

<http://physicsweb.org/article/news/11/5/11>

2007/05/10

## زوج شدن - فرمیون‌ها بدون - اَبَرشاره‌گی

طی - سال‌ها یِ اخیر فیزیک‌پیشه‌ها دریافته‌اند فرمیون‌ها می‌توانند اَبَرشاره‌گی بروز دهند، چون می‌توانند در ماه‌ها یِ بسیار کم زوج شوند. یک گروه از ایالات - متحد نشان داده اگر مخلوط ی از فرمیون‌ها تهیه شود که بیش‌تر - شان در حالت اسپینی ی یک‌سان ی اند، این فرمیون‌ها هم ممکن است زوج شوند بی آن که اَبَرشاره‌گی دیده شود. شاید این کشف بینش - عمیق‌تری در اَبَررسانی ی گرم بدهد. در اَبَررسانی ی گرم هم زوج شدن دخیل است، اما این پدیده بسیار پیچیده است و بررسی ی مستقیم - آن دشوار است [1].

ذره‌ها دو دسته‌اند: بزونها، که اسپین - صحیح دارند؛ و فرمیون‌ها، که اسپین - شان نیمه صحیح است. بزونها، وقت ی تا نزدیک - صفر - مطلق سرد شوند همه به حالت - پایه ی یک‌سان ی می‌روند و یک گذار - جمعی به حالت - خاص ی از ماده رخ می‌دهد که به آن چگاله ی بُس - اَین شُتین (بی‌ای‌سی) [2] می‌گویند. بزونها در بی‌ای‌سی مثل - یک کپه ی هم‌دوس رفتار می‌کنند و پدیده‌ها ی کوانتمی ی ماکروسکپی ی غریب ی مثل - اَبَرشاره‌گی بروز می‌دهند.

کوانتم مکانیک اجازه نمی‌دهد دو فرمیون حالت - یک‌سان ی را اشغال کنند، اما در موارد ی فرمیون‌ها هم می‌توانند در یک بی‌ای‌سی چگالیده شوند، به این ترتیب که از طریق - نیروها ی ربایشی یی زوج شوند و مثل - بزونها ی اسپین - صحیح رفتار کنند. قوی‌ترین حالت - زوج‌شده‌گی وقت ی است که حالت - اسپینی ی دو فرمیون - زوج با هم متفاوت باشد. مثلاً الکترون‌ها زوج - کوپِر [3] می‌سازند وقت ی یک ی از آن‌ها در حالت - اسپین‌بالا است و دیگری در حالت - اسپین‌پایین. چون الکترون‌ها باردار اند، اَبَرشاره‌گی ی آن‌ها به اَبَررسانی هم می‌انجامد. این ویژه‌گی ی مهم ی است که با

نظریه ی باردین- کوپر- شریف [4] توصیف می شود.

اما در سیستم ی که حالت های اسپینی ی فرمیون ها متعادل نباشد، حالت - آبرشاره گی تضعیف می شود. این را پارسال گروه ی از مؤسسه ی فناوری ی ماساچوست (ام آی تی) [5] در ایالات - متحد به سرپرستی ی ولف گانگ کیتله [6] کشف کردند. آن ها با استفاده از میدان ها ی بس آمدیادیوی جمعیت ی از حالت ها ی اسپینی را وارد - یک گاز - فراسرد - اتم ها ی فرمیونی ی خنثا کردند. بررسی ی این سیستم بسیار ساده تر از بررسی ی آبرسانی در گازها ی الکترونی است. آن ها دریافتند در دماها ی بسیار کم گاز به دو ناحیه تقسیم می شود: فرمیون ها ی با حالت های اسپینی ی اقلیت، در مرکز - گاز با همان تعداد فرمیون در حالت اسپینی ی اکثریت زوج می شوند و مثل - یک آبرشاره رفتار می کنند. فرمیون ها ی باقی مانده ی با حالت اسپینی ی اکثریت هم در اطراف جمع می شوند.

حالا همین گروه این را بررسی کرده که اگر حالت ها ی اسپینی شدیداً نامتعادل باشد چه می شود. برا ی این کار مخلوط ی از اتم ها ی لیتیم - 6 (یک فرمیون) تهیه کردند که 95% شان حالت اسپینی ی یک سان ی داشتند. با استفاده از طیف سنجی ی موج رادیوی طیف - برانگیخته گی ی این سیستم را سنجیدند. با استفاده از این طیف دنبال - اتم ها ی زوج شده گشتند. این ها از روی یک قله ی مشخصه ی بس آمدیاد آشکار می شوند.

در مخلوط ها ی چنین نامتعادل، حد - چاندرا سیکسار - کُلگسٹُن [7] مانع - تشکیل - آبرشاره گی (حتا در دماها ی کم) می شود و کیتله و هم کاران - اش نیز همین را مشاهده کردند. اما آن ها دریافتند حالت های اسپینی ی اقلیت (5%) به هم مقید می شوند و زوج می سازند. کیتله به فیزیکس وب [8] گفت: ”همیشه تصور می شد وقت ی فرمیون ها زوج شوند، این زوج ها در دماها ی کم سرانجام چگالیده می شوند. حالا وضعیت ی دیده شده که زوج تشکیل می شود اما زوج ها چگالیده نمی شوند.“

کیتله می افزاید فیزیک پیشه ها با بررسی ی زوج شدن - فرمیون ها یی که در دماها ی کم به حالت - آبرشاره چگالیده نمی شوند، ممکن بتوانند نظریه ها ی مربوط به سیستم ها یی را بیازمایند که دانش - مان از آن ها کم است، مثل - آبرسانها ی گرم، که در آن ها زوج شدن در دما یی بیش از چگالش رخ می دهد. ضمناً می گوید این کشف این سؤال - بزرگ را هم پیش می آورد که چه طور ممکن است فرمیون ها زوج شوند ولی آبرشاره نسازند: ”باید معلوم شود زوج شده گی چیست. من نمی دانم اتم ها دوبه دو با هم زوج شده اند یا هر اتم به چندین اتم در حالت اسپینی ی دیگر مقید شده.“

- [1] Science **316** 867
- [2] Bose-Einstein condensate (BEC)
- [3] Cooper
- [4] Bardeen Cooper Schrieffer
- [5] Massachusetts Institute of Technology (MIT)
- [6] Wolfgang Ketterle
- [7] Chandrasekhar-Clogston
- [8] PhysicsWeb