

Moleculen als eieren in een eierdoos: geordende roosters voor kwantumtechnologie

12.9.2026 - | Radboud Universiteit

Onderzoekers van de Radboud Universiteit, Columbia University (VS) en de University of Chicago (VS) hebben een nieuwe methode ontwikkeld om individuele moleculen te vangen in roosters van optische pincetten. Hiermee kunnen zij grote, geordende roosters van moleculen maken, een belangrijke stap richting opschaalbare kwantum-informatieverwerking met moleculen. Hun resultaten zijn gepubliceerd in *Physical Review Letters*.

Ultrakoude moleculen

Ultrakoude moleculen zijn veelbelovende bouwstenen voor kwantum-informatieverwerking. Hun rotatie- en kernspintoestanden kunnen dienen als qubits, de bouwstenen van een kwantumcomputer. Deze qubits zijn bijzonder coherent: ze blijven lang stabiel. Daarnaast kunnen moleculen via hun elektrische dipoolmomenten met elkaar wisselwerken. Deze wisselwerking vormt de basis voor het uitvoeren van kwantum-informatieverwerking.

Om individuele moleculen te controleren, gebruiken onderzoekers optische pincetten: piepkleine vallen gemaakt van gefocusseerd laserlicht die één enkel molecuul kunnen vasthouden. Voor bruikbare kwantum-informatieverwerking moeten uiteindelijk duizenden van deze vallen gevuld worden. Dit is lastig, omdat optische pincetten doorgaans slechts in ongeveer de helft van de gevallen met één molecuul geladen worden. Lege vallen maken het moeilijker om grote, goed geordende roosters op te bouwen.

Microgolven als schild

De onderzoekers pakken deze uitdaging aan met microgolfafscherming. In experimenten zorgen microgolven voor afstotende interacties tussen moleculen, waardoor ze veel minder vaak botsen. Dit maakt het mogelijk om de moleculen af te koelen tot extreem lage temperaturen vlakbij het absolute nulpunt (-273,15 graden Celsius). Dit levert een zeer koud moleculair gas op waaruit de optische pincetten geladen kunnen worden.

Bij sterk polaire moleculen, zoals de natrium-cesiummoleculen die in experimenten gebruikt worden, kan dit door microgolven opgewekte afstotende "schild" zich uitstrekken van enkele honderden nanometers tot ongeveer een micrometer. Belangrijk is dat dit schild groter kan zijn dan een optisch pincet zelf.

Als eieren in een eierdoos

Het resultaat is te vergelijken met het plaatsen van eieren in een eierdoos: de beschikbare ruimte is zo ingedeeld dat er in elk vakje maar één ei past.

Op dezelfde manier voorkomt het moleculaire schild dat twee moleculen tegelijk in dezelfde optische pincet terecht komen. Zodra een molecuul in een val geladen is, kan er geen tweede molecuul meer

bij komen. Dit maakt het laadproces deterministisch: elk pincet kan gevuld worden met precies één molecuul, in plaats van slechts 50% kans te hebben op bezetting.

Het ultrakoude moleculaire gas dat nog om de gevulde pincetten hangt, zorgt vervolgens voor extra koeling, waardoor de gevangen moleculen steeds minder gaan bewegen in hun val. Het resultaat is een sterk geordend rooster van moleculen met lage entropie, dat mogelijk duizenden individueel gevangen moleculen kan bevatten en klaar is voor kwantum-informatieverwerking.

Vooruitblik

Dit werk laat een nieuwe aanpak zien om grote roosters van moleculen te maken met zowel gecontroleerde bezetting als lage bewegingsenergie. Zulke geordende moleculaire roosters kunnen een belangrijke basis vormen voor het opschalen van experimenten met moleculen als kwantumbits.

<https://www.ru.nl/onderzoek/onderzoeksnieuws/moleculen-als-eieren-in-een-eierdoos-geordende-roosters-voor-quantumtechnologie>