



# Støvkorn påvirker stjernefødsler

*En stjernes fødsel påvirkes af noget så småt som strukturen af overfladen på mikroskopiske støvkorn. Nye laboratorieeksperimenter viser hvordan.*

Af Liv Hornekær og Arnd Baurichter

■ Ligesom mennesker har stjerner en livscyklus. De fødes, de udvikler sig til kraftigt lysende stjerner, der måske kan ses fra jorden, og når deres brændstof er brugt, dør de. En stjernes død kan være meget spek-

takulær. Stjerner, som vejer mere end 5-10 gange så meget som Solen, kan eksplodere i en supernova, hvor de i nogle få uger udsender mere lys end en million normale stjerner tilsammen. Set fra jorden

er en stjernes fødsel derimod yderst diskret. Den foregår i det skjulte, i det mørke indre af gigantiske støv- og gasskyer, som fylder rummet mellem stjernerne – det, man kalder det *interstellare rum*. I vores galakse,

Mælkevejen, dannes der ca. én nyfødt stjerne om året.

## En stjerne fødes

En interstellar støvsky skal igennem en lang udvikling, før den kan blive til en “stjerne-



# Ørnetågen

Billedet til venstre viser et stort udsnit af Ørnetågen. Det er taget med et 0,9 m teleskop ved Kitt Peak observatoriet i Arizona, USA. Ørnetågen er en gigantisk interstellar støvsky, der har en udstrækning på ca. 70 lysår. Afstanden fra den ene ende til den anden er dermed over fire millioner gange større end afstanden fra Jorden til Solen. I tågens indre er der iskoldt. Temperaturen er på ca. -263 grader, kun 10 grader varmere end det absolutte nulpunkt. Billedet til højre er taget med Hubbleteleskopet, og viser detaljer fra Ørnetågens centrum. På billedet kan man se toppen af en søjle af støv og gas. Unge og ældre stjerner ses som lyseende prikker inde i søjlen. Ørnetågen er en gammel interstellar støvsky og er i fuld gang med at danne nye stjerner.



Credit: NASA, ESA, STScI, J. Hester and P. Scowen (Arizona State University)

vugge”, hvor nye stjerner kan fødes. Ørnetågen er et eksempel på en interstellar støv- og gassky, som (i dag) er en stjernevugge (se boks).

Man regner med, at Ørnetågen engang fyldte meget mere end den gør i dag, og at den var meget varmere. Støvkornene og molekylerne i skyen fløj rundt mellem hinanden med høj fart. Når de kolliderede med hinanden kunne noget af deres bevægelsesenergi blive brugt til at anslå molekylerne, dvs. til at få atomerne i molekylet til at vibrere eller rotere. Molekylerne kunne slippe af med den ekstra energi ved at udsende en lyspartikel, en foton, der kunne slippe ud af skyen.

På den måde mistede skyen langsomt energi – den blev koldere og koldere, og molekylerne og støvkornene begyndte at bevæge sig langsommere. Trykket i skyen faldt, og da det skete, fik tyngdekraften skyen til at trække sig tættere og tættere sammen. Nogle steder blev tyngdekraften så stærk, at skyen kollapsede til så store tætheder, at atomkernerne begyndte

at smelte sammen – en proces kaldet kernefusion. Når atomkernerne begynder at fusionere, bliver der frigjort en enorm mængde energi og en ny stjerne er født.

## Brintmolekyler som energitilskud

Hvor lang tid tager det for sådan en støvsky at blive kold og falde sammen, så den kan stå fadder til nye stjerner? Svaret på det spørgsmål kender vi endnu ikke. For vi ved, at der er mekanismer, der måske kan give støvskyerne ny energi og holde dem varme, og på den måde udskyde det tidspunkt, hvor de kolliderer og danner nye stjerner. Et af disse “energitilskud” kommer fra brintmolekyler.

Brintmolekylet er det mest almindelige molekyle i universet og det meste af gassen i de interstellare støv- og gasskyer består af brint på enten atomar eller molekylær form. Vi ved, at brintmolekylerne i de interstellare skyer hele tiden bliver slået i stykker af ultraviolet stråling fra omkringliggende stjerner

og af kosmiske stråler fra energirige kosmiske hændelser som f.eks. supernovaer. Når der på trods af dette bliver ved med at være masser af brintmolekyler i skyerne, må der altså hele tiden blive dannet nye brintmolekyler.

Et brintmolekyle dannes ved, at to brintatomer indgår et “partnerskab”. Men når to brintatomer indgår partnerskab og danner et brintmolekyle udløses der så meget energi, at molekylet straks bliver revet fra hinanden igen, medmindre en tredje part kan optage energien og lede den væk. Her på Jorden vil en sådan tredje part typisk være et andet brintatom eller overfladen af den beholder, brintgassen opbevares i, men i de interstellare støvskyer er der så langt mellem de enkelte brintatomer, at det stort set aldrig sker, at tre af dem møder hinanden samtidig. Derfor mener man, at brintmolekylerne i støvskyerne dannes på overfladen af bitte små støvkorn, der ikke er mere end en tiendedel mikrometer store.

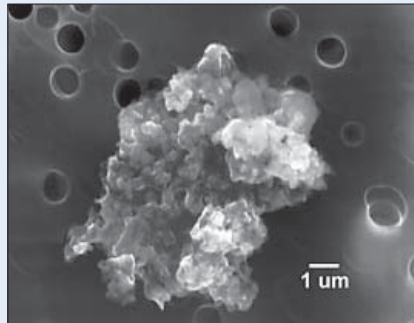
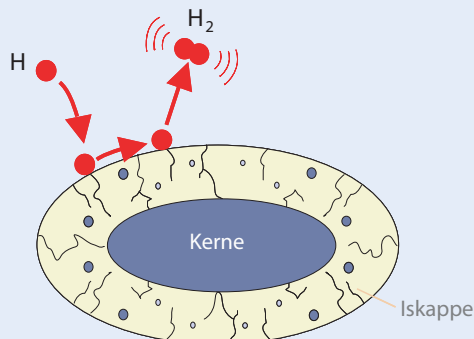
## Tid til en stjernefødsel

Hvad sker der så med den udløste energi, når to brintatomer møder hinanden på overfladen af sådan et støvkorn og indgår partnerskab? Energien kan for eksempel blive brugt til at give det nydannede brintmolekyle en hel masse fart, så det bliver skudt væk fra støvkornets overflade og videre ind i skyen. I så fald forbliver energien i skyen og fordeles mellem molekylerne via kollisioner. Energien kan også blive brugt til at varme støvkornets overflade op, eller til at få de to atomer i molekylet til at rotere om hinanden eller vibrere. Hvis dette sker, vil energien forsvinde ud af skyen som varmestråling eller ultraviolet stråling.

Computerberegninger viser, at hvis energien bliver i skyen, vil en typisk sky kunne holde sig varm i næsten otte millioner år før den falder sammen og begynder at danne nye stjerner. Omvendt, hvis energien slipper ud af skyen som stråling, så tager hele processen kun godt 2 millioner år.

For at svare på spørgsmålet

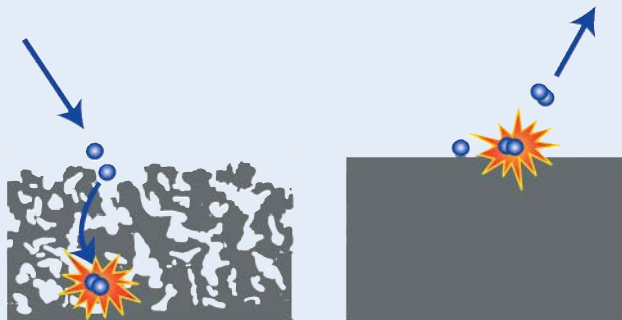
# Interstellare støvkorn



I det interstellare rum kan brintmolekyler dannes, når to brintatomer møder hinanden på overfladen af bittesmå støvkorn. Processen er vist skematisk nedenfor. Støvkornene har typisk en størrelse på mellem en milliontedel og en tusindedel millimeter. De består hovedsageligt af kul (f.eks. grafit, diamanter eller amorf kul) eller forskellige silikater. I de tætte interstellare skyer er støvkornene dækket af et tyndt lag is. Det er muligt at indsamle små støvkorn af kosmisk oprindelse med specielle klæbrige anordninger monteret på vingerne af højtflyvende fly. Nogle af disse støvkorn har en unormal isotop-sammensætning, som formodentlig skyldes, at de er ældre end Solen. Man regner derfor med, at de er gode repræsentanter for de mere solide interstellare støvkorn. For at undersøge så små partikler skal der bruges specielle mikroskoper. Til højre ses et billede af et kosmisk støvkorn taget med elektronmikroskop på NASAs Johnson Space Center.

Overfladestrukturen på støvkorn er med til at bestemme, hvor lang tid det tager for en interstellar gassky at kollapse under sin egen vægt og danne nye stjerner.

Er overfladen på støvpartiklerne i skyen porøs (figur tv), vil al den energi, som bliver frigjort ved dannelsen af et brintmolekyle, blive efterladt i støvkornet og senere udstrålet som infrarød stråling, der kan undslippe skyen. Omvendt, bliver molekylerne dannet på en flad overflade (figur th), kan de tage energien med sig og varme gasskyen op og dermed forsinke stjernedannelsen med flere millioner år.



om hvor lang tid det tager at danne en stjerne, må vi altså vide, hvor længe en støvsky lever, inden den bliver kølet ned og begynder at falde sammen under sin egen vægt. Og vi ved nu, at det bl.a. kommer an på, om skyen kan holde på den energi, der udløses når et brintmolekyle dannes på overfladen af et støvkorn.

## En interstellar støvsky på jord

På Fysisk institut ved Syddansk Universitet i Odense besluttede vi os for at finde ud af, hvad der sker med den energi, der udløses når to brintatomer går

sammen og danner et brintmolekyle på overfladen af et støvkorn.

Da vi ikke kan tage ud i det interstellare rum og se efter, måtte vi i stedet prøve at genskabe en lille bid af en interstellar støvsky i vores laboratorium. Hertil skulle vi bruge et lufttomt rum, en temperatur på -263 grader, brintatomer og nogle interstellare støvkorn.

De første tre ting er det muligt at frembringe, men det er svært at få fat i et interstellart støvkorn. Til gengæld ved vi en hel del om dem. Vi ved, at de er meget, meget små (ca. en tiendedel mikrometer), at

de kan være lavet af kul eller silikater, og at de i de tætteste støvskyer er dækket af et tyndt lag is. I vores lufttomme rum kunne vi efterligne to af disse overflader: En kul-overflade, nærmere bestemt grafit, og en isdækket overflade.

Derefter var det bare at gå i gang med at måle. Vi sendte nogle brintatomer ind på overfladen og målte, hvad der skete med energien, når de fandt sammen to og to og dannede brintmolekyler.

## Is på svampeform

Når man lader is gro ved -263 grader minder isen faktisk mere

om en badesvamp end om en isterning. I stedet for at være glat og tæt er isen fuld af små tunneler og porer. Vores målinger viste, at når et brintatom kommer ind på sådan en overflade, bevæger atomet sig ind i disse tunneler og porer. Der hopper det så rundt, indtil det møder et andet brintatom. Når de to brintatomer mødes danner de par og straks udløses en masse energi. Det nylavede brintmolekyle suser af sted, men i stedet for at slippe væk fra støvkornets isoverflade er det fanget i en labyrint af tunneler og porer i isen. Ligesom en bold i en pinball-maskine støder det ind i tunnelernes isvægge igen og igen, indtil det til sidst har mistet al sin energi.

Ude i de interstellare skyer vil der faktisk typisk gå ca. to år, før brintmolekylet endeligt har fundet vej ud af labyrinten og ganske langsomt kan begynde at bevæge sig ud i støvskyen. I mellemtiden er alt den energi, der blev udløst, da molekylet blev dannet, blevet brugt til at opvarme isen på støvkornets overflade og er forsvundet ud af skyen som varme-stråling.

Situationen er en ganske anden, når to brintatomer mødes og danner et molekyle på en glat overflade som f.eks. grafit. I det tilfælde er der ingenting, der kan holde molekylerne tilbage. Vores målinger viste, at de ville suse af sted væk fra overfladen og ind i støvskyen med kanon hastighed. De ville derfor være et effektivt energitilskud, der kunne holde støvskyen varm.

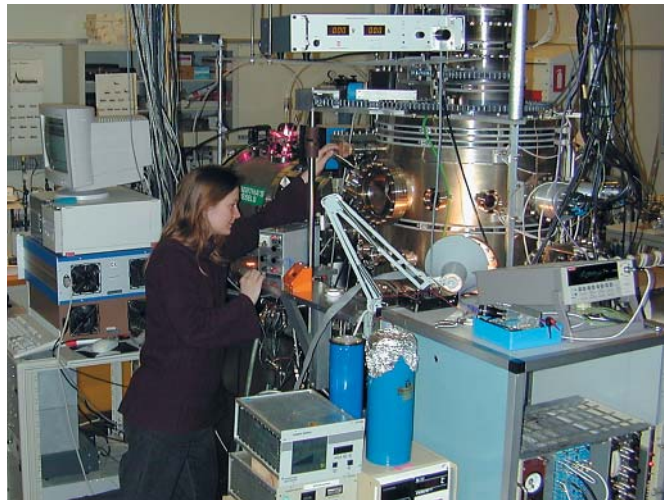
## Fra stjernefødsler til liv

Ved at genskabe en bid af en interstellar støvsky på jorden, har vi altså fundet ud af, at overfladestrukturen på støvkornene er med til at styre dannelsen af nye stjerner. Hvis støvkornene er ujævne og fulde af porer, så vil det tage ca. to millioner år, før en typisk støvsky bliver kold og falder sammen til nye stjerner. Omvendt, hvis støvkornenes overflader er flade og glatte, så får støvskyen hele tiden ny energi og kan holde

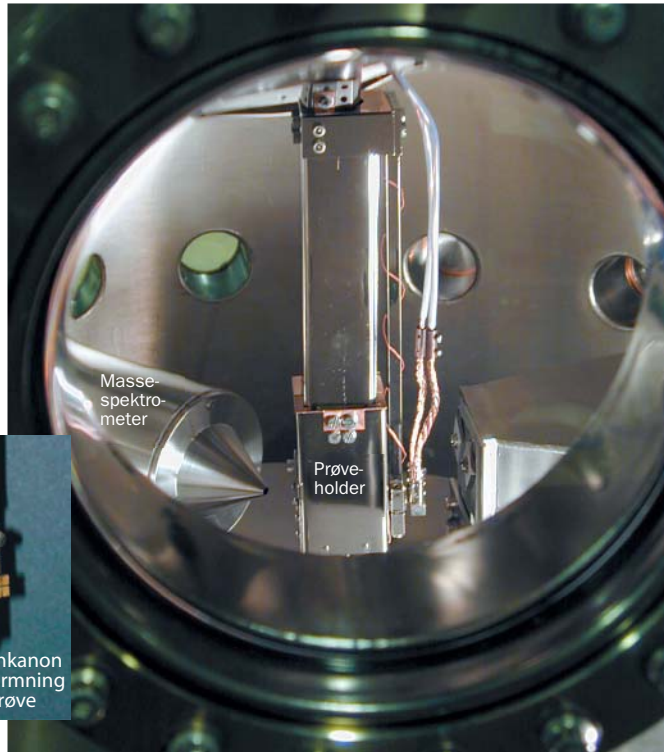


## Efterligning af en interstellar støvsky

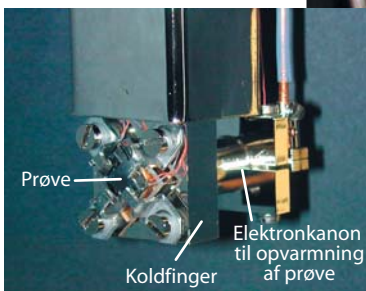
I Astrofysik- overfladefysik laboratoriet på Fysisk Institut ved Syddansk Universitet har vi forsøgt at genskabe de betingelser, der hersker i en interstellar støvsky – dvs. et rigtigt godt vakuum og en temperatur på  $-263^{\circ}\text{C}$ . Billedet th. viser det vakuumkammer, hvori eksperimenterne foregår. Trykket i kammeret er kun en forsvindende del af atmosfæretrykket (nemlig ca.  $10^{-13}$  atm). For at efterligne de interstellare støvkorns overflader bruger vi forskellige prøver til eksperimenterne. Billedet nederst tv. viser en af prøverne, nemlig en grafitkrystal. Prøven er monteret på en "koldfinger", som kan køles ned til omkring  $-263^{\circ}\text{C}$ . Dette gøres ved hjælp af flydende helium, som "koger" ved  $-269^{\circ}\text{C}$  – ca. 4 grader over det absolutte nulpunkt. Prøven er anbragt bagved et stråleskjold, som skærmer for varmestråling fra omgivelserne. På billedet er skjoldet fjernet for at synliggøre selve prøven. I eksperimenterne sender vi brintatomer ind på prøvens overflade. Vha. massespektrometret kan vi måle dannelsen af brintmolekyler. Elektronkanonen bruges til at opvarme overfladen for at undersøge temperaturafhængigheden af molekyledannelsen.



Vakuumkammeret ses bag en masse udstyr.



Nærbillede med vinduet ind til vakuumkammeret



Nærbillede af prøveholderen.

sig varm fire gange længere, så der går ca. otte millioner år, før en typisk sky kan danne nye stjerner.

Ekspirimenterne i Odense har bidraget til at forøge vores viden om, hvordan stjerner bliver født og har derigennem givet os en større indsigt i, hvordan vores egen sol, vores eget solsystem og jordkloden

selv, i sin tid blev dannet.

Men det er ikke kun brintmolekyler, der bliver dannet på overfladen af støvkorn i de interstellare skyer. Observationer viser, at der formodentlig også bliver dannet mere komplekse molekyler, der måske kan have dannet grundlaget for livets opståen på jorden og på andre planeter. I nye ekspe-

rimer studerer vi sådanne komplekse reaktioner. Vi håber at kunne give et svar på, om de kemiske stoffer, der var nødvendige for at livet kunne opstå på jorden, måske allerede var blevet dannet på overfladen af støvkorn i det indre af en iskold interstellar støvsky længe før Solen og vores solsystem blev født. ■

## Om forfatterne



Liv Hornekær er forskningslektor ved Institut for Fysik og Astronomi Aarhus Universitet  
Tlf.: 8942 3759  
E-mail: liv@phys.au.dk



Arnd Baurichter er lektor ved Fysisk Institut Syddansk Universitet  
Tlf.: 6550 3502  
E-mail: arnd@fysik.sdu.dk

## Videre læsning

L. Hornekær, A. Baurichter, V. V. Petrunin, D. Field and A. C. Luntz. (2003) Importance of surface morphology in interstellar H<sub>2</sub> formation. *Science*, 302, 1943-1946.

D. Field (2004) *Astronomi og astrobiologi*. *Kvant*, nr. 3, 33-39

Internetsider med spektakulære billeder af stjernevugger (star cradles) og interstellare støv- og gasskyer kan bl.a. findes på Hubble teleskopets hjemmeside, se under nebulae: <http://hubblesite.org/gallery/album> og på The Web Nebulae: <http://astro.nineplanets.org/twn/top.html> samt på National Optical Astronomy Observatory, US: [www.noao.edu/image\\_gallery](http://www.noao.edu/image_gallery)