

رمزگشایی از اسرارآمیزترین ذرات بنیادی

اکنون نزدیک به دو سال از زمانی که تیم مرکز کنترل سرن ابزارهای دستگاه برخورددهنده بزرگ هادرونی را خاموش کردند، می‌گذرد. نخستین دوره سه ساله فعالیت شتاب‌دهنده سرن (CERN) ساعت 7:24 قبل از ظهر روز بیست و ششم بهمن 1391 پایان یافته بود.



اکنون نزدیک به دو سال از زمانی که تیم مرکز کنترل سرن ابزارهای دستگاه برخورددهنده بزرگ هادرونی را خاموش کردند، می‌گذرد. نخستین دوره سه ساله فعالیت شتاب‌دهنده سرن (CERN) ساعت 7:24 قبل از ظهر روز بیست و ششم بهمن 1391 پایان یافته بود.

تا به امروز مهندسان سرن مشغول تعمیر و تقویت ابزارها بودند تا برخورددهنده بتواند دوره بعدی فعالیتش را با توان و انرژی بیشتری آغاز کند. آنان 18 آهن ربای فوق هادی از مجموع 1232 آهن ربا را جایگزین کردند، سامانه خلأ را که باریکه ذرات را از هجوم مولکول‌های سرگردان محافظت می‌کرد ارتقا دادند و سامانه‌های سرمایشی آهن رباهای عظیم آن را بازسازی کردند.

اگر همه چیز بدرستی پیش رود، در بهار سال آینده دستگاه برخورد دهنده روشن خواهد شد. این بار انرژی برخوردی ذرات به 13 تیراالکترون ولت خواهد رسید؛ 5 ترا الکترون ولت بالاتر از بیشینه انرژی برخوردها در دوره پیشین فعالیت. فاصله زمانی تولید بسته‌های پروتون‌های پر انرژی که قرار است در شتاب دهنده تا سرعت‌های نزدیک به سرعت نور برسند و به هم برخورد کنند از 50 نانوثانیه به 25 نانوثانیه کاهش خواهد یافت. به این ترتیب تعداد ذرات و فراوانی برخوردها افزایش می‌یابد و داده‌های بیشتری برای بررسی دانشمندان تولید می‌شود؛ اطلاعاتی چنان زیاد که محققان بیش از 60 هزار هسته جدید برای جمع‌آوری و بیش از 100 پتابایت حافظه جانبی برای ذخیره آنها تهیه و نصب کرده‌اند.

همه این تلاش‌ها با این هدف انجام می‌شود که دانشمندان بتوانند در عین حال که به دنبال ذرات جدیدی می‌گردند، یافته‌های قبلی خود را با دقت و اطمینان بیشتر به اثبات برسانند. یکی از مهم‌ترین کشف‌های محققان در دوره قبلی فعالیت شتاب دهنده، با یکی از اسرار آمیزترین ذرات بنیادی و درواقع گریزان‌ترین آنها مرتبط بود؛ بوزون هیگز.

شواهدی از بوزون هیگز کشف می‌شود

ماجرا به چهاردهم تیر 1391 بازمی‌گردد. در آن روز سرانجام تلاش ۷۹۳۱ دانشمند و مهندس (به نمایندگی از ۵۸۰ دانشگاه و مؤسسه تحقیقاتی از ۸۰ کشور جهان) و 2600 کارمند تمام وقت در سازمان اروپایی پژوهش‌های هسته‌ای (سرن) که سال‌ها به دنبال ذره مرموز هیگز بودند به نتیجه رسید و آنان برای اولین بار با شواهدی از این ذره رو به رو شدند. آنها نوری ضعیف و جرقه‌مانند را در صفحه نمایش ابزارهای آشکارسازشان دیدند که معنای عمیقی برایشان داشت، اما این همه ماجرای کشف و شناسایی ذره هیگز نبود.

فیزیکدانان آماده می‌شدند تا در لذت و هیجان «دیدن» بوزون هیگز - همان ذره مرموزی که میدانی موسوم به میدان هیگز را تولید می‌کند و خاصیت جرم داشتن به ذرات بنیادی می‌دهد - غرق شوند، اما در عمل همه می‌دیدند که آنان فقط دسته‌ای از اعداد و نمودارها و داده‌ها را مشاهده کرده‌اند. پیام این اطلاعات غیرتصویری به دانشمندان یک حقیقت مهم بود که در جریان نشست خبری در سرن (سازمان اروپایی تحقیقات هسته‌ای) روی تلکس خبرگزاری‌های جهان قرار گرفت: «بوزون هیگز آشکارسازی شده است».

آنچه براساس گزارش‌های فیزیکدانان از این آزمایش‌ها به دست آمده بود، این بود که احتمال شناسایی قطعی بوزون هیگز به اندازه یک در 3.5 میلیون است! یعنی در 3.5 میلیون آزمایشی که انجام می‌شود، فقط در یک آزمایش امکان مشاهده و آشکارسازی ذره هیگز وجود دارد! همین احتمال بسیار اندک هم دانشمندان سرن را تشویق می‌کرد به کار خود ادامه دهند و با امیدواری کامل به تکرار آزمایش بپردازند.

با این حساب اگر دانشمندان در سرن انتظار دیدن چیزی شبیه ذره هیگز را، آن هم به این آسانی نداشتند پس واقعا دنبال چه بودند؟! آنان مدت‌های طولانی سرگرم واکاوی این حقیقت بودند که چگونه ذراتی مانند الکترون‌ها و کوارک‌ها که عناصر سازنده اتم‌ها و مولکول‌ها هستند جرم دارند. از سوی دیگر تعبیر و نمایش ریاضی فیزیکدانان از جهان متقارن و فرمول بندی آنان، بجز در حالتی که ذرات بنیادی را بدون جرم در نظر می‌گرفتند به درستی کار نمی‌کرد.

«پیتر هیگز» (که این ذره به نام او نامگذاری شده) و برخی از همکارانش ایده‌ای جالب مطرح کرده بودند: به جای این که تلاش کنیم نشان دهیم چگونه می‌توانیم معادلات حاکم بر رفتار ذرات بنیادی را به گونه‌ای بهینه‌سازی کنیم که با رفتار واقعی ذرات جرم‌دار سازگار باشند، بیاییم اساس کار را بر درستی روابط ریاضیاتی بگذاریم و این فرض را اضافه کنیم که ذرات بنیادی در میدانی کار می‌کنند که آن میدان حرکت و رفتار خاصی را به ذرات اعمال می‌کند. اگر این فرض به شرایط واقعی نزدیک باشد، ممکن است چیزی بیابیم که در این میدان با ایجاد مقاومت در برابر حرکت ذرات، به آنها خاصیتی مانند جرم اضافه می‌کند. مگسی را تصور کنید که وزوز کنان از مقابل تان می‌گذرد. مگس در حرکتش در هوای آرام نیروی مقاومت بسیار کمی احساس می‌کند، تا این که با باد مخالفی مواجه می‌شود. ناگهان مگس سریع و کوچک‌ما، سنگینی زیادی احساس می‌کند که ناشی از مقاومت هوای جریان باد مخالف است. ممکن است در مورد ذراتی که در میدان هیگز در حال حرکتند نیز وضعیت مشابهی برقرار باشد.

فیزیکدانان به دنبال ذراتی بودند که میدان ایجاد کننده جرم، یا همان «میدان هیگز» را می ساختند. آنها تصور می کردند اگر می توانستند شرایطی را که بلافاصله بعد از مهبانگ ایجاد شده بود بازسازی کنند، تلاش و جستجوی آنان موفقیت آمیز می شد. در چنان شرایطی می توانستیم ببینیم چگونه چیزهایی مثل کوارک ها و لپتون ها تولید می شوند و سرگردان در فضا حرکت می کنند تا این که به ذراتی مرکب مانند پروتون ها تبدیل شوند. اگر در این میان چیزی مانند بوزون هیگز که جرم ذرات دیگر را فراهم می کرد نیز تولید می شد، آن هم می توانست قابل شناسایی باشد.

برخورددهنده بزرگ هادرونی (LHC) چطور کار می کند؟

برخورددهنده بزرگ هادرونی، برای پروتون های در حال حرکت (و همچنین برخی یون های سنگین) که سرعت های بالا دارند، به جاده مسابقه اتومبیل رانی شباهت دارد. این پروتون ها با سرعت و انرژی خیلی زیاد (و در راستاهای مخالف) حرکت می کنند، مسیری دایره ای به طول 27 کیلومتر را طی می کنند و میلیون ها بار در ثانیه از کنار یکدیگر می گذرند. وقتی تعدادی از این پروتون ها به هم برخورد می کنند، ذرات مرکب به اجزای کوچک تر سازنده خود یعنی کوارک ها و لپتون ها فرو می پاشند. انرژی بسیار زیادی در برخوردها آزاد می شود که کمک می کند ذرات جدیدی را که ایجاد می شوند، ببینیم.

دانشمندان می توانند مسیر ذرات در حال حرکت را با اعمال میدان مغناطیسی بسیار قوی دستخوش تغییراتی کنند و به شکل منحنی درآورند. اگر این کار انجام گیرد می بینیم که ذرات مختلف واکنش های متفاوتی نسبت به میدان مغناطیسی نشان می دهند. بعضی از ذرات که «اندازه حرکت» (یا تکانه، که به طور ساده آن را به صورت جرم ذره $\times$ سرعت آن تعریف می کنند) زیادی دارند چندان منحرف نمی شوند و همچنان در مسیر مستقیم به راه خود ادامه می دهند. ذراتی با اندازه حرکت کمتر تأثیر بیشتری از میدان مغناطیسی می پذیرند. این ذرات از راستای اولیه خود خارج می شوند و مسیری مارپیچی در پیش می گیرند. پس میزان انحراف و چگونگی حرکت ثانویه ذرات در میدان مغناطیسی، به نوع ذره و اندازه حرکت آن بستگی دارد. از این رو اندازه حرکت از ویژگی های مفیدی است که محققان و فیزیکدانان برای شناسایی هویت ذرات بررسی و مطالعه می کنند.

علاوه بر میدان مغناطیسی، راهکارهای دیگری برای شناسایی و تشخیص هویت ذرات در شتاب دهنده ها وجود دارد. برای مثال، «تجهیزات ردیابی» در دستگاه های آشکارساز بسیار سودمند هستند. ابزارهای ردیابی، نشانه ها و علائم الکترونیکی را که هنگام عبور سریع ذرات از میان آشکارسازها به جا می ماند ثبت می کنند. این کار ایجاد نمایی گرافیکی از مسیر حرکت ذره را ممکن می سازد.

حرارت سنج (کالری متر) داخلی آشکارسازها نیز به شناسایی ذرات کمک می کنند. حرارت سنج ها انرژی ای را که ذرات پس از برخورد از دست می دهند، اندازه می گیرند. در ادامه فیزیکدانان می توانند تابشی را که از ذرات گسیل می شود، مطالعه کنند. این کار به آنان کمک می کند برخی ویژگی ها را که به ذرات ویژه ای تعلق دارد شناسایی و تعیین کنند.

حال با همه این اوصاف، بوزون هیگز به چه چیزی شباهت دارد؟! فیزیکدانان در پاسخ به این سوال می گویند: «از این که شما را ناامید کنیم متنفریم! اما واقعیت این است که نمی توانیم ذره هیگز را ببینیم». هیگز، ذره بسیار کوچکی است که امکان دیدن مستقیم اش وجود ندارد. آنچه به عنوان ذره هیگز می بینیم مجموعه ای از نمودارها و داده هاست. نمای ذره هیگز چیزی بیش از نمودارها و طرح های گرافیکی شلوغ که مسیر و انرژی ذرات برخوردکننده و ذرات ثانویه را مشخص می کنند، نیست. همه آنچه در آشکارسازها شناسایی شده به داده های عددی تبدیل می شوند. این اعداد و ارقام مشخص می کنند اتفاقات بسیاری در برخورددهنده رخ می دهد که وجود ذرات هیگز را اثبات می کنند.

با این حال خیلی هم نباید ناامید شویم! فیزیکدانانی که در سرن کار می کنند، افراد خوبی هستند که می دانند ما چه می خواهیم: تصویری زیبا که نمایی از بوزون هیگز نشان می دهد. آنان تلاش می کنند چنین نمایی را برایمان تهیه و فراهم کنند. اگر می خواهید شبیه سازی ای گرافیکی از برخوردهای درون شتاب دهنده ها ببینید و چیزی را که ذره هیگز در عمل به آن شباهت دارد مشاهده کنید، به پایگاه اینترنتی سرن به نشانی اینترنتی home.web.cern.ch سر بزنید.

فیزیکدانان درباره ذره هیگز می گویند...

«هیگز» یکی از ذرات بنیادی است که مدل استاندارد فیزیک ذرات وجود آن را پیش بینی کرده است. گفته می شود ذره هیگز عامل ایجاد جرم (یا به بیانی نه چندان دقیق؛ سنگینی و وزن) در ذرات بنیادی است. این ذره تنها ذره مدل استاندارد است که تا قبل از سال 2012 شناسایی و مشاهده نشده بود.

یکی از خواص کوانتومی ذرات بنیادی اسپین آنهاست. معادل مکانیکی یا کلاسیک اسپین را به صورت چرخش در نظر می گیرند. اسپین همان چرخش نیست، بلکه بیانی برای تجسم و درک اثر اسپین و مقادیر متفاوت آن در ذرات بنیادی مختلف است.

ذرات بنیادی را براساس اسپین شان به دو گروه تقسیم می کنند: فرمیون ها و بوزون ها. فرمیون ها ذراتی با اسپین نیم صحیح (مثل یک دوم یا دوسوم و...) اند و بوزون ها ذراتی هستند که اصطلاحاً اسپین صحیح (یا غیرکسری) مثل یک یا دو یا... دارند. اسپین بوزون را معادل صفر در نظر می گیرند. ذره بنیادی هیگز در این طبقه بندی در دسته ی بوزون ها قرار می گیرد.

از آنجا که ویژگی های فیزیکی، ازجمله جرم پیش بینی شده برای بوزون هیگز، در محدوده توان آشکارسازی ابزارهای کنونی مانند برخورددهنده بزرگ هادرونی (Large Hadron Collider=LHC) قرار دارد، به نظر دانشمندان آشکارسازی آن (در صورتی که واقعا وجود داشته باشد) کار غیرممکنی نیست. بنابراین در سال های دهه اخیر تلاش های بسیاری برای آشکارسازی و شناسایی آن انجام می شد تا این که سرانجام در نیمه تیر 1391 تلاش ها نتیجه داد.

حامد الطافی مهربانی