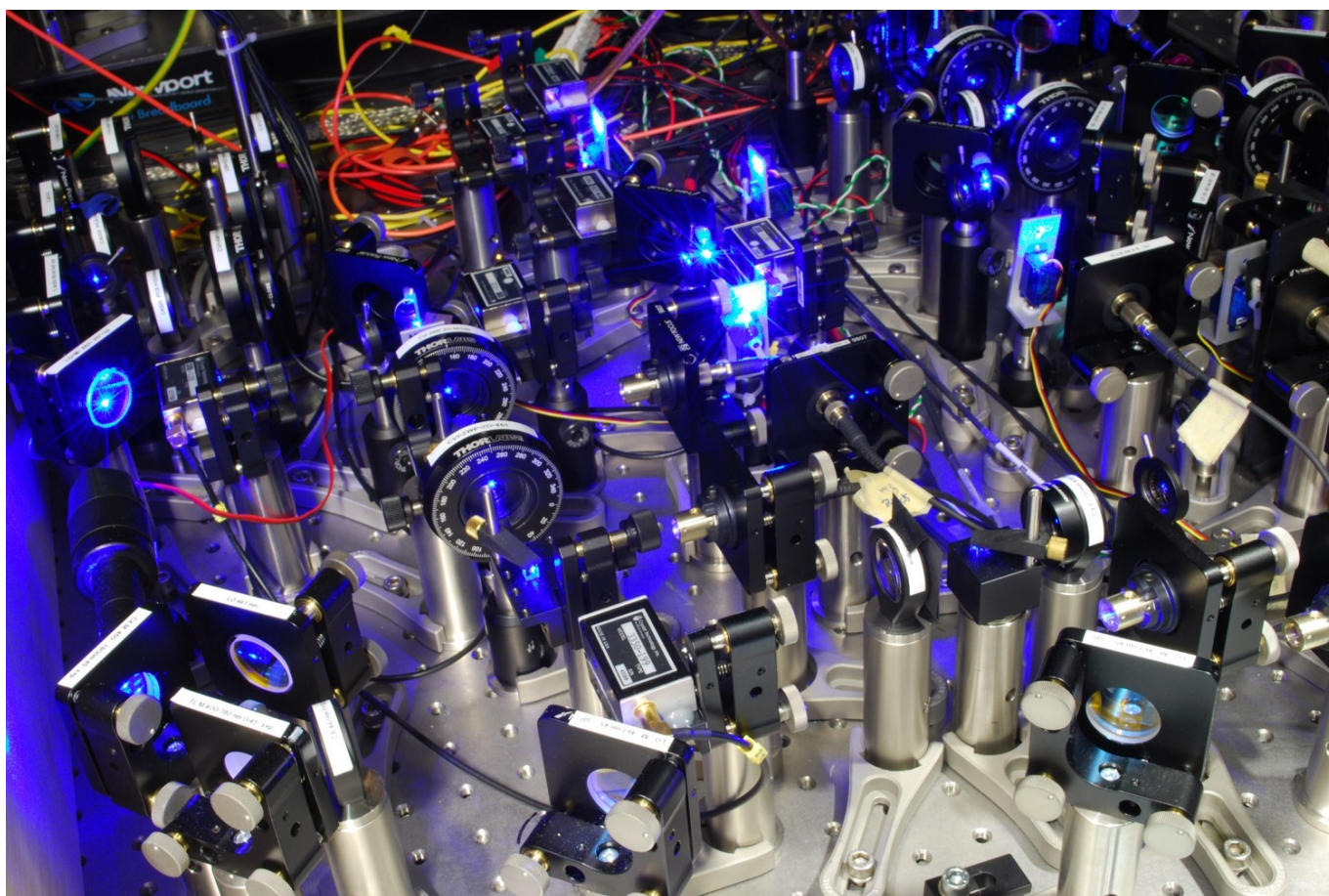


Laserkoeling voor quantumgassen

Wat betekent het wanneer we zeggen dat iets extreem koud is? Het antwoord van een natuurkundige zou zijn: dat betekent dat atomen en moleculen nauwelijks bewegen. Fysici ontwikkelen al tientallen jaren technieken om zulke ultrakoude materietoestanden te creëren, waarbij ze lasers gebruiken om gassen naar het domein te brengen waar de quantummechanica heerst. In een nieuw 'Insight'-nummer van Nature Physics beschrijven UvA-natuurkundigen de ontwikkelingen in deze vrijwel bewegingsloze maar zeer intrigerende wereld.



Afbeelding 1. Laserkoeling. Om een gas van atomen of moleculen af te koelen tot het quantumregime zijn complexe laseropstellingen nodig.

Het afremmen van een atoom of molecuul zodat het onderdeel wordt van een extreem koude substantie is niet eenvoudig. Je kunt niet simpelweg een enkel bewegend deeltje vastpakken en het dwingen om stil te staan. In de jaren 70 en 80 werden technieken ontwikkeld die het toch mogelijk maken om atomen in een vacuüm af te koelen: met behulp van nauwkeurig afgestelde bundels laserlicht kan de beweging van de deeltjes beetje bij beetje weggenomen worden. Door gebruik te maken van dit idee van *laserkoeling* kan men atomen en moleculen afremmen en zo gassen vormen met temperaturen vlakbij de allerlaagst mogelijke temperatuur, zo'n 273 graden onder nul op de Celsiuschaal.

Quantumgassen

Als gassen zó koud worden, worden ze ook erg 'schoon', wat wil zeggen dat warmte nauwelijks invloed heeft op de natuurkundige processen die zich afspelen. In plaats daarvan zijn het de wetten van de quantummechanica die heersen. In veel gassen komen de atomen collectief tot rust in hun laagst mogelijke energietoestand, een proces dat bekendstaat als Bose-Einsteincondensatie. Pas na de opkomst van de laserkoeling werd het mogelijk om materie te creëren en te bestuderen in zuivere realisaties van deze heel speciale quantumtoestand, waarin alle deeltjes zich precies hetzelfde gedragen.

In de loop der jaren is het door de voortschrijdende ontwikkeling van laserkoeling mogelijk geworden om steeds meer elementen in zulke toestanden van quantum-ontaarding te brengen, waarbij elk nieuw soort atomen zijn eigen experimentele mogelijkheden met zich meebrengt. Zo worden ultrakoude atomen tegenwoordig gebruikt in de allerbeste klokken, die de tijd kunnen meten met een nauwkeurigheid van één seconde op de leeftijd van het heelal. Bose-Einsteincondensaten doen ook dienst als bronnen van coherente atomen, en zijn veelbelovend als het gaat om extreem nauwkeurige detectie met behulp van atoominterferometrie, vergelijkbaar met hoe de laserinterferometrie een doorbraak bracht in de optische detectie.

Speciaal nummer

Tegelijkertijd zijn er nog veel richtingen open voor verder onderzoek en verdere ontwikkeling. Op dit moment worden, om een toestand van Bose-Einsteincondensatie te bereiken, verschillende technieken één voor één toegepast. Bovendien verdampen - vrij letterlijk - de extreme omstandigheden meestal snel wanneer zo'n toestand van quantumontaarding

eenmaal is bereikt, waarbij het quantumgas weer vernietigd wordt. Met verbeterde methodes wordt het mogelijk om met alleen laserkoeling een Bose-Einsteincondensaat te bereiken, terwijl het ook mogelijk wordt om die speciale toestand te behouden zo lang men wil: *continue* Bose-Einsteincondensatie.

Aangezien het onderwerp van ultrakoude gassen zo'n 'hot topic' in de moderne quantumfysica en -technologie is, besloot het tijdschrift Nature Physics een speciaal 'Insight'-nummer aan het thema te wijden, getiteld 'Ultracold quantum gas technologies'. UvA-natuurkundigen Florian Schreck en Klaasjan van Druten schreven een overzichtsartikel waarin ze verslag doen van de huidige staat van de laserkoeling voor quantumgassen, en van de uitdagingen en verwachte vooruitgang die de toekomst biedt.

Publicatie

Florian Schreck en Klaasjan van Druten, '[Laser cooling for quantum gases](#)', Nature Physics.
Doi: 10.1038/s41567-021-01379-w.

Meer weten over laserkoeling en ultrakoude gassen? Lees de [recente serie artikelen](#) die Lieuwe Bakker over dit onderwerp schreef.