

At forstå mørkt stof er at forstå os selv

Af Jo Verwohlt, ph.d.

Når man ser op på nattehimlen, udfolder universet sig for øjnene af os, som mønstre af stjerner, tåger og intethed i et evigt samspil mellem lys og mørke. I tusindvis af år har mennesket studeret nattehimlen for at forstå den verden, som vi lever i, os selv og hvor vi kommer fra. Astrofysikere har med tiden fundet ud af, hvornår universet opstod, hvordan stjerner og planeter dannes, og hvad der skal til, for at liv kan opstå på en planet som Jorden. Al den viden er kommet til os i form af lys fra fjerne stjerner og galakser. Men i løbet af det 20. århundrede blev det klart for os, at størstedelen af universet er ukendt og *mørkt*, altså fuldstændig usynligt for os og umuligt at observere i sig selv. Så hvordan kan vi forstå universet, når størstedelen er usynlig for os?

Mørkt stof udgør omkring 85 % af al masse i universet, og med sin enorme mængde spiller det en afgørende rolle for, hvordan universets strukturer dannes og udvikler sig. Alligevel ved vi forbløffende lidt om, hvad mørkt stof egentlig er. Mørkt stof er netop "*mørkt*", fordi det ikke interagerer med lys, og det gør det ekstremt vanskeligt at studere for astrofysikere, hvis primære informationskilde er lys i sig selv.

Meget tyder dog på, at mørkt stof er helt essentielt i den kosmologiske fortælling om vores univers og menneskets eksistens. Hvis vi gerne vil forstå vores egen oprindelse, er vi nødt til at forstå, hvordan det overhovedet er muligt at danne galakser til at starte med. På det tidspunkt, hvor universet begynder at klumpe sammen, og strukturer som galakser og stjerner dannes, er universet domineret af stof og gravitationelle interaktioner. Her fungerede mørkt stof som den usynlige ramme, der gjorde det muligt for galakser og stjerner at tage form: Mørkt stof opfører sig som limen, der holder universets strukturer sammen. Uden mørkt stof har vi meget svært ved at forklare, hvorfor galakser findes, og hvorfor universet ser ud, som det gør.

Radiostøj og de første galakser

Under min ph.d. har jeg undersøgt, hvordan vi kan lære om mørkt stof ved at studere universets radio-baggrund. Man kan sammenligne det med den statiske støj, man hører på en gammeldags radio, når den ikke er indstillet på en radiostation. Det lyder som knitrede, hvid støj, men det gemmer i virkeligheden på vigtig information om galaksers fødsel. En del af dette radiosignal stammer nemlig fra det helt tidlige univers og bærer spor af, hvornår de allerførste galakser blev dannet.

Radiosignalet drives af vekselvirkningen mellem mørkt stofs evne til at klumpe sammen og voldsomt, ultraviolet lys fra unge, lysklare stjerner, som dannes i de unge galakser. Det er især de mindste og tidligste galakser, som vi er interesserede i at undersøge. Tidspunktet for de allerførste galaksers fødsel afhænger direkte af, hvordan mørkt stof opfører sig. Ved at

modellere og analysere dette radiosignal har jeg undersøgt, hvordan man indirekte kan teste forskellige teorier for mørkt stofs natur.

Man kunne måske undre sig over, hvorfor vi ikke bare observerer disse galakser i sig selv, fremfor at forsøge at afkode et kompliceret radiosignal. Vi har igennem de sidste par år jo set, hvordan teleskoper som **James Webb Space Telescope** er i stand til at observere fjerne og tidligere galakser. Men disse galakser er meget mindre og udsendte deres lys for over 13 milliarder år siden, så det er meget usandsynligt, at vi nogensinde kommer til at se dem. Indtil nu har radiosignalet været for svagt til, at vi har kunnet tyde det, men i de kommende år vil radioteleskoper som **HERA** (Hydrogen Epoch of Reionization Array) gøre det muligt at måle signalet og derigennem blive klogere på mørkt stof. På den måde kan radio-baggrunden fra universet bruges som et vindue ind til et af de største mysterier i moderne fysik.

Hvordan kan vi sanse og forstå det usynlige?

En ting er, hvordan vi undersøger universet og bygger modeller for vores verden; en anden ting er, hvordan vi forstår og fortolker den. Som nævnt tidligere, undersøger astrofysikere universet gennem lys og den information, som det indeholder: frekvensen og lysstyrken – altså farven på lyset og hvor kraftigt det er.

Men lys er meget mere end det, vi kan se. Det elektromagnetiske spektrum strækker sig langt ud over det synlige spektrum og rummer også usynlige former for lys som radiobølger, mikrobølger, infrarødt lys, ultraviolet lys, røntgenstråling og gammastråling. Når vi taler om radio-baggrunden, er det altså også lys, men lys med en meget lavere frekvens, end vi som mennesker kan se. Det er altså usynligt og usanseligt for os, indtil vi indstiller en radio og hører den knitrende støj. Mørkt stof er derimod usynligt på tværs af hele det elektromagnetiske spektrum. Det interagerer netop ikke med lys og kan ikke observeres direkte. Hverken med vores øjne eller med teleskoper. Vi kan kun observere det indirekte i kraft af dets tyngdekraft. Vi kan f.eks. observere, hvordan eksistensen af mørkt stof påvirker galaksers rotation.

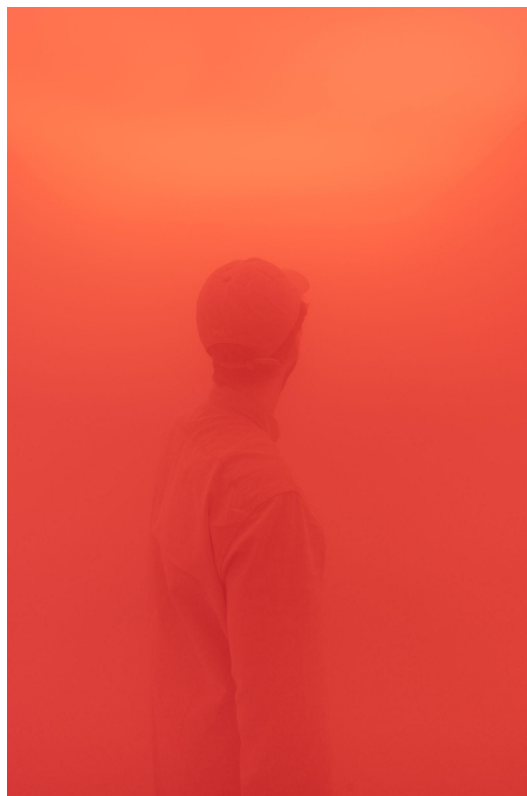
De fleste har nok hørt om mørkt stof og er blevet fascineret af dets mystiske natur. Det er svært helt at begribe, hvordan en usynlig og ukendt komponent kan have så stor indflydelse på vores univers, og at vi stadig ved så lidt om, hvad det er. Det er nok også derfor vi ser mørkt stof optræde i både science-fiction- og fantasyfortællinger, der udfordrer vores forestillinger og viden, hvilket i endnu højere grad er med til at forstærke dets næsten mytiske karakter.

Mørkt stof, usynligt lys og dannelsen af de første galakser er komplekse og abstrakte koncepter, som er fuldstændig afkoblet fra menneskets sanser og erkendelse. Men det er især igennem vores sanser og erkendelse, at vi skaber en forståelse og et sprog for den fysik og de modeller, vi bruger til at beskrive vores univers med. Derfor er vores forståelse for universet, og især vores *intuitive* forståelse for universet, tæt forbundet til, hvordan vi som mennesker sanser og erkender vores verden.

Hvordan kan kunst skabe en intuitiv forståelse for det abstrakte univers?

Under min ph.d. har jeg derfor undersøgt, hvordan kunst kan bruges til at forstå og formidle min forskning om mørkt stof og det tidlige univers. Det gjorde jeg ved at lave kunstudstillingen *Interference*, hvor jeg kreerede lys- og lydinstallationer, der gjorde det muligt for de besøgende at opleve universet på en ny måde. Kunst har en særlig evne til at skabe forståelse dér, hvor vores sanser og sprog ikke rækker. Gennem former, farver, lyd og rum kan kunst oversætte abstrakte videnskabelige begreber til noget, der kan sanses og opleves. Hvor fysikken arbejder med modeller og data, kan kunsten give os en intuitiv fornemmelse af fænomener, der ellers ligger uden for vores direkte erfaring; som usynligt lys, mørkt stof og universets tidligste udvikling. Det sker især ved at tage udgangspunkt i den måde, vi som mennesker allerede sanser og erfarer verden på.

Som en del af kunstudstillingen skabte jeg fire rum, som man kunne træde ind og sanse flere dele af det elektromagnetiske spektrum; både de synlige og de usynlige dele. To af rummene repræsenterede den visuelle del; den lavfrekvente del, hvor vi ser rød, gul og orange, og den højfrekvente del, hvor vi ser grøn, blå og violet. Når man trådte ind i rummene, hørte man samtidig en lyd-komposition, som tog udgangspunkt i, hvordan mennesker sanser lydbølgers spektrum. Ligesom med lys, er kun en del af spektret muligt for os at sanse.



Der var også to usynlige, to helt *mørke* rum, man kunne træde ind i og sanse: Et infrarødt rum, hvor man trådte ind i en mørk sauna og mærkede varmestrålingen, imens en lyd-komposition var komponeret i så lave frekvenser, at man intet kunne høre, men kun kunne mærke bassen i kroppen; og et ultraviolet rum, hvor lyd-kompositionen udfoldede sig i lige akkurat det frekvensområde, som kun nogle mennesker kan høre, så man stillede

spørgsmålstegn ved, hvad man overhovedet kunne sanse, og hvad man forestillede sig. På denne måde skabte jeg en håndgribelig og kropslig måde, hvorpå man kunne opleve dele af universet, som ellers ville have været fuldstændigt utilgængeligt for det menneskelige sanseapparat. Ved at basere det på, hvordan vi allerede sanser og erfarer verden, blev det muligt at skabe en fornemmelse for koncepterne og en intuitiv forståelse for forskningen bag.

Fortællingen om mørkt stof er vores allesammens videnskabelige skabelsesberetning

Det er så essentiel en del af det at være menneske, at se ud imod horisonten og undre sig og stille spørgsmål om vores plads i universet. Men i takt med at den videnskabelige model bliver mere kompliceret og abstrakt, på trods af at vi bliver klogere og bedre kan beskrive universets historie og processer, kan forskningen samtidigt blive mere fremmedgørende. Det kan meget nemt betyde, at universets, og derigennem også menneskets videnskabelige skabelsesberetning, kan blive for kompleks for at forstå for den generelle befolkning, hvis ikke vi gør en aktiv indsats for at gøre forskningen mere intuitiv og sanselig. Mørkt stof er med sin mystiske natur noget, som vækker den menneskelige søgen efter at forstå det uforståelige i os alle sammen. Mørkt stof er så essentiel en del af det kosmologiske verdensbillede. Vi kan ikke forklare, hvorfor universet ser ud, som det gør, og hvorfor vi overhovedet eksisterer, uden at mørkt stof er en del af fortællingen. Vil vi forstå universet og os selv, må vi derfor forsøge at forstå mørkt stof; både på en videnskabelig, en menneskelig og en intuitiv måde.