

## Атомните спинове измерват ултраниски температури<sup>1</sup>

**Е. Картлидж**

Физици в САЩ са разработили нов вид термометър, способен да измерва свръхниски температури от едва една милиардна част от келвина над абсолютната нула. След доразвиване на метода ще може да се измерват температури от трилионни части от келвина. Възможността да се измерват толкова ниски температури би позволила на учените да използват свръхстудени газове за симулиране на кондензирани системи, например високотемпературните свръхпроводници, които са трудни за изучаване по други начини.

Само в няколко лаборатории по света свръхстудените газове могат да бъдат охладени до едва няколко нанокелвина ( $10^{-9}$  К), като сегашният рекорд е под един нанокелвин. Физиците обаче биха желали да охладят атоми още повече – до около един пикокелвин ( $10^{-12}$  К). Такива атоми биха могли да се използват, за да имитират поведението на електроните във високотемпературни свръхпроводници, например, като атомите се държат в една решетка от потенциални ями, създадени от интерференцията на система от лазерни лъчи. След това взаимодействията между атомите, както дълбочината и разположението на ямите може да се променят чрез регулиране на лазерите или промяна на приложеното магнитно поле.

В такава лазерна решетка обаче енергията на взаимодействие между атомите би била еквивалентна на тяхната топлинна енергия, която е много под стайната температура. За да се наблюдават ефектите от взаимодействията, атомите трябва да бъдат охладени до много ниски температури, но преди да се случи това, физиците трябва да създадат ефективен метод за тяхното измерване.

### Хванат в “трапчинката”

Обикновен начин за измерване на температурата на един ултрастуден газ е да се определи размера на един хванат в уловка облак от атоми. При ниски температури образът на уловката ще покаже всички атоми събрани в централната ѝ област. При по-високи температури обаче атомите се разпиляват, в резултат на което се получава един видимо по-голям облак от атоми.

Д. Причард от Масачузетския технологичен институт (MIT) в САЩ сравнява атомите със съвкупност от кръгли съчми в плитка купа с малки трапчинки, които представляват решетката. “Ако въобще нямат топлинна енергия, съчмите ще се събират в трапчинките по дъното на купата.” – казва той – “Но щом получат енергия и започнат да трептят, някои ще могат да се изкачат в трапчинките, които са по-високо по стените на купата.”

Докато този подход работи добре при относително високи температури, когато атомите са съвсем независими един от друг, при по-ниски температури той става неприложим, тъй като взаимодействията между атомите пречат на по-нататъшното свиване на облака.

---

<sup>1</sup> Превод със съкращения от physicsworld.com, 17.12.2009.

## Разделяне на спиновете

Причард и колегите му в MIT изобретиха един алтернативен метод, който работи по-добре при ниски температури. Колективът започва с лазерна решетка, в която са разположени атоми на рубидий-87 в две различни спинови състояния – в едното спинове са ориентирани нагоре, а в другото – надолу. След това атомите се разполагат в нехомогенно магнитно поле, което ги разделя, като изпраща атомите с различна ориентация на спиновете в противоположните краища на уловката.

При извънредно ниски температури атомите с различна ориентация на спиновете ще бъдат разделени с рязка разделителна линия – графиката на средната стойност на спина на атомите с преместване по посока на градиента на магнитното поле показва стръмен преход. С повишаване на температурата обаче топлинната енергия на атомите нараства, с което нараства и смесването на атоми с противоположно ориентирани спинове. В резултат от това смесване промяната на спина при преместване по посока на градиента на полето става по-плавно.

Според Причард в техния експеримент обикновената техника позволява измерване на температури до около 100 nK, докато новият подход позволява да се слезе до около 1 nK. Той твърди, че това е важно, защото енергията на взаимодействие на два рубидиеви атома в решетката е еквивалентна на температура от около 40 nK. При температура от 100 nK повече атоми вече имат достатъчно топлинна енергия, за да тунелират из решетката и да се окажат в място, където вече има друг атом, докато при 1 nK това е невъзможно. Следователно възможността да се охлади образеца до 1 nK осигурява, че във всеки възел на решетката има само по един атом, което е и целта.

Причард твърди още, че новият термометър може да измерва температури до около 50 pK, освен ако не е ограничен от друг вид тунелен ефект. Достигането на подобни температури изисква редуциране на разсеяните магнитни полета, на вибрациите и на неравномерностите в лазерната решетка. “За да слезем до толкова ниски температури, ние трябва много внимателно да усъвършенстваме инженерно нашата апаратура, за да намалим всички подобни влияния. Ние все още не знаем как можем да достигнем толкова ниски температури. Но веднъж слезли до тях, вече знаем как да ги измерим.”