solen (konjunktion 16/4), hvorefter den kan ses om aftenen, med største østlige elongation den 14/5.

Venus kunne ses før solopgang i januar og februar, men vil bevæge sig bag Solen (konjunktion 9/6) og vil først kunne ses igen sidst på året.

Mars, der ses mod vest i stjernebilledet Tvillingerne, bliver svagere da den er på vej om bag Solen. Den forsvinder i juli og vil først blive synlig igen i 2009.

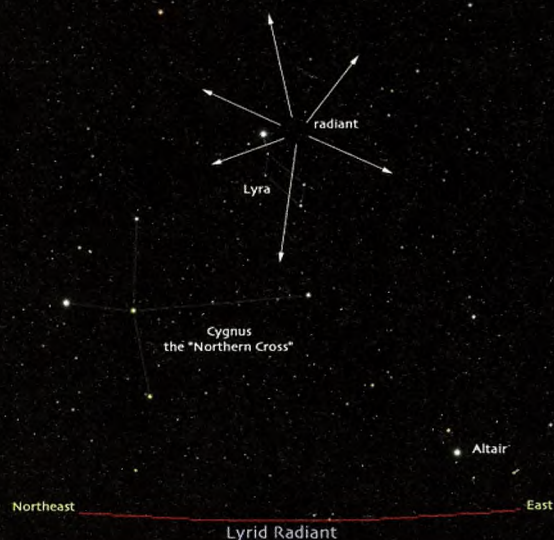
Jupiter står lavt på himlen i stjernebilledet Skytten og kan bedst ses om morgenen frem til opposition 9/7.

Saturn var i opposition den 10/2 og er i stjernebilledet Løven de næste par år. Lige nu ses den i nærheden af den klare stjerne Regulus.

Uranus og **Neptun** kan bedst ses i efteråret.

Stjerneskudssværmen: Lyriderne

Stjerneskudssværmen i Lyren er ikke så kraftig, men er værd at kigge efter i sidste halvdel af april. Se mere på <http://meteorshowersonline.com/lyrids.html>



Aktuelt stjernebillede: Løven



Med neutrinoen som fødselshjælper – en ny mekanisme for grundstofdannelse

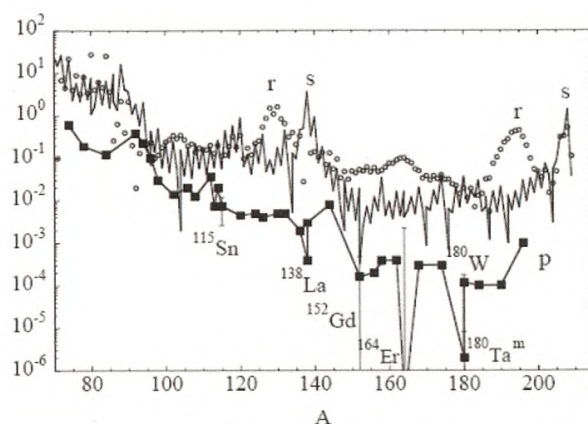
Af Nikolaj Thomas Zinner, Department of Physics, Harvard University og Det Naturvidenskabelige Fakultet, Århus Universitet.

Grundstoffernes dannelse i den såkaldte kernesyntese er et område af astrofysik som har fejret mange triumfer i sidste århundrede. Man har nu et klart billede af hvor og hvordan hovedparten af de naturlige isotoper skabes. Dog er der nogen meget lidt forekommende protonrige kerner som hidtil har voldt forskerne problemer. Her vil vi beskrive en ny proces, hvor neutrinoer i stjerner faktisk kan forklare forekomsten af nogle af de sjældneste grundstoffer i Naturen.

Grundstoffernes oprindelse

Når vi udforsker Naturens mange grundstoffer finder vi en overvældende mangfoldighed. Som vi alle lærer i skolen så kan grundstoffer organiseres efter deres kemiske egenskaber i Mendelevs periodiske system, hvori der optræder lidt over 100 forskellige elementer. Imidlertid findes der for stort set alle grundstoffer en række såkaldte isotoper. Disse er defineret som elementer med samme antal protoner og tilhørende elektroner, men med varierende antal neutroner. Altså grundstoffer med samme kemiske egenskaber men med forskelligt indhold i atomkernen. En voksende gren af kernefysikken kaldet nuklear astrofysik beskæftiger sig blandt andet med de naturlige spørgsmål der opstår når man betragter mængden af isotoper i naturen. Hvordan er disse blevet dannet, og hvorfor er de relative forekomster af forskellige isotoper som vi observerer?

Disse spørgsmål blev forskere for alvor interesseret i omkring starten af forrige århundrede, og specielt efter den moderne kvantemekaniks indtog i atom- og kernefysikken (efter 1925) fik man pludselig en lang række redskaber som kunne hjælpe med til at få dem besvaret. Observationer af lyset fra forskellige stjerner kunne sammenholdes med eksperimentel viden om atomernes udsendelse af lys og man kunne således påvise tilstedeværelsen af diverse atomer på stjernernes overflade. Sideløbende med dette forudsagde teoretikere forskellige kernefysiske processer som kunne smelte grundstoffer som hydrogen og helium sammen og frigive energi. Således kunne man pludselig forstå hvorledes Solen og andre stjerner fungerer. Eksperimentelle kernefysikere gik herefter i laboratoriet og målte på de forskellige processer således at man nu havde både kvalitativ og kvantitativ forståelse af stjerners udvikling. Fusionen af lette kerner til tungere eksemplarer giver jo netop et muligt svar på hvorledes grundstofferne faktisk dannes. Idet man på dette tidspunkt var sikker på at grundstoffernes fordeling ikke blot er en medfødt egenskab ved Universet, så var kernesyntese i stjerner lige det man havde brug for.



Figur 1. Fordelingen af tungere kerner i Solsystemet som funktion af kernerens massetal A (normaliseret til $\text{Si}=10^6$). På figuren ses bidrag fra kernesyntese ved langsom (s) og hurtig (r) neutronindfangning. Bemærk specielt toppene i de to kurver som svarer til bestemte kernetal hvor man eksperimentelt finder at kernerne er ekstra stabile. Den nederste kurve (p) viser fordelingen af de meget sjældne protonrige kerner.

Når man betragter bindingsenergien af kerner så finder man et pudsigt maksimum omkring jern. Dette betyder at stjerner ikke kan udvinde energi ved at fusionere kerner som er tungere end jern. Altså vil man umiddelbart ikke forvente at tungere grundstoffer kan produceres i stjernerne. Imidlertid viser det sig at man via indfangning af frie neutroner kan danne de tungere kerner. Når disse neutroner er indfanget vil de henfalde til protoner inden i kernerne og dermed skabe de tungere grundstoffer. Dette billede af kernesyntese med hydrogen og helium som oprindeligt materiale i Universet og stjerner som brændeovne for dannelsen af de resterende isotoper blev udviklet i løbet af 1940'erne og 1950'erne og blev opsummeret og systematiseret i banebrydende artikler af Burbidge, Burbidge, Fowler og Hoyle [1] og af Cameron [2]. Heri beskrives det hvorledes kernesyntesen i stjerner kan forklare de overordnede linier i grundstoffordelingen (se figur 1). 50 år senere er der ikke mange ændringer på det billede disse forskere opstillede af kernesyntesen,

dog er der stadig meget arbejde der skal gøres for at få de kvantitative detaljer på plads, og ligeledes med hensyn til at identificere præcis hvilke type stjerner der producere de forskellige isotoper. En elementær introduktion til kernesyntese i stjerner med yderligere referencer kan findes i [3].

I de senere år har man fundet ud af, at kernesyntesen i specielt tungere stjerner foregår under påvirkningen af massive mængder af neutrinoer. Disse bliver fremstillet i forskellige fusionsprocesser samt under tunge stjerner kollapsed frem mod en supernovaeksplosion. Det viser sig, at neutrinoer kan ændre fordelingen af grundstoffer i de øvre lag af sådanne stjerner når de reagerer med stoffet i disse områder. Ved at inkludere neutrinoer i simuleringer af kernesyntesen har man været i stand til at forklare nogle pudsige detaljer i fordelingen som ikke var forstået tidligere. For ganske nyligt har vi fundet ud af, at man via neutrinoer faktisk kan fremstille mange af de meget sjældne protonrige kerner som vi finder i naturen (se figur 1). Dette foregår i tunge stjerner som er på vej til at blive supernovaer. I resten af denne artikel vil vi introducere denne proces og forklare lidt om hvilke udsigter denne giver med henblik på at få et sammenhængende billede af kernesyntesen i stjerner.

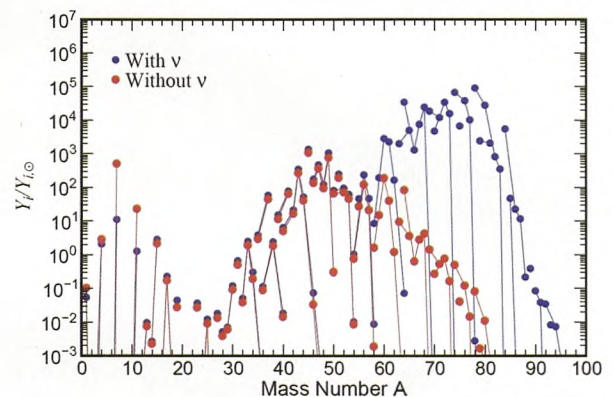
Eksotiske supernovaer

Når en tung stjerne løber tør for brændstof i form af kernemateriale der kan fusioneres, så vil den begynde at trække sig sammen under sin egen tyngdekraft. Stoffet i stjernens centrum vil således blive presset sammen til enorm tæthed. Imidlertid kan man ikke øge stoffets tæthed mere end til det punkt hvor det er omtrent ligeså tæt som i en atomkerne. Når denne grænse nås vil der udsendes en chokbølge fra stjernens centrum som kan udløse en supernovaeksplosion. Denne begivenhed efterlader en indre kerne af stjernestof med en radius på kun få kilometer og, afhængig af den oprindelige stjernes masse, vil enten en nyfødt neutronstjerne eller et sort hul være at finde i centrum. Vi er her specielt interesserede i det første tilfælde (se [4] for en introduktion til detaljerne omkring supernovaeksplosioner).

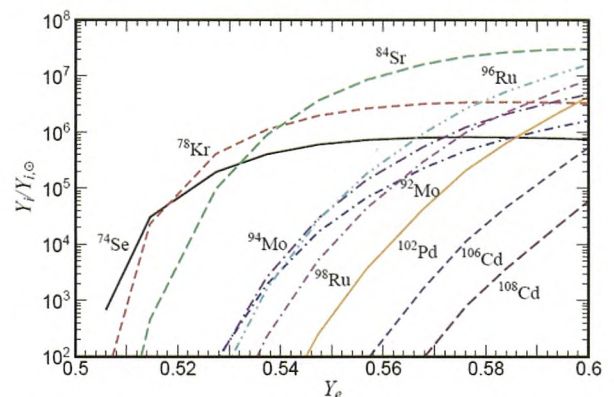
Neutronstjernens sammensætning skyldes at der under de enorme tætheder der hersker inden den dannes er mulighed for at omdanne proton og elektroner til neutroner og neutrinoer. De meget lette neutrinoer kan slippe væk med store mængder energi og det er således også en god måde for stjernen at køle af på. Man opnår nu en sammensætning af stof som er rig på neutroner. Imidlertid viser det sig at et lille område lige udenfor det såkaldte 'mass cut' mod forventning har overtal af protoner (mass cut er defineret som den radius hvor stoffet indenfor vil falde indad mens stoffet udenfor vil blive blæst bort af eksplosionen). Dette faktum skyldes en byge af meget energetiske neutrinoer som rammer området ved mass cut umiddelbart efter chokbølgen og eksplosionen starter. Flere uafhængige grupper har ved simulering af disse lag i stjernen fundet, at man netop her har betingelser som giver neutrinoerne mulighed for at skabe protonrigt materiale [5, 6].

Neutrinoens rolle

For at udforske mulige effekter på kernesyntesen af sådanne protonrige lag har man gennemført beregninger af isotopfordelingen for forskellige stjernemasser og forskellige eksplosionsenergier. I figur 2 viser vi resultatet af sådanne beregninger både med og uden neutrinoernes effekt. Her ses det at der er en slående effekt af neutrinoer for syntesen af kerner med massetal over $A \sim 64$! Dette skyldes at en strøm af antineutrinoer hjælper med at overvinde en tærskel for indfangning af protoner (husk at omgivelserne er protonrige!) omkring ${}^{64}\text{Ge}$ og derved hjælper kernesyntesen videre op mod tungere protonrige kerner [7]. Dette fortsætter op til $A \sim 100$ hvor kernerne begynder at henfalde meget hurtigt ved udsendelse af alfapartikler, hvilket stopper syntesen. Protonrige kerner med endnu højere massetal findes fremstilles ved en anden mekanisme [1].



Figur 2. Grundstoffordeling fra protonrige lag uden (rød) og med (blå) neutrinoer inkluderet i beregningen. Fordelingen er normaliseret til forekomsten i Solen. Bemærk at det protonrige lag er meget tyndt og at man derfor godt kan have forekomster langt over Solens og stadig få et samlet resultat som er i overensstemmelse med observationer.

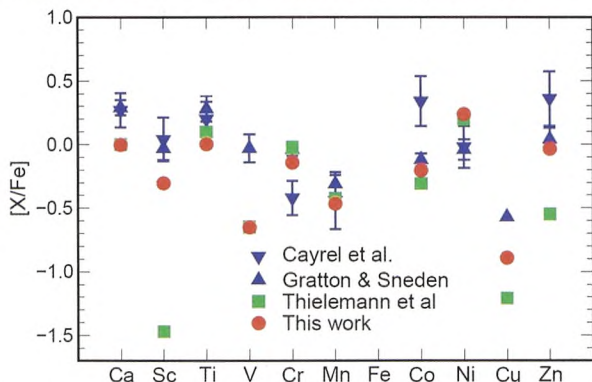


Figur 3. Forekomster af udvalgte isotoper som funktion af forholdet mellem protoner og neutroner (Y_e) i det materiale de dannes fra. $Y_e = 1/2$ betyder lige dele protoner og neutroner, mens $Y_e = 0,6$ indikerer at 6 ud af 10 kernepartikler er protoner.

Den ovennævnte proces for kernesyntese af protonrige kerner er blevet døbt νp -processen, ν for neutrino og p fordi der kræves overskud af protoner i omgivelserne. Det viser sig at denne er meget følsom overfor det præcise forhold mellem antal protoner og

antal neutroner i den pågældende stjerne. På figur 3 ser vi hvorledes forekomsten af forskellige kerner afhænger af netop dette forhold. Bemærk her specielt $^{92,94}\text{Mo}$ og $^{96,98}\text{Ru}$ som kan fremstilles i udpræget protonrige lag. Syntesen af disse kerner har hidtil været en gåde for forskerne. Denne nye mekanisme giver således grund til at tro at også syntesen af disse isotoper er indenfor rækkevidde.

Via nye teknikker for observationer og banebrydende forbedringer af vor viden om atomare linier har man gennem de senere år kunnet observere et stort antal såkaldte metal-fattige stjerner. Som navnet antyder, er der tale om stjerner som kun har ganske få metaller (såsom jern) på deres overflade. Dette tolker man som et tegn på at de ikke har produceret tungere kerner i deres indre men at forekomsterne man observerer i dem er et resultat af at stof fra astrofysiske begivenheder i omgivelserne er faldet ind på stjernernes overflade. Mange af disse stjerner er beliggende i udkanten af galaksen og er desuden meget gamle. Man forventer således ikke at de har deltaget i den blanding af stof der sker i en galakse, når stjerner udvikler sig, dør og eksploderer, og derefter bliver blandet med interstellært støv som føder nye stjerner. De metal-fattige stjerner giver os således en unik mulighed for at se påvirkningen af enkelte supernovaeksplosioner, og dermed få viden om hvilke grundstoffer der dannes i sådan en begivenhed.



Figur 4. Sammenligning af observationer af metal-fattige stjerner (Cayrel et al. og Gratton & Sneden) med simuleringer af kernesyntese uden (Thielemann et al.) og med (This work) effekten af neutrinoer for udvalgte grundstoffer. $[X/Fe]$ er forholdet mellem forekomsten af kerne X og jern, normaliseret til det samme forhold observeret i Solen.

I figur 4 viser vi en sammenligning af resultatet af kernesyntese ved νp -processen og observationer fra sådanne stjerner. Her ses det tydeligt, at inddragelsen af neutrinoer giver en meget bedre beskrivelse af observationerne. Bemærk specielt hvorledes forekomsten af ^{45}Sc , som før lå langt under data, nu giver et fornuftigt resultat. Dette er specielt interessant, idet ^{45}Sc er den eneste stabile isotop af Scandium og dens syntese har hidtil været en gåde for forskerne.

Fremtidige udsigter

Med νp -processen har vi nu en mekanisme som kan fremstille mange protonrige kerner som hidtil har været svære at forklare i realistiske simuleringer. Det viser sig også at de protonrige lag der kræves for at denne

proces kan operere forventes at forekomme i tunge stjerner for en række forskellige masser. Det vil sige at det beskrevne scenarium må antages at være en del af de fleste tunge kommende supernovastjerner. Dette giver en konsistent måde at få dannet de sjældne protonrige kerner på, og foreløbige simuleringer indikerer ligeledes at de fremstilles i relative mængder der svarer til observationerne. Det næste skridt man ønsker at udforske er hvorvidt man kan få en konsistent proces der både kan fremstille de protonrige og de neutronrige kerner vi ser i naturen. Neutronrige kerner forventes også at være skabt i tunge stjerners eksplosioner, blot i lag der ligger over dem vi har snakket om for νp -processen. Således ville det være særdeles interessant at gennemføre en simulation af kernesyntesen, hvori både de protonrige lag og de overliggende neutronrige lag beskrives. I bedste fald kunne man så få et helstøbt billede af kerneproduktionen ved disse eksplosioner. Dette kræver dog en forbedring af den nuværende metode, noget man i øjeblikket arbejder hårdt frem imod.

Til slut skal det understreges hvor vigtigt det er at vi i disse år ser en så gennemgribende forbedring og udvidelse af astronomiske observationer. Det var observationer der drev de afgørende idéer omkring kernesyntesen i forrige århundrede, og data fra de metal-fattige stjerner giver os nu ny indsigt i processerne. Dette er således afgørende for vores udsigt til en skønne dag at fuldende forståelsen af hvorledes grundstofferne fremstilles.

Litteratur

- [1] E.M. Burbidge, G.R. Burbidge, W.A. Fowler og F. Hoyle, *Reviews of Modern Physics* **29** 547 (1957).
- [2] A. G. W. Cameron, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **96** 201 (1957).
- [3] H. Fynbo og N.T. Zinner, *Grundstoffernes Historie*, *Aktuel Naturvidenskab Årgang 2007 nummer 6*.
- [4] H.-Th. Janka og S.E. Woosley, *Nature Physics* **1** 147 (2005).
- [5] J. Pruet *et al.*, *Astrophysical Journal* **644** (2006) 1028.
- [6] C. Fröhlich *et al.*, *Astrophysical Journal* **637** 415 (2006).
- [7] C. Fröhlich *et al.*, *Physical Review Letters* **96** 142502 (2006). Se også *Physical Review Focus* **17** story 14.



Nikolaj Thomas Zinner har i sit nyligt afsluttede ph.d. arbejde ved Institut for Fysik og Astronomi, Århus Universitet, beskæftiget sig med nuklear astrofysik, specielt neutrinoens rolle i syntesen af forskellige proton- og neutronrige kerner. Han arbejder som postdoc ved Department of Physics, Harvard University i USA, hvor han kigger på teoretiske aspekter af meget kolde atomare gasser.

KVANT-nyheder

Af John Rosendal Nielsen og Sven Munk, KVANT

Kvantecomputere et skridt nærmere

KVANTEFYSIK. I kvantecomputere, hvor de logiske tilstande er bundet til elektronspin, er det selvfølgelig vigtigt, at sådanne spin er stabile i tid. Forskerne har dog hidtil måtte affinde sig med, at kohærens-tider måles i μs , måske i ms. Det skyldes at elektronerne vekselvirker med omgivelserne – herunder de atomkerner, som findes i nabolaget.

Det nye, som et team af forskere fra USA og Schweiz har fundet på, er at lade et kvantepunkt (quantum dot) virke som container for den spindende elektron. Med et magnetfelt af moderat styrke (1 T) kunne det forhindres, at elektronen blev inddraget i en "Umklapp"-proces i ét sekund. Med nogle raffinementer – med svage deformationer af kvantepunktets struktur ved hjælp af elektriske felter – kunne kohærens-tiden øges yderligere.

Dominik Zumbühl fra Swiss Nanoscience Institute på Basel Universitet er en af hovedaktørerne.

Kilde: Physical Review Letters 100, 046803 (2008).

Forskningsmidler via ECR

FORSKNINGSPOLITIK. European Research Council (ECR) er begyndt at røre på sig. Starten af det forskningsrådet blev markeret med en åbningsceremoni i Berlin for 1 år siden. ECR er et EU projekt, hvor kommissionen, parlamentet og ministerrådet står bag. ECR skal yde økonomisk støtte til de allerbedste og mest perspektivrige forskningsprojekter. Selvfølgelig. Til dette formål budgetteres der med 7,5 mia. euro fordelt over de næste 7 år. Støtten er ikke begrænset til bestemte forskningsfelter, men synes at omfatte alt fra humaniora til life science og fysik.

Ansøgninger om forskningsstøtte bliver bedømt på, om projekterne virkelig repræsenterer det ypperste. I den forbindelse spiller det videnskabelige råd (The Scientific Council) en vigtig rolle, fordi det som autonom enhed formulerer politikken for ERC. Ønsker man at kende bemandingen af det videnskabelige råd, kan internet-adressen herunder bruges.

Kilde: Om ECR: <http://erc.europa.eu> (inkl. info om ansøgningsprocedurer).

Superfluiditet i krystal

KVANTEFYSIK. Helium fortættelse til en væske ved 5 K og bliver superfluid ved 2 K. Det betyder, at He-atomerne flytter sig imellem hinanden uden nogen indre friktion. He danner først krystaller, når det tillige udsættes for et tryk på 25 bar. For 4 år siden iagttog forskere på Pennsylvania State University at selv frosset He opførte sig som en superfluid. Nogle forskere foretrækker at tale om en supersolid tilstand.

En eksperimentel verifikation af fænomenet er ikke ligetil. Fortolkningen af de fremkomne resultater bliver ikke accepteret uden videre. Noget kan dog anføres om en af de benyttede metoder.

Et torsionspendul bringes til at svinge med ^4He i et lille glaskammer. Når temperaturen når ned på 0,2 K iagttages en forøget svingningsfrekvens, hvilket forklares med et mindre

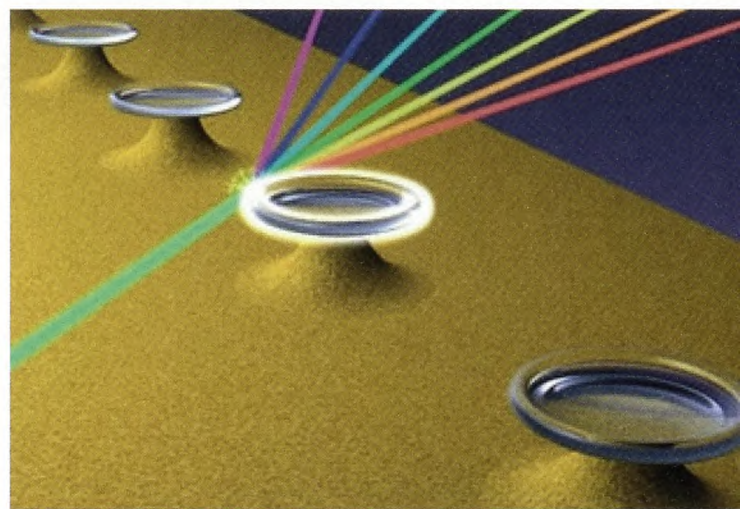
inertimoment. Dette bliver så videre begrundet med, at ved denne temperatur følger nogle af He-atomerne ikke længere med i svingningsbevægelsen. Medens hovedparten af atomerne svinger frem og tilbage bliver andre liggende på et bestemt sted i rummet. Heraf konkluderes, at der optræder superfluiditet.

Chan Alexander Balatsky, fra Los Alamos National Laboratory, har målt den specifikke varmekapacitet i He som funktion af temperaturen. Han finder, at der sker en svag stigning ved 0,2 K. Dette kunne signalere, at i det mindste nogle af He-atomerne undergår en tilstandsændring (faseovergang). Men som sagt, diskuteres det fortsat, om den endelige sandhed er fundet.

Kilde: Nature primo dec. 2007.

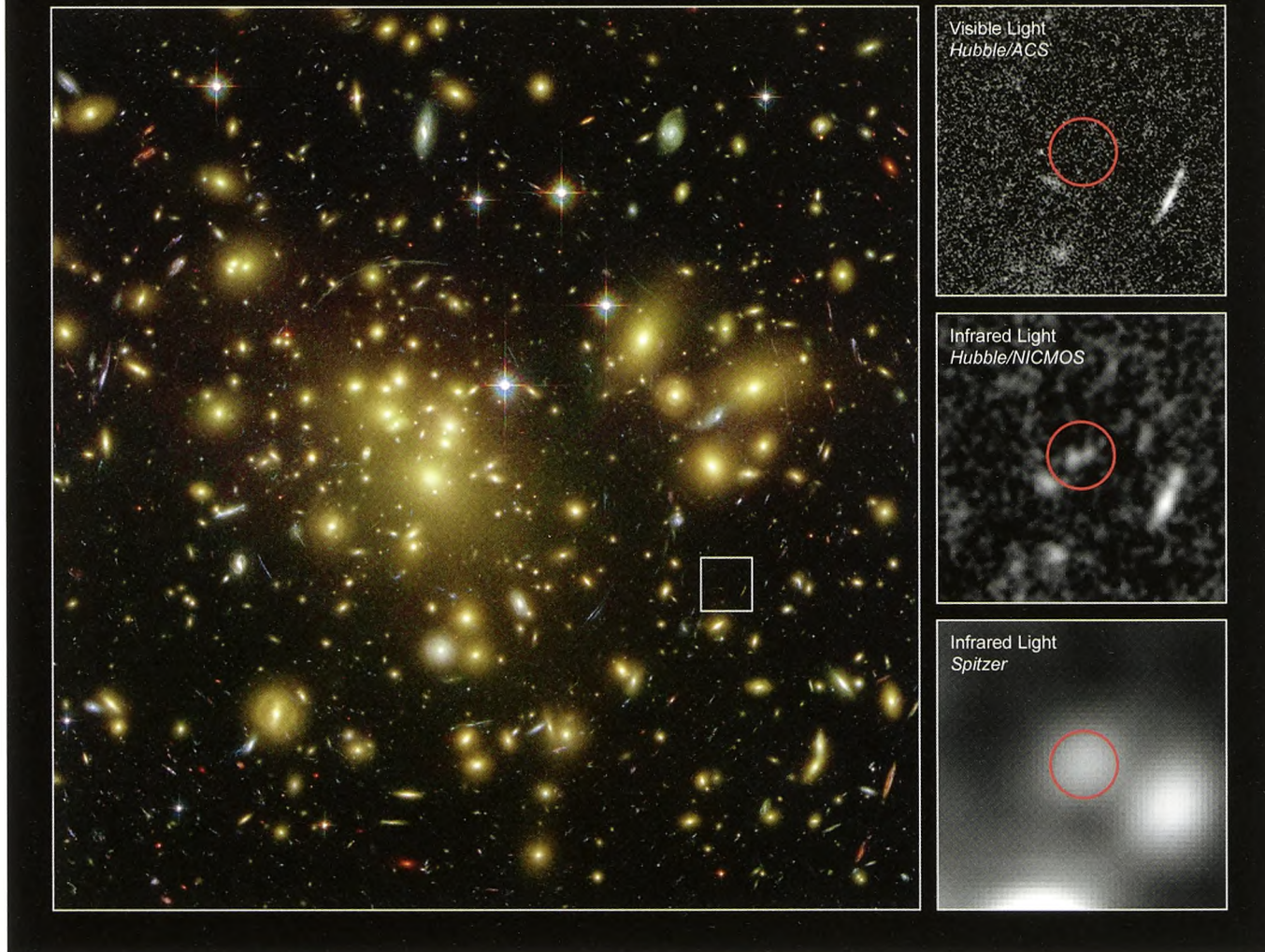
Optisk kamspektrum

OPTIK. Med en 75 μm stor ringresonator af glas er det lykkedes forskere på MPI für Quantenoptik at frembringe et optisk kamspektrum. Et sådant spektrum kan bruges som en slags optisk lineal, hvor afstanden mellem spektrallinjerne er konstant. I artiklen, som er offentliggjort i Nature, angives afstanden mellem de enkelte spektrallinjer til 400 GHz. Hvad der imidlertid er nok så interessant: Disse spektrallinjer kan sammenlignes med andre lyskilder (f.eks. lasere). Usikkerheden hvormed spektrallinjer kan bestemmes angives til ekstremt lille. Metoden til at frembringe optiske kamspektre gav Theodor Hänsch (MPI) Nobelprisen i 2005.



Med henvisning til billedet, så angiver den lysende (grønne) linje fra nederste venstre hjørne en monokromatisk stråling, som bliver ført frem til ringresonatoren gennem en optisk fiber. Er den optiske stråling af tilpas styrke vil glassets optiske ulinearitet manifestere sig (Kerr effekten) og der vil som blandingsprodukter opstå en masse nye frekvenser. Resonatoren sørger så for at udvælge de linjer, som skal blive de stærkeste. Disse forlader resonatoren i retning op mod højre.

Kilde: Max-Planck-Institut für Quantenoptik, München Nature, 20. December 2007.



Hidtil fjerneste galakse

ASTRONOMI. Observationer fra Hubble teleskopets nærinfrarød og multiobjekt spektrometer (NICMOS) har opdaget en galakse fra Universets barndom. Det er måske den fjerneste – og dermed yngste – galakse, der hidtil er blevet observeret med et teleskop. Galaksen – der har fået navnet A1689-zD1 – er dannet omkring 700 millioner år efter Big Bang. Astronomer mener, at galakser som A1689-zD1 bragte Universet ud af den mørke æra, der er betegnelsen for perioden fra Big Bang til de første stjerner og galakser blev dannet.

Observationen af denne fjerne galakse klarede Hubble teleskop ikke alene. Det fik hjælp af galaksehoben Abell 1689, der ligger mellem os og den fjerne galakse. Tyngdekraften fra den store samling af galakser virker som en linse, der forstærker lyset fra bagvedliggende objekter.

Rødforskydningen af lyset fra galaksen A1689-zD1 er omkring 7,6, hvilket betyder at lyset er blevet strakt så meget at det ikke længere kan ses på optagelser af synligt lys, men kun i infrarødt. Det infrarøde rumobservatorium Spitzer har bekræftet Hubbles observation af den fjerne galakse.

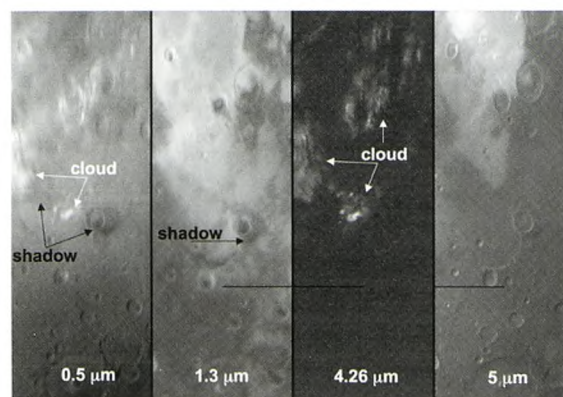
A1689-zD1 er meget mindre end Mælkevejen, men er forholdsvis kraftigt lysende, da nye stjerner dannes i stor stil. Astronomerne mener, at der findes mange af disse galakser, men vi kan kun se dem, når en galaksehob som Abell 1689 virker som et gigantisk teleskop.

Kilde: HST, <http://www.spacetelescope.org/news/html/heic0805.html>; <http://www.tycho.dk/article/view/4797>

Skyer på Mars

PLANETFYSIK. Franske forskere har afsløret skyer på Mars med optagelser fra den europæiske rumsonde Mars Express. Mars' atmosfære er meget tyndere end Jordens og den består hovedsagligt af kuldioxid, men alligevel har den en

atmosfære med skyer. Skyerne består af frossen kuldioxid (tøris) og forskerne har vist, at de har langt større tæthed. De er så tætte, at de kaster skygge på Mars' overflade (se billedet)



Man har tidligere set tegn på skyer på Mars, men dette er første gang, at man direkte har observeret dem. Til forskernes store overraskelse har skyerne vist sig at være forholdsvis store og ligge højt i atmosfæren – mere end 80 km over overfladen. Tidligere målinger indikerede højtliggende skyer på Mars der ikke var særligt tætte og som bestod af små partikler. Men de skyer som de franske forskere observerede med "OMEGA Visible and Infrared Mineralogical Mapping Spectrometer" instrumentet, er flere hundrede kilometer på tværs og de er meget mere tætte end forventet. Glem alt om fjeragtige skyer som her på Jorden. Skyerne på Mars minder snarere om høje skyer, der dannes når varm fugtig luft stiger til vejrs.

Den helt store overraskelse er, at skyerne består af mikrometer (en tusindedel millimeter) store partikler i diameter. Man forventer normalt, at partikler af en sådan

størrelse ikke vil blive dannet i den øvre atmosfære, og hvis de gør, vil de hurtigt falde ned mod overfladen. Da tørisskyerne er blevet fundet omkring ækvator menes det, at de er dannet af cirkulation i atmosfæren, der opstår ved de ekstreme ændringer i den daglige temperatur. Der opstår en ekstrem konvektion med de lave temperaturer om natten og de relative høje temperaturer om dagen.

Det er endnu uklart hvordan skyer dannes på Mars. På Jorden dannes skyer ved at vanddamp samler sig på fx små støvkorn. En mulig forklaring kunne være Mars-støv, der er kommet op i den øvre atmosfære.

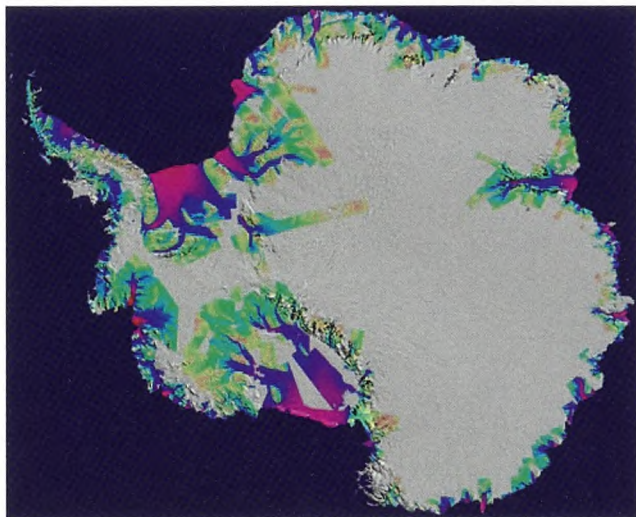
Mars' skyer er uhyre interessante, da de kan øge vores indblik i Mars' klima. Ved at studere skyernes egenskaber håber forskerne at lære noget om, hvilken rolle skyerne spiller for det globale klima på Mars.

Kilde: <http://www.tycho.dk/article/view/4750/1/32>; http://www.esa.int/esaCP/SEM1DV3MDAF_index_0.html

Forøget smeltning af is fra Antarktis

GEOFYSIK. Istabet fra Antarktis er forøget med 75 % over en tiårig periode, idet kontinents gletsjere bevæger sig hurtigere.

En international forskergruppe under ledelse af Eric Rignot fra NASA's Jet Propulsion Laboratory har estimeret ændringer i Antarktis' is i tiden mellem 1996-2006. De fandt frem til, at is-tabet er tiltaget fra 112 mia. ton i 1996 til 196 mia. ton i 2006, hvilket svarer forøgelse på 75 %. Resultatet er omkring 20 % højere end en måling fra en anden NASA-undersøgelse, men denne forskel er indenfor begge undersøgelser. Usikkerheden på de seneste målinger er på 91-92 mia. ton.



Forskerne har opnået resultatet ved studere 15 års radar data fra satellitter fra Europa, Canada og Japan. På billedet kan man se, at det specielt er den vestlige del af Antarktis, hvor istabet er steget, men det østlige Antarktis har også tabt store mængder is. De lilla og røde farver angiver et hurtigt istab, mens den grønne farve angiver langsomt istab.

Hvis deres målinger er korrekte, vil det øgede istab betyde en stigning i det globale havniveau fra 0,3 mm om året i 1996 til 0,5 mm om året i 2006. Istabet fra Antarktis svarer næsten til istabet fra Grønland. Ifølge forskerne er grunden til den øgede smeltning, at havvandets temperatur er stigende. Rignot påpeger vigtigheden af at overvåge kontinentets iskappe, idet den tilsyneladende bliver påvirket hurtigere end forventet.

Kilde: Tycho Brahe Planetarium 24/1-08, www.tycho.dk/article/articleview/4761, www.jpl.nasa.gov/news/news.cfm?release=2008-010

Krudtløs kanon

KANONFYSIK. "Railgun" kaldes dette instrument, som nu testes af US Navy. Elektromagneter har erstattet det gammeldags krudt som middel til at give et projektil fart.

Der er gennem årene brugt mange penge på at få railgun-metoden til at virke i praksis. Flere forskningsprogrammer er blevet stoppet undervejs, fordi det var for svært.



Teorien for en sådan railgun har været kendt i årtier. Projektilet, som i de seneste eksperimenter er Al, anbringes på to parallelle strømførende skinninger. Når kontakten sluttet løber en ekstrem stor strøm gennem skinnerne og projektilet. Med et stærkt magnetfelt nær skinnerne, kommer Lorentz kraften i spil.

Billedet herover viser kanonen. Bemærk de tykke kabler helt til venstre (ved kranen).

Ved seneste forsøg i Naval Surface Warfare Center opnåede man en hastighed på 2,5 km/s (Mach 7). Kanonens energi angives ud fra dette til 11 MJ. US Navy ser årstallet 2020 for sig, når der tales om deployering af RAILGUNS til krigsskibe.

Forskere, som har brug for at bringe genstande op i stor hastighed, kan måske lade sig inspirere af metoden.

Kilde: Naval Surface Warfare Center (Dahlgren/Virginia).

Lyn udsender gammastråling

PLASMAFYSIK. Med en speciel måleopstilling, som måler synlig stråling og gammastråling samtidig, har en japansk forsker dokumenteret sammenhængen mellem lynudladninger, røntgen- og gammastråling. Forskeren kunne følge et kraftigt uvejr over Tokio, hvor der kunne observeres et 40 sekunder langt gamma udbrud.

Gammastrålingen havde fotonenergier på op til 10 MeV, hvilket anses for umuligt at opnå med de elektriske feltstyrker, som optræder i tordenskyer. Derfor spekuleres der i, om det er højenergetisk kosmisk stråling, som ioniserer luften i skyen. Herved kan fri ladningsbærere dannes og der åbner sig en strømkanal for lynet.

Kilde: Teruaki Enoto, Tokio Universitet, *Phys. Rev. Lett.* **99**, artikel-nr. 165002 (2007).

ZnO nanowire udsender lys

NANOFYSIK. Det er lykkedes at dotere ZnO nanowires med fosfor (ZnO:P). Fosforatomerne virker som acceptorer og frembringer herved en p-type halvleder. ZnO foretrækker at optræde (intrinsisk) som en n-type halvleder, og ikke glad for en forvandling til p-type. Det nye forskningsresultat er værd at bemærke, for med en pn-overgang i en ZnO nanowire er der frembragt optisk stråling. Energigabet ZnO (II-VI

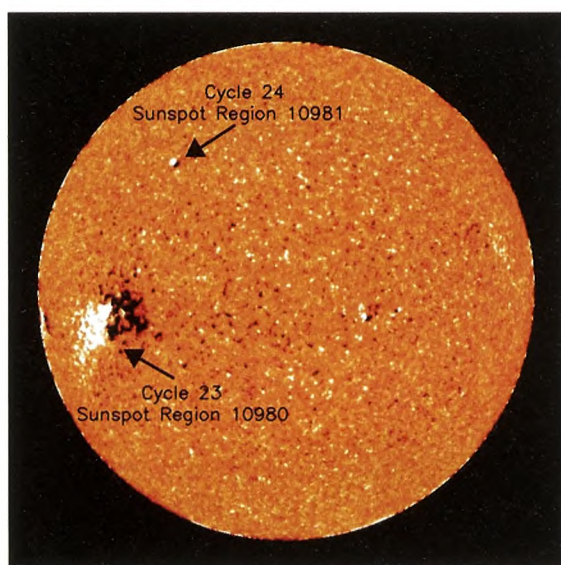
halvleder) er stort, så strålingen vil høre til i den blå ende af spektret. Potentialet er både LED og laser-dioder af ZnO.

Metoden, som forskerne har brugt til at bringe fosforatomer ind i nanowiren, betegnes som en pulseret laser deposition proces. Arbejdet er udført på Universitet i Leipzig (Institut for eksperimentel fysik II) under ledelse af Dr. Marius Grundmann

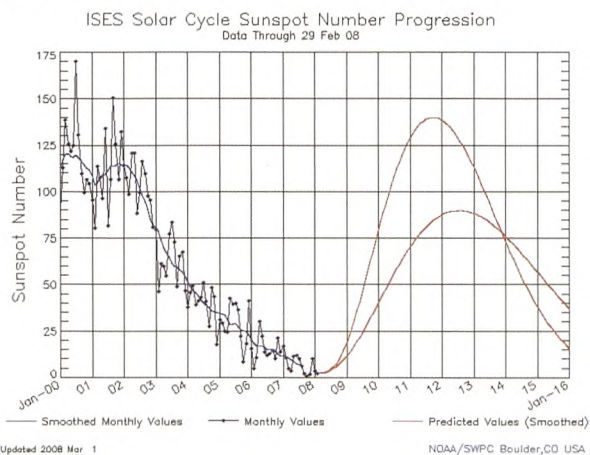
Kilde: *Nanotechnology* 45, 455707 (2007).

Solens næste cyklus er påbegyndt

ASTRONOMI. Undersøgelser fra det amerikanske National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) har vist, at den næste solcyklus (Cycle 24 på billedet) er gået i gang. Hvert 11. år bytter nordpolen og sydpolen plads i Solens magnetfelt. Under denne proces dannes solpletter i de områder, hvor Solens magnetfelt er brudt gennem overfladen. De opstår ved, at magnetfeltet forhindrer at den varme gas fra dybereliggende lag kan nå op til overfladen. Solpletterne ser derfor mørke ud, fordi temperaturen er ca. 1.500 grader lavere end den omkringliggende soloverflade, der har en temperatur på 4.500 grader.



Det indviklede magnetfelt ændrer på spektrallinierne i Solens spektrum. Spektret kan dannes ved at sende lyset igennem et prisme. Spektrallinierne stammer fra de grundstoffer, der findes i Solens yderste lag, og magnetfeltet får dem til at deles sig op. Opsplitningen er kendt som Zeeman-effekten og kan give information om, hvordan magnetfeltet orienterer sig. På billedet nedenfor kan man se magnetfeltet som hvide og sorte pletter, hvor hvid farve markerer udadgående feltlinier, mens feltlinier, der går ind, er markeret med sort.



Solpletter er et fænomen, der endnu er under udforskning og de er derfor ikke så velbeskrevet. Det har betydet, at forskerne er uenige om hvornår solaktiviteten topper, og hvor voldsom udbruddet vil blive. En gruppe af forskere forudsiger, at aktivitetsniveauet vil være op til halvdelen større end den tidligere cyklus 23, og det vil toppe i 2011, mens en anden gruppe forudsiger, en langt lavere aktivitet som vil toppe i 2012.

Det er dog sikkert, at solpletterne skaber store soludbrud, hvor enorme mængder elektrisk ladede partikler bliver slynget ud i rummet. Disse udbrud kan ødelægge satellitter og forstyrre vores mere og mere følsomme elektriske systemer. Det er derfor vigtigt at følge Solens aktiviteter, så nødvendige forholdsregler kan tages.

Kilde: www.tycho.dk/article/view/4739/1/344/ og www.noaanews.noaa.gov/stories2008/20080104_sunspot.html

Magnetit er trykfølsomt

FASTSTOFFYSIK. Det ferromagnetiske materiale magnetit ændrer magnetiske egenskaber, når det udsættes for tryk. Det sorte materiale er det i naturen forekommende materiale med den største magnetiske styrke. I biologien er der en række eksempler på, at det bruges som aktiv del i magnetiske sensorer, f.eks. i fugle.

Udsætter man magnetit for et tryk på 120.000 ... 160.000 atm, halveres den magnetiske feltstyrke. Forklaringen på dette er, at den kvantemekaniske effekt, som betegnes elektron-spin-parring, bliver forstærket. I gode ferromagnetiske materialer er spin-parring forsvindende og derfor kan alle spin orienteres i samme retning. Det giver den maksimale magnetiske induktion. Med en stærkere spin-parring bliver der blokeret for, at alle spin kan orientere sig frit.

Som en sidebemærkning til ovenstående, kan tilføjes, at det er ret enkelt med noget ferrit (f.eks. transformatorerne) og en skruestik at lave en demonstration af, at magnetiske materialer er trykfølsomme. Med spoler, oscilloskop og en generator kan man se hysteresekurven forandre sig, når ferritten udsættes for et rimeligt stort tryk. Bliver det for stort, flækker ferritten – og man begynder forfra.

Kilde: Yang Ding, Geophysical Laboratory, Carnegie Institution, Washington, *Phys. Rev. Lett.* (planlagt).

Nyt for UFO-venner

RUMFORSKNING. I løbet af foråret vil det britiske forsvarsministerium (Ministry Of Defence) lægge sin samling af rapporter om UFO-sager på internettet. Hvorfor ministeriet gennem årene har beskæftiget sig så seriøst med UFO-temaer er ikke til at sige, men måske har skønnet været, at man løb en risiko ved blot på forhånd at afvise alt som fantasier. Det kunne jo være, at der var noget nyt under solen.

Vil man prøvesmage indholdet i de ministerielle rapporter, er her et sted at starte. Det handler om det, der kaldes "Cosford Incidenten" i 1993. På nedenstående internetadresse kan de to rapporter, Cosford Part 1 og 2, hentes.

Kilde: <http://www.mod.uk/DefenceInternet/FreedomOfInformation/PublicationScheme/SearchPublicationScheme/UnidentifiedFlyingObjectsufocCosfordIncident1993.htm>

Den store protonaccelerator – status for LHC

Af Michael Cramer Andersen, KVANT.

Efter næsten 10 års byggeri er CERNs nye superledende proton-accelerator Large Hadron Collider (LHC) færdigbygget og ved at blive startet op. LHC bliver menneskehedens hidtil mest komplicerede fysikeksperiment. Partikelfysikerne holder vejret indtil de første protoner er blevet sendt rundt i den 27 km lange tunnel. Derefter kan eksperimenterne begynde. I denne artikel ser vi på LHC i overblik, mens specialartikler af forskere senere på året vil give indblik i forskellige aspekter af eksperimenterne ved LHC.

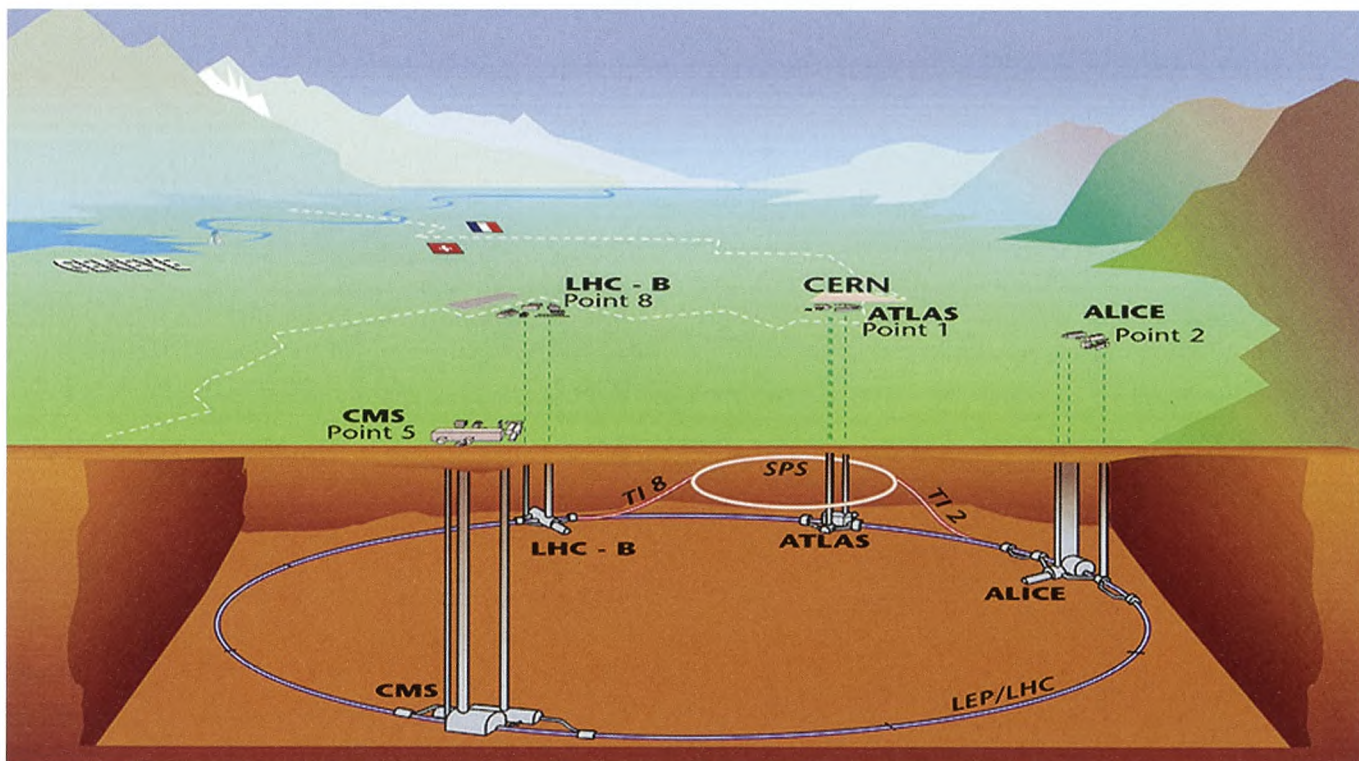
Mod højere energier

Der er nu installeret flere hundrede tusinde tons stål og elektronik – det der tilsammen udgør LHC. Kernen i acceleratoren er over 1600 sektioner med superledende magneter, der skal køles ned til 1,9 K ($-271,3^{\circ}\text{C}$) med flydende helium, for at skabe det meget kraftige magnetfelt (8,3 Tesla) der skal til for at afbøje protonstrålerne rundt i ringen. En skade efter et uheld med en magnet, der brød sammen under en tryktest, er repareret og de første sektioner er kølet ned og bliver nu testet.

Når alle sektionerne er kølet ned samtidig, kan man begynde at sende protoner ind i acceleratoren. Det forventes at ske omkring maj måned. Der startes med én protonstråle ved lav energi og derefter tilføjes en protonstråle i modsat retning. Efter man har prøvet at bringe protonstrålerne til at kollider, forøges intensiteten og energien gradvist.

LHC vil operere ved en energi, der er højere end nogen tidligere partikelaccelerator. Protoner vil blive accelereret hver sin vej op til 99,9999991 % af lysets hastighed, svarende til en energi på 7 TeV eller 7.000 gange større end protonens energi i hvile. Protonerne bringes til at kollider fire forskellige steder, hvor en række eksperimenter med avancerede detektorer (se figur 1 og boksen næste side) skal afsløre om der dukker ny fysik op ved højere energier.

Når LHC kører som planlagt senere på året vil omkring 2800 bundter af op imod 100 mia. protoner krydse hinanden ved de fire eksperimenter op til 30 mio. gange i sekundet. Der ventes hvert sekund omkring 100 kollisioner af interesse, der giver en datamængde på ca. 1 Gbyte, som distribueres til store computercentre. Herfra kan fysikerne hente data hjem og analysere dem via "The GRID", der er en overbygning til Internettet som kan håndtere enorme datamængder og beregninger.



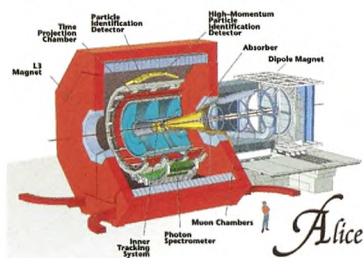
Figur 1. Oversigt over LHC-acceleratoren med eksperimenter placeret i fire skakter der går fra 50-175 meter ned under jorden.

Eksperimenter ved LHC:

Efter den indledende testfase starter disse eksperimenter ved LHC (bemærk personerne):

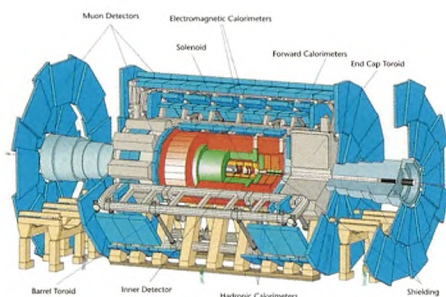
ALICE-eksperimentet (aliceinfo.cern.ch)

Skal kolliderer tunge atomkerner mod hinanden med så høj energi, at der kan skabes et kvark-gluon plasma. ALICE er udviklet i et samarbejde med over 1000 forskere fra 30 lande. ALICE står for "A Large Ion Collider Experiment".



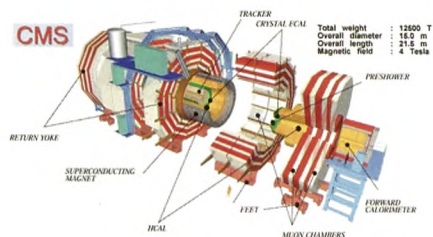
ATLAS-detektoren (www.atlasexperiment.org)

Skal udforske mange fænomener – lige fra Higgs-partiklen til supersymmetriske partikler og ekstra dimensioner. Detektoren er 46 m lang og 25 m høj og dermed den største bygget nogensinde. Der er over 1900 deltagende forskere fra 35 lande.



CMS-detektoren (cms.cern.ch)

Er designet til mange formål og den vil konkurrere med ATLAS om at gøre opdagelser. CMS har andre tekniske løsninger, bl.a. en stor superledende solenoide (elektromagnet med ensartet magnetfelt). Der deltager over 2300 forskere fra 38 lande. CMS står for "The Compact Muon Solenoid".



LHCb-eksperimentet (lhcb-public.web.cern.ch)

Skal undersøge b-kvarer. Samarbejdet omkring LHCb tæller over 700 forskere fra 14 lande.

Samt to små eksperimenter: **LHCf** og **TOTEM**.

Kvarer og gluoner

ALICE-eksperimentet skal skabe plasma af kvarer og gluoner. Dette svarer til forholdene i Universet omkring et mikrosekund efter Big Bang. Eksperimentet skal give mere viden om hvorfor kvarkerne kun er stabile i bundne systemer som protoner og neutroner og hvorfor de samtidig vejer mere, når de indgår i disse partikler, end når de bevæger sig "frit" i et kvark-gluon plasma.

Symmetrien mellem stof og antistof

LHCb-eksperimentet, der skal undersøge om b-kvarer ('b' står for beauty), kan fortælle noget om hvorfor og hvordan symmetrien mellem stof og antistof blev brudt i det tidlige Univers. I dag er alt kun opbygget af stof.

Higgs-partiklen

ATLAS vil prøve at påvise Higgs-partiklen – den sidste og afgørende brik i partikelfysikkens Standardmodel. Den giver i teorien alle andre partikler deres forskellige masser. Mekanismen der er forbundet med Higgs-partiklen vil også fortælle om nogle egenskaber ved vakuum, der vil kunne kaste lys over den mørke energi, som dominerer i Universet. Man forventer først at få brugbare resultater fra dette eksperiment efter 1-3 år.

Supersymmetri og mørkt stof

På trods af Standardmodellens enorme succes er der behov for at udvide den både af matematiske grunde og fordi man ellers har svært ved at forklare det mørke stof, der observeres i galakser, hvor det udgør omkring 6 gange så meget som almindeligt stof (atomer).

ATLAS-eksperimentet skal sammen med CMS og LHCb afsløre om de kendte partikler (fermioner og bosoner) har supersymmetriske partnere og hvilken rolle en sådan supersymmetri har i en forenet teori. En af de førende kandidater er "neutralinoen" – den letteste og mest stabile superpartner og derfor en god kandidat til det mørke stof.

Ekstra dimensioner

ATLAS- og CMS-eksperimenterne skal lede efter eventuelle ekstra rumlige dimensioner, der er en forudsætning for f.eks. strengteorien. Eksperimenterne vil søge at svare på hvor mange ekstra dimensioner der er, hvor store de er og hvordan de er skjult? Hvilke nye partikler vil blive dannet og hvordan bevæger de sig gennem de ekstra dimensioner? LHC vil kunne detektere ekstra dimensioner der er 10 mio. gange mindre end et atom (10^{-17} m). Nogle teoretikere mener, at LHC måske vil producere mikroskopiske sorte huller.

Afslutning

Alle disse fænomener, der er forudsagt af teorierne, bryder med kendt fysik og vil forblive spekulationer indtil de måske påvises ved LHC eller dens afløser?

Litteratur

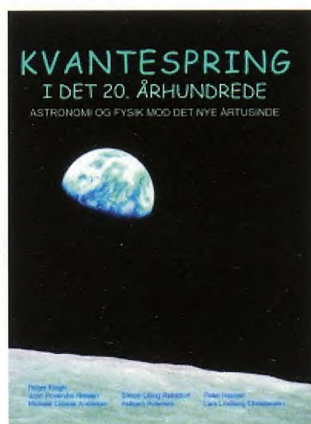
- [1] Graham P. Collins (2008), The Discovering Machine, *Scientific American* Feb. 2008, s. 31-37.
- [2] LHC-projektet ved CERN, <http://lhcb-public.web.cern.ch/lhcb/>
- [3] Guide til LHC (60 sider), <http://visits.web.cern.ch/-visits/guides/tools/manual/english/LHC.booklet-2.pdf>

Aktuelle bøger

Af Henrik Bang, John Rosendal Nielsen og Michael Cramer Andersen.

Kvantespring i det 20. århundrede

Redigeret af: John Rosendal Nielsen. Fysikforlaget 2007. "Kvantespring i det 20. århundrede – Astronomi og fysik mod det nye årtusinde", 192 sider, 150 kr. <http://www.lmfk.dk/boeger/info/fy/kvantespring.php>.



Fysikforlaget har udgivet en bog om det 20 århundredes Astronomi og Fysik. Som det skrives i forordet var dette århundrede "en utrolig spændende og bemærkelsesværdig periode. Der forekom politiske kulturelle og videnskabelige omvæltninger som kan tage vejret fra enhver..." Opgaven har tydeligt været at formidle nogle af disse bemærkelsesværdige omvæltninger inden for fysik og astronomi på en måde der foruden at give et vist overblik samtidig tegner et spændende og mangefacetteret billede. Selvom det tyvende århundrede allerede er historie er der stadig mange – også nye – historier at fortælle om det og mange af de opdagelser og teknologier der kom frem vil både præge vores opfattelse af naturen, erkendelsesprocessernes egen erkendelse og samfundsudviklingen.

Der er udvalgt 10 emner der er skrevet delvist i en kronologisk orden og som spænder fra opdagelsen at kvante- og relativitetsteori over stjerners energiproduktion til computere og satellitter. Bag bogen står et forfatterkollektiv på 7 personer, med en solid baggrund enten i videnskabshistorie, som deltagere i videnskabsprocessen eller som formidlere i gymnasiet.

Bogens målgruppe er givetvis nogle med en vis baggrund i fysik. Mange af kapitlerne f.eks. dem om den tidlige kvantefysik og relativitetsteori indeholder formler eller argumentationer som kræver en vis træning. Omvendt vil man selv med en vis baggrundsviden om fysik og astronomi finde interessante og nye synsvinkler i flere af kapitlerne. Anmelderen fandt f.eks. kapitlet om stjernelys og et univers af brint fuld af oplysninger jeg ikke er stødt på før. Andre vil givetvis have det sådan med andre kapitler. Og selv om man måtte have et mere indgående kendskab til et emne

er der tale om ganske gedigne oversigtsartikler som f.eks. Peter Hansen fra Niels Bohr Institutets bidrag om partikelfysikkens udvikling fra 1950'erne til i dag.

En oplagt målgruppe er naturligvis lærere der her kan finde inspiration til undervisningsforløb eller tværfaglige samarbejder omkring f.eks. aspekter af det 20 århundredes historie. Men også elever på gymnasiale B og A niveauer vil kunne finde inspiration til f.eks. studieretningsprojekter eller andre større opgaver. En del artikler kræver givetvis en vis vejledning at læse, men omvendt kan man altså også trække ganske mange konkrete og nuancerede oplysninger ud. Kapitlet om de første atombomber tilfører f.eks. en hel del i forhold til tidligere danske udgivelser med gymnasieelever som målgruppe.

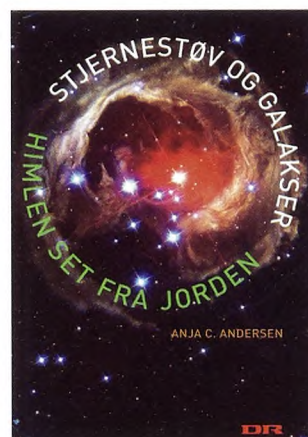
Man kan naturligvis altid i et sådant udvalg diskutere valg og fravalg. Personligt kunne jeg godt have tænkt mig mere om også teoretiske erkendelser i faststof og materialefysikken. Måske kunne aspekter af fysiks indtrængen i andre naturvidenskabelige områder også være belyst f.eks. i relation til biologi og hele sundhedsområdet. Omvendt synes jeg måske at et kapitel om kaos er lidt tidligt 90'er-agtigt og præges mere af matematik end fysik. Kapitlet om Apollo-rejserne kunne måske også med fordel være bredt noget ud med flere aspekter af planetudforskningen så fokus også var lidt mere på fysiske end tekniske aspekter ved rumforskningen.

"Kvantespring i det 20 århundrede" er rigt illustreret og har en lang række udmærkede henvisninger dels til litteratur, men ikke mindst i flere artikler til internet sider hvor man kan finde yderligere informationer.

Henrik Bang

Stjernestøv på hjernen

Forfatter: Anja C. Andersen. DR Forlaget 2007. "Stjernestøv og galakser – Himlen set fra Jorden", 144 sider, 299 kr. <http://www.dr.dk/forlag>.



Når programmerne i fjernsynet på DR er X-factor og Sporløs, er det heldigt, at radioens P1 endnu kan byde på mere inspirerende og interessante udsendelser. Rosenkjær foredragene er et af de tilbud, hvor man kan blive underholdt og samtidig oplyst. Foredragene afholdes i sammenhæng med DRs formidlingspris, Rosenkjærprisen, der gives for en enestående formidling af et vanskeligt emne på dansk. I 2006 modtog Anja C. Andersen Rosenkjærprisen, og hun kvitterede med seks radioforedrag om emner indenfor astronomi og kosmologi. Denne bog er blevet til på baggrund af disse foredrag.

De første seks kapitler giver et overblik over, hvordan Universet er skruet sammen. Vi får kigget astronomerne over skuldrene, og bliver introduceret til emner som Solsystemet, galakser, mørkt stof og mørk energi. Anja Andersen præsenterer det let og elegant og hun tilføjer sine egne oplevelser og synspunkter til emnerne, så det letter forståelsen. Der bliver f.eks. beskrevet diskussionen om Plutos planetstatus eller dværgplanetstatus, og her kan Anja ikke lade være med at undre sig over den store mediebevågenhed diskussionen fik. Om et himmelobjekt har en titel som planet eller dværgplanet ændrer jo ikke på himmellegemet. Det gør hun smukt med et citat fra et Shakespeares drama Romeo og Julie: "Hvad er et navn? Det, vi kalder en rose, vil dufte lige sødt, hvad end det kaldes."

Anja C. Andersen kommer også godt fra at beskrive de mere eksotiske emner som mørkt stof og mørk energi. Forskerne mener, at det kun er en tiendedel af stoffet, der udsender lys, og 30 % af alt energi i Universet er i form af stof, mens resten er mørk energi. Denne mørke energi virker som antityngdekraft, sådan at Universet har en accelererende udvidelse. Det er bestemt fra målinger af type Ia supernovaer, der er en bestemt type supernova, der eksploderer på samme måde – altså de virker som en standardlyskilde. Kapitlet om mørk energi var en virkelig stor fornøjelse at læse.

I de sidste kapitler forklarer Anja nogle af de emner, som hun i de seneste år har forsket i. Her spiller meteoritter – og i særdeleshed marsmeteoritter – en stor rolle. I denne sammenhæng bliver nogle af de store spørgsmål om livet stillet. Er der liv andre steder i Universet? Hvordan opstod det? Kunne livet kommet med en meteorit? Hvad er livets byggesten? Hvordan var det tidlige liv på Jorden? Anja prøver at give nogle svar på disse komplicerede spørgsmål, men hun gør det også klart at der er meget vi endnu ikke ved.

Der er ingen tvivl fra min side om, at hun har en enorm fortælleglæde om astronomi generelt og hendes egen forskning. Dette skinner klart igennem bogen. Bogen er velillustreret med smukke billeder, og i den henseende er bogen virkelig en nydelse at læse.

Der er dog enkelte negative kritikpunkter. Under læsningen bliver man præsenteret for mange faktabokse, der er temmelig forstyrrende. Jeg har såmænd intet imod faktabokse, men de skal være relevante for den tekst, som man er i gang med at læse. Og der er alt for mange irrelevante faktabokse i

"Stjernestøv og galakser". Midt i afsnittet om "Livets spor", hvor undersøgelser af en marsmeteorit ved navn ALH84001 beskrives, kommer en faktaboks om at Apollo-missioner har bragt mere end 300 kg sten fra Månen tilbage til Jorden. Lidt senere er det nødvendigt for os at vide at "Stjerner, der er varme på overfladen, ser blålige ud, mens stjerner, der er kolde på overfladen, ser rødlige ud." i forbindelse med venstredrejede aminosyrer. De fleste faktabokse er relevante mht. teksten, men man bør ikke overdrive.

I slutningen af bogen er der en udmærket samling ordforklaringer, men jeg savner lidt nogle litteraturforslag. Enkelte læsere kunne måske få lyst til at læse mere om meteoritter og gåden om livets oprindelse, men det hjælper bogen ikke med. Det sidste kritikpunkt er prisen, der er omkring 300 kr. for en bog på 144 sider. Det bør kunne gøres billigere, så man kunne udbrede naturvidenskab til alle. Når tanken bag Rosenkjærprisen var formidling, burde man måske afsætte nogle penge til netop dette formål.

John Rosendal Nielsen

Bæredygtig energi

Forfattere: *Mats Areskoug* og *Per Eliasson*. Studentlitteratur 2007. "Energi för hållbar utveckling – Ett historiskt och naturvetenskapligt perspektiv", 361 sider, 339 SEK (ca. 275 kr.). <http://www.studentlitteratur.se>.



Denne bog sammenfatter et historisk og et naturvidenskabeligt perspektiv på menneskets udnyttelse af energi. Vi udnytter energi til at opfylde stadigt flere behov: opvarmning, belysning, produktion, kommunikation, transport osv.

Bogens første del forklarer hvilke energiformer mennesket har benyttet i historien og hvordan den stadigt bedre udnyttelse af energi har forbedret menneskets levevilkår samtidig med at både befolkningstallet og energiforbruget er vokset. Vi er blevet bedre til at udnytte de begrænsede energikilder mere effektivt og til at udnytte nye energiformer. Bogen diskuterer også bæredygtig udvikling. Bogens anden del diskuterer energianvendelser udfra miljøaspekter og husholdning med naturressourcer. Bogens tredje del beskriver de forskellige energityper vi kan udnytte i fremtidens energiforsyning. Her diskuteres muligheder og begrænsninger ved fossilenergi, kernenergi og vedvarende energi såsom solvarme, solceller, vandenergi, vindenergi

og bioenergi. I bogens afsluttende del diskuteres energihusholdning ved hjælp af begrebet energikvalitet.

Fysiklærere i gymnasiet kan hente inspiration i bogens eksempler, men de ret få opgaver og formler, som kun berører de helt elementære begreber, vil sikkert skuffe mange fysikere. Bogen skal nemlig kunne læses af folk med en baggrund indenfor historie eller samfundsfag, som er interesseret i en bæredygtig udvikling. Bogen er udsprunget af Mats Areskougs tidligere bog, "Miljöfysik" (omtalt i KVANT nr. 1, 2006), der har et teknisk væsentlig højere niveau, men ikke dækker det historiske perspektiv så meget.

De mange emner bogen behandler er både dens styrke og svaghed. Den giver et godt overblik og man kan sikkert finde et emne af interesse, men bogen når ikke altid nok i dybden. Så kan man eventuelt fortsætte i den anbefalede litteratur eller websider.

Michael Cramer Andersen

Newton's alternative sider

Forfatter: *Carl Henrik Koch*. Aarhus Universitetsforlag 2007. "Natur, videnskab og metafysik – Newton og filosofien", 136 sider, 198 kr. <http://www.unipress.dk>.



For første gang på dansk udkommer her en samlet fremstilling af de mindre kendte sider af Isaac Newtons arbejde. Historien om Newtons udvikling af fysikken er velkendt, og mange har nok hørt om hans interesse for religion. Men hvad gik det nærmere ud på og var det bare en adspredelse eller havde det større betydning?

I det indledende kapitel fortælles det, at opdelingen mellem naturvidenskab og metafysik især skyldes Newton. Hvor naturvidenskaben har et stort praktisk potentiale har metafysikken ingen praktiske anvendelser, men søger derimod at gøre virkeligheden forståelig og meningsfuld. Newton står om nogen som grundlæggeren af naturvidenskaben, som vi kender den i dag. Galilei interesserede sig f.eks. ikke for 'hvorfor' en genstand bevægede sig, men koncentrerede sig om 'hvordan' bevægelsen foregik. Descartes udviklede en mekanisk naturopfattelse i kontrast til den organiske og åndelige naturfilosofi, der opfattede Universet som besjælet. Det var vigtige skridt på vejen mod Newtons fysik, som den blev formuleret i Principia. Men

Newtons inkluderede ikke en metafysisk begrundelse for sin fysik. Udover at Newton i Principia kritiserede Descartes' fysik, tog han desuden afstand fra Descartes' metafysiske begrundelser i flere ikke-offentliggjorte manuskripter, både af fysiske og religiøse grunde.

Metafysik og religion interesserede Newton, men han inkluderede det altså ikke i sin fysik. I 1700-tallet var der en generel opfattelse af, at 'verdensskaberen' eller 'guddommen' gav sig til kende i sit værk. For Newton betød dette, at "fysikken implicit vidnede om et almægtigt og alvidende væsens eksistens" (side 20). Newton var, som mange andre på hans tid, også optaget af profetierne om verdens afslutning eller dommedag. Han skrev en bog om dette emne, der først blev udgivet efter hans død.

Newton støttede derfor fuldt ud, at hans verdenssystem blev brugt til at fremme kristendom og moral. Der var flere tilløb til en mekanisk naturopfattelse (Descartes, Pascal og Hobbes) og de blev af mange opfattet som en trussel mod et religiøst verdensbillede, også af Newton. Derfor var Newtons kritik af Descartes også rettet mod hans metafysik, men det var formentlig fornuftigt at udelade denne diskussion i Principia.

Samtidig med at Newton i sit officielle arbejde rettede blikket fremad mod en videnskabeliggørelse af verden, var han også i sit private liv præget af samtidens og fortidens religiøse opfattelser. I resten af bogen behandles de mange forskellige aspekter af Newtons arbejde og her beskrives Newton som: videnskabsmand, videnskabsfilosof, metafysiker, historiker, religionsforsker og alkymist.

Det er en velskrevet og interessant bog, der belyser alle de mindre kendte sider af Newton. Bogen rummer til sidst et udvalg af Newtons egne tekster oversat til dansk. Her kan man bl.a. læse om 'bevis for guds eksistens', 'fjernvirkningens årsager' og 'det profetiske sprog'. Man kan måske kritisere bogen for, at denne anden del er lige lovlig lang (54 sider) i forhold til bogens omfang, men teksterne giver et alsidigt og autentisk billede af Newtons begrebsdannelse.

Michael Cramer Andersen

Stjernerdrømme

Forfatter: *Malene Flagga*. Nyt Teknisk Forlag 2007. "Stjernerdrømme – Kosmologi fra Babylon til det ydre Rum", 192 sider, 249 kr. <http://www.nyttf.dk>.



Bogen "Stjernedrømme" tager læseren på en rejse gennem hele kosmologiens historie, som er ligeså lang som menneskehedens historie. Vi hører først om hule-mennesker der bl.a. tegnede hvad de så på himlen.

Første del dækker kosmologien frem til Romerrigets fald, anden del fortsætter op til Maxwell i 1800-tallet og tredje del fortæller om udviklingen af den moderne kosmologi.

Bogen er levende skrevet og man mærker både en begejstring for emnet og en evne til at forklare tingene på en underholdende måde. Der fokuseres meget på personerne bag teorierne og bogen introduceres med hele persongalleriet – tegninger af alle de vigtigste personer fra Thales over Tycho Brahe til Stephen Hawking. Overalt sættes videnskabens opdagelser i forhold til historiske begivenheder, bl.a. gennem en række bokse med vigtige årstal.

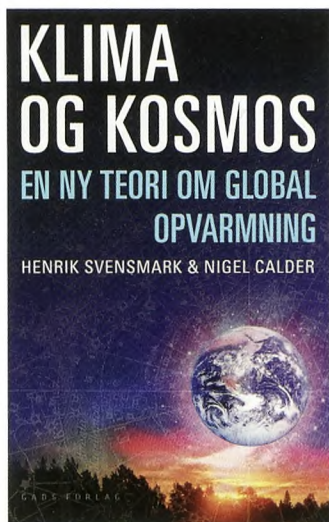
Bogen henvender sig først og fremmest til den nysgerrige lægmand, der både vil underholdes og lære noget om hvordan verdensbilledet har udviklet sig. Selv for en læser med en mangeårig interesse for kosmologi er der overraskelser. F.eks. at den indiske astronom Aryabhata omkring 1000 år før Kepler beskrev en heliocentrisk teori, hvor Jorden drejer omkring sin akse, og sammen med de andre planeter bevæger sig omkring en stationær sol i elliptiske baner!

Michael Cramer Andersen

Klimaets kosmiske mønstre

Forfattere: *Henrik Svensmark og Nigel Calder.*

"Klima og Kosmos – en ny teori om global opvarmning", 246 sider, 199 kr. Gads Forlag 2007.
<http://www.gads-forlag.dk>



Hvorfor bliver Jorden varmere? Er det i virkeligheden ikke en øget drivhuseffekt der er den rigtige forklaring, men derimod en teori om at Solens aktivitet regulerer den kosmiske stråling, som igen påvirker dannelsen af skyer og dermed temperaturen på Jorden?

Emnet er varmt, både videnskabeligt, politisk og i medierne. Da bogen udkom på engelsk var der samtidig en engelsk tv-dokumentar [1] hvor teorien blev

forklaret. Bogen såvel som filmen er et partsindlæg i debatten og formidler derfor kun den ene side – et forsvar for teorien om kosmisk stråling. Vil man f.eks. læse om drivhuseffekten skal man gøre det andre steder. Både filmen og bogen skildrer den danske civilingeniør og klimaforsker Henrik Svensmark i hans forskning gennem nogle år. Man hører om hvordan han har oplevet modstand mod sin teori som – hvis den er rigtig – vil vende op og ned på hele klimadiskussionen. Det er interessant at følge den kombination af succeser og skuffelser, som er en del af den videnskabelige proces.

Det begyndte i 1991, da de to danske forskere fra DMI, Knud Lassen og Eigil Friis-Christensen foreslog, at der var en sammenhæng mellem klimaet og længden af solpletcyklussen. Omkring 1995 blev Henrik Svensmark opmærksom på en mulig forbindelse mellem kosmisk stråling og dannelsen af skyer fra overmættet vanddamp i atmosfæren og han har siden forsket i denne forbindelse. Han var bl.a. inspireret af "tågekammeret", som kan vise små spor af vanddråber når overmættet damp rammes af ioniserende stråling.

Teorien om den kosmiske strålings indvirkning på klimaet var også emnet for Nigel Calders første bog [2]. Calder er tidligere redaktør for New Scientist og han har en fin næse for videnskabelige opdagelser af potentielt stor betydning, hvilket gør disse bøger meget læseværdige. Men ved at beskæftige sig så længe med én teori kan han ikke længere siges at være objektiv.

De første år blev teorien kritiseret fordi der manglede en fysisk mekanisme som kunne forklare sammenhængen mellem Solens aktivitet og klimaet på Jorden. Det er dette Svensmark og hans gruppe igennem de senere år har arbejdet ihærdigt for at opbygge: En fysisk forklaring på mængden af kosmisk stråling og temperaturen på Jorden. I bogen "Klima og kosmos" skildres forskernes arbejde i dette spændende projekt, og koblingen skulle gå gennem dannelsen af skyer.

I de første to kapitler hører vi om kulde- og varmeperioder der følger Solens aktivitet og om de kosmiske strålers historie. Siden afslutningen af den sidste istid har der været flere nedkølingsbegivenheder ledsaget af en høj forekomst af radioaktive isotoper i atmosfæren, bl.a. kulstof-14 og beryllium-10. Under "Den lille istid" omkring 1645-1715 var der næsten ingen solpletter i flere årtier. Der er altså noget der tyder på, at når Solen har en lille aktivitet bliver Jorden kold. Men er den øgede mængde kosmisk stråling synderen eller blot et symptom? Hvorfor er der ikke den samme korrelation mellem klimaet og Jordens magnetfelt? Da Svensmark så nærmere på den kosmiske stråling opdagede han, at når energirige kosmiske partikler kolliderer med atomer i Jordens atmosfære og de danner sekundærpartikler, er det næsten kun myoner der når ned til Jordens overflade. Disse myoner kommer fra kosmisk stråling med tre intervaller af energi. Omkring 60 % af partiklerne har så høj energi at de ikke afbøjes af Solens magnetfelt. 40 % afbøjes af Solens magnetfelt og det er nok til at forklare klimavariationerne som følger variationerne i Solens magnetfelt. Kun ca. 3 % af partiklerne

med lavest energi, afbøjes også af Jordens magnetfelt. Dette kan forklare hvorfor der ikke var koldere i en periode for 40.000 år siden hvor Jordens magnetfelt var meget svagt. Antallet af partikler der afbøjes af Jordens magnetfelt er simpelthen forsvindende. Men Solens magnetfelt afskærmer altså kun knap halvdelen af partiklerne.

De to næste kapitler handler om kortlægning af skyer ud fra satellitmålinger og om "SKY"-eksperimentet, der skal efterligne skydannelsen i et tågekammer. Svensmark gennemgik satellitmålinger af skydækket over havet og fandt til sin overraskelse, at mængden af lave skyer påvirkes mest af variationen af den kosmiske stråling. De lave skyer køler Jorden ned fordi de reflekterer sollyset og de ses ofte på flyrejser. Da der er færre partikler der når helt ned til jordoverfladen er skydannelsen her mere følsom overfor faktorer som Solens magnetfelt, der kan skærme af for partiklerne. Men hvordan dannes skyerne når vanddampen mødes af kosmisk stråling?

Klimaet er meget kompliceret og ingen kan være eksperter på alle områder. Når Svensmark hævder, at ingen har forstået skydannelsen til bunds, kan han godt have ret. Men ifølge gængse modeller kan skykondensationskernerne bestå af bl.a. mineralstøv, havsalt, svovlforbindelser eller phytoplankton. Det virker derfor noget ensidigt kun at fokusere på hvordan kosmiske stråler kan bidrage til skydannelsen. Hvad med alle de andre partikler? I filmen kritiseres Svensmark da også for ikke at have forstået de grundlæggende ting (omkring skydannelse).

Svensmark satte sig for at undersøge skydannelse i et laboratorieeksperiment. I 2001 fik hans gruppe støtte til at opbygge et eksperiment, der kan simulere processer i atmosfæren (er tidligere omtalt i KVANT [3]). SKY-eksperimentet skulle afklare, om dannelsen af skykondensationskerner kunne forklares ved de få kosmiske partikler der trængte hele vejen ned til de lave skyer ved Jordens overflade. Eksperimentet skulle vise sig at afdække en helt ny slags atmosfærisk kemi, der bidrager til skydannelsen. For første gang blev der fundet eksperimentelle tegn på, hvordan ioniserende stråling i en blanding af atmosfæriske gasser kan fremme dannelsen af skykondensationskerner: Kosmisk stråling – simuleret med gammakilder – frigører elektroner, der sammen med Solen – simuleret med ultraviolette stråler – fører til dannelsen af klynger af svovlsyre- og vandmolekyler. De frie elektroner virker som katalysatorer for dannelsen af molekylklyngerne, idet de ekstra elektroner klistrer molekylerne sammen. Når klyngerne vokser og smelter sammen opbygges de ultrafine korn som kaldes aerosoler. Disse korn virker som kondensationskerner for dråberne i en sky. SKY-eksperimentet kunne også simulere variationerne i mængden af kosmisk stråling som følge af ændringer i Solens aktivitet. Produktionen af aerosoler var således mindre når en højspænding fjernede de elektroner som var frigjort mens produktionen var større når gammastrålerne forøgede mængden af elektroner.

At skydråber kræver en kondensationskerne for at blive dannet er alle enige om, så måske viser SKY-eksperimentet at det første trin godt kan lade sig gøre? Det kan dog være svært at vurdere detaljerne i dette eksperimentelle resultat og det er langt fra sikkert, at det der foregår i et kontrolleret laboratorieeksperiment repræsenterer det der sker i atmosfæren. Man kan tænke sig mange faktorer der påvirker processen. Eksperimentet skal gentages med en kraftigere strålingskilde ved CERN og det giver måske flere svar.

Er der en sammenhæng mellem Jordens klimahistorie og den skiftende påvirkning af kosmisk stråling Jorden modtager fra Mælkevejen? Dette spørgsmål er emnet for kapitel 5. På korte tidsskalaer bliver en del af den kosmiske stråling reguleret af Solens magnetfelt, som danner en beskyttende boble der strækker sig langt ud i Solsystemet. Solens 'magnetosfære', kan desuden blive presset sammen når Solsystemet passerer gennem interstellare skyer med højere tæthed. Men der er også variationer i det interstellare miljø på endnu større tidsskalaer. På sin vej rundt i Mælkevejen svinger Solsystemet op og ned i Galaksens plan, hvor tætheden af kosmiske partikler er størst. Det er især i spiralarmene at nye stjerner dannes og de tungeste og mest kortlivede eksploderer, hvorved de bidrager betydeligt til den kosmiske stråling. Solsystemet har været mange gange rundt i Galaksen – en tur der med sine godt 200 mio. år er ret kort i forhold til Jordens levetid. Vi har derfor ofte krydset spiralarmene. Kan disse kosmiske variationer måske forklare de lange perioder hvor der har været koldt på Jorden?



Det mener den israelske astrofysiker Nir Shaviv [4]. For ca. 50 mio. år siden, ved afslutningen af Kridttiden, skiftede klimaet fra at være varmt til at være markant koldere, samtidig med at Solsystemet passerede gennem "Sagittarius-Carina-armen". Over de følgende 30 mio. år blev det permanente isdække på Antarktis etableret. Denne sammenhæng understøttes også af isotopmålinger i bl.a. jernmeteoritter, der vidner om den

kosmiske stråling i Solsystemet. Mængden af tunge ilt-isotoper (som afspejler temperaturen) i muslingeskaller viser også en svag variation med en periode på 34 mio. år, der passer fint med tidsskalaen for hvor hurtigt Solen svinger op og ned i Mælkevejens plan.

Kosmiske stråler kan ikke forklare de regelmæssige istider, der er kommet indenfor de sidste 3 mio. år, da der ikke er nogen variation i de kosmiske stråler, der kan give den rette frekvens. Istiderne forklares stadig bedst med ændringer i Jordens baneforhold med den såkaldte Milankovitch-teori. Forklaringen på variationer over mange millioner år med bevægelsen gennem Mælkevejens spiralarme er heller ikke i modstrid med Milankovitch-teorien. Denne kosmiske udbygning af teorien om kosmisk stråling viser, at teorien allerede har tilhængere udenfor Danmark, der er åbne overfor nye forklaringer på Jordens klimahistorie.

I de sidste tre kapitler fortælles om en række forskellige emner om koblingen mellem livets udvikling og variationen af den kosmiske stråling. F.eks. tyder geologiske spor af is i troperne på, at Jorden i perioder har været helt isdækket, som en snebold, når den har passeret områder med intens stjernedannelse. Nogle biologer og astronomer har forsøgt at sammenkæde geologiske spor af flere nedkølingsperioder, indenfor de seneste 3 mio. år, med ændringer i livets udvikling (evolutionen kan både påvirkes af kosmisk stråling, gennem mutationer, og af ændringer i klimaet) og supernovaer der eksploderede i nærheden af Solsystemet på disse tidspunkter. Svensmark taler for at hele Jordens geologiske og biologiske historie skal betragtes i et nyt 'kosmisk' perspektiv og kalder det en ny videnskab, "kosmoklimatologien". Det kan dog også virke lidt søgt og mange af disse idéer virker mindre gennemarbejdede og møder kritik [5]. Der er afgjort noget tiltrækkende ved idéen om, at vores Galakses historie kan forklare de grove træk af Jordens klimatiske og biologiske historie. Måske kan målinger af isotoper, der afspejler ændringer i klimaet, i forskellige geologiske lag også relateres til astronomiske begivenheder. Men på begge områder er der store usikkerheder og korrelationerne bliver derfor tvivlsomme. Mens de fleste klimaforskere endnu forholder sig skeptiske overfor teorien har enkelte forskere fra nogle af nabovidenskaberne taget teorien om kosmisk stråling til sig.

Fremtiden vil vise hvem der har ret. Bogen er letforståelig og har f.eks. fået mange rosende omtaler (af lægmænd) på Amazon.com. Men teorien har også mødt stærk kritik med beskyldninger om at have udeladt data der ikke støtter teorien [5]. De videnskabelige artikler, som er udarbejdet af Svensmarks gruppe [6], er ofte blevet afvist eller ignoreret og teorien har mødt stor modstand på konferencerne. Det afgørende er dog, om forskersamfundet med tiden accepterer teorien, hvis f.eks. de nye (og kommende) eksperimenter anerkendes. Men Svensmark står ikke længere alene med sin teori. I takt med at teorien er modnet, er antallet af forskere der arbejder seriøst med den

vokset. I de populære medier, som aviser og tv, har teorien om kosmisk stråling fået relativt positiv/ukritisk omtale. Disse medier elsker at fortælle om forskeren der møder modstand fra det etablerede forskersamfund, og som man tidligere har set i videnskabens historie kan det undertiden være den enlige forsker der får ret i længden. Det bliver spændende at følge udviklingen de kommende år.

Litteratur

- [1] "Klima-mysteriet", tv-dokumentar sendt på TV2 den 16. januar 2008, <http://omtv2.tv2.dk/index.php?id=477>.
- [2] Nigel Calder: "Den maniske sol – en revolution i klimaforskningen" (oversat af Jan Teuber), Gyldendal 1997.
- [3] Jens Olaf Pepke Pedersen: "Sjernerne påvirker vores klima", *KVANT* nr. 4, 2006.
- [4] Nir Shavivs webside, www.phys.huji.ac.il/~shaviv/
- [5] Kritik af 'kosmoklimatologien' på Realclimate.org, <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2007/03/cosmoclimatology-tired-old-arguments-in-new-clothes/>
- [6] Henrik Svensmarks webside med links til artikler, <http://www.dsri.dk/~hsv/>

Michael Cramer Andersen

PFEIFFER  **VACUUM**

NYHEDER

PrismaPlus™

Nyt massespektrometer
med ny brugervenlig software
Quadera®

Masseområde op til 300 amu
Faraday eller C-SEM detektor
Flere ionkilder

Ring for yderligere information

Tlf. 4352 3800 Fax 4352 3850
efa@pfeiffer-vacuum.dk

CAND. SCIENT'ER FÅ FLERE FORDELE?

JA! Se hvordan på
www.candscient.nu

IDA er med mere end 65.000 medlemmer landets største interesseorganisation for tekniske og naturvidenskabelige kandidater. Flere og flere cand.scient.er har allerede opdaget, at de er bedst stillet i IDA. Udover økonomiske fordele som landets formentlig billigste og bedst dækkende forsikringer, får du som medlem adgang til mere end 700 arrangementer årligt, deltagelse i fagtekniske selskaber og meget mere. Brug 5 minutter på www.candscient.nu og læs om alle fordelene. **Velkommen som cand.scient. i IDA.**



VIDEN DER STYRKER

Måneformørkelse set fra Grækenland

Da Månen skiftede farve under den totale måneformørkelse tidligt om morgenen den 21. februar, var den græske astrofotograf Anthony Ayiomamitis på pletten med sit kamera. Stedet var "Poseidons Tempel" ved byen Sounion ca. 150 km syd for Athen. Anthony var kørt to timer for at få templet med i forgrunden.

Vel ankommet to timer før den totale fase startede, var han ved at gå i

panik, for projektørerne der plejede at oplyse templet var slukkede! Hvordan skulle han fange både Månen og templet i samme billede? Han fandt på den vilde idé, at køre sin bil ind på et strengt forbudt område og pege bilens forlygter mod templet. Han måtte betale den lokale vagt en bøde på 50 euro for at parkere ulovligt, men fik et par gode skud i kassen. Se flere af Anthonys billeder inde i bladet.



Måneformørkelsen den 21. februar i år set over "Poseidons Tempel" ca. 150 km syd for Athen.
Foto: Anthony Ayiomamitis, astrofotograf, Grækenland.