



تفاوت همجوشی و شکافت هسته‌ای از زبان یک فیزیکدان

در این گزارش به بررسی تفاوت‌های ظریف میان آنچه در ستارگان عالم رخ می‌دهد و آنچه در نیروگاه‌های هسته‌ای اتفاق می‌افتد، می‌پردازیم...

در این گزارش به بررسی تفاوت‌های ظریف میان آنچه در ستارگان عالم رخ می‌دهد و آنچه در نیروگاه‌های هسته‌ای اتفاق می‌افتد، می‌پردازیم و یک فیزیکدان از دانشگاه ملی استرالیا تفاوت همجوشی و شکافت هسته‌ای را به زبان ساده توضیح می‌دهد.

به گزارش ایسنا، در سطح جهان، انرژی هسته‌ای تقریباً ۱۰ درصد از تولید برق را بر عهده دارد که در برخی کشورها مانند فرانسه این رقم نزدیک به ۷۰ درصد است.

شرکت‌های بزرگ فناوری مانند گوگل نیز برای برآورده کردن نیازهای انرژی عظیم مراکز داده خود به انرژی هسته‌ای روی آورده‌اند.

به گفته متیو هول (Matthew Hole) استاد موسسه علوم ریاضی و دانشکده محاسبات دانشگاه ملی استرالیا، منبع انرژی هسته‌ای، انرژی اتصال یک اتم است. انرژی ذخیره شده در یک اتم می‌تواند به دو روش اصلی شامل «شکافت» (fission) یا «همجوشی» (fusion) آزاد شود.

شکافت شامل تقسیم اتم‌های بزرگ سنگین به اتم‌های کوچک‌تر و سبک‌تر است، در حالی که همجوشی شامل ترکیب اتم‌های کوچک با هم، به اتم‌های بزرگتر است.

هر دو فرآیند، انرژی زیادی آزاد می‌کنند. به عنوان مثال، یک فروپاشی شکافت هسته‌ای ^{235}U که ایزوتوپ اورانیوم است و معمولاً به عنوان سوخت در اکثر نیروگاه‌ها استفاده می‌شود، بیش از ۶ میلیون برابر انرژی خالص نسبت به واکنش شیمیایی خالص‌ترین زغال سنگ تولید می‌کند. این بدان معناست که آنها فرآیندهایی عالی برای تولید برق هستند.

شکافت چیست؟

«شکافت» فرآیندی است که در پشت هر نیروگاه هسته‌ای در حال بهره‌برداری است و زمانی اتفاق می‌افتد که یک ذره کوچک زیر اتمی به نام نوترون به اتم اورانیوم برخورد می‌کند و آن را می‌شکافت.

این اتفاق موجب آزاد شدن نوترون‌های بیشتری می‌شود که همچنان به برخورد با اتم‌های دیگر ادامه می‌دهند و یک واکنش زنجیره‌ای هسته‌ای را به راه می‌اندازند که به نوبه خود مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کند.

برای تبدیل این انرژی به برق، یک مبدل حرارتی تعبیه شده است که آب را به بخار تبدیل می‌کند و توربین را برای تولید نیرو به حرکت در می‌آورد.

واکنش شکافت را می‌توان با سرکوب عرضه نوترون کنترل کرد. این امر با قرار دادن «میله‌های کنترل» که نوترون‌ها را جذب می‌کنند، ممکن می‌شود.

از لحاظ تاریخی، حوادث هسته‌ای مانند چرنوبیل زمانی رخ می‌دهند که میله‌های کنترل درگیر نمی‌شوند و منبع نوترون را خاموش نمی‌کنند و یا گردش مایع خنک‌کننده از کار می‌افتد.

طرح‌های به اصطلاح «نسل سوم» با ترکیب ویژگی‌های ایمنی غیرفعال یا ذاتی که نیازی به کنترل فعال یا مداخله انسانی برای جلوگیری از حادثه در صورت خرابی ندارند، ایمنی را تقویت کرده‌اند. این ویژگی‌ها می‌توانند به اختلاف فشار، گرانش، همرفت طبیعی یا پاسخ طبیعی مواد به دماهای بالا متکی باشند.

اولین راکتورهای نسل سوم، راکتورهای پیشرفته آب جوش کاشیوازاکی ۶ و ۷ در ژاپن بودند.

یک چالش حل نشده برای «شکافت» این است که محصولات جانبی این واکنش برای مدت طولانی (در حد هزاران سال) رادیواکتیو می‌مانند. در صورت فرآوری مجدد، منبع سوخت و ضایعات آن می‌تواند برای ساخت سلاح هسته‌ای نیز استفاده شود.

قدرت شکافت یک فناوری اثبات شده است. این فناوری از مقیاس بزرگ (بزرگترین نیروگاه هسته‌ای ۷.۹۷ گیگاواتی کاشیوازاکی-کاریوا در ژاپن) تا راکتورهای کوچک و متوسط که حدود ۱۵۰ مگاوات برق تولید می‌کنند، در یک کشتی یا زیردریایی هسته‌ای قابل استفاده است.

اینها راکتورهایی هستند که ۸ زیردریایی هسته‌ای استرالیا را که به عنوان بخشی از مشارکت امنیتی سه جانبه با بریتانیا و ایالات متحده است، تامین می‌کنند.

همجوشی چیست؟

«همجوشی» فرآیندی است که خورشید و ستارگان را نیرو می‌بخشد. این فرآیند، معکوس «شکافت» است و زمانی اتفاق می‌افتد که اتم‌ها با هم ذوب می‌شوند.

ساده‌ترین واکنش همجوشی برای شروع در آزمایشگاه، ادغام ایزوتوپ‌های هیدروژن، دوتریوم و تریتیوم است. این واکنش ۴ برابر بیشتر از شکافت ^{235}U انرژی تولید می‌کند.

یون دوتریوم به شکل باورنکردنی در زمین و کیهان فراوان است. تریتیوم هم که رادیواکتیو است، با نیمه عمر ۱۲ ساله در زمین

بسیار نادر است.

جهان هستی ۱۳.۸ میلیارد سال سن دارد و تنها ایزوتوپ های هسته های سبک (هیدروژن، هلیوم و لیتیوم) که در طبیعت یافت می شوند، آنهایی هستند که در مقیاس های زمانی پایدار هستند.

در یک نیروگاه همجوشی، تریتیوم با استفاده از «پتوی لیتیومی» تولید می شود که یک دیوار لیتیومی جامد است که در آن نوترون های همجوشی کند می شوند و در نهایت واکنش نشان می دهند و تریتیوم تشکیل می دهند.

با این حال، در حال حاضر ایجاد واکنش همجوشی در خارج از آزمایشگاه برای دانشمندان بسیار دشوار است. دلیل آن این است که برای ترکیب شدن به شرایط فوق العاده گرم نیاز دارد و شرایط بهینه برای آن رسیدن به دمای ۱۵۰ میلیون درجه سانتیگراد است.

در این دماها یون های سوخت در حالت پلاسما وجود دارند، جایی که الکترون ها و یون های هسته ای جدا می شوند و محصول جانبی این فرآیند رادیواکتیو نیست، بلکه هلیوم است که یک گاز نجیب یا بی اثر است.

مسیر فناوری پیشرو برای نمایش همجوشی پایدار، «حصار مغناطیسی حلقوی» نامیده می شود. این زمانی است که پلاسما در دماهای بالا در یک بطری مغناطیسی بسیار بزرگ به شکل دونات محبوس می شود.

برخلاف شکافت، این مسیر فناوری برای رسیدن به شرایط همجوشی و یک میدان محصور قوی نیاز به گرمایش خارجی مداوم دارد و اگر هر کدام را خاتمه دهید، واکنش متوقف می شود.

چالش در اینجا فروپاشی کنترل نشده نیست، بلکه این است که اصلاً واکنشی رخ ندهد.

یک چالش عمده و حل نشده برای «همجوشی محصور شده مغناطیسی حلقوی» که اکثریت علاقه مندی های تحقیقاتی را به خود جلب می کند، نمایش یک پلاسما خودگرم شده در حال سوختن است. این زمانی است که قدرت گرمایش تولید شده توسط خود واکنش اولیه تولید می شود. این امر، هدف پروژه چند ملیتی ITER با بودجه دولتی است که بزرگترین آزمایش همجوشی جهان است و همچنین آزمایش SPARC با بودجه خصوصی که در موسسه فناوری ماساچوست (MIT) در حال انجام است.

با این حال، اجماع بسیاری از اعضای جامعه علمی این است که «همجوشی» حداقل تا سال ۲۰۵۰ از نظر تجاری قابل دوام نخواهد بود.

راه حلی برای تغییرات اقلیمی؟

متیو هول می گوید اغلب از من می پرسند که آیا انرژی هسته ای می تواند زمین را از تغییرات آب و هوایی نجات دهد؟ من همکاران زیادی در علم آب و هوا دارم و همسر فقیدم در واقع یک دانشمند برجسته آب و هوا بود.

علم واضح می گوید که برای متوقف کردن تغییرات آب و هوایی خیلی دیر شده است. جهان باید هر کاری که می تواند برای کاهش انتشار کربن دی اکسید و به حداقل رساندن آسیب های فاجعه بار آن انجام دهد و باید این کار را ده ها سال پیش انجام می داد.

برای سیاره ما «شکافت» بخشی از یک راه حل جهانی، همراه با توسعه گسترده و پذیرش منابع تجدیدپذیر انرژی مانند باد و خورشید است.

در مقیاس زمانی طولانی تر امید است که «همجوشی» جایگزین «شکافت» شود، چرا که سوخت آن فراوان تر و در دسترس تر است و مشکل ضایعات آن نیز از نظر حجم و مقیاس زمانی بسیار کمتر است. ضمن اینکه از این فناوری نمی تواند استفاده تسلیحاتی شود.