

انرژی هسته‌ای

برای تولید انرژی الکتریکی • روح‌الله خلیلی‌بروجنی

فرایند غنی‌سازی اورانیوم ۲۳۵

برای استفاده از اورانیوم به عنوان سوخت در نیروگاه‌های هسته‌ای، باید درصد فراوانی ایزوتوپ‌های ۲۳۵ را در یک نمونه اورانیوم افزایش دهیم. به فرایند افزایش درصد یا غلظت ایزوتوپ‌های ۲۳۵ در یک نمونه، غنی‌سازی گفته می‌شود. بیشتر راکتورهای تجاری تولید برق، مانند راکتور نیروگاه هسته‌ای بوشهر، از اورانیومی استفاده می‌کنند که در آن‌ها سوخت هسته‌ای بین ۳ تا ۵ درصد غنی‌سازی شده است (تصویر ۳).

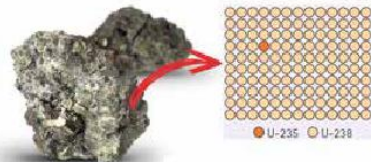


تصویر ۳. نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی شکافت هسته‌ای بوشهر راکتور این نیروگاه، زیر قسمت گنبدی شکل قرار دارد.

وقتی به انرژی هسته‌ای فکر می‌کنیم، نخستین چیزی که به ذهن متبادر می‌شود داستان سوخت آن، یعنی اورانیوم و فرایند غنی‌سازی آن است. تصویر ۱ تصویری از ورودی مجتمع معدنی اورانیوم ساغند (واقع در حوالی شهر اردکان یزد) را نشان می‌دهد که از آن می‌توان سنگ‌های اورانیوم طبیعی را استخراج کرد. سنگ معدن اورانیوم، ترکیبی از دو ایزوتوپ ۲۳۵ و ۲۳۸ است. به طوری که درصد فراوانی ایزوتوپ ۲۳۵ حدود هفت دهم درصد است. به عبارت دیگر، از هر ۱۴۰ اتم اورانیوم موجود در سنگ معدن اورانیوم، تنها یکی از آن‌ها ایزوتوپ ۲۳۵ و بقیه (یعنی ۱۳۹ اتم اورانیوم دیگر) ایزوتوپ ۲۳۸ است (تصویر ۲). اگرچه اورانیوم ۲۳۸ فراوان‌ترین ایزوتوپ طبیعی این عنصر در طبیعت است، ولی به دلایل فیزیکی، به عنوان منبعی برای سوخت هسته‌ای نامناسب است.



تصویر ۱. ورودی مجتمع معدنی اورانیوم ساغند



تصویر ۲. از هر ۱۴۰ اتم اورانیوم موجود در سنگ معدن اورانیوم، تنها یکی از آن‌ها ایزوتوپ ۲۳۵ و بقیه ایزوتوپ ۲۳۸ است.

تهر بن:

الف) وقتی سوخت هسته‌ای تا پنج درصد غنی‌سازی می‌شود، به ازای هر ۱۴۰ اتم اورانیوم چه تعدادی از اتم‌های آن ایزوتوپ اورانیوم ۲۳۵ است؟
 ب) وقتی سوخت هسته‌ای تا سه درصد غنی‌سازی می‌شود، در هر هزار گرم آن، چند گرم ایزوتوپ اورانیوم ۲۳۵ داریم؟

خوب است بدانید

جدا ساختن ایزوتوپ کمیاب اورانیوم ۲۳۵ از ایزوتوپ فراوان

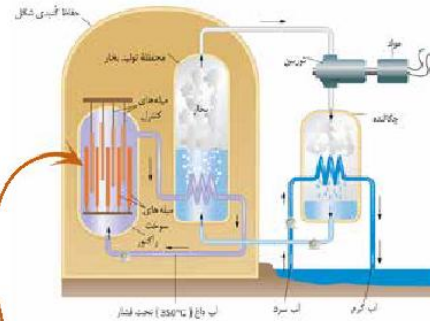
مهم‌ترین کار لیزه مایتر (۱۹۶۸-۱۸۷۸م)، دانشمند آلمانی، توصیف نتایج بمباران اورانیوم توسط نوترون‌ها بود. وی نخستین دانشمندی بود که نام شکافت را برای فرایند شکافت هسته‌ای پیشنهاد کرد.

نمرین: چه مقدار زغال‌سنگ باید سوخته شود تا انرژی حاصل از آن، معادل انرژی حاصل از شکافت یک گرم اورانیوم ۲۳۵ باشد؟ پاسخ خود را بر حسب کیلوگرم و تِن بیان کنید.

خوب است بدانید

ممکن است در خصوص میله‌های سوخت هسته‌ای در رسانه‌ها زیاد شنیده باشید. در واقع میله سوخت از تعدادی قرص سوخت که درون هر میله سوخت قرار داده شده‌اند، تشکیل شده است. از کنار هم قراردادن میله‌های سوخت، مجتمع‌های سوخت تشکیل می‌شوند که سرانجام درون قلب راکتور جای‌گذاری می‌شوند. تصویر ۵ طرح‌واره‌ای از این موضوع را نشان می‌دهد.

تصویر ۵. تشکیل مجتمع‌های سوخت



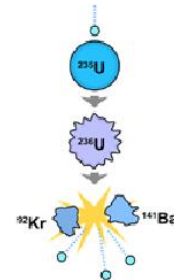
برای دیدن توضیحات بیشتر
رمز QR را اسکن کنید



اورانیوم ۲۳۸ بسیار دشوار است؛ زیرا هر دو ایزوتوپ به لحاظ شیمیایی یکسان‌اند و نمی‌توان از واکنش‌های شیمیایی استفاده کرد. جداسازی این دو ایزوتوپ بر اساس اختلاف جرم آن‌ها صورت می‌گیرد. یکی از روش‌های رایج و قدیمی انجام این کار، غنی‌سازی اورانیوم با استفاده از روش ساتریفوژ گازی است. در این روش گاز هگزافلوراید اورانیوم در یک لستوانه چرخان فوق سریع (معمولاً ۵۰ هزار دور در دقیقه) به حرکت در می‌آید. مولکول‌های گاز حلوی اورانیوم ۲۳۸ که سنگین‌ترند، مانند شیر در جداکننده‌های لینیات، به خارج رفته می‌شوند و مولکول‌های گاز حلوی اورانیوم ۲۳۵ که سبک‌ترند، از مرکز استخراج می‌شوند.

فرایند آزاد شدن انرژی از سوخت هسته‌ای

بیش از ۸۰ سال قبل، یعنی در سال ۱۹۳۹، گروهی از دانشمندان آلمانی کشف بسیار مهمی کردند که راهگشای عصر اتمی بود. آن‌ها دریافته‌اند که هسته اورانیوم ۲۳۵ پس از جذب نوترون، به دو اتم سبک‌تر تبدیل می‌شود و مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کند. فرایند تقسیم شدن یک هسته سنگین به دو هسته یا جرم کمتر، **شکافت هسته‌ای** نامیده می‌شود (تصویر ۴).



تصویر ۴.
فرایند شکافت هسته‌ای
در اورانیوم ۲۳۵
و آزاد شدن انرژی

در فرایند شکافت هر گرم اورانیوم ۲۳۵ حدود ۸۲ میلیون کیلوژول انرژی گرمایی آزاد می‌شود. در جدول ۱ انرژی شیمیایی ذخیره شده در هر گرم از سوخت‌های معمول بر حسب کیلوژول داده شده است.

جدول ۱.

انرژی شیمیایی موجود در بعضی از سوخت‌ها بر حسب کیلوژول بر گرم (kJ/g)	
زغال	۳۳/۶
نفت	۴۷/۹
گاز طبیعی	۵۴/۶
چوب	۱۶/۸
پروپان (شامل LPG)	۴۶/۴