آموزشی

شناخت برهان تنظیم دقیق عالَم

برنارد کوهن

ترجمه: احمد توحیدی

اشاره

اغلب گفته می‌شود ویژگی‌های عالَم «به‌دقت تنظیم» شده است- یعنی اجزای آن باید درست همان چیزی باشند که امکان شکل‌گیری حیاتِ هوشمند را میسر می‌سازد. استلزام این گزاره، که «اصلِ پیدایش انسان مدار کیهان‌شناسی» نامیده می‌شود در زمینهٔ فلسفی به‌طور گسترده‌ای مورد بحث قرار گرفته است. امّا مبنای علمی این گزاره در بیرون از جامعهٔ متخصصان به‌صورت گسترده شناخته نشده است. هدف من در اینجا آن است که بگویم چگونه توانستم برخی از بخش‌های این مبنای علمی را به دانشجویان دوره کارشناسی علوم انسانی و اجتماعی و در برنامه‌های «آموزش مادام‌العُمر» شهروندان بزرگسال که زمینهٔ علمی حرفه‌ای نداشتند ارائه کنم؛ البته، با نادیده گرفتن بعضی نکته‌های دشوار و جزئیاتی که اهمیت کمتری دارند. تمرکز من در این مقاله بر فرآیندهای مهم هیدروژن‌سوزی و هلیم‌سوزی است.

کارم را با عالَمی شروع می‌کنم که یک ثانیه پس از مِهبانگ وجود داشته است و رویدادهای فوق‌العاده پیچیدهٔ آغازین را بخشی از «آفرینش» عالَم در نظر می‌گیرم. آنچه تا آن لحظه «آفریده» شده بود به قرار زیر است:

الف. دو خانوادهٔ ذرات نابود نشدنی: **هادرون‌ها** و **لپتون‌ها**. تنها هادرون‌های مهم نوکلئون‌ها یعنی پروتون‌ها (p) و نوترون‌ها (n)؛ و تنها لپتون‌های مهم و الکترون‌ها (e) و نوترینوها (υ) هستند. هر یک از این ذرات جرم معین m و ویژگی‌های معین دیگری مانند بارالکتریکی و اسپین دارند، که می‌توانند یکی از دو مقدار معین را اختیار کنند. بر حسب جرم الکترون $9/109\times10^{-31}$ kg به‌عنوان یکای جِرم، جرم ذرات به ترتیب عبارت‌اند از p =۱۸۳۶/۱ ، n=۱۸۳۸/۶ ، e=۱/۰۰۰ و υ در حدود $1/0\times10^{-6}$.

ب. چهار برهم‌کنش اساسی ذرات وجود دارد: گرانی(G)، الکترومغناطیسی (E-M)، هسته‌ای قوی (S-N) و هسته‌ای

ضعیف (W-N). هر یک از برهم‌کنش‌ها شـدتِ مشخصه‌ای نسبت به شـدت S-N=۱/۰۰۰ دارند که به ترتیب عبارت‌اند از: $G=۱\times۱۰^{-۳۸}$، E-M=۰/۰۰۷۳ و $W-N=۱\times۱۰^{-۱۱}$. یکـی از ویژگی‌های مهم دیگر این نیروها تغییر شدت آن‌ها برحسب فاصلـه (بُرد برهم‌کنش‌ها) اسـت که برای G و E-M به $\frac{۱}{r^۲}$ بسـتگی دارد و بـرای S-N برابر بـا $۱/۳\times۱۰^{-۱۳}$ cm و برای W-N بسـیار کوچک اسـت. تأثیر مهـم W-N امکان‌پذیر ساختن فرآیندهای زیر است.

$$p+e \leftrightarrow n+\upsilon$$

ج. قانون‌هـای مکانیک که عمدتاً توسـط معادلهٔ دیراک بیان شـده اسـت چگونگی تأثیر این برهم‌کنش‌ها را بر ذرات بیان می‌کند. بعضی از جنبه‌های مهم این قانون‌ها که در بحث ما اهمیت دارند عبارت‌اند از:

۱. انرژی (E) پایسـته اسـت. در معادلـه $E=mc^۲$ جرم به‌عنوان انرژی در نظر گرفته می‌شود.

۲. ذرات دارای سرشت موجی‌اند که طول موج آن از رابطه $\lambda=\frac{h}{mv}$ به‌دسـت می‌آید که در آن h ثابـت پلانک، یکی از اجزای هماهنگ‌سازی دقیق «آفرینش» و v سرعت است.

۳. هیچ دو ذرهٔ مشـابه نمی‌توانند یک اسپین و یک شکلِ موج یکسان داشته باشند.

۴. هـر ذره دارای پادذره‌ای اسـت (که با گذاشـتن خط بالای $e، p، \upsilon$ یا n مشـخص می‌شـود) و دارای جرم یکسان و بارالکتریکی مخالف با آن اسـت. در قاعدهٔ «نابود نشـدنی» برای ذرات، که بیشـتر با «پایستگی هادرون‌ها» و «پایستگی لپتون‌ها» شـناخته می‌شـود، پادذره، منفیِ ذره اسـت. برای مثال، با اضافه کردن $\bar{e}$ یا $\bar{\upsilon}$ به دو طرف معادله (۱) فرآیندهای واپاشـی بتازای زیر در صورتی‌که پایستگی انرژی برقرار باشد انجام می‌شوند زیرا «پایستگی لپتون‌ها» را نقض نمی‌کنند.

$$p \leftrightarrow n+\bar{e}+\upsilon \qquad (۲)$$

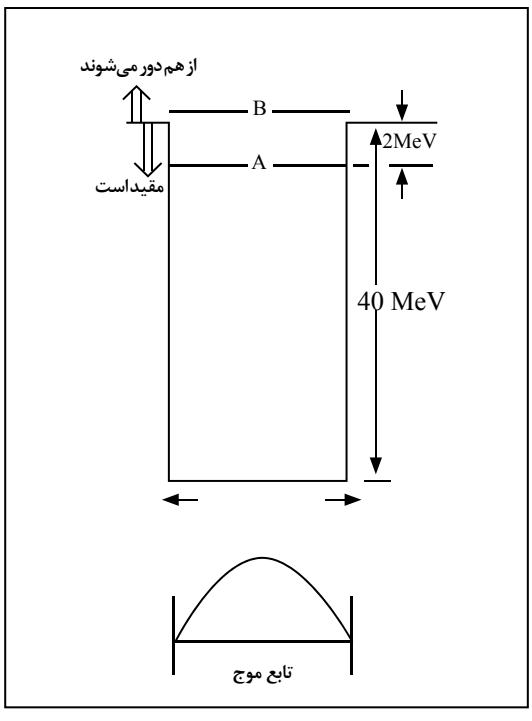
$$n \leftrightarrow p+e+\bar{\upsilon} \qquad (۳)$$

در نتیجـهٔ فرایندهایی که در اینجـا به آن‌ها نمی‌پردازیم، چند دقیقه پس از مهبانگ، مادهٔ موجود در عالم از لحاظ جرم شامل ۷۵ درصد پروتون و ۲۵ درصد هسته‌های $He^۴$ (ترکیب ۲p و ۲n، که ذره α نامیده می‌شـود) بـود. رویدادهای بَعدی شکل‌گیری کهکشان‌ها، ستارگان و تحول آن‌ها در فرآیندهای هیدروژن‌سـوزی و هلیم‌سـوزی، تشـکیل عناصر سنگین‌تر و سرنوشـت پایانی ستارگان بعداً مورد بحث قرار می‌گیرد، امّا در اینجا من فقط به فرآیندهای هیدروژن و هلیم‌سوزی می‌پردازم.

هیدروژن‌سوزی

برای اعمال سرشـت موجی ذرات در پیوند الکترون‌ها در اتم و پروتون‌ها و نوترون‌ها در هسـته، می‌توان کار را با بحث دربارهٔ پتانسیل برحسب فاصلهٔ دو ذرهٔ برهم‌کنش‌کننده شروع کرد، مانند رابطهٔ به‌صورت $\frac{۱}{r}$ برای الکترون در اتم هیدروژن و منحنی بسیار شیب‌دارتر برای برهم‌کنش نوترون با پروتون. امّا استفاده از تقریب چاه پتانسیل مربعی یک بعدی برای این پتانسـیل کار را بسیار ساده می‌کند بدون اینکه شناخت ما را دگرگون سـازد. صرفاً با بیان اینکه پتانسیل «عامل نگه‌داری چیزها» کنار یکدیگر اسـت از مفهوم پتانسـیل عبور و فرض می‌شـود که موج مربوط به ذرهٔ درون چاه در مَرزها باید صفر باشد (دنباله‌های نمایی موج نادیده گرفته می‌شود). با این کار به آسـانی می‌توان وجود ترازهای انرژی که پایین‌ترین آن‌ها دارای نصف طول موج در عرض چاه اسـت توضیح داد (شکل ۱۰ قسـمت پایین). من معمولاً این را به ۱، $۱\frac{۱}{۲}$، ۲ و... طول موج در عرض چاه و با تعداد درستی از طول موج برای حرکت «رفت و برگشـت» الکترون‌ها در اتم و نوکلئون‌ها در هسته با توضیح تـراز انرژی تعمیم داده‌ام، امّا بـرای بحث کنونی این مطالب اضافه است.

در یک دسـتگاه دو نوکلئونی که (یک نوکلئون دیگری را جذب می‌کند) و تصویر آن در شکل ۱۰ نشان داده شده است عمق چاه شدت برهم‌کنش S-N را ۴۰ MeV تعیین می‌کند-



برای افـراد با تحصیلات بیشـتر این موضـوع را می‌توان با بحث پتانسـیل توضیـح داد. عـرض چاه نشـان داده شده در شکل، $۲/۶\times۱۰^{-۱۳}$ cm است که در تفسیر یک‌بُعدی بُرد برهم‌کنش S-N($۱/۳\times۱۰^{-۱۳}$ cm) در هـر طرف از مرکز ذرات) اسـت. پایین‌ترین تراز انرژی‌ها، با عرض نصف طول موج اگر اسـپین ذرات هم‌جهت باشند در A و اگر اسـپین‌ها در جهت مخالف باشند در B اسـت. دلیل این اختلاف انرژی حالت‌های با اسـپین‌های هم‌جهت و در جهت مخالف یک ویژگی عجیب برهم‌کنش S-N اسـت. شـایان ذکر اسـت که در برهم‌کنش E-M بیـن الکترون و هسته در اتم این ویژگی عجیب وجود ندارد زیرا در این حالت انرژی اصولاً مستقل از اسپینِ ذرات است. یک دستگاه (p_+n) می‌تواند در حالت A باشـد که در این مورد هسته ^۲H است، امّا در دستگاه (p_+p)، ^۲He نمی‌تواند در A باشد زیرا دو ذرهٔ مشابه با اسـپین یکسان شکل موج یکسـان خواهند داشت: یعنـی پایین‌ترین تراز انرژی در B قـرار دارد. امّا B در بالای لبهٔ چاه قرار گرفته اسـت، بنابراین دو ذرهٔ پروتون نمی‌توانند مقید باقی بمانند و از هم جدا می‌شوند (در حدود ۳×۱۰^{-۲۳} s طول می‌کشـد تا آن‌ها عرض چاه را طی کنند). در این زمان بسـیار کوتاه، برهم‌کنش W-N با احتمال در حدود $۱۰^{-۳}$ در هر ثانیه امکان فرآیند واپاشی بتازا را فراهم می‌کند (و پروتون طبق معادلهٔ (۲) به نوترون تبدیل می‌شود).

$$^۲He \leftrightarrow {}^۲H+\bar{e}+\upsilon$$

بنابراین، احتمال این رویداد پیش از جدا شدن دو پروتون از هم برابر است با $۳\times۱۰^{-۲۶}=۳\times۱۰^{-۲۳}\times۳\times۱۰^{-۳}$. در شرایط مرکز خورشـید با دمای ۱۵ میلیـون درجه و چگالی $۱۵۰\frac{g}{cm^۳}$، هر پروتـون در هـر ثانیه ۱۰۰ میلیون بار برای تشـکیل ^۲He با پروتـون دیگـر برخورد می‌کنـد. امّا درگیر بـودن در فرآیند واپاشـی بتازا فقط یک‌بـار در ۳×۱۰^{۱۷} ثانیه یا یک‌بار در ۱۰ میلیارد سـال اسـت. بنابرایـن این فرآیند ۱۰ میلیارد سـال طول می‌کشـد که در این مدت تقریباً همهٔ پروتون‌ها مصرف شـده‌اند. وقتی ^۲H تشکیل شد، به‌سـرعت با پروتون دیگری برخورد می‌کند.

$$p+{}^۲H\leftrightarrow {}^۳He+\gamma$$

و به زودی دو ^۳He به یکدیگر برخورد می‌کنند.

$$^۳He+{}^۳He \leftrightarrow {}^۴He+{}^۲p$$

می‌توان فرآیندها را با یکدیگر جمع کرد.

$$۶p\rightarrow {}^۴He+۲p+۲\bar{e}+۲\upsilon+۲\gamma+۲۶MeV$$

در خـلال ایـن فرآینـد کـه «هیدروژن‌سـوزی» نامیده می‌شـود، ساختار ستاره‌ای مانند خورشید پایدار می‌مانـد و خروجـی انـرژی آن برای حـدود ۱۰ میلیـارد سـال ثابت باقی می‌ماند.

عالم به دقت تنظیم شده است. یعنی اجزای آن باید درست همان چیزی باشند که امکان شکل‌گیری حیات هوشمند را میسر می‌سازد

بهترین اطلاعات به‌دست آمده از زیست‌شناسـی نشـان می‌دهد که در شرایط با دمای نسبتاً ثابت میلیاردها سال لازم است تا در یک سیاره زندگی هوشمند شـکل بگیرد و تحول یابد و هیچ فرآیندی غیر از هیدروژن‌سـوزی در ستارگان نمی‌تواند ایـن پایداری را فراهم کند. بدون ایـن فرآیند، در هیچ جای عالَم زندگی هوشمند نمی‌توانست وجود داشته باشد.

اکنـون تنظیم دقیق لازم برای این فرآیند بسـیار مهم را بررسی می‌کنیم. باید تراز انرژی A زیر لبهٔ چاه باشد تا واکنش اصـلاً روی دهد و تراز B بالای چاه باشـد، در غیر این‌صورت همـهٔ پروتون‌هـا در زمانی کوتاه به ^۲He تبدیل می‌شـدند و فرآیند هیدروژن‌سوزی بسیار سریع انجام می‌گرفت و پایداری میلیاردها سـال وجود نداشت. انرژی E در شکل ۱۰ با ارتفاع از ته چاه برای هر تراز انرژی نشان شده است و (با استفاده از $E=\frac{۱}{۲}mv^۲$) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$E=\frac{۱}{۲}mv^۲ \Rightarrow mv=\sqrt{۲mE}$$

$$\lambda=\frac{h}{p}\Rightarrow \frac{۱}{۲}\lambda=\frac{h}{۲mv}=\frac{h}{۲\sqrt{۲mE}}=۲/۶\times۱۰^{-۱۳}\,cm$$ (عرض چاه)

چـون A، ۲/۲ MeV زیر لبهٔ چاه اسـت، اگر برهم‌کنش S-N، ۶درصـد ضعیف‌تر بود عمق چاه از ۴۰MeV به ۳۷/۸ MeV کاهـش می‌یافت و A بالای چاه قـرار می‌گرفت. امّا اگر برهم‌کنش S-N، ۲۵درصد قوی‌تر بود عمق چاه ۴۰/۱ MeV می‌شد و B زیر لبهٔ چاه قرار می‌گرفت.

با معلوم بودن شـدت بر هم کنش S-N، اگر بُرد آن، که عرض چاه را تعیین می‌کند ۳ درصد کوچک‌تر بود، طول موج بـرای A، ۳ درصد کوتاه‌تر می‌شـد و در نتیجه E برای A، ۶ درصد بزرگ‌تر و به بالای لبهٔ چاه منتقل می‌شـد. امّا اگر بُرد S-N، ۰/۱۳ درصـد بیشـتر بود، افزایـش B، λ را به زیر لبهٔ چاه می‌آورد.

چون $\lambda=\frac{h}{\sqrt{۲mE}}$ است، اگر جرم نوکلئون‌ها ۶ درصد کمتـر یـا h، ۳ درصـد بزرگ‌تر بـود، A بالای لبهٔ چـاه قرار

می‌گرفت و برعکس، اگر m، ۰/۲۵ درصد بزرگ‌تر یا h، ۰/۱۳درصد کوچک‌تر بود، Bزیر لبهٔ چاه واقع می‌شد.

بنابراین، شدت و بُرد برهم‌کنش S-N، جرم نوکلئون‌ها و ثابت پلانک h باید همزمان در این محدوده‌های دقیق تنظیم شوند تا زندگی هوشمند که می‌شناسیم در هر جای عالَم شکل بگیرد. افزون بر این، بدون ویژگی‌های عجیب برهم کنش S-N که باعث می‌شود دو نوکلئون با اسپین‌های هم‌جهت از لحاظ انرژی ۲/۲ MeV پایین‌تر از دو نوکلئون با اسپین‌های در جهت مخالف قرار گیرند، حتی اگر اثر این ویژگی کمی کوچک‌تر بود، این زندگیِ هوشمند پدید نمی‌آمد.

اطلاعات به‌دست آمده از زیست‌شناسی نشان می‌دهد که در شرایط با دمای نسبتاً ثابت میلیاردها سال لازم است تا زندگی هوشمند در سیاره‌ای شکل بگیرد

هلیم‌سوزی

اگر تنها عناصر موجود هیدروژن و هلیم بودند، پیدایش زندگی هوشمندی که ما می‌شناسیم میسر نبود. گام نخست مهم در تشکیلِ همهٔ عناصر دیگر هلیم‌سوزی است. پس از اینکه هیدروژنِ موجود در مرکز ستاره مصرف شد و فقط هستهٔ ^{4}He (ذرات α) باقی ماند، مرکز ستاره منقبض و آن‌قدر گرم می‌شود تا این ذرات بتوانند در واکنش هسته‌ای شرکت کنند؛ دمای ۱۵۰ میلیون درجه و چگالی $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$ این فرآیند یا واکنش زیر آغاز می‌شود:

$$\alpha+\alpha \rightarrow {}^{8}Be \rightarrow \alpha+\alpha$$

در دستگاه (α+α) که با چاه مربع نشان داده شده است، پایین‌ترین حالت انرژی ^{8}Be درست ۰/۰۹ MeV بالاتر از لبهٔ چاه قرار دارد. در نتیجه نیمه عمر شکسته شدن ^{8}Be برابر 10^{-16} s است که ۱۰۰۰ بار طولانی‌تر از مقداری است که در صورت وجود انرژی بیشتر امکان‌پذیر بود. بنابراین به علت این نیمه عمر نسبتاً طولانی، در هر لحظه به ازای هر 10^{9} ذرهٔ α یک هستهٔ ^{8}Be تولید می‌شود. اگر یک ذره α پیش از شکسته شدن هستهٔ ^{8}Be با آن برخورد کند، اولین واکنش انجام‌شده عبارت است از

$$\alpha+{}^{8}Be \rightarrow {}^{12}C^{*}$$

که در آن $^{12}C^{*}$ حالت برانگیختهٔ ^{12}C با انرژی ۷/۳۷ MeV به اضافهٔ انرژی جنبشی ذرات برخوردکننده است. احتمال این رویداد در صورتی بسیار زیاد می‌شود که یک حالت واقعی ^{12}C بتواند تشکیل شود. چون ذرات برخوردکننده انرژی نسبتاً کمی دارند، تکانه زاویه‌ای (J) این فرآیند بیشتر J=۰ است (یعنی، بسیار کمتر از J=۱) و بر حسب یکای ثابت پلانک است. بنابراین، اگر تکانهٔ زاویه‌ای J=۰ باشد، احتمال تشکیل ^{12}C بسیار زیاد خواهد بود. چهار تراز پایین‌ترین حالت‌های برانگیخته ^{12}C عبارت‌اند از: ۰ (حالت پایه)، J=۰، با انرژی ۴/۴ MeV، J=۲ ؛ ۷/۶۵ MeV، J=۰؛ ۹/۶۴ MeV، J=۳ .

با اضافه کردن انرژی جنبشی ذراتِ برخوردکننده می‌توان به حالت ۷/۶۵ MeV دست یافت، و چون در این حالت J=۰ است این واکنش نسبتاً به آسانی انجام می‌گیرد. بنابراین، ^{12}C در حالت ۷/۶۵ MeV تشکیل می‌شود.

وقتی این واکنش انجام شد ^{12}C می‌تواند به‌صورت‌های زیر واپاشیده شود:

$$^{12}C^{*} \rightarrow \alpha+{}^{8}Be \quad (\alpha \text{ واپاشی } ٪۹۹/۹۷)$$

یا

$$^{12}C^{*} \rightarrow {}^{12}C \text{ (حالت پایه)} + \gamma+\gamma \quad (\text{گسیل پرتو } \gamma) \quad ٪۰/۰۳$$

(در اولین واپاشی γزا، هسته را در حالت ۴/۴ MeV باقی می‌گذارد، سپس هسته به حالت پایه واپاشیده می‌شود). در نتیجه، به‌طور کلی واکنش کلی به‌صورت زیر نشان داده می‌شود که «هلیم‌سوزی» نام دارد.

$$\alpha+\alpha+\alpha \rightarrow {}^{12}C+\gamma(۳/۲MeV)+\gamma(۴/۴MeV)$$ و

انرژی ناشی از این واکنش مانع از انقباض گرانشی بیشتر می‌شود و ستاره به «غول سرخ» تبدیل می‌شود. فقط از طریق این فرآیند است که عناصر سنگین‌تر از هلیم می‌توانند تشکیل شوند.

اتفاقاً، حالت بسیار مهم ۷/۶۵ MeV و J=۰ از انبساط و انقباض سطح خارجی هسته (شعاع هسته به داخل و خارج نوسان می‌کند) به‌دست می‌آید. این وضعیت را با اصطلاح زیبای «مُد تنفس» نام‌گذاری کرده‌اند. همهٔ هسته‌ها چنین حالتی را دارند.

امّا اگر واکنش $^{8}Be + \alpha$ بتواند برای تشکیل ^{12}C، انجام شود، چه عاملی مانع از واکنش $^{12}C + \alpha$ و تشکیل ^{16}O می‌شود؟ شاید این واکنش آسان‌تر باشد زیرا ^{8}Be فقط پس از 10^{-16} ثانیه، واپاشیده می‌شود، در حالی که ^{12}C نمی‌پاشد. امّا حالت تنفس برای J=۰ برابر با ۶/۰۵ MeV است، در حالی‌که $^{12}C + \alpha$ حالت برانگیخته ۷/۱۶ MeV را در ^{16}O تولید

می‌کند، بنابرایـن حالت ۶/۰۵ MeV برای کمک به این فرایند بسـیار پایین است و حالت بعدی J=۰ برابر با ۱۰/۹۵ MeV بسـیار بالاتـر از ۷/۱۶ MeV اسـت که کمتر می‌توان به آن دسـت یافت. بنابراین، حالـت پایه ^{16}O فقط می‌توانـد در فرآیندهایـی بـا احتمال بسـیار کم تولید شود. در نتیجه، فقط نیمـی از کربن بـه اکسـیژن تبدیل می‌شود.

امّا داسـتان پایان نیافته اسـت، زیرا امکان دارد اکسیژن در واکنش $^{16}O + \alpha$ برای تشـکیل ^{20}Ne در فرآیند مشابهی از بیـن برود. امّا واکنش $^{16}O + \alpha$ به انرژی برانگیخته ۴/۷ MeV در ^{20}Ne می‌انجامـد، در حالی‌که انرژی پایین‌ترین حالت J=۰ (حالت تنفس) ۶/۷ MeV، بسـیار دور از دسترس است. بنابراین، احتمال این فرآیند بسـیار کم اسـت و اکسیژن باقی می‌ماند. مقدار کربن و اکسـیژن در عالـم و زمین تقریباً برابر اسـت، که بنا به گفتهٔ زیست‌شناسان شرطِ لازم برای زندگی شناخته شده است. درست مثل داستان گیس گلابتون*، این شـرط ناشـی از این واقعیت اسـت که انرژی (حالت تنفس) J=۰ در ^{16}O بسـیار پایین و در ^{20}Ne بسیار بالا و فقط در ^{12}C «درست همان چیزی است که باید باشد».

اکنون جنبه‌های «تنظیم دقیق» هلیم‌سـوزی را بررسـی می‌کنیم. در زمان 10^{-16} s نیمه عمر ^{8}Be، ۱۰۰۰بار طولانی‌تر از حالتی اسـت که ذره α می‌تواند فـرار کند، زیرا انرژی کافی بـرای فرار دقیقاً برابـر با ۰/۰۹ MeV اسـت. این وضعیت را می‌توان با مقایسـه با شکل ۱۰ دریافت بجز آنکه در این مورد عمق چاه پتانسـیل ۱۰MeV است که آن‌را شدت برهم‌کنش S–N میان دو ذره تعیین می‌کند. اگر شـدت برهم‌کنش S–N، ۱ درصد بیشـتر بـود، عمق چاه ۱۰/۱ MeV می‌شـد، و تراز انـرژی پایین‌تر از لبهٔ چاه قرار می‌گرفت و ^{8}Be پایدار می‌شـد. در این مورد، هلیم در ستارگان با همان سرعت هیدروژن‌سوزی به کربن تبدیل می‌شد و تحول ستارگان به‌صورت بارزی تغییر می‌کرد. در این صورت بر پایه تحلیلی که صورت گرفته اسـت همهٔ سـیارات از جمله زمین شامل کربن جامد با مقدار اندک یا بدون اکسـیژن یا عناصر سـنگین‌تر می‌شـدند، که محیط نامسـاعدی برای شـکل‌گیری زندگی می‌بود. اگـر طول موج $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$ کوتاه‌تر از عرض چاه باشـد اثر یکسانی خواهد داشـت، برای مثال، اگر شدت برهم‌کنش S–N تغییر نمی‌کرد امّا برد آن افزایش می‌یافت عرض چاه که به‌وسـیله برهم‌کنش S–N تعیین می‌شود تغییر نمی‌کرد اما اگر ثابت پلانک ۰/۵ درصد کوچک‌تر و یـا جرم نوکلئون‌ها (در نتیجه جرم ذره α) ۱ درصد بزرگ‌تر بود، همین اثر روی می‌داد. از طرف دیگر، اگر شدت برهم‌کنش S–N کمی ضعیف‌تر یا اگر بُرد آن کمی کوتاه‌تر بود، تراز انرژی خیلـی بالاتـر از لبهٔ چاه قرار می‌گرفت و نیمـه عمر ^{8}Be باید بسـیار کوتاه‌تر می‌شد و هلیم‌سوزی شرایط چگال‌تر و بالاتری را می‌طلبید، در نتیجه تحول ستارگان به‌شدت تغییر می‌کرد و شـاید به انفجار ستارگان پیش از شکل‌گیری عناصر سنگین‌تر می‌انجامید.

اگر تنها عناصر موجود هیدروژن و هلیم بودند، پیدایش زندگی هوشمندی که ما می‌شناسیم میسر نبود. گام نخست مهم در تشکیلِ همهٔ عناصَر دیگر هلیم‌سوزی است

قـرار گرفتن تراز انرژی J=۰ درسـت در جـایِ خود برای افزایش بسیار زیاد آهنگ واکنش در ^{12}C و نه در ^{16}O یا ^{20}Ne به علت سرشـت برهم‌کنش S–N به‌صورتی فوق‌العاده پیچیده است (شدت آن برحسب فاصلهٔ میانِ نوکلئون‌ها، بستگی اسپین و غیره است)، ولی این شرایط کاملاً حیاتی است. اگر تراز انرژی در ^{12}C درسـت در آنجا نبود، هلیم‌سـوزی به شـرایط بسـیار داغ‌تـر و چگال‌تری نیاز داشـت و روند تحول سـتارگان تغییر می‌کرد و شاید به انفجار آن‌ها پیش از تشکیل عناصر سنگین‌تر می‌انجامید. **فرد هویل** اخترشناس بَرجسته، وجود تراز انرژی را در آنجا یک کارِ مُقدّر (بَندُبست- زَدُبند) می‌داند. نبود این تراز در ^{16}O و ^{20}Ne برای نسبت کربن به اکسیژن بسیار مهم است، بر پایهٔ یک تحلیل، اگر برهم کنش S–N، ۰/۵ درصد شـدیدتر بود، عملاً هیچ کربنی در عالَم وجود نداشـت، و اگر ۰/۵درصد ضعیف‌تر بود، تقریباً هیچ اکسیژنی به‌وجود نمی‌آمد. در هر یک از این شرایط تصور به‌وجود آمدن زندگی هوشمند مشکل بود.

با ترکیب شـرایط برای هیدروژن‌سـوزی و هلیم‌سوزی، نشـان داده‌ایم که برای به‌وجود آمدن حیاتِ هوشمند در هر جای عالَم، نباید شدت برهم‌کنش S–N، ۰/۵ درصد ضعیف‌تر یـا ۰/۲۵ درصد قوی‌تـر، بُرد واکنش آن نبایـد ۰/۱۳ درصد بلندتر، جرم‌های نوکلئون‌ها نباید ۶ درصد کوچک‌تر یا ۰/۲۵ درصد بزرگ‌تر و ثابت پلانک نباید ۰/۱۳درصد کوچک‌تر یا ۳ درصد بزرگ‌تر باشد.

مرجع

The phisics Teacher 1.Understanding the Fine Tuning in our Universe Bernard L.Cohen Vol.46,May 2008.

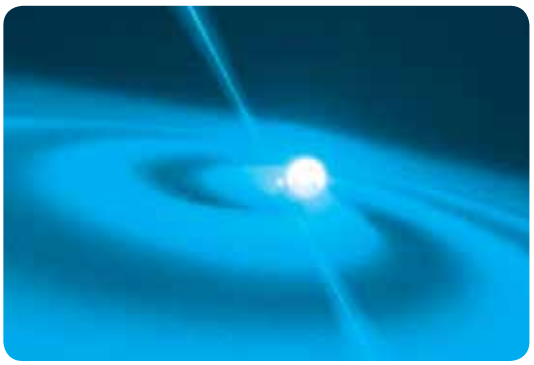
* در مقاله به داسـتان «دختـری بـا گیسـوهای طلایی» اشاره شده است. این داستان دربارهٔ دختری است به نام راپونزل با گیسـوهای بسـیار بلند که در یک قلعه قدیمی زندانی شـده اسـت. در قلعه پنجره‌ای وجود دارد که تنها راه ارتباطی دختر به دنیای خارج است. دختر برای بالا آمدن قهرمان داسـتان از دیوارِ قلعه گیسوهای خود را به بیرون پنجره می‌اندازد و از قضای روزگار **طول گیسوی دختر درسـت به اندازه‌ای اسـت** که قهرمان داسـتان می‌توانـد آن را گرفتـه و به کمـک آن از دیـوار قلعه بالا رود و خود را ....

مرزهای فیزیک

تازه‌ترین اخبار پژوهشی

منیژه رهبر

نظریهٔ گرانی اینشتین سخت‌ترین آزمون را پشت‌سر می‌گذارد



ستارهٔ نوترونی اَبَرچگالی در مرکز، به‌عنوان تپ اختر باریکه‌هایی از امواج رادیویی گسیل می‌کند و با یک کوتوله سفید متراکم در فاصلهٔ نزدیک جفت شده است. این دو با هم «آزمایشگاه» کیهانی طبیعی بی‌سابقه‌ای را برای مطالعهٔ سرشت گرانی در اختیار فیزیک‌دان‌ها می‌گذارند. شبکهٔ زمینه واپیچیدگی‌های ناشی از تأثیر گرانشی دو جسم را در فضازمان نشان می‌دهد.

(phys.org) منظومهٔ ستارهٔ دوتایی عجیب، بررسی نسبیت را تا مرزهای جدیدی به پیش می‌برد. یک زوج ستاره‌ای عجیب به فاصلهٔ ۷۰۰۰ سال نوری از زمین آزمایشگاه کیهانی منحصربه‌فردی را برای مطالعهٔ سرشتِ گرانی در اختیار فیزیک‌دان‌ها گذاشته است. گرانی بسیار شدید یک ستارهٔ نوترونی در مدار یک ستارهٔ کوتولهٔ سفید همدم، نظریه‌های گرانی رقیب را در معرض آزمونی بسیار جدی‌تر از آنچه تاکنون موجود بود قرار می‌دهد.

یک‌بار دیگر، نظریهٔ نسبیت عام اینشتین که در سال ۱۹۱۵ منتشر شد، در صدر قرار می‌گیرد. با این همه، دانشمندان انتظار

این برداشت هنرمندانه، یک دوتایی عجیبِ متشکل از یک ستارهٔ نوترونی کوچک اما بسیار سنگین را نشان می‌دهد که در هر ثانیه ۲۵ بار دور خود می‌چرخد و یک کوتوله سفید هر دو ساعت و نیم یک‌بار دور آن می‌گردد. ستارهٔ نوترونی تپ اختر موسوم به PSR J0348+432 است که امواج رادیویی گسیل شده از آن را می‌توان با تلسکوپ‌های رادیویی در زمین آشکار ساخت. گرچه این زوج غیرعادی به سهم خود جالب توجه‌اند، اما آزمایشگاه منحصر به فردی را هم برای آزمایش محدودیت نظریه‌های فیزیکی فراهم می‌سازند.

دارند که مدل اینشـــتین در شرایط کاملاً حدی بی‌اعتبار شود. فیزیک‌دانـــان امید دارند توصیف‌های دیگری از گرانی را بیابند که این نارسایی‌ها را حل کند.

یک تپ اختر تازه کشـــف شده ـ ستارهٔ نوترونی چرخانی با جرم دو برابر جرم خورشـــید ـ و همدم کوتولهٔ سفیدش که هر دو ساعت و نیم یک‌بار درهم می‌چرخند نظریه‌های گرانی را در معرض دشوارترین آزمون ممکن قرار داده‌اند.

رصدهای مربوط به ایـــن منظومه که PSRJ0348+432 نامیده شده است، نتایجی را به‌دست داده که با پیش‌بینی‌های نسبیت عام سازگار است. این زوج را، که در فاصلهٔ نزدیک دور هم می‌چرخند، تلسکوپ گرین بنک بنیاد ملی علوم[1] (GBT) کشف کرد و سپس با تلســـکوپ آپاچی پوینت[2] در نیومکزیکو با نور مرئی، وری لارژ[3] تلســـکوپ در شـــیلی، و تلسکوپ ویلیام هرشـــل[4] در جزایر قناری مورد بررســـی قرار گرفت. رصدهای رادیویی گسترده با تلسکوپ آرسیبو[5] در پورتوریکو و تلسکوپ افلزبرگ[6] در آلمان داده‌های بســـیار مهم دربارهٔ تغییرات دقیق در مدار ستاره را در اختیار گذاشته‌اند.

در این نوع منظومه‌ها، مدارها فرو می‌افتند و امواج گرانشی گسیل می‌شـــوند که حامل انرژی دستگاه است. با اندازه‌گیری دقیق زمان رســـیدن تپ‌های رادیویی تپ اختـــر در دوره‌های زمانی طولانی، اخترشناســـان می‌توانند آهنگ فروافت و مقدار انـــرژی گرانشـــی گســـیل شـــده و در نتیجه تغییـــر در آهنگ فروافت‌مداری را تعیین کنند. آن‌ها گمان می‌کردند نظریه‌های گرانشـــی رقیب نسبیت عام ممکن اســـت در این مورد دقیق‌تر باشند.

پائولو فریر[7] از انستیتوی ماکس پلانک در آلمان می‌گوید: «فکر می‌کردیم این منظومه به اندازهٔ کافی حدی است تا نقص نسبیت عام اینشتین را نشان دهد، اما به‌جای آن نشان داد که پیش‌بینی‌های اینشتین کاملاً صادق هستند.»

دانشـــمندان می‌گویند که این برای پژوهشگرانی که امید دارند امواج گرانشـــی را برای اولین‌بار با دســـتگاه‌های پیشرفته مستقیماً آزمایش کنند خبر خوبی است. این پژوهشگران امید دارند با اســـتفاده از این دســـتگاه‌ها امواج گرانشی گسیل شده از زوج‌های چگال مانند ســـتارگان نوترونی و سیاهچاله‌هایی را که در حرکتی مارپیچ به‌ســـوی برخوردهای سهمگین به پیش می‌روند آشکار سازند.

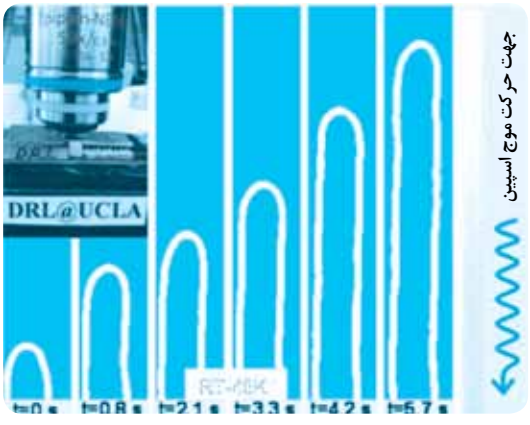
آشکارسازی امواج گرانشی حتی با بهترین دستگاه‌ها بسیار دشوار است، فیزیک‌دانان انتظار دارند که ویژگی‌های موردنظر آن‌ها در «نوفه» ناشی از آشکارسازها پنهان شده باشد. آشنایی با ویژگی‌هایی که در جســـت‌وجوی آن هستند امکان استخراج سیگنال موردنظر از نوفه را در اختیار می‌گذارد. نتایج آزمایش آن‌ها نشـــان می‌دهد که روش‌های برنامه‌ریزی شـــده برای این دستگاه‌های پیشرفته معتبر است. نتایج کار این دانشمندان در مجلهٔ *ساینس*[8] منتشر شده است.

برای اطلاعات بیشتر مراجعه کنید به
"A Massive Pulsar in a Compact Relativistic Binary", by J. Antoniadis et al, Science, 2013

پی‌نوشت‌ها

1. National Science Foundation Green Bank Telescope
2. Apache Point
3. Very Large Telescope
4. William Herschel Telescope
5. Arecibo
6. Effelsberg
7. Paulo Freire
8. Science

بهره‌گیری از گرمای تلف شده برای تأمین توان



(Phys.org) مجســـم کنیـــد اگر بتوانیـــد از گرمای اضافـــی رایانه‌تان برای تأمیـــن توان آن اســـتفاده کنید چقدر در قبض برقتان صرفه‌جویی می‌شود. پژوهشگران مدرســـهٔ مهندســـی و علوم کاربردی هنری ســـاموئل در UCLA گام مهمـــی را در جهـــت به‌کارگیری این گرما و اســـتفادهٔ عملی از آن برداشـــته‌اند. ایـــن کار می‌تواند به وسایل و دستگاه‌های داده‌پردازی کارامدتری بینجامد.

گروه پژوهشی به رهبری کنگ ونگ[1]، استاد مهندسی برق در UCLA نشان داده است که چگونه می‌توان به یک وسیلهٔ اسپینترونیک، یعنی وسیله‌ای که برای تأمین انرژی به‌جای بار الکترون از اسپین آن استفاده می‌کند، توان اضافه کرد. گرمای

اضافی ناشی از استفادهٔ طولانی از رایانه یا هر وسیلهٔ دیگر، به‌طور طبیعی یک موج اسپین به‌وجود می‌آورد که می‌تواند دیوارهٔ یک حوزه را به حرکت درآورد. دیوارهٔ حوزه مواد مغناطیسی را، در جهت‌های مختلف در برخی وسایل مغناطیسی، از هم جدا می‌سازد.

اگر دیوارهٔ حوزه در داخل واحد پردازندهٔ مرکزی یک رایانه یا وسیلهٔ الکتریکی دیگر قرار گیرد، به‌عنوان یک توربین عمل می‌کند و با گرفتن گرما از موج اسپین رونده آن را به انرژی تبدیل می‌کند، درست همان‌طور که توربین توانِ آب را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند که می‌توان از آن برای به حرکت درآوردن آب یا مقاصد دیگر استفاده کرد.

ایدهٔ استفاده از انرژی گرمایی برای به حرکت درآوردن دیوارهٔ حوزه‌های مغناطیسی چیز تازه‌ای نیست، اما مقالهٔ منتشر شده اولین مورد به حرکت درآوردن دیوارهٔ حوزه از طریق انتشار یک موج اسپین است.

پژوهشگران می‌گویند به دام انداختن انرژی گرمایی می‌تواند مکمل توان ناشی از مدارهای CMOS[2]های سنتی (نیمرساناهای فلزی ـ اکسید مکمل) در وسایل مختلفی در گسترهٔ تلفن‌های هوشمند تا سرورهای رایانه و وسایل الکتریکی بزرگ باشد. این روش در درازمدت می‌تواند رقیبی برای مدارهای CMOS در بسیاری وسایل گردد.

این کار در *فیزیکال ریویو لترز*[3] آنلاین در http://prl.aps.org/pdf/PRL/vllo/i17/el77202 آمده است و در شمارهٔ آینده این مجله چاپ خواهد شد.

پی‌نوشت‌ها

1. kang wang
2. Complementary metal - oxide Semi Conductors
3. Physical Review Letters

منبع

دانشگاه کالیفرنیا در لوس‌آنجلس

پروتئین‌ها با استفاده از انرژی خورشید آنتی‌بیوتیک‌های مضر را از آب جدا می‌سازند

کره‌های صافی‌های خورشیدی آنتی‌بیوتیک‌ها را نشان می‌دهند. هر کره کوچک‌تر از قطر موی انسان است. در آینده، این صافی‌ها می‌توانند در نواحی شهری یا روستایی در رودخانه‌ها شناور شوند تا ترکیبات زیان‌آور را از آب جدا سازند.

(Phys.org) ـ پژوهش جدیدی که تازه منتشر شده است نشان می‌دهد که چگونه پژوهشگران دانشگاه سین‌سیناتی با به‌کارگیری یک نانوصافی خورشیدی توانسته‌اند مواد سرطان‌زا و آنتی‌بیوتیک را از منابع آب ـ دریاچه‌ها و رودخانه‌ها ـ با آهنگی جدا کنند که بسیار سریع‌تر از فناوری موجود با استفاده از کربن فعال شده است.

ویکرام کاپور[1] دانشجوی دورهٔ دکترای مهندسی محیط‌زیست و دیوید وندل[2] استادیار مهندسی محیط‌زیست در مجلهٔ *نانولترز*[3] گزارشی از کار خود در مورد ساخت و آزمایش یک صافی متشکل از پروتئین‌های باکتریایی را منتشر کرده‌اند. براساس این گزارش صافی مزبور می‌تواند ۶۴ درصد آنتی‌بیوتیک‌های موجود در آب‌های سطحی را جدا کند. این مقدار با استفاده از فناوری تصفیه با کربن فعال شده ۴۰ درصد است. یکی از جنبه‌های جالب نانو صافی آن‌ها توانایی آن در استفادهٔ مجدد از آنتی‌بیوتیک‌های به دام افتاده است.

کاپور و وندل کار ساخت نانوصافی خود را در سال ۲۰۱۰ آغاز و آن را در سال ۲۰۱۲ آزمایش کردند و گزارش آن را در مقاله‌ای با عنوان «مهندسی پمپ‌های برون‌ریزی باکتریایی برای بهبود کیفیت زیستی آب‌های سطحی» منتشر ساختند.

حضور آنتی‌بیوتیک‌ها در آب‌های سطحی از این‌رو مضر است که باعث به‌وجود آمدن باکتری‌های مقاوم و از بین رفتن موجودات زندهٔ ذره‌بینی مفید می‌شود و به تنزل کیفیت محیط‌های آبی و زنجیره‌های غذایی می‌انجامد. به‌عبارت دیگر، تعداد عوامل عفونت‌زا مانند ویروس‌ها و باکتری‌های بیماری‌زا زیاد می‌شود و در ضمن سلامت رودخانه‌ها و دریاچه‌ها آسیب می‌بینند.

بنابراین، نانوصافی‌های تازه ساخته شده که قطر هریک از آن‌ها از موی انسان هم کمتر است می‌توانند تأثیر زیادی بر

سلامت انسان‌ها و کیفیت محیط‌های آبی داشته باشند (چون حضور آنتی‌بیوتیک در آب‌های سطحی می‌تواند بر دستگاه درون‌ریز پرندگان، ماهی‌ها و دیگر موجودات حیات‌وحش هم تأثیر بگذارد).

شگفت اینکه این صافی از همان عناصری استفاده می‌کند که به باکتری‌های مقاوم در برابر دارو امکان می‌دهد که زیان‌آور باشند؛ یعنی پمپ پروتئینی مرسوم به AcrB. به گفتهٔ وندل «این پمپ‌ها یک محصول شگفت‌انگیز تکامل‌اند. آن‌ها اصولاً سطل زباله‌های گزینشی برای دورریزی باکتری‌ها هستند. نوآوری ما این بود که این دستگاه دورریزی را وارون کردیم. به‌طوری که به‌جای پمپ کردن به خارج، ترکیبات را به درون پروتئین انتقال آبدانه‌ای پمپ می‌کند.» (فناوری صافی کردن جدید را دستگاه پروتئین انتقال آبدانه‌ای می‌نامند.)

یک نوآوری دیگر منبع توان، یک پروتئین باکتریایی با محرک نور و موسوم به دلتا ـ رودوسپین است که توان پمپ کردن لازم برای به حرکت درآوردن آنتی‌بیوتیک‌ها را به AcrB می‌دهد.

دستگاه پروتئین باکتریایی چند امتیاز نسبت به فناوری صافی کردن کنونی دارد. توان لازم برای کار این فناوری جدید را نورمستقیم خورشید تأمین می‌کند در حالی‌که برای به‌کار انداختن صافی کربن فعال شدهٔ استاندارد انرژی زیادی لازم است. این فناوری امکان بازیافت آنتی‌بیوتیک‌ها را هم فراهم می‌سازد. پس از اینکه این نانوصافی‌ها آنتی‌بیوتیک‌ها را از آب‌های سطحی جذب کردند، می‌توان آن‌ها را از آب جدا و برای مصارف دارویی فرآوری کرد. از سوی دیگر، صافی‌های کربنی با گرم کردن تا صدها درجه احیا می‌شوند که باعث سوختن آنتی‌بیوتیک‌ها می‌شود. صافی‌های پروتئینی جدید بسیار گزینشی عمل می‌کنند. صافی‌های کربن فعال شدهٔ فعلی «همه‌چیز را می‌گیرند» و گسترهٔ وسیعی از آلاینده‌ها را جدا می‌کنند. این به معنی آن است که مواد آلی موجود در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها به سرعت آن‌ها را مسدود می‌کنند. به گفتهٔ وندل «نوآوری ما تاکنون نویدبخش روش مناسب زیست‌محیطی برای استخراج آنتی‌بیوتیک‌ها از آب‌های سطحی مورد نیاز همهٔ ماست. همچنین توان بالقوه و کم‌هزینه‌ای برای بازیافت و استفادهٔ مجدد از آنتی‌بیوتیک‌ها دارد. بعداً می‌خواهیم دستگاه خود را برای صافی کردن گزینشی هورمون‌ها و فلزات سنگین از آب‌های سنگین آزمایش کنیم.»

در ارتباط با کار منتشر شده در این مقاله، وندل و کاپور نانوصافی خود را در برابر کربن فعال شده که فناوری استاندارد فعلی در بیرون آزمایشگاه است، آزمایش کردند. آن‌ها این کار را با آب جمع‌آوری شده از رودخانه کوچک میامی (لیتل میامی ریور[4]) انجام دادند. آن‌ها با استفاده از نورخورشید، به‌عنوان منبع توان، توانستند آنتی‌بیوتیک‌های آمپی‌سیلین و وانکومایسین را که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرد، و نیز نوکلئیک اسید استین، اتیدیم برومید را که ماده‌ای سرطان‌زا برای انسان‌ها و حیوانات آبزی است جدا کنند.

برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به

Pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/n/4006910

پی‌نوشت‌ها

1. Vikram Kappor
2. David Wendell
3. Nano Letters
4. Little Miami River

منبع

دانشگاه‌سین‌سیناتی

نقش درختان در تولید مِه‌دود

پس از سال‌ها عدم اطمینان و حدس و گمان، پژوهشگران دانشگاه نورث کارولینا در چپل هیل[1] نشان می‌دهند چگونه درختان یکی از مهم‌ترین عوامل نگرانی زیست‌محیطی و سلامتی را تولید می‌کنند.

اکنون مدت زیادی است که معلوم شده درختان ایزوپرن را، که یک مولکول بسیار فراوان در هواست تولید و گسیل می‌کنند. ایزوپرن به‌خاطر محافظت برگ‌ها در برابر آسیب اکسیژن و افت‌وخیزهای دما شهرت دارد. با این همه، پژوهشگران در سال ۲۰۰۴ دریافتند که برخلاف باور همگان، ایزوپرن در تولید ذرات ریزی دخیل است که می‌توانند با ورود به ریه و جایگزین شدن در آن به سرطان ریه و آسم بینجامند

و به سایر بافت‌ها و محیط‌زیست آسیب برسانند.

اما پژوهشگران چطور توانستند این موضوع را حدس بزنند؟

جیسون سـرت[2] استادیار مهندسـی علوم زیست‌محیطی اکنون سـازوکاری را نشان داده اسـت که طبق آن ایزوپرن در تولید ذرات ریزی مشارکت دارد که به سلامت آسیب می‌رسانند.

در این بررسـی معلوم شـد که ایزوپرن وقتی بـر اثر قرار گرفتن در معرض تابش خورشید به‌صورت شیمیایی تغییر کند با اکسـیدهای نیتروژن ساخت انسـان واکنش می‌کند و ذرات ریزی را به‌وجود می‌آورد. اکسـیدهای نیتـروژن، آلاینده‌هایی هسـتند که در اتومبیل‌ها، کامیون‌هـا، هواپیماها، نیروگاه‌های ذغال‌سنگ و سایر منابع بزرگ مقیاس تولید می‌شوند.

به گفتهٔ «سرت» کار ارائه شده اطلاعات کاملاً جدیدی را در بحث‌های مربوط به کاهش سراسری آلاینده‌های ساخت انسان در اختیـار می‌گـذارد.» کار او در ***چکیده مقاله‌های آکادمی ملی علوم*** چاپ شده است. «ایزوپرن برای حفاظت از درختان و گیاهـان تکامل یافته اسـت، اما به‌علت حضور اکسـیدهای نیتروژن، در تولید تأثیر منفی بر سلامت و محیط‌زیست درگیر شده است.»

او اضافه می‌کند که «بدون شک نمی‌توانیم همهٔ درختان را قطع کنیم، اما می‌توانیم با کاهش گازهای گسیل‌شدهٔ ناشی از فعالیت انسان مانع از تولید ذرات ریز شویم».

با معلوم شـدن سـازوکار دقیق تولیـد ذرات ریز، اکنون پژوهشـگران می‌تواننـد آن را وارد مدل‌های کیفیت هوا کنند تا پیش‌بینی‌هـای بهتری از چگونگی آلوده شـدن هوا و تأثیر آن بر آب‌وهوای زمین به‌دسـت آورند. این کار به پژوهشـگران و آژانس‌هـای زیسـت‌محیطی امـکان می‌دهد کـه ارزیابی و تصمیم‌گیری‌هـای لازم را در مـورد تأثیر ایزوپرن بر سـلامت همگانی و تغییر آب‌وهوا به‌عمل آورند.

سـوارت می‌گوید: «مـا پدیده‌های غیرعـادی طبیعت را مشاهده می‌کنیم، اما باید بدانیم که کارهای ما دارای پیامدهایی اسـت. برهم‌کنش بین این گسـیل‌های طبیعی و ساخت بشر اسـت که آلودگی هوا، مِه‌دود، و ذرات ریز را تولید می‌کند ـ و اکنون یک دلیل وقوع این رویداد را می‌دانیم.»

پی‌نوشت‌ها

1. Chapel Hill
2. Jason Surratt

منبع

دانشگاه نورث کارولینا در چپل هیل

آموزشی

فِرهـای ریزموج

قسمت دوم

لوئیس ای. بلومفیلد

ترجمه: روح‌الله خلیلی‌بروجنی

www.avang.org

اشاره

قسـمت اول این مقاله در شـمارهٔ ۱۰۳ مجلهٔ رشد فیزیک با نگاهی به مبانی فیزیکی فرهای ریزموج منتشر شد. در این شماره با نحوهٔ تولید ریزموج‌ها آشنا خواهید شد.

کلیدواژه‌ها: ریزموج‌ها، فرهای ریزموج، مگنترون، القاگر، کاواک

تولید ریزموج‌ها با مگنترون

در قسمت اول مقاله دیدیم که با واجهش ریزموج‌ها به این طرف و آن طرف محفظـهٔ فر، میدان‌های الکتریکی متغیر غذا را می‌پزنـد. اما این ریزموج‌ها چگونه به وجود می‌آیند؟ شـاید حدس زده باشید که فر جریان متناوبی در بسامد ۲/۴۵ GHz تولیـد می‌کند و این جریان باعث لمبر زدن بار در مدار منبع و بالا و پایین رفتن آن در آنتن می‌شود. این درست همان چیزی است که در یک لامپ مگنترون صورت می‌گیرد.

مگنتـرون یک لامپ خلأ خاص اسـت؛ اتاقکـی توخالی که تمام هوای آن خارج شـده اسـت. مگنترون کـه عمدتاً از بخش‌های فلزی و سـرامیکی ساخته شده است، از باریکه‌های الکتـرون برای بـه راه انداختن بار در تعـدادی مدارهای منبع ریزموج بهـره می‌گیرد. این مدارهای منبع دارای بسـامدهای تشـدیدی در ۲/۴۵ GHz هسـتند که بسامد کار فر است. به کمک این آنتن ظریف، مگنترون ریزموج‌هایی گسـیل می‌کند که غذا را می‌پزند.

مدارهای منبع ریزموج در حلقه‌ای دور اتاقک تخلیه‌شـدهٔ مگنتـرون قرار گرفته‌اند. برای اینکه یکی از این مدارهای منبع به‌طور طبیعی در بسامد ۲/۴۵ GHz نوسان کند، خازن آن باید