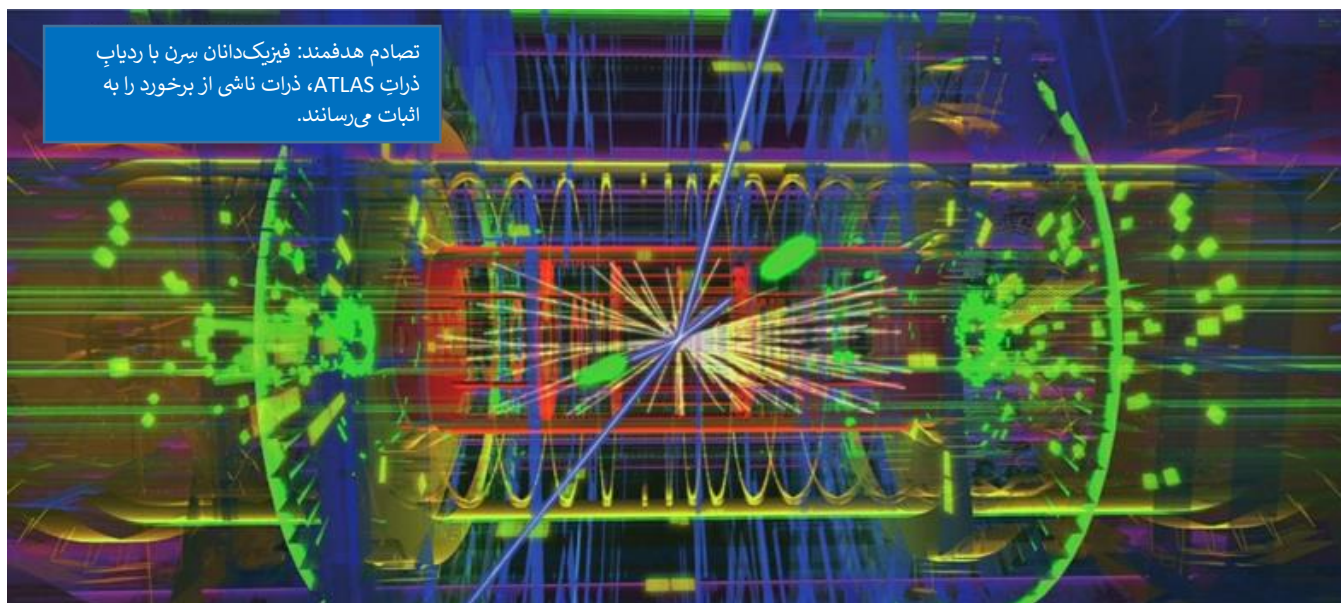


پاد ماده
الکساندر اشتیرن
برگردان: امید برومند





تصادم هدفمند: فیزیکدانان سرن با ردیاب ذرات ATLAS، ذرات ناشی از برخورد را به اثبات می‌رسانند.

در واقع جهانی که ما در آن زندگی می‌کنیم نباید وجود داشته باشد. درختان؟ به هیچ وجه. درخشش خورشید؟ هرگز. انسان-ها؟ بخصوص هرگز.

اگر حرف فیزیکدانان نظری را باور کنیم، جهان ما می‌بایست مدت کوتاهی پس از مهبانگ -فریاد وحشتناک و غیرقابل تحمل تولد جهان- به هیچ، به عبارت دقیق‌تر به صاعقه‌ای از انرژی انحلال یابد. زیرا طبق نظریه کوانتومی، همه‌ی اشیای فیزیکی از هیچ، بصورت جفتی از ذرات و پادذرات بوجود آمدند. و هر ذره‌ی شکل‌یافته‌ای، با همزاد بدسرشت و دارای بار مخالف با خود، برخورد کرده و هر دوی آن‌ها بدون هیچ مقاومتی یکدیگر را جذب کرده و متقابلن نابود می‌کردند. پایانی همراه با یک آتش‌بازی. فیزیکدانان این همزاد بدسرشت را پادماده می‌نامند. این پدیده‌ی مخرب و در عین حال حیران‌کننده یک اشکال دارد: این نظریه کاملن صدق نمی‌کند، چرا که جهان وجود دارد. درختان رشد می‌کنند، خورشید می‌درخشد و مردم به کار خود مشغول‌اند. تضادی ظاهری، که بعضی‌ها آن را به هدف زندگی خود تبدیل کرده‌اند: فیزیکدانان ذرات، با تلاش فوق‌العاده‌ای پادماده مفقود و همراه با آن علت وجود ما در این جهان را جستجو می‌کنند.

ذرات شبح‌وار و آنتی‌ستارگان

محققان اساسن سه مسیر مختلف را دنبال می‌کنند: عده‌ای خود، تلاش در تولید این ماده‌ی مرموز داشته و آن را تا کوچک-ترین جزئیاتش مطالعه می‌کنند. دیگران در جستجوی ذرات شبح‌وار و نادرترین اتم‌های تجزیه شونده در جهان‌اند. در این فرآیند آن‌ها نگاهی به ژرفای کیهان انداخته تا بدین‌وسیله آنتی‌ستارگان و آنتی‌کهکشان‌ها را جستجو کنند. دانشمندان دیگر در پی تفاوت‌های بین ماده و پادماده‌اند.

فیزیکدانان در سال‌های اخیر پیشرفت‌های چشمگیری داشته‌اند. با این وجود آن‌ها به راه حل مشکل نزدیک‌تر نشده‌اند. برعکس با هر شناخت و درک جدید، معمای پادماده فقط مرموزتر می‌شود.

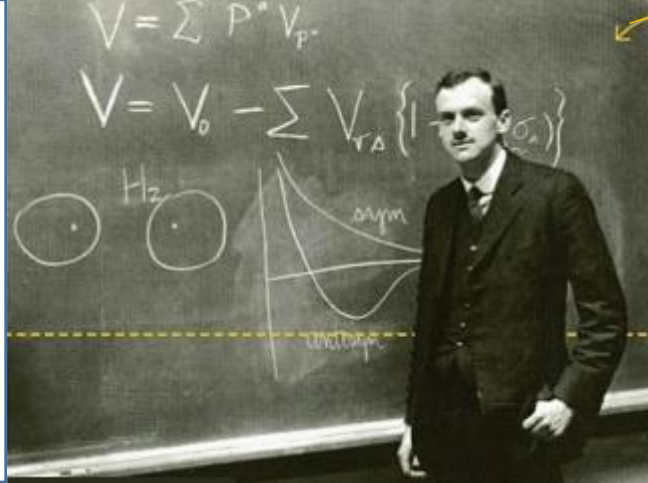
استفان شیل، فیزیک‌دان مدرسه‌ی عالی فناوری آخن و یکی از برجسته‌ترین پژوهش‌گران پادماده در آلمان می‌گوید: «هر زمانی که ما مدل‌هایی در فیزیک ایجاد می‌کنیم که وجود انسان در آن‌ها در نظر گرفته نمی‌شود، درمی‌یابیم که چیزی در اساس اشتباه است». اشتباه در این مورد، باید ساختاری باشد که پژوهش‌گران آن را «مدل استاندارد فیزیک ذرات بنیادی» (2) نام نهاده‌اند. در این مدل، همانند خانه‌ای بزرگ برای هر ذره اتاقی اختصاص یافته است. هر ساکن نیز دارای همزادی به نام پادذره است که با آن یکسان است و تنها در علامت بار الکتریکی با آن تفاوت دارد.

با این حال، آن‌ها امکان استفاده مشترک از فضا را ندارند. چرا که این رقیبانِ قرینه، یکدیگر را بی‌درنگ جذب و نابود کرده و به انرژی تبدیل خواهند شد. مدت کوتاهی پس از مه‌بانگ می‌بایستی چنین اتفاقی رخ داده باشد.

پادماده، همراه فیزیک‌دانان در طول سالیان دراز

1898

آرتور شوستر، فیزیک‌دان بریتانیایی در مقاله‌ای فوق‌العاده گمانه‌زنانه در ماهنامه "Nature"، برای اولین بار از اصطلاح «پادماده» استفاده کرد. او نظریه‌ای برای توضیح این پدیده نداشت.



1928

پاول دیرک، محقق انگلیسی، برای تشریح رفتار الکترون‌ها هم از نظریه‌ی نسبیت اینشتین، و هم از مکانیک کوانتومی جدید استفاده کرد. نتیجه‌ی محاسباتش این بود که هر ذره باید پادذره‌ای داشته باشد.

طبق این نظریه، در آن زمان ذرات و پادذرات به مقدار دقیقین برابری ایجاد شدند. ذرات جفت می‌بایستی که فوراً متلاشی می‌شدند. این که این واقعه آشکارا رخ نداده، جزو ضعف‌های بزرگ مدل استاندارد است.

با این حال سناریوی نابودی کمبودهای زیادی نداشت. بر طبق محاسبات کنونی، احتمالاً از هر یک میلیارد ذره و پادذره که بعد از تولد کیهان در فضا به سرعت به حرکت درآمدند، باید به استثنای یکی، همه هم‌دیگر را نابود کرده باشند. با این حال همین شمار اندک بازماندگان، برای ایجاد جهان امروز کافی بوده است. برنارد شوینگینر از موسسه فیزیک هسته‌ای ماکس-پلانک در هایدلبرگ می‌گوید، «بنابراین باید تفاوت بسیار کوچکی بین ماده و پادماده وجود داشته باشد که در عمل به این عدم تقارن و این واقعیت منجر شده، که جهان ما از ماده ساخته شده است.»

اما، این تفاوت کوچک کجا می‌تواند پنهان شده باشد که مدل استاندارد فیزیک به راحتی آن را نادیده می‌گیرد؟

دامی برای پادماده

کسی که خواهان پاسخ‌گویی به این سوالات است، گزینه‌ای جز راه اجتناب‌ناپذیر تولید پادماده و بدین ترتیب رفتن یکی از سه راه ممکن برای ردیابی آن را ندارد. پژوهش‌گران اکنون بصورت حرفه‌ای توانایی تولید آنتی‌هیدروژن، نقطه مقابل ساده‌ترین عنصر شیمیایی یعنی هیدروژن را دارند.

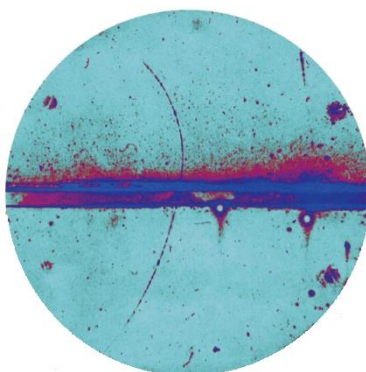
برای این منظور در مرکز تحقیقات هسته‌ای سِرن در نزدیکی ژنو، اتم‌های هیدروژن با سرعت‌های بسیار بالایی به یک صفحه‌ی فلزی برخورد می‌کنند. پروتون‌های جزء هسته‌ی اتم و ایجاد شده در این فرآیند، دارای بار مثبت بوده و هم‌زاد آن‌ها یعنی آنتی‌پروتون‌ها، دارای بار منفی‌اند. این زوج‌ها از یک‌دیگر جدا شده و آنتی‌هیدروژن به دام انداخته می‌شود. این دام، ساختار پیچیده‌ای از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی است، چرا که ذرات باید مدام در مرکز دام معلق باشند، هر تماسی با دیواره‌ها، آنتی‌پروتون‌ها را بی‌درنگ از بین می‌برد. همچنین هر برخوردی با ذرات گاز، به معنای نابودی آن‌هاست. به همین جهت در دام، خلاء حاکم است.

برای تولید آنتی‌هیدروژن به عنصر دومی یعنی آنتی‌الکترون، که پوزیترون نامیده می‌شود، نیاز است. خوشبختانه طبیعت، پوزیترون را بطور رایگان، از جمله هنگام فروپاشی عناصر رادیواکتیو، عرضه می‌کند. اما آن‌ها به صورت داوطلبانه برای ایجاد آنتی‌هیدروژن پیوندی

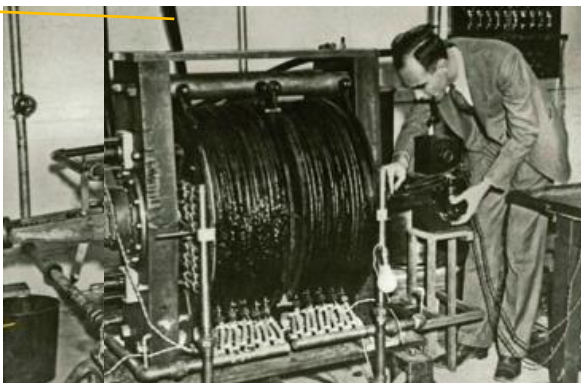
ایجاد نمی‌کنند. برای این هدف این شریکان نه تنها باید در پهنا دام قرار داشته باشند، بلکه نباید بیش از حد تقلا کرده و جُم بخورند. تحرکات شدید ایجاد شونده از طریق گرما آنتی‌هیدروژن را بی‌درنگ از دام به بیرون پرتاب خواهند کرد. به همین جهت، فیزیک‌دانان سرن برای تولید 12 عدد پاداتم، بطور متوسط به 1.6 میلیون پزیترون و نزدیک به 100000 آنتی‌پروتون نیاز دارند.


آیا پادگرانش وجود دارد؟

با وجود مقدار کم آنتی‌هیدروژن بدست آمده، مقدار آن برای انجام همه‌ی آزمایش‌های ممکن بر روی آنتی‌هیدروژن کافی است.



1932 ← کارل دیوید آندرسون از موسسه‌ی فن‌آوری کالیفرنیا، در مورد تابش کیهانی پژوهش‌هایی انجام داد. در جریان پژوهش با ذراتی برخورد کرد که شبیه الکترون‌ها بودند، اما در یک میدان مغناطیسی، انحرافی در جهت اشتباه نشان می‌دادند. آندرسون اولین آنتی‌الکترون‌ها، یعنی پزیترون‌ها را کشف کرد. (عکس سمت چپ)





1955 فیزیکدان ایتالیایی امیلیو زگره و همکار آمریکایی اش اوئن چمبرلین، از برکلی در کالیفرنیا، با کمک شتاب‌دهنده ذرات طراحی شده در برکلی، پواترون، یعنی نخستین آنتی‌پروتون‌ها را کشف کردند. آن‌ها 4 سال بعد به‌خاطر این کشف، جایزه‌ی نوبل دریافت کردند.

وزن یک نوترینو $1e-33$ (10 بتوان منفی 33) گرم است. ترازوی عظیم‌ترین در موسسه‌ی فن‌آوری کارلرزوه، در پی اثبات این امر است.

اما نتیجه‌های این آزمایش‌ها مایوس‌کننده‌اند. پژوهش‌گران سرن تفاوت‌های مهم و قابل توجه‌ای بین هیدروژن و آنتی‌هیدروژن پیدا نکردند. آن‌ها، نیروهای برابری دارندگی هسته‌ی آنتی‌هیدروژن را بررسی کرده و هیچ تفاوت قابل‌اندازه‌گیری‌ای نسبت به هیدروژن معمولی پیدا نکردند. پژوهش‌گران بار پاداتم‌ها را با انحرافی کمتر از 0.0000001 درصد مشخص کردند. اندازه‌گیری نسبت بین بار و جرم آنها تا 10 رقم بعد از علامت اعشار با یکدیگر مطابقت داشتند. آنها **گشتاور مغناطیسی (Magnetic moment)** (3) آنتی‌پروتون‌ها را نیز با همین دقت مطالعه کرده و همان نتیجه‌ی غیر رضایت‌بخش را به‌دست آوردند. اشتفان اولمر سخنگوی آزمایش BASE در سرن می‌گوید: «در محدوده‌ی تردید و عدم قطعیت اندازه‌گیری تجربی، تفاوتی بین پروتون و آنتی‌پروتون قابل تشخیص نیست. در این سطح، اندازه‌گیری‌ها با پیش‌بینی‌های مدل استاندارد مطابقت دارد». به این ترتیب، دقیقن چیزی که جایز نیست، تایید می‌شود.

یک راه برون رفت باقی است: احتمالن نیروی گرانش، با پادذرات، بازی عجیب و غریبی در شکل پادگرانش که تا کنون تنها در رمان‌های علمی تخیلی وجود داشته، می‌کند. چنین پدیده‌ای با دشواری زیادی قابل اندازه‌گیری است. فیزیک‌دانان CERN در این فکرند که برای جستجوی تفاوت‌های کوچک، دام ذرات را هم به‌حالت افقی و هم به‌حالت عمودی مورد استفاده قرار دهند. اما به گفته‌ی پژوهش‌گران، شانس موفقیت احتمالن کم است.

نوترینوها، به‌مثابه‌ی ردیاب

احتمالاً در جستجوی عدم تعادل در جهان جوان، ذرات نوترینو که در هر حال با مدل استاندارد مشکل دارند، کمکی در این زمینه خواهند بود. آن‌ها همراه با ذرات نور، جزو شایع‌ترین و گریزپاترین ذرات در جهان هستند. در هر ثانیه تریلیون‌ها از این ذرات با سرعت بالایی، بدون برج‌گذاشتن کوچکترین اثری، از بدن انسان عبور می‌کنند. جای تعجب نیست، چون که طبق مدل استاندارد، این ذرات شبح‌وار، بدون جرم‌اند. اما فیزیکدانان پس از آزمایش‌های بسیار، در حال حاضر متقاعد شده‌اند که این نظر قابل تأیید نیست. آن‌ها اعتراف می‌کنند که نوترینوها دارای جرم فوق‌العاده کمی هستند.

فرضیه دیگری که بر طبق آن نوترینوها به‌مثابه‌ی پادذره خوداند، می‌تواند به‌مثابه ردیابی برای توضیح هستی جهان ما باشد. شوینگه‌پر بر این عقیده است که «اگر این نظریه درست باشد، زمان کوتاهی بعد از مه‌بانگ، نوترینوها نقش بسیار عمده‌ای در عدم تقارن ایفا کرده‌اند. طبق این نظریه، سپس در اولین لحظات کیهان، می‌بایستی نوترینوهایی وجود داشته باشند که به‌صورت ناموزون به‌انواع سبک‌تری از ماده و پادماده تجزیه شده باشند.



پژوهش‌گران با استفاده از طیف‌سنج مغناطیسی آلفا (AMS) به‌دنبال شواهدی از آنتی‌کهکشان‌ها و آنتی-ستارگان‌اند.



تخیل شیفته‌وار

پادماده در حرکت سفینه‌های فضایی و نابودی سیارات مورد استفاده قرار می‌گیرد. پادماده برای نویسندگان کتاب‌های علمی-تخیلی، نعمتی است، زیرا که آن‌ها این ماده را تبدیل به کتاب‌های پرفروش می‌کنند. در رمان دان براون با عنوان «فرشتگان و شیاطین»، تبه‌کاران با پادماده سعی در نابودی واتیکان داشتند. این رمان به‌مثابه فیلم هم پرفروش بود.

مشکل اینجاست که وجود نوترینوهای سنگین اولیه بخاطر آزاد شدن انرژی بی‌اندازه زیاد مه‌بانگ بوده است. در مقابل، شتاب دهندگان امروزی ذرات، بسیار ضعیف‌تر از آن‌اند که بتوانند در برخوردها، ذرات مشابه سنگینی را ایجاد کنند. در نتیجه هیچ‌کس نمی‌تواند ببیند که در آن زمان واقعاً چه اتفاقی افتاده است. با این حال یک ترفند، یک راه‌گریز ظریفی وجود دارد. اگر نوترینو پادذره‌ی خود باشد، پس باید در طبیعت، فروپاشی کاملن ویژه‌ای از اتم‌ها، یعنی یک رویداد بسیار نادر (با نامی که مسئله را ساده‌تر نمی‌کند) قابل مشاهده باشد. فیزیکدانان این پدیده را **وایشی دو بتایی، بدون نوترینو (Neutrinoless Double beta decay) (1)** می‌نامند.

این رویداد وایشی بتا، نوع دوم و ساده‌تری هم دارد که حداقل جزء زندگی روزمره پژوهش‌گران ذرات است. در این فرآیند، نوترون جزء خنثی هسته‌ی اتم، تبدیل به یک پروتون می‌شود. در مقابل الکترون با بار منفی باید همراه با یک آنتی‌نوترینو هسته را ترک کند. به هنگام وایشی نادر دو بتایی، دو الکترون و دو آنتی‌نوترینو ایجاد می‌شوند. اگر نوترینو پادذره‌ی خود باشد، بعضی اوقات دو آنتی‌نوترینوی

تولید شده به هنگام واپاشی دو بتایی، یکدیگر را متقابلن می‌بلعند. سپس تنها دو الکترون با انرژی کمی بیشتر، اما دقیقن مشخص، از هسته می‌گیرند.

چیزی که در وهله‌ی اول پیچیده به نظر می‌آید، حقیقتن نیز پیچیده است، چرا که این انرژی باید اندازه‌گیری شود. مشکلات، به‌طور مشخص در اینجا شروع می‌شوند، زیرا که واپاشی دو بتایی بدون نوترینو جزو نادرترین رویدادهای جهان است. فیزیک‌دانان بر پایه آزمایش‌هایی که تا کنون انجام شده مطمئن‌اند که برای کاهش جرم یک کیلوگرم از یک ماده رادیواکتیو به نصف آن، از طریق این فروپاشی نادر، حدود 100 کوآتریون - 10 به توان 26 - سال زمان نیاز است. کسی نمی‌تواند تا این اندازه صبر کند.

فن آوری بیشتر برای ذرات کوچک‌تر

ردیاب‌هایی که مدام پیچیده‌تر می‌شوند موظف‌اند این شعبده‌بازی را امکان‌پذیر سازند. در آبروزن ایتالیا، در آزمایشگاه Gran-Sasso-Labor در عمق 1400 متری، GERDA، (Germanium Detector Array) میدان ردیاب جرمانیوم واقع است. این فروپاشی نادر باید در بلوک‌های 30 کیلوپی از جرمانیوم، که دارای درجه‌ی بالایی از خالص بودن‌اند، رخ دهد و توسط علامت‌های ضعیف الکتریکی خود را آشکار سازد. پژوهش‌گران در آزمایش طراحی شده توسط برنهارد شوینگه‌یر برای جلوگیری از ایجاد اختلال توسط ذرات دیگر، تنها به سنگ‌های آهک محافظ در Gran Sasso اکتفا نمی‌کنند. یک مخزن به ارتفاع 6 متر از گاز کمیاب آراگون، خنک شده تا 186- درجه و احاطه شده توسط مخزن بزرگی از آب، بعنوان عایق اضافی عمل می‌کند.

شوینگه‌یر تنها شخصی نیست که خواهان اندازه‌گیری واپاشی بتا است. فیزیک‌دانان در سراسر جهان انواع ترفندها را در این رابطه بکار می‌بندند. هر چند که این آزمایش‌ها متفاوت جلوه می‌کنند اما نکته‌ی مشترکی دارند و آن این که آن‌ها تا بحال قادر به کشف واپاشی دو بتایی بدون نوترینو نشده‌اند. و تا کنون ثابت نشده است که نوترینو پادزهی خود است که موجب توزیع نابرابر ماده و پادماده می‌شود.



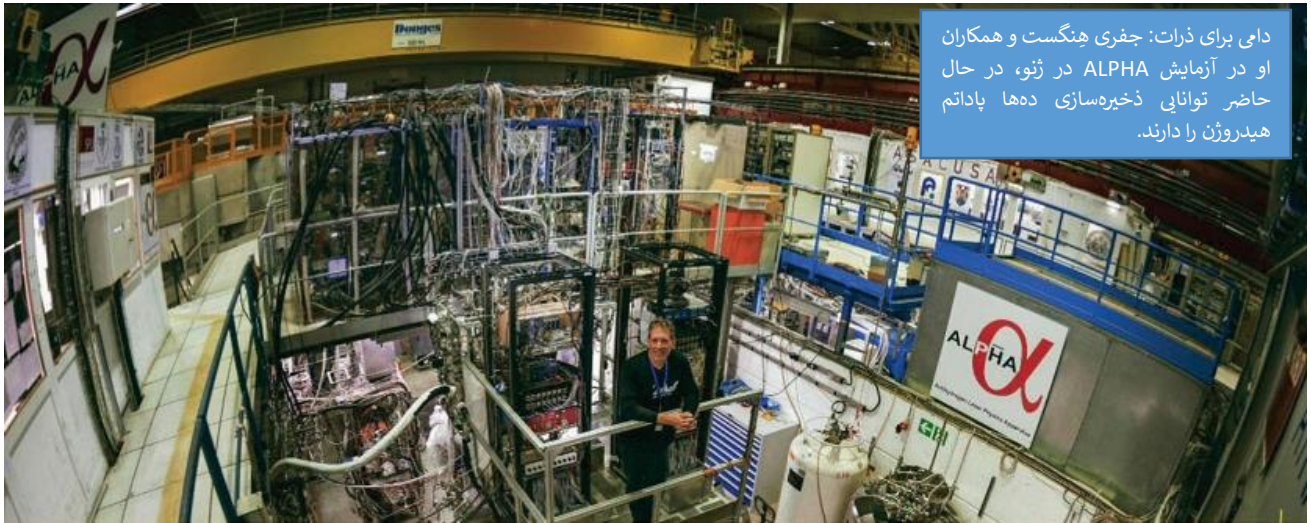
1965

دو گروه از محققان به‌طور جداگانه از یک‌دیگر در مرکز تحقیقاتی سن در ژنو و در آزمایشگاه ملی بروک هیون در ایالت نیویورک، اولین پادهمته‌ی اتم را تولید کردند. این پادهمته‌ی اتم از یک آنتی-پروتون و آنتی-نوترون تشکیل شده است.

1995

مرکز سن از طریق برخورد آنتی پروتون‌ها با اتم‌های گاز کمیاب زینون (Xenon)، برای اولین بار در تاریخ، 9 عدد پاداتم هیدروژن را تولید کرد. آن‌ها قبل از برخورد با ماده‌ی عادی و نابود شدن، به اندازه‌ی 40 میلیاردم ثانیه دوام آوردند.

ازین رو تیم GERDA که گروهی تشکیل شده از بیش از 100 فیزیک‌دان اروپایی است، در حال بررسی و طرح‌ریزی نسل بعدی ردیاب‌ها است. شوینگه‌یر می‌گوید، «هدف این است که در ده سال آینده ردیاب‌ها تا 100 برابر دقیق‌تر شوند»، تا این فروپاشی گریزا بالاخره ردیابی و پیدا شود.



دامی برای ذرات: جفری هنگست و همکاران او در آزمایش ALPHA در ژنو، در حال حاضر توانایی ذخیره‌سازی ده‌ها پادامه هیدروژن را دارند.

<p>2011</p> <p>در آزمایش ALPHA- EXPERIMENT در ژنو، برای اولین بار در ذخیره‌سازی پادامه‌ها به مدت 1000 ثانیه، موفقیت حاصل شد - زمانی که برای بررسی ماده‌ی اسرارآمیز در جزئیاتش به اندازه کافی طولانی است. امروزه، ذخیره‌سازی‌هایی برای مدت طولانی‌تر از یک‌سال بدون مشکل امکان‌پذیرند.</p>	<p>2010</p> <p>در آزمایشگاه Gran-Sasso- Labor در عمق زمین در آبروزن ایتالیا، GERDA- میدان ردیاب جرمانیوم شروع به کار کرد. میدان ردیاب جرمانیوم فروپاشی بسیار نادری از اتم را جستجو می‌کند. GERDA در پی اثبات نوترینو بمثابه پادذره‌ی خود است.</p>	<p>2002</p> <p>دانشمندان سرن در سوئیس، با آزمایش ATHENA- ANTIWASSERSTOFF- EXPERIMENT مقدار زیادی آنتی-هیدروژن تولید می‌کنند. به‌هنگام نابودی آنتی‌پروتون، چهار پیون (Pion) باردار (ردپاهای زرد رنگ ایجاد شده) و به‌هنگام نابودی پوزیترون‌ها دو فوتون (ردپاهای قرمز رنگ) بوجود می‌آیند.</p>	
	<p>2017</p> <p>فیزیک‌دانان با آزمایش BASE در شتاب‌دهنده‌ی ذرات در سرن، با دقت تا کنون بی‌سابقه‌ای آنتی-پروتون‌ها را اندازه می‌گیرند. نتیجه این اندازه‌گیری‌ها حاکی از یکسان بودن شدت گشتاور مغناطیسی (3) پروتون‌ها و آنتی‌پروتون‌ها تا 8 رقم بعد از علامت اعشار است. به این ترتیب، جستجو ادامه دارد.</p>	<p>2011</p> <p>طیف‌سنج مغناطیسی آلفا AMS-02، به همراه شاتل فضایی "Endavour" به ایستگاه فضایی بین‌المللی ISS فرستاده شد. AMS-02 از آن زمان تا بحال، ذراتی از کهکشان‌ها و ستارگان تشکیل شده از پادماده را جستجو می‌کند.</p>	

آنتی‌جهان‌ها با آنتی‌کهکشان‌ها

اشتفان شیل، کارشناس پادماده از آخن در آلمان، سال‌هاست که در جستجوی پادذره در کیهان است. طبق نظر شیل، احتمالاً مدت کوتاهی بعد از مه‌بانگ، بین ماده و پادماده اصلن عدم تقارنی وجود نداشته است. به‌جای آن، این مخاصمان می‌توانسته‌اند راه‌های جداگانه‌ای را رفته باشند. هر چند که تا کنون کسی توانایی توضیح این نکته را نداشته است که چرا ذرات دارای بارهای مخالف یک‌دیگر را دفع می‌کنند و نه جذب. این اولین غافلگیری از جانب طبیعت نیست که باعث شگفتی فیزیک‌دانان می‌شود.

اگر واقعن ذرات هم‌زاد، زمان کوتاهی بعد از پیدایش‌شان از یک‌دیگر جدا شده باشند، در این‌صورت امروزه باید مناطقی از پادماده در جهان وجود داشته باشند: آنتی‌جهان‌ها، انباشته از آنتی‌کهکشان‌ها و آنتی‌ستارگان. با رصد از روی زمین، آن‌ها تفاوتی نسبت به کهکشان‌های عادی نخواهند داشت. حتی زندگی ستارگان در آن‌جا می‌بایست به شکل مشابه‌ای جریان داشته باشد. هر از گاهی باید یک آنتی‌ستاره‌ی فرتوت به‌مثابه‌ی ابرنواختر منفجر شود و با شدت عناصر سنگین را در کیهان پخش کند. به نظر شیل: «اگر بتوانیم حتی یک آنتی‌هسته‌ی کربن از چنین انفجاری را به اثبات برسانیم، اطمینان حاصل خواهیم کرد که کهکشان‌هایی از پادماده وجود دارند.»

علامت‌های دوری از آنتی‌جهان

به همین علت به‌مدت هفت سال است که ابزاری در پوسته‌ی بیرونی ایستگاه فضایی ISS که در حدود 400 کیلومتری برفراز زمین درگردش است، دقیقن چنین ذراتی را جستجو می‌کند. این ابزار Alpha-Magnet-Spektrometer و به اختصار AMS نام دارد. تا به‌حال بیش از 100 میلیارد ذرات از تابش کیهانی را تحلیل کرده است. شیل، کارشناس پادماده، می‌گوید که «این مقدار بیش از کل آزمایش‌ها در طی 100 سال گذشته است». اغلب یافته‌ها، آشنایان قدیمی یعنی پروتن‌ها و الکترون‌ها و هر از گاهی پادذرات آنها بوده‌اند. در میان این یافته‌ها هلیوم عادی و هسته‌ی اکسیژن نیز دیده شده‌اند.

با این‌حال تعداد کمی از علامت‌ها توجه پژوهش‌گران را به‌خود جلب می‌کنند. اشتفان شیل می‌گوید: «هر ساله ذره‌ای را می‌بینیم که در نگاه اول می‌تواند یک آنتی‌هلیوم باشد. متأسفانه این‌گونه نیست که ذره برجسی داشته که برآن نوشته شده باشد، من یک آنتی‌هلیوم هستم، این بسیار زیبا و یا بسیار ساده خواهد بود». هنوز معلوم نیست که آیا اطلاعات بدست آمده با پادذرات سنگین مورد انتظار، مطابقت دارند و یا این‌که اشتباه در سنجش و یا یک اثر غیر مترقبه در ردیاب، باعث این اطلاعات و داده‌ها شده‌اند.

البته حتی اگر موضوع بر سر آنتی‌هلیوم باشد، این الزامی بمعنای پیمای از یک آنتی‌جهان نخواهد بود. حتی در کهکشان راه شیری در تصادماتی پرنرژی، به لحاظ نظری امکان ایجاد آنتی‌هلیوم وجود دارد. البته آنتی‌کربنی ایجاد نخواهد شد، چرا که برای ایجاد آن به انرژی بسیار بیشتری از برخوردها و تصادمات در کهکشان راه شیری، نیاز است. بنابراین آنتی‌کربن به احتمال زیاد باید منشائی در یک آنتی‌کهکشان داشته باشد که علیرغم جرم نسبتن بالایش تا به‌حال کشف نشده است. ناهمخوانی‌های مدل استاندارد و نوترینوهای نامحسوس، هم‌چنان هنوز پیدا نشده‌اند.

با این‌حال اینک، آنتی‌جهان برانگیزنده‌ی تخیل دانشمندان است. آنتی‌کهکشان‌ها نه تنها از راه دور باید مانند خوشه‌ی عادی ستارگان به‌نظر آیند، بلکه در نگاه اول، ساکنان چنین آنتی‌جهان‌هایی با فرازمینی‌های معمولی تفاوتی نخواهند داشت. دست دادن ناگهانی با آن‌ها در ملاقاتی در ژرفای کیهان فکر درستی نخواهد بود، چرا که این اولین تماس بسیار انفجارآمیز خواهد بود.

مختصر

- به لحاظ نظری، پیدایش ما در جهان نباید امکان‌پذیر بوده باشد: پس از مه‌بانگ، ماده و پادماده می‌بایستی یک‌دیگر را نابود می‌کردند.
- اما ما و طبیعت موجودیم. فیزیک‌دانان با تلاش بسیار زیادی در جستجوی پادماده‌ی مفقود و بدینوسیله علت هستی ما هستند.
- پادذرات مدت‌هاست که می‌توانند تولید، ذخیره و بررسی شوند، اما با هر شناخت جدیدی، به معمای بزرگ‌تری تبدیل می‌شوند.



نگارنده آلكساندر اشترین

پی‌نوشت‌ها از ویکی‌پدیا:

1- واپاشی دو بتایی بدون نوترینو

در جریان واپاشی دو بتایی فوق‌العاده نادر، همزمان دو نوترون به دو پروتون تبدیل می‌شوند و دو الکترون و دو آنتی نوترینو آزاد می‌شوند. اما این واپاشی بقدری نادر است که برای فروپاشی یک هسته بیش از 10 میلیون برابر سن تقریباً 14 میلیارد ساله جهان زمان لازم است. واپاشی دو بتایی بدون نوترینو هنوز مشاهده نشده حداقل 100 هزار مرتبه نادرتر است. در جریان این واپاشی دو نوترون به دو پروتون و دو الکترون (بدون نوترینو) وای می‌باشند. شرط لازم این واپاشی اینست که نوترینو پادذره خودش است و نوترینوهای ایجاد شده متقابل یکدیگر را نابود خواهند کرد. (برگرفته از سایت موسسه فیزیک ماکس پلانک)

<https://www.mpp.mpg.de/forschung/astroteilchenphysik-und-kosmologie/gerda-detektor-neutrino-physik/neutrino-losere-doppelter-beta-zerfall/>

2- مدل استاندارد (ذرات بنیادی)

مدل استاندارد فیزیک ذرات بنیادی، نام نظریه‌ای مربوط به نیروهای الکترومغناطیس، هسته‌ای قوی، هسته‌ای ضعیف و همچنین

فرمیون‌ها			بوزون‌ها		
آمار بوز-اینشتین			آمار آلفا-بوزن		
جرم	2.3	1.275	173.07	0	126
محموله	2/3	2/3	2/3	0	0
اسپین	1/2	1/2	1/2	0	0
نام	u کوارک بالا	c کوارک چارم	t کوارک تاپ	g گلوئون	H هیگز بوزون
کوارک‌ها	d کوارک پایین	s کوارک استرینج	b کوارک بتم	gamma فوتون	
اسپین	1/2	1/2	1/2	1	
جرم	0.511	105.7	1.777	0	0
محموله	-1	-1	-1	0	0
اسپین	1/2	1/2	1/2	1	1
نام	e الکترون	muon میون	tau تائو	Z بوزون Z	
اسپین	1/2	1/2	1/2	1	1
جرم	2.2	<0.17	15.5	0	0
محموله	0	0	0	0	0
اسپین	1/2	1/2	1/2	1	1
نام	nu_e نوترینو الکترون	nu_mu نوترینو میون	nu_tau نوترینو تائو	W± بوزون W	
اسپین	1/2	1/2	1/2	1	1
بوزون‌های عددی					

شامل نمی‌شود. بر اساس مدل استاندارد (ذرات بنیادی) ماده از ۶۱ ذره تشکیل شده که این ذرات در سه دسته قرار می‌گیرند: لپتون‌ها، کوارک‌ها، واسطه‌ها.

مدل استاندارد برهمکنش‌های قوی، الکترومغناطیسی و ضعیف بنیادی را با بکارگیری نظریه میدانهای کوانتومی بیان می‌کند. نظریه پیمانه‌ای آن بر پایه تقارن موضعی گروه‌های $U(1)_Y * SU(2)_L * SU(3)_C$ می‌باشد. نشان دهنده رنگ، L کابریالیتی چپگرد و Y فوق بار ضعیف است.

3- گشتاور مغناطیسی

گشتاور مغناطیسی یک آهن‌ریا معیاری از تمایل آن به هم‌خط شدن با یک میدان مغناطیسی است. هم میدان مغناطیسی و هم گشتاور مغناطیسی را می‌توان بردارهایی در نظر گرفت که دارای اندازه و جهت هستند. جهت گشتاور مغناطیسی از قطب جنوب آهن‌ریا به قطب شمال آن است. میدان مغناطیسی تولید شده به وسیله یک آهن‌ریا با گشتاور مغناطیسی آن متناسب است. برای نمونه، یک حلقه حامل جریان الکتریکی، یک آهن‌ریای میله‌ای، یک الکترون، یک مولکول، و یک ستاره همگی دارای گشتاور مغناطیسی هستند. به بیان دقیق‌تر، واژه گشتاور مغناطیسی معمولاً به گشتاور دو قطبی مغناطیسی سیستم، که نخستین جمله از بسط چندجمله‌ای یک میدان مغناطیسی عمومی است، اشاره دارد. جزء دو قطبی میدان مغناطیسی یک جسم، حول جهت گشتاور دو قطبی مغناطیسی آن جسم متقارن است، و متناسب با معکوس توان ۳ فاصله از آن جسم کاهش می‌یابد.