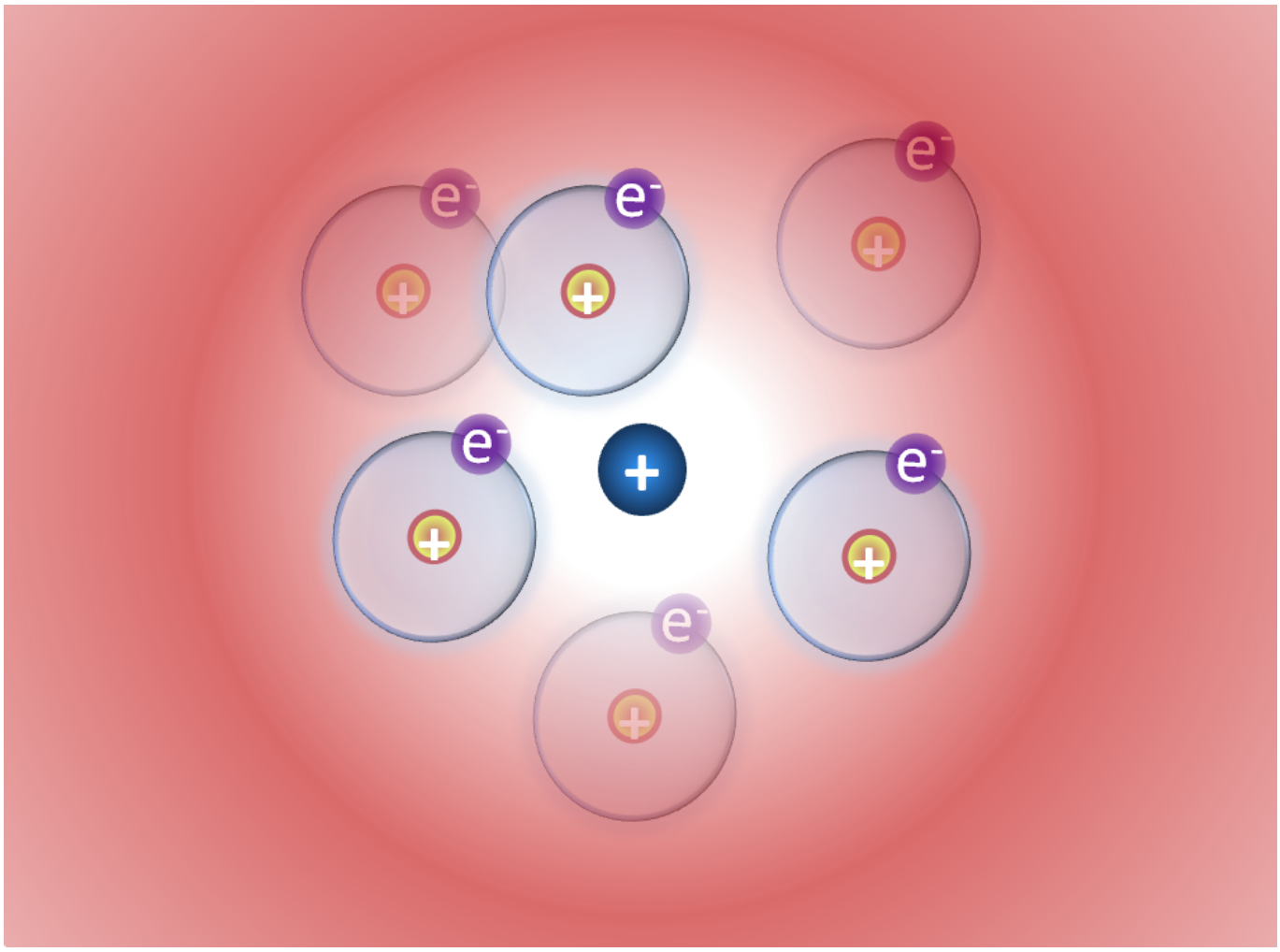
Rydbergatomen en gevangen ionen

Twee bouwstenen voor [quantumcomputers] zijn zogeheten Rydbergatomen en gevangen ionen. Tot nu toe zijn deze systemen, die elk hun eigen voordelen hebben, onafhankelijk bestudeerd, maar natuurkundigen van het UvA-Institute of Physics hebben nu aangetoond dat de twee op een nuttige manier gecombineerd kunnen worden. De resultaten zijn deze week gepubliceerd in Physical Review Letters.



Afbeelding 1. Rydbergatomen en een gevangen ion.Het ion (+) zit gevangen in een kristal. De Rydbergatomen

eromheen kunnen met het ion wisselwerken. Afbeelding: R. Gerritsma.

Gewone computers gebruiken bits. Op soortgelijke wijze maken quantumcomputers gebruik van quantumbits, oftewel ‘qubits’. Atomen zijn uitstekende qubits, aangezien elk atoom van een bepaalde soort exact hetzelfde is als alle andere, wat productiefouten bij het bouwen van een quantumcomputer voorkomt. Pogingen om quantum-apparaten ‘atoom voor atoom’ op te bouwen hebben zich in het verleden vooral gericht op het gebruik van ofwel kristallen van ionen, ofwel zogeheten Rydbergatomen als qubits. Rydbergatomen zijn atomen in hoog aangeslagen toestanden – dat wil zeggen: met een elektron dat zich heel ver van de kern bevindt. Hierdoor kunnen zulke atomen sterk wisselwerken met hun buren, een cruciaal ingrediënt voor het bouwen van quantumcomputers.

Voordelen combineren

Zowel gevangen ionen in kristallen als Rydbergatomen zijn in het verleden door diverse onderzoeksgroepen succesvol gebruikt om kleinschalige quantumapparaten te maken. Elk van deze benaderingen heeft echter een aantal inherente nadelen. Zo is gebleken dat het erg moeilijk is om systemen van gevangen ionen op te schalen naar enkele honderden qubits, terwijl het Rydbergsysteem weer niet de gewenste nauwkeurigheid heeft weten te bieden voor het bouwen van een zinvolle quantumcomputer. Dit leidt tot de vraag of de twee benaderingen wellicht op een gunstige manier gecombineerd kunnen worden in een enkel systeem, om zo de voordelen van elk systeem te kunnen gebruiken.

Natuurkundige Norman Ewald en zijn collega’s uit de groep van Rene Gerritsma aan de Universiteit van Amsterdam zijn er nu voor het eerst in geslaagd om interacties tussen Rydbergatomen en gevangen ionen waar te nemen. Ze dompelden losse gevangen ionen onder in een ultrakoude wolk van Rydbergatomen, slechts zo’n vijftien miljoensten van een graad boven het absolute temperatuurnulpunt. De onderzoekers konden meten dat de Rydbergatomen met het ion botsten met een frequentie die meer dan duizend keer zo groot was dan bij normale atomen het geval is, wat aangeeft dat er een sterke interactie is tussen ionen en atomen die bepaald wordt door de Rydbergexcitatie van die laatste. Ze lieten bovendien zien dat de aanwezigheid van een ion het spectrum van het Rydbergatoom – dat wil zeggen: zijn mogelijke aangeslagen toestanden – verandert. In het bijzonder hebben de wetenschappers ontdekt dat de aanwezigheid van een gevangen ion een overgang tussen

aangeslagen toestanden toelaat die in andere omstandigheden onmogelijk is.

De resultaten vormen de eerste stappen op weg naar het kunnen beheersen van de interacties tussen Rydbergqubits en ionische qubits, en daarmee naar het bouwen van een hybride quantumsysteem uit de twee bouwstenen. De auteurs beschrijven hun werk deze week in een artikel in Physical Review Letters.

Referentie

Observation of Interactions between Trapped Ions and Ultracold Rydberg Atoms,
N. V. Ewald, T. Feldker, H. Hirzler, H. Fürst and R. Gerritsma, Physical Review Letters 122, 253401 (2019).

In de zomerperiode verschijnen de Quantum Universe-artikelen éénmaal per week, op vrijdag. Vanaf september is de redactie weer terug van alle conferenties en vakanties, en verschijnen de artikelen weer tweemaal per week, op dinsdag en vrijdag.