

<http://physicsweb.org/article/news/11/6/10>

2007/06/19

تک بلورها هم اَبَرجامد می شوند

با یک آزمایش جدید، یک توضیح احتمالی برای یک فاز کوانتومی ماده به اسم اَبَرجامد کنار رفته است. یک گروه فیزیک پیشه در ایالات متحده شاهدی برای اَبَرجامدی در تک بلورها ی هلیوم 4 یافته اند. به این ترتیب معلوم می شود برخلاف آن چه قبلاً تصور می شد، برای وجود اَبَرجامد وجود مرز دانه ی اَبَرشاره لازم نیست [1].

وجود اَبَرجامدی را اولین بار نظریه پردازها ی روس آیکساندر آندریف [2] و ایلیا لیفشیتز [3] در 1969 پیش بینی کردند. آن ها می گفتند جاخالی ها ی شبکه (که معمولاً فقط در دماها ی نه بسیار کم هستند) در عنصرها ی سست مقید ی مثل هلیوم به خاطر انرژی نقطه ی صفر کوانتومی ممکن است در دماها ی نزدیک به صفر مطلق هم باقی بمانند. با سرد کردن هلیوم جامد، این جاخالی ها ممکن است به حالت پایه ی کوانتومی ی یک سان ی بروند که به آن چگاله ی بُس-آین شتین (بی ای سی) [4] می گویند. در این حالت اَبَرجامد، جاخالی ها مثل یک توده ی هم دوس رفتار می کنند و بدون مقاومت مثل یک اَبَرشاره در بقیه ی جامد حرکت می کنند.

در 2004 مُرز چان [5] از دانش گاه ایالتی ی پنسیلوانیا [6] در ایالات متحده برای اولین بار شاهدی بر وجود اَبَرجامد یافت، به این شکل که او و دانش جو ی دکتری یش ائون-سُننگ کیم [7] در دماها ی کم تر از 230 mK تغییر کوچک ی در لختی ی دَوَرانی ی یک نمونه ی هلیوم 4 درون یک نوسان گر پیچشی یافتند. آن ها نتیجه گرفتند این به معنی ی آن است که 1% نمونه به حالت اَبَرجامد رفته و در چارچوب آزمایش گاه ساکن مانده است. اما بر اساس یک نظریه ی اخیرتر، سیگنال اَبَرجامد ناشی از فقط جاخالی ها ی نقطه ی صفر نیست و نمی شود آن را با مدل اولیه ی آندریف و لیفشیتز توضیح داد.

امسال نیکلای پُرکُف [8] و بُریس سُوِستوئُف [9] از دانش‌گاه ماساچوست [10]، و چند نفر دیگر گفته بودند شاید نتایج کیم و چان (و دیگر سیگنال‌ها ی اَبَر جامدی یی که از آن پس گروه‌ها ی دیگر دیده بودند) ناشی از مرز دانه‌ها ی اَبَر شار ه باشد. این‌ها نقیصه‌ها یی به پهنا ی فقط سه اتم اند که ناحیه‌ها ی با جهت‌گیری ی بلوری ی متفاوت را از هم جدا می‌کنند. اما چان (این بار با دانش‌جوها ی دکتری یَش آنتُنِی کُلا ر ک [11] و جاشوا وست [12]) آزمایش را با تک‌بلورها ی هلیم 4 تکرار کرده (که مرز دانه ندارند) و این احتمال را کنار زده است.

چان برای این که مطمئن شود با تک‌بلور سروکار دارد هلیم 4 جامد را در یک نقطه ی سرد درون نوسان‌گر پیچشی رشد داد. او می‌گوید: ”مطمئن ایم نمونه‌ها یمان تک‌بلور اند، یا در بدترین حالت از فقط چند بلور بزرگ دریاخته ی نمونه ساخته شده اند.“ او دو نوسان‌گر به کار برد: یک ی برای نمونه‌ها ی هلیم 4 تجار تی خالص (شامل 300 بر میلیارد هلیم 3) و دیگری هلیم 4 ایزوتپی خالص (شامل 1 یک بر میلیارد هلیم 3). گروه چان دریافت تک‌بلورها ی هلیم هم سیگنال اَبَر جامد می‌دهند، هر چند ضعیف‌تر. ضمناً دریافتند نمونه‌ها ی هلیم 4 ایزوتپی (که خالص‌تر است) سیگنال قوی‌تری می‌دهد. برای این که معلوم شود این اثر خلوص است یا نه، به نمونه‌ها ی خالص‌تر هلیم 4 مقداری هلیم 3 افزودند، اما شدت سیگنال همان قدر ماند.

چان به فیزیکس وب [13] گفت او حدس می‌زند جابه‌جایی‌ها باعث اَبَر جامدی می‌شوند و علت این که سیگنال حاصل از نمونه ی خالص قوی‌تر بوده تفاوت دو نوسان‌گر پیچشی با هم بوده، که بر بلوری کردن هلیم تئثیر گذاشته. ”همه ی آن چه می‌شود گفت این است که در یک تک‌بلور جامد هم اَبَر جامدی دیده می‌شود، و این پدیده ناشی از مرز دانه نیست، اما هنوز این را نمی‌دانیم که چرا شدت سیگنال تغییر می‌کند.“

[1] [arXiv.org/abs/0706.0906](https://arxiv.org/abs/0706.0906)

[2] Alexander Andreev

[3] Ilya Lifshitz

[4] Bose-Einstein condensate (BEC)

[5] Moses Chan

[6] Pennsylvania State University

- [7] Eun-Seong Kim
- [8] Nikolay Prokofev
- [9] Boris Svistunov
- [10] University of Massachusetts
- [11] Anthony Clark
- [12] Joshua West
- [13] PhysicsWeb