

راهنمایی آموزشی صنف دوازدهم - دوره چهاردهم

اهداف آموزشی:

1. نیم عمر ماده را دیواکتیو
2. حفاظت در برابر اشعه
3. رادیوکتور مصنوعی
4. انشقاق هسته بی
5. غنی سازی یورانیوم
6. تعامل زنجیری

1. نیم عمر ماده را دیواکتیو

نیمه عمر رادیواکتیو (Half-life)

نیمه عمر رادیواکتیو به مدت زمانی گفته می شود که در آن نصف مقدار اولیه یک ماده رادیواکتیو متلاشی (دیکای) می شود. یعنی اگر در آغاز مقدار معینی از هسته های ناپایدار داشته باشیم، پس از یک نیمه عمر ۵۰٪ آن باقی مانده و ۵۰٪ دیگر به هسته های پایدارتر تبدیل می شود.

نیمه عمر یک مقدار ثابت است و به شرایط محیطی مانند دما، فشار و حالت فیزیکی ماده وابسته نیست؛ بلکه فقط به ساختار هسته بستگی دارد.

فرمول ریاضی نیمه عمر

برای محاسبه مقدار باقی مانده ماده رادیواکتیو از فرمول استفاده می شود:

$$r = \frac{1}{2} T$$

T1/2 = نیمه عمر

t = زمان سپری شده

اهمیت نیمه عمر در زندگی و علوم

نیمه عمر در بخش های مختلف علوم اهمیت دارد، از جمله:

۱. طب (پزشکی هسته ای)

از مواد رادیواکتیو با نیمه عمر مناسب برای تشخیص بیماری ها و درمان سرطان استفاده می شود.

۲. باستان شناسی

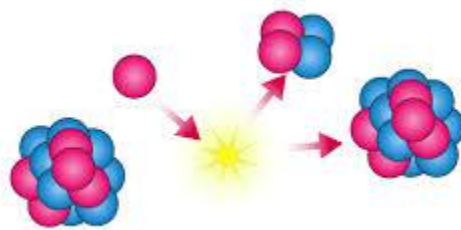
نیمه عمر کربن-۱۴ برای تعیین سن آثار باستانی به کار می رود (روش کربن سنجی).

۳. انرژی هسته ای

دانستن نیمه عمر برای مدیریت سوخت هسته ای و زباله های رادیواکتیو ضروری است.

ویژگی های مهم نیمه عمر

- مقدار ثابت برای هر ایزوتوپ
- مستقل از شرایط بیرونی
- نرخ دیکای نمایی دارد
- مواد با نیمه عمر کوتاه → سریع تر متلاشی می شوند
- مواد با نیمه عمر بلند → مدت طولانی فعال باقی می ماندند



2. حفاظت در برابر اشعه

3. رادیوکتور مصنوعی

رادیواکتیویته مصنوعی (Artificial Radioactivity)

رادیواکتیویته مصنوعی به حالتی گفته می شود که در آن انسان به طور عمدی یک هسته پایدار را با بمباران ذرات، به هسته ناپایدار و رادیواکتیو تبدیل می کند. این پدیده نخستین بار توسط ایرن و فریدریک ژولیو-کوری در سال ۱۹۳۴ کشف شد.

در رادیواکتیویته طبیعی، هسته ها خودبه خود تجزیه می شوند، اما در رادیواکتیویته مصنوعی، هسته ها با دخالت انسان به هسته رادیواکتیو تبدیل می گردند.

چگونگی ایجاد رادیواکتیویته مصنوعی

برای تولید یک هسته رادیواکتیو مصنوعی، هسته پایدار را با ذرات پرانرژی مانند:

- نوترون

- پروتون

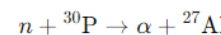
- ذرات آلفا (α)

- ذرات دوتریم

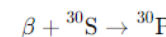
بمباران می کنند. در نتیجه هسته جدیدی تولید می شود که معمولاً ناپایدار بوده و مانند مواد رادیواکتیوی طبیعی، تابش آلفا، بتا یا گاما از خود نشر

نمونه واکنش رادیواکتیویته مصنوعی

وقتی آلومینیوم با ذره آلفا برخورد کند:



هسته فسفورس- ${}^{30}\text{P}$ تولیدشده ناپایدار است و با نشر بتا تجزیه می شود:



ویژگی های رادیواکتیویته مصنوعی

- با دخالت انسان ایجاد می شود
- هسته تولیدشده معمولاً ناپایدار است
- دیکای آن مانند رادیواکتیوی طبیعی به صورت نشر آلفا، بتا یا گاما انجام می شود
- میزان و نوع تشعشع قابل کنترل تر است
- در صنعت، طب و تحقیق نقش مهم دارد

۱. طب (پزشکی هسته ای)

- تولید رادیوایزوتوپ ها برای تشخیص بیماری ها
مثال: تکنیشیم-۹۹ برای تصویربرداری قلب و استخوان

- درمان سرطان با ید-۱۳۱ و کبالت-۶۰

۲. صنعت

- تست ضخامت، سنجش تراکم، و بررسی کیفیت مواد
- ردیابی نشتی در لوله ها با رادیوایزوتوپ ها

۳. تحقیقات علمی

- استفاده در فیزیک هسته ای و تحقیقات ساختار ماده
- تولید ایزوتوپ های جدید در لابراتوارها

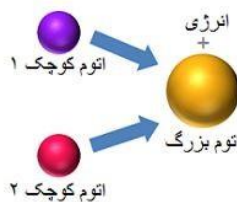
۴. زراعت

- بهبود کیفیت تخم ها
- ایجاد جهش های کنترل شده برای تولید نباتات مقاوم

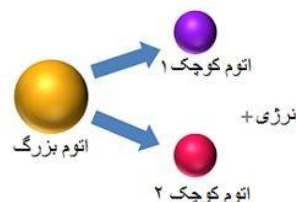
اهمیت رادیواکتیویته مصنوعی

- انسان می تواند رادیوایزوتوپ های مورد نیاز را هر زمان تولید کند
- کنترل مقدار، نیمه عمر و نوع تشعشع ممکن است
- کمک بزرگی در پزشکی، صنعت، کشاورزی و پژوهش دارد
- نسبت به منابع طبیعی، ایمن تر و قابل مدیریت تر است

گذار هسته بی Nuclear fusion



انشقاق هسته بی Nuclear fission



۳. سلاح های هسته ای

در این حالت واکنش زنجیره ای بدون کنترل رخ می دهد و انرژی بسیار زیاد در مدت کوتاه آزاد می شود.

مزایا و معایب انشقاق هسته ای

مزایا

- تولید انرژی بسیار زیاد نسبت به سوخت های فسیلی
- آلودگی کم تر نسبت به نفت و گاز
- کاربردهای گسترده در پزشکی و صنعت

معایب

- تولید زباله های رادیواکتیو با نیمه عمرهای طولانی
- نیاز به تجهیزات ایمنی بسیار دقیق
- خطر وقوع حادثه در نیروگاه ها
- امکان استفاده نظامی

خلاصه بسیار کوتاه (برای حفظ کرد)

- انشقاق: شکستن هسته سنگین → تولید دو هسته کوچک + نوترون های جدید + انرژی زیاد
- اساس تولید انرژی در نیروگاه های هسته ای
- اگر کنترل شود → راکتور
- اگر کنترل نشود → بمب اتمی

● 5- غنی سازی یورانیوم

غنی سازی یورانیوم

یورانیوم یک عنصر رادیواکتیف است که در طبیعت بیشتر به شکل ایزوتوپ U-238 یافت می شود، در حالی که مقدار بسیار کمی از آن U-235 است. برای این که یورانیوم در رآکتورهای هسته ای یا در بعضی بخش های علمی استفاده شود، باید مقدار U-235 در آن افزایش یابد. به این روند غنی سازی یورانیوم گفته می شود.

چرا غنی سازی لازم است؟

- ایزوتوپ U-235 قابل شکافت هسته ای است، یعنی وقتی نوترون را جذب می کند، هسته آن شکافته شده و انرژی زیاد آزاد می شود.
- اما در یورانیوم طبیعی، مقدار U-235 بسیار کم (حدود 0.7%) است.
- برای استفاده در رآکتورهای برق، مقدار آن باید به حدود ۳ تا ۵ درصد برسد.
- برای مصارف تحقیقاتی، مقدار آن بیشتر نیز می تواند باشد

چگونه یورانیوم غنی می شود؟

چون U-235 و U-238 از نظر شیمیایی یکسان هستند، نمی توان آن ها را با روش های عادی جدا کرد. تنها فرق آن ها جرم شان است. به همین دلیل روش های زیر استفاده می شود:

۱. روش سانتریفیوژ گازی

- رایج ترین و پیشرفته ترین روش است.

• یورانیوم را به گاز (UF₆) تبدیل می کنند.

• این گاز در سانتریفیوژ با سرعت بسیار زیاد می چرخد.

• ایزوتوپ سبک تر (U-235) بیشتر در مرکز جمع می شود و به تدریج غنی می گردد.

۲. روش انتشار گازی

(قدیمی بوده و امروزه کم استفاده می شود)

گاز یورانیوم را از میان فیلترهای بسیار باریک عبور می دهند؛ مولکول های سبک تر سریع تر عبور می کنند.

سطوح غنی سازی

• کم غنی شده → (LEU) مقدار U-235 بین ۳ تا ۵٪، برای تولید برق در رآکتورها.

• میان غنی شده → مقدار U-235 بین ۲۰٪.

• بسیار غنی شده → (HEU) مقدار U-235 تا ۹۰٪، که در فیزیک صنف دوازدهم تنها به عنوان مفهوم علمی ذکر می شود.

اهمیت غنی سازی یورانیوم

• تولید انرژی پاک در نیروگاه های هسته ای.

• استفاده در تحقیقات علمی و طبی (تولید رادیوایزوتوپ ها)

• مدیریت دقیق این پروسه برای امنیت جهانی مهم است



● 6-: تعامل زنجیری

تعامل زنجیری

تعامل زنجیری به سلسله ای از واکنش های هسته ای گفته می شود که در آن وقتی یک هسته شکافته می شود، چند نوترون آزاد می کند و این نوترون ها سبب شکافت هسته های دیگر می شوند. در نتیجه، واکنش به شکل پیوسته ادامه پیدا کرده و انرژی بسیار زیاد آزاد می شود.

چگونه تعامل زنجیری آغاز می شود؟

زمانی که یک نوترون آهسته به هسته ماده قابل شکافت مانند U-235 یا Pu-239 برخورد می کند، هسته شکسته می شود و:

• دو هسته کوچکتر (محصولات شکافت)

• چند نوترون تازه

• مقدار زیاد انرژی

آزاد می گردد.

نوترون های آزاد شده دوباره به هسته های دیگر برخورد می کنند و همین روند تکرار می شود. این تکرار مداوم، همان تعامل زنجیری است.

شرایط لازم برای تعامل زنجیری

برای این که تعامل زنجیری به صورت پیوسته ادامه پیدا کند، سه شرط مهم لازم است:

۱. وجود ماده قابل شکافت به اندازه کافی

ماده باید دارای مقدار کافی U-235 یا Pu-239 باشد.

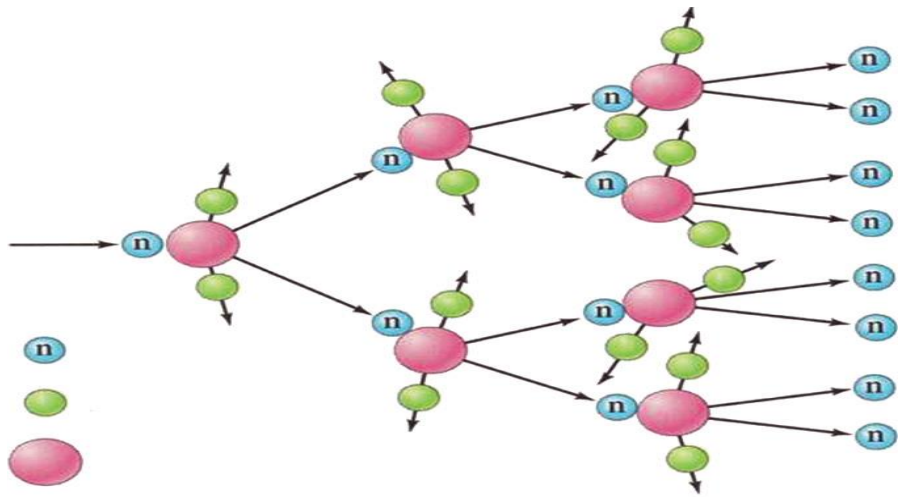
۲. رسیدن ماده به «جرم بحرانی»

جرم بحرانی کمترین مقدار ماده قابل شکافت است که تعامل زنجیری را پایدار نگه می دارد. اگر جرم کمتر از مقدار لازم باشد، نوترون ها از ماده خارج شده و تعامل دوام نمی کند.

۳. سرعت مناسب نوترون ها

نوترون های آهسته (حرارتی) بیشتر احتمال شکافت ایجاد می کنند.

در رآکتورها از کندکننده ها مانند آب، گرافیت یا آب سنگین استفاده می شود تا سرعت نوترون ها کاهش یابد.



انواع تعامل زنجیری

۱. تعامل زنجیری قابل کنترل

در رآکتورهای هسته‌ای استفاده می‌شود. با استفاده از میله‌های کنترل (از جنس کادمیم یا بور) تعداد نوترون‌ها تنظیم می‌شود تا واکنش آرام و ثابت بماند. نتیجه: تولید انرژی برقی به شکل پایدار و امن.

۲. تعامل زنجیری غیرقابل کنترل

در وسایل انفجاری هسته‌ای رخ می‌دهد. در این حالت، هیچ کنترلی بر نوترون‌ها وجود ندارد و واکنش بسیار سریع انجام می‌شود. نتیجه: آزاد شدن انرژی در زمانی بسیار کوتاه.

اهمیت تعامل زنجیری

- ایجاد انرژی در رآکتورهای برق.
- استفاده در تحقیقات علمی و طبی.
- درک بهتر فیزیک هسته‌ای و روش‌های تولید انرژی.
- آگاهی از کنترل دقیق برای جلوگیری از خطرات.

خلاصه موضوع

تعامل زنجیری یک روند پیوسته شکافت هسته‌ای است که در آن نوترون‌های آزاد شده سبب شکافت بیشتر می‌شوند. این تعامل می‌تواند قابل کنترل (در نیروگاه‌ها) یا غیرقابل کنترل (در انفجارها) باشد و برای ادامه یافتن آن، ماده قابل شکافت باید به جرم بحرانی برسد.