

"Measurement-induced macroscopic superposition states in cavity optomechanics"

Ulrich B. Hoff, Johann Kollath-Bönig, Jonas S. Neergaard-Nielsen og Ulrik L. Andersen
Physical Review Letters ??, ??, (2016)



"Mis, mis, mis, ... nåh, dér er du! ... og dér?"

Kvantefysikkens mikrokosmos fascinerer og forundrer til stadighed, og teoretiske termer som "kvantespring" og "Schrödingers kat" er sågar blevet allemandseje. I en ny

artikel publiceret i Physical Review Letters puster forskere fra DTU Fysik fornyet håb i det grundvidenskabelige ønske om også at studere kvantemekanikkens paradoksale fænomener på makroskopisk skala.

En paradoksal virkelighed

Forestil dig en kat indespærret i en kasse sammen med en giftampul, der detoneres af et radioaktivt henfald. Kvantemekanikken forudsiger, at katten efter nogen tid ender i en tilstand, hvor den *både* er død og levende. En bizar konklusion, der strider mod enhver erfaring fra den observerbare fysiske virkelighed. Tankeeksperimentet blev introduceret af Erwin Schrödinger i 1935, netop for at betvivle kvantemekanikken og illustrere teoriens absurditet. Den teknologiske udvikling har siden gjort det muligt at studere, kontrollere og manipulere naturen på mikroskopisk niveau, og eksperimentel evidens har endegyldigt afkræftet Schrödingers skepsis: fysiske objekter kan godt antage samtidige modstridende egenskaber, så længe vi ikke måler på dem. At vi ikke oplever det i hverdagen skyldes, at "store" objekter konstant indirekte observeres gennem påvirkninger fra omgivelserne. Derved udviskes – *dekohererer* – de kvantefysiske finurligheder og *både-og* bliver til *enten-eller*.

Hvor går grænsen

Men hvor stort kan et objekt være og stadig udvise éntydigt kvantemekaniske egenskaber? Og hvilken mekanisme udløser denne begrænsning? Det er åbne spørgsmål! Schrödingers kat tilstande er til dato kun observeret for elektromagnetiske felter og for enkelte atomer, men en nærmest eksplosiv udvikling af det optomekaniske forskningsfelt, der studerer koblingen mellem lys og mekaniske objekter, tegner lovende for at disse paradoksale fænomener også kan realiseres på større skala. At opnå dette vil være et videnskabeligt gennembrud! Og helt afgørende vil det muliggøre tests af en række *dekoherensmodeller* og dermed kaste nyt lys over den tilsyneladende barriere mellem kvantefysikkens verden og dagligdagens.

En makroskopisk kat

I det nye teoretiske arbejde foreslår forskerne fra DTU Fysik en eksperimentel protokol, der gør det muligt at overføre en Schrödinger kat tilstand fra laserlys til et vibrerende trampolin-lignende mekanisk objekt bestående af 10^{12} atomer. Ved hjælp af et kvantemekanisk fænomen kaldet *squeezing* frembringes først en optisk Schrödinger kat-tilstand, hvor lyset har to vidt forskellige men ligebyrdige amplituder på samme tid. Gennem den optomekaniske kobling

overføres tilstanden til den mekaniske oscillator, der efterfølgende befinder sig i en samtidig tilstand af to komplementære svingningsfaser – trampolinen er presset nedad og buler opad på samme tid – en makroskopisk kat-tilstand.

Lignende ideer er blevet fremsat tidligere, men oftest under antagelse af en uopnåelig koblingsstyrke mellem lys og mekanik og uden hensyntagen til eksperimentelle begrænsninger. Det helt afgørende nybrud i arbejdet fra DTU Fysik er, at man ved at anvende squeezeede optiske tilstande har demonstreret, at den ønskede overførsel fra lys til mekanik kan opnås med allerede eksisterende optomekaniske systemer og under realistiske ikke-idealiserede eksperimentelle forhold. Den foreslåede protokol udstikker således en attraktiv kurs mod at nå en milepæl inden for den eksperimentelle kvantefysik og opnå afgørende ny viden om grundlæggende aspekter af kvantemekanikken.