

<http://physicsweb.org/article/news/6/2/13>

2002/02/14

آزمونِ دوقطبیِ الکترون با مولکول‌ها

فیزیک‌پیشه‌ها یک گام به تعیین این نزدیک‌تر شدند که الکترون یک بار نقطه‌ای است یا توزیع بار درونی (دوقطبی‌الکتریکی) دارد. برای اولین بار، اد هیندز [1] و هم‌کارانش از دانش‌گاه سائیکس [2]، دوقطبی‌الکتریکی الکترون را با استفاده از مولکول‌ها (به جای اتم‌ها) سنجیدند. با استفاده از روش این گروه، می‌شود فیزیک فرای مدل استاندارد را کاوید [3].

دوقطبی‌الکتریکی الکترون معیاری از فاصله‌ی متوسط بار الکترون از مرکز جرم آن است. این دوقطبی با جهت اسپین الکترون موازی است، چون به خاطر اسپین الکترون، متوسط مؤلفه‌های دیگر صفر می‌شود. پی‌آمد این آن است که حاصل ضرب اسپین الکترون در دوقطبی‌الکتریکی آن یک ویژه‌گی ذاتی الکترون است. چون با وارونه‌شدن زمان، جهت اسپین الکترون وارونه می‌شود، اگر قرار باشد الکترون تقارن وارونی‌زمان را نقض نکند، دوقطبی‌الکتریکی آن باید صفر باشد. در مدل استاندارد، فرض بر این است که الکترون تقارن وارونی‌زمان را نمی‌شکند. بنابراین، اگر دوقطبی الکترون غیرصفر باشد، مدل استاندارد به تجدیدنظر نیاز دارد.

در سنجش دوقطبی‌الکتریکی از این استفاده می‌شود که دوقطبی‌الکتریکی می‌خواهد با میدان الکتریکی خارجی هم‌جهت شود، و این باعث می‌شود اسپین الکترون پیش‌روی کند، مثل فرره. فیزیک‌پیشه‌ها انرژی منتقل‌شده به الکترون در حالت میدان موازی با دوقطبی و پادموازی با آن را مقایسه می‌کنند. مشکل مهم این روش آن است که میدان الکتریکی به اتم‌ها شتاب می‌دهد، و باعث می‌شود الکترون‌ها میدان مغناطیسی تولید کنند. این میدان با دوقطبی مغناطیسی ناشی از اسپین الکترون جفت می‌شود، و آن هم باعث پیش‌روی اسپین می‌شود.

مزیت سنجش دوقطبی الکترون در مولکول‌ها، به سنجش این کمیت با استفاده از اتم‌های سنگین (که فعلاً به کار می‌رود)، این است که در مولکول‌ها می‌شود میدان‌های الکتریکی بسیار شدیدتری تولید کرد، و در نتیجه آثار مغناطیسی ناخواسته را پوشاند. پژوهش‌گران سائیکس ایتربیم فلوئید را به کار بردند. این ماده پیوندهای یونی محکمی دارد، که تحت میدان الکتریکی نه‌چندان قوی بی مولکول را قطبیده می‌کند. در این صورت، میدان الکتریکی بی که یون ایتربیم حس می‌کند برابر است با جمع میدان الکتریکی خارجی و میدان بسیار شدید یون فلوئید، که فقط چند دهم نانومتر با آن فاصله دارد.

آثار ناخواسته‌ی میدان مغناطیسی را یک عامل دیگر هم کم می‌کند، و آن این است که مولکول‌های قطبیده استوانه‌ای شکل اند، در حالی که اتم‌ها تقریباً کروی اند. این باعث می‌شود مولکول‌ها به میدان‌های مغناطیسی عمود بر میدان الکتریکی غیرحساس شوند.

هیندز و هم‌کارانش تداخل سنجی ساخته اند که دوقطبی الکتریکی در یک باریکه‌ی مولکول‌های ایتربیم فلوئید را می‌سنجد. آن‌ها با استفاده از یک لیزر، تابع موج مولکول‌ها را به دو حالت با اسپین‌های مخالف می‌شکنند. وجود دوقطبی الکتریکی باعث می‌شود این حالت‌ها انرژی‌های مختلف‌ی به دست آورند، و این فاز نسبی‌شان را تغییر می‌دهد. در این صورت، وقت‌ی این دو موج را بازترکیب می‌کنند، تداخل مخرب‌ی ایجاد می‌شود که باعث کاهش سنجش‌پذیری در دامنه‌ی تابع موج باریکه می‌شود.

پژوهش‌گران یک حدبالاتا برای این دوقطبی به دست آورده اند، که حدود 3×10^{-26} ecm است. دقت این عدد این از حدبالاتا بی که پارسال به دست آمد (10^{-27} ecm) کم‌تر است. آزمایش پارسال را گریس ریگن [4] و یوجین کامینز [5] از دانش‌گاه کالیفرنیا در پرکلی [6] انجام داده بودند. ecm واحد بار در فاصله است [بار الکترون ضرب در سانتی‌متر].

اما هیندز تخمین می‌زند دقت سنجش‌های مولکولی، طی چندسال آینده بیش‌تر خواهد شد، و فیزیک‌پیشه‌ها خواهند توانست بین نظریه‌های پیش‌رفته‌ی رقیب در فیزیک ذرات انتخاب کنند. این نظریه‌ها مقدارهای مختلف‌ی برای دوقطبی الکتریکی الکترون پیش‌بینی می‌کنند.

[1] Ed Hinds

[2] Sussex University

- [3] xxx.lanl.gov/abs/hep-ex/0202014
- [4] Chris Regan
- [5] Eugene Commins
- [6] University of California at Berkeley