

# Verdens mindste eksplosion

Af Nicolai Nygaard

**En stjerne er en enorm kugle af gas, der holdes sammen i en balance mellem tyngdekraften, som søger at kollapse stjernen, og det tryk, der skabes af kerneprocesser i dens indre. Stjernen dør i det øjeblik, dens kernebrændstof i midten er opbrugt: Da er der ikke længere noget tryk til at modvirke tyngdekraften, og stjernen bliver ustabil. Dens ydre lag falder sammen og kolliderer mod dens indre, hvorfra de kastes tilbage som en voldsom chokbølge, der river stjernen i stykker i en formidabel eksplosion, kaldet en supernova. Efter at have levet et roligt liv i millioner af år, ender stjernen sine dage i et kort, brillant sekund. Supernova-eksplosioner er blandt de mest kraftfulde begivenheder, vi kender til i naturen.**

Det er selvsagt ikke muligt at følge en stjernes død på nærmeste hold, men der er interessante analogier at drage til et nyligt overstået forsøg med et såkaldt Bose-Einstein kondensat, og det selv om forsøget er af en helt, helt anden størrelsesorden. Et Bose-Einstein kondensat fremstilles i en tynd sky af atomer, der blot er nogle få tusindedele af en millimeter i udstrækning. Ved hjælp af sindrige eksperimentelle teknikker køles skyen ned til nogle få milliarddele af en grad over det absolutte nulpunkt, der markerer den lavest mulige temperatur. Ved så lave temperaturer opfører atomerne sig helt anderledes, end man er vant til. De mister deres identitet og smelter sammen til en enhed som et kompagni af veltrænede soldater. Bose-Einstein kondensat har egenskaber, der er væsensforskellige fra almindeligt stof. I de seneste år har disse givet anledning til adskillige spændende eksperimenter. Bl.a. anvendte den danske fysiker Lene Hau for nylig et Bose-Einstein kondensat til at bremse lyset fra en laser.

I eksperimentet holdes Bose-Einstein kondensatet fanget af magnetiske felter, der forhindrer atomerne i gassen i at undslippe. Dermed har forskerne greb om atomerne, som de kan manipulere ved hjælp af blandt andet laserlys. Et af de mest spændende aspekter af dette nye eksperimentelle »legetøj« er evnen til at ændre på atomernes indbyrdes vekselvirkninger. Akkurat som to magnetiske nordpoler frastøder hinanden, vil atomerne i Bose-Einstein kondensatet normalt undgå hinanden. Men det er muligt at manipulere atomerne til at tiltrække hinanden, så de søger mod hinanden, og tætheden øges. Når det sker, vil skyen, hvis den indeholder tilstrækkeligt mange atomer, blive ustabil, og den kolliderer, fordi atomerne alle søger mod midten, hvorfra tiltrækningen er størst.

Forskerne Eric Cornell og Carl Wieman, som begge er blevet tildelt dette års Nobelpris i fysik for deres opdagelse af Bose-Einstein kondensatet i 1995, har udført netop dette eksperiment (se anden artikel her på siden). De dannede i deres

nye eksperiment et Bose-Einstein kondensat i en sky af 15.000 rubidium-atomer. I starten frastødte atomerne hinanden, og Bose-Einstein kondensatet var stabilt. Dernæst ændrede man ved hjælp af et magnetfelt atomernes vekselvirkninger, så de nu tiltrak hinanden. Det fik skyen til at trække sig sammen, implodere. Efter kort tid lod skyen sig ikke længere presse sammen, og den eksploderede. Ikke med et brag, men i et ganske lydløst pust. Der var trods alt tale om en uanseelig lille sky af 15.000 ultrakolde atomer. Dette kollaps efterfulgt af en eksplosion, der river gassen i stykker, minder på mange måder om en tung stjernes spektakulære død i en supernova. Det har fået forskerne til skæmtsomt at døbe deres eksploderende Bose-Einstein kondensat en Bosenova.

Men hvor supernovaer hører til blandt de voldsomste fænomener, vi kender til, så er Bosenovaen til gengæld at regne for verdens vel nok mindste eksplosion. Den energi, der bliver frigivet, når kondensatet eksploderer, er så uendelig lille, at det ville kræve milliarder og milliarder af Bosenovaer at få en elpære til at lyse i bare en brøkdel af et sekund.

Ekspllosionen ødelægger ikke atomskyen fuldstændigt. En del af atomerne overlever eksplosionen i en godt rystet klump. Denne rest udgør op mod 40 procent af de oprindelige atomer, og meget tyder på, at disse stadig udgør et (nu reduceret) Bose-Einstein kondensat. På dette punkt er analogien mellem Bosenovaen og en supernova også klar: Når en stjerne går til grunde i en supernova, efterlader den en hårdt sammenpresset rest. Denne såkaldte neutronstjerne er på størrelse med en by, men dens tæthed er så stor, at en enkelt knivspids af den vejer flere hundredtusinde ton.

Mark Edwards, professor ved Georgia Southern University i USA, mener, at eksperimentet er særdeles interessant. Blandt andet fremhæver han, at antallet af atomer i eksplosionen og de, som forbliver i skyen, ikke matcher det antal atomer, som Bose-Einstein kondensatet oprindeligt indeholdt. Der mangler med andre ord atomer, regnestykket går ikke op. »Det er et mysterium,« siger Mark Edwards, der ser to muligheder for at forklare uoverensstemmelsen: »Det kan tænkes, at ikke alle atomerne i eksplosionen opfanges. Nogle atomer kan have for høj en hastighed, de vil så undslippe fælden og ikke blive talt. En anden mulighed er, at atomerne gemmer sig. De kan slå sig sammen to og to og danne molekyler, disse vil ikke blive opdaget,« forklarer professoren.

Det er heller ikke oplagt, hvorfor atomskyen i det hele taget eksploderer, når den presses sammen under sit eget kollaps. En mulig forklaring er, at to atomer, der kolliderer i nærvær af en tredje medspiller, får overført så meget bevægelsesenergi fra denne, at de slynges eksplosionsagtigt bort. Teoretikere, som forsøger at forklare, hvad eksperimentalfysikerne måler i deres laboratorium, er på en svær opgave. Keith Burnett fra University of Oxford i England har sat sig for ved hjælp

af computer-simulationer at beregne, hvordan atomerne opfører sig, når skyen imploderer. Håbet er, at det vil lede til en bedre forståelse. Han forklarer, at problemet består i, at de konventionelle teorier ikke dur i kollapset.

Teoretikerne er vant til at behandle Bose-Einstein-kondensater, der udvikler sig langsomt sammenlignet med tidsskalaen for kollisioner mellem atomerne. Det betyder, at man i det tilfælde kan betragte kollisionerne som øjeblikkelige, og man derfor kan se bort fra detaljerne i disse sammenstød. Men når skyen kollapser, gælder det imidlertid ikke længere. Nu ændrer Bose-Einstein-kondensatet sig hurtigt, og detaljerne i atomernes indbyrdes kollisioner er dermed vigtige. »Det gør det meget vanskeligere at klargøre, hvad der foregår,« siger Keith Burnett. Det kan godt være, at eksperimenter med Bose-Einstein kondensater ikke resulterer i ny viden om supernovaer. For hvor supernovaer er ekstreme manifestationer af tyngdens kraft, så er kollapset af Bose-Einstein kondensatet i en Bosenova bestemt af atomfysikkens love. Med andre ord er den fysik, der ligger til grund for de to fænomener, væsensforskellig.

Men det er interessant at se, hvordan fysikken for vidt forskellige fænomener - på astronomisk skala eller blandt atomerne i mikrokosmos - minder forbavsende meget om hinanden. Mark Edwards ser Bosenova-forsøget som en vejviser mod større forståelse af atomare processer: »Det er muligt, at nuværende teorier kommer til kort, når atomerne imploderer. Hvis det er tilfældet, kan det være en indikation af, hvordan vi går ud over standardteorien på dette område, således at vi kan opnå en dybere forståelse for de fundamentale fysiske love for stoffet.«