

چند خبر

• ابرجامد

موزس چان^(۱) و ائون - سونگ کیم^(۲) از دانش‌گاه ایالتی ی. پنسیلوانیا^(۳) در ${}^4\text{He}$ رفتار کوانتمی ی. جالب ی دیده اند که می‌توان آن را ابرجامد، یا بلور کوانتمی نامید.

وقت ی دما ی ${}^4\text{He}$ به کم‌تر از 2.175 K می‌رسد، یک چگاله ی بوس^(۴) - اینشتین^(۵) می‌سازد و ابرشاره می‌شود. مایع ی با گران روی ی صفر که می‌تواند بی‌اصطکاک، حتّا از میان حفره‌ها بی به ابعاد اتمی، جریان یابد. به چنین جریان ی ابرجریان می‌گویند. بیش از سه دهه است که بعض ی از نظریه‌پردازها استدلال کرده اند که ابرجریان می‌تواند در فاز جامد ${}^4\text{He}$ هم دیده شود. در آزمایش. اخیر. چان و کیم، چیزی دیده شده که اولاً جامد است، به این معنی که آرایش. تناوبی ی. یک بلور را دارد؛ ثانیاً بی‌اصطکاک از میان، یک 'جامد' دیگر ابرجریان می‌یابد.

چان و کیم، در آزمایش ی که گزارش. آن در نیچر^(۶) چاپ شده، مقدار ی ${}^4\text{He}$ را، با فشار. زیاد (~ 7.5 MPa) در درون. قرص ی جا داده اند، و بعد آن را تا دما ی 2 K سرد کرده اند. در چنین فشار و دما بی، ${}^4\text{He}$ جامد است. تو ی. قرص، پیش از آن که هلیم ی وارد. آن کنند، شیشه ی متخلخل است (شیشه ی تجارّتی ی. ویگر^(۷)). متخلخل. بخش پیوسته ی فضا ی. خالی تقریباً 30% حجم. کل. شیشه است. با میکروسکپ. الکترونی ی. گسیلشی، معلوم شده که این فضا از کانال‌ها ی. استوانه‌ای ای ساخته شده که قطر. هر کدام حدود 7 nm و طول. شان حدود 30 nm است.

مرکز. یک ی از قاعده‌ها ی. قرص به میله ای متصل است. ${}^4\text{He}$ را از سوراخ ی که در محور میله هست به درون قرص می‌فرستند. میله از سر. دیگر اش آویزان است. کل. این مجموعه مثل. یک آونگ. پیچشی نوسان می‌کند. دوره ی. تناوب. این نوسان‌ها $2\pi\sqrt{I/G}$ است، که در این جا I لختی ی. دورانی ی. قرص، و G ثابت‌فنر. پیچشی ی. میله است. ظهور. ابرشاره‌گی I را کم می‌کند. چان و کیم، با سرد کردن. قرص و سنجش. بسامد. تشدید. آن، متوجّه شده اند که در دما بی کم‌تر از 175 mK، تغییر. فاز ی در ${}^4\text{He}$ هست: در این وضعیت ${}^4\text{He}$ هم جامد است، به این معنی که ساختار. بلوری دارد، و هم ابرشاره است، به این معنی که بی‌اصطکاک از میان. مادّه ی. متخلخل. تو ی. قرص ابرجریان می‌یابد!

هر چند ابرجریان یافتن. یک جامد از درون. جامد. دیگر، رفتار. عجیب ی است، مکانیک. کوانتمی می‌تواند آن را توجیه کند. نکته این جا است که اتم‌ها ی ${}^4\text{He}$ ، در دما ی. پایین، به علّت. اصل. نایقینی، کم ی انرژی ی. جنبشی دارند. این انرژی برا ی. آن که اتم‌ها ی ${}^4\text{He}$ به درون. حفره‌ها ی. بسیار ی که در مادّه ی. متخلخل هست تونل بزنند کافی است. در این دما اتم‌ها ی ${}^4\text{He}$ ،

که بوزون اند، یک شبکه ی بلوری می سازند و تابع موج همه ی آنها یک ی است، و توپل زدن اتمها از میان سد پتانسیل ی که ماده ی متخلخل ساخته چنان است که این ساختار بلوری و یکی بودن تابع موج را به هم نمی زند.

اگر این آزمایش تأیید شود، آن وقت در هر سه فاز گاز، مایع، و جامد چگاله ی بوس اینشتین دیده شده است. احمد شریعتی

¹⁾ Moses Chan, ²⁾ Eun-Seong Kim, ³⁾ Pennsylvania State University, ⁴⁾ Bose, ⁵⁾ Einstein, ⁶⁾ Kim, E.; Chan, M. H. W.: Probable observation of a superfluid helium phase; *Nature*, vol. 427, pp. 225-227 (15 Jan 2004). ⁷⁾ Vycor

• $g - 2$ ی میون مدل استاندارد ذرات را به مبارزه طلبید

مطابق آخرین نتایج به دست آمده از آزمایش گاه ملی بروکهایون¹⁾، BNL، که در ژانویه ی 2004 اعلام شد، ممان مغناطیسی نابهنجار میون²⁾، μ^- ، با آن چه که براساس مدل استاندارد ذرات بنیادی محاسبه می شود هم خوانی ندارد.

مدل استاندارد نظریه ای است که، به غیر از گرانش، سه برهم کنش شناخته شده در طبیعت را توصیف می کند: برهم کنش های الکترومغناطیسی، هسته ای ضعیف و هسته ای قوی. تا همین اواخر و پس از ۳۰ سال، هیچ آزمایشی انحراف معنی داری از پیش گویی های مدل استاندارد را نشان نداده بود. براساس همین مدل تمام ذرات بنیادی فرمیونی باردار، مانند الکترون، میون و کوارکها، در میدان مغناطیسی مانند دو قطبی های مغناطیسی کوچک رفتار می کنند. ممان مغناطیسی (در واحدهای SI) به صورت کلی $\frac{gq\hbar}{4m}$ است، که در آن q بار الکتریکی ذره، m جرم ذره و g یک ثابت بی بُعد است. تا قبل از نظریه ی دیرک³⁾ برای ذرات با اسپین $\frac{1}{2}$ این عدد از آزمایش به دست می آمد. نظریه ی دیرک مقدار g را برای ذرات بنیادی (با اسپین $\frac{1}{2}$)، یعنی ذراتی که برخلاف پروتون و نوترون ساختار داخلی ندارند، 2 پیش گویی می کند. این نتیجه با همه ی آزمایش های معمولی هم خوانی دارد. در نظریه ی میدان های کوانتومی مقدار g تصحیحات بسیار کوچکی پیدا می کند که فقط با آزمایش های بسیار دقیق قابل آزمون است. برای مثال مقدار g برای الکترون این است:

$$g_e = \begin{cases} 2.002\ 319\ 304\ 280\ (56) & \text{از نظریه} \\ 2.002\ 319\ 304\ 373\ 8 \pm (0.082 \times 10^{-10}) & \text{از آزمایش} \end{cases}$$

هم خوانی آزمایش با نظریه شگفت انگیز است. ضمناً g_e فقط کمی با عدد 2 تفاوت دارد و معمولاً به $g - 2$ مقدار نابهنجار می گویند. ($g - 2$ از تصحیحات حلقه ای در نظریه ی میدان می آید.) این تطابق فوق العاده خوب بین نظریه و آزمایش از بزرگترین موفقیت های نظریه ی میدان های کوانتومی و هم چنین مدل استاندارد قلمداد می شود. تصحیحات g برای ذرات با جرم های متفاوت فرق دارد، و بر همین اساس انتظار بر این است که مقدار g برای میون (g_μ) عدد دیگری باشد.

تا فوریه ی سال 2001 تطابق بین نظریه و آزمایش برای میون هم قابل قبول بود، تا این که تحلیل داده هایی که تا 1999 در BNL جمع آوری شده بود یک ناهم خوانی معنادار بین آزمایش و

نظریه را نشان داد. این داده‌ها مربوط به پادمیون (μ^+) با بار مثبت بود. در اکتبر 2001 نظریه‌پردازان یک اشتباه در محاسبات قبلی پیدا کردند، اشتباهی که تصحیح آن باعث شد معنادار بودن عدم تطابق زیر سوال برود. در ژوئیه 2002، باز هم از BNL نتایجی براساس داده‌های جمع شده در سال 2000 بیرون آمد. دقت اندازه‌گیری‌های این نتیجه‌ها دو برابر قبلی‌ها بود. اختلاف بین نظریه و آزمایش دوباره معنادار شد. این آزمایش‌ها هم بر روی پادمیون بودند. حالا در ژانویه 2004، براساس داده‌های جمع شده در 2001، نتایجی به دست آمده که همین عدم تطابق را برای خود میون‌های منفی هم نشان می‌دهد. هم‌خوانی این نتایج جدید و دوتای قبلی بسیار عالی است. این هم‌خوانی مهم است، زیرا بنا بر قضیه کلی PCT در نظریه‌ی میدان‌های کوانتومی، انتظار داریم اندازه‌ی ممان دو قطبی ذره با پادذره‌اش دقیقاً برابر باشد.

این نتایج هم از BNL است، و تیم پژوهشی مربوطه ترکیبی از ۱۱ موسسه از کشورهای آمریکا، روسیه، ژاپن، هلند و آلمان است.

هر کدام از ۳ برهم‌کنش الکترومغناطیسی، هسته‌ای، ضعیف و هسته‌ای قوی سهمی در مقدار $g - 2$ دارند. از این سه، سهم دوتای اول را می‌شود به طور مستقیم و براساس روش‌های اختلالی محاسبه کرد. ناجورترین قسمت محاسبات مربوط به سهم برهم‌کنش‌های هسته‌ای قوی است، که چون ثابت جفت شده‌گی کوچکی ندارد، روش‌های اختلالی کارساز نیست. از این رو برآورد سهم این نیرو مستلزم مدل‌سازی و ترکیب روش‌های متفاوت است. ادعای مهم این است که، اگرچه سهم محاسبه شده برای نیروی قوی، و در نتیجه ناهم‌خوانی بین نظریه و آزمایش، به انتخاب مدل وابسته است، ولی با این حال عدم تطابق آن قدر هست که با هیچ یک از مدل‌های رایج قابل توضیح نیست. به این ترتیب جا برای مطرح شدن سناریوهای فراتراز مدل استاندارد باز می‌شود. از مطرح‌ترین آن‌ها مدل‌های ابرمتقارن⁽⁴⁾ است، که در آن‌ها فرض می‌شود هر ذره فرمیونی یک ابرهم‌دست⁽⁵⁾ بوزونی دارد، و هر ذره بوزونی یک ابرهم‌دست⁽⁵⁾ فرمیونی دارد. امید بر این است که $g - 2$ میون اطلاعاتی در مورد نظریه‌های فراتراز مدل استاندارد به ما بدهد، و یا حداقل قیودی بر روی پارامترهای دخیل در آن‌ها بگذارد.

امیرحسین فتح‌اللهی

¹⁾ Brookhaven National Laboratory (BNL), ²⁾ Anomalous Magnetic Moment of Muon,

³⁾ Dirac, ⁴⁾ Supersymmetric, ⁵⁾ Superpartner,

منابع:

- Muons continue to defy Standard Model (8 Jan 2004), physicsweb.org
- New g-2 Measurement Deviates Further From Standard Model (9 Jan. 2004),
www.interactions.org

• سیاره گون - سیدنا

سیدنا¹⁾، یا به اصطلاح - فنی تر 2003 VB12، دورترین، و احتمالاً بزرگترین شیء ی است که پس از کشف - پلوتون در 1930، در منظومه ی شمسی دیده شده. گزارش - کشف - این سیاره گون شانزدهم - مارس - 2004 اعلام شد²⁾. سیدنا جسم ی است کوچک تر از پلوتون با این مشخصات: خروج از مرکز 0.84 ± 0.01 ، نیم قطر - بزرگ 480 ± 40 AU، فاصله ی - کنونی از خورشید 90.32 ± 0.02 AU، میل 11.927° ، و دوره ی - تقریباً 10 500 سال. سیدنا در سال - 2075 به حضیض اش که 76 AU است می رسد. چون این حضیض دورتر از ناحیه ای سیاره ای است، به سیدنا سیاره گون³⁾ می گویند. احمد - شریعتی

1) Sedna, 2) Brown, M. E., Trujillo, C., Rabinowitz, D.: "Discovery of a candidate inner Oort cloud planetoid", submitted to *Astrophysical Journal Letters*, 3) planetoid.

• تپ اخترها ی - شلیک شده

ستاره های ی که جرم - شان بیش از 10 برابر - جرم - خورشید باشد، عمر - خیل ی کوتاه ی دارند که با یک انفجار - ابرنواختری پایان می یابد. در انفجار - ابرنواختری، هسته ی - ستاره فرو می رُمد و مقدار - زیاد ی انرژی ی - گرانشی آزاد می کند که باعث - می شود ماده ی - اطراف به بیرون پرت شود. آن چه باقی می ماند یک ستاره ی - نوترونی و مقداری گاز در اطراف - آن است. ستاره های ی - نوترونی ای دیده شده که با سرعت های ی حدود - 10^5 m/s در کهکشان حرکت می کنند. این سرعت خیل ی بیش تر از سرعت - نوعی ی - ستاره های ی - کهکشان است. چه سازوکاری چنین سرعت ی به یک ستاره ی - نوترونی می دهد؟ تا کنون سازوکارها ی - مختلف ی پیش نهاد شده که چندان رضایت بخش نیستند. مثلاً یک پیش نهاد این بوده که این سرعت ناشی از ناهم سان گردی ی - فوران - نوترینوها ی - ابرنواختر است. مثلاً عدم تقارن ی به اندازه ی - 10^{-2} می تواند سرعت ی حدود - 3×10^5 m/s به ستاره ی - نوترونی بدهد. اما چنین عدم تقارن ی نیازمند - وضعیتهای ی - عجیب ی است، مثلاً میدان - مغناطیسی باید حدود - 10^{12} T باشد.

اخیراً پژوهش گران ی از مؤسسه ی - ماکس پلانک¹⁾ و دانش گاه - شیکاگو²⁾ یک توضیح - ساده و طبیعی برای ی - این سرعت ها یافته اند³⁾. ایشان در شبیه سازی های ی - کامپیوتری متوجه شده اند که رشد - سریع - ناپای داری های ی - سیال در هنگام - انفجار می تواند اختلال ها ی - کوچک - تصادفی در ستاره را بزرگ کند، چنان که شک موج - انفجار می تواند باعث - تغییر شکل ها ی - سراسری شود، و به این ترتیب ممکن است ضربه ی - بزرگ ی به ستاره ی - نوترونی وارد آید و سرعت - آن را به حدود - 10^6 m/s برساند. احمد - شریعتی

1) Max-Planck-Institute für Astrophysic; Garching, Germany;

2) Center for Astrophysical Thermonuclear Flashes, University of Chicago;

3) Scheck, L.; Plewa, T.; Janka, H.-Th.; Müller, E.: Pulsar Recoil by Large-Scale Anisotropies in Supernovae Explosions; *Physical Review Letters*, vol. 92, 011103 (2004)