

به‌میزان یک ضریب سه کاهش می‌دهد یعنی به‌جای محاسبه با ۳۶ ذره می‌توان با ۱۲ ذره کار کرد اما ۱۲ ذره هم برای رسیدن به توصیف تحلیلی هسته، باز زیاد است. گروه مایسنر کار نظری را با روش‌های عددی‌ای که معمولاً برای توصیف برهم‌کنش قوی بین کوارک‌های منفرد به کار می‌روند ترکیب کرده است. فضا و زمان در این رهیافت به فواصل گسسته تجزیه می‌شود و ذرات تنها می‌توانند در رأس‌های این شبکه‌ی فضا-زمان قرار بگیرند. به‌این ترتیب شکل تحول سیستم پس‌ذره‌ای ساده‌تر می‌شود.

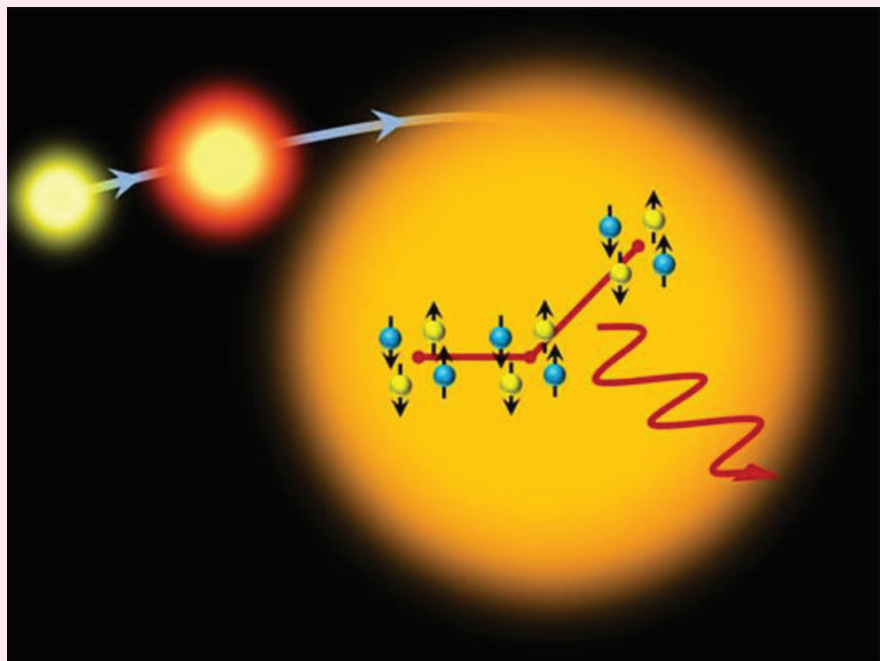
شبکه‌ی فضا-زمان و بازوی خمیده

در مقاله‌ای که مایسنر و همکاران در سال ۲۰۱۱ منتشر کردند چگونگی کاربرد این رهیافت اختلاطی را برای تشخیص حالت هوپل توصیف کردند. برای این کار آن‌ها نخست حالت پایه‌ی کربن ۱۲ را برمی‌گزینند و پیکربندی‌های پرشمار با پروتون‌ها و نوترون‌های مجازی درون یوگنه می‌سازند و بعد تحول این پیکربندی‌ها را دنبال می‌کنند. پیکربندی‌ای که بیش از همه دوام می‌آورد حالت پایه‌ی کربن ۱۲ است زیرا از همه حالت‌ها پایدارتر است. اما تشخیص حالت هوپل به ترفندهای بیشتر نیاز دارد زیرا باید شبیه‌سازی را در زمانی خاص متوقف کرد و حالت‌های مختلفی را که تا آن زمان دوام آورده‌اند شناسایی کرد. علی‌رغم مشکلات درجه‌گذاری (کالیبراسیون) شبیه‌سازی با داده‌های آزمایش‌های پراکندگی و داده‌های دیگر مقادارهایی که برای انرژی حالت پایه‌ی کربن ۱۲ و حالت هوپل محاسبه شد با آزمایش توافق نزدیک داشت.

اینک در این کار آخرشان، تیم پژوهشی با به‌کاربردن نمایشی پیچیده‌تر برای تابع موج هسته، ساختار این حالت‌ها را نیز محاسبه کرده است. مایسنر نوکلئون‌ها و گروه‌های نوکلئونی را به آجرهای لگو تشبیه می‌کند و می‌گوید: «پیش از این تنها با یک اندازه‌ی آجر سروکار داشتیم ولی حالا آجرهایی به‌اندازه‌های مختلف داریم که می‌توانیم با آن‌ها ساختارهای پیچیده‌تر بسازیم.» با این ساختارهای جدید پژوهشگران دریافتند که در حالت پایه‌ی کربن ۱۲ سه خوشه‌ی هلیوم ۴ به شکل مثلث متساوی‌الاضلاع در می‌آیند اما در حالت هوپل آراست آن‌ها به صورت «بازوی خمیده» با زاویه‌ی باز است. این حالت بازتر، از

ستاره‌شناس انگلیسی، فرد هوپل، در سال ۱۹۵۴ برای رفع این تناقض این اندیشه را پیش‌نهاد که کربن ۱۲، حالت برانگیخته‌ی تا آن زمان مشاهده‌نشده‌ای دارد که آسان ساخته می‌شود و به حالت پایه فرومی‌افتد و در این فرایند مقدار مشخص ۷/۶ مگاالکترون‌ولت انرژی آزاد می‌شود. سه سال بعد، پژوهشگران مؤسسه‌ی فناوری کالیفرنیا (کل‌تک) این حالت

محاسبه‌ی رفتار پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته‌ی کربن: فیزیک‌پیشه‌های آلمان و ایالات متحده، شکل حالت هوپل در کربن را محاسبه کرده‌اند. این حالت در زایش عناصر سنگین درون ستاره‌ها اهمیت دارد. این پژوهشگران دریافته‌اند که این حالت، ساختار غیرعادی خمیده‌ای دارد و این نکته باید به شناخت نیروهایی که در زایش کربن نقش دارند کمک کند.



هسته‌های هلیوم ۴ در کربن ۱۲ بازویی خمیده می‌سازند.

چنین گفت هوپل

برانگیخته را در آزمایش‌های مربوط به واپاشی بتای بور ۱۲ مشاهده کردند. شصت سال است که فیزیک‌پیشه‌های هسته‌ای تلاش می‌کنند سرشت «حالت هوپل» را بشناسند زیرا مدل‌های استاندارد هسته چنین حالتی را پیش‌بینی نمی‌کنند. در این مدل‌ها هسته به‌صورت مجموعه‌ی پروتون‌ها و نوترون‌های منفرد انگاشته می‌شود و به‌نظر می‌رسید که بهترین شکل برای توصیف حالت هوپل مجموعه‌ی سه خوشه‌ی هلیوم ۴ است.

اینک به‌کمک توان محاسباتی ابرکامپیوتر یوگنه^۱ در یولیش (در ایالت راین-وست‌فالیای شمالی آلمان) و شکل تازه‌ی «نظریه‌ی میدان مؤثر» استیون واینبرگ که در آن می‌توان پروتون و نوکلئون را به‌صورت موجودات منفرد و نه حالت مقید سه کوارک در نظر گرفت، اولف مایسنر^۲ از دانشگاه بن و همکارانش توانسته‌اند این خوشه‌ها را ببینند. نظریه‌ی واینبرگ، شمار ذرات را

شکل‌گرفتن هسته‌ی کربن ۱۲ که شش پروتون و شش نوترون دارد، در فرآیند هسته‌زایی یعنی زایش عناصر سنگین‌تر (از هیدروژن و هلیوم) درون ستاره‌ها، یکی از مراحل مهم است. فیزیک‌پیشه‌هایی که در سال‌های دهه‌ی ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ هم‌جوشی در ستاره‌ها را بررسی می‌کردند بر آن بودند که هسته‌ی کربن در اثر هم‌جوشی دو هسته‌ی هلیوم ۴ و تولید بریلیوم ۸ و سپس هم‌جوشی بریلیوم ۸ با هسته‌ی هلیوم ۴ دیگر ساخته می‌شود. این فرضیه مشکلی داشت: انرژی ذرات به‌هم‌جوش‌خورده از انرژی حالت پایه‌ی کربن ۱۲ بسیار بیشتر است و در نتیجه احتمال این که ذره‌ی جدید به این شکل ساخته شود بسیار کم است در حالی که کربن، در عالم فراوان است و با این احتمال کم نمی‌توان فراوانی کربن ۱۲ را به‌حساب آورد.

آیا جرم نوترینو بقای عدد لپتونی را نقض می کند؟

یاسمن فرزانه / پژوهشکده فیزیک، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی

تا واپاشی بتای معمولی صورت نگیرد. اما، ایزوتوپی نیز داشته باشد با همان عدد جرمی و با عدد اتمی دو واحد بیشتر، که از خود هسته سبک‌تر باشد. در این صورت واپاشی دوبتای، واپاشی غالب خواهد بود. در طبیعت تنها ۱۱ ایزوتوپ با این ویژگی‌های شناسیم. در چارچوب مدل استاندارد ذرات بنیادی، چنین ایزوتوپی می‌تواند به ایزوتوپ سبک‌تر و دو الکترون به همراه دو پادنوترینو واپاشی شود. چنین واپاشی‌هایی بسیار نادرند و با آهنگی بسیار کند (با نیمه عمری از مرتبه 10^{21} سال یا بیشتر) رخ می‌دهند. با این حال این نوع واپاشی مشاهده شده است و برای «واپاشی به دو-بتای بدون نوترینو» پس‌زمینه تلقی می‌شود. اگر فرض کنیم جمله‌ی جرم نوترینوها پایستگی عدد لپتونی را نقض می‌کند در صورت عدم مشاهده‌ی این واپاشی می‌توان برای ترکیبی از جرم نوترینوها حد بالا تعیین کرد. در تیرماه امسال آزمایش آرایه‌ی آشکارگرهای ژرمانیوم برای یافتن واپاشی دو-بتا بدون نوترینو (GERDA)^۱ واقع در ایتالیا نتایج مقدماتی خود را منتشر کرد و نشان داد که نیمه عمر این نوع واپاشی از 3×10^{25} سال بیشتر است.

برای اطلاعات بیشتر مراجعه کنید به
Agostini et al, arXiv:1307.4720

زیرنویس:

1. GERmanium Detector Array for the search of neutrinoless double beta decay

منبع تصویر: <http://www.mpi-hd.mpg.de/gerda>



آزمایش GERDA در سال ۲۰۰۴ به عنوان آزمایش جدیدی برای واپاشی دو-بتای ^{76}Ge راه‌اندازی شد.

انرژی بیشتر موجود در سیستم برمی‌آید. مورو تون هیورت-ینسن^۲ از دانشگاه اسلو نروژ می‌گوید یک جنبه‌ی هیجان‌انگیز این پژوهش تازه آن است که امکان می‌دهد بفهمیم کدام بخش نیروی قوی در واپاشی کربن ۱۲ نقش اصلی را دارد. چون در واقع نیرو چند جزء دارد از جمله جزءهایی که هسته را ناشکل می‌کنند: «هویل وجود این حالت را براساس اصل انسان‌مداری پیش‌بینی کرد یعنی برهان آورد که اگر این حالت وجود نمی‌داشت ما هم وجود نداشتیم. اما حالا می‌خواهیم این حالت را بر اساس اجزای اصلی آن و نیروهای آن‌ها بشناسیم.»

آزمون‌های تجربی

دیوید جنکینز از دانشگاه یورک انگلستان اشاره می‌کند که این کار چند پیش‌بینی آشکار دارد که می‌توان با تجربه آزمود؛ از جمله وجود گذارهای الکترومغناطیسی که با حالت هویل سروکار دارند. اما این گذارها بسیار ضعیف هستند و در نتیجه اندازه‌گرفتن آنها مشکل است: «انجام این آزمایش‌ها تقریباً به همان اندازه‌ی این کار نظری مشکل است اما انجام آنها به درگیری با این مشکلات می‌آرد زیرا موضوع بسیار مهم است.» مایسنر می‌گوید که هنوز کار نظری بیشتر باید انجام شود: یکی کاستن فاصله‌ها در شبکه‌ی مجازی فضا-زمان است زیرا باید محاسبات را دقیق‌تر کرد؛ دیگر بررسی هسته‌های بزرگ‌تر مانند اکسیژن ۱۶ و همچنین بررسی واکنش‌هایی است که این هسته‌ها را می‌سازند (در مورد اکسیژن ۱۶ این واکنش ترکیب کربن ۱۲ با یک هسته‌ی هلیوم ۴ است). این واکنش در دنباله‌ی واکنش‌هایی که مولکول‌های حیات را می‌سازند بسیار مهم است. کار آخر این گروه در فیزیکال ریویو لترز منتشر شده است. درباره‌ی نویسنده: ادوین کارتلج در رم زندگی می‌کند و در باره‌ی علم می‌نویسد.

Carbon's Hoyle state calculated at long last
Edwin Cartledge

مترجم: نادر حیدری

زیرنویس:

1. JUGENE
2. Ulf Meissner
3. Morton Hjorth-Jensen