Downloaded from UvA-DARE, the institutional repository of the University of Amsterdam (UvA)
http://dare.uva.nl/document/104494

File ID	104494
Filename	Samenvatting

SOURCE (OR PART OF THE FOLLOWING SOURCE):

Type	Dissertation
Title	One-dimensional Bose gas on an atom chip
Author	A.H. van Amerongen
Faculty	Faculty of Science
Year	2008
Pages	viii, 116
ISBN	9789090228419

FULL BIBLIOGRAPHIC DETAILS:
http://dare.uva.nl/record/270822

Copyright

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use.

UvA-DARE is a service provided by the library of the University of Amsterdam (http://dare.uva.nl)

Samenvatting

Dit proefschrift beschrijft het experimentele onderzoek naar een extreem koude gaswolk van atomen. De koude atomen zitten opgesloten in een magneetveld in een vacuümomgeving zodat ze niet in aanraking komen met een warme wand. Voor dit onderzoek ontwikkelden we een miniatuur atoomval; zeer kleine stroomdraden op een chip zorgen voor het benodigde magneetveldminimum vlak boven die chip zoals te zien is in Fig. 1.1 in de inleiding. Deze 'atoomchip' maakt het mogelijk een langwerpige atoomwolk zo strak samen te knijpen dat er een lijn van atomen ontstaat: een eendimensionaal gas op een chip.

Als we materie afkoelen tot dicht bij het absolute nulpunt in temperatuur, $-273°$C (of nul Kelvin), kunnen uitzonderlijke verschijnselen optreden. Zo ontdekte Heike Kamerlingh-Onnes al in 1911 in zijn lab in Leiden dat wanneer hij het metaal kwik tot 4 K afkoelde een elektrische stroom door het kwik geen weerstand meer ondervond. Hij noemde het fenomeen supergeleiding. Ook bleek aan het eind van de jaren dertig dat vloeibaar helium dat tot 2 K is afgekoeld stroomt zonder enige frictie; het wordt supervloeibaar. In de loop van de twintigste eeuw is duidelijk geworden dat deze "super" fenomenen verklaard kunnen worden met behulp van een theorie die in 1924 werd geformuleerd. In dat jaar ontdekte Albert Einstein dat een zeer koud gas van bosonen (deeltjes met heeltallige spin) een fase overgang kan doormaken naar een Bose-Einstein condensaat (BEC). Atomen in zo'n condensaat gedragen zich als golven. Deze golven worden beschreven door de quantummechanica. Omdat in het BEC alle atoomgolven samen vallen (coherent zijn) kun je zeggen dat er een superatoom ontstaat. Zo'n superatoom werd voor het eerst gezien in twee labs in de VS in 1995. Je kunt een BEC, ter grootte van een tiende millimeter, afbeelden met een geavanceerde camera. De wereld van de natuurkundigen stond op zijn kop. Meer dan tien jaar later zijn er meer dan 50 labs over de hele wereld waar Bose-Einstein condensaten gemaakt worden. In ons Amsterdamse lab op de vijfde verdieping recht boven het water van de Nieuwe Achtergracht maakten we in 2006, na drie en een half jaar bouwen aan de opstelling, ons eerste Bose-Einstein condensaat. We gebruikten hiervoor de vernieuwende atoomchip techniek.

In de experimenten die beschreven worden in dit proefschrift maken we een extreem koud gas van ongeveer tienduizend atomen. Het gaswolkje is opgesloten in een langgerekte magneetval op de genoemde atoomchip, de wolk is ongeveer 0.2 mm lang en heeft een diameter van slechts 0.0004 mm. Het gas bestaat uit atomen van het metaal rubidium dat vergelijkbaar is met natrium dat bijvoorbeeld zorgt voor het gele licht uit de lampen boven de snelweg. We koelen het rubidium gas af tot een temperatuur beneden 160 nK (honderdzestig miljardste Kelvin). Bij die temperatuur hebben de atomen te weinig energie om te kunnen bewegen in de richting van strakke opsluiting van de val en kunnen ze alleen nog maar vrij bewegen

langs de as, hierdoor ontstaat effectief een eendimensionaal (1D) gas.

Dit proefschrift beschrijft vervolgens onze studie naar de eigenschappen van het extreem koude, eendimensionale gas. Het gas gedraagt zich in 1D anders dan in drie dimensies, waar je een geheel coherent BEC hebt, omdat in 1D trillingen langs de as de coherentie van de wolk verstoren. Het Bose gas in 1D is extra bijzonder omdat, alleen in 1D, het quantum-mechanisch gedrag van alle atomen in het gas exact te berekenen is. Zo laten we voor het eerst zien dat experimentele waarnemingen goed overeen komen met exacte berekeningen vanuit theorie die al in 1969 was ontwikkeld door de Nobelprijswinnaar C.N. Yang en zijn broer C.P. Yang.

Het bestuderen van de (gereduceerde) coherentie in 1D is interessant omdat deze coherentie juist het essentiële ingrediënt is voor de "super" fenomenen zoals supervloeibaarheid en supergeleiding in systemen die met behulp van de theorie van Bose en Einstein beschreven worden. Als we het 1D gas beter begrijpen leidt dat misschien tot een beter inzicht in het complexe gedrag van veel (gedeeltelijk) coherente deeltjes in hogere dimensies.

We maken in onze experimenten gebruik van de directe analogie tussen lichtgolven zoals die beschreven worden in de klassieke optica en de materiegolven van de quantum-mechanica. Om de coherentie in onze langgerekte gaswolken te bepalen gebruiken we een truc uit de optica: we focusseren onze materiegolf en meten de breedte in het focus; hoe breder het focus hoe minder coherentie. Op deze manier kunnen we extra informatie over het 1D gas krijgen die niet uit de Yang-Yang theorie komt.

Een groot deel van het werk dat ten grondslag ligt aan dit proefschrift bestond uit het bouwen van een *state of the art* experimentele opstelling. Het meest innovatieve onderdeel daarvan is onze specifieke manier om de atoomchip te maken en te combineren met dunne draadjes (0.3 mm doorsnede) onder de chip. We beschrijven hier hoe we deze micro-atoomval ontwierpen en bouwden.