

KVANT December 4 2007

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 18. årgang

TRE TEMAARTIKLER OM :
KOSMISK STRÅLING

**Tiltagende
varme de
næste 150 år,
derefter stabile
eller faldende
temperaturer;
på sigt istider.**

NAH, SE!
ERED IKKE
RÅMANTISK?

JOH..

NEJ! STØP!
DET MÅ VI
IKKE TALE
OM!

HR! HR! FINDES
DER CENSUR I
KLIMAFORSKNING?

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 Naturlærers 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
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 : 160 kr/år.

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

Annoncepriser

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

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



Produktionsplan

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

Indhold:

Kan Jordens klima ses på Månen? <i>Peter Thejll og Hans Gleisner</i>	3
Spektrallinier – breddeopgave 29 med didaktisk kommentar <i>Jens Højgaard Jensen</i>	
Kosmisk stråling <i>Steen Hannestad</i>	9
Foreningsnyt – foredrag i foråret	12
Universets ekstreme partikler <i>Katrine Facius</i>	14
KVANTE-stigen <i>Michael Cramer Andersen</i>	17
Planetkalender 2008 <i>Martin Götz</i>	18
DUKS – Dansk Uddannelsesorienteret Kosmisk Stråle-projekt <i>Jørgen Beck Hansen</i>	19
Jagten på det mørke stof i dybet <i>Jens Olaf Pepke Pedersen</i>	21
KVANT-nyheder <i>John Rosendal Nielsen og Sven Munk</i>	23
Aktuelle bøger	25
Hubble har kigget på unge stjerner <i>John Rosendal Nielsen</i>	Bagsiden



Tegningen på forsiden er lavet af Peter Thejll og knytter sig til artiklen om Jordens genskin der kan observeres på Månen og give information om Jordens klima.

Tre af artiklerne i dette nummer handler om kosmisk stråling. Den første artikel af Steen Hannestad giver en introduktion til emnet og fortæller om nye målinger fra det store Pierre Auger eksperiment. Katrine Facius har skrevet om de paradoksale kosmiske partikler med den allerstørste energi – hvor kommer de fra? Jørgen Beck Hansen beskriver et dansk projekt som skal forsøge at måle kosmiske partikler flere steder samtidig – med hjælp fra danske gymnasier. Endelig beskriver Jens Olaf Pepke Pedersen et eksperiment der forsøger at detektere de partikler der menes at udgøre det mørke stof.

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.

Kan Jordens klima ses på Månen?

Af Peter Thejll og Hans Gleisner, Danmarks Meteorologiske Institut

Kigger man på Månen lige efter Nymåne kan man se den mørke side – den der er oplyst af 'Jordskin'. Måler man intensiteten af jordskinnet kan man lære noget om Jordens refleksionsevne, eller albedo. Viden om albedo kan udnyttes i klimaforskning. Teknikken bag observation af jordskin beskrives i et nyt projekt som forskere ved DMI og Lunds Observatorium er i gang med.

Indledning

Overordnet styres Jordens klima af strålingsbalancen. Energien der strømmer ind kommer hovedsagelig fra Solen i form af synligt lys. Energien der strømmer ud er dels det synlige lys der reflekteres fra Jorden og dels den langbølgede varmestråling fra atmosfæren. Jordens indre radioaktivitet bidrager også – men det er meget lidt. Balancen imellem ind- og ud-strømmende energi er ret fin. Hvis balancen i en længere periode overvejende er indad opvarmes Jorden, medens afkøling sker hvis balancen er den anden vej.

Igennem de sidste ca. 100 år har vi set Jordens temperatur variere, og stige – især i de sidste årtier. Hvad skyldes det? Opvarmningen kan kun skyldes at balancen er indadvendt – og dét kan skyldes at der enten kommer mere ind eller at mindre slipper ud, eller en kombination af disse muligheder.

Man kan forestille sig klimasystemet som et værelse med vinduer i solsiden, og persiennen i vinduerne. Hvis man åbner for persiennen reflekteres mindre lys væk, Solen bager ind i værelset og der bliver varmere. Persiennen kan også stå fast indstillet og hvis Solen så lyser mere så bliver der varmere i værelset. Endelig kan nogen finde på at sætte isolerende forsatsruder op – så bliver der også varmere, selv om Solen skinner konstant og persiennen ikke røres.

Lignende faktorer kunne være aktive i at påvirke klimaet: Måske skinner Solen mere nu end før og dét får temperaturen til at stige. Måske skyldes temperaturstigningen effekten af øgede mængder drivhusgasser der 'holder på varmen', og endelig er det måske fordi der er færre skyer til at reflektere sollyset ud i rummet igen.

Den første mulighed – at Solen påvirker Jorden mere nu end før – er den nemmeste at visualisere, men skal ikke drøftes her. Den anden mulighed – at der er flere drivhusgasser som holder på varmen – er helt rigtig; det er der. Den tredje mulighed – at der er færre skyer nu end før – er den svære at sige noget om – skyer er svære at tælle nøjagtigt!

Jordens klimasystem er ikke passivt, således at de nævnte muligheder virker alene og hver for sig – slut-effekten af en kombination af dem alle er aldeles ikke lig summen af hvert bidrag – man siger at systemet er ikke-lineært på grund af 'feedbacks' [1]. For eksempel kunne øget solindstråling forårsage flere skyer på grund

af den større fordampning, og det kan øgede mængder af drivhusgasser også. Men flere skyer betyder mindre solindstråling – og så videre. Det er klimamodellernes opgave at beskrive dette samspil imellem de mulige klimafaktorer. Desværre er klimamodellerne ikke entydige endnu – man kan ikke sætte sig ned og skrive én perfekt klimamodel der præcis viser Jordens vejr og klima under alle omstændigheder. Der er for mange ukendte faktorer, og selv faktorer der forstås grundigt kan være behæftet med måleusikkerheder der gør en præcis beskrivelse umulig. Især skyerne i modellerne er vigtige, og det er skyerne vi håber at kunne bidrage med ny viden om.

Effekten af skyer

Inden rumalderen bestemte man forekomsten af skyer fra overfladen ved at observatører vurderede skymængden flere gange om dagen. Da det blev muligt at sende satellitter op i rummet blev det muligt at tælle skyerne over hele Jorden.

Med hvor stor nøjagtighed skal man kende skydækket for at kunne komme med væsentlige udsagn om skyernes klimaeffekt? Til det brug kigger vi på en simpel formulering af strålingsbalancen. Lad som om klimasystemet er et objekt i strålingsbalance – mængden af energi ind er lig med det der strømmer ud, eller i simplificeret form:

$$S(1 - a) \sim T_{eff}^4, \quad (1)$$

hvor S er indstrålingen fra Solen, a er albedoen eller brøkdelen af indstrålet lys der reflekteres ud i rummet igen, og T_{eff} er Jordens effektive udstrålings-temperatur [2]. Sætter man nu tal ind i ligningen ser man at en 1% variation i albedoen (f.eks. fra 0,3 til 0,303) medfører en ændring på omtrent 0,5 K i temperaturen. Hvis alle andre effekter var konstante, kunne den observerede opvarmning igennem det sidste århundrede – på omtrent 0,6 K – forklares ved en formindskelse i albedoen på ca. 1%, globalt midlet.

Men virkeligheden er nok ikke så enkel – selv om de andre faktorer (drivhusgasserne og Solen) havde været konstante ville klimasystemet nok selv reagere på ændringer i albedoen – for eksempel ved at producere flere skyer hvis det blev varmere og mere vand fordampede. Effekten af de eventuelle skyer må nok siges at være

ukendt for øjeblikket – lave skyer køler mens høje skyer varmer, og vi ved ikke om eventuelle yderlige skyer er lave eller høje. Fortegnet er en opgave for geofysikken at opklare – vi vil her blot snakke om en metode til at bestemme ændringen i albedo, og dermed i mængden af skyer. Til billedet hører at da Jorden stort set er halvt dækket af skyer svarer en 2% ændring i skydækket til en 1% ændring af albedo.

Kan man måle skymængden med blot 2% nøjagtighed? Med synoptiske observationer er der ingen chance for denne nøjagtighed. Skymængden vurderes typisk i ottendedele og kun lokalt – et global netværk findes ikke. Med satellitter ser det lidt bedre ud – vejr satellitter er trods alt geostationære og kan se halvdelen af Jorden i ét billede, og der er adskillige satellitter i bane om Jorden. Der findes satellit-observationer af skydækket siden 1980'erne i den såkaldte ISCCP-database. Denne blev brugt af Henrik Svensmark og Eigil Friis-Christensen [3] da de relaterede variationer i skydækket til variationer i den kosmiske stråling. Hypotesen, at skydannelse påvirkes af den ioniserende kosmiske stråling, blev mødt med både bifald og stærk kritik – et af kritikpunkterne var at skydatabasen ISCCP nok ikke var nøjagtig nok til at bruges på den måde.

Vi vil her beskrive en ny måde at bestemme jordens albedo; en måde der er nøjagtig nok til at kunne sige noget væsentligt om den faktiske variation i Jordens reflektivitet og skydække.

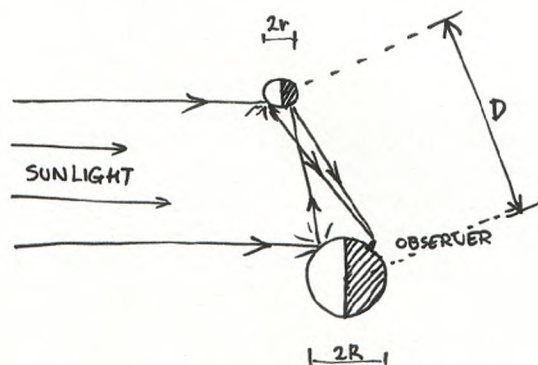
Ny målemetode

Ser man på Månen ved nymåne bemærker man at den mørke del faktisk kan ses – den er belyst af Jorden, altså af det lys der reflekteres fra Jorden (figur 1). Dette lys kaldes på dansk 'Askelyset' eller jordskinnet og har en intensitet der er proportionalt med Jordens reflektivitet.



Figur 1. Månen med dens Askelys. Den del af Månen der belyses af Solen direkte er her helt overeksponeret og fremtræder helt hvid og udefineret, medens den normalt mørke del, der her ses belyst af Jordens reflekterede sollys viser detaljer. Måling af Askelysets intensitet fortæller om Jordens reflektivitet. Prikkerne på himmelen er stjerner; Askelyset er dermed på niveau med stjernernes lys, intensitetsmæssigt. Bemærk antydningerne af spredt lys på himmelen rund om Månen.

Betragter man den grundlæggende geometri i Askelys-fænomenet (figur 2) ser man at den på Jorden observerede intensitet af det direkte sollys på Månen afhænger af diverse geometriske faktorer der har med Sol-Måne-Jord placeringen og afstandene at gøre, samt Sollysets styrke og Måneoverfladens reflektivitet. Samtidig afhænger Askelysets styrke af de samme faktorer samt Jordens albedo. Forholdet imellem Månelys og Askelysets intensiteter vil derfor være en funktion af disse faktorer og Jordens og Månens albedoer.



Figur 2. Geometrien bag jordlys-observationer. Sollys kommer fra venstre og rammer Månen og reflekteres ned til observatøren. Samtidig rammer sollyset Jorden, reflekteres op på Månen i den mørke side og atter ned til observatøren. Forholdet imellem lyset fra den mørke og den stærkt oplyste side er proportionalt med Jordens reflektivitet.

Månens albedo ændrer sig ikke ret meget indenfor menneskelige tidsrammer. Æraen hvor Månen blev bombarderet af asteroider og store meteorider er for længe forbi. Nu til dags er det kun småsten der rammer Månen – de samme sten der giver os stjerneskud. Månens overflade har en farve og albedo der er uændret indenfor målenøjagtigheden.

Det betyder at de eneste variable faktorer der figurerer i forholdet imellem Askelyset og Månelysets intensitet er geometriske – som vi kan regne ud i forvejen – og så Jordens albedo. Dette er grundideen i vores projekt.

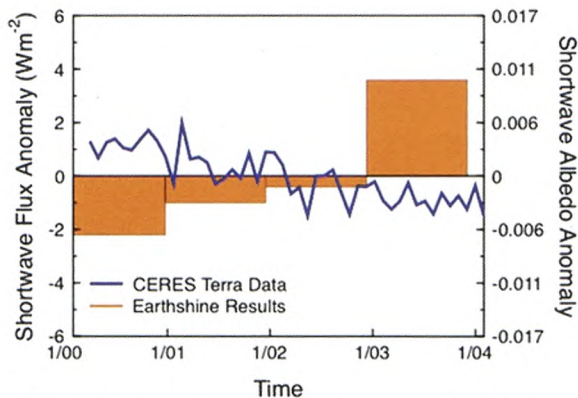
Tidligere metode

Metoden er faktisk ikke ny – lige siden man har vurderet eller målt lys-intensiteter (f.eks. siden 1920'erne) har man forsøgt at bestemme Askelysets intensitet [4], men metoderne til rådighed dengang gav ikke mulighed for den fornødne nøjagtighed. Først da billeddannende CCD'er kom i brug fik man chancen. Siden 1998 har man fra Big Bear Solar Observatory (BBSO) i Californien systematisk målt forholdet imellem Askelys og Måneskin for derved at udregne Jordens albedo [5].

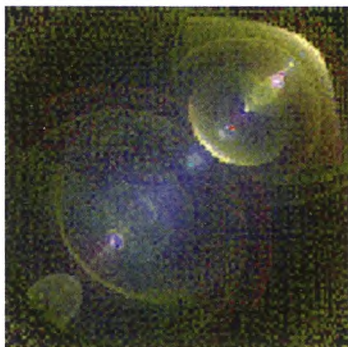
Målingerne, udført ved BBSO, er blevet brugt til at sætte tvivl omkring de målinger af albedo som satellitterne samtidig har præsteret. Som man kan se af figur 3 er der ikke sammenfald i de to forskelligartede målinger af jordens reflektivitet.

Folkene der forsvare satellitmålingerne har hævdet [6] at der må være noget galt med Askelysmålingerne, og det er hér vi kommer ind i billedet idet vi mener

at have videreudviklet BBSO's måleteknik til et niveau hvor vi kan undgå visse systematiske fejl og derved forbedre nøjagtigheden (se figur 4).



Figur 3. Sammenligning af ækvivalente mål på Jordens refleksivitet eller albedo, udført med satellitmetoder (blå kurve) og med jordskinsmålinger (gule blokke). Figuren er fra [6].

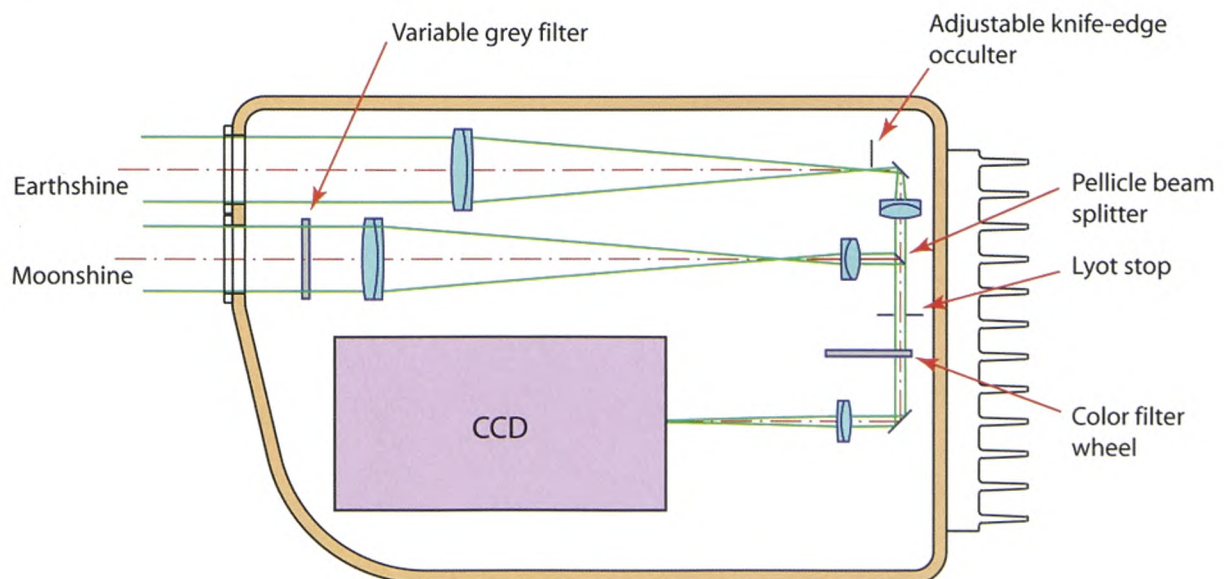


Figur 4. Ved hensigtsmæssigt valg af optik kan vi indføre vise forbedringer sammenlignet med det udstyr BBSO har konstrueret og bruger. Her vises et af de problemer vores design eliminerer, nemlig "spøgelser" i billedet, dannet af en stærk lyskilde i eller nær synsfeltet.

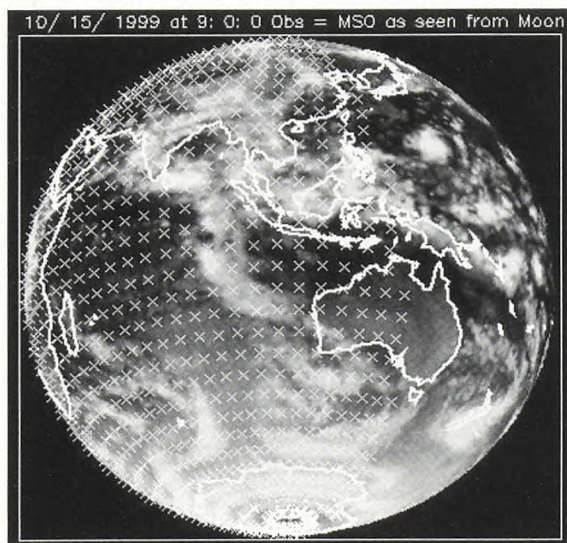
BBSO's måleteknik består i at tage billeder af Månen – først af den lyse side, igennem et filter, så at kameraet ikke overvældes af lys-strømmen – og derefter af den mørke side, med en speciel 'okkultator' skudt ind i fokus så at den lyse side dækkes og den mørke side træder frem. Forskere ved Taiwan's tekniske Universitet har også forsøgt at bygge jordskinstelesteker, men har tilsyneladende opgivet [7].

Vores projekt

Vi er ved at udvikle et passende automatisk teleskop-system sammen med astronomer ved Lunds Observatorium, der har modtaget støtte fra det svenske forskningsråd VINNOVA. Designet er vist i figur 5. Det består af et dobbeltløbet lille teleskop – den ene gren skal observere den mørke side, og den anden gren skal samtidig observere den lyse side af Månen. De to billeder føres sammen til ét billede af en 'beamsplitter'. I den ene gren er der den specielle mekanisme til at blokere den stærkt lysende side af Månen således at den mørke del får en chance – i den anden gren dæmper et variabelt mørkt filter lyset fra den lysende side af Månen så at dens intensitet bringes ned på samme niveau som den mørke side. Denne fremgangsmåde giver fordele overfor de problemer der er med skiftende forhold på himmelen, eller i instrumentationen ved benyttelse af to adskilte observationer – som ved BBSO i Californien. Desuden kan den forstyrrende virkning af CCD-detektorens ikke-linearitet elimineres hvis de to sider af Månen, takket været blokeringen og det mørke filter, får samme lysintensitet.



Figur 5. Skitse af Lund Observatoriums nye design på et jordskinstelesteker. Med to objektiver (40 mm diameter) observeres henholdsvis den mørke og den lyse side af Månen. En speciel blokering der kan justeres dækker den lysende side af Månen så at den mørke del kan ses, og med et mørkt filter dæmpes den lysende del af Månen så at den kan ses med samme lysniveau som den mørke side. Lysstrålerne sammenføres til ét billede af en beamsplitter. Et 'Lyot stop' på den parallelle del af lysstrålen fjerner spredt lys, og et filterhjul tillader filter-fotometri. Endelig rammer lysstrålen et 16-bit CCD-kamera og registreres til analyse, arkivering og videresendelse over Internettet. Varmen fra CCD kameraet udnyttes til at sikre at systemet ikke fryser fast om vinteren.



Figur 6. Simuleret billede af Jorden som set fra Månen den 15. oktober 1999 klokken 21 UT. Tidspunktet er valgt idet Månen da er synlig fra Mount Stromlo Observatory i Syd-Øst Australien, Solen er gået ned i vest og Månen står passende højt på himmelen. De hvide kryds angiver den del af Jordens overflade der er oplyst af Solen.

Flere teleskoper skal bygges og placeres rundt om Jorden ved høje – skyfrie – observatorier så at de tilsammen giver en verdensdækkende beskrivelse af Jordens reflektivitet. Figur 6 viser Jorden som den ser ud fra Månen på et bestemt tidspunkt. Jordlyset kommer fra den oplyste del af Jorden – her, det Indiske Ocean, dele af Antarktis, Østafrika og store dele af det sydlige og østlige Asien. En observation af Månen nogle timer senere fra f.eks. Indien ville give os jordlyset fra den del af Jorden der da er oplyst – vest for Indien, og så videre. Idet skydækket på Jorden kun langsomt ændres i løbet af et døgn kan man ved at have flere observatorier opbygge et globalt billede af Jordens reflektivitet.

De dele af Jorden der ikke er skydækket har naturligvis også en albedo som vil bidrage til målingen – dette giver en mulighed for at studere de langsomme variationer i albedo der skyldes årstiderne, alge-vækst til havs, udbredelsen af is og sne på jorden og udbredelsen af skove (mørke) og sletter (lyse).

De målte data repræsenterer således albedogennemsnit over arealer på op til en Jord-halvkugle ad gangen. Da Jordens fase ved observationsøjeblikket bestemmer mængden af jordlys på Månen er det en fordel at lave optagelser ved nymåne – da er Jorden næsten fuld set fra Månen og jordlyset stærkest. Det giver de bedste chancer for at få data af høj kvalitet, medens den sværeste observationssituation opnås når den næsten fulde Måne skal observeres: da er der næsten 'ny Jord'. Idet Solen helst skal være gået ned, set fra observationsstedet, lægges der en yderligere begrænsning på hvor ny Månen kan være. Der er opnået gode observationer fra BBSO helt ned til fase 140 grader – altså når Månen er mellem 3 og 4 dage gammel.

Videnskabelig anvendelse af de opmålte data

Målet er at bruge disse data til at bedre forstå ændringerne i Jordens reflektivitet. Inden man går i gang, skal de målte data valideres – det vil sige sammenlignes med andre målinger og med grundlæggende forventninger. Dette kan være satellitdata – men hvordan skal det gøres? Fra globale satellit billeder danner vi et albedo-gennemsnit over det område på Jorden der bidrager til jordskinnet og sammenligner vores måling med det fra satellitterne – såkaldte 'scenarie-sammenligninger'. Sådant arbejde ligger til grund for sammenligningen i figur 3.

Placeres vores teleskoper samme sted som BBSO i en periode kan vi ydermere direkte sammenligne måledata og se om der er forskelle – er der det må det skyldes forskelle i observationspraksis og tilpasning af metoderne kan da finde sted.

Dernæst vil det være vigtigt at studere kortvarige variationer i reflektiviteten og se om vi kan sammenligne med det vi ved om Jordoverfladen. Havene er jo mørke og f.eks. Sahara meget lys – derfor forventer vi en bestemt variation i reflektiviteten når Sahara roterer ud af billedet og erstattes af det mørke ocean. En anden mulighed er, at over åbent hav danner Solen en lille refleks i havet og det er denne lysende plet der i hovedsag oplyser Månen – kommer der skyer ind over solblinket bør jordskinnets intensitet falde – dette giver stor opløsningsevne på Jordens overflade. Vi skal da kunne foretage vore målinger med høj tidslig opløsning; vi vil kunne tage billeder hvert minut og kan således udnytte denne mulighed.

En spændende direkte brug af vore målinger er at se på albedos variationer når der er en samtidig hurtig variation i den kosmiske stråling. Ifølge Svensmarkhypotesen burde der være en tilsvarende hurtig variation i skydækket. I løbet af timer og dage kan vi følge albedos udvikling for at udføre denne test af Svensmarkhypotesens forudsigelse. Dette kræver ikke at vore målinger er absolut sammenlignelige med satellitdata – blot at målingerne er fri for tidsafhængige bias.

På lang sigt skal albedodata måles i nogle dekader og bruges til studier af de klimavariationer vi oplever for tiden. Disse data må ikke være påvirket af instrumentdrift – vores metode sikrer netop imod dette problem, hvorimod satelliternes data kun svært kan sikres herimod.

Driften af teleskopet

Når teleskopet er færdigt skal det helst kunne bruges uden menneskelig indblanding. Et styresystem skal til enhver tid afgøre om observationer kan foretages – ved at se på kalenderen og vejret – og så give kommandoer til indbyggede systemer om at tage billederne på den rigtige måde og arkivere og videresende dem. Det er kun ved automatisering, at driften af teleskoperne bliver billig nok til at kunne fortsættes i mange år.

Automatisering af teleskopsystemer er ikke barne-mad – men der er høstet gode erfaringer med fjern-styrede og semi-automatiske teleskoper på Sydpolen,

og andre steder. Disse erfaringer vil lægges til grund for udformningen af det automatiske styresystem.

Vi regner med at opstille teleskoper på steder, hvor BBSO endnu ikke har ét. I samarbejde med dem sigter vi nu på et verdensomspændende netværk med teleskoper i Californien og Tenerife (BBSO's to oprindelige manuelle teleskoper), et på Hawaii (BBSO), et i Australien (vores) og et par til – måske i Asien et sted, eller i Sydamerika og Afrika til dublettering af de teleskoper der står i Nordamerika og på Kanarieøerne.

Litteratur

- [1] En fin gennemgang af klima-feedbacks kan ses her: <http://www.dmi.dk/dmi/index/viden/klimamodeller.htm>; http://www.globalchange.umich.edu/globalchange1/-current/lectures/samson/feedback_mechanisms/
- [2] En sådan EBM – Energy-Balance-Model – er ret nem at specificere og løse med f.eks. Matlab. Her er et link til en hjemmeside med en sådan model og et Matlab-script: http://www.soes.soton.ac.uk/research/groups/-ocean_climate/demos/ebm/
- [3] Svensmark, H. and E. Friis-Christensen (1997), Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – A missing link in solar-climate relationships, *J. Atmos. Solar Terrest. Phys.*, **59**, pp. 1225-1232.
- [4] Danjon, A. (1928), *Ann. Obs. Strasbourg* **2**, p. 165; Dubois, J. (1947), *Bull. Astron.* **13**, p. 193 ; Danjon, A. (1954) in *The Earth as a Planet* ed. Kuiper, p. 726, Chicago.
- [5] BBSO's projekthjemmeside: http://www.bbso.njit.edu/Research/EarthShine/-espaper/earthshine_proposal.html og P.R. Goode, et al., "Earthshine and the Earth's Albedo II: Observations and Simulations Over Three Years", *Journal of Geophysical Research*, Volume **108**, Issue D22, pp. ACL 13-1.

[6] Wielicki et al. (2005), "Changes in Earth's Albedo Measured by Satellite", *Science* vol. **825**, 6 May 2005, DOI: 10.1126/science.1106484

[7] Dean-Yi Chou, Ming-Tsung Sun and Ming-Hsu Yang (2006), "Earthshine and Asteroseismology Telescope (East) Network", *Space Science Reviews*, Volume **122**, pp. 221-228

Peter Thejll arbejder i Danmarks Klimacenter med analyse af klimadatasæt for at kortlægge ændringerne i blandt andet nedbør i Europa, og indflydelsen af flyvemaskiners kondensstriber studeres med klimamodeller. Uddannet som astrofysiker indenfor modellering af stjerneatmosfærer. Har udført astronomiske observationer fra observatorier i Chile og på La Palma og med rumteleskopet og andre astronomiske satellitter.



Hans Gleisner arbejder i DMIs forskningsafdeling med analyse af geomagnetiske data fra bl.a. Grønland, og med undersøgelser af det globale klima ved hjælp af data fra et instrument ombord på den europæiske satellit MetOp som måler hvordan radiobølger fra GPS-satellitter afbøjes i Jordens atmosfære. Uddannet i Sverige som civilingeniør i teknisk fysik og som astrofysiker i sol- og rumfysik.



Spektrallinier – breddeopgave 29 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. 29 i rækken her i KVANT):

29. Spektrallinier

Forud for Niels Bohrs forklaring på formelen:

$$\frac{1}{\lambda} = K \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right); \quad n \text{ og } m \text{ hele tal.} \quad (2)$$

for spektrallinierne for brint i 1913 mente man også at have iagttaget spektrallinier for brint svarende til f.eks. $n = 3/2$ og $m = \text{helt tal} + \frac{1}{2}$. Det var en del af Niels Bohrs bedrift i 1913, at han kunne forklare disse ekstra spektrallinier som stammende fra helium. Hvordan kunne han det?

Løsning

$K \cdot c$, hvor c er lysets hastighed, har dimension af T^{-1} , og afhænger i Bohrs atommodel, som den er

konstrueret, udover af Plancks konstant, h , og elektronens masse, m_e , alene af konstanten $k_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}Ze^2$ i Coulombs lov. (ϵ_0 er dielektricitetskonstanten i vakuum, e elektronens ladning, og Z atomnummeret, dvs 1 for brint og 2 for helium). Spørgsmålet er, hvordan K for brint, K_H , og K for enkelt ioniseret helium, K_{He} , forholder sig til hinanden i Bohrs atommodel. Ved dimensionsanalyse indses det, at den eneste måde h (med dimensionen ML^2T^{-1}), m_e (med dimensionen M) og k_C (med dimensionen ML^3T^{-2}) kan kombineres på til en størrelse med dimensionen T^{-1} (som $K \cdot c$) er $k_C^2 \cdot m_e / h^3$. Derfor indgår Z i anden potens i K . Og derfor er K_{He} fire gange så stor som K_H .

Heraf følger for heliumspektret ifølge Bohrs atommodel:

$$\begin{aligned} 1/\lambda_{He} &= K_{He} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \\ &= 4K_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \\ &= K_H \left(\frac{1}{(n/2)^2} - \frac{1}{(m/2)^2} \right); n \text{ og } m \text{ hele tal.} \end{aligned} \quad (3)$$

Altså, at bølgelængderne for brints spektrallinier ifølge Bohr udgør delmængden af bølgelængderne for heliums spektrallinier svarende til, at både n og m er lige tal. Eller omvendt: Bølgelængderne for heliums spektrallinier fremkommer af formlen for brints spektrallinier ved at tillade n og m at være både hel- og halvtallige. Spektrallinierne i lyset fra en blanding af brint og helium (som fra Solen og andre stjerner) vil altså have bølgelængder givet ved brintformlen med både hel- og halvtallige værdier af n og m .

Kommentarer

1. Når jeg har anført det som en større del af løsningen af opgaven at udregne, at K_{He} er fire gange så stor som K_H , skyldes det, at breddeeksamen foregår uden hjælpemidler. De studerende har altså til eksamen skullet kunne genkalde sig essensen af Bohrs atommodel uden at slå den op i lærebogen. Alternativet til at fastlægge K 's afhængighed af Z ved dimensionsanalyse, som gjort her, er at udregne K ud fra Bohrs postulater, som det er gjort for cirkelbevægelser i lærebogen. Og hvor et af postulaterne er impulsmomentkvantiseringen.

2. Dimensionsanalyse var også for Niels Bohr en vigtig rettesnor, da han udviklede sin atommodel. I

indledningen til gennembrudsartiklen "On the Constitution of Atoms and Molecules. Part I", Phil. Mag. 26, 1 (1913), varmer han således op til modellen ved at påpege umuligheden af at danne en karakteristisk længde svarende til atomernes størrelse alene ud fra k_C og m_e . Hvorimod man ved inddragelse af h netop opnår en karakteristisk længde af den rigtige størrelsesorden.

3. Et halvt år efter gennembrudsartiklen i Philosophical Magazine præsenterede Niels Bohr sit gennembrud på dansk ved et foredrag i Fysisk Forening, senere trykt i Fysisk Tidskrift: "Om brintspektret". Fysisk Tidskrift 12, 97 (1914). Jeg holder af at uddele denne artikel til studerende, da Bohr netop i denne danske version af historien udtrykker sig usædvanlig afklaret og læsbart. Samtidig er det bemærkelsesværdigt, at impulsmomentkvantiseringen – modsat de fleste lærebogsfremstillinger af Bohrs atommodel – ikke optræder i artiklen. Den teoretiske udledning af Rydbergs konstant, $K_H \cdot c$, udtrykt ved k_C , m_e og h med en værdi i overensstemmelse med det spektroskopisk målte, gennemføres alene ved hjælp af korrespondenskravet: at lysfrekvensen for elektronovergang imellem naboilstande beregnet ud fra Bohrs model i stor afstand fra atomkernen skal nærme sig elektronens omløbsfrekvens. I artiklen i Philosophical Magazine optræder impulsmomentkvantiseringen som et alternativ til korrespondenskravet som udgangspunkt for den teoretiske udledning af Rydbergs konstant. Baseres Bohrs atommodel på korrespondenskravet, fremstår impulsmomentkvantiseringen som en konsekvens af modellen. Benyttes impulsmomentkvantiseringen som postulat, følger opfyldelsen af korrespondenskravet heraf. For Bohr var korrespondenskravet tydeligvis det faste holdepunkt i 1913.

Breddeopgave 30. Luftmodstand

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne eksamensopgave fra breddekurset på RUC (fra sygeeksamen august 1983, nr. 30 i rækken her i KVANT):

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

Løsning og kommentar bringes i næste nummer.

Kosmisk stråling

Steen Hannestad, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet

Kosmiske partikler med meget høj energi rammer Jorden hele tiden. De højeste energier, der er målt, er over 10^{20} eV, og det har i mange år været et mysterium, hvad kilden til disse partikler er. Under 10^{18} eV kommer partiklerne formentlig fra supernovarester i vores egen galakse, mens partikler med højere energi kommer fra ekstragalaktiske kilder. Nye resultater fra Pierre Auger eksperimentet viser, at partikler med meget høj energi med stor sandsynlighed kommer fra aktive galakser.

Indledning

Det, vi idag kalder kosmisk stråling blev opdaget lige før første verdenskrig. I 1912 sendte den tyske forsker Victor Hess en ballon med måleudstyr op i omkring 5 kilometers højde. Måleudstyret bestod af en lufttæt glasklokke med to elektroder. Mellem elektroderne var der stor spændingsforskel og man kunne derfor registrere ionisering af materialet omkring elektroderne. Det underlige var, at intensiteten af den stråling, der ioniserede måleudstyret steg efterhånden som ballonen kom højere op. Den eneste rimelige forklaring var, at strålingen kom fra rummet, men blev delvist absorberet i Jordens atmosfære. Hess kaldte sin opdagelse for "kosmisk stråling". I begyndelsen havde man ingen idé om, hvad strålingen bestod af, men i 1930'erne blev det påvist, at kosmisk stråling bliver påvirket af Jordens magnetfelt. Man kunne simpelthen måle, at der var forskel på strålingsintensiteten fra øst og fra vest. På det tidspunkt var det endnu ikke muligt at producere partikler med høj energi i accelerators, og kosmisk stråling var derfor det eneste tilgængelige laboratorium for den slags partikler. Positronen, der er elektronens antipartikel, blev opdaget i 1932 af Carl Anderson som en af komponenterne i den kosmiske stråling. I 1937 blev en ny og ukendt elementarpartikel, myonen, opdaget på samme måde.

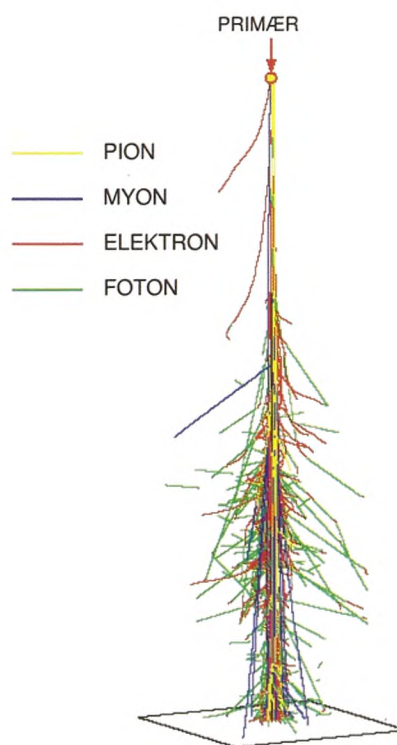
Myonerne har den egenskab, at de uden videre kan trænge gennem Jordens atmosfære, mens stort set alle andre partikler med så høj energi øjeblikkeligt bliver bremset. Spørgsmålet er derfor: Hvad er det egentlig der er årsagen til alle disse myoner? Bliver de udsendt af kilder i rummet, eller bliver de dannet i Jordens atmosfære. Svaret er det sidste. Myoner henfalder med en levetid på kun $2 \cdot 10^{-6}$ sekunder. Hvis de bevæger sig med lyshastighed skulle de altså kun kunne bevæge sig ca. 600 meter inden de henfalder. Det er dog ikke rigtigt. Ifølge Einsteins relativitetsteori ændres målinger af tid og rum når man bevæger sig med hastigheder tæt på lysets. Hvis en partikel bevæger sig med hastigheder tæt på lysets, ændres dens levetid efter formlen

$$\Delta t = \frac{\tau}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad (1)$$

hvor τ er levetiden hvis partiklen ikke bevæger sig. v er partiklens hastighed, og c er lysets hastighed. Hvis f.eks. en myon bevæger sig med 99,9% af lysets

hastighed vil dens levetid være $4,4 \cdot 10^{-5}$ sekunder. Den vil altså kunne bevæge sig omkring 13 kilometer inden den henfalder.

Til gengæld er det også nemt at overbevise sig selv om, at myonerne ikke kan komme fra andre steder i rummet. Hvis f.eks. en myon skal overleve turen fra Solen til Jorden (ca. 150 mio. km.) skal den bevæge sig med 99,999999999999997% af lysets hastighed. For at kunne det, skal den have en energi på ca. $2,5 \cdot 10^{17}$ eV; langt højere end, hvad Solen kan producere. Hvis den skal have overlevet turen fra den nærmeste stjerne skal den have haft en energi på $6,3 \cdot 10^{21}$ eV, en urealistisk høj energi.

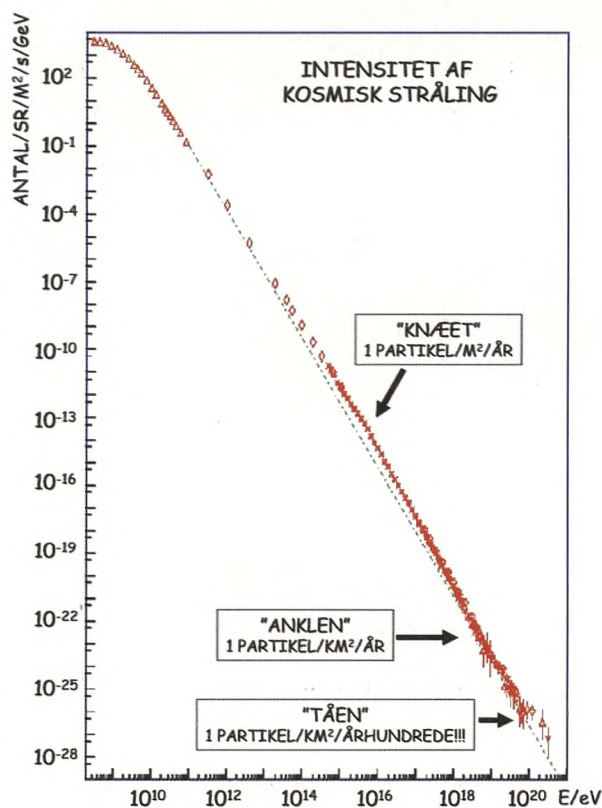


Figur 1. Eksempel på en partikelbyge dannet af kosmisk stråling.

Svaret er derfor, at myonen bliver dannet i Jordens atmosfære på grund af sammenstød mellem andre partikler. Hvis en proton med stor energi rammer en atomkerne i Jordens atmosfære dannes der en byge af nye partikler (eng. Shower). Hvis den oprindelige

partikel har tilpas høj energi kan der dannes tusindvis af sekundære partikler. Langt de fleste af de sekundære partikler er de såkaldte pioner, der meget hurtigt henfalder til myoner, som derefter kan observeres. Figur 1 viser et eksempel på et shower dannet af en proton med en energi på 10^{12} eV.

De oprindelige partikler må nødvendigvis være partikler, der lever meget længere end myoner. Her er der flere mulige kandidater. Den umiddelbart mest oplagte mulighed er fotonen, der har uendeligt lang levetid. En anden mulighed er protoner, men i princippet kan den kosmiske stråling også stamme fra tungere atomkerner som jern. Hvad den kosmiske stråling består af, er i øjeblikket et ubesvaret spørgsmål, specielt ved meget høje energier. Dog har Pierre Auger eksperimentet kunnet sætte en øvre grænse for, hvor stor en procentdel af den kosmiske stråling med høj energi, der kommer i form af fotoner. Grænsen er i øjeblikket ca. 2%, og det er derfor sandsynligt, at det meste af den kosmiske stråling kommer i form af protoner.



Figur 2. Spektret af kosmisk stråling.

Kilder til kosmisk stråling

Et andet oplagt spørgsmål er: Hvad er det, der faktisk danner de partikler, der rammer Jordens atmosfære?

Der er masser af kilder til kosmisk stråling: Vi ved at Solen hele tiden udsender stråling. Til gengæld ved vi også, at Solen ikke kan være årsag til størstedelen af de partikler, der har høj energi. For eksempel kommer strålingen fra mange andre retninger end Solen, og Solens magnetfelt er ikke stærkt nok til at ændre retningen af partikler med så høj energi.

Ved højere energier er der sandsynligvis primært rester af tidligere supernovaer, der forårsager strålingen. Man ved, at mængden af stråling er korreleret med formen af Mælkevejen, og det er derfor umuligt at strålingen kommer fra områder uden for vores egen galakse.

Dette gælder dog kun partikler, der har energier mindre end omkring 10^{17} eV. Ved energier større end dette kan Mælkevejens magnetfelt ikke længere fastholde partiklerne, og langt den største del af strålingen kommer formentlig fra kilder uden for vores galakse. Det kan dog stadig godt være supernova rester, der forårsager en del af strålingen, men det meste kommer sandsynligvis fra kernerne af aktive galakser. Ved endnu højere energier ses der stadig partikler, men væsentligt færre. Spektret af kosmisk stråling kan ses i figur 2. Spektret falder over "knæet" omtrent som E^{-3} . Ved energier i nærheden af 10^{20} eV rammes Jorden kun af omkring 1 partikel per kvadratkilometer per århundrede.

Selv om det lyder af meget lidt, er det dog langt mere end man umiddelbart skulle forvente. Når en proton bevæger sig gennem det interstellare rum kan den vekselvirke med andre partikler. Ved en energi på omkring $4 \cdot 10^{19}$ eV kan en proton vekselvirke med en foton fra den kosmiske baggrundsstråling og producere en partikel, kendt som Δ -partiklen. Tværsnittet for den proces er meget stort og det betyder, at protoner med energi over $4 \cdot 10^{19}$ eV ikke kan bevæge sig længere end ca. 60 mio. lysår før de absorberes. Mærkeligt nok ser man faktisk partikler med energi over denne grænse, der kaldes for Greisen-Zatsepin-Kuzmin (GZK) grænsen. Den største kendte energi er i øjeblikket ca. $5 \cdot 10^{20}$ eV for en partikel observeret af det amerikanske Fly's Eye observatorium. $5 \cdot 10^{20}$ eV svarer til ca. 80 J eller den kinetiske energi i en tennisbold, der bevæger sig med 220 km/t. Her er energien bare koncentreret i en enkelt partikel.

Der kendes faktisk kun ganske få objekter inden for en afstand på 60 mio. lysår som formentlig er i stand til at producere stråling med så høj energi. Et af dem er den aktive galakse Centaurus A (figur 3).



Figur 3. Den aktive galakse Centaurus A.

Hvordan kommer partikler overhovedet op på så stor en energi? Den mest sandsynlige forklaring er, hvad der kaldes Fermi acceleration. Fænomenet opstår når partikler bevæger sig gennem chokbølger i astrofysiske objekter. På grund af en effekt af den specielle relativitetsteori får en partikel tilført energi hver gang den krydser en chokbølge, og hvis det sker tilpas mange gange kan den faktisk nå op på energier over GZK grænsen. Til gengæld kan partiklen kun krydse chokbølgen et vist antal gange. Når hastigheden bliver tilpas stor kan objektets magnetfelt ikke længere fastholde den, og den forsvinder ud af systemet. Den maksimalt opnåelige energi er derfor bestemt af både objektets størrelse og af styrken af dets magnetfelt. Ud fra denne betragtning er den mest sandsynlige kilde til kosmisk stråling med meget høj energi kernerne af aktive galakser.

Hvordan observeres kosmisk stråling?

Moderne observationer af kosmisk stråling med høj energi foregår ved hjælp af to teknikker. Den første kaldes for "ground arrays". Idéen er at have en række forskellige målestationer ved jordoverfladen, der kan måle de partikler fra bygen, der når så langt. Der er primært tale om myoner, men iblandet pioner og nukleoner. Ud fra information om tid og position for de enkelte partikler kan man rekonstruere bygen og dermed også finde energien og retningen af den oprindelige partikel. Den anden teknik er baseret på, at molekyler i Jordens atmosfære eksiteres når ladede partikler med høj energi passerer. Når bygen af partikler passerer gennem atmosfæren og eksiterer molekyler opstår der flourescens, og man kan bestemme energien af den oprindelige partikel ved at måle mængden af flourescens.

For at få den endelige afklaring på, hvor mange af disse partikler med ekstreme energier, der faktisk er, er man i øjeblikket i gang med opførelsen af et nyt eksperiment, Pierre Auger Observatoriet (PAO) [1], i Argentina. Det er dels meget større end AGASA [2] i Japan og HiRes [3] ved Utah Universitet, dels kombinerer det de to observationsteknikker. På nuværende tidspunkt er PAO næsten færdiggjort, og har allerede publiceret en lang række data. Den første præcisionsmåling af energispektret ved høje energier har bekræftet, at intensiteten falder kraftigt ved energier over $4 \cdot 10^{19}$ eV. PAO bekræfter altså eksistensen af GZK grænsen (i overensstemmelse med HiRES, men i modstrid med AGASA), og det betyder, at kilder i det

nære univers må være ansvarlige for de mest energirige partikler.

Alene denne observation peger som sagt i retning af, at aktive galakser er ansvarlige for produktionen af disse partikler, og at der derfor kun bør ses partikler fra en relativt begrænset mængde af kilder. At dette er tilfældet er netop blevet bekræftet af nye data fra PAO. I det nummer af Science, der udkom 9. november 2007, offentliggjorde PAO nye målinger af 30 partikler med ultrahøj energi. Retningerne hvorfra de kommer, kan næsten alle identificeres med kendte aktive galakser og for eksempel er der mindst to partikler, som kommer direkte fra Centaurus A. På nuværende tidspunkt tyder det altså på, at der er blevet taget et væsentligt skridt i retning af en forståelse af kosmisk stråling med høj energi. Vi ved, at den udsendes af aktive galakser i det nære univers. Der er dog stadig mange brikker i puslespillet, der mangler at blive lagt: Præcis hvad er den fysiske mekanisme, der accelererer partiklerne til disse energier? Hvorfor udsender nogen aktive galakser store mængder kosmisk stråling med høj energi, mens andre kendte aktive galakser tilsyneladende ikke gør? Efterhånden som PAO eksperimentet leverer flere data vil der forhåbentlig komme svar på disse spørgsmål, og dermed også ny forståelse af fysikken i de aktive galakser, der er nogle af de mest ekstreme objekter vi kender til i Universet.

Litteratur

- [1] Pierre Auger Observatoriet, <http://www.auger.org/>
- [2] AGASA – Akeno Giant Air Shower Array, <http://www-akeno.icrr.u-tokyo.ac.jp/AGASA/>
- [3] HiRes – High Resolution Fly's Eye Experiment, <http://hires.physics.utah.edu/>



Steen Hannestad arbejder inden for det område, der kaldes astropartikelfysik. Betegnelsen dækker brugen af astrofysiske og kosmologiske observationer til studier af fundamental partikelfysik. Den kosmiske baggrundsstråling er også her blandt de vigtigste informationskilder.

Foreningsnyt – foredrag i foråret

Astronomisk Selskab

En guide til Mælkevejen

Vort solsystem, Jorden og dermed menneskeheden, er en del af det enorme system af stjerner, der udgør spiralgalaksen, Mælkevejen. Vores sol er blot én ud af de flere hundrede milliarder stjerner i det "ø-univers", som vores "moder-galakse" udgør. Foredragsrækken er en guide til galaksen, som vil beskrive vores nuværende viden om mælkevejssystemet, herunder Mælkevejens

oprindelse og udvikling, de stjerner og det støv, som den består af, samt hvor udbredt livet mon er, i vores galakse.

Foredragene afholdes i samarbejde mellem Astronomisk Selskab, Tycho Brahe Planetarium og Folkeuniversitetet. De er tilrettelagt af Torben Arentoft, Bertil Dorch og Michael Linden-Vørnle.

Vi gør opmærksom på, at datoerne endnu ikke er endeligt bekræftet af Folkeuniversitetet.

Foredragskalender

Jan.					
28/1	19.15	"Mælkevejens dannelse og udvikling: Fra Big Bang og til nu."	<i>Jesper Sommer-Larsen</i>	AS (Kbh)	
Feb.					
4/2	19.15	"Mælkevejens dannelse og udvikling: Fra Big Bang og til nu."	<i>Jesper Sommer-Larsen</i>	AS (Årh)	
4/2	19.30	"Sanseapparatets betydning for hørelsen" (foreløbig titel)		SNU	
25/2	19.15	"Mælkevejens stjerner og kemiske historie"	<i>Birgitta Nordström</i>	AS (Kbh)	
25/2	19.30	"Proteinforskning"		SNU	
Mar.					
3/3	19.15	"Mælkevejens stjerner og kemiske historie"	<i>Birgitta Nordström</i>	AS (Årh)	
17/3	19.30	"Foredrag ved forsker fra Galathea 3 om forskellige dyrs sanseapparater mht. lyd"		SNU	
31/3	19.15	"How stars form" (på engelsk)	<i>David Field</i>	AS (Kbh)	
Apr.					
7/4	19.15	"How stars form" (på engelsk)	<i>David Field</i>	AS (Årh)	
7/4	19.30	"Foredrag ved forsker fra Galathea 3 om forskellige dyrs sanseapparater mht. lyd"		SNU	
11/4		"Geofysikdag"		DGF	
14/4	19.15	"Livets mulige udbredelse i Mælkevejen"	<i>Uffe Gråe Jørgensen</i>	AS (Kbh)	
21/4	19.15	"Livets mulige udbredelse i Mælkevejen"	<i>Uffe Gråe Jørgensen</i>	AS (Årh)	
28/4	19.30	"Foredrag ved forsker fra Galathea 3 om forskellige dyrs sanseapparater mht. lyd"		SNU	
Maj					
19/5	19.15	"Mælkevejens kosmiske støv"	<i>Anja C. Andersen</i>	AS (Kbh)	
26/5	19.15	"Mælkevejens kosmiske støv"	<i>Anja C. Andersen</i>	AS (Årh)	

Foredragene afholdes på følgende adresser:

AS (Kbh): Auditoriet, Juliane Maries Vej 30, 2100 Kbh. Ø

AS (Årh): Matematisk Inst., Aarhus Universitet, Ny Munkegade, Bygn. 530, Aud. D, 8000 Århus C

SNU: Geologisk Museum, Øster Voldgade 5-7, Kbh. K (www.naturvidenskab.net).

DGF: Dansk Geofysisk Forening, Rockefeller, Juliane Maries Vej 30, 2100 Kbh. Ø

Foredrag i andre foreninger:

- SNUs kalender, www.naturvidenskab.net (klik på "Foredrag" samt "Andre aktiviteter i DK")
- Ungdommens Naturvidenskabelige Forening, www.unf.dk
- Videnskabernes Selskab, www.royalacademy.dk
- Videnskabshistorisk Selskab, www.math.ku.dk/videnskabshistorie
- Niels Bohr Arkivet, www.nbi.dk/nba

Geofysikdag 2008 – arrangement for studerende

Fredag den 11. april 2008 arrangerer Dansk Geofysisk Forening og Geofysisk Studenterforening for sjette gang Geofysikdag for alle studerende med interesse for geofysik.

Der vil være studenterpræsentationer, virksomhedsmesse samt et festforedrag. Vi er i øjeblikket ved at sammensætte programmet. Tilmelding via hjemmesiden: www.dgf.gfy.ku.dk.

Vigtige datoer: 26. marts – Deadline for indsendelse af abstract. 11. april – Geofysikdag.

Geofysikdag giver dig muligheder...

- Hør om spændende muligheder for at arbejde med geofysik.
- Få inspiration til en kommende opgave.
- Præsenter dit projekt for andre og øv dig i at formidle.
- Lær studerende med samme interesser som dig at kende.

Adressen er: Rockefeller Komplekset, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø.

Dansk Geofysisk Forenings Rejselegat

Næste ansøgningsfrist 1. april 2008.

Målgruppe: 2.-dels geofysikstuderende ved KU og AU, som ønsker dækning af registreringsgebyr og rejseudgifter ved deltagelse i konferencer, møder, feltarbejde, udlandsophold eller lignende.

Støtte: Op til 10.000 kr. årligt, der deles ud i flere portioner.

Ansøgning: Skal indeholde beskrivelse af formål, forventet budget, en kopi af bachelorbevis/karakterudskrift samt udtalelse fra vejleder eller lignende. Der skal efterfølgende afleveres en kort redegørelse.

Sendes til: Dansk Geofysisk Forening, Is og Klima, Niels Bohr Institutet, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø.

PFEIFFER  **VACUUM**

NYHEDER

er der ingen af i dette nummer.
Vi nøjes med at ønske vore kunder

Glædelig Jul

Godt nytår

og takke alle for året der gik.

På gensyn i 2008

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

KVANT udgives af:

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

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

Lene Henriksen (kasserer)
Tlf. 39696179,
lene.henriksen@webspeed.dk

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

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

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

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

**Dansk Geofysisk Forening
(DGF)**
dgf.gfy.ku.dk

Andreas Lemark (formand)
Is og klima, Niels Bohr Inst.
Tlf. 35320571
alemark@gfy.ku.dk

Henvendelser til:
Bo Vinther (kasserer)
Is og klima, Niels Bohr Inst.
Juliane Maries Vej 30
2100 København Ø
Tlf. 35320617, bo@gfy.ku.dk

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

**Selskabet for Naturlærers
Udbredelse (SNU)**
www.naturvidenskab.net

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

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

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

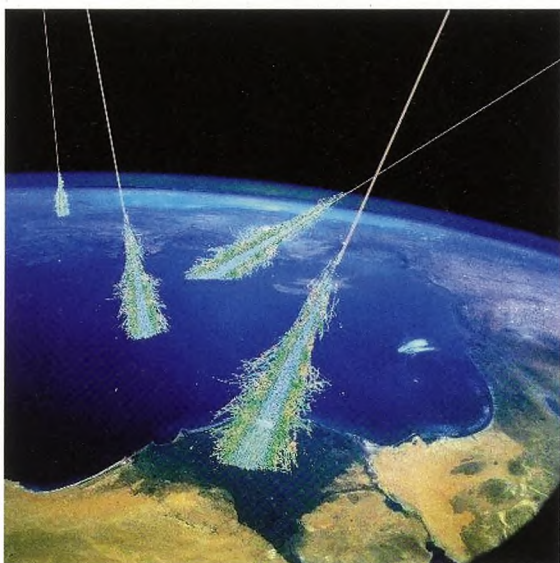
Universets ekstreme partikler

Af Katrine Facius, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Er du nogensinde blevet ramt af en partikel fra oven? Selvfølgelig er du det! Kosmiske partikler regner ned over Jorden hvert sekund, og fysikere har i årevis kæmpet med at forklare hvor de kom fra og hvorfor nogle af dem synes at have energier der overstiger hvad der er teoretisk muligt. Mange modeller har været foreslået, og nu lader det endelig til at nogle af svarene er inde for rækkevidde.

Fysik ved ekstreme energier

Jorden bliver konstant bombarderet med partikler, der regner ned over os fra verdensrummet.



Figur 1. Byger af energetiske partikler opstår når kosmiske partikler rammer toppen af jordens atmosfære (NASA).

De har været studeret længe i et forsøg på at svare på spørgsmålene: hvad er det for nogle partikler og hvor kommer de fra? Nogle af partiklerne har imidlertid vist sig mere gådefulde end andre: de såkaldte ultra-højenergetiske kosmiske partikler med energier over 10^{19} eV (Ultra High Energy Cosmic Rays, UHECR).

De kosmiske partikler spænder vidt i energi, og for UHECR partiklernes vedkommende er deres energi mere end 1000 gange større end hvad vi kan frembringe i eksperimenter her på Jorden.

Derved giver de os et fremragende laboratorium for at studere fysikken ved de energier, og eventuelt afsløre helt ny fysik.

Men på trods af mange års studier har det været umuligt at frembringe modeller der i tilstrækkelig grad kunne forklare UHECR partiklernes oprindelse, og disse partikler har præsenteret fysikere over hele verden for et fascinerende mysterium.

Partikler fra fjerne galakser

For at forklare de kosmiske partikler vi har observeret her på Jorden anvender mange modeller såkaldte

“bottom-up” scenarier. Her bliver kendte partikler, som for eksempel protoner, accelereret op til høje energier i astrofysiske objekter og udbreder sig herefter gennem rummet til Jorden.

Vi regner med at langt størstedelen af de kosmiske partikler vi observerer stammer fra vores egen galakse. Men for at partiklerne ikke undslipper vores galakse, skal der være et kraftigt magnetfelt til at fastholde dem. Sådanne magnetfelter findes for eksempel i supernovaer.

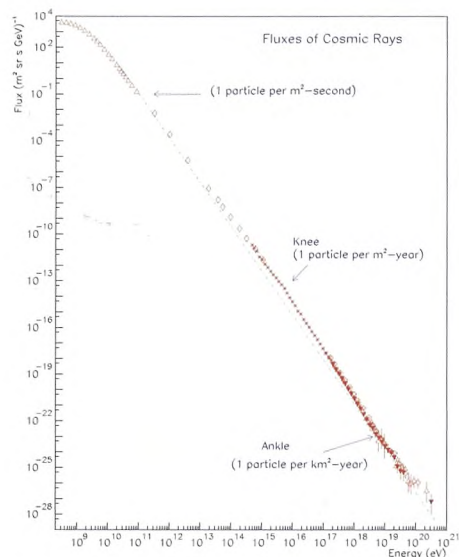
En partikel med energi E og ladning Ze vil i et magnetfelt bevæge sig rundt i en cirkelbevægelse med radius r :

$$r \simeq \frac{E}{ZeB}, \quad (1)$$

hvor B er magnetfeltets styrke. For at blive fastholdt må denne radius ikke blive større end magnetfeltets radius R . Dette krav giver et groft estimat på den maksimale kinetiske energi som partikler kan opnå:

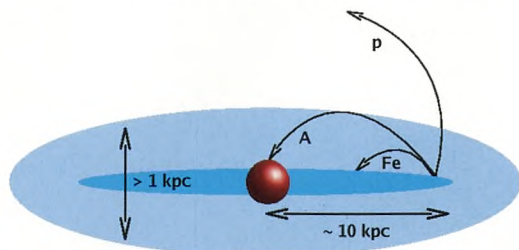
$$E \lesssim ZeBcR \simeq ZR'B' \cdot 10^{18} \text{ eV}. \quad (2)$$

R' er R regnet i kiloparsec, og B' betyder magnetfeltet angivet i mikrogauß ($1 \text{ kpc} = 3,09 \cdot 10^{19} \text{ m}$ og $1 \mu\text{G} = 10^{-10} \text{ Tesla}$).



Figur 2. Antallet af kosmiske partikler vi ser her ved Jorden aftager med stigende energi, som $E^{-2.7}$. Den grønne stiplede linie viser potensfunktionen E^{-3} til sammenligning. For partikler med energier over 10^{20} bliver der i gennemsnit observeret under 1 partikel per kvadratkilometer per år.

Vores galakse er mindre end 1 kpc tyk og magnetfelterne her er i størrelsesordenen nogle få μG . Hvis partiklerne bliver accelereret op til højere energier, vil de ikke længere blive fastholdt og undslipper. Denne sammenhæng betyder også at jo højere energi vi kigger på jo flere af de lettere partikler som protoner vil undslippe, hvorimod de tungere kerner som for eksempel jern stadig vil kunne blive fastholdt, se figur 3.



Figur 3. Vores egen galakse er under 1 kpc tyk. Jorden befinder sig cirka 10 kpc fra centrum, og her kan vi blive ramt af kosmiske partikler der holdes fast af magnetfelter i galaksen. Tegningen illustrerer tre partikler ved en given energi, der netop svarer til at et element A, lettere end jern, vil blive fastholdt, hvorimod de lettere protoner undslipper.

For de kosmiske partikler der stammer fra vores egen galakse betyder det at jo højere energier vi betragter, jo mere dominerer de tungere kerner. Dette stemmer overens med observationerne for de kosmiske partikler med energier mellem "knæet", $E \simeq 10^{15}$ eV, og "anklen", $E \simeq 10^{18}$ eV.

Men hvad så med partikler, hvis energier er så store, at vores galakse ikke længere kan fastholde nogen af partiklerne? I dette tilfælde må de kosmiske partikler stamme fra ekstra-galaktiske kilder. Dette er de såkaldte UHECR partikler og her begynder det at blive udfordrende at finde gode forklaringer på hvor de kommer fra.

Universets imponerende accelerators

På Jorden studerer vi fysik ved høje energier ved at accelerere partikler op i partikelacceleratorer. Det bedst kendte eksempel på en sådan er den 27 km lange accelerator-ring der findes på forskningscenteret CERN ved Geneve. Men Universet har nogle meget større accelerators til rådighed!

Vi regner med at accelerationen sker gennem forskellige processer i astrofysiske objekter som for eksempel galaksecentre og supernovaer. En god kandidat til sådan en proces blev udformet af Fermi i 1949 og kaldes Fermiacceleration. I denne model kan partikler opnå høje energier ved at bevæge sig frem og tilbage over en chokbølge-front. For hver krydsning bliver partiklen accelereret yderligere, og den maksimale energi som partiklen kan opnå på denne måde afhænger altså af hvor lang tid den kan vekselvirke med chokbølgen. I nogle tilfælde vil chokbølgens levetid være den begrænsende faktor, som for eksempel for supernova chokbølger, der dør ud efter cirka 1000 år. Men hvis denne chokbølge eksisterer i meget længere tid, vil den maksimale energi i stedet være begrænset af sandsynligheden for, at partiklen undslipper når den når op på tilstrækkelig høj energi.

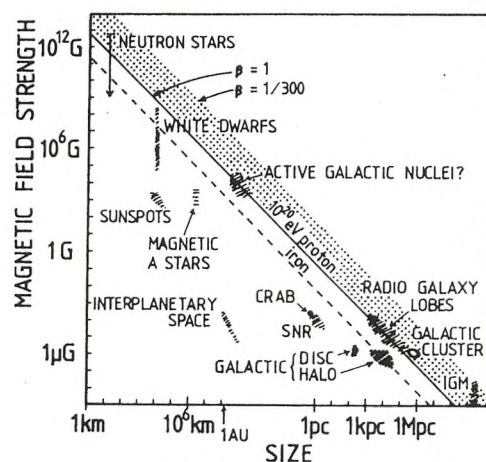
I en simpel modellering af Fermiacceleration i chokbølger har man vist at den maksimale energi en partikel med ladning Ze kan opnå er givet ved

$$E \simeq (\beta c) Z B' R' \cdot 10^{18} \text{ eV} \quad (3)$$

Her angiver βc hastigheden af chokbølgen. For supernovaer vil $\beta \sim 0,01$, men under særlige betingelser kan β nå op omkring 1. Denne ligning udtrykker groft sagt blot endnu engang at baneradiusen af de accelererede partikler må forblive inden for acceleratoren, lige som i jordiske accelerators!

En af styrkerne ved Fermiacceleration er at energispektret for de accelererede partikler automatisk vil følge en potensfunktion, $E^{-\gamma}$. Dette er netop hvad vi observerer for de kosmiske partikler, som figur 2 viser. I tilfælde med stærke chokbølger vil det spektrale index γ være lidt større end 1. Men på partiklernes vej til Jorden mister de energi i forskellige processer, og siden dette energitab er afhængigt af deres energi, vil det observerede spektrum ved Jorden være stejlere. Dette passer glimrende med det observerede spektrum der følger $E^{-1,1} - E^{-2,1}$.

I jagten på at finde kandidater til disse ekstra-galaktiske accelerators viser ligning 3 at der er visse krav til både størrelsen af objektet og styrken af dets magnetfelt for at de kan accelerere partikler op til de ekstremt høje energier. I det kendte Hillas-plot i figur 4 er forskellige astrofysiske objekter placeret i henhold til deres størrelse R , og magnetfelt B . For at kunne producere UHECR partikler skal de ligge over de rette linier i diagrammet, og mulige kandidater er for eksempel aktive galaksecentre og gammaglimt. Men der er bemærkelsesværdigt få kandidater og desuden er 10^{20} eV tæt på den maksimale energi vi kan opnå i de astrofysiske accelerators. UHECR partiklerne lader altså til at repræsenterer de mest ekstreme energier Universet kan producere.



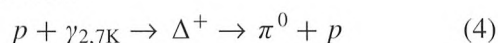
Figur 4. Hillas plottet, der viser forskellige astrofysiske objekter i henhold til deres størrelse R og styrken af deres magnetfelt B . Objekterne der ligger under de rette linier i diagrammet er ikke i stand til at accelerere partikler op til 10^{20} eV ved Fermiacceleration. Den stiplede linie er for jernkerner, den fuldt optrukne for protoner, begge for chokbølger med $\beta = 1$. Den skraverede region er for protoner accelereret i "langsomme" chokbølger med β ned til $1/300$.

Baggrundsstrålingen dræner energien

Efter partiklerne er blevet accelereret op til de høje energier skal de udbrede sig gennem rummet for at nå frem til jorden.

Rummet er fyldt med fotoner fra den kosmiske baggrundsstråling. Mange af partiklerne der bevæger sig gennem rummet vil ikke blive påvirket af disse fotoner, og Universet vil se "transparent" ud. Men for partikler med energier så høje som UHECR partiklerne kan der pludselig foregå processer, som dræner dem for noget af deres energi.

Protoner med energier over $6 \cdot 10^{19}$ eV kan for eksempel vekselvirke med fotonerne og skabe pioner gennem processen:



I sådan en proces mister protonen en stor del af sin energi. Protonen vil fortsætte med at vekselvirke med fotoner på sin vej, indtil dens energi er under grænsen på $6 \cdot 10^{19}$ eV, og processen ikke længere kan forekomme.

Den afstand som partiklerne kan nå at bevæge sig inden de har mistet så meget energi at vekselvirkningen med baggrundsstrålingen stopper varierer fra partikel til partikel. For en proton vil denne middelvej være mindre end 50 Mpc. Det svarer til den afstand som lyset bevæger sig på 150 millioner år, og er i kosmiske sammenhænge relativt kort. Til sammenligning er centrum i den galaksehob som Mælkevejen er en del af kun 20 Mpc væk.

UHECR partikler med $E > 10^{19}$ eV vil altså blive drænet for store dele af deres energi på vejen til Jorden. Kun et fåtal vil nå Jorden med energier over denne grænse, nemlig dem der stammer fra objekter mindre end 50 Mpc væk. Dette førte til at Greisen, Zatsepin og Kuz'min forudsagde, at vi burde se væsentligt færre partikler med energier over 10^{19} eV, i dag kendt som GZK-grænsen.

Mystiske observationer

Kan disse modeller så forklare hvad det er vi rent faktisk ser? Modellerne stiller visse krav, som vores observationer skal leve op til: først og fremmest må de højenergetiske partikler komme fra ekstra-galaktiske astrofysiske objekter af en vis størrelse og med et vist magnetfelt. Derudover bør vi se et fald i antallet af partikler med energier over 10^{19} eV. Og de partikler vi ser over denne GZK-grænse er nødt til at stamme fra astrofysiske objekter der ikke er mere end 50 Mpc væk!

Disse begrænsninger er årsagen til at de højenergetiske kosmiske partikler har været en gåde for fysikerne i mange år. De meget sparsomme observationer der har været til rådighed har gjort det svært at konkludere hvorvidt de bekræftede modellerne. Og nogle af de observerede partikler syntes tilmed på mystisk vis at modsige forudsigelserne.

Tilbage i starten af 1990'erne blev flere højenergetiske kosmiske partikler observeret af det såkaldte Fly's Eye eksperiment, eller "Flueøjeksperiment", opkaldt efter detektoren som man

"så" partiklerne med, der lignende et stort flueøje! Forskere herfra viste at det var umuligt at knytte deres observationer af partikler over GZK-grænsen til kendte astrofysiske objekter. I stedet tydede deres uniforme fordeling på, at de kom fra meget fjerne objekter. Mysteriet blev større da AGASA eksperimentet i Japan senere målte et stort antal partikler med energier over GZK-grænsen, i modstrid med det fald i intensitet vi forventer, hvis partiklerne kommer fra objekter længere væk end 50 Mpc.

Disse gådefulde observationer har fået fysikere til at tænke i forskellige alternative modeller. I et forsøg på at slippe uden om problemerne med de nødvendige kraftige astrofysiske accelerators, har såkaldte "top down" scenarier været benyttet. Her har helt nye partikler været foreslået som oprindelse til UHECR partiklerne. Et eksempel er super-massive mørkt-stof partikler, som indgår i visse teorier. Med ekstremt høje masser ville de kunne henfalde til kendte partikler med de høje energier vi observerer.

Er gåden løst?

For at afsløre om de foreslåede modeller var korrekte eller om der var tale om helt ny fysik var det nødvendigt med flere observationer af disse højenergetiske partikler. De tidligere eksperimenter havde været plaget af problemer med at bestemme energien af partiklerne korrekt, og det var tydeligt at større og mere præcise eksperimenter var nødvendige for at få klare svar.

Dette førte til opbygningen af det store Auger eksperiment i Argentina, og netop i disse dage begynder de første svar at dukke frem fra deres observationer. Og i denne omgang tyder det på at observationerne svarer til de nævnte forudsigelser; GZK-grænsen fremgår af de nye data, og tilsyneladende stemmer ankomstretningen for partiklerne med energier over 10^{19} eV overens med kendte aktive galakser. Fremtidens observationer vil helt sikkert bringe mere præcise beskrivelser af disse hidtil så mystiske partikler og astrofysikken vil være en gåde mindre.

Litteratur

- [1] Günter Sigl (2001), Ultrahigh-Energy Cosmic Rays: Physics and Astrophysics at Extreme Energies, *Science* (January 5) 2001, Vol **291**, no 5501, pp 73-79.
- [2] Adrian Cho (2007), Universe's Highest-Energy Particles Traced Back to Other Galaxies, *Science* (9 November) 2007, Vol **318**, no 5852, pp 896-897.
- [3] <http://www.auger.org/>; http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-high-energy_cosmic_ray



Katrine Facius er kandidat i fysik fra Københavns Universitet. Hun arbejder for tiden som ph.d-studerende i gruppen for eksperimentel partikelfysik ved Niels Bohr Institutet, hvor hun er involveret i forberedelsen af det hidtil største jordiske acceleratoreksperiment LHC på CERN ved Geneve.

KVANTE-stigen

– meddelelser om stort og småt

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

Kommentar til "Mørkets hastighed"

I sidste nummer af KVANT blev spørgsmålet om 'mørket har en hastighed og om den kan være større end lysets hastighed' diskuteret. Spørgsmålet blev stillet af en elev, Sarah Weischendorff, der siden har påpeget, at tankeeksperimentet ligeså godt kan indrettes så en lysplet på planeten bevæger sig hurtigere end lysets hastighed, dvs. mørkets hastighed er ikke større end lysets hastighed.

En læser, Steen Ellemose fra Grindsted Gymnasium, har også skrevet for at få et uddybende svar:

"Må det være tilladt en (bifags-)fysiklærer fra det mørke Jylland at stille et spørgsmål til artiklen om Mørkets hastighed. Jeg har læst artiklen mange gange og jeg forstår ganske enkelt ikke Benny Lautrups forklaring.

Hvis man nu antager, at den omtalte plade på et tidspunkt, på samme måde som den føres foran lyskilden i stedet fjernes fra lyskilden, må man vel kunne argumentere, på samme "indlysende" måde for, at lysets hastighed er langt hurtigere end c . Eller?

Benny Lautrup giver denne præcisering: "Om det er lys eller mørke spiller ingen rolle. Som forklaret i min besvarelse er der ikke tale om bevægelse af signaler, men blot at korrelerede fænomener kan optræde med rumlig afstand (i relativistisk forstand). Korrelation kan endda være instantan. Korrelation har ikke noget at gøre med kausalitet."

Matematiske Meddelelser online

Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs tidsskrifter har været svært tilgængelige rundt omkring i verden, og selv om et stort antal artikler hører til de mest citerede inden for deres felt, er det langt fra sikkert, at de også hører til de mest læste. Det har Selskabet nu taget konsekvensen af ved at lægge Matematisk Fysiske Meddelelser bind 1-50 fra 1917 til 2002 på Internettet, <http://www.sdu.dk/Bibliotek/matfys>

Her kan enhver kvit og frit downloade artiklerne uden password og accesskode. Enkelte artikler mangler endnu men vil snart blive sat ind. De senste fem årgange er dog ikke frit tilgængelige men skal købes, inden karenstiden er ovre. På indeværende tidspunkt er der også planer om at gøre Matematisk Fysiske Skrifter tilgængelige.

Peter Sigmund
Institut for Fysik og Kemi
Syddansk Universitet

Planetkalender 2008

På modstående side er der – som de foregående år – trykt en "Planetkalender for København 2008", udregnet af Martin Götz, med overblik over en række astronomiske forhold, f.eks. hvornår de enkelte planeter er synlige og om Månen eventuelt forstyrrer, samt:

- Opgangs- og nedgangstider for Solen, Månen og planeterne, der er synlige med det blotte øje,
- Kulminationstidspunkter for planeterne,
- Slutningen og begyndelsen for det borgerlige, nautiske og astronomiske tusmørke, når Solen henholdsvis er 6° , 12° og 18° under horisonten,
- Solens kulmination + 12 timer (f.eks. aflæses kl. 0:15 i natten mellem d. 4.1. til d. 5.1. – så kulminerer Solen kl. 12:15 d. 4.1.),
- Månens fase (kl. 0:00 DNT står for nymåne, kl. 1:00 DNT for fuldmåne og kl. 0:30 DNT for halvmånefaserne).

Solens nedgangs- og opgangstider er markeret med gule eller hvide prikker. I tiden 30. marts - 25. oktober gælder dansk sommertid (DST), hvor tiderne på den nederste tidsskala skal anvendes. Resten af året gælder dansk normaltid (DNT), hvor den øverste tidsskala bruges. Kalenderen kan hentes elektronisk med uddybende forklaring på web-adressen:

<http://www.planetkalender.tk>

Månen formørker Mars den 24/12

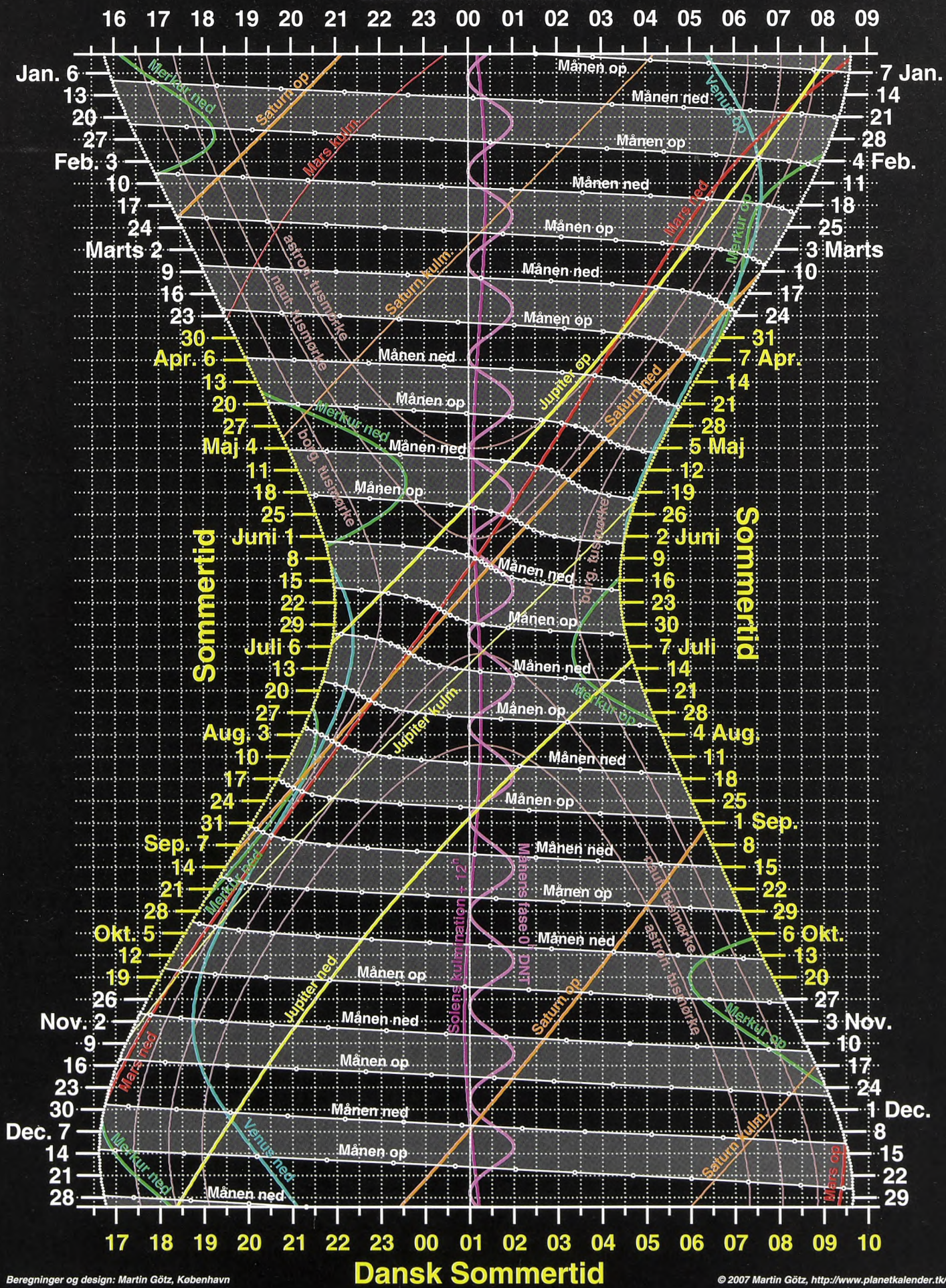
Tidligt om morgenen juleaften – nærmere bestemt mellem kl. 4.30 og 5.10 den 24. december – glider Månen ind foran planeten Mars. Sådanne formørkelser – eller okkultationer – er ikke så sjældne, da Månen fylder en del på himlen og næsten følger samme spor som planeterne. Fænomenet er alligevel værd at stå tidligt op for at iagttage. Så for de morgenfriske astronomiinteresserede er der noget ekstra at glæde sig til juleaften.

Scholarpedia – online leksikon

Wikipedia er verdens største gratis internetleksikon, der skrives af frivillige og kan redigeres af alle – med deraf svingende kvalitet. Scholarpedia føles ligesom Wikipedia og har samme funktionalitet, men der er langt strengere regler for hvem der kan skrive artikler og redigere dem. Det er altså en slags akademisk storebror til Wikipedia. Det er stadig gratis, men artiklerne, der skrives af en ekspert indenfor feltet, har peer review og kan således citeres andre steder med en væsentlig større troværdighed. Der er inviteret forfattere til at skrive indenfor en række videnskabelige discipliner. Hver artikel har en kurator – typisk artiklens forfatter – der er ansvarlig for indholdet. Enhver ændring af artiklen skal godkendes af kuratoren. Artiklerne er stadig dynamiske, så informationen ikke bliver forældet ligesom trykte leksika. Link: <http://scholarpedia.org/>

Planetkalender for København 2008

Dansk Normaltid



DUKS – Dansk Uddannelsesorienteret Kosmisk Stråle-projekt

Af Jørgen Beck Hansen, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Den kosmiske forbindelse til engagerende undervisning: Bring forskningen ind i klasseværelset! Dette er netop idéen bag DUKS projektet, der har som vision at knytte de danske gymnasier sammen i et netværk, som kan bringe forskningen ind i gymnasiet. Selve DUKS projektet søger at opbygge og operere forskellige målestationer til måling af "extended airshowers", dvs. byger af partikler stammende fra meget højenergetiske partikler fra det ydre rum, med henblik på senere at kunne skabe et dansk "ground array" gennem udvidelse til hvert eneste interesserede gymnasium.

Indledning

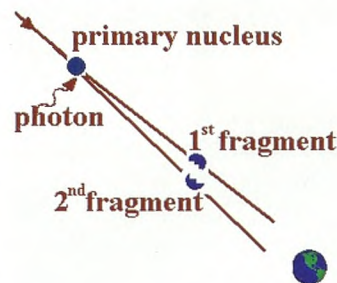
Indenfor moderne astro- og partikelfysik slutter forskere sig sammen i store internationale samarbejder for at kunne bygge de meget store eksperimenter der er nødvendige i deres forskning. Det samme koncept udgør kernen i DUKS projektet, der blev startet i 2005 som et samarbejde mellem forskere på Aarhus og Københavns Universitet. Målet på længere sigt er at samle de danske gymnasier omkring studiet af kosmiske stråler gennem et netværk af GPS tidssynkroniserede detektorer placeret på de enkelte skoler. Dette giver en unik mulighed for at viderebringe den videnskabelige fascination og tankegang, herunder de intellektuelle og tekniske udfordringer, som er en naturlig del af moderne forskning, til elever og lærere i gymnasiet. Projektet skal illustrere hvordan moderne forskning foregår og give elever erfaring i at udføre forskning, arbejde med avancerede detektorer og data, med mulighed for at kunne bidrage til nye videnskabelige resultater. Disse resultater kan kun opnås gennem samarbejde med andre skoler og eleverne vil lære at fungere i et internationalt og nationalt netværk. For spørgsmålet er ikke bare om du blev ramt af en kosmisk partikel, men hvor og hvor mange andre i din skole, by, landsdel eller familie der blev ramt samtidigt!

Kan vi bidrage?

JA! Opbygningen af et dansk projekt – "mini-Auger" – vil alene selvfølgelig på ingen måde "konkurrere" med de største internationale tiltag, som f.eks. Pierre Auger eksperimentet. Men et dansk netværk vil kunne komplementere deres detaljerede målinger i lokaliserede områder med data fra et andet område om end med et mere spredt netværk af individuelle målestationer. Og nok synes Auger at være på nippet til at afsløre nogle af mysterierne omkring UHECR, men gåden er langt fra løst! Faktisk kan UHECR partikler manifestere sig på flere måder og ikke kun som en enkelt ultra-højenergetisk byge af partikler, som vi hører om fra Auger, men også som grupper af samtidige byger med lavere energi. Et sådant, til dags dato, unikt tilfælde fandt sted tæt ved Winnipeg i januar 1981, hvor man gennem 5 min(!) observerede 32 byger af partikler med en gennemsnitlig energi på $3 \cdot 10^{15}$ eV – kun én byge var forventet i samme tidsrum. Omkring samme år, så en

anden gruppe i Irland en usædvanlig samtidig forøgelse i tælle-raten ved to målestationer 250 km fra hinanden – selve hændelsen varede ca. 20 sekunder og var den eneste af sin slags i de 3 år man observerede. Der har været andre tilfælde af sådanne korrelerede kosmiske stråle fænomener siden – de fleste set af mindre eksperimenter rundt om på kloden, herunder fra CHICOS (California High school Cosmic ray Observatory) [1], men også AGASA eksperimentet har rapporteret om svage grupperinger i oprindelsesretning og ankomsttid for disse mange byge hændelser.

Der eksisterer flere mulige forklaringer på oprindelsen til disse korrelerede byger af partikler. En af de forklaringer som har været længst fremme, stammer tilbage fra 1950'erne, hvor N.M. Gerasimova og G.T. Zatsepin [2] foreslog, at ultra-højenergetiske kerner i den kosmiske stråling blev slået i stykker ved mødet med fotoner i nærheden af Solen. Mere nutidige og eksotiske forklaringer tager deres udgangspunkt i eksistensen af ekstra dimensioner, mikroskopiske sorte huller eller kollisioner af neutrinoer fra supernovaer.

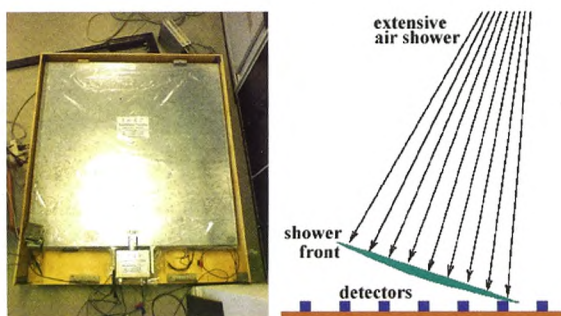


Figur 1. Hvordan er det muligt at registrere samtidige byger adskilt med mere end 100 km? Gerasimova-Zatsepin mekanismen forklarer dette ved at en UHECR kerne kolliderer med en foton fra Solen og fragmenterer.

Et andet yderst interessant perspektiv, specielt set i lyset af den livlige debat om den globale opvarmning, er muligheden for at korrelere hyppigheden af kosmiske partikler med egenskaber i atmosfæren, såsom tryk og skydannelse, og med hændelser i Solsystemet – specielt forbundet med øget sol-aktivitet. Begge tilfælde viser en tydelig sammenhæng. Endeligt kan DUKS opstillingen benyttes på den enkelte skole til at bestemme egenskaber ved den første egentlige eksotiske elementarpartikel vi kender: Muonen.

Detektoren – opbygning og funktionalitet

DUKS projektet benytter to forskellige designs af en målestation for at kunne vurdere fordele og ulemper ved de forskellige fremgangsmåder [3,4]. Fælles for begge målestationer er valget af plastikscintillatorer som det aktive materiale, hvori der udsendes fotoner ved passage af ladede partikler. For at en målestation individuelt skal kunne bestemme retningen og tætheden af partiklerne i en byge, skal den have minimum 3 scintillator plader (typisk areal $\sim 0,5 \text{ m}^2$) koblet via lysleder til et fororør. Højden på udgangssignalet fra fororøret, bestemt vha. en ADC, er et groft mål for antallet af partikler som rammer en plade. Da en typisk byge af partikler rammer Jorden som en fed pandekage med en maksimal tykkelse på nogle få meter giver forskellen i ankomsttid mellem de enkelte plader, anbragt med ca. 10 m's afstand, således mulighed for at vurdere retningen af den indkomne byge. En enkelt målestation siges at have observeret en byge, hvis der indenfor et meget kort tidsrum (nogle hundrede nanosekunder) registreres partikler i mindst to scintillatorer. For at kunne tids-synkronisere målinger fra flere stationer, er hver station udstyret med en GPS, som giver en global tid for en hændelse med en præcision bedre end 20 ns. Den enkelte målestation er ligeledes udstyret med sensorer til at måle tryk, temperatur og luftfugtighed på tidspunktet for ankomsten af en partikelbyge. I det endelige design bliver hver scintillator og elektronikken anbragt i en skibox, som tillader anbringelse udendørs – eventuelt på et fladt tag.



Figur 2. Til venstre: Billede af en 1 m^2 scintillator. Den lille boks forinden indeholder fororør samt højspændingsforsyning. Til højre: Skematisk illustration af konceptet bag målingen af en byge af partikler som alle stammer fra en (U)HECR partikel.

Dataopsamlingsystemet i DUKS projektet består principielt af 3 komponenter: En programmerbar elektronik (eller PC) til at samle enkelte målinger fra alle sensorer, en GPS enhed og et netværksmodul (network-on-chip) til at sende data til en central database. Den efterfølgende dataanalyse foretages af elever og lærere fra de involverede skoler via et modulært web-system. Alle skoler har adgang til alle data, men det er den enkelte elev/klasse som skal forme deres dataanalyse for at undersøge netop det som de er interesseret i.

I områder med kort (nogle få km) afstand mellem gymnasieskolerne giver den "samtidige" måling af by-

gens ankomsttid og partikeltæthed over længere afstand en bedre bestemmelse af retningen og energien af den oprindelige partikel for UHECR partikler med energier på 10^{18} eV eller mere. Med afslutning af DUKS projekts forsøgsfase i foråret 2008, kommer tiden til næste fase, hvor det planlægges at samarbejdet skal udvides til gymnasieskoler over hele landet¹.

Fremtiden – et verdensomspændende netværk

Fælles for alle observationer af kosmiske stråler er at de højenergetiske partikler er yderst sjældne og deres detektion kræver et betydeligt areal (flere kvadratkilometer) i op til store afstande dækket med sensorer. Der er således interesse i have flere større systemer af sensorer placeret overalt på jordkloden for at observere så stor en del af verdensrummet som muligt.

Over hele verden er der lignende tiltag og bl.a. arbejder de fleste af grupperne i Canada og USA allerede sammen i en kollaboration (NALTA) [5]. De europæiske grupper er ligeledes i færd med at skabe en pan-europæisk organisation, eurocosmics [6], hvor Danmark er med. I en lidt fjernere fremtid vil et naturligt skridt være at forene de nordamerikanske og europæiske kosmiske netværk af stationer til et verdensomspændende netværk. Udvidelsen af et sådant samarbejde til at inkludere udviklingslande kan hjælpe med til naturligt at bringe den globale videnskabelige kultur til unge i disse lande.

Litteratur

- [1] arXiv:astro-ph/0509213, <http://xxx.lanl.gov>
- [2] *Sov. Phys. JETP* vol. **11**, 899 (1960)
- [3] SEASA (The Stockholm Educational Air Shower Array), <http://www.particle.kth.se/SEASA>
- [4] HiSPARC, (High School Project on Astro-Physics Research with Cosmics), <http://www.hisparc.nl/>
- [5] <http://csr.phys.ualberta.ca/nalta>
- [6] <http://www.nikhef.nl/extern/eurocosmics>



Jørgen Beck Hansen arbejder med eksperimentel partikelfysik på Niels Bohr Institutet og er, udover sit engagement i DUKS, tilknyttet ATLAS-eksperimentet på CERN – det europæiske center for partikelfysik.

¹ Et muligt navneforslag kunne være: DAISY – "Danish Air Shower array"

Jagten på det mørke stof i dybet

Af Jens Olaf Pepke Pedersen, Danmarks Rumcenter, DTU

Jagten på mørkt stof drejer sig om et af de mest fundamentale spørgsmål i astrofysikken. De mørke partikler er stadig ikke observeret eksperimentelt, men i mere end 10 år har man ledt efter dem i 1100 meters dybde i en mine i Boulby i det nordøstlige England.

Indledning

I 1933 foretog den schweiziske astrofysiker Frank Zwicky en analyse af lyset fra nogle galakserne i den enorme Coma-hob. På baggrund heraf kunne Zwicky beregne galaksernes indbyrdes hastigheder, og til hans store overraskelse viste det sig, at de bevægede sig så hurtigt, at de burde flyve væk fra hinanden i stedet for at holde sammen i hoben. Men Coma-hoben så ud til at være stabil, og derfor kunne Zwicky konkludere, at hobens masse måtte være meget større, end den så ud til, hvis tyngdekraften skulle kunne holde sammen på galakserne. Zwicky foreslog derfor, at der måtte være usynligt eller mørkt stof til stede i hoben, og at dette stof havde en meget større tæthed end det normale, lysende stof.

Zwicks opdagelse fik ikke større konsekvenser for vores opfattelse af Universet før slutningen af 1960'erne og begyndelsen af 1970'erne, da astronomerne Vera Rubin og Kent Ford begyndte at studere, hvor hurtigt stjernerne i spiralgalakser roterede rundt om deres galakses centrum. Igen viste det sig, at der var problemer med hastighederne, idet de yderste stjerner i galakserne bevægede sig langt hurtigere, end de skulle, hvis de alene var påvirket af tyngdekraften fra den masse, man kunne observere inden i galakserne. Rubin og Ford bekræftede derfor eksistensen af det mørke stof.



Figur 1. Mørkt stof og normalt stof separeres i en enorm kollision mellem to store galaksehobe. Observationerne er foretaget med NASA's Chandra Røntgen-teleskop samt andre teleskoper og menes at være et direkte tegn på eksistensen af mørkt stof (Foto: NASA m.fl.).

Siden er der kommet endnu flere overbevisende indikationer. Når lys passerer forbi et kraftigt tyngdefelt afbøjes det, og det har vist sig, at afbøjningen af lys

fra fjerne galakser er langt større, end den skulle være, hvis der kun var det normale, synlige stof i nærheden til at afbøje lyset. Nylige observationer af en gigantisk kollision mellem to galaksehobe (figur 1), viser således muligvis en separation af det normale og det mørke stof i galakserne. I kollisionen vekselvirker partikler af normalt stof med hinanden, og det bremser partiklerne, mens partikler af mørkt stof ikke vekselvirker på samme vis og derfor ikke bremses op.



Figur 2. Vakuum-kammeret til mørkt stof-detektoren under installation i Boulby-laboratoriet.



Figur 3. De indre dele af detektoren inspiceres.

Spørgsmålet er imidlertid, hvilke partikler, som udgør det mørke stof. Fra forskellige udvidelser af partikelfysikkens standardmodel er der kommet en række forslag til mørke partikler, bl.a. "axioner", "sterile" neutrinoer og "WIMP"s – Weakly Interacting (svagt vekselvirkende) Massive Particles. Den sidste gruppe har været i fokus for flere eksperimentelle forsøg på at detektere mørkt stof og WIMP'erne omfatter flere

mulige partikler, blandt andet "neutralinoen", som igen findes i flere varianter, og hvoraf den letteste desuden er stabil. Fælles for partiklerne er, at de kun vekselvirker med andre partikler via tyngdekraften og de svage kernekrafter.

På grund af den svage vekselvirkning er den gennemtrængende kosmiske stråling, som er omtalt i andre artikler i dette nummer af Kvant, et stort eksperimentelt problem, fordi de kosmiske partikler giver anledning til signaler i detektorerne, som kan forstyrre detektionen af WIMP'er. Løsningen på det problem er at gå langt ned under Jordens overflade. I 1000 meters dybde er den kosmiske stråling således reduceret en million gange, og det kan man opnå på bunden af en kaliummine i Boulby i det nordlige England, hvor der er 1100 meter nede er indrettet et mørkt-stof-laboratorium.

Hvis neutralinoen eksisterer, forventes det, at den har en masse et sted mellem 37 og 500 GeV/c², hvilket kan sammenlignes med protonens masse på 0,94 GeV/c². Håbet er nu, at det vil kunne lade sig gøre at se kollisioner mellem WIMP'erne og normale atomkerner. Sandsynligheden er dog meget lille – formodentlig mindre end 0,01 kollision per dag per kg targetmateriale. Da man samtidig også forventer, at rekylenergien for targetkernen højst vil være nogle få keV, stiller det store krav til detektorerne.

Desuden opstår der nye problemer, når man går ned i undergrunden for at slippe af med den kosmiske stråling, for i stedet får man en øget stråling fra radioaktive stoffer (især uran og thorium) i minen. Men i modsætning til den kosmiske stråling er det muligt at stoppe gammastrålingen herfra ved hjælp af en passende tyk blyafskærmning. Her skal man dog være opmærksom på, at blyet typisk også vil indeholde en smule radioaktivitet, og derfor afskærmer man også blyafskærmningen ved hjælp af tykke kobberplader, som reducerer strålingen fra selve blyet. For at øge sandsynligheden for en kollision bruger man tunge 'targetkerner' ('target' = det mål der rammes) og laver detektorerne så store som muligt for at få mest mulig targetmasse.

Udfra målingen af atomkernernes rekyle energi og bevægelse kan man herefter rekonstruere massen og banen for den indkommende WIMP, hvilket dog introducerer usikkerhed i målingerne, idet man ikke kan gå ud fra, at alle indkommende WIMP'er rammer kernerne i et direkte stød. Der findes et større udvalg af mørkt stof detektorer med hver deres styrker og svagheder. En strategi til at registrere en kollision er at kigge efter lysudsendelse ved hjælp af scintillatorer. Hvis kernen er ramt, vil den kolliderer med naboatomer og ionisere eller excitere dem, og det giver anledning til efterfølgende udsendelse af lys. En anden mulighed er at forsøge at måle den afsatte energi ved at måle små temperaturændringer i targetmaterialet. Flydende xenon har været et populært targetmateriale fordi xenon har et højt atomnummer, er relativt billig i store mængder og udsender lys i UV-området efter ionisering, hvilket gør det lettere at fjerne signaler fra baggrunden.

Hvis man også vi bestemme rekylkernens retning efter et sammenstød med en WIMP, kan man forsøge

at følge det spor af ioner, kernen producerer, når den er blevet ramt. En mulighed er at bruge en elektronegativ gas ved lavt tryk som f.eks. CS₂. Elektroner, der er blevet frigivet ved ioniseringen vil sætte sig på CS₂-molekylerne og ved hjælp af et elektrisk felt får man så de ladede CS₂⁻-molekyler til at bevæge sig hen til en tæller. Selvom molekylerne skal drive en halv meter før de registreres, er teknikken alligevel så følsom, at den har en rumlig opløsning på mindre end en mm. Derved kan man også se, om det er en targetkerne eller f.eks. en elektron eller alfapartikel, som har produceret ioniseringssporet og man slipper ligefrem for at beskytte opstillingen mod gammastråling, fordi det er let at se forskel. Naturligvis findes der også detektorer, der kombinerer to eller flere teknikker for at forbedre opløsningen.

Det formodes, at det mørke stof i Mælkevejen danner en halo, som omslutter hele galaksen. Når Jorden derfor sammen med solsystemet bevæger sig rundt om Mælkevejens centrum, vil den mærke den såkaldte WIMP-vind, som er en fluktuation i størrelse og retning af WIMP-signalet. Det skyldes, at Jordens baneplan hælder 60 grader i forhold til galaksens plan og desuden hælder Jordens rotationsakse 23,5 grader i forhold til baneplanet. Man forventer derfor at se en effekt af Jordens årlige rotation omkring Solen og af Jordens daglige rotation om sin egen akse. Da man ikke kender deltjerne i haloen er det dog ikke så let, som det lyder, men nogle modeller forudsiger, at den årlige modulation af WIMP-signalet skal være omkring 7%.

Efter mange års indsats er det endnu ikke lykkedes med sikkerhed at identificere et WIMP-signal, dvs. at man har detektioner, som klart ligger over baggrunden. Til gengæld har man indsnævret det område, hvor partiklerne kan gemme sig. Området kan f.eks. markeres på et diagram, hvor man afbilder WIMP-partiklernes tværsnit for at kolliderer med en atomkerne som funktion af WIMP-massen. Med detektorerne i Boulby har man nu udelukket 1/3 af det mulige område, men der er stadig lang vej endnu, før detektorerne er udviklet så meget, at man vil være i stand til at måle de ekstremt små kollisionstværsnit i størrelsesordenen 10⁻¹⁰ picobarn, som nogle af modellerne har forudsagt. Derfor er der stadig håb om, at WIMP'erne en dag vil dukke op i de dybe minegange.

Litteratur

- [1] Boulby Underground Laboratory,
<http://pppa.group.shef.ac.uk/boulby/boulby.php>



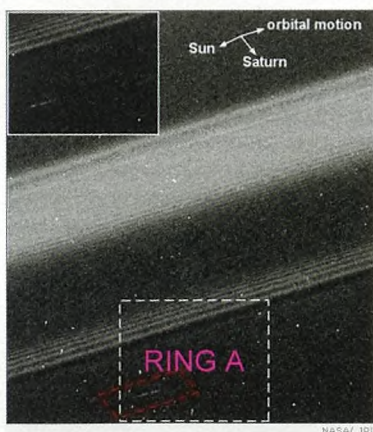
Jens Olaf Pepke Pedersen (fotograferet nede i Boulby minen) er seniorforsker ved Danmarks Rumcenter, DTU, samt medlem af Kvants redaktion.

KVANT-nyheder

Af John Rosendal Nielsen og Sven Munk, KVANT

En Saturnrings fødsel

ASTRONOMI. I en af de yderste ringe omkring Saturn findes der tusindvis af mini-måner. Dette konkluderer astronomer efter at have observeret hvorledes, ringmaterialet hvirvler rundt i ringen. Nogle af brokkerne har dimensioner på op til 150 m. Ved hjælp af kameraet på rumsonden Cassini har man iagttaget propelleragtige bevægelser i de is- og stenbrokker, som findes i en af de yderste ringe (A-ringen). Afstanden herfra til Saturns overflade sættes til 135.000 km.



De mange minimåner har typiske størrelser på mellem 50 og 150 m. Astronomerne forestiller sig, at det, der oprindeligt var en lille måne med en diameter på 25 km (som månen Pan), efter et vedvarende bombardement over måske 30 mill. år bogstaveligt talt er slået til skærver.

Kilde: *Nature* bind 449, s. 1019. Miodrag Sremec, Univ. of Colorado, Boulder.

Magi

HYDRODYNAMIK. En væskestråle, som forsvinder i dybet for derefter som en rigtig søslange at dukke op igen. Fup eller fakta? De amerikanske forskere, som har taget billedet, hævder at det er sandt – altså ikke noget med computersimulering. De har endda publiceret en opskrift, som andre kan bruge til at udføre det samme eksperiment. Der skal bruges silikoneolie og en roterende beholder, altså næsten hvad man finder i ethvert velassorteret køkken.

Hvis nogen skulle få den idé at lave en matematisk beregning af forløbet, må det vist anbefales at benytte en meget hurtig lommeregner.



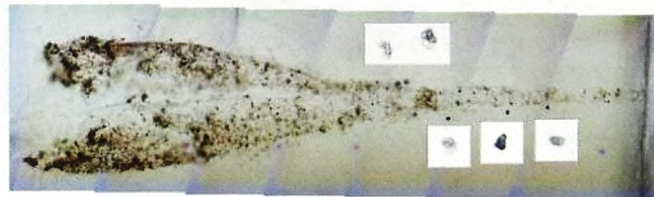
Kilde: Center for nonlinear dynamics / University of Texas, http://chaos.ph.utexas.edu/research/fluids/bouncing_jet.html

Kometstøv

KOMETFYSIK. Indsamling af materiale fra kometen Wild 2 med sonden Stardust var så vellykket, at forskerne har fået noget at berette. Returlandingen på Jorden var ganske vist lidt hårdhændet, men det indsamlede materiale forblev intakt.

Som så ofte, når forskerne bevæger sig ud i det ukendte, har de måtte revidere deres forestillinger om kometstøvet egenskaber. Forventningen var, at støvet ville være domineret af støvkorn med en tykkelse på omkring 300 nm. Desuden var skønnet, at støvdannelsen var foregået i de yderste, kolde områder af Solsystemet, da det voksede frem.

Da forskerne undersøgte de spor, som de indfangede støvkorn havde afsat i den til formålet brugte aerogel, var det åbenbart, at man havde taget fejl. De opfangede partikler havde skabt ret dybe huller med et udseende som gulerødder.



Derfor kunne det umiddelbart konkluderes, at der var indsamlet støvkorn, som var store og tunge.

På basis af tidligere astronomiske observationer havde forskere opstillet den hypotese, at stjernestøv kunne indeholde krystaller, men det empiriske grundlag var svagt. Nu kunne man i de indfangede prøver finde silikatkrystaller, så det var opmuntrende. En grundigere analyse af støvkornene viste imidlertid, at de besad en langt mere kompleks mineralogisk og kemisk sammensætning end forskerne havde forestillet sig.

For at være lidt mere specifik, kan det nævnes, at støvet indeholdt "Calcium Aluminium Inclusions", som anses for noget af det ældste stof der er dannet i Solsystemet. Her har man tillige fundet TiN og VN, samt små klumper af platin, osmium, ruthenium, wolfram og molybden. Stoffer som har et meget højt smeltepunkt og som derfor kan modstå høj temperatur uden at fordampe.

Kilder: De første resultater blev publiceret i *Science* 15. dec. 2006; Se også: <http://stardust.jpl.nasa.gov/news/news113.html>.

Kinesisk månesonde-færd

RUMFYSIK. Det har nok ikke undgået læserens opmærksomhed, at Kina er i en rivende økonomisk udvikling, og nu vil Kina også markere sig som en rumfartsnation. Kinas første måne-sonde, Chang'e-1, ankom den 5. november til Månen efter en 12 dage lang rejse fra Jorden. Efter bremsemotoren havde bremset sonden ned til en hastighed på 1.290 km/t, blev sonden bragt i kredsløb i elliptisk bane om Månen. Med tiden vil banen blive cirkulær og sonden vil kredse omkring Månen i en højde af 200 km.

Sondens instrumenter bliver for øjeblikket afprøvet, og det forventes at de første billeder fra Månen i slutningen af november. Hvis det hele går planmæssigt, skal Chang'e-1 begynde udforskningen af Månen i løbet af december. I løbet af et år skal Chang'e-1 bl.a. kortlægge detaljeret Månens

overflade, undersøge Månens kemiske sammensætning og dens strålingsmiljø. Projektet har derudover stor prestige, idet projektet skal vise Kina som et højteknologisk land. Chang'e-1 er det første skridt i Kinas ambitiøse plan, hvor målet er at landsætte robotsønder på Månen i det kommende årti.

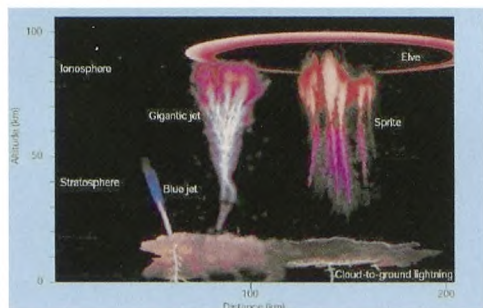
I det hele taget kan man få fornemmelsen af myldretid omkring Månen. Den japanske Kaguya-sonden ankom bare en måned tidligere, og Indien planlægger at opsende deres månesonde til april næste år. Og tyskerne vil formentlig ligeledes – udenom ESA – sende en sonde til Månen i 2012.



Kilde: Ingeniøren, ing.dk/artikel/83160 og Tycho Brahe Planetariet <http://www.tycho.dk/article/view/4639/1/337/>.

Alfer og trolde

PLASMAFYSIK. Elektriske udladninger i atmosfæren rummer endnu uforklarede aspekter. Det gælder ikke blot de velkendte tordenlyn, som efter sigende skulle ledsages af gammastråling. Denne strålings oprindelse savner vist en teoretisk forklaring. Hertil kommer forskeres observationer af elektriske udladninger i atmosfæren i højder fra 15 km til 100 km. Altså over de største/højeste tordenskyer. Da disse udladninger er sjældne og forholdvis lyssvage, er forskerne først blevet opmærksom på dem for nogle år siden. Betinget af højden, hvori disse udladninger forekommer, vil de have forskellig udformning og farve. Til klassifikation af disse former har man brugt ord som trolde og alfer. Billedet viser de relevante betegnelser, som benyttes inden for forskningen.



National Cheng Kung University (Taiwan) har engageret sig stærkt i arbejdet med at observere og analysere disse elektriske udladninger. Der er opsendt instrumenter med satellitten FORMOSAT-2, som i en bane 800 km over Jorden har gjort det muligt at fotografere udladningerne. Aktiviteterne er en del af ISUAL-projektet.

Kan man abstrahere fra de kinesiske skrifttegn, kan man finde en pdf-fil (159 sider), som ret teknisk belyser fysikken i udladningerne. Hovedparten af dokumentet er på engelsk. <http://www.ncku.edu.tw>. Her bruges en indbygget "Google Search" med søgeordene: "Isual Project" til at finde rapporten.

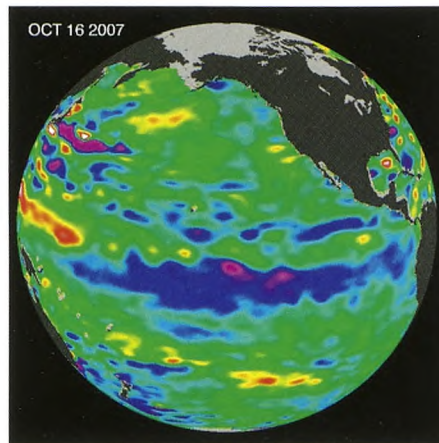
Kilder: Beskrivelse af FORMOSAT-2 satellitten, <http://sprite.phys.ncku.edu.tw>; Univ. of Alaska / Geophysical Institute, <http://elf.gi.alaska.edu>; Via <http://www.wetterklima.de/seminar/sprite/sprite.htm> finder man information og referencer samlet af G. Rampe. Her finder man også nogle MPEG filmsekvenser, som viser udladninger i den øverste atmosfære.

La Niña fastholder sit greb i Stillehavet

GEOFYSIK. Observationer fra den fransk-amerikanske satellit, Jason, viser at den tropiske del af Stillehavet stadig domineres af vejrphænomenet *La Niña*. Under *La Niña* er Stillehavets temperatur omkring ??? koldere end normalt i modsætning til *El Niño*, hvor havtemperaturen er højere. Den lave temperatur af havet betyder mindre fordampning, hvilket resulterer i mindre regn. Derved kommer bl.a. de vestvendte kyster i Nord- og Sydamerika til at mangle nedbør, der skaber betingelserne for sommerens voldsomme brande i Californien.

Jason-satellitten måler havoverfladens højde, der er en indikator for havoverfladens temperatur. Koldt vand flyder mindre og derfor vil havoverfladen være lavere, når vandet er koldt. På billedet nedenfor ses observationer af havoverfladens topografi, der bygger på 10 dages målinger omkring 16. oktober. De blå og violette områder angiver lavere havoverflade end det normale niveau, mens de gule og røde områder viser højere overflade, og grønt angiver tæt på et normalt niveau.

En *La Niña* efterfølges ofte af en *El Niño*, og disse vejr-situationer ændrer på globale klimamønstre. Derfor er det af stor vigtighed at følge dem, og ved at opsende Jason-2-satellitten håber forskerne at lære mere om de globale klimaændringer. Opsendelsen af Jason-2 er planlagt til juni 2008 og den skal samle data om havoverfladen over de næste to årtier.



Kilder: Tycho Brahe Planetariet www.tycho.dk/article/view/4637/; NASA, www.nasa.gov/vision/earth/lookingatearth/lanina110707.html.

Nobelprisen går til nanoteknologi

NANOTEKNOLOGI. Dette års nobelpris i fysik blev givet til franskmændene Albert Fert og tyskeren Peter Grünberg, der udviklede en teknologi, der benyttes til at læse data fra harddiske. Teknologien har betydet at der kan læses data fra selv miniature kompakt harddiske, som dem der er i bærbare computere og i nogle musikafspillere.

I 1988 opdagede Fert og Grünberg uafhængigt af hinanden en ny fysisk effekt – kendt som Giant Magnetoresistance (GMR). I GMR systemer vil selv små magnetiske ændringer resultere i meget store ændringer i systemets resistans (modstand), hvilket gør systemet perfekt til at aflæse data på harddiske, hvor informationerne er lagret magnetisk og skal omdannes til elektriske ladninger.

Det har dog taget ni år for at denne fysiske effekt har kunnet blive udnyttet i computere, men så er det også blevet en standardteknologi. Der planlægges en mere uddybende artikel i et kommende nummer af KVANT.

Kilde: Nobelprize.org

Aktuelle bøger

Af Brian Hansen, Jens Olaf Pepke Pedersen, Finn Berg Rasmussen og Michael Cramer Andersen

Hjernealderens komme?

Forfatter: Lone Frank. Gyldendal 2007.
"Den femte revolution", 304 sider, 299 kr.
<http://www.5revolution.dk>.

Danmarks bedst kendte videnskabsformidler er vel stadig Tor Nørretranders, men ingen er mere ihærdig end biologen Lone Frank i indsatsen for at inddrage naturvidenskaben i den offentlige debat. Hendes seneste bog bærer titlen "Den Femte Revolution – fortællinger fra hjernens tidsalder" (herefter blot DFR). Denne titel refererer til fire skelsættende videnskabelige gennembrud: Kopernikus' heliocentriske kosmologi, Darwins evolutionslære, Freuds psykoanalyse samt den moderne genetiks fødsel ved Watson og Cricks opdagelse af DNAets struktur. I DFR indvarsles en femte revolution, som vi her kan kalde neurorevolutionen: at mennesket gennem nyvunden indsigt i egen hjerne vil sætte sig ud over sig selv og fri af irrationaliteten.

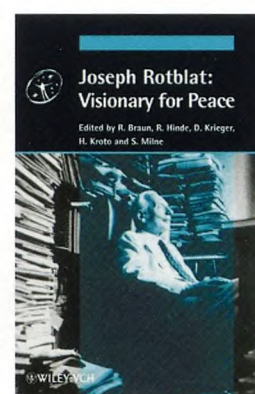
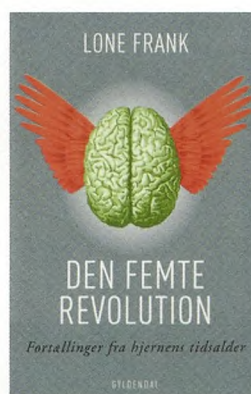
Overvejelser vedrørende denne revolution indrammer bogens beskrivelser af forfatterens besøg hos en række fremtrædende hjerneforskere. Gennem interviews, forsøgsbeskrivelser og en passende mængde baggrundsoplysninger præsenteres forskningen i hjernevidenskabens frontlinje. DFR er en god og spændende introduktion til de udvalgte forskeres arbejde, dog er det tydeligt, at forskerne er håndplukket med henblik på den rammefortælling, som debatoplægget omkring neurorevolutionen udgør: Hjernevidenskaben fremstilles som bærende et "frisættelsens budskab" om, at "man er sin hjerne". I forfatterens optik har en sådan indsigt vidtstrakte konsekvenser ikke alene for menneskets eksistentielle vilkår, men også for hvordan samfundet i fremtiden bør indrettes. Neurovidenskabelige resultater bliver på denne måde totalløsninger, som forklarer mennesket såvel biologisk som psykologisk, og som muliggør et rationelt indrettet samfund med moral og etik efter neurovidenskabelig rettesnor. DFR taler entydigt for et sådant samfund, men denne del af bogen savner dybde og en refleksion over naturvidenskabelige teorier og verdensbilleders opståen og funktion. Lidt populært kan man vel sige, at bogens "sådan er det"-statements forekommer overmodige set i lyset af neurofeltets unge alder. Tidligere tiders totalløsninger har i dag begrænset gyldighedsområde eller slet intet, og det maner vel til besindighed. Endvidere omtales visse emner for ensidigt og overfladisk, eksempelvis forskeren Marc Hausers kategoriske udtalelser om det uetiske ved forbud mod aktiv dødshjælp.

DFR henvender sig i stil og sprog tone til en bred læserskare, og bogen formidler nye grene af hjerneforskning godt, både specifikke resultater og

overordnede tematikker. Et stilistisk trick gør forfatteren selv til hovedperson, og læseren får til overflod indblik i hendes indre liv under eksperimenter og beno-vede interviews med de kendte forskere. Dermed bliver der noget selviscenesættende over stilen, som denne læser godt kunne have undværet. Alligevel anbefales bogen varmt til natbordet – der er masser af tankeføde og stof til debat i DFR, og at læserne bider på ses tydeligt på bogens debatforum: www.5revolution.dk.

Brian Hansen

ph.d ved Center of Functionally
Integrative Neuroscience, Aarhus Universitet



Joseph Rotblat – en fysiker der fik Nobels Fredspris

Redigeret af: R. Braun m.fl. Forlaget Wiley-VCH 2007.
"Joseph Rotblat: Visionary for Peace", 371 sider, illustreret, 27,50 pund (ca. 300 kr.). <http://www.wiley.com>.

Der har i år været stor opmærksomhed omkring uddelingen af Nobels Fredspris, fordi den blev givet til Al Gore og FN's klimapanel for deres højt profilerede advarsler om globale klimaændringer. Det kan måske være en anledning til at beskæftige sig med en af de mindre kendte modtagere af fredsprisen, nemlig Joseph Rotblat, der i en alder af 86 år fik prisen i 1995.

Rotblat blev født i Warszawa i 1906 af jødiske forældre og efter at have uddannet sig til fysik rejste han i 1939 til England for at arbejde hos James Chadwick i Liverpool. Umiddelbart forinden havde han giftet sig i Polen og han vendte derfor tilbage til Warszawa for at arrangere hustruens rejse til England. Uheldigvis fik hun blindtarmsbetændelse og Rotblat måtte rejse alene tilbage til England. Kort efter brød 2. verdenskrig imidlertid ud, Polen blev invaderet og Rotblat genså aldrig sin kone.

I 1943 fulgte Rotblat med Chadwick til New Mexico for at arbejde på Manhattanprojektet. Rotblat havde moralske betænkeligheder ved projektet men

forsvarede det med, at Tyskland også arbejdede på at udvikle en atombombe. Ret hurtigt står det imidlertid klart for ham, at Tyskland ikke har kapacitet til at udvikle et atomvåben inden krigens afslutning, hvorfor han beslutter sig til at forlade projektet igen og vender tilbage til England.

Da atombomben bliver brugt i slutningen af krigen mod Japan i 1945 finder Rotblat sin mission i tilværelsen indenfor nedrustningsarbejdet. Rotblat bliver en af de drivende kræfter i Pugwash-bevægelsen, der får navn efter en lille by i Nova Scotia i Canada. Pugwash bliver mødestedet for en lang række konferencer, hvor forskere fra forskellige lande mødes for at drøfte hvordan man konkret kan bidrage til at bremse rustningskapløbet f.eks. ved at kontrollere nedrustningsaftaler og Pugwash-organisationen fungerede under den kolde krig også som en vigtig kommunikationskanal mellem vest og øst.

Joseph Rotblat døde i 2005 og i den anledning har den engelske Pugwash-gruppe udgivet en bog om ham, hvor de har samlet en lang række bidrag fra forskellige folk, der har arbejdet sammen med Rotblat eller på anden måde haft kontakt til ham. Blandt bidragsyderne er således to andre fredsprismodtagere, Mikhail Gorbatsjov og den tidligere sydkoreanske præsident Kim Dea-jung. De mange forskelligeartede bidrag, der rækker fra de meget personlige til de mere analyserende, giver et meget varieret indblik i Rotblats tilværelse. Til gengæld giver det mange gentagelser, og det kan godt blive noget anstrengende, når man for 17. gang læser den samme historie. Bogen har et appendiks med en række af Rotblats taler, hvilket kan være nyttigt, men ellers havde det nok været mere interessant med en mere gennemarbejdet biografi end samlingen af mindeord. Derfor vil jeg bestemt anbefale læserne at stifte nærmere bekendtskab med Rotblat, når de får lejlighed til det, men ikke nødvendigvis at investere i den foreliggende bog.

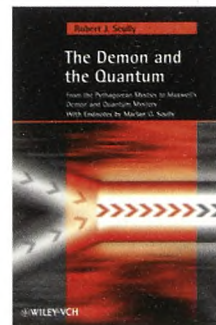
Jens Olaf Pepke Pedersen

Maxwell's dæmon og kvantet

Forfatter: *Robert J. Scully*. Wiley-VCH, Weinheim 2007. "From the Pythagorean Mystics to Maxwell's Demon and Quantum Mystery. With endnotes by Marlan O. Scully", 271 sider, 19 pund (ca. 200 kr.). <http://www.wiley.com>.

Robert J. Scully har skrevet en underholdende bog om nogle af fysikkens "store spørgsmål". Som titlen klart antyder, diskuterer bogen termodynamik og kvantemekanik. De indledende kapitler gennemgår lidt græsk filosofi (som sættes i forbindelse med en påstået mysticisme hos Pauli), og kausaliteten i den Newtonske mekanik. Så følger Carnots sætning og entropibegrebet, som vha Szilards enkeltatom-Carnot-maskine belyser forbindelsen mellem entropi og information. Kvantemekanikken introduceres gennem Stern-Gerlach forsøget, der tillige søges udnyttet som en substitut for Maxwells dæmon. De tre sidste kapitler handler

om partikel-bølge dualiteten, hvor forskellige versioner af dobbeltspalteeksperimentet gennemgås. Der lægges vægt på nogle nyere eksperimenter, der beskrives som resultat af entanglement snarere end af Heisenbergs usikkerhedsrelation, og på spørgsmålet om en fri vilje. Forfatterens far, Marlan O. Scully, har været med til at foreslå forskellige tankeeksperimenter med dette sigte, og man får let en mistanke om, at promovering af faderens tanker er et ekstra formål.



Bogen er meget underholdende i kraft af historisk og anekdotisk materiale og en del interessante citater. Til gengæld er der blevet meget lidt plads til egentlig forklaring eller argumentation. Scully hører til den gruppe af (ofte succesrige) popularisatorer, der erstatter ordentlige (simplificerede, men fornuftige) forklaringer med flotte påstande og citater. Som kompensation giver far Marlan O. Scully, der i modsætning til forfatteren selv er professionel fysiker, en række endnotes med en mere indgående behandling af emnerne. Noterne går fra en introduktion i algebra ("bogstavregning") over logaritmer og trigonometri til anvendelse af abstrakte kvantemekaniske udtryk, et ordentligt spring for manden fra gaden, hvis han forsøger at læse bogen.

Der er mange sjuskefejl, og i en sådan grad, at det svækker forfatterens troværdighed. Manden på gaden vil fx have svært ved at forstå, at en magnet har lavest energi, når den peger *imod* magnetfeltet – Scully tænker måske på en elektrons spin, men han skriver altså magnetisk moment. Efter at have brugt megen energi på at forklare logaritmer, med henblik på entropiformlen $S = k \log W$, hævder Scully, at en fordobling af et gasvolumen fordobler entropien (i stedet for en forøgelse med $k \log 2$). Et i øvrigt morsomt anekdoteeksempel handler om den altid slagfærdige Wolfgang Pauli og om en noget yngre tysk fysiker ved navn Wolfgang Paul (Nobelpris i fysik 1989): Første gang de to mødtes, sagde Pauli: "jeg har længe drømt om at møde min realdel". I Scullys gengivelse er alle *i*'er uheldigvis faldet ud, på nær forklaringen om, at *i* er den imaginære enhed!

Der kan siges meget godt om en historisk tilgang til stoffet, men denne bog har en mærkelig ubalance mellem den overfladiske behandling og emnernes dybde. En læser med smag for filosofiske spørgsmål om kvantemekanikken vil alligevel sikkert føle sig godt underholdt og samtidig inspireret, eller rettere tilskyndet i høj grad, til at søge andre kilder.

Finn Berg Rasmussen

Viktors Farmor har arrangeret to forskellige rejser til solformørkelsen i Sibirien. Begge rejser er kombineret med et program der præsenterer deltagerne for Sibiriens Altaj-område. På den ene rejse er der endvidere to dage i Moskva.

Vores rejseleder assisteres af en astronomisk ekspert, som kan fortælle om hvad der sker under solformørkelsen og svare på spørgsmål. Altaj-området ligger på grænsen mellem Mongoliet, Kina og Rusland. Et uspoleret og skønt bjergmassiv, der er blevet kaldt for „Sibiriens Schweiz“. Altaj har i århundreder været et mystisk land i udkanten af civilisationen, hvor regnbuen ender. Altaj er berømt for sin honning, urterne i Altaj bliver til velmagende og lægende urtete og kernerne fra de store fyrretræers kogler spises som nødder.

Solformørkelse 1 ... med kulturdage i Moskva

Vi flyver til Moskva og har en byrundtur før vi flyver videre til Barnaul på den sydsibiriske slette. Barnaul er det dynamiske centrum i en stor landbrugs-region. Vi indkvarteres i Barnaul og så er der tid til at se byen og området. Vi skal besøge bymuseet og på en sejltur på Ob-floden med frokost i det fri. Dagen efter solformørkelsen flyver vi tilbage til Moskva og har et par dage til at opleve Ruslands hovedstad. Vi skal på rundvisning i Kreml, opleve atmosfæren på Den røde Plads og endelig er der tid til at besøge Tretjakov-galleriet.

29. juli til 5. august 2008
Pris: 16.800 kr.

Ledere: Sveta Bidstrup og
Mikael Svalgaard

Solformørkelse 2 ... med Gorno-Altaj

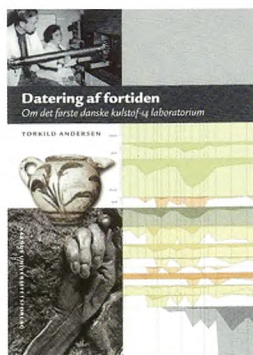
Vi flyver til Moskva og har en byrundtur før vi flyver videre til Barnaul. Herfra skal vi køre til Katun midt i Altaj med passende stop undervejs. Katun ligger under høje fyrretræer mellem bjergene ned til Katunfloden. De højeste bjerge i området er over 4000 m. Vi har en udflugt til Tjemal by, hvor vi ser klosteret og det enorme hydroelektriske værk. Dagen efter solformørkelsen skal vi se Gorno-Altajsk, der er hovedstaden i Altaj. Herefter fly videre til Barnaul, hvor vi har en enkelt overnatning inden vi vender hjem til Danmark.

29. juli til 3. august 2008
Pris: 12.400 kr.

Ledere: Bozena Kaminska og
Michael Cramer Andersen

Tlf: 86 22 71 81

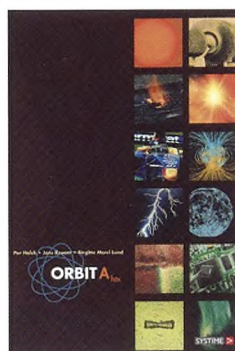
info@viktorsfarmor.dk www.viktorsfarmor.dk



Det danske Kulstof-14 laboratorium

Forfatter: Torkild Andersen. Aarhus Universitetsforlag 2007. "Datering af fortiden – Om det første danske kulstof-14 laboratorium", 104 sider, 148 kr. <http://www.unipress.dk>.

Kulstof-14 isotopen blev opdaget i 1936, få år efter neutronen. Denne isotop dannes i atmosfæren når kosmiske partikler rammer kvælstof-14. I 1940 vurderede man at C-14 havde en relativt lang halveringstid (mindst 1000 år) og idéen om at anvende isotopen til *datering af organisk materiale* opstod. Kemikeren W.F. Libby satte sig for at afprøve denne hypotese og udvikle apparaturet til en egentlig dateringsteknik for kulstofholdige prøver. Omkring 1949 kunne metoden præsenteres for amerikanske arkæologer der troede, at "Libby rådede over en slags 'magisk sort kasse' der hurtigt og sikkert kunne datere enhver kulstofholdig



oldsag". Der var imidlertid mange eksperimentelle usikkerheder og metodens fortsatte forbedring skulle vare årtier. Da Niels Bohr i 1951 udtalte, "kulstof-14 metoden er ikke en trossag, den er en kendsgerning" blev der sat skub i etableringen af det første kulstof-14 laboratorium i København. Læs om den spændende udvikling i denne lille bog.

Michael Cramer Andersen

Fysik til HTX

Forfatter: Per Holck, Jens Kraaer og Birgitte Mercie Lund. Systime 2007. "Orbit A – HTX", 328 sider, 296 kr. <http://www.systime.dk>.

ORBIT A htx dækker sammen med ORBIT B htx kernestoffet i fysik A på htx. De første seks kapitler (Kræfter og bevægelse, Rotation, Elektriske felter, Magnetisme, Termodynamiske processer og Carnots varmelære) dækker kernestoffet. I de øvrige fem kapitler behandles en række valgemner indenfor: Kernefysik, Astronomi, Materialefysik, Halvledere og Relativitetsteori.

Til bogen er knyttet et website med interaktive opgaver, animationer og mere end 500 redigerbare vejledninger til øvelser. Der er gjort meget ud af billedmaterialet, regneeksempler og opgaver. En del af stoffet er fra tidligere udgaver af ORBIT-bogsystemet mens andet er nyskrevet.

Michael Cramer Andersen

Hubble har kigget på unge stjerner

Hubble rumteleskopet har observeret denne smukke stjernebob, hvor der dannes et større antal stjerner. Hoben med de mange unge stjerner er omgivet af et kæmpe område med støv og gas, der ligger ca. 20.000 lysår fra vores Solsystem i Carina spiralarmen i Mælkevejen. Hele stjernetaågen indeholder omkring

400.000 solmasser af gas.

Stjerneboben indeholder mange stjerner med samme alder men med forskellige masser, hvilket gør boben velegnet til studier af stjerners udvikling. Ved at sammenligne med andre stjernebobes, med ældre stjerner, kan forskerne lære om stjerners livsforløb.



Hubble's billede af NGC 3603. De fleste klare stjerner på billedet er meget varme blå stjerner, som udsender voldsomme stjernevinde med meget energirigt ultraviolet lys og skaber et stort hulrum i de omkringliggende gas- og støvskyer. Fra NASA, ESA og Hubble Heritage.