

انرژی هسته‌ای

باید و نباید

اکتای شفیع فسنندیس

سر شناسه	: شفيعى فسقنديس، اکتای، ۱۳۶۷ -
عنوان و پديدآور	: انرژى هسته‌ای (بايدها و نبايدها) / مولف اکتای شفيعى فسقنديس.
مشخصات نشر	: تبریز: اختر، ۱۳۹۵
مشخصات ظاهري	: ۲۰۰ ص: مصور.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۵۱۷-۸۸۳-۱
وضعيت فهرست‌نویسی: فیا	
موضوع	: انرژى اتمى
موضوع	: Nuclear energy
موضوع	: انرژى اتمى — پیش‌بینی‌های ایمنى
موضوع	: Nuclear energy-- Safety measures
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۵ الف ۷ش/۸۵/۸۵ QCV۷۸
ه‌بندی دیویی	: ۳۳۳/۷۹۲۴
شماره کتابخانه ملی	: ۲۵۴۲۷۸



نشر اختر

انرژى هسته‌ای (بايدها و نبايدها)

اکتای شفيعى فسقنديس

ناشر: نشر اختر

چاپ اول ۱۳۹۶ / ۲۰۰ صفحه / قطع وزیری / ۵۰۰ جلد

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۱۷-۸۸۳-۱

مرکز فروش: تبریز- اول خیابان طالقانی، نشر اختر

تلفن: ۰۴۱-۳۵۵۵۳۹۳

قیمت: ۱۷۵۰۰ تومان

فهرست مطالب

مقدمه:	۹
استفاده از نیروی هسته‌ای:	۲۳
فهرست کشورهای استفاده‌کننده از نیروی هسته‌ای	۳۲
کاربرد انرژی هسته‌ای:	۳۶
کاربرد انرژی هسته‌ای در مبارزه با آفات محصولات کشاورزی:	۴۱
تولید گونه‌های پرمحصول و حفظ ذخایر ژنتیکی:	۴۲
روش‌های تصویربرداری در پزشکی هسته‌ای:	۴۸
تصویرسازی مولکولی	۴۹
روشهای ترکیبی:	۴۹
صنایع:	۵۲
نظامی:	۵۲
انواع بمب‌های هسته‌ای:	۵۲

- ۵۲..... بمب‌های شکافتی ماشه ای:
- ۵۳..... بمب پسر کوچک
- ۵۳..... بمب مرد چاق:
- ۵۵..... بمب‌های همجوشی هسته ای:
- ۵۷..... انتقال بمب هسته ای:
- ۵۹..... عواقب و خطرات سلامتی بمب‌های هسته ای:
- ۶۲..... اثرات جسمی و ژنتیکی پرتوهای رادیواکتیو:
- ۶۳..... اثرات ژنتیکی اشعه رادیواکتیو:
- ۶۶..... آزمایش بمب بیدر، ری در جزایر ژاپن:
- ۶۹..... چگونگی ابتلا به بیماری ای تشعشی:
- ۷۱..... اختلال در سلول نسل در اثر تشعشع هسته ای:
- ۷۱..... تشعشعات و مواد رادیواکتیو:
- ۷۲..... واحدهای سنجش مواد پرتوزا:
- ۷۲..... کوری:
- ۷۲..... گری:
- ۷۴..... آثار تشعشعات یونیزه:
- ۷۶..... آثار عمومی در تمام بدن:
- ۷۶..... حفاظت در برابر پرتوها:
- ۷۶..... رفع آلودگی از مواد رادیواکتیو:
- ۷۷..... کاربرد انرژی هسته‌ای در دسترسی به منابع آب:
- ۷۷..... سایر انرژی ها:

- ۷۷.....جوانب اقتصادی:
- ۷۷.....امنیت نیروگاه هسته‌ای:
- ۷۸.....نگرانی‌های محیط زیستی:
- ۷۹.....حوادث نیروگاه هسته‌ای:
- ۷۹.....حادثه اتمی تری مایل آیلند:
- ۸۰.....امتیاز و برتری انرژی هسته‌ای:
- ۸۱.....کشف شکست:
- ۸۲.....اولین واکنش زنجیره‌ای تقویت شونده:
- ۸۵.....پیشرفت انرژی هسته‌ای در مایه‌های صلح آمیز:
- ۸۵.....انرژی هسته‌ای در ایران:
- ۸۸.....اورانیوم:
- ۸۹.....منابع اورانیم:
- ۹۱.....ترکیبات:
- ۹۱.....آسیاب کردن اورانیوم:
- ۹۴.....خواص اشعه رادیواکتیو:
- ۹۸.....کیک زرد چیست؟
- ۹۹.....روش تهیه کیک زرد:
- ۹۹.....مواد تشکیل‌دهنده کیک زرد:
- ۱۰۰.....کاربردهای کیک زرد:
- ۱۰۱.....تبدیل اورانیم:
- ۱۰۱.....غنی سازی اورانیم:

- ۱۰۳..... روشهای جداسازی و غنی‌سازی ایزوتوپ اورانیوم:
- ۱۰۴..... روش انتشار گازی (دیفیوژن):
- ۱۰۴..... روش سانتریفیوژ گازی:
- ۱۱۰..... حوزه انفجار هسته‌ای:
- ۱۱۱..... تخریب بعد از انفجار هسته‌ای:
- ۱۱۲..... تقسیم بندی انرژی انفجار سلاح اتمی:
- ۱۱۶..... بمب‌های همجوشی:
- ۱۱۹..... سوخت مصرف شده:
- ۱۱۹..... بازفرآوری سوخت:
- ۱۱۹..... راکتورهای هسته‌ای:
- ۱۲۲..... خنک شدن:
- ۱۲۳..... انواع راکتورهای گرمایی:
- ۱۲۳..... کند سازی با آب سبک:
- ۱۲۴..... کند سازی با گرافیت:
- ۱۲۴..... کند کنندگی با آب سنگین:
- ۱۲۴..... راکتور آب تحت فشار، PWR:
- ۱۲۶..... راکتور آب جوشان، BWR:
- ۱۲۹..... راکتور D2G:
- ۱۳۰..... عملکرد راکتور هسته‌ای:
- ۱۳۲..... خنک کننده:
- ۱۳۵..... انرژی شکافت هسته‌ای:

- ۱۳۹..... ساختار عمومی راکتورهای هسته ای:
- ۱۴۶..... راکتورهای تحقیقاتی تانکی:
- ۱۴۶..... راکتور تحقیقاتی تریگا:
- ۱۴۷..... راکتور تحقیقاتی آب سنگین:
- ۱۴۷..... راکتور تحقیقاتی زاینده سریع:
- ۱۴۷..... مزایای راکتورهای زاینده سریع:
- ۱۴۸..... معایب راکتورهای زاینده سریع:
- ۱۴۹..... راکتورهای خنک شونده با گاز (GCR):
- ۱۴۹..... راکتورهای خنک شونده با آب سبک و کند کننده گرافیتی:
- ۱۵۱..... راکتورهای آب سنگین تحت فشار (CANDU):
- ۱۵۱..... راکتورهای زاینده سریع با فلز مایع (LMFBR/FBR):
- ۱۵۱..... راکتورهای خنک شونده با مواد آلی:
- ۱۵۲..... راکتورهای گداخت هسته ای:
- ۱۵۲..... فیزیک گداخت هسته ای:
- ۱۵۳..... واکنش‌های دوتریم-دوتریم:
- ۱۵۴..... واکنش‌های دوتریم-تریتم:
- ۱۵۴..... شرایط راکتور گداخت هسته ای:
- ۱۵۵..... راکتور همجوشی هسته‌ای (FUSION):
- ۱۵۶..... ساختار همجوشی هسته ای:
- ۱۵۷..... شرایط لازم برای یک راکتور همجوشی هسته ای:
- ۱۵۸..... سوخت‌های همجوشی:

- ۱۵۹.....محصول سازی مغناطیسی
- ۱۶۰.....محصول سازی مغناطیسی: پروژه ITER
- ۱۶۲.....مدیریت زباله‌های هسته ای:
- ۱۶۳.....انبارداری موقتی زباله‌های هسته ای:
- ۱۶۳.....بازفرآوری انبارنهایی زباله‌های هسته ای:
- ۱۶۴.....پسماندهای هسته ای:
- ۱۶۵.....پسمانداری هسته ای جهان:
- ۱۶۷.....تقسیم بندی پسماندهای پرتوزا:
- ۱۶۷.....استحاله سم:
- ۱۶۷.....روش متداول آزمایش پسماندهای مایع:
- ۱۶۷.....مشکلات بین المللی پسماندهای هسته ای:
- ۱۶۷.....معیارهای انتخاب محل:
- ۱۶۹.....منابع و مآخذ:
- ۱۷۳.....ضمیمه:
- ۱۹۸.....شهادی هسته ای ایران:



پیش گفتار:

از قرن بیستم بسیاری از علوم به سرعت پیشرفت کردند و برخی از این پیشرفت‌ها به اختراعات باور نکردنی منجر شد.

منشا برخی از این اختراعات نیز جنگ بود.

زمانی که دانشمندان در منهاتان آمریکا برای تولید سلاح‌های مرگ بار تلاش میکردند به ساخت مصنوعی برخی مواد رادیواکتیو دست یافتند و توانستند برخی مواد رادیواکتیو را از طریق فیسون یا شکافت هسته‌ای ناپایدار و یا بقولی اکتیو و فعال نمایند که این موضوع به ساخت رادیو ایزوتوپ‌ها و موادی نظیر تکنزیم و گالیوم و تالیوم و ید ۱۳۱ برای مصرف در پزشکی انجامید.

ولی علاوه بر مصارف پزشکی و ساخت سلاحهای مرگبار نظیر بمب اتمی و استفاده از انرژی هسته‌ای در این زمینه‌ها دانشمندان موفق به تولید انرژی و تبدیل آن به برق در نیروگاههای قدرت شدند.

بدون شک دستیابی متخصصان توانمند کشورمان به دانش چرخه سوخت هسته‌ای یکی از افتخارات این مرز و بوم بوده است. چرا که تولید انرژی با سوخت‌های فسیلی بالاخره پایانی داشته و در آینده‌ای نچندان دور می‌تواند به اتمام برسد علاوه بر آن مسایل زیست محیطی و آلودگی محیط زیست را نیز باید در نظر گرفت.

اگر به طور خلاصه بخواهیم تاریخچه انرژی هسته‌ای را بدانیم کفایت به نام چند نفر و کارهایشان اشاره‌ای داشته باشیم.

کشف پرتو رادیو توسط هانری بکرل در سال ۱۸۹۶

ارائه مدل اتمی توسط رادفورد در سال ۱۹۱۱

کشف ایزوتوپ‌ها توسط تامسون در سال ۱۹۱۲

تبدیلات هسته‌ای الفای توسط رادفورد در سال ۱۹۱۹

واپاشی آلفا توسط گاموف در سال ۱۹۲۸

واپاشی بتا توسط فرمی در سال ۱۹۳۴

کشف نوترون توسط چادویک در سال ۱۹۳۲

فرضیه $n-p$ توسط هایزنبرگ در سال ۱۹۳۲

کشف پوزیترون توسط آندرسن در سال ۱۹۳۲

نقش مزونها در نیروهای هسته‌ای توسط یوکاوا در سال ۱۹۳۵

ناپایستگی پاریته در واپاشی بتا (لی و یانگ) در سال ۱۹۵۶

با توجه به اهمیت انرژی در زندگی انسانها انرژی هسته‌ای نیز از اهمیت فراوانی برخوردار شده از این انرژی نو نیز که از جمله مطمئن ترین و پاک ترین انرژی هاست در درجه اول اهمیت برای کشور عزیزمان قرار دارد ایران اسلامی ضرورت استفاده از این انرژی مدرن را درک کرده و در جهت دست یابی به این فناوری کوششی بی وقفه و

خستگی ناپذیر را آغاز کرده است.

کتاب حاضر بر زبانی ساده ضمن بیان اهمیت موضوع به چگونگی تولید برق از راکتورهای هسته‌ای و مسائل امنیتی و حفاظتی انرژی هسته‌ای پرداخته است. و امیدواریم مورد قبول و استفاده محققین و دانشجویان عزیز قرار گیرد.

اکتای شفیع فسنندیس

کارشناس ارشد مهندسی برق قدرت

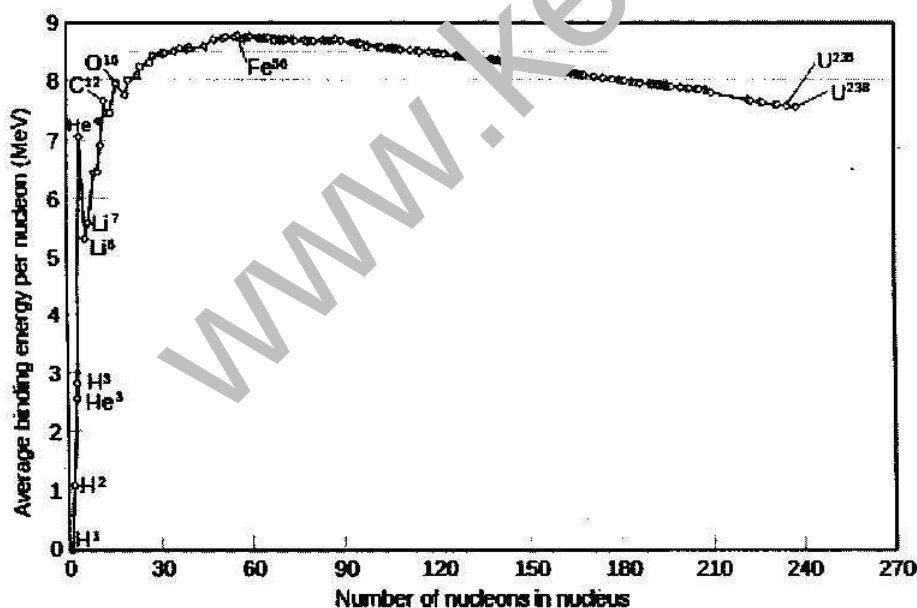
www.ketab.ir

مقدمه:

انرژی یکی از مهمترین نیازهای جامعه امروزی است، از آنجایی که استحصال انرژی از منابع سوخت فسیلی برای بشر و محیط زیست او، به دلیل ایجاد گازهای گلخانه‌ای، زیانهای جبران ناپذیری را به همراه دارد، این روزها جامعه بشری به دنبال جنگ بین‌المللی نوینی از انرژی است. از مناسب‌ترین آنها می‌توان به انرژی هسته‌ای نهفته در هسته اتم‌ها اشاره کرد، این انرژی بیش از ۵ دهه است که مورد بهره‌برداری قرار دارد.

انرژی اتمی یا انرژی هسته‌ای عبارت است از استفاده از فرایندهای هسته‌ای حرارت زا برای ایجاد گرما و الکتریسیته مفید. این واژه شامل شکافت هسته‌ای، پرتوزایی و همجوشی هسته‌ای می‌باشد. امروزه، شکافت هسته‌ای عناصر دسته‌بندی شده در جدول تناوبی اکثریت قریب به اتفاق انرژی هسته‌ای مورد نیاز بشر را با استفاده از فرایندهای پرتوزایی تولید می‌کند، که در درجه اول به شکل انرژی زمین گرمایی و مولد گرما-الکتریکی ایزوتوپی نیاز انسان را برطرف می‌سازد. نیروگاه‌های هسته‌ای، جدا از سهمی که در تامین رآکتورهای شکافت هسته‌ای نیروهای دریایی دارند، حدود ۵۰۷ درصد انرژی جهان و ۱۳ درصد الکتریسیته جهان را در سال ۲۰۱۲ تامین می‌کردند. در سال ۲۰۱۳، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی گزارش داد که ۴۳۷ رآکتور هسته‌ای فعال در ۳۱ کشور وجود

دارد اگرچه تمام رآکتورها الکتریسیته تولید نمی‌کنند. به علاوه، تقریباً ۱۴۰ کشتی دریایی وجود دارد که با استفاده از حدوداً ۱۸۰ رآکتور، کار می‌کنند. پس از سال ۲۰۱۳، رسیدن به افزوده خالص انرژی به وسیله همجوشی هسته‌ای پایدار، به استثنای منابع انرژی همجوشی مانند خورشید، فضایی مداوم برای تحقیقات فیزیکی و مهندسی ایجاد کرده است. انرژی هسته‌ای نوعی انرژی است که توسط واپاشی هسته‌ای، شکافت هسته‌ای، یا گداخت هسته‌ای تولید شده و اساس آن را می‌توان با معادله $E = mc^2$ توصیف کرد. در هر اتم، ذراتی از انرژی نهفته که اجزای مختلف اتم نیز به وسیله همان بهم پیوند یافته است. لذا هسته اتم منبعی از انرژی بشمار می‌رود که با شکافت هسته این انرژی رها می‌شود. انرژی نهفته در هسته اتم‌های برخی از عناصر می‌تواند با آزاد شدن، همان کاری را بکند که سوزاندن مقدار زیادی نفت و گاز انجام می‌دهد که البته سوزاندن نفت و گاز، مشکلات زیست محیطی ایجاد کرده و مقدار زیادی گاز گلخانه‌ای تولید می‌کند.



شکافت و همجوشی را می‌توان با این نمودار انرژی بستگی توصیف کرد.

مذاکرات انرژی هسته‌ای به طور مداوم وجود دارد. حامیانی چون سازمان هسته‌ای جهانی، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی و طرفداران محیط زیست انرژی هسته‌ای مدعی هستند که انرژی اتمی، یک منبع انرژی ایمن و پایدار است که تولید کربن را کاهش می‌دهد. مخالفانی چون سازمان جهانی صلح سبز و اطلاعات و منابع خدمات هسته‌ای، بر این باورند که انرژی هسته‌ای خطر بزرگی برای انسان و محیط زیست محسوب می‌شود.

دنیا شاهد حوادث و اتفاقات هسته‌ای و تابشی مانند حادثه چرنوبیل (۱۹۸۶)، حادثه اتمی فوکوشیما ۱ (۲۰۱۱) و حادثه تری مایل آیلند (۱۹۷۹)، بوده است. تا کنون چندین حادثه زیر آبی نیز اتفاق افتاده است. بررسی از دست دادن حیات به ازای هر واحد انرژی تولید شده، نشان می‌دهد که انرژی هسته‌ای، مرگ و میر کمتری نسبت به دیگر منابع اصلی انرژی، ایجاد می‌کند. انرژی حاصل از زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی به ازای واحد انرژی تولید شده، به علت آلودگی هوا و حوادث انرژی مرگ و میر بیشتری ایجاد می‌کنند. هزینه انسان برای تخلیه جمعیت‌های تحت تأثیر معیشت‌های از دست رفته، بسیار گزاف است.

انرژی هسته‌ای، روش تولید انرژی کم کربن بران ایجاد الکتریسیته است، که در مقایسه با انتشار گازهای گلخانه‌ای در هر واحد از انرژی تولید شده، سایر منابع تجدید پذیر است. بدین ترتیب، از زمان آغاز تجاری سازی نیروگاه‌های هسته‌ای در دهه ۱۹۷۰، از تولید ۶۴ گیگاتن کربن دی اکسید معادل، جلوگیری شده است.

بعد از سال ۲۰۱۲، بر اساس گزارشات آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، ۶۸ رآکتور هسته‌ای در ۱۵ کشور در حال ساخت بود و تقریباً ۲۸ عدد از آن‌ها با جدیدترین رآکتورهای هسته‌ای، به جمهوری خلق چین تعلق داشت. آن‌ها بعد از ماه می ۲۰۱۳، به توربین برقی متصل شدند. این ماجرا در ۱۷ فوریه ۲۰۱۳ در نیروگاه هسته‌ای هنگیان در چین اتفاق افتاد. در ایالات متحده دو رآکتور نسل سه جدید در وگتل در حال ساخت هستند. مقامات عالی رتبه صنعت هسته‌ای ایالات متحده انتظار دارند تا سال ۲۰۲۰، پنج

رآکتور جدید به نیروگاههای موجد اضافه شوند.

در سال ۲۰۱۱ حادثه اتمی فوکوشیما در راکتوری که مساحت آن به ۱۹۶۰ مربوط میشد اتفاق افتاد و باعث ایجاد یک بازرسی دوباره برای امنیت و ایمنی هسته‌ای و سیاست انرژی هسته‌ای در بسیاری از کشورها شد آلمان تصمیم گرفته است که تا سال ۲۰۲۲ تمام رآکتوهای خود را غیرفعال کند و ایتالیا نیز انرژی هسته‌ای را تحریم کرده است. پس از واقعه فوکوشیما در سال ۲۰۱۱، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی تصمیم گرفته است که ظرفیت تولید انرژی هسته‌ای را تا سال ۲۰۳۵ به نصف کاهش دهد.

در سال ۲۰۱۱ انرژی هسته‌ای ۱۰ درصد الکتریسیته جهان را تامین می‌کرد. در سال ۲۰۰۷، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی اعلام کرد که در سراسر جهان، ۴۳۹ رآکتور انرژی هسته‌ای وجود دارد که در ۳۱ کشور فعالیت می‌کنند. اما اکنون، در پی فاجعه هسته‌ای فوکوشیما، در طی ارزیابی‌ها به ناری از فعالیت‌ها متوقف شده‌اند. در سال ۲۰۱۱ تولید انرژی هسته‌ای در جهان به اندازه ۴۰ درصد کاهش یافت که این مقدار، پس از کاهش شدید در ژاپن (۴۴٫۳- درصد) و آلمان (۳۰٫۳- درصد) بیشترین مقدار بوده است.

پس از آغاز تجاری شدن انرژی هسته‌ای در اواسط دهه ۱۹۵۰، سال ۲۰۰۸ نخستین سالی بود که هیچ نیروگاه هسته‌ای جدیدی به شبکه جهانی افزوده نشد، اگرچه در سال ۲۰۰۹ دو نیروگاه جدید ساخته شد.

تولید سالانه انرژی هسته‌ای از سال ۲۰۰۷ به بعد، در سراسر جهان نسبتاً ملایمی قرار گرفته است، به طوری که در سال ۲۰۰۹، ۱۰٫۸ درصد کاهش یافت. با ۲۵۵۸ تریلیون وات ساعت رسید که قادر بود ۱۳-۱۴ درصد تقاضای الکتریسیته جهان را تامین کند. یکی از عوامل اصلی کاهش میزان انرژی هسته‌ای پس از ۲۰۰۷، تعطیلی طولانی مدت رآکتورهای موجود در نیروگاه هسته‌ای کاشیوازاکی کارپوا در اثر زمین‌لرزه دورکران چووتسو بود.

ایالات متحده با تامین ۱۹ درصد الکتریسیته مصرفی، بیشترین انرژی هسته‌ای را تولید

می‌کند، در حالی که فرانسه بالاترین درصد انرژی (۸۰ درصد) را به وسیله رآکتورهای هسته‌ای تولید می‌سازد. در سراسر اتحادیه اروپا، انرژی هسته‌ای ۳۰ درصد الکتریسیته را تامین می‌کند. سیاست انرژی هسته‌ای بین کشورهای اتحادیه اروپا متفاوت است، و برخی مانند استرالیا، استونی، ایرلند و ایتالیا هیچ نیروگاه هسته‌ای فعالی ندارند. در مقابل، فرانسه تعداد زیادی از این نیروگاه‌ها را به همراه ۱۶ نیروگاه چند واحدی در اختیار دارد.

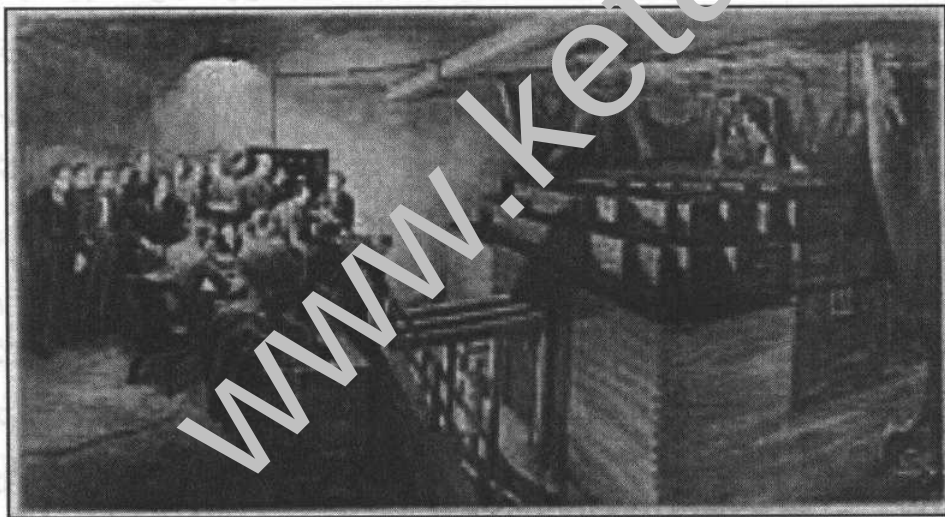
در ایالات متحده طوری برنامه ریزی شده بود که در سال ۲۰۱۳، ارزش صنعت الکتریسیته گاز، زغال سنگ، به ۸۵ میلیارد دلار برسد، ارزش ژنراتورهای هسته‌ای ۱۸ میلیارد دلار پیش بینی شده است. بسیاری از کشتی‌های نظامی و غیر نظامی (مانند یخ‌شکن‌ها)، از نیرو محرکه هسته‌ای دریایی استفاده می‌کنند، که نوعی نیروی محرکه است. چند سفینه فضایی نیز به وسیله رآکتورهای هسته‌ای ارتقا یافته، پرتاب شده‌اند: ۳۳ رآکتور متعلق به سری رست شروع بود.

تحقیقات بین‌المللی در زمینه توسعه منابع دانه دارد، از جمله می‌توان به نیروگاه‌های ایمن غیر فعال، استفاده از همجوشی هسته‌ای و ماده‌های اضافی از فرایند گرمایش مانند شکافت آب (در حمایت از اقتصاد هیدروژن)، برای نمک ذوبی آب دریا و استفاده در سیستم گرمایی ناحیه‌ای اشاره کرد.

هم شکافت و هم همجوشی با تولید سرعت بالاتر با حجم عکس العمل کمتر، در پیش‌رانش فضایی نقش مهمی ایفا می‌کنند. علت آن چگالی انرژی بالاتر رآکتورهای هسته‌ای است: حدوداً ۱۰ به قوه ۷ برابر نیرومند تر از عکس العملهای شیمیایی است که نیروی موشک‌های فعلی را تامین می‌کنند. جهان در اتم هست.

تعقیب انرژی هسته‌ای به منظور استفاده از آن برای تولید انرژی الکتریکی پس از کشف این موضوع در قرن بیستم میلادی آغاز شد که عناصر پرتوزا مانند رادیوم، بر اساس هم‌ارزی جرم و انرژی مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کنند. اما، کنترل این انرژی ممکن نبود، زیرا طول عمر عناصر پرتوزا، به دلیل طبیعتشان، خیلی کم بود. (شدت انرژی آزاد

شده با نیمه عمر عناصر نسبت عکس دارد). اما رویای مهار کردن انرژی اتمی، اندکی بلندپروازانه بود، حتی با این وجود که پدران فیزیک هسته‌ای، از جمله ارنست رادرفورد آن را مهتاب خوانده بودند. این شرایط بعدها و با کشف شکافت هسته‌ای تغییر کرد. در سال ۱۹۳۲، جیمز چادویک نوترون را کشف کرد، که به دلیل نداشتن بار الکتریکی، به عنوان ابزاری بالقوه برای آزمایشات هسته‌ای شناخته شد. بمباران مواد با نوترون‌ها به فردریک ژولیو کوری و ایرن ژولیو-کوری کمک کرد تا در سال ۱۹۳۴، رادیواکتیویته مصنوعی را کشف کنند، که سبب شد تا عناصری مانند رادیوم، با قیمت بسیار کمتری نسبت به رادیوم طبیعی، تولید شوند. انریکو فرمی، در ادامه راه آنها، طی تحقیقاتی در دهه ۱۹۳۰، بر روی کند کردن نوترون‌ها به منظور افزایش تاثیر رادیواکتیویته مصنوعی تمرکز کرد. آزمایش بمباران اورانیوم با نوترون‌ها سبب شد که فرمی عنصر جدیدی ایجاد کند که عدد اتمی آن بیشتر از اورانیوم و نامش پلوتونیوم بود.



دوم دسامبر ۱۹۴۲. تصویر صحنه‌ای که دانشمندان اولین رآکتور هسته‌ای ساخت بشر،

یعنی شیکاگو پایل-۱ را مشاهده کردند.

اما در سال ۱۹۳۸، شیمیدانهای آلمانی، اوتو هان و فریتس اشتراسمان، به همراه فیزیکدان استرالیایی، لیزه مایتر و خواهر زاده‌اش اوتو رابرت فریش، برای بررسی گفته‌های فرمی، آزمایش‌هایی را بر روی محصولات بمباران نوترونی اورانیوم انجام دادند. آن‌ها نشان دادند که برخلاف گفته فرمی، نوترون‌های نسبتاً کوچک، هسته‌های سنگین اتم‌های اورانیوم را به دو قسمت نسبتاً مساوی تقسیم می‌کنند. این یک نتیجه بسیار شگفت‌انگیز بود: تمام سایر شکل‌های فروپاشی هسته‌ای، تنها شامل تغییرات کوچکی در جرم هسته بودند، در حالی که این فرایند، در بر دارنده یک گسستگی کامل بود. دانشمندان متعددی از جمله لیو زیلارد معتقد بودند که اگر عکس‌العمل‌های شکافت، نوترون‌های اضافی آزاد کند، یک واکنش زنجیره‌ای هسته‌ای خود به خودی ایجاد شود. هنگامی که فردریک ژولیو کوری این موضوع را در سال ۱۹۳۶ مطرح کرد، دانشمندان در بسیاری از کشورها (از جمله ایالات متحده، بریتانیا، فرانسه، آلمان شوروی) دولت‌های خود را متقاعد ساختند تا قبل از آغاز جنگ جهانی دوم، به منظور به دست آوردن بمب هسته‌ای، از آن‌ها در تحقیقات شکافت هسته‌ای حمایت کنند.

در ایالات متحده، جایی که فرمی و زیلارد، هر دو مهاجر بودند، اولین رآکتور ساخت بشر با نام شیکاگو پایل-۱ اختراع شد که در دوم دسامبر ۱۹۴۲ به حالت بحرانی رسید. این کار به بخشی از پروژه منهاتن تبدیل شد که غنی‌سازی اورانیوم را انجام داد و رآکتورهای بزرگی را برای تولید پلوتونیوم به منظور استفاده در اولین جنگ‌افزارهای هسته‌ای ساخت، همان جنگ‌افزارهایی که بر سر شهرهای هیروشیما و ناگازاکی فرود آمد.