

برخورد دهنده ذرات چیست و چگونه کار می کند؟ - دیجیاتو

حمید مقدسی | پنجشنبه، ۲۹ تیر ۱۳۹۶

برای اینکه بخواهیم سر از کار جهان هستی درآوریم، باید همه چیز را تا جای ممکن قطعه قطعه کرده و آنها را مورد مشاهده قرار دهیم؛ مشکل اینجاست که هر چیزی را نمی توان به راحتی مشاهده کرد، و هنوز قادر به شکافتن بعضی چیزها نیستیم.

دموکریته، فیلسوف شهیر یونان باستان، کوچک ترین جزء ماده را *atomos* نامید

در یونان باستان، نظریه ای بنیادی شکل گرفت. «[دموکریته](#)» (ذیمقراطیس) فیلسوف معروف این دوران می گفت اگر یک قطعه ماده را به اندازه کافی تقسیم کنیم، در نهایت به چیزی می رسیم که دیگر قابل شکافتن نیست. او این فرم تئوری ماده را *atomos* به معنای «غیر مرئی» نامید، و ما هم امروزه از واژه «اتم» برای توصیف آن استفاده می کنیم. البته اکنون می دانیم اتم ها هم قابل مشاهده اند، اما خلی بر نظریه فیلسوف یونانی وارد نیست.



دموکریته در آن زمان نمی دانست «اتم» بسیار پیچیده تر از تصوراتش، و به مراتب فراتر از تعریف «کوچک ترین قطعه ماده» است (البته شاید چنین ایده ای به ذهنش رسیده بود، اما توضیحی برای آن نداشت). با این حال، شاید اگر با دقت برایش توضیح می دادیم، می توانست نحوه عملکرد «[شتاب دهنده ذرات](#)» از جمله «[برخورد دهنده هادرونی بزرگ](#)» را درک کند. این سیستم عظیم، جدیدترین و قدرتمندترین ابزار است که برای شکافتن ذرات جهان هستی در اختیار داریم، و مطمئناً آخرین آنها نخواهد بود.

وقتی مقیاس اهمیت می یابد

تصور کنید که یک ماشین اسباب بازی در دست دارید. در چند سطح می توانید این وسیله را از منظر فیزیک مورد مطالعه قرار دهید. مثلاً اگر می خواهید بدانید چگونه حرکت کرده و قطعاتش به هم وصل شده، کافیه آن را در حین حرکت تماشا نمایید و بخش های مختلفش را از هم جدا کنید.

در مقابل اگر این سؤال برایتان به وجود آید که چرا ماشین اسباب بازی در دستان شما اینقدر وزن دارد، یا چرا بعضی قسمت هایش خم می شوند اما دیگر بخش ها سفت و محکم هستند، باید

نگاه دقیق تری داشته باشید. از آنجا که چشمان انسان چنین دقتی را ندارد، میکروسکوپ ها را اختراع کرده و آزمون های فیزیکی و شیمیایی متنوعی را ابداع نموده ایم تا ساختار مواد را درک کنیم.



حال اگر رفتار ماده به سؤال اصلی شما بدل گردد، باید به اجزای تشکیل دهنده مواد، یعنی اتم ها و مولکول ها نگاهی بیندازید. برای این کار به ابزار خاصی مانند میکروسکوپ های الکترونی نیاز داریم تا مشاهده را با جزئیات هر چه بیشتر انجام دهیم.

اگرچه با این روش ها می توانیم مولکول ها را به اتم های سازنده آنها بشکافیم و الکترون ها و پروتون ها را از آنها جدا کنیم، اما در این مرحله است که به مرز ابزارهای الکتریکی فوق دقیق و دستگاه های شناسایی کنونی می رسیم. جالب است که با این همه تلاش، هنوز به اتم واقعی نرسیده ایم. بنابراین چگونه می توان جلوتر رفت و به مقیاس های کوچک تر دست یافت؟

مهبانگ کوچک

شتابدهنده های ذرات مدت ها قبل معرفی شدند؛ در واقع ایده ساخت آنها به حدود یک قرن قبل باز می گردد و توضیح سازوکار آنها نسبتاً ساده است.

در این دستگاه، ذره ای مانند پروتون را وارد لوله ای می کنیم که داخلش کاملاً خلاء است. سپس با استفاده از آهنربا (میدان مغناطیسی) این ذره را در طول لوله به حرکت در می آوریم، به گونه ای که هر لحظه بیشتر شتاب می گیرد. زمانی که سرعتش به حد مناسب رسید، چیزی را سر راهش قرار می دهیم و برخورد انجام می شود.



اگر با دقت به نقطه تصادم نگاه کنیم، ردپایی از ذرات بسیار کوچک خواهیم دید. پروتون ها و دیگر ذرات زیر-اتمی، برای لحظه ای در معرض نیرو و دمایی به اندازه [مهبانگ](#) (انفجار بزرگ) قرار می گیرند و به مجموعه ای از ذرات نادر تبدیل می شوند: [پوزیترون](#) (positron)، [پاد پروتون](#) (antiproton)، [میون](#) (muon)، [تاو](#) (tau)، کوارک های [افسون](#) (charm) و [شگفت](#) (strange)، و البته [بوزون](#) (boson). اینها، تعدادی از ذرات بنیادین هستند که اجزای تشکیل دهنده جهان هستی را در سطوح مختلف تشکیل می دهند.

شتاب دهنده های اولیه حالتی خطی داشتند

در روزهای آغازین، لوله شتاب دهنده را به صورت مستقیم می ساختند و ذرات در انتهای این شتاب دهنده خطی به یک ورق نازک فلزی برخورد می کردند. می دانیم که هرچه سرعت ذره بیشتر شود، انرژی تولید شده در اثر تصادم نیز بیشتر خواهد شد، اما برای اینکه ذره را به سرعت

های بسیار بالای مورد نیاز در برخی آزمایشات خاص برسانیم، به لوله ای طولانی تر از محیط کره زمین نیاز داشتیم.

اشتباه اصلی آنجا بود که دانشمندان می خواستند مسیر مستقیم را برای رسیدن به سرعت نور طی کنند. پس از مدتی، این ایده به ذهنشان رسید که ذرات را در میدان مسابقه بارها و بارها بگردانند و سرعتشان را افزایش دهند تا به حد مطلوب برسند؛ اینجا بود که حلقه برخورد دهنده ابداع شد.



در شتاب دهنده حلقوی، ذرات با حدود دو برابر سرعت نور به یکدیگر برخورد می کنند

بهترین قسمت ماجرا اینجاست که در شتاب دهنده خطی، در بهترین حالت امیدوار بودیم که ذره با کسری از سرعت نور به چیزی برخورد کند، چون دستیابی به سرعت نور یا عبور از آن برای اجسام دارای جرم ناممکن است. حال با طراحی هوشمندانه حلقه، می توانیم ذرات را در دو راستا (هم جهت یا خلاف جهت حرکت عقربه های سرعت) شتاب داده و به جای آنکه مانعی را سر راه آنها قرار دهیم، دو ذره را به سمت یکدیگر هدایت کنیم؛ درست مانند دو لاین ترافیک که با سرعت تمام به سمت هم در حرکت هستند.

نتیجه چیست؟ ذره ای با 99 درصد سرعت نور که به سمت غرب در حرکت است، به ذره ای که با همین سرعت در جهت مخالف حرکت می کند، برخورد کرده و تصادمی را با سرعتی حدوداً دو برابر سرعت نور به وجود می آورد؛ پدیده ای که در طبیعت هم به این راحتی ها دیده نمی شود.

وقتی پروتون ها به میدان می آیند

بزرگ ترین حلقه شتاب دهنده تا به امروز، «برخورد دهنده هادرونی بزرگ» (LHC) است که ساخت آن حدود 30 سال طول کشیده. این حلقه به طول 27 کیلومتر، در مرز کشورهای فرانسه و سوئیس ساخته شده و داخل آن علاوه بر خلاء کامل، دمایی در حدود 2 درجه بالاتر از صفر مطلق برقرار است.



برخورد دهنده هادرونی بزرگ، ذرات را به 99.9999991 درصد سرعت نور می رساند

دانشمندان با استفاده از مقدار بسیار ناچیزی هیدروژن خالص، پروتون ها را داخل حلقه می فرستند و سپس با بهره گیری از هزاران آهنربای الکتریکی ابر رسانا، آنها را در مسیر (لاین) خود به حرکت در می آورند. هر قسمت از مسیر، میدان تابش فرکانس رادیویی (RF) خاصی را دارد که با آهنگ 400 مگاهرتز در نوسان است. این میدان، ذره را به محض ورود، سرعت بخشیده و در کسری از ثانیه، جهت خود را عوض می کند تا ذره دیگر را در مسیر مخالف شتاب دهد. بدین

ترتیب، به سرعتی معادل 99.9999991 درصد سرعت نور رسیدیم.

در اطراف حلقه، آشکارسازهای ذرات قرار گرفته اند که در واقع هزاران ابزار فوق دقیق و حساس را در خود جای داده اند و می توانند حتی یک ذره زیر-زیر-اتمی را شناسایی کنند.



درون این شتاب دهنده هزاران گروه پروتون در حرکت هستند، هر گروه بیش از 100 میلیارد پروتون در خود دارد، و مسیر حرکت تمام آنها به نصف قطر موی انسان می رسد؛ با این حال ذرات به قدری کوچک هستند که احتمال برخورد آنها با یکدیگر بسیار کم است، یعنی شاید یک برخورد به ازای هر 500 میلیون بار عبور نزدیک.

فوتون ها در هر ثانیه 11 هزار بار مسیر 27 کیلومتری LHC را دور می زنند

البته چون سرعت حرکت ذرات بسیار سریع است و در هر ثانیه، 11 هزار مرتبه مسیر 27 کیلومتری فوق را دور می زنند، به طور میانگین با یک میلیارد برخورد در هر ثانیه روبرو هستیم. مشکل اینجاست که در اکثر برخوردها، ذراتی تولید می شوند که دانشمندان به خوبی آنها را می شناسند. با این حال، گاهی اوقات شاهد تولید ذرات بسیار کمیابی مانند «[بوزون هیگز](#)» (Higgs) هستیم که همانند اکثر ذرات بنیادی، به صورت مستقیم مشاهده نشده و فقط وجود آن از طریق دیگر ذرات نتیجه شده است.

هرچه نیروی برخورد پروتون ها بیشتر باشد، احتمال تولید ذرات پر انرژی نیز بالاتر می رود. افزایش طول حلقه و تقویت آهنرباها و میدان شتاب دهنده، باعث افزایش نیروی پروتون ها می شود و به همین دلیل، احتمالاً به زودی شاهد بازنشستگی LHC و ظهور ابرسازه دیگری باشیم؛ شتاب دهنده ای که حدود 100 کیلومتر طول خواهد داشت.



فعالیت های علمی انسان همیشه به همین ترتیب بوده، و هرچه بیشتر می آموزیم، بیشتر به نادانی خود پی می بریم. با جستجو در اعماق کیهان از یک سو، و کاوش در دنیای ذرات بنیادین از سوی دیگر، امیدواریم تا شاید بالاخره به سازوکار جهان هستی پی ببریم، اما گویی این کنکاش هیچگاه به پایان نخواهد رسید؛ شاید نظریه فیسلوف یونان باستان در مورد ذره نامرئی، تا دهه ها و سده های آتی نیز برقرار باشد.

[دیجیاتو](#)