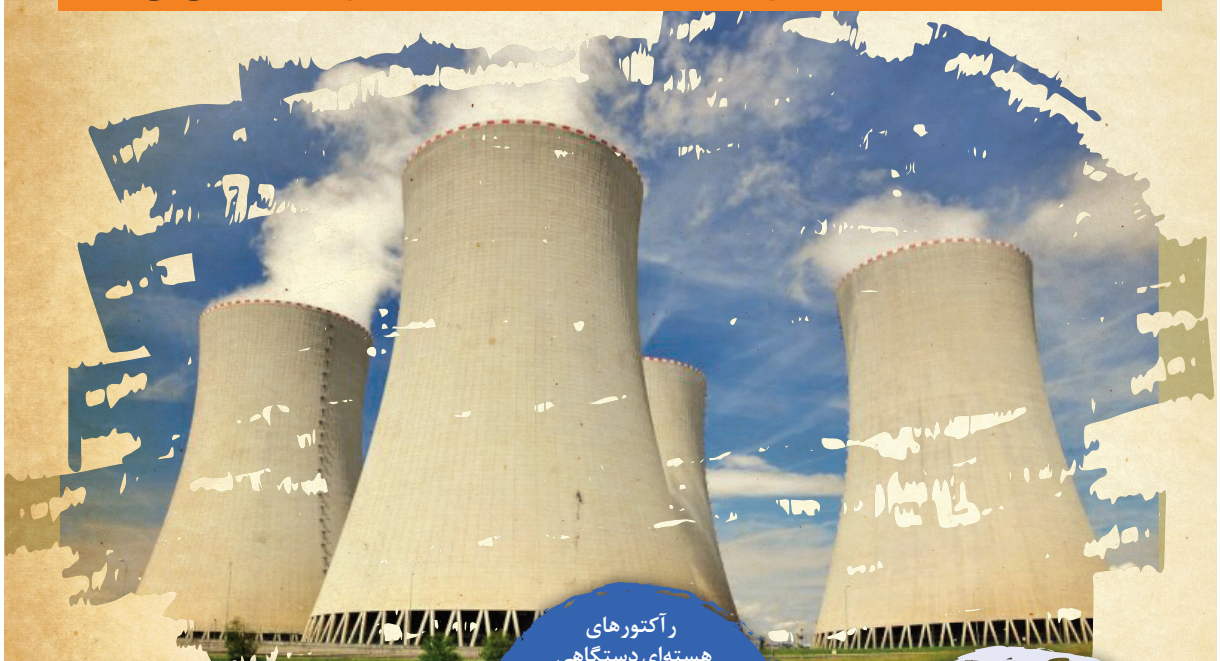
بستری برای آزادسازی انرژی

رآکتورهای هسته‌ای محل واکنش‌های هسته‌ای هستند که با آب سنگین، اورانیوم غنی می‌کنند



اولین رآکتور هسته‌ای دنیا

اولین انرژی کنترل‌شده ناشی از شکافت هسته‌ای در دسامبر ۱۹۴۲ به‌دست آمد. در زمین اسکواش زیر جایگاه‌های استاگ فیلد در دانشگاه شیکاگو. نخستین رآکتور هسته‌ای جهان با نام مستعار «شیکاگو Pile-1» عصر اتمی را آغاز کرد و میراث پیچیده‌ای از جمله ظهور انرژی هسته‌ای و سلاح‌های هسته‌ای را با خود همراه کرد. آن سال پروژه منهتن نیاز به ایجاد یک واکنش زنجیره‌ای داشت که گامی مهم برای اثبات امکان ساخت بمب اتمی بود. دانشمندان در ۲دسامبر ۱۹۴۲ در زمین اسکواش زیر غرفه استگ فیلد در دانشگاه شیکاگو به این واکنش هسته‌ای پایدار، نخستین واکنشی که توسط انسان ایجاد شد، دست یافتند.

رآکتورهای هسته‌ای دستگاهی برای انجام واکنش‌های هسته‌ای به‌صورت تنظیم‌شده و تحت کنترل هستند. در این رآکتورها آب سنگینی موجود است که نام شیمیایی آن D_2O است و باعث غنی‌سازی اورانیوم می‌شود.

انواع رآکتورها

رآکتورهای هسته‌ای براساس کاربردشان به ۲ گروه اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند. رآکتورهای قدرت و رآکتورهای تحقیقاتی. رآکتورهای قدرت مولد برق بوده و رآکتورهای تحقیقاتی برای تحقیقات هسته‌ای پایه، مطالعات کاربردی تجزیه‌ای و تولید ایزوتوپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما انواع فرعی رآکتورهای هسته‌ای برحسب نوع فرآیند شکافت، به اقسام حرارتی، ربع و میانی (واسطه) و برحسب مصرف سوخت به رآکتورهای سوزاننده، مبدل و زاینده، و برحسب نوع سوخت به رآکتورهای اورانیوم طبیعی، رآکتورهای اورانیوم غنی شده با ^{235}U (راکتور مخلوطی Be) و نیز برحسب خنک‌کننده به رآکتورهای گاز CO_2 مایع (آب، فلز)، و برحسب فاز سوخت کندکننده‌ها به رآکتورهای همگن، ناهمگن و بالاخره برحسب کاربرد به رآکتورهای قدرت، تولید نوکلید و تحقیقاتی تقسیم می‌شوند.

انرژی هسته‌ای و تغییرات آب و هوایی

انرژی هسته‌ای منبع انرژی کم کربن است، زیرا برخلاف نیروگاه‌های زغال‌سنگ، نفت یا گاز، نیروگاه‌های هسته‌ای عملا در طول کار خود CO_2 تولید نمی‌کنند. رآکتورهای هسته‌ای نزدیک به یک‌سوم برق بدون کربن جهان را تولید می‌کنند و در دستیابی به اهداف تغییر آب و هوا بسیار مهم هستند.

کجا و چگونه؟

در داخل نیروگاه‌های هسته‌ای، رآکتورهای هسته‌ای و تجهیزات آنها واکنش‌های زنجیره‌ای را که معمولا توسط اورانیوم ۲۳۵ سوخت می‌شوند، برای تولید گرما از طریق شکافت، در خود دارند و کنترل می‌کنند. گرما، آب را به‌عنوان عامل خنک‌کننده رآکتور، برای تولید بخار گرم می‌کند. سپس بخار به‌سمت توربین‌های چرخشی هدایت می‌شود و یک ژنراتور الکتریکی را برای ایجاد الکتریسیته کم‌کربن فعال می‌کند.

چرخه سوخت هسته‌ای چیست؟

چرخه سوخت هسته‌ای یک فرآیند صنعتی است که شامل مراحل مختلفی برای تولید برق از اورانیوم در رآکتورهای انرژی هسته‌ای است. این چرخه با استخراج اورانیوم شروع می‌شود و با دفع زباله‌های هسته‌ای به پایان می‌رسد. سوخت‌های هسته‌ای مستقیما در داخل رآکتور قرار داده نمی‌شوند، بلکه همواره به‌صورت پوشیده شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. پوشش یا غلاف سوخت، کندکننده یا خنک‌کننده را از آن جدا می‌سازد. این امر از خوردگی سوخت محافظت کرده و از گسترش محصولات شکافت حاصل از سوخت پرتودیده به محیط اطراف جلوگیری می‌کند. همچنین این غلاف می‌تواند پشتیبان ساختاری سوخت‌بوده و در انتقال حرارت به آن کمک کند. ماده غلاف همانند خود سوخت باید دارای خواص خوب حرارتی و مکانیکی بوده و از نظر شیمیایی نسبت به برهم‌کنش با سوخت و مواد محیط پایدار باشد. همچنین لازم است غلاف دارای سطح مقطع پایینی نسبت به برهم‌کنش‌های هسته‌ای حاصل از نوترون بوده و در مقابل تشعشع مقاوم باشد.

رآکتورهای آب سنگین و آب سبک

رآکتورهای آب سبک با آب معمولی (آب سبک) کار می‌کنند. هیدروژن به‌عنوان آب معمولی از یک پروتون تشکیل شده‌است اما در هیدروژن آب سنگین یک پروتون و یک نوترون وجود دارد. برای رآکتورهای آب سبک به اورانیوم غنی‌شده نیاز است اما در رآکتور آب سنگین از اورانیوم معمولی استفاده می‌شود. به این ترتیب در عمل استفاده از رآکتور آب سنگین نتیجه‌ای شبیه به غنی‌سازی اورانیوم خواهد داشت.

زباله‌های هسته‌ای

بهره‌برداری از نیروگاه‌های هسته‌ای زباله‌هایی با سطوح مختلف رادیواکتیویته تولید می‌کند. اینها بسته به سطح رادیواکتیویته و هدفشان متفاوت مدیریت می‌شوند. نسل بعدی نیروگاه‌های هسته‌ای که رآکتورهای پیشرفته نوآورانه نیز نامیده می‌شوند، زباله‌های هسته‌ای بسیار کمتری نسبت به رآکتورهای امروزی تولید خواهند کرد. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰ آنها در دست ساخت باشند.

استخراج، غنی‌سازی و دفع اورانیوم

اورانیوم فلزی است که در سنگ‌های سراسر جهان یافت می‌شود. اورانیوم دارای چندین ایزوتوپ طبیعی است که شکل‌هایی از عنصری هستند که از نظر جرم و خواص فیزیکی متفاوت هستند اما دارای خواص شیمیایی یکسانی هستند.
این فلز دارای دو ایزوتوپ اولیه است: اورانیوم-۲۳۸ و اورانیوم-۲۳۵.
اورانیوم ۲۳۸ اکثریت اورانیوم جهان را تشکیل می‌دهد اما نمی‌تواند یک واکنش زنجیره‌ای شکافت ایجاد کند، درحالی که اورانیوم ۲۳۵ را می‌توان برای تولید انرژی از طریق شکافت استفاده کرد اما کمتر از یک درصد اورانیوم جهان را تشکیل می‌دهد.
برای افزایش احتمال شکافت اورانیوم طبیعی، لازم است مقدار اورانیوم ۲۳۵ در یک نمونه معین از طریق فرایندی به نام غنی‌سازی اورانیوم افزایش یابد. پس از غنی‌سازی اورانیوم، می‌توان از آن به‌عنوان سوخت هسته‌ای در نیروگاه‌ها برای ۳ تا ۵ سال استفاده کرد و پس از آن هنوز رادیواکتیو است و باید طبق دستورالعمل‌های سختگیرانه برای محافظت از مردم و محیط‌زیست دفع شود.
کشف اورانیوم در سنگ‌های معدن اورانینیت در سال ۱۷۸۹ اتفاق افتاد. تحقیقات انجام شده توسط اتو هان، لیزه مایتنر، اریکو فرمی و سایر موارد مانند رابرت اوپنهایمر که در سال ۱۹۳۴ آغاز شد، منجر به تولید سوخت مورد استفاده در رآکتورهای هسته‌ای و در نهایت بمب هسته‌ای شد، بمبی که از آن به‌عنوان نخستین سلاح هسته‌ای استفاده‌شده در جنگ یاد می‌شود.
استفاده از ترکیبات اورانیوم توسط انسان عمری طولانی دارد، به‌طوری که قدمت استفاده از اورانیوم اکسید برای ایجاد رنگ زرد در لعاب سرامیک‌ها به ۷۹ سال قبل از میلاد بازمی‌گردد. شیشه‌های زرد حاوی یک درصد اورانیوم اکسید، توسط آر.تی. گانتر از دانشگاه آکسفورد در ایتالیا پیدا شد. از اواخر قرون وسطی، کم‌کم استخراج سنگ معدن اورانیوم از معادن نقره هاسبورگ در یاخیموو واقع در بوهم (جمهوری چک امروزی)، آغاز و استفاده از آن برای رنگ‌آمیزی در محصولات شیشه‌ای رواج یافت. در اوایل قرن نوزدهم میلادی، تنها معادن شناخته‌شده اورانیوم در سراسر دنیا، همین معادن بودند.