

Kvantesimulering af stærkt interagerende systemer

Et stærkt interagerende kvantesystem med mange partikler fortsætter med at udfordre vores forståelse af fysiske fænomener i kvanteverdenen. Én tilgang, almindeligvis kaldet kvantesimulering, er at realisere velkontrollerede kvantesystemer, som kan sammenlignes med teoretiske modeller og dermed forbedre vores forståelse. CCQ har ydet et betydeligt bidrag ved at simulere opførslen af en urenhed, der har en stærk repulsiv vekselvirkning med sine kvantemekaniske omgivelser.

Stærkt interagerende systemer kan forklares i form af såkaldte kvasi-partikler, som giver en kraftfuld metode til deres teoretiske beskrivelse. CCQ-forskere har undersøgt, hvordan polaroner – en særlig type kvasi-partikel – opfører sig, når de har stærke repulsive vekselvirkninger med deres omgivelser.

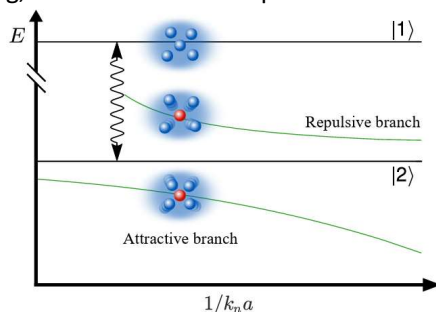


Illustration af den interferometriske metode samt energi tilstandene i systemet, som funktion af den inverse interaktion styrke $1/(k_r a)$.

Kvantesimuleringen blev udført ved brug af en kvantegas af kaliumatomer, kaldet et Bose-Einstein-kondensat (BEC). Nogle af atomerne i dette BEC blev overført til en anden tilstand for at fungere som urenheder. I denne tilstand interagerer urenhederne meget stærkt med det omgivende BEC og kan beskrives som polaroner. Det er vigtigt at bemærke, at der kan dannes to typer af disse partikler, kaldet den attraktive og den repulsive polaron.

Vores eksperimenter anvendte en interferometrisk teknik til at udforske udviklingen af urenhederne. Dette førte til observationen af et "kvanteslag" mellem de to sameksisterende attraktive og repulsive polaroner. Signalet giver adgang til deres energier over et bredt spektrum af vekselvirkningsstyrker. Disse resultater forbedrer markant forståelsen af kvanteurenheder, der interagerer stærkt med et bosonisk miljø.

Derudover har CCQ-forskere gennemgået hele feltet af polaronfysik i nye kvantematerialer i en omfattende oversigtsartikel. Den giver en dybdegående gennemgang af egenskaberne ved polaroner dannet af mobile urenheder, der interagerer stærkt med kvante-mange-partikelsystemer. Vigtigt er det, at dette arbejde præsenterer et samlet perspektiv på de universelle koncepter på tværs af eksperimentelle platforme.

1. Quantum beat spectroscopy of repulsive Bose polarons, A. M. Morgen, S. S. Balling, K. Knakkegaard Nielsen, T. Pohl, G. M. Bruun, and J. J. Arlt, accepted for publication in Phys. Rev. Res.

2. Polarons in atomic gases and two-dimensional semiconductors, P. Massignan, R. Schmidt, G. E. Astrakharchik, A. Imamoglu, M. Zwierlein, J. J. Arlt, and G. M. Bruun, arXiv:2501.09618