

## غنی سازی و کاربردهای آن

### مقدمه

سنگ معدن اورانیوم موجود در طبیعت از دو ایزوتوپ  $^{235}\text{U}$  به مقدار ۰,۷ درصد و  $^{238}\text{U}$  به مقدار ۳,۹۹ درصد تشکیل شده است. سنگ معدن را ابتدا در اسید حل کرده و بعد از تخلیص فلز، اورانیوم را بصورت ترکیب با اتم فلورئور ( $\text{UF}_6$ ) و بصورت مولکول اورانیوم هگزا فلوراید تبدیل می کنند که به حالت گازی است. سرعت متوسط مولکولهای گازی با جرم مولکولی گاز نسبت عکس دارد .

### غنی سازی با دستگاه سانتریفیوژ

سانتریفیوژ دستگاهی است که برای جدا سازی مواد از یکدیگر بر اساس وزن آنها استفاده می شود. این دستگاه مواد را با سرعت زیاد حول یک محور به گردش در می آورد و مواد متناسب با وزنی که دارند از محور فاصله می گیرند. در واقع در این روش برای جدا سازی مواد از یکدیگر از شتاب ناشی از نیروی گریز از مرکز استفاده می گردد، کاربرد عمومی این دستگاه برای جداسازی مایع از مایع و یا مایع از جامد است. سانتریفیوژهایی که برای غنی سازی اورانیوم استفاده می شود حالت خاصی دارند که برای گاز تهیه شده اند که به آنها **Hyper-Centrifuge** گفته می شود. پیش از آنکه دانشمندان از این روش برای غنی سازی اورانیوم استفاده کنند از تکنولوژی خاصی بنام **Gaseous Diffusion** به معنی پخش و توزیع گازی استفاده می کردند .

### غنی سازی با دیفوزیون گازی **Gaseous Diffusion**

گراهان در سال ۱۸۶۴ پدیده ای را کشف کرد که در آن سرعت متوسط مولکولهای گاز با معکوس جرم مولکولی گاز متناسب بود. از این پدیده که به نام دیفوزیون گازی مشهور است برای غنی سازی اورانیوم استفاده می کنند. در عمل اورانیوم هگزا فلوراید طبیعی گازی شکل را از ستونهایی که جدار آنها از اجسام متخلخل (خلل و فرج دار) درست شده عبور می دهند. سوراخهای موجود در جسم متخلخل باید قدری بیشتر از شعاع اتمی یعنی در حدود ۲,۵ آنگسترم ( $10^{-10}$  سانتیمتر) باشد.

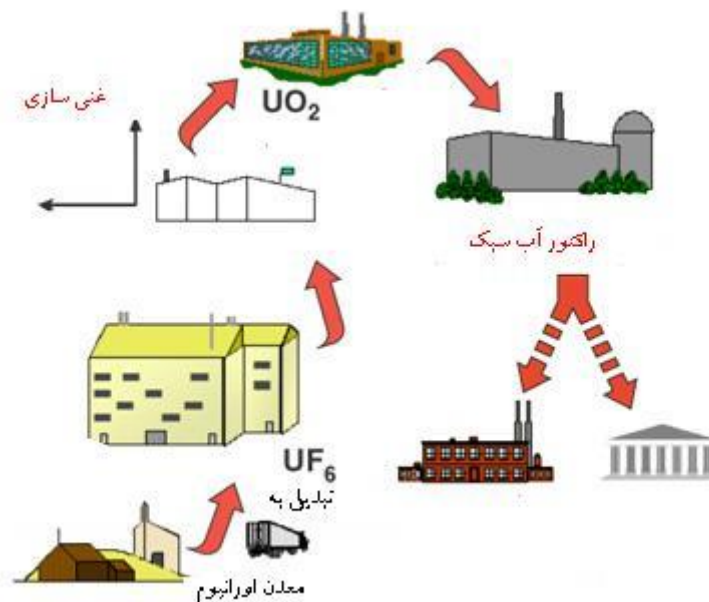
ضریب جداسازی متناسب با اختلاف جرم مولکولها است. روش غنی سازی اورانیوم تقریباً مطابق همین اصولی است که در اینجا گفته شد. با وجود این می توان به خوبی حدس زد که پرخرج ترین مرحله تهیه سوخت اتمی همین مرحله غنی سازی ایزوتوپها است، زیرا از هر هزاران کیلو سنگ معدن اورانیوم ۱۴۰ کیلوگرم اورانیوم طبیعی بدست می آید که فقط یک کیلوگرم  $^{235}\text{U}$  خالص در آن وجود دارد **Gaseous Diffusion**. از جمله تکنولوژیهای بود که ایالات متحده طی جنگ جهانی دوم در پروژه ای بنام **منهتن (Manhattan)** برای ساخت بمب هسته ای ، با کمک انگلیس و کانادا به آن دست پیدا کرد.

در این روش با تکرار استفاده از این صفحات فیلتر مانند ، بصورت آبشاری (**Cascade**) ، میزان  $^{235}\text{U}$  را به مقدار دلخواه بالا می بردند. این روش اولین راهکارهای صنعتی برای غنی سازی اورانیوم بود که کاربرد عملی پیدا کرد. نمونه ای از سانتریفیوژهای گازی آبشاری که برای غنی سازی اورانیوم از آنها استفاده می شود **Hyper-Centrifuge** . اما در روش استفاده از سانتریفیوژ برای غنی سازی اورانیوم ، تعداد بسیار زیادی از این دستگاهها بصورت سری و موازی بکار می برند تا با کمک آن بتوانند غلظت  $^{235}\text{U}$  را افزایش دهند .

گاز هگزا فلوراید اورانیوم ( $UF_6$ ) در داخل سیلندره‌های سانتریفیوژ تزریق می‌شود و با سرعت زیاد به گردش در آورده می‌گردد. گردش سریع سیلندر، نیروی گریز از مرکز بسیار قوی تولید می‌کند و طی آن مولکولهای سنگینتر (آنهایی که شامل ایزوتوپ  $^{238}U$  هستند) از مرکز محور گردش دورتر می‌گردند و برعکس آنها که مولکولهای سبکتری دارند (حاوی ایزوتوپ  $^{235}U$ ) بیشتر حول محور سانتریفیوژ قرار می‌گیرند.

در این هنگام با استفاده از روشهای خاص گازی که حول محور جمع شده است جمع آوری شده به مرحله دیگر یعنی دستگاه سانتریفیوژ بعدی هدایت می‌گردد. میزان گاز هگزا فلوراید اورانیوم شامل  $^{235}U$  که در این روش از یک واحد جداسازی بدست می‌آید به مراتب بیشتر از مقداری است که در روش قبلی (Gaseous Diffusion) بدست می‌آید، به همین علت است که امروزه در بیشتر نقاط جهان برای غنی سازی اورانیوم از این روش استفاده می‌کنند.

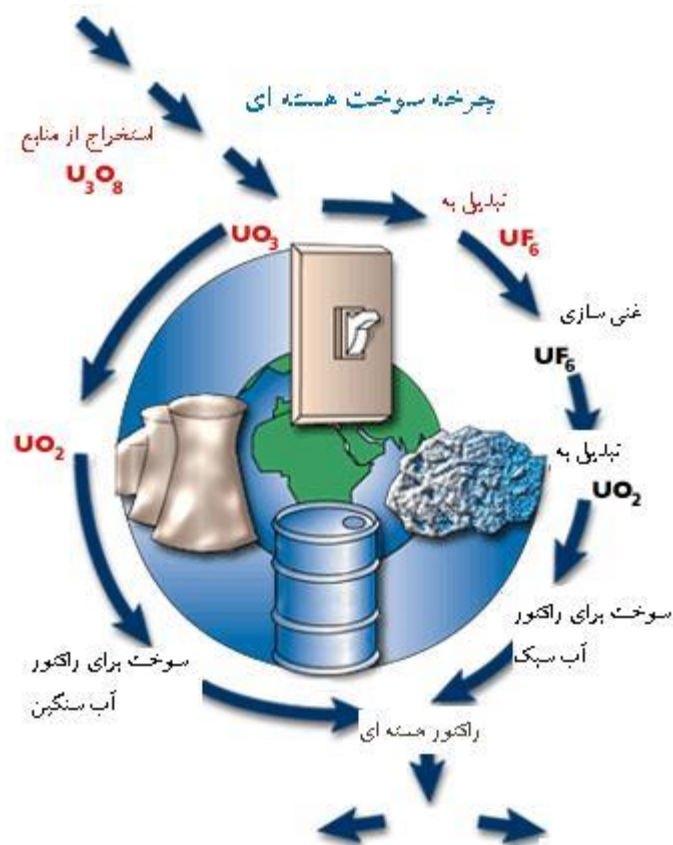
بزرگترین دستگاههای آبشاری سانتریفیوژ در کشورهایی مانند فرانسه، آلمان، انگلستان و چین در حال غنی سازی اورانیوم هستند. این کشورها علاوه بر مصرف داخلی به صادرات اورانیوم غنی شده نیز می‌پردازند. کشور ژاپن هم دارای دستگاههای بزرگ سانتریفیوژ است، اما تنها برای مصرف داخلی اورانیوم غنی شده تولید می‌کند.



### غنی سازی اورانیوم از طریق میدان مغناطیسی

یکی از روشهای غنی سازی اورانیوم استفاده از میدان مغناطیسی بسیار قوی می‌باشد. در این روش ابتدا اورانیوم هگزا فلوراید را حرارت می‌دهند تا تبخیر شود. از طریق تبخیر، اتمهای اورانیوم و فلوراید از هم تفکیک می‌شوند. در این حالت، اتمهای اورانیوم را به میدان مغناطیسی بسیار قوی هدایت می‌کنند. میدان مغناطیسی بر هسته‌های باردار اورانیوم نیرو وارد می‌کند (این نیرو به نیروی

لورنتس معروف می‌باشد) و اتمهای اورانیوم را از مسیر مستقیم خود منحرف می‌کند. اما هسته‌های سنگین اورانیوم ( $^{238}\text{U}$ ) نسبت به هسته‌های سبکتر ( $^{235}\text{U}$ ) انحراف کمتری دارند و در نتیجه از این طریق می‌توان  $^{235}\text{U}$  را از اورانیوم طبیعی تفکیک کرد .



#### کاربردهای اورانیوم غنی شده

- شرایطی ایجاد کرده اند که نسبت  $^{235}\text{U}$  به  $^{238}\text{U}$  را به ۵ درصد می‌رساند. برای این کار و تخلیص کامل اورانیوم از سانتریفوژهای بسیار قوی استفاده می‌کنند.
- برای ساختن نیروگاه اتمی ، اورانیوم طبیعی و یا اورانیوم غنی شده بین ۱ تا ۵ درصد کافی است.
- برای تهیه بمب اتمی حداقل ۵ تا ۶ کیلوگرم  $^{235}\text{U}$  صد درصد خالص نیاز است. در صنایع نظامی از این روش استفاده نمی‌شود و بمبهای اتمی را از  $^{239}\text{Pu}$  که سنتز و تخلیص شیمیایی آن بسیار ساده‌تر است تهیه می‌کنند.

#### نحوه تولید سوخت پلوتونیوم رادیو اکتیو

این عنصر ناپایدار را در نیروگاههای بسیار قوی می‌سازند که تعداد نوترونهای موجود در آنها از صدها هزار میلیارد نوترون در ثانیه در سانتیمتر مربع تجاوز می‌کند. عملاً کلیه بمبهای اتمی موجود در زرادخانه‌های جهان از این عنصر درست می‌شود. روش ساخت این

عنصر در داخل نیروگاههای هسته‌ای به این صورت که ایزوتوپهای  $^{238}\text{U}$  شکست پذیر نیستند، ولی جاذب نوترون کم انرژی هستند. تعدادی از نوترونهای حاصل از شکست  $^{235}\text{U}$  را جذب می‌کنند و تبدیل به  $^{239}\text{U}$  می‌شوند. این ایزوتوپ از اورانیوم بسیار ناپایدار است و در کمتر از ده ساعت تمام اتمهای موجود آمده تخریب می‌شوند.

در درون هسته پایدار  $^{239}\text{U}$  یکی از نوترونها خود به خود به پروتون و یک الکترون تبدیل می‌شود. بنابراین تعداد پروتونها یکی اضافه شده و عنصر جدید را که ۹۳ پروتون دارد نپتونیم می‌نامند که این عنصر نیز ناپایدار است و یکی از نوترونهای آن خود به خود به پروتون تبدیل شده و در نتیجه به تعداد پروتونها یکی اضافه شده و عنصر جدید پلوتونیم را که ۹۴ پروتون دارد ایجاد می‌کنند. این کار حدوداً در مدت یک هفته صورت می‌گیرد.

منبع: سایت دانش نامه رشد