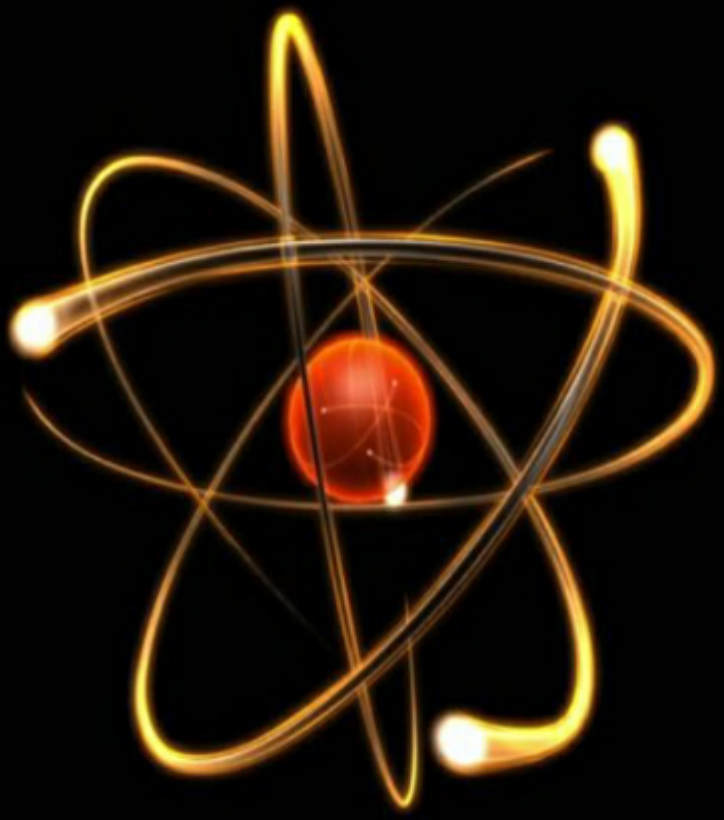
برقِ هسته ای



نویسنده : دکتر افشین رشید

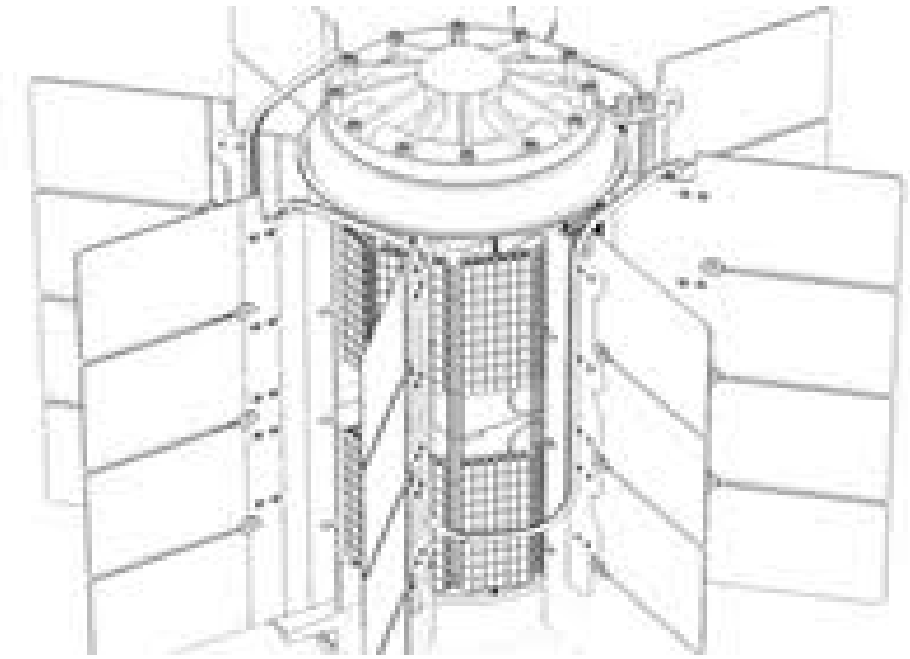
نویسنده : افشین رشید
سطح علمی نویسنده : دکترای نانو _ میکرو الکترونیک
تارنما : www.electronic-tarfand.blog.ir
پست الکترونیک : nanoelectronic.rashid@gmail.com

پیشگفتار نویسنده کتاب دکتر افشین رشید

در ستایش علم الکترونیک همین بس که کاربردی ترین علوم در جوامع میباشد . و از یاد نبریم نانو _میکرو الکترونیک برترین گرایش علوم الکترونیک و کلید دستیابی به یک فناوری برتر در نیمه ی سَده پیش رو میباشد. شاید باور کردنی نباشد اما تغییر در حجم و بازطراحی مدار های الکترونیکی و مخابراتی بر پایه علوم نانو الکترونیک میتواند تا چند برابر کارایی و قدرت این عناصر الکترونیکی افزایش دهد. و از نظر پیشرفت علمی دست با تر در صنایع دریایی ؛ نظامی ؛ پزشکی ؛ الکترونیکی ؛ مخابراتی _ارتباطی ؛ به ارمغان آورد .

یک (ژنراتور ترموالِکتریک رادیو ایزوتوپ) هیچ قسمت متحرکی ندارد و برای تبدیل مستقیم گرما به برق طراحی شده است. همانطور که گرما از یک مشعل گازی از طریق یک ماژول ترموالکتریک حرکت می کند، باعث ایجاد جریان الکتریکی می شود.(ژنراتور ترمو اِلکتریک رادیو ایزوتوپ) ها راه حل های سازگار با انرژی هیبریدی و تجدیدپذیر از جمله سیستم های سازگار با خورشید و پشتیبانی از منابع سوخت هیدروژن و گاز طبیعی ترکیبی هستند.(ژنراتور ترموالِکتریک رادیو ایزوتوپ) وسیله ای است که انرژی مکانیکی به دست آمده از منبع بیرونی را به انرژی الکتریکی بعنوان خروجی تبدیل می کند. این مهم است که درک کنیم که ژنراتور واقعا انرژی الکتریکی خلق نمی کند. در عوض، با استفاده از انرژی مکانیکی عرضه شده و با ایجاد حرکت و تولید بار الکتریکی در سیم سیم پیچ ها در مدار الکتریکی، برق را به عنوان خروجی سیستم تولید خواهد کرد. این جریان، شارژ الکتریکی جریان الکتریکی عرضه شده توسط ژنراتور است. ژنراتور ها در بسیاری از ماشین های الکتریکی مختلف استفاده

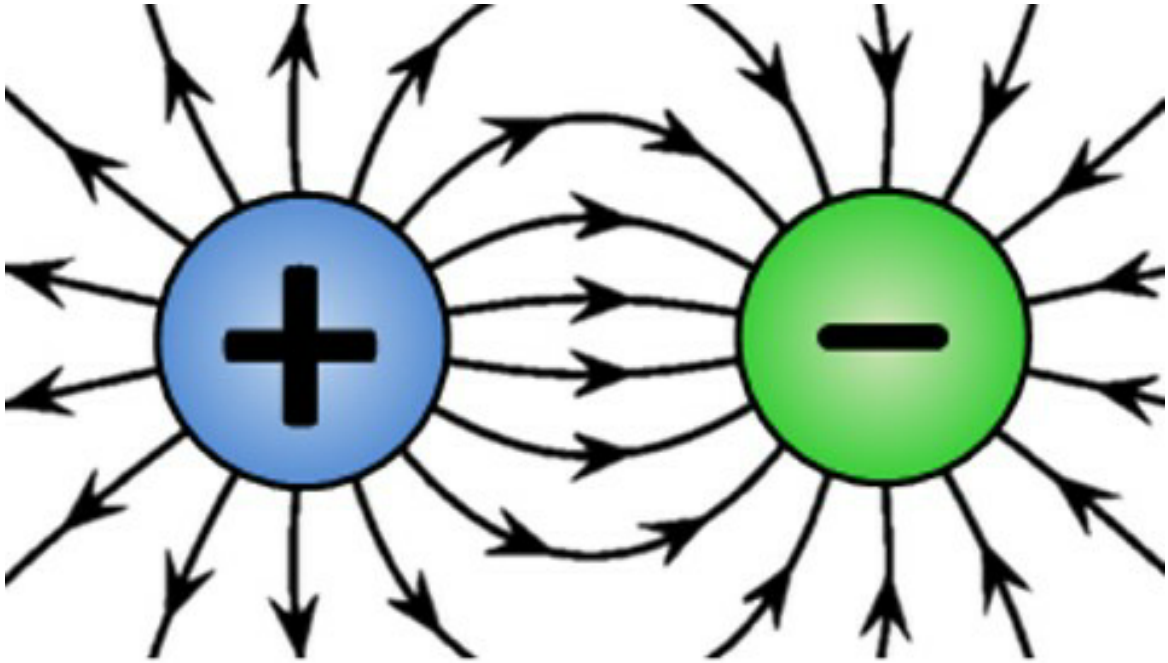
می شوند و منجر به پیشرفت های مدرن بسیاری شده اند. در آینده ما ممکن است ژنراتور های الکتریکی کوچکتر و با خروجی های بزرگتر شوند. در برخی موارد، هر چند، آنها ممکن است انرژی الکتریکی به طور مستقیم توسط یک منبع انرژی جایگزین تولید شود منسوخ شوند.انواع دیگر (ژنراتور ترموالِکتریک رادیو ایزوتوپ) بر اساس دیگر پدیده های الکتریکی مانند پیزو الکتریکی و مغناطیسی هیدرودینامیک وجود دارد.



ساخت دینامیک شبیه به یک موتور الکتریکی است و تمام انواع رایج دینامو می تواند به عنوان موتور کار کند.موتور ها و مولد های الکتریکی از جهات مختلفی دارای شباهت های زیادی با یکدیگر هستند.

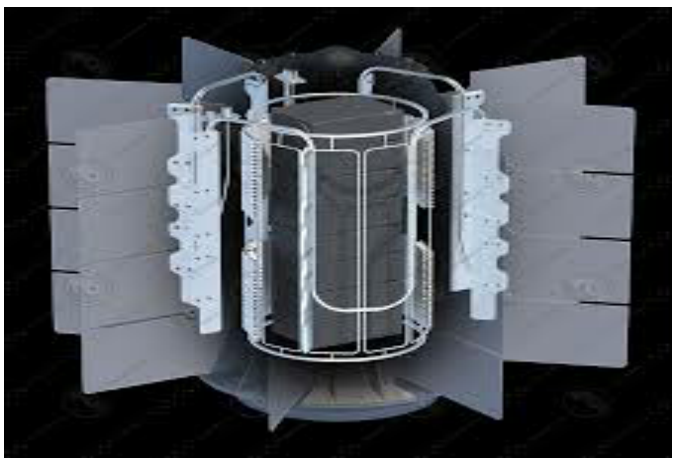
در ژنراتور الکتریکی ، محور توسط یک عامل مکانیکی، مثل توربین یا ماشین، به چرخش در می آید و نیرو محرکه ای در سیم پیچ القاء می گردد. اگر مولد به مدار خارجی وصل شود، جریان الکتریکی از خروجی های مولد به دست می آید. (ژنراتور ترموالِکتریک رادیو ایزوتوپ) دارای نقاط اشتراک و شباهت های بسیاری میباشند. این تولید کننده های نیروی مکانیکی میتواند توربین از نوع بخار یا از نوع آبی باشد یا توربین بادی و یا حتی یک موتور احتراق باشد.مولد های الکترواستاتیکی از اصولی به نام الکترواستاتیک پیروی میکنند و نیروی الکتریکی تولید میکنند این نوع از ژنراتور های برق از قبل از کشف رابطه بین الکتریسیته و مغناطیس تامین نیروی الکتریکی میکردند. این مولد الکتریکی میزان جریان تولید ی شان کم و در مقابل ولتاژ با تری تولید میکنند.این مولد ها تولید نیروی الکتریکی را از طریق دو روش انجام میدهند. این روش برای تولید نیروی الکتریکی نیاز به هزینه زیادی جهت عایق کاری دارد و به همین علت در کاربرد های عملی و تولید انرژی الکتریکی به میزان زیاد قابل استفاده نیستند و بهره وری خیلی پایینی دارند این مولد ها از طریق اصطحکاک تولید برق میکنند نمونه

هایی از این مولد که هنوز هم مورد استفاده قرار میگیرد.



ژنراتور تریبواِلکتریکی ابزاری است که می تواند از طریق الکتریسیته ساکن و رادیو اکتیو برق تولید کند که این کار با تبادل الکترون انجام می شود.رادیو اکتیو دارای بار مثبت است و دهنده الکترون محسوب می شود. سیلیکون که یک ماده سنتز شده شبیه به ستیک است از اتم های اکسی‌ژن و سیلیکون تشکیل شده که دارای بار منفی است. زمانی که رادیو اکتیو با سطح سیلیکون تماس پیدا می کند بار تولید شده و برق ایجاد می شود.

الکتریسیته ساکن از برهم کنش میان یک ماده دهنده الکترون با ماده ای گیرنده الکترون ایجاد می شود. در این فرآیند بارها را جدا می کنید و الکتریسیته ایجاد می شود. رادیو اکتیو به طور طبیعی باردار است و از یک ماده دیگر که دارای منفی است برای تولید الکتریسیته استفاده میشود . زمانی که برق تمایل به از دست دادن الکترون دارد، ماده‌ای دیگر این بار را می گیرد. بعد از اینکه مواد مختلفی نظیر فویل آلومینیم یا تفلون رسانش الکترون کمتری نسبت به نانو رادیو اکتیو دارد ، نانو رادیو اکتیو می تواند نسبت به دیگر مواد ، برق بیشتری تولید کند.۳۰ درصد از سطح زمین منابعی از رادیو اکتیو است که با استفاده از این فناوری می توان از رادیو اکتیو برای تولید برق استفاده کرد.

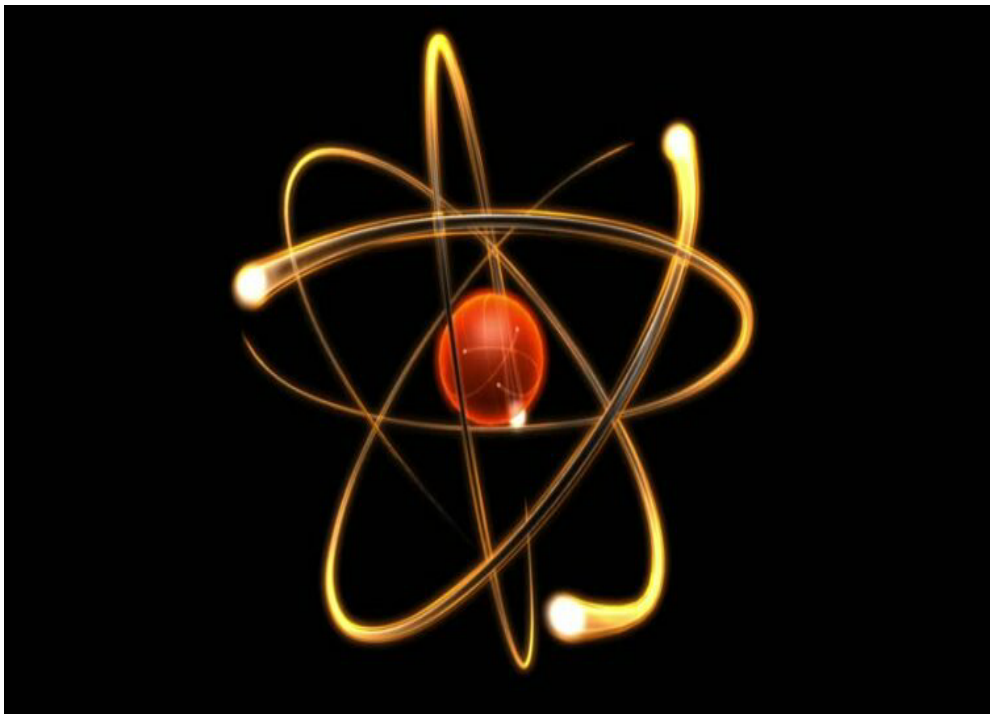


(ژنراتور تریبوالکتریکی) را می توان با رادیو اکتیو ترکیب کرد و ابزاری ساخت که بتوان در شرایط

جوی مختلف برق تولید کند. یک ژنراتور تریبوالکتریکی می تواند در محیط های دور دست نصب شود تا نیاز برق منطقه را برآورده سازد بدون اینکه نیاز به باتری باشد. این دستگاه بسیار هوشمند است. همانند یک سازمان برق هسته ای می تواند به شما بگوید که چه مقدار رادیو اکتیو در ژنراتور برای استفاده در تولید برق وجود دارد.در اثر واپاشی نانو ذرات رادیواکتیو Radioactive nano particle decay mode پس از یک زمان تصادفی، هسته های بزرگ به هسته های کوچکتر و معمو ً پایدارتر تجزیه می شوند و ماده اولیه به تدریج از بین می رود. البته جرم نانو مواد جدید تنها به میزان اندکی کمتر از ماده اولیه خواهد بود و انرژی آزاد می شود. اورانیوم که یک عنصر سنگین ، سمی ، فلزی ، رادیواکتیو و براق به رنگ سفید مایل به نقره ای می باشد، به گروه آکتیند ها تعلق داشته و ایزوتوپ 235 آن برای سوخت راکتور های هسته ای استفاده می شود.اورانیوم هنگام عمل پا یش به رنگ سفید مایل به نقره‌ای فلزی با خاصیت رادیواکتیوی ضعیف می باشد که کمی از فو د نرم تر است. این فلز چکش خار ، رسانای جریان الکتریسیته و کمی Paramagnetic می باشد. چگالی اورانیوم 65% بیشتر

از چگالی سرب می باشد. اگر اورانیوم به خوبی جدا شود ، بشدت از آب سرد متاثر شده و در برابر هوا اکسید می شود. اورانیوم استخراج شده از معادن ، می تواند به صورت شیمیایی به دی اکسید اورانیوم و دیگر گونه های قابل استفاده در صنعت تبدیل شود.استفاده از ذرات از مقیاس خُرد تا مقیاس نانو مزایایی را برای زمینه های مختلف علمی فراهم می کند ، اما از آنجا که درصد زیادی از اتم های آنها روی سطح قرار دارند ، نانو مواد می توانند واکنش زیادی نشان دهند و خطرات بالقوه ای را برای انسان به همراه داشته باشند.نانو ذرات به دلیل کاربرد گسترده آنها ، هم در صنعت و هم در علوم طبیعی بسیار مورد توجه هستند. در حالی که مواد طبیعی بدون در نظر گرفتن اندازه دارای خصوصیات فیزیکی ثابت هستند ، اندازه یک ذره نانو خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن را تعیین می کند. بنابراین ، خصوصیات یک ماده با نزدیک شدن اندازه آن به مقیاس نانو و قابل توجه شدن درصد اتم در سطح ماده ، تغییر می کند.وی‌ژگی مهم همه ی نانو ساختارهای آنست که تعداد اتم های سطح در آن ها نسبت به تعداد اتم های حجم بیشتر است. این نسبت با کاهش اندازه ی نانو ذره افزایش می

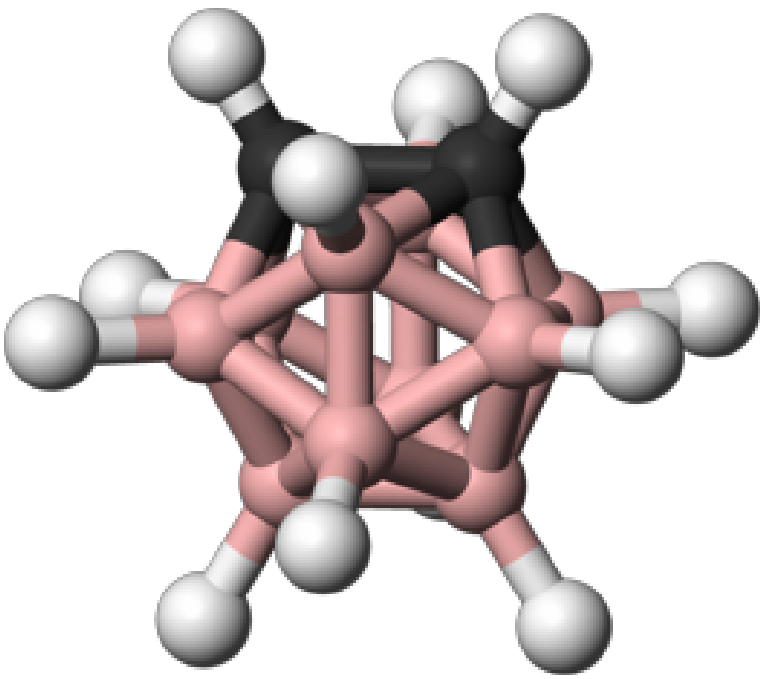
یابد. بنابراین اندازه ی نانو ذره خصوصیات مهم آن محسوب می شود.بازه ی تغییر فعالیت نانو ذرات به ماهیت و شکل نانو ساختار بستگی دارد. با این حال، اگر انرژی میدان نانو ذره با انرژی پرتودهی الکترو مغناطیسی قابل قیاس باشد و اگر در محدوده ی معین طول موج با رخداد واکنش های شیمیایی در مواد تحت پرتودهی تغییرات چشمگیر ایجاد گردد فعالیت نانو ذره های تا اندازه ی 100nm چشمگیر خواهد بود.



اتم های سطح نانو ذرات از لحاظ انرژی جبران نشده اند. بطور کلی، نتایج رشد انرژی نانو ذره را می توان بصورت انرژی کل اتم های سطح ذره بیان نمود. آزادی جنبش اتم های سطح نانو ساختار ها

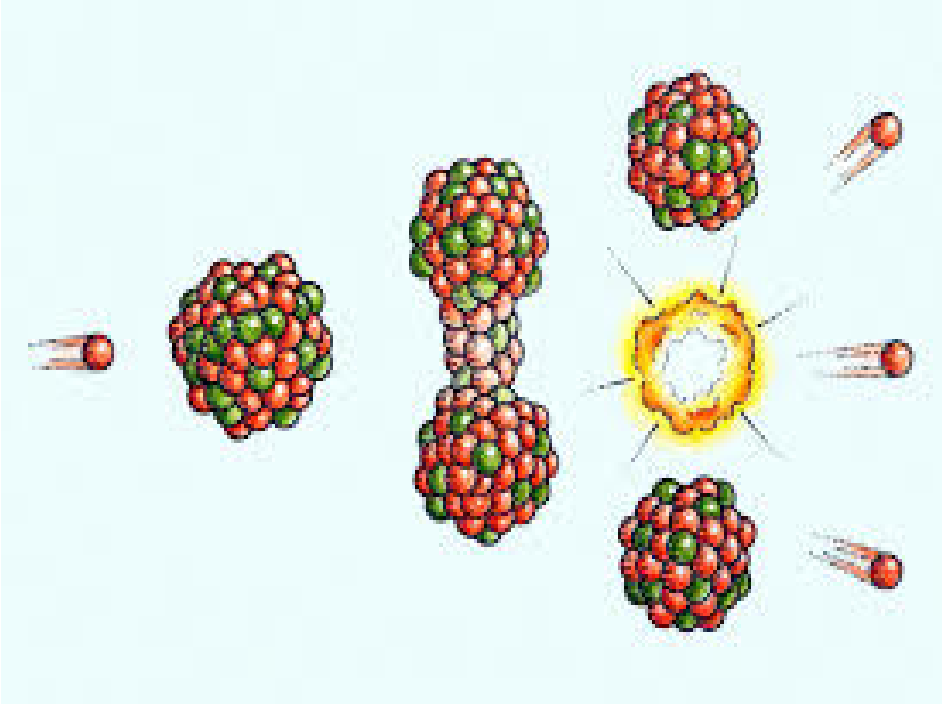
محدود است و تنها جنبش های ارتعاشی و حرکت الکترون ها امکان پذیر می باشد. این دو واکنش الکترو جنبشی به یکدیگر وابسته اند چون جابجایی ابرهای الکترونی اتم ها بطور حتم بسامدهای ارتعاشی پیوندهای اتم های نانو ذرات را تغییر می دهد. از طرف دیگر، تغییر مکان الکترون های ظرفیت در پیوند ها قطبیت پیوند و اجسام موسوم به ابر مولکول را تغییر می دهد. در این صورت انتقال الکترون به سطح انرژی با تر امکان پذیر می شود.از این لحاظ، نانو لوله های کربنی CNTs جالب ترین گونه های مورد بررسی هستند. در این نانو لوله های کربنی که آن ها را از محیط محافظت می نمایند تعامل دارند و به این دلیل این نانو لوله های CNTs را نانو لوله های های فلز/ کربن می نامند.اورانیوم که یک عنصر سنگین ، سمی ، فلزی ، رادیواکتیو و براق به رنگ سفید مایل به نقره ای می باشد، به گروه آکتیند ها تعلق داشته و ایزوتوپ 235 آن برای سوخت راکتور های هسته ای استفاده می شود. اورانیوم هنگام عمل پا یش به رنگ سفید مایل به نقره‌ای فلزی با خاصیت رادیواکتیوی ضعیف می باشد که کمی از فو د نرم تر است. این فلز چکش خار ، رسانای جریان الکتریسیته و کمی

Paramagnetic می باشد.چگالی اورانیوم 65% بیشتر از چگالی سرب می باشد. اگر اورانیوم به خوبی جدا شود ، بشدت از آب سرد متاثر شده و در برابر هوا اکسید می شود. اورانیوم استخراج شده از معادن ، می تواند به صورت شیمیایی به دی اکسید اورانیوم و دیگر گونه های قابل استفاده در صنعت تبدیل شود.استفاده از ذرات از مقیاس خُرد تا مقیاس نانو مزایایی را برای زمینه های مختلف علمی فراهم می کند ، اما از آنجا که درصد زیادی از اتم های آنها روی سطح قرار دارند ، نانو مواد می توانند واکنش زیادی نشان دهند و خطرات بالقوه ای را برای انسان به همراه داشته باشند.نانو ذرات به دلیل کاربرد گسترده آنها ، هم در صنعت و هم در علوم طبیعی بسیار مورد توجه هستند.



در حالی که مواد طبیعی بدون در نظر گرفتن اندازه دارای خصوصیات فیزیکی ثابت هستند ، اندازه یک ذره نانو خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن را تعیین می کند. بنابراین ، خصوصیات یک ماده با نزدیک شدن اندازه آن به مقیاس نانو و قابل توجه شدن درصد اتم در سطح ماده ، تغییر می کند.خصوصیات مهم همه ی نانو ساختارهای آنست که تعداد اتم های سطح در آن ها نسبت به تعداد اتم های حجم بیشتر است. این نسبت با کاهش اندازه ی نانو ذره افزایش می یابد. بنابراین اندازه ی نانو ذره وی‌ژگی مهم آن محسوب می شود.بازه ی تغییر فعالیت نانو ذرات به ماهیت و شکل نانو ساختار بستگی دارد. با این حال، اگر انرژی میدان نانو ذره با انرژی پرتودهی الکترو مغناطیسی قابل قیاس باشد و اگر در محدوده ی معین طول موج با رخداد واکنش های شیمیایی در مواد تحت پرتودهی تغییرات چشمگیر ایجاد گردد فعالیت نانو ذره های تا اندازه ی 100nm چشمگیر خواهد بود.اتم های سطح نانو ذرات از لحاظ انرژی جبران نشده اند. بطور کلی، نتایج رشد انرژی نانو ذره را می توان بصورت انرژی کل اتم های سطح ذره بیان نمود. آزادی جنبش اتم های سطح نانو ساختار ها محدود است و تنها

جنبش های ارتعاشی و حرکت الکترون ها امکان پذیر می باشد. این دو واکنش الکترو جنبشی به یکدیگر وابسته اند چون جابجایی ابرهای الکترونی اتم ها بطور حتم بسامدهای ارتعاشی پیوندهای اتم های نانو ذرات را تغییر می دهد. از طرف دیگر، تغییر مکان الکترون های ظرفیت در پیوند ها قطبیت پیوند و اجسام موسوم به ابر مولکول را تغییر می دهد. در این صورت انتقال الکترون به سطح انرژی با تر امکان پذیر می شود.

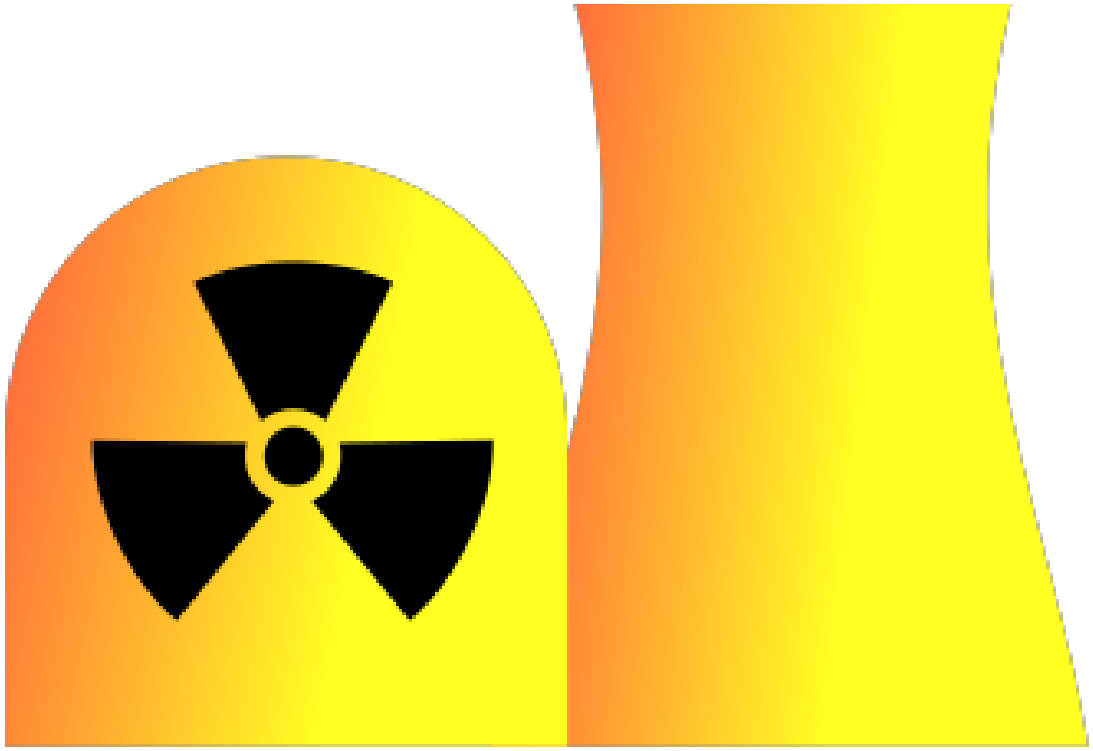


شکافت هسته‌ای یا فیوژن (Nuclear fission) فرایندی است که در آن یک اتم سنگین مانند اورانیوم به دو اتم سبکتر تبدیل می‌شود. وقتی هسته‌ای با عدد

اتمی زیاد شکافته شود، بر پایه فرمول انیشتین، مقداری از جرم آن به انرژی تبدیل می‌شود. از این انرژی در تولید برق (در نیروگاه هسته‌ای) یا تخریب (هسته‌ای) استفاده می‌شود.فرایند شکافت هسته‌ای برای ایجاد شکافت هسته‌ای نیاز به بمباران نوترونی است؛ یعنی نوترونی را که سرعت آن (تقریباً) با سرعت نور برابری می‌کند با روش‌هایی مانند استفاده از آبهای سنگین یا سبک کاهش سرعت پیدا کند تا بعد از ناپایدار شدن هسته اتم، اتم تجزیه شود. (در اورانیوم پس از تجزیه عناصر باریم و کریپتون. ۲ یا ۳ عدد نوترون پس داده می‌شود) اوتوهان زمانی که قصد داشت از بمباران اورانیوم با نوترون آن را به رادیم تبدیل کند دریافت که به اتم بسیار کوچک‌تری دست یافته‌است. در تمام واکنش هسته‌ای که تا آن زمان شناخته شده بود تنها ذرات کوچک از هسته جدا می‌شدند اما این بار یک تقسیم بزرگ رخ داده بود. لیزه مایتنر و اوتو رابرت فریش دریافتند که فراوردهٔ این بمباران نوترونی باریم است و جرم هر اتم اورانیم هنگام تبدیل شدن به ذرات کوچک‌تر به اندازهٔ یک پنجم جرم یک پروتون کاهش می‌یابد که پس از برخورد یک نوترون به ایزوتوپ اورانیوم-۲۳۶ تبدیل شده و به سرعت متشی شده

و پرتوهای رادیو اکتیو از خود ساطع می‌کند. سپس به دو عنصر باریم-۱۴۱ و کریپتون-۹۲ باریم-۱۴۱ به لانتان-۱۴۱ واپاشی می‌شود و لانتان-۱۴۱ سریم-۱۴۱ و به پرازئودیمیم-۱۴۱ تقسیم شده و به پایداری می‌رسد و کریپتون-۹۲ به روبیدیم-۹۲ واپاشی شده و روبیدیم-۹۲ به استرانسیم-۹۲ و استرانسیم به ایتریم-۹۲ و ایتریم به زیرکونیم-۹۲ می‌رسد و پایدار می‌شود. در ضمن ۵/۲ عدد نوترون دیگر آزاد می‌کند که هر یک موجب شکافت یک هستهٔ اورانیوم دیگر می‌شوند و این واکنش زنجیره‌ای مرتب ادامه پیدا می‌کند.در برق هسته‌ای واکنش زنجیره‌ای بدون کنترل ادامه می‌یابد تا بیش‌ترین انرژی ممکن در لحظه تولید شود. طی این واکنش زنجیره‌ای که در طی چند میلیونیم ثانیه رخ می‌دهد تعداد رویداد شکافت هسته‌ای به سرعت افزایش می‌یابد. در راکتورهای هسته‌ای سرعت نوترون‌ها را با استفاده از مواد کند کننده کاهش می‌دهند تا واکنش زنجیره‌ای کنترل شود.نیروگاه هسته‌ای به تأسیساتی صنعتی و نیروگاهی می‌گویند که بر پایهٔ فناوری هسته‌ای و با کنترل فرایند شکافت هسته‌ای، از گرمای آزاد شدهٔ آن اقدام به تولید انرژی الکتریکی می‌کند. کنترل انرژی هسته‌ای با حفظ تعادل در فرایند شکافت

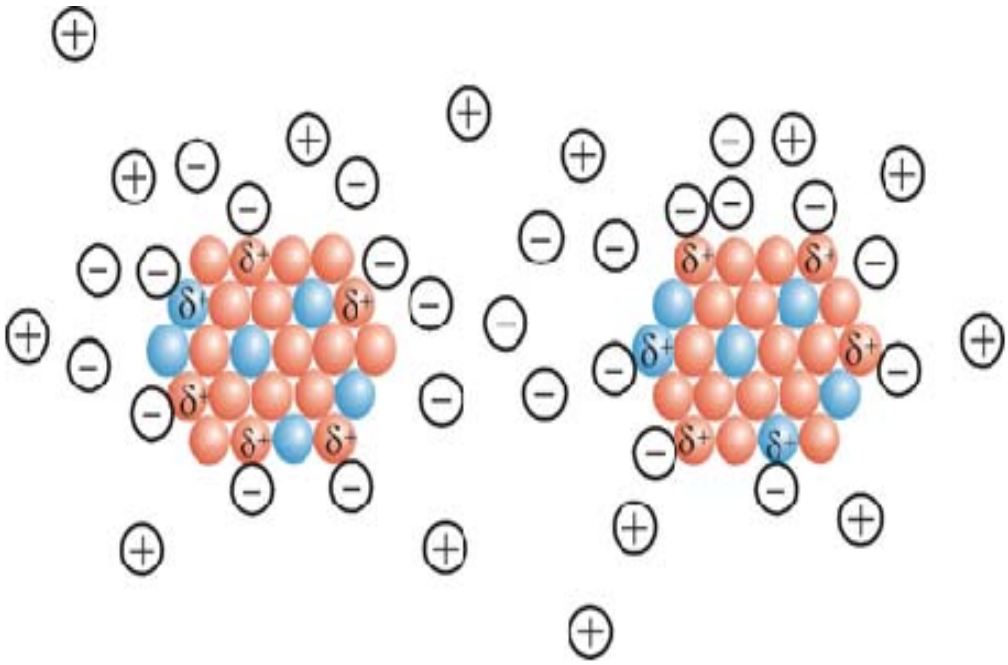
هسته‌ای همراه است که با استفاده از گرمای تولیدی برای تولید بخار آب (مانند بیشتر نیروگاه‌های گرمایی) اقدام به چرخاندن توربین‌های بخار و به دنبال آن ژنراتورها می‌کند.



شکافت هسته‌ای صورت گرفته در یک رآکتور فقط بخشی از یک چرخه هسته‌ای است. این چرخه از معادن شروع می‌شود. میزان اورانیوم موجود در پوسته زمین نسبتاً زیاد است به‌طوری‌که با منابع فلزاتی همچون قلع و ژرمانیوم برابری می‌کند و تقریباً ۳۵ برابر میزان نقره موجود در پوسته زمین

است. اورانیوم ماده تشکیل دهنده بسیاری از اجسام اطراف ما مانند سنگ‌ها و خاک است. در یک نیروگاه هسته‌ای این گرما از شکافت هسته‌ای که در داخل رآکتور صورت می‌گیرد تأمین می‌شود. هنگامی که یک هسته نسبتاً بزرگ قابل شکافت مورد برخورد نوترون قرار می‌گیرد به دو یا چند قسمت کوچک‌تر تقسیم می‌شود و در این فرایند که به آن شکافت هسته‌ای می‌گویند تعدادی نوترون و مقدار نسبتاً زیادی انرژی آزاد می‌شود. نوترون‌های آزاد شده از یک شکافت هسته‌ای در مرحله بعد خود با برخورد به دیگر هسته‌ها موجب شکافت‌های دیگری می‌شوند و به این ترتیب یک فرایند زنجیره‌ای به وجود می‌آید. زمانی که این فرایند زنجیره‌ای کنترل شود می‌توان از انرژی آزاد شده در هر شکافت (که بیشتر آن به صورت گرماست) برای تبخیر آب و چرخاندن توربین‌های بخار و در نهایت تولید انرژی الکتریکی استفاده کرد. در صورتی که در یک رآکتور از سوختی یکنواخت اورانیوم-۲۳۵ یا پلوتونیوم-۲۳۹ استفاده شود بر اثر افزایش غیرقابل کنترل تعداد شکافت‌های هسته‌ای بر اثر فرایند زنجیره‌ای، انفجار هسته‌ای ایجاد می‌شود. اما فرایند زنجیره‌ای موجب ایجاد انفجار هسته‌ای در یک رآکتور نخواهد شد چرا که

تعداد شکافت‌های رآکتور به اندازه‌ای زیاد نخواهد بود که موجب انفجار شوند و این به دلیل درجه غنی‌سازی پایین سوخت رآکتورهای هسته‌ای است. اورانیوم طبیعی دارای درصد اندکی (کمتر از ۱٪) از اورانیوم-۲۳۵ است و بقیه آن اورانیوم-۲۳۸ است (زیرا اورانیوم-۲۳۸ توانایی شکافت‌پذیری ندارد). اکثر رآکتورها نیروگاه‌های هسته‌ای از اورانیوم با درصد غنی‌سازی بین ۳٪ تا ۴٪ استفاده می‌کنند اما برخی از آن‌ها طوری طراحی شده‌اند که با اورانیوم طبیعی کار کنند و برخی از آن‌ها نیز به سوخت‌های با درصد غنی‌سازی با تر نیاز دارند.



شکافت هسته‌ای صورت گرفته در یک رآکتور فقط بخشی از یک چرخه هسته‌ای است. این چرخه از

معادن شروع می‌شود. اورانیوم استخراج شده از معدن عموماً فرمی پایدار و فشرده مانند کیک زرد دارد.

این اورانیوم معدنی به تأسیسات فرآوری فرستاده می‌شود و در آنجا کیک زرد به هگزافلوراید اورانیوم (که پس از غنی‌سازی به عنوان سوخت رآکتورها مورد استفاده قرار می‌گیرد) تبدیل می‌گردد. در این مرحله درجه غنی‌سازی اورانیوم یعنی درصد اورانیوم-۲۳۵ در حدود ۰٫۷٪ است. در صورت نیاز بسته به نوع سوخت نیروگاه (درصد غنی‌سازی مورد نیاز برای سوخت نیروگاه) اورانیوم غنی‌سازی شده و سپس از آن برای تولید میل‌های سوختی مورد استفاده در نیروگاه (شکل میله‌ها در نیروگاه‌های

مختلف متفاوت است) استفاده می‌کنند. عمر هر میل تقریباً سه سال است به‌طوری‌که حدود ۳٪ از اورانیوم موجود در آن مورد مصرف قرار گیرد. پس از گذشت عمر اورانیوم، آن را به حوضچه سوخت مصرف شده می‌برند. اورانیوم باید حداقل ۵ سال در این حوضچه‌ها باقی بماند تا ایزوتوپهای به وجود آمده در اثر شکافت هسته‌ای از آن جدا شوند. پس از گذشت این زمان اورانیوم را در بشکه‌های خشک انبار می‌کنند یا اینکه دوباره آن را به چرخه سوخت بازمی‌گردانند.غنی‌سازی اورانیوم عملی است که به‌واسطهٔ آن در یک تودهٔ اورانیوم طبیعی مقدار ایزوتوپ ۲۳۵U بیشتر و مقدار ایزوتوپ ۲۳۸U کم‌تر شود. غنی‌سازی اورانیوم یکی از مراحل چرخهٔ سوخت هسته‌ای است.اورانیوم طبیعی (که به‌شکل اکسید اورانیوم است) شامل ۹۹٫۳٪ از ایزوتوپ ۲۳۸U و ۰٫۷٪ از ۲۳۵U است. ایزوتوپ ۲۳۵U اورانیوم قابل شکافت و مناسب برای تولید برق و نیروگاه‌های هسته‌ای است.چرخه سوخت هسته‌ای شامل فرآیندهای مختلفی است که منجر به تبدیل "سنگ معدن اورانیوم" به سوخت مورد استفاده در نیروگاه‌های هسته‌ای می‌شود. مجموعه این مراحل، چرخه سوخت هسته‌ای نام دارد که غنی‌سازی

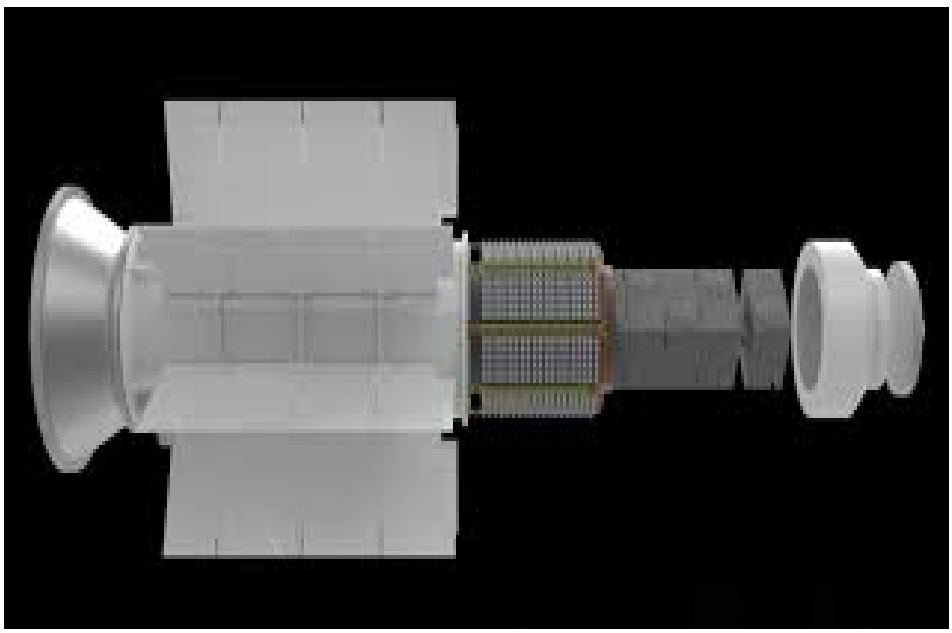
اورانیوم یکی از مراحل آن است.اورانیوم- ۲۳۵ مهم‌ترین ماده مورد نیاز رآکتور هسته‌ای (برای شکافته شدن و تولید انرژی) است. اما مشکل کار اینجاست که اورانیوم استخراج شده از معدن، ترکیبی از ایزوتوپ‌های مختلف از جمله دو ایزوتوپ مهم و پایدار اورانیوم ۲۳۵ و اورانیوم ۲۳۸ می‌باشد. به‌طوری که از این مخلوط سهم ایزوتوپ۲۳۵ حدود هفت دهم درصد است و برای کاربردی شدن آن در صنعت هسته‌ای باید غلظت آن بین ۲ تا ۵ درصد باشد بنابراین نیاز است غنی سازی شود.

ایزوتوپ‌های اورانیوم می‌توانند از هم جدا بشوند تا نسبت یک ایزوتوپ بر دیگری افزایش یابد. این فرایند غنی‌سازی نام دارد.اتصال سری سانتریفیوژهای

گازی در یک کارخانهٔ غنی‌سازی سانتریفیوژ دستگاهی است که برای جداسازی مواد از یکدیگر بر اساس وزن آن‌ها استفاده می‌شود. این دستگاه مواد را با سرعت زیاد حول یک محور به گردش درمی‌آورد و مواد متناسب با وزنی که دارند از محور فاصله می‌گیرند. در واقع در این روش برای جداسازی مواد از یکدیگر از شتاب ناشی از نیروی گریز از مرکز استفاده می‌شود. کاربرد عمومی این دستگاه برای جداسازی مایع از مایع یا مایع از جامد است. سانتریفیوژهایی که برای غنی سازی اورانیوم استفاده می‌شود حالت خاصی دارند که برای گاز تهیه شده‌اند که به آن‌ها Hyper-Centrifuge گفته می‌شود. 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 می‌کردند. سانتریفیوژ گردش سریع سیلندر، نیروی گریز از مرکز بسیار قوی تولید می‌کند و طی آن مولکولهای سنگینتر (آنهایی که شامل ایزوتوپ اورانیوم ۲۳۸ هستند) از مرکز محور گردش دورتر می‌گردند و برعکس آن‌ها که مولکولهای سبکتری دارند (حاوی ایزوتوپ (اورانیوم ۲۳۵) بیشتر حول محور سانتریفیوژ قرار می‌گیرند. در غنی سازی

اورانیوم با روش سانتریفوژ گازی، از تعداد زیادی سیلندر دوار که به صورت موازی و سری کنارهم قرار داده شده‌اند استفاده می‌شود. چیزی که باعث می‌شود رسیدن به فناوری همجوشی مشکل باشد، عدم درگیری هستهٔ اتم ها به جوش خوردن با یکدیگر است. هستهٔ اتم هیدروژن دارای یک پروتون است و بنابراین بار الکتریکی مثبت دارد. وقتی می‌خواهیم یک هستهٔ اتم هیدروژن دیگر را به آن جوش بدهیم، به دلیل اینکه هر دو دارای بار مثبت هستند، در برابر جوش خوردن مقاومت می‌کنند. تنها راه این است که به زور این کار را انجام دهیم و آن‌قدر دمای اتم‌ها را با ببریم که به پ سما تبدیل شوند. اگر پ سمایی با دمای بسیار با داشته باشیم، بعضی از هسته‌ها چنان محکم به یکدیگر برخورد می‌کنند که به یکدیگر جوش می‌خورند. برای انجام این فرایند، به دما و فشار خیلی زیادی احتیاج است. مشکل این‌جاست که ما بر روی زمین باید شرایط قسمت مرکزی خورشید را بازسازی کنیم. خورشیدی که جرم‌اش ۳۳۰ هزار برابر زمین است و دمای مرکز آن به ۱۷ میلیون درجهٔ سانتیگراد می‌رسد. مشکل نخست این است که بر روی زمین به اندازهٔ خورشید سوخت هیدروژن در اختیار نداریم،

باید دما را به ۱۰۰ میلیون درجهٔ سانتیگراد برسانیم. مشکل دوم که ماده در شکل اکتیو رفتارهای عجیبی از خود نشان می‌دهد. ساختار اورانیوم فرآوری شده شکل چهارم ماده است نه مایع، نه جامد و نه گاز. وقتی رادیو اکتیو را در دما و فشار خیلی زیاد قرار می‌دهیم، به شدت ناپایدار می‌شود. برای کنترل شرایط ناپایدار آن نیز از تجهیزات معمولی نمی‌توان استفاده کرد. به نوعی باید بر روی زمین یک ستاره ساخت. این کار به قدری چالش‌برانگیز است که بشر برای رسیدن به آن، باید پیچیده‌ترین فناوری تاریخ را بسازد.

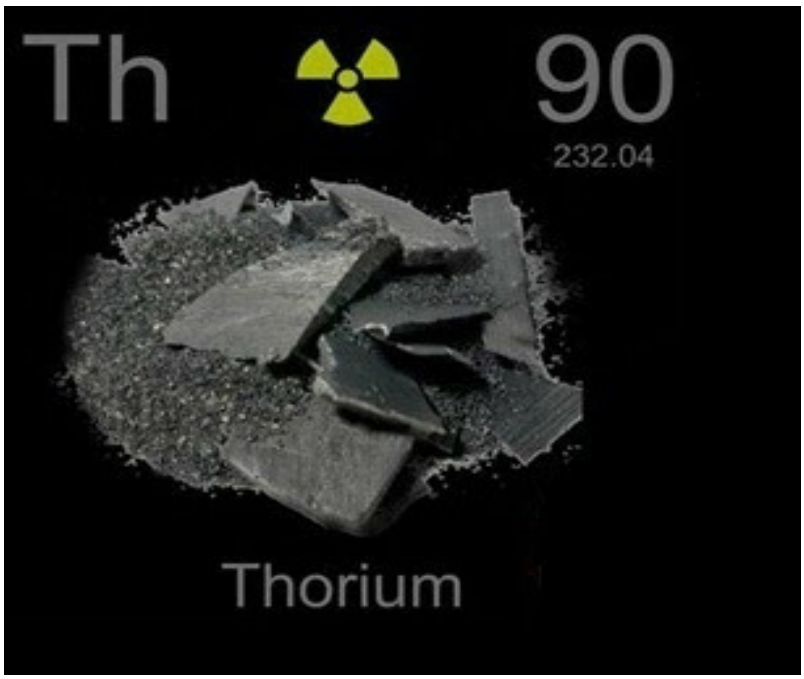


شکل عمومی تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه‌های اتمی همانند نیروگاه‌های بخاری است با این تفاوت که منبع تولید گرما سوخت فسیلی نمی‌باشد و انرژی

مورد نیاز جهت تولید بخار برای گرداندن توربین، و تغییرات اتمی در راکتور بدست می‌آید.به طور معمول انرژی حاصل از تغییرات اتمی در راکتور به یک سیال منتقل می‌گردد که این سیال می‌تواند بطور مستقیم به طرف توربین هدایت گردد و یا با عبور از مبدل گرما، سیال دیگری را گرم نموده و نهایتاً آب مورد نیاز را به بخار تبدیل کرده و آنرا به توربین هدایت کند.در راکتورهای اتمی اولیه، سیال منتقل کننده اولیه آب بوده که مستقیماً پس از تبدیل شدن به بخار بطرف توربین هدایت می‌شد اما در تکنولوژی امروزی برای ایجاد امکان کنترل بیشتر روی فعل وانفعا ت اتمی و کاهش خطرات ناشی از تغییرات، سیال واسطی بصورت مدار بسته حرارت تولیده شده در راکتور را در مبدل حرارتی جداگانه ای به آب منتقل نموده و آنرا به بخار تیدیل می‌نماید..توریوم(Thorium) از عنصر های شیمیایی جدول تناوبی است. نشانه کوتاه آن Th و عدد اتمی آن ۹۰ است. توریوم یکی از پُر چگالی ترین مواد موجود روی این کره خاکی است، که حدود ۲۰ میلیون برابر زغال سنگ انرژی دارد توریم در بیشتر سنگها و خاکها در مقادیر بسیار کم وجود دارد و فراوانی آن سه برابر اورانیوم بوده، تقریبا" به اندازه

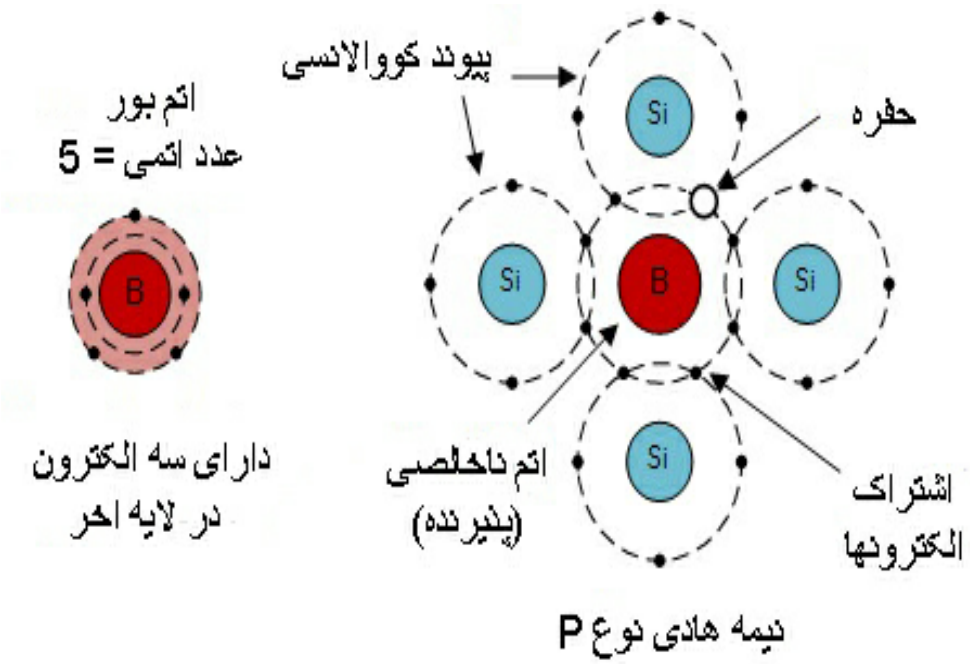
سرب متداول است. معمولا" خاک، محتوی تقریبا" 6ppm توریم است. این عنصر در کانی های زیادی وجود دارد که رایج ترین آنها ماده معدنی فسفات توریم خاکی و کمیاب (مونازیت) است که حاوی تقریبا" بیش از 12% اکسید توریم می باشد. توریم 232 بسیار آهسته فروپاش می شود ؛ ولی سایر ایزوتوپهای آن در زنجیره فرسایش خود و اورانیم وجود دارند. بیشتر این ایزوتوپها کم عمر هستند و لذا خیلی بیشتر از Th-232 رادیو اکتیو می باشند، اگر چه در مقیاسهای زیاد کم اهمیت هستند. اورانیوم که یک عنصر سنگین ، سمی ، فلزی ، رادیواکتیو و براق به رنگ سفید مایل به نقره ای می باشد، به گروه آکتیند ها تعلق داشته و ایزوتوپ 235 آن برای سوخت راکتور های هسته ای استفاده می شود. اورانیوم هنگام عمل پا یش به رنگ سفید مایل به نقره‌ای فلزی با خاصیت رادیواکتیوی ضعیف می باشد که کمی از فو د نرم تر است. این فلز چکش خار ، رسانای جریان الکتریسیته و کمی Paramagnetic می باشد.چگالی اورانیوم 65% بیشتر از چگالی سرب می باشد. اگر اورانیوم به خوبی جدا شود ، بشدت از آب سرد متاثر شده و در برابر هوا اکسید می شود. اورانیوم استخراج شده از معادن ،

می تواند به صورت شیمیایی به دی اکسید اورانیوم و دیگر گونه های قابل استفاده در صنعت تبدیل شود.



دی اکسید توریم ، ThO2، از نظر صنعتی به عنوان توریا شناخته می شود و در بیشترین کاربرد های توریم مورد استفاده قرار می گیرد که مشخصه آن ترکیب شیمیایی با با ترین نقطه ذوب (3300 درجه سانتیگراد) است.اتم های سطح نانو ذرات از لحاظ انرژی جبران نشده اند. بطور کلی، نتایج رشد انرژی نانو ذره را می توان بصورت انرژی کل اتم های سطح ذره بیان نمود. آزادی جنبش اتم های سطح نانو ساختار ها محدود است و تنها جنبش های ارتعاشی و حرکت الکترون ها امکان پذیر می باشد.

این دو واکنش الکترو جنبشی به یکدیگر وابسته اند چون جابجایی ابرهای الکترونی اتم ها بطور حتم بسامدهای ارتعاشی پیوندهای اتم های نانو ذرات را تغییر می دهد. از طرف دیگر، تغییر مکان الکترون های ظرفیت در پیوند ها قطبیت پیوند و اجسام موسوم به ابر مولکول را تغییر می دهد. در این صورت انتقال الکترون به سطح انرژی با تر امکان پذیر می شود.به طور کلی در الکترونیک انتشار با پخش مولکولی به معنی (diffusion) میباشد.



یک نیمه هادی ماده ای با خصوصیات های هادی و عایقس (الکتریکی) است. یک نیمه هادی می تواند جریان را در وضعیت های خاصی عبور دهد ولی همیشه جریان را عبور نمی دهد. این خصوصیات

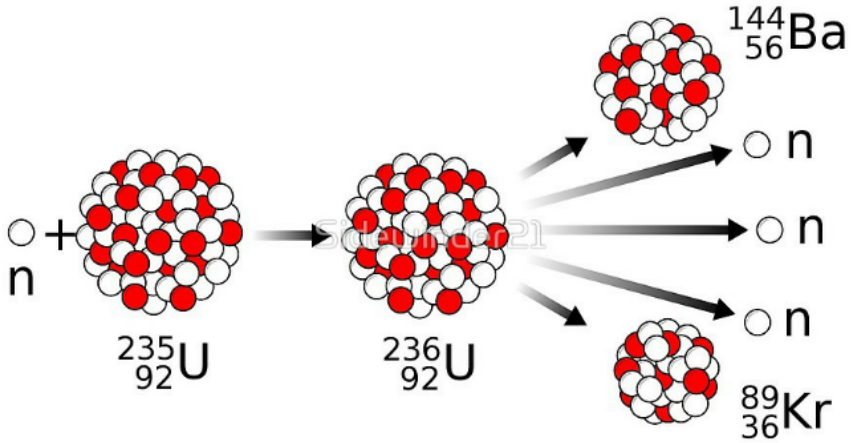
نیمه هادی آن را به ابزاری مناسب برای استفاده الکتریکی با یک رفتار کنترل شده در جایی که نیاز است بدل کرده است.هدایت نیمه هادی به چندین عامل مثل جریان یا ولتاژ اعمالی به الکترود کنترلی یا شدت منتشر کردن ساطع کردن مادون قرمز (IR) ،نور مرئی، فرا بنفش (UV) یا اشعه های X بستگی دارد.بنابراین می توانیم بگوییم نیمه هادی ماده ای است که هدایت الکتریکی بیشتری از عایق دارد و این مقدار کمتر از هادی است. نمونه ها نیمه هادی ها عبارتند از: دیودها ، ترانزیستورها ، و بسیاری از سلول های فتوولتائیک.همانطور که گفتم نیمه هادی خصوصیات دوگانه دارد ، هم عایق و هم هادی الکتریکی است. این خصوصیات نیمه هادی به نا خالصی های اضافه شده به مواد سازنده نیمه هادی بستگی دارد(نیمه هادی خالص نیمه هادی خالص نام دارد). نا خالصی های اضافه شده به مواد سازنده نیمه هادی برای تغییر وی‌ژگی الکتریکی نا خالص ساز نام دارند و فرآیند افزودن نا خالصی دوپینگ(نا خالص سازی) نام دارد.نیمه هادی نوع N گونه ای است که جریان را از الکترون های با بار منفی حمل می کند. این بسیار مشابه با جریان درون سیم است. نیمه هادی نوع P گونه ای است که جریان غالبا در

جایی که کمبود الکترون وجود دارد که به آن مکان حفره می گویند حمل می کند. حفره بار مثبت دارد. این بار معادل بار الکترون است. این حفره ها در جهت مخالف الکترون ها جریان دارند.یک نیمه هادی می تواند به کنترل جریان الکتریکی کمک کند. کاربر اساسی نیمه هادی ON و OFF کردن شار یا الکتریسیته در مواقع مورد نیاز است از چند نوع ماده و عنصر استفاده می شود. نیمه هادی نباید هادی قوی و یا هادی ضعیف الکتریسیته باشد. وی‌ژگی های آن را می توان با افزودن یا حذف اتم ها/نا خالصی ها تغییر داد. مواد نیمه هادی عبارتند از: تیموان ، آرسنیک ، بور ، کربن ، ژرمانیوم ، گالیم آرسنید ، سلنیوم ، سیلیکون ، سیلیکون کاربید ، گوگرد ، تلوریوم ، اکسید اکثر فلزات.تلوریوم ماده ای است که بسیار به عنوان ماده نیمه مورد استفاده قرار می گیرد.ابر رسانا یک آلیاژ میان فلزی یا ترکیبی از هدایت الکتریکی بدون مقاومت در پایین تر از دمایی خاص است.وقتی تنظیم شود ، جریان الکتریکی برای همیشه در حلقه بسته مواد ابر رسانا جاری خواهد شد.ساخت نیمه هادی به مهارت و تجربه نیاز دارد. مواد شیمیایی که باید استفاده شوند باید خالص و بدون هیچ گونه نا خالصی

باشند. فرآیند افزودن کنترل شده نا خالصی ها به نیمه هادی دوپینگ(نا خالص سازی) نام دارد.مواد ناپایدار برای اینکه به پایداری برسند، انرژی گسیل می‌کنند تا به حالت پایدار برسد. معمو ً عناصری شکافت پذیر هستند که جرم اتمی آن‌ها با ی ۱۵۰ باشد، 235U و 238U در معادن یافت می‌شود. ۹۹,۳ درصد اورانیوم معادن 238U می‌باشد؛ و تنها ۰,۷ درصد آن اورانیوم-۲۳۵ می‌باشد. از طرفی اورانیوم-۲۳۵ با نوترون‌های فوق حرارتی برهمکنش می‌کند. 238U تنها با نوترون‌های تند(Fast)کار می‌کند، البته خوب جواب نمی‌دهد؛ بنابراین در صنعت و در نیروگاه‌های هسته‌ای از اورانیوم-۲۳۵ به عنوان سوخت اصلی استفاده می‌شود؛ ولی به د یل اینکه در طبیعت کم یافت می‌شود. بایستی از غنی‌سازی اورانیوم استفاده شود، یعنی اینکه غلظت اورانیم ۲۳۵ را از ۰,۷ درصد به ۱ الی ۳ درصد برسانند. با این کار چگالی انرژی در سوخت افزایش میابد و عمر کاری مفید میله‌های سوخت بیشتر می‌شود. شکافت 235U در این واکنش هسته‌ای وقتی نوترون کند بر روی اورانیوم-۲۳۵ برخورد می‌کند به 236U تحریک شده تبدیل می‌شود. نهایتاً تبدیل به باریوم و کریپتون و ۳ تا نوترون تند و 177 Mev انرژی آزاد

می‌شود. در واکنش با به ازای هر نوکلئون حدود 1 Mev انرژی آزاد می‌شود. برای درک بزرگی این عدد در نظر بگیرید که در واکنش‌های شیمیایی مثل انفجار به ازای هر مولکول TNT حدود 30 ev انرژی ایجاد می‌شود. زم است ذکر شود در راکتورهای هسته‌ای که با نوترون کار می‌کند، طبق واکنش‌های به عمل آمده ۲ الی۳ نوترون سریع تولید می‌شود. حتماً این نوترون‌های سریع باید کند شوند.بسیاری از عناصر تولیدی واکنش شکافت هسته‌ای شدیداً ناپایدارند و در نتیجه، قلب راکتور محتوی مقادیر زیادی نوترون پر انرژی، پرتوهای گاما، ذرات بتا و همچنین ذرات دیگر است. هر جسمی که در راکتور گذاشته شود، تحت بمباران این همه تابش‌های متنوع قرار می‌گیرد. یکی از موارد استعمال تابش راکتور تولید پلوتونیوم ۲۳۹ است. این ایزوتوپ که نیمه عمری در حدود ۲۴۰۰۰ سال دارد به مقدار کمی در زمین یافت می‌شود. پلوتونیوم ۲۳۹ از لحاظ قابلیت شکافت خاصیتی مشابه اورانیوم دارد. برای تولید پلوتونیوم ۲۳۹، ابتدا اورانیوم ۲۳۸ را در قلب راکتور قرار می‌دهند که در نتیجه واکنش‌هایی که صورت می‌گیرد اورانیوم ۲۳۹ به وجود می‌آید. اورانیوم ۲۳۹ ایزوتوپی ناپایدار است که با نیمه عمری در حدود

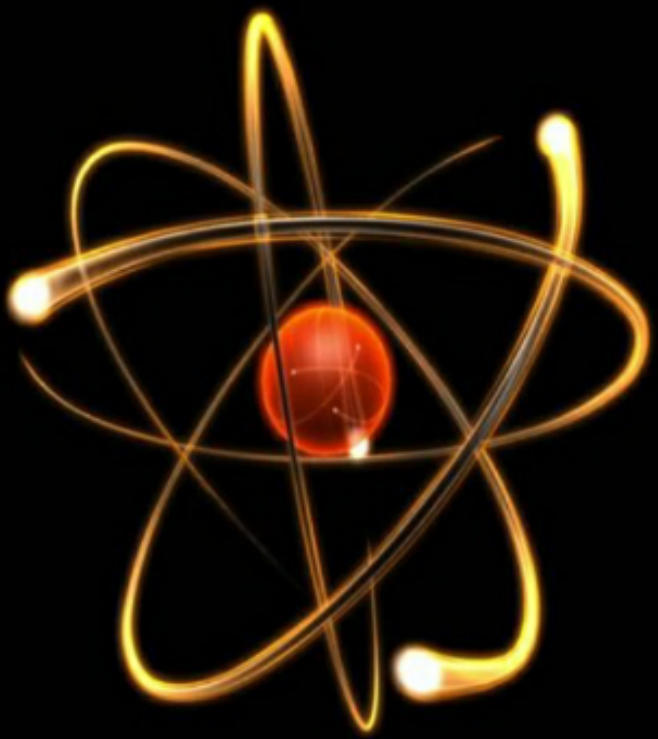
۲۴ دقیقه، از طریق گسیل ذره بتا، به نپتونیوم ۲۳۹ تبدیل می‌شود. نپتونیوم ۲۳۹ نیز با نیمه عمر ۲/ ۴ روز و گسیل ذره بتا واپاشیده و به محصول نهایی یعنی پلوتونیوم ۲۳۹ تبدیل می‌شود. در این حالت پلوتونیوم ۲۳۹ همچنان با مقادیری اورانیوم ۲۳۸ آمیخته‌است اما این آمیزه چون از دو عنصر مختلف تشکیل شده است، بروش شیمیایی قابل جداسازی است.



امروزه با استفاده از تابش راکتور صدها ایزوتوپ مفید می‌توان تولید کرد که بسیاری از این ایزوتوپ‌های مصنوعی را در پزشکی بکار می‌بریم. آثار زیانبار انفجارهای اتمی و تشعشعات ناشی از آن باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی، زمین‌های کشاورزی و حتی محصو ت کشاورزی می‌شود ولی با همه این

مضرات اورانیوم عنصری است ارزشمند، زیرا در کنار همه سواستفاده‌ها می‌توان از آن به نحوی احسن و مطابق با معیارهای بشر دوستانه استفاده نمود. فراموش نکنید از اورانیوم و پلوتونیوم می‌توان استفاده‌های صلح‌آمیز نیز داشت چرا که از انرژی یک کیلوگرم اورانیوم ۲۳۵ می‌توان چهل هزار کیلو وات ساعت الکتریسیته تولید کرد که معادل مصرف ده تن زغال سنگ یا ۵۰۰۰۰ گالن نفت است.

برقِ هسته ای



نویسنده : دکتر افشین رشید