

اهداف آموزشی:

1. رهایی انرژی به مقیاس زیاد و بعضی از پیامدهای آن
2. همجوشی یا گداز هسته بی
3. تعاملات همجوشی در ستاره گان
4. ریکتور هسته بی
5. بم های هسته بی
6. کاربردهای ریکتور هسته بی

1. رهایی انرژی به مقیاس زیاد و بعضی از پیامدهای آن

رهایی انرژی به مقیاس زیاد و بعضی از پیامدهای آن

رهایی انرژی به مقیاس زیاد زمانی رخ می دهد که مقدار بسیار بزرگی از انرژی در یک مدت بسیار کوتاه آزاد شود. این انرژی می تواند از منابع مختلف مانند احتراق، انفجارهای کیمیاوی، فشردگی و انبساط سریع گازها، انرژی هسته ای (شکست یا همجوشی هسته ای)، یا پدیده های طبیعی مانند آتش فشان و زلزله آزاد گردد.

1. انواع رهایی انرژی به مقیاس زیاد

1. رهایی انرژی کیمیاوی

- مانند انفجار مواد سوختی، باروت، TNT یا سوخت های مایع.
- انرژی در زمان بسیار کوتاه آزاد شده، فشار زیاد و موج ضربه ای تولید می کند.

2. رهایی انرژی هسته ای

- در نتیجه شکست هسته (Fission) یا همجوشی (Fusion) رخ می دهد.
- انرژی آزاد شده میلیون ها برابر بیشتر از انرژی کیمیاوی است.
- در بم ها و نیروگاه های هسته ای دیده می شود.

3. رهایی انرژی طبیعی

- مانند فعالیت آتشفشان ها، سقوط شهاب سنگ، رعدوبرق و زلزله.
- این پدیده ها انرژی بسیار زیادی را در سطح زمین آزاد می کنند.

2. پیامدهای رهایی انرژی به مقیاس زیاد

الف) تولید موج ضربه ای (Shock Wave)

هنگام آزاد شدن ناگهانی انرژی، فشار محیط به طور ناگهانی افزایش می یابد. این افزایش فشار باعث به وجود آمدن موج ضربه ای می شود که می تواند:

- شیشه ها را بشکند
- دیوارها را تخریب کند
- به انسانها و حیوانات آسیب برساند

ب) افزایش شدید حرارت

بسیاری از انفجارها مقدار بسیار زیادی گرما آزاد می کنند که می تواند:

- مواد اطراف را ذوب یا آتش گیر سازد
- سبب سوختگی شدید شود
- ساختمان ها را تخریب کند

ج) تولید تابش های خطرناک (در انفجارهای هسته ای)

انرژی هسته ای علاوه بر موج ضربه ای و حرارت، تابش های رادیواکتیف آزاد می کند که خطرات آن شامل:

- سرطان
- تخریب ساختار DNA
- آلودگی محیط زیست برای سال های زیاد

د) آلودگی محیط زیست

رهایی انرژی در مقیاس زیاد، مخصوصاً انفجارهای صنعتی یا هسته ای، سبب:

- آلودگی هوا
- آلودگی خاک
- آلودگی آب
- تخریب محیط زیست گیاهی و حیوانی می شود.

ه) اثرات اجتماعی و اقتصادی

- تخریب زیربناها
- تلفات جانی
- کاهش تولیدات
- هزینه های عظیم بازسازی

3. موارد مثبت رهایی انرژی در مقیاس زیاد

گرچه این پدیده معمولاً خطرناک است، اما در مواردی به طور کنترل شده استفاده مفید دارد:

- راکت ها و فضاپیماها (استفاده از انرژی زیاد برای حرکت)
- انرژی هسته ای در نیروگاه ها
- استخراج معادن با انفجار کنترل شده
- Airbags موتورها که با آزاد شدن ناگهانی انرژی باز می شوند



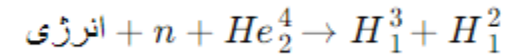
## 2: - همجوشی یا گداز هسته بی همجوشی یا گداز هسته بی (Nuclear Fusion)

همجوشی هسته‌ای فرایندی است که در آن دو هسته سبک با یکدیگر ترکیب شده و یک هسته سنگین‌تر را تشکیل می‌دهند. در این فرایند مقدار بزرگی انرژی آزاد می‌شود. این همان فرایندی است که در خورشید و ستاره‌ها جریان دارد و منبع اصلی نور و گرمای آن‌ها می‌باشد.

### چگونگی وقوع همجوشی

برای آن که دو هسته سبک مانند هیدروژن (پروتون‌ها) با هم یک‌جا شوند، باید:

1. دما بسیار زیاد باشد (میلیون‌ها درجه سانتی‌گراد)
  2. فشار بسیار زیاد باشد
  3. هسته‌ها بر نیروی دافعه برقی میان خود غلبه کنند
- در چنین شرایطی هسته‌ها به یکدیگر نزدیک شده و نیروهای هسته‌ای قوی سبب ترکیب آن‌ها می‌شوند.  
نمونه معادله همجوشی در خورشید



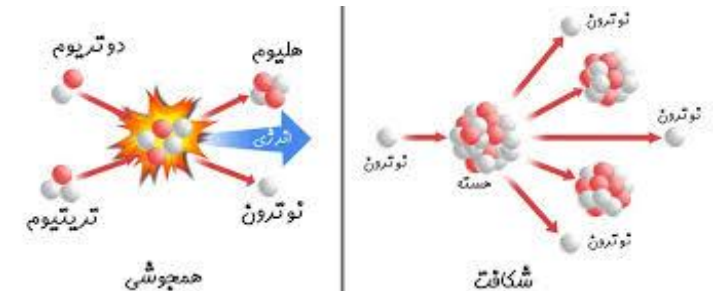
ر این فرایند، دو ایزوتوپ هیدروژن (دوتریم و تریتم) با هم ترکیب شده و هلیوم تولید می‌کنند و انرژی زیاد آزاد می‌شود.

### ویژگی‌های همجوشی هسته‌ای

- انرژی بسیار بزرگی تولید می‌کند (بیشتر از شکست هسته‌ای)
- آلودگی رادیواکتیف کم‌تر دارد
- مواد اولیه آن فراوان است (هیدروژن در آب وجود دارد)
- فقط در دما و فشار بسیار زیاد انجام می‌شود

### کاربردهای همجوشی هسته‌ای

1. منبع انرژی خورشید و ستاره‌ها
2. تلاش برای ساخت نیروگاه‌های همجوشی (به نام Tokamak)
3. استفاده در بمب‌های هیدروجنی (به شکل غیرکنترل‌شده)



## 3: - تعاملات همجوشی در ستاره گان تعاملات همجوشی در ستاره گان

ستاره گان منبع عظیم انرژی در جهان هستند. منشأ این انرژی، فرایندهای همجوشی هسته‌ای است که در مرکز ستاره‌ها تحت دما و فشار بسیار زیاد صورت می‌گیرد. در این فرایندها، هسته‌های سبک با هم ترکیب شده و هسته‌های سنگین‌تر را می‌سازند و در نتیجه مقدار بزرگی انرژی آزاد می‌شود.

### ۱. شرایط لازم برای همجوشی در ستاره گان

برای آن که همجوشی در مرکز ستاره انجام شود، باید شرایط زیر وجود داشته باشد:

- دما بسیار زیاد (ده‌ها میلیون درجه)
- فشار فوق‌العاده زیاد
- چگالی بالا

این شرایط باعث می‌شود که هسته‌های سبک با وجود نیروی دافعه برقی، به هم نزدیک شوند و یک‌جا شوند.

### ۲. چرخه پروتون - پروتون (PP Cycle)

این چرخه منبع اصلی انرژی خورشید و ستاره‌های کوچک‌تر است.

در این فرایند سه مرحله اساسی رخ می‌دهد:

1. برخورد دو پروتون:
- دو پروتون با هم برخورد کرده، یکی به نوترون تبدیل می‌شود و هسته دوتریم تشکیل می‌شود.
2. تشکیل هلیوم-۳:
- دوتریم با یک پروتون دیگر ترکیب شده و هلیوم-۳ را می‌سازد.
3. تشکیل هلیوم-۴:
- دو هسته هلیوم-۳ با هم ترکیب شده و هلیوم-۴ تولید می‌شود و مقدار قابل توجهی انرژی آزاد می‌گردد.

### ۳. چرخه کربن - نیتروژن - اکسیجن (CNO Cycle)

این چرخه بیشتر در ستاره‌های بزرگ‌تر و داغ‌تر رخ می‌دهد.

در CNO، هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شود، اما کربن، نیتروژن و اکسیجن به‌عنوان واسطه (Catalyst) عمل می‌کنند.

نتیجه نهایی این چرخه:



این چرخه انرژی بسیار بیشتری نسبت به چرخه PP تولید می‌کند.

### ۴. پیامدهای تعاملات همجوشی در ستاره گان

- تولید انرژی و نور ستاره
- ایجاد تعادل میان نیروی جاذبه ستاره و فشار درونی
- تولید عناصر سنگین‌تر (در ستاره‌های بزرگ‌تر)

- ادامه عمر ستاره و جلوگیری از رمبش (Collapse)
- ۵. نقش همجوشی در تکامل ستاره همجوشی هسته‌ای تعیین می‌کند که یک ستاره:
  - چه مقدار روشن باشد
  - چه مدت عمر کند
  - در پایان عمر به چه شی تبدیل شود (سفیدکوتوله، ستاره نوترونی یا سیاه‌چاله)



4: - ریکتور هسته بی

### ریکتور هسته بی (Nuclear Reactor)

ریکتور هسته‌ای دستگاه یا محوطه‌ای است که در آن یک سلسله واکنش‌های شکست هسته‌ای (Fission) به‌طور کنترل‌شده انجام می‌شود و انرژی تولید می‌گردد. هدف اساسی ریکتور، تبدیل انرژی هسته‌ای به حرارت و سپس تولید برق در نیروگاه‌های هسته‌ای می‌باشد

چگونگی کار ریکتور هسته‌ای در ریکتور، هسته‌های سنگین مانند یورانیوم-۲۳۵ یا پلوتونیوم-۲۳۹ با برخورد نیوترون می‌شکنند و:

- دو هسته سبک‌تر تولید می‌شود
- چند نیوترون آزاد می‌گردد
- مقدار زیاد انرژی حرارتی آزاد می‌شود

این نیوترون‌ها دوباره هسته‌های دیگر را می‌شکنند و یک واکنش زنجیره‌ای کنترل‌شده ایجاد می‌شود.

اجزای اساسی ریکتور هسته‌ای

#### ۱. مواد سوخت (Fuel)

معمولاً یورانیوم-۲۳۵ یا پلوتونیوم است که هسته‌های آن قابلیت شکست دارند.

#### ۲. کندکننده (Moderator)

مواد مانند آب سبک، آب سنگین یا گرافیت که سرعت نیوترون‌ها را کم می‌کنند، تا امکان شکست هسته یورانیوم بیشتر شود.

#### ۳. میله‌های کنترل (Control Rods)

از مواد مانند کادمیم یا بور ساخته می‌شوند که نیوترون‌ها را جذب می‌کنند. با بالا و پایین کردن این میله‌ها، شدت واکنش هسته‌ای کنترل می‌شود.

#### ۴. محافظ یا پوشش (Shielding)

دیوارهای ضخیم بتنی یا سربی که از خروج تابش‌های خطرناک جلوگیری می‌کند.

### ۵. سیستم خنک‌کننده

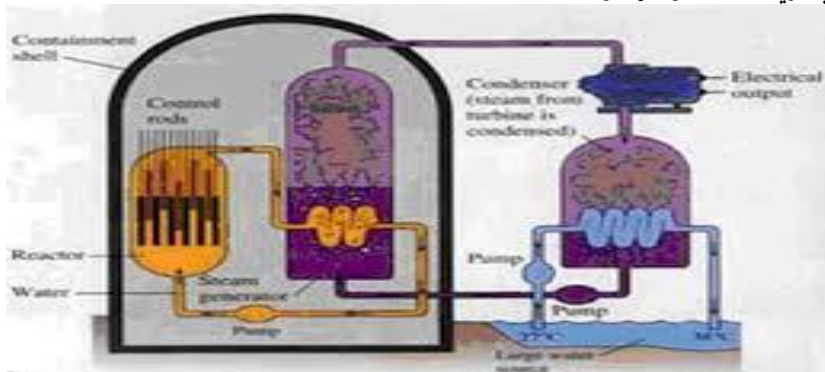
معمولاً آب، گاز یا فلزات مایع که حرارت تولیدشده را از ریکتور خارج می‌کند تا به بخار تبدیل شده و توربین‌ها را به حرکت آورد.

### کاربردهای ریکتور هسته‌ای

- تولید برق در نیروگاه‌های هسته‌ای
- تولید ایزوتوپ‌های طبی
- تحقیق‌های علمی
- تولید نیتروژن‌ها برای کاربردهای صنعتی
- مزایای ریکتور هسته‌ای
  - تولید مقدار بسیار زیاد انرژی
  - نیاز به مقدار کم سوخت
  - کاهش آلودگی هوا (عدم تولید گازهای گلخانه‌ای)

### نقایص و خطرات

- تولید زباله‌های رادیواکتیف
- امکان حادثه هسته‌ای در صورت خراب‌کاری یا اشتباه
- هزینه زیاد ساخت و نگهداری



### 5: - بم‌های هسته بی

#### بم‌های هسته بی

بم هسته‌ای نوعی سلاح است که از انرژی آزادشده در واکنش‌های هسته‌ای برای ایجاد انفجار بسیار بزرگ استفاده می‌کند. انرژی آزادشده از بم‌های هسته‌ای میلیون‌ها برابر بزرگ‌تر از انفجارهای کیمیاوی است.

بم‌های هسته‌ای به دو دسته بزرگ تقسیم می‌شوند:

#### ۱. بم‌های شکست هسته‌ای (Fission Bomb)

این بم‌ها بر اساس شکست هسته‌های سنگین مانند یورانیوم-۲۳۵ یا پلوتونیوم-۲۳۹ کار می‌کنند. در این واکنش:

- هسته سنگین با نیوترون برخورد می‌کند
- به دو هسته سبک‌تر تقسیم می‌شود
- چند نیوترون آزاد می‌گردد
- مقدار زیادی انرژی آزاد می‌شود



6: - کاربرد های ریکتور هسته ای

### کاربردهای ریکتور هسته ای

ریکتور هسته ای دستگاهی است که در آن واکنش های شکست هسته ای (Fission) به طور کنترل شده انجام می شود. انرژی به وجود آمده در این واکنش ها در بخش های مختلف علمی، صنعتی، طبی و تولید انرژی مورد استفاده قرار می گیرد.

### ۱. تولید برق در نیروگاه های هسته ای

بزرگ ترین و مهم ترین کاربرد ریکتور هسته ای، تولید انرژی برق است. در ریکتور، انرژی هسته ای به حرارت تبدیل می شود، سپس این حرارت آب را به بخار تبدیل کرده و بخار توربین ها را می چرخاند و در نهایت برق تولید می شود.

### ۲. تولید ایزوتوپ های رادیواکتیف برای طبابت

در ریکتورهای تحقیقاتی، ایزوتوپ های رادیواکتیف مانند:

- کوبالت-۶۰

- یودین-۱۳۱

- تکنیشیم-۹۹

تولید می شود.

این ایزوتوپ ها در تشخیص بیماری ها، تداوی سرطان، و تداوی تیروئید استفاده می گردند.

### ۳. تحقیقات علمی

ریکتورها برای:

- مطالعه مواد توسط نیوترون

- آزمایش های فزیک هسته ای

- تحقیق در انرژی های نو

به کار می روند.

این تحقیقات سبب پیشرفت در فزیک، کیمیا و انجینیری می شوند.

### ۴. کاربردهای صنعتی

نیوترون های تولید شده در ریکتور برای:

آزاد شدن ناگهانی انرژی سبب موج ضربه ای، حرارت بسیار زیاد و تابش های رادیواکتیف می شود.

### ۲. بم های همجوشی (Hydrogen Bomb / Fusion Bomb)

در این نوع بم ها، هسته های سبک مانند ایزوتوپ های هیدروژن (دوتریم و تریتم) با هم ترکیب شده و هلیوم می سازند. این فرایند همجوشی هسته ای مقدار انرژی بسیار زیادتر از شکست هسته ای آزاد می کند.

ویژگی های این بم ها:

- انفجار بسیار قوی تر

- تولید حرارت و نور شدید

- تولید تابش های خطرناک

پیامدهای انفجار هسته ای

### ۱. موج ضربه ای (Shock Wave)

سبب تخریب شدید ساختمان ها، از بین رفتن زیر بناها و تلفات جانی می شود.

### ۲. حرارت بسیار زیاد

در کسری از ثانیه حرارتی تولید می شود که:

- فلزات را ذوب می کند

- سبب آتش سوزی های گسترده می شود

- به انسان ها سوختگی شدید وارد می کند

### ۳. تابش های رادیواکتیف

پرتوهای آلفا، بتا و گاما و همچنین ذرات رادیواکتیف سبب:

- سرطان

- آلودگی محیط زیست

- آسیب های طولانی مدت به نسل ها

می شود.

### ۴. آلودگی محیط زیست

مواد رادیواکتیف سال ها در هوا، خاک و آب باقی می ماندند و باعث:

- آلودگی غذا و آب

- نابودی گیاهان و حیوانات

- مشکلات جدی صحت

می گردند.

### دلایل خطرناک بودن بم های هسته ای

- قدرت تخریب بسیار زیاد

- تأثیرات درازمدت رادیواکتیف

- اثرات غیرقابل پیش بینی بر سلامت انسان

- تخریب کامل محیط زیست و زیر بناها

- عیب‌یابی و بررسی کیفیت مواد
  - تشخیص ترک‌ها و عیوب در فلزات
  - عقیم‌سازی وسایل صحنی
  - افزایش مقاومت برخی مواد
- استفاده می‌شود.

۵. تولید حرارت برای استفاده‌های خاص  
در بعضی کشورها از حرارت ریکتور برای گرمایش شهرها، نمک‌زدایی آب دریا، تولید هیدروژن استفاده می‌کنند.

#### ۶. کاربردهای نظامی (غیرهنمایی)

ریکتورهای خاص در برخی کشورها برای تأمین انرژی کشتی‌های آبی خودرو (زیردریایی‌ها) استفاده می‌شود.

