



«فرهنگستان» با مرور کاربردهای غیرنظامی فناوری‌های هسته‌ای در دنیا و ایران به یک سوال مهم پاسخ می‌دهد

# انرژی هسته‌ای کجای زندگی به کار می‌آید؟



ندا اظهري

مترجم

خیلی از مناقشات امروز جهان بر سر انرژی هسته‌ای است. درگیری کشورهای مختلف با یکدیگر که به جرات می‌توان مهم‌ترین آنها را درگیری آمریکا با ایران دانست، در همین زمینه است و این کشور با ترس از کاربرد هسته‌ای در تولید سلاح‌های نظامی ایران، چالش‌های زیادی را با کشور ما داشته و همین مساله را می‌توان یکی از عمده‌ترین دلایل اعمال تحریم‌ها بر کشور دانست. درست است که انرژی هسته‌ای، به‌عنوان یک فناوری نوین و کاربردی تا حد زیادی در حوزه‌های نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما بخش وسیعی از کاربرد این فناوری در زندگی روزمره بشر هم به کار می‌رود و توانسته زندگی‌ها را از برخی ابعاد راحت‌تر کند.

به گزارش nationalgeographic، انرژی هسته‌ای با جداسازی اتم‌ها برای آزادسازی انرژی هسته‌ای از اتم‌ها ایجاد می‌شود. این فرآیند یعنی هم‌جوشی هسته‌ای، حرارتی را ایجاد می‌کند که به سمت عامل خنک‌کننده‌ای که معمولاً آب است، هدایت شده و باعث می‌شود بخار به وجود آمده توربین متصل به ژنراتور و تولیدکننده برق را بچرخاند. حدود ۴۵۰ رآکتور هسته‌ای حدود ۱۱ درصد کل برق جهان را تولید می‌کنند. درحال حاضر، بزرگ‌ترین تولیدکنندگان انرژی هسته‌ای به ترتیب، آمریکا، فرانسه، چین، روسیه و کره جنوبی هستند. معمول‌ترین سوختی که در انرژی هسته‌ای به کار می‌رود، اورانیوم است که به‌عنوان فلزی فراوان در دنیا شناخته می‌شود. اورانیوم استخراج‌شده از معدن را به U-235 پردازش می‌کنند تا بتوان با توجه به جدایی راحت‌تر اتم‌ها از یکدیگر، از آن به‌عنوان سوخت رآکتور هسته‌ای استفاده کرد. در رآکتور هسته‌ای، نوترون‌ها به‌عنوان ذرات زیراتمی که فاقد هرگونه شارژ الکتریکی هستند، با اتم‌ها برخورد کرده و باعث جدایی آنها می‌شود. این برخورد که به هم‌جوشی هسته‌ای معروف است، نوترون‌های بیشتری را آزاد می‌کند که با اتم‌های بیشتری واکنش داده و منجر به ایجاد واکنشی زنجیره‌ای می‌شود. محصول فرعی این واکنشها، پلوتونیم است که از آن هم می‌توان در قالب سوخت هسته‌ای استفاده کرد. انرژی هسته‌ای را علاوه بر کاربردهای نظامی در حوزه‌های مختلفی می‌توان به کار برد.

## کاربردهای انرژی هسته‌ای در ایران



ایران سال‌هاست به استفاده صلح‌آمیز از فناوری‌های هسته‌ای تأکید کرده و تاکنون هم ثابت کرده است جز این موارد، نیستی برای رسیدن به این فناوری ندارد و تاکنون هم از قابلیت‌های نظامی انرژی‌های هسته‌ای برای مقابله با کشورهای دیگر استفاده نکرده است. استفاده در صنعت چرخه سوخت هسته‌ای به‌عنوان مجموعه حلقه‌هایی از دستیابی به سنگ و تبدیل آن به قرص اورانیوم یکی از کاربردهای این فناوری است. اما در این میان، یکی از پرکاربردترین کاربردهای فناوری هسته‌ای در داخل کشور، استفاده از انرژی اتمی برای تولید برق و انرژی الکتریسیته است. در دنیای امروز که سوخت‌های فسیلی آلودگی‌های زیادی را ایجاد کرده‌اند، دستیابی به منبع عظیم برق و الکتریسیته می‌تواند این نوع آلودگی‌ها را تا حد زیادی کاهش دهد. همچنین محققان از انرژی هسته‌ای در بخش صنایع برای اکتشاف و استخراج معادن زیرزمینی گاز و نفت، پرتودهی بالایی محصولات بهداشتی، شناسایی محل نشت سیالات و مایعات در لوله‌ها و مخازن استفاده می‌شود. همچنین در بخش کشاورزی هم با کمک فناوری هسته‌ای می‌توان با پرتودار کردن محصولات کشاورزی، کیفیت آنها را افزایش داد. از دیگر فناوری‌های هسته‌ای در داخل کشور که امروزه

مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان به مدیریت منابع آبی اشاره کرد. اما بخش وسیعی از کاربرد فناوری انرژی اتمی به استفاده از آن در بخش پزشکی و بهداشتی می‌توان اشاره کرد، به‌طوری‌که پزشکان با کمک رادیوایزوتوپ‌ها تمام بدن بیمار را اسکن کرده و در تشخیص و درمان انواع سرطان‌ها مورد استفاده قرار می‌دهند. از این فناوری همچنین می‌توان در دامپزشکی و دامپروری هم استفاده کرد.

## محیط‌زیست و تغییرات آب‌وهوایی



استفاده کرد. یکی دیگر از موارد جالب کاربردی انرژی هسته‌ای، استفاده از پروب‌های نوترونیک است که برای اندازه‌گیری رطوبت مورد استفاده قرار می‌گیرند. در برخی موارد با استفاده از انرژی هسته‌ای می‌توان تا ۴۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. کارشناسان هواشناسی به لطف استفاده از فناوری انرژی هسته‌ای می‌توانند داده‌های معتبرتر و دقیق‌تری را پیرامون تحولات آب و هوایی به دست آورند و با دقت بالاتری وضعیت آب‌وهوایی را پیش‌بینی کنند.

به گزارش foronuclear، انرژی هسته‌ای با توجه به وابستگی آن به یک منبع استخراج‌شده و محدود، یک انرژی تجدیدپذیر محسوب نمی‌شود اما از آنجایی رآکتورهای عمل‌کننده هیچ‌یک از گازهای گلخانه‌ای را که در گرمایش کره زمین نقش دارند، ترشح نمی‌کنند، از آن می‌توان به‌عنوان راه‌حلی برای تغییرات آب‌وهوایی استفاده کرد. هیدرولوژی ایزوتوپ نوعی فناوری هسته‌ای است که در آن از ایزوتوپ‌های ثابت و رادیوایزوتوپ برای دنبال کردن حرکات آب در چرخه هیدرولوژیک استفاده می‌شود. از این ایزوتوپ‌ها می‌توان در تحقیق روی منابع آب شیرین زیرزمینی و مشخص کردن سرمنشا و نوع بار آنها استفاده کرد. با کمک این ایزوتوپ‌ها همچنین می‌شود مشخص کرد که آیا خطر نفوذ یا آلودگی آب نمکی وجود دارد و آیا امکان استفاده از آنها به روشی پایدار وجود دارد یا خیر. با ثبت میزان تیرتیموم رادیوایزوتوپ روی زمین در عمق‌های مختلف، می‌توان میزان بار آن را به‌عنوان جنبه اصلی در مدیریت منابع آبی اندازه‌گیری کرد. کارشناسان هواشناسی داده‌های معتبر را درباره تغییرات آب‌وهوایی کنار هم قرار داده و اثر حوادث آینده را مشخص می‌کنند. از فناوری‌های هسته‌ای می‌توان برای حل مشکلات مختلف مرتبط با آلودگی مانند آلودگی‌های ناشی از ذرات آلودگی، تخلیه گازها در سطح زمین، نشت روغن و بنیای کشاورزی در آلودگی آب‌ها و آلودگی ایجادشده توسط شهرها

## حوزه صنعت و رادیوایزوتوپ‌ها

مطالعه و میزان نشتی را مشخص کرد. از مواد رادیوایزوتوپ همچنین برای بررسی بخش‌های فلزی و یکپارچگی جوشکاری‌ها در طیف وسیعی از صنایع استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال، سیستم‌های جدید خط لوله گاز و نفت را می‌توان با قرار دادن منبع رادیوایزوتوپ در داخل لوله و غشاء خارج از جوش‌ها بررسی کرد. توانایی استفاده از رادیوایزوتوپ‌ها برای محاسبه دقیق ضخامت، بیشترین کاربرد این مواد در تولید مواد ورقه‌ای شامل فلز، منسوجات، کاغذ، پلاستیک و سایر مواد است. از سنجش چگالی در مواردی استفاده می‌شود که کنترل اتوماتیک مایعات، پودر یا جامد مانند تولید مواد شوینده از اهمیت بالایی برخوردار باشد. علاوه بر این، تعیین سن کربنی هم جزء مواردی است که در آن می‌توان از فناوری‌های هسته‌ای استفاده کرد. تجزیه و تحلیل فراوانی نسبی رادیوایزوتوپ‌های خاص طبیعی در تعیین سن سنگ‌ها و سایر موادی که مورد توجه زمین‌شناسان، مردم‌شناسان، هیدرولوژیست‌ها و باستان‌شناسان است، از اهمیت حیاتی برخوردار است.



استفاده از ایزوتوپ‌ها و اشعه‌ها در صنعت مدرن اهمیت زیادی در توسعه و بهبود فرآیندها، محاسبات، اتوماسیون و کنترل کیفیت دارد. درحال حاضر، تقریباً تمام شاخه‌های علمی از این فناوری به روش‌های مختلف استفاده می‌کنند. به‌عنوان مثال، رادیوایزوتوپ‌ها در تجهیزات گرانیقیمت صنعتی برای به دست آوردن اطلاعات به کار می‌روند که امکان افزایش عمر عملیاتی آنها را فراهم می‌کند. در حوزه دیگر، می‌توان از این فناوری در اشعه‌ایکس ساختار داخلی قطعات خاص برای بررسی کیفیت آنها بدون آسیب رساندن یا تغییر در ترکیب مواد استفاده کرد. رادیوایزوتوپ‌ها توسط تولیدکنندگان صنعتی به‌عنوان رادیوایزوتوپ برای کنترل جریان مایعات و فیلتراسیون، تشخیص نشتی و شناسایی سایش موتورسنگ و خوردگی تجهیزات به کار می‌روند. غلظت‌های پایین از ایزوتوپ‌هایی با عمر کوتاه در حالی می‌توان تشخیص داد که هیچ باقی‌مانده‌ای در محیط وجود ندارد. با افزودن مقادیر کمی از مواد رادیوایزوتوپ به مواد استفاده‌شده در فرآیندهای مختلف، می‌توان میزان مخلوط و جریان طیف وسیعی از مواد، از جمله مایعات، پودرها و گازها را

## حوزه کشاورزی و بهبود کیفیت مواد غذایی

روش‌های مرسوم انرژی کمتری صرف می‌شود و آن را می‌توان جایگزین استفاده از مواد افزودنی و گازهای دودی یا کاهش استفاده از آنها کرد. با توجه به اینکه استفاده از پرتوافشانی جزء روش‌های سرد به شمار می‌رود، آن دسته از مواد غذایی که با این روش تولید می‌شوند، تازگی و شادابی و شکل مناسب خود را به دست می‌آورند. پرتوافشانی مستقیم مواد غذایی یک روش موردقبول و تأییدشده از سوی سازمان غذا و کشاورزی آمریکا (FAO)، سازمان بهداشت جهانی و آژانس انرژی اتمی بین‌المللی به‌شمار می‌رود. استفاده از فناوری‌های هسته‌ای، کیفیت مواد غذایی را تا حد زیادی افزایش داده و مدت‌زمان نگهداری و سالم ماندن آنها را بالا برده است.

رادیوایزوتوپ‌ها و فناوری‌های اشعه‌ای در زمینه کشاورزی به‌منظور بهبود کیفیت مواد غذایی با استفاده از اعمال جهش‌ها در گیاهان و دانه‌های خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرد که به این ترتیب، می‌توان انواع مختلف محصولات کشاورزی را بدون انتظار برای فرآیند طولانی مدت جهش‌های طبیعی به دست آورد. فناوری‌های هسته‌ای روش بسیار کاربردی و مفیدی هستند که در بخش کشاورزی می‌توان برای کنترل حشرات، افزایش تولید مواد غذایی و کاهش میزان کود استفاده کرد. در زمینه مواد غذایی، پرتوافشانی مستقیم به مواد غذایی باعث کاهش تلفات پس از برداشت محصول و افزایش دوره نگهداری آنها و کیفیت مواد غذایی می‌شود. در این روش، نسبت به

## حوزه پزشکی و بهبود وضعیت تشخیص و درمان

و مطالعه ویژگی‌های سلول‌های تومور استفاده کرد. در امر استریل کردن تجهیزات پزشکی از اشعه گاما برای ضدعفونی سرنگ‌ها، دستکش‌ها، لباس‌ها و تجهیزات استفاده می‌کنند که بر اثر تابش حرارتی آسیب می‌بینند. درحال حاضر، قریب ۳۰ میلیون نفر از مزایای پزشکی هسته‌ای در دنیا استفاده می‌کنند. در امر تشخیص بیماری‌ها با فناوری‌های هسته‌ای معمولاً از رادیوایزوتوپ رادیویی استفاده می‌شود که اشعه‌های گاما به داخل بدن

ساز می‌کنند. این رادیوایزوتوپ‌هایی با عمر کوتاه هستند که با ترکیبات شیمیایی در ارتباط هستند که اجازه می‌دهند فرآیندهای خاص فیزیولوژیکی را به‌دقت مورد بررسی قرار دهند. بسته به نوع آزمایش، این رادیوایزوتوپ‌ها به بدن تزریق، بلعیده یا به صورت گاز استنشاق می‌شود. مجوز شدن تصویربرداری‌های پزشکی از جمله سی‌تی اسکن و ام‌آر‌آی به پزشکی هسته‌ای، قدرت تشخیص این فناوری‌ها را برای درمان بیماری‌هایی چون سرطان و بیماری‌های غده تیروئید استفاده می‌کنند. به‌عنوان مثال، از آلفادرامانی برای کنترل رشد و گسترش سرطان استفاده می‌شود.



شاید به جرأت بتوان گفت درکنار انرژی برق تولیدشده از فناوری انرژی هسته‌ای، پرکاربردترین حوزه‌های استفاده از این فناوری نوین، حوزه‌های پزشکی است که طیف گسترده‌ای را هم دربر می‌گیرد. به لطف استفاده از این فناوری‌ها به‌ویژه در کشورهای پیشرفته غربی، فناوری‌های تشخیص و درمان با دقت و نظم بالایی انجام می‌شود به‌طوری‌که تقریباً از هر سه بیمار، یک بیمار تحت روش‌های تشخیص و درمان نوین قرار می‌گیرد. از فناوری‌های هسته‌ای در شاخه‌های مختلف علم پزشکی از جمله آنکولوژی، کاردیولوژی، نورولوژی، پنهومولوژی یا اطفال استفاده می‌شود. متخصصان معمولاً از روش‌های تشخیصی مانند داروهای رادیویی، اسکن‌ها یا رادیوایزوتوپ‌ها و درمان‌های رادیوتراپی استفاده می‌کنند که اشعه ایکس و نیز تابش عناصر رادیوایزوتوپ‌ها تجهیزات تولید تابش شتاب‌دهنده، نقش موثری در این میان ایفا می‌کنند. فراتر از امر تشخیص و درمان بیماری‌ها، از فناوری هسته‌ای همچنین می‌توان برای استریل و ضدعفونی کردن تجهیزات پزشکی و یادگیری فرآیندهای بیولوژی با استفاده از رادیوایزوتوپ‌ها

## نمک‌زدایی و آب شیرین‌کنی



یکی از مهم‌ترین کاربردهایی که فناوری‌های هسته‌ای در زندگی مردم دارد، قابل شرب کردن آب مصرفی است. آب قابل شرب اولویت بالایی در توسعه پایدار دارد. در مواردی که نتوان از نهرها و سفره‌های زیرزمینی آب قابل شرب استخراج کرد، نمک‌زدایی آب دریا و آب‌های زیرزمینی معدنی یا فاضلاب‌های شهری در اولویت بعدی قرار می‌گیرند. بیشتر موارد نمک‌زدایی در زندگی امروز با استفاده از سوخت‌های فسیلی انجام می‌شوند که منجر به بالا رفتن میزان گازهای گلخانه‌ای می‌شوند. معمولاً نمک‌زدایی هسته‌ای یکپارچه در کارخانه با بیش از ۱۵۰ سال قدمت، در کشورهای قزاقستان، هند و ژاپن به‌وفور انجام می‌شود.