
Kvant-nyheder

Christine Pepke Gunnarsson, KVANT

Kvantetrommen

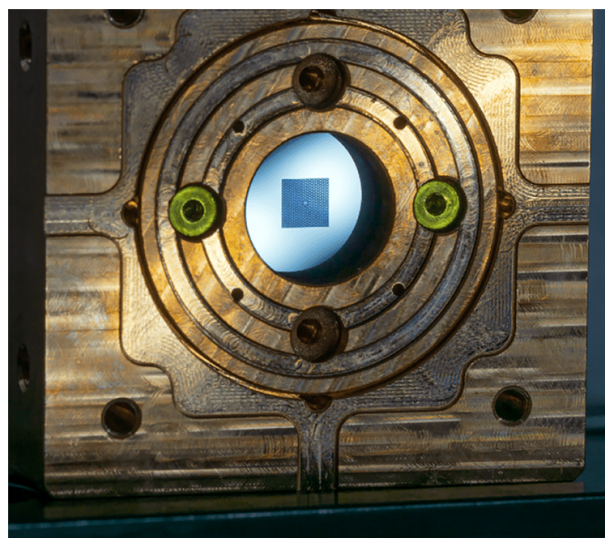
KVANTEFYSIK. Vi har hørt meget om kvantecomputere med data gemt i lyspartikler, fotoner. Men det er også muligt at gemme kvanteinformation i lydpartikler, de såkaldte fononer. Forskere fra Niels Bohr Institutet har udviklet en lille tromme, som fungerer som en kvantehukommelse, der kan gemme kvanteinformation i lydvibrationer dvs. i fononer. I en ny artikel har forskerne demonstreret, at data i lyssignaler kan gemmes som vibrationer i trommen og senere blive videresendt. En kvantehukommelse er nødvendig for at kunne sende og modtage kvanteinformation i et fremtidigt kvantenetværk.

Kvantetrommen er en lille membran, der er 5,5 mm lang og 20 nm tynd. Membranen er lavet af et keramisk glaslignende materiale med huller langs kanten. Når der sendes laserlys på trommen, begynder den at vibrere, og det er i vibrationerne, at forskerne kan gemme data. En laser sender lys med data på trommen, hvor det omdannes til lydvibration i trommen. Data kan blive gemt i lydvibrationerne, der således udgør en hukommelse, og senere blive sendt videre som data i lys, når der er brug for det.

Kvantetrommens fordel er, at den kan blive i kvantetilstanden i lang tid, uden at den mister kvanteegenskaberne ved dekohærens. Det er vigtigt, at komponenterne i et kvantenetværk er stabile og kan holde i længere tid, for at netværket kan fungere.

Det er også vigtigt, at der ikke er for meget støj på signalet, når det sendes over store afstande. I optiske

fibre (som vi bruger til internettet i dag) stiger støjen eksponentielt med fiberens længde. Dette problem løses ved at forstærke signalet i små stationer langs fiberen. Men i kvantemekanikken kan man ikke så let forstærke et signal. Desværre er det ikke en løsning at lave kvantesignalet om til et klassisk signal for at kunne forstærke det, for så ville det klassiske signal være særligt udsat for aflytning. Denne risiko minimeres ved kvantekryptografi.



Figur 1. Kvantetromme. Billede fra kilde.

Derfor satser forskerne på, at kvantetrommen er stabil nok til at holde støjen nede, hvilket ser ud til at

være tilfældet. Målet er at forlænge forbindelsen mellem kvantecomputere gennem stationer, hvor kvantetrommen modtager og sender signaler, og derved undgå støj, mens systemet bevarer data i en kvantetilstand. Forskerne mener, at de kan gøre det ved at bruge kvanteegenskaberne superposition og sammenfiltring (entanglement). Superposition er den egenskab, at en kvantetilstand kan være i flere tilstande på samme tid, og betyder, at en kvantecomputer kan udføre flere beregninger samtidig. Sammenfiltring er den egenskab, at kvantetilstande kan være indbyrdes forbundne, og at målinger på én tilstand påvirker en anden tilstand instantant, selv over store afstande.

Dette kan illustreres ved følgende eksempel: Hvis vi måler på en kvantetilstand på Jorden, hvilket betyder, at dens bølgefunktion kollapse til en bestemt værdi, vil bølgefunktionen af dens sammenfiltrede kvantetilstand fx på Månen også kollapse instantant til en anden bestemt værdi. En efterfølgende måling på Månekvantetilstanden vil derfor være forbundet med målingen af Jordkvantetilstanden. Denne egenskab kan bruges til at lave en nøgle til at sikre, at kvantekrypterede forbindelser ikke kan brydes, samt til kvanteteleportation.

I forhold til et kvantenetværk bygget op af atomer, som har bestemte frekvenser, er trommen mere fleksibel, da den kan designes til at tilpasse sig den ønskede frekvens. Trommen har desuden et lavt signaltab, den kan vekselvirke med lys på alle frekvenser, og dermed også den bølglængde, som de nuværende optiske fiberkabler bruger til internettet, som er 1550 nm. Kvantetrommen er praktisk, da data kan gemmes og læses, når der er brug for det. Kvantetrommen har en hukommelsestid på 23 millisekunder, hvilket er en rekord inden for feltet, og forskerne håber, at kvantetrommen en dag kan blive brugt som kvante-RAM for kvanteinformation.

Kilde: Niels Bohr Institutet og M.B. Kristensen m.fl. (2024) "Long-lived and Efficient Optomechanical Memory for Light", *Physical Review Letters*, bind 132, side 100802–100808.

Universets allertidligste galakser

ASTROFYSIK. Forskere fra bl.a. Københavns Universitet har ved hjælp af James Webb-rumteleskopet (JWST) observeret dannelsen af tre af de tidligste galakser i universet for mere end 13 milliarder år siden. Der er før observeret galaksedannelse i senere stadier af galakseudviklingen, men det nye er, at med JWST har de kunnet observeret den helt tidlige dannelse – selve fødslen af galakserne. Det er første gang, at vi kan se dannelsen af så tidlige galakser efter Big Bang. De tre galakser er mellem 13,3 og 13,4 milliarder år gamle, hvilket vil sige, at de blev dannet kort tid efter Big Bang, som var for 13,8 milliarder år siden.

De første hundrede millioner år efter Big Bang gik som bekendt med dannelsen af stjerner fra en uigennemsigtig gas af atomkerner og elektroner, hvor lys blev spredt. Efter ca. 380.000 år var universet afkølet

nok til, at atomkernerne kunne indfange elektronerne og danne atomer. Lys blev ikke længere spredt og kunne bevæge sig længere, og universet blev efterhånden synligt. Desuden kunne atomerne absorbere og udsende lys. Det lys er det, vi kender som den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling, og det er det ældste lys, vi kan se i universet. Herefter begyndte atomerne at danne stjerner, og stjerner og hydrogengas satte sig sammen til galakser. Det er det tidspunkt, vi skal tilbage til, som forskerne har observeret galakserne i. Dette tidspunkt kaldes i Big Bang-teorien for "re-ioniseringen", og det er her, hvor lyset fra de første galakser kunne gennemtrænge den omkringliggende hydrogengas. Det er netop denne hydrogengas, som er de tidlige galaksers byggesten, som JWST har observeret. JWST er så følsomt, at det kunne detektere en stor mængde gas omkring galakserne og kunne se, at galakserne stadig bruger gassen til at danne nye stjerner til galaksen. JWST har desuden bestemt gassen til at bestå af primært hydrogen og lidt helium.



Figur 2. Fødslen af de tre tidligste galakser. Illustration fra NASA.

Forskerne studerede dannelsen af de første galakser med absorptionsspektra, hvor de måler, hvordan lyset fra galakserne bliver absorberet af hydrogengassen omkring dem. Den relevante atomare absorptionsovergang i hydrogen hedder Lyman- α -overgangen. JWST er det kraftigste infrarøde observatorium, vi har, og er bygget til at måle fjerne infrarøde signaler, så vi kan "se tilbage i tiden". Lyman- α -overgangen er på Jorden en ultraviolet overgang i hydrogen, men som bekendt bliver lyset fra fjerne galakser rødforskudt, og derfor er Lyman- α -overgangen fra galakserne infrarød og kan netop måles af JWST. JWST kan i øvrigt måle de tidligste signaler fra ca. 180 millioner år efter Big Bang, hvilket svarer til dannelsen af de allertidligste stjerner.

Forskerne håber at kunne se endnu længere tilbage i tiden, og med de observationer, vi indtil nu har fået fra JWST, ser vi frem til at lære endnu mere om universet og Big Bang.

Kilde: NASA, Københavns Universitet og K.E. Heintz m.fl. (2024) "Strong damped Lyman- α absorption in young star-forming galaxies at redshifts 9 to 11", *Science*, bind 384, side 890–894.