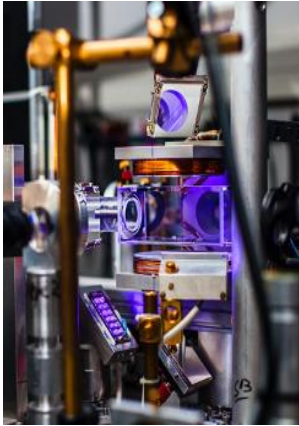


## Videnskabelig højdepunkt

I 2020 opnåede CCQ en af de større forskningsmæssige milepæle ved at observere den dynamiske fremkomst af en kvasipartikel i et såkaldt Boseonisk kvantum miljø for første gang. Denne bedrift blev skabt i et tæt samarbejde mellem tre af centerets forskergrupper og muliggør et vigtigt skridt for fremtidig forskning i CCQ.



*Den del af Aarhus-eksperimentet, hvor atomer i første omgang fanges og køles ned. (Lars Kruse/AU foto)*

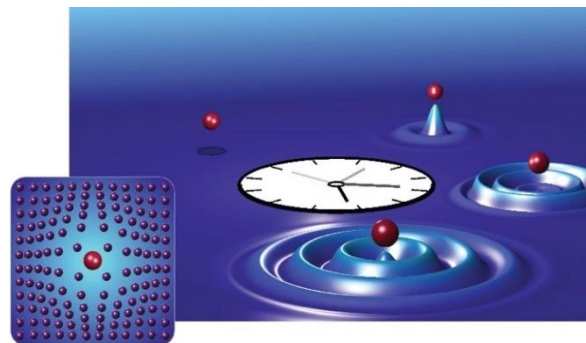
Der findes myriader af forskellige partikler i naturen. Fra elementarpartikler som elektroner og protoner, til sammensatte objekter som atomer og molekyler. Disse udgør byggestenene for al stof her på jorden. Der kan dog også opstå såkaldte kvasipartikler, som består af mange partikler og endda indeholder energitilførsel af trillioner af atomer. Denne ret bizarre egenskab er blevet en af de mest udbytterige og anvendte koncepter i forskningsverden, da det bidrager til direkte opdagelser af de indre tilstande i ellers meget komplekse tilstande. Kvasipartikler er blevet observeret i talrige eksperimenter, typisk ved at se på de spor, de efterlader sig i et materiale. Det har dog indtil for nyligt været en fjern drøm at se direkte, hvordan kvasipartikler rent faktisk skabes ud fra de trillioner af underliggende partikler.

Dette er nu blevet realiseret i CCQ. Eksperimentet, som for nyligt er blevet publiceret i en udgave af *Nature Physics*<sup>\*</sup>, er baseret på en eksotisk tilstand af stof – et såkaldt Bose-Einstein kondensat, der dannes

ved ekstremt lave temperaturer, ca. en million gange koldere end det interstellare rum. Ved at ændre kvante-tilstanden for nogle få atomer i kondensatet, er det muligt at observere dannelsen af en kvasipartikel; det såkaldte Bose-polaronen. I naturen spiller Bose-polaronen en central rolle, fordi den dannes, når en elektron vekselvirker med omgivelserne i helt almindelige materialer. Den bestemmer derfor egenskaberne af en lang række stoffer, ofte med teknologiske anvendelser, såsom ledningsevne og superledning, der i dag er blevet uundværlig i moderne teknologi.

I de fleste materialer er det kun muligt indirekte at observere disse polaroner, men i CCQ eksperimentet er der blevet skabt de helt rette betingelser for rent faktisk at kreere disse kvasipartikler og endvidere at observere deres drivkraft i virkeligheden. Det muliggør at bruge kvantesimulatore til at udforske komplekse materialers egenskaber, der hidtil ligger uden for klassiske computers rækkevidde ved at bruge ultra kolde kvantum gasarter som en art analog platform. Ny viden er allerede tilegnet fra eksperimentet; en viden som forbedrer vores forståelse af kvasipartikler i mere bred forstand.

Evnen til at måle og undersøge de dynamiske egenskaber af individuelle kvasipartikler, repræsenterer et væsentligt fremskridt i CCQ forskning. Baseret på denne nye opdagelse, vil centeret nu udforske perspektiver der tager skridtet videre end blot eksperimentelle observationer. Målet er her at manipulere kvasipartiklerne direkte med lasere og dermed forbinde enkelte atomer i et stort kvantum miljø. Ved at realisere og undersøge sådanne egenskaber, er det håbet at kunne afdække nye måder at kontrollere og designe materialer med helt nye egenskaber, der kan have vidtrækkende teknologiske perspektiver.



*Et atom skaber bølger i det omkringliggende Bose-Einstein kondensat hvorved en kvasipartikel skabes. Processen ligner den, hvormed en elektron bevæger sig igennem et fast stof samtidig med, at den deformerer den underliggende krystalstruktur (indsæet). Illustration: CCQ, AU.*

<sup>\*</sup> M. Skou et al., *Non-equilibrium quantum dynamics and formation of the Bose polaron*, *Nature Phys.* (2021). <https://doi.org/10.1038/s41567-021-01184-5>