

Forskingshøjdepunkt

Forskning ved Niels Bohr professoratet for Many-Body Quantum Optics ved Aarhus Universitet opdager nye strategier til manipulation af lys på kvanteniveau.

Det er velkendt, at fotoner, den fundamentale bestanddel af lys, passerer uhindret igennem hinanden. Denne definerende egenskab ved lys er afgørende for succes af optiske kommunikationsteknologier og tillader transmission af information over lange afstande. Der er dog mange andre spirende teknologier som ville drage nytte af muligheden for at kunne få to fotoner til at vekselvirke. Herved kan én foton have en stærk indflydelse på udbredelsen eller tilstanden af en anden. Dette er ikke-lineær optik, når det er mest ekstremt: på niveauet af enkelte lyskvanter.

En lovende metode til at få fotoner til at vekselvirke er at lyse gennem en speciel form for atomart kvantestof, som udviser stærke vekselvirkninger mellem de pågældende atomer. Under disse omstændigheder kan fotoner blive konverteret til såkaldte polariton-excitationer af materialet og derved tilegne sig nogle af mediets egenskaber. Ved at udforske denne strategi har Aarhus-gruppen udtænkt og demonstreret nye metoder til at konstruere kontrollerede foton-foton vekselvirkninger.

Holdet har opdaget en ny effekt, hvor tilstedeværelsen af én polariton kan forårsage, at en anden bliver konverteret mellem to forskellige typer, der udbreder sig på meget forskellig vis. Det viser sig, at sådan en proces kan få fotonerne til effektivt at virke som spejle og få dem til at støde væk fra hinanden som billardkugler.

Denne eksotiske type af fotonvekselvirkninger har ingen modpart i vores mere familiære verden af klassiske partikler. Kvantemekanisk til gengæld kan sådan en effekt udnyttes til flere brugbare funktioner, f.eks. kvante-routing. På den samme måde som en standard internetrouter bruges til at kontrollere og fordele den datatrafik den modtager, er en fotonisk kvante-router en enhed, der kan kontrollere destinationen af optisk indkodet information via kvantetilstanden af én enkelt foton. En sådan egenskab ville kunne finde anvendelse i en bred vifte af fremtidige kvanteteknologier, fra sikker kommunikation til kvante-computing med lys.

Allerede nu er det muligt at bruge disse koncepter til at lave basale operationer, f.eks. fratrækkelse af en foton. I samarbejde med forskere ved Joint Quantum Institute (USA) og eksperimenter ved Syddansk Universitet har holdet udtænkt og realiseret en optisk kvantehukommelse, der kan fratrække præcis én foton fra en lysstråle. Fotonerne holdes midlertidigt i hukommelsen og manipuleres med en anden lysstråle på en sådan måde, at præcis én gemt foton kan markeres og fjernes. Efter at have fået fjernet en foton er lysstrålen efterladt i en ejendommelig kvantetilstand, der i sig selv har en række videnskabelige og teknologiske anvendelser. Der skal fortsat opnås og forstås meget, før kvanteteknologier baseret på vekselvirkende fotoner bliver fuldt operationelle. Den demonstrerede prototype er dog en vigtig milepæl.

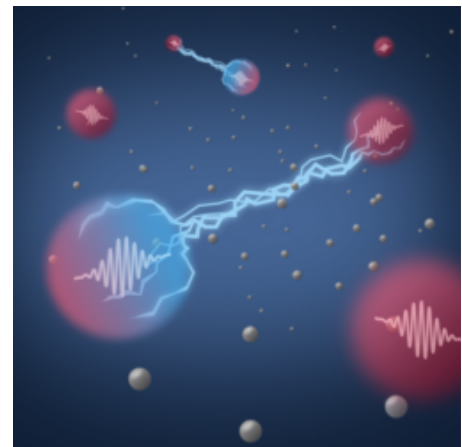
Coherent Photon Manipulation in Interacting Atomic Ensembles, Phys. Rev. X **7**, 031007 (2017)
C. R. Murray and T. Pohl

Symmetry-protected collisions between strongly interacting photons, Nature **542**, 206 (2017)

J. D. Thompson, T. L. Nicholson, Q.-Y. Liang, S. H. Cantu, A. V. Venkatramani, S. Choi, I. A. Fedorov, D. Viscor, T. Pohl, M. D. Lukin, and V. Vuletić

Photon Subtraction by Many-Body Decoherence, Phys. Rev. Lett. **120**, 113601 (2018)

C. R. Murray, I. Mirgorodskiy, C. Tresp, C. Braun, A. Paris-Mandoki, A. V. Gorshkov, S. Hofferberth, and T. Pohl



Artistisk illustration af effektive foton-vekselvirkninger via deres kobling til atomer i en kvantegas.