

اهداف آموزشی :

بین پروتون ها و نیوترون ها در فاصله های بسیار کوچک، نیرویی به نام **نیروی قوی هسته ای** وجود دارد.
این نیرو:

- بسیار قوی تر از نیروی دافعه الکتریکی است،
- ولی فقط در فاصله های خیلی کوچک (حدود 10^{-15} تا 10^{-10} متر) عمل می کند.
این نیرو ذرات هسته را در کنار هم نگه می دارد و باعث پایداری آن می شود.

3. انرژی بستگی (Binding Energy)

برای نگهداری ذرات هسته در کنار هم، مقدار معینی انرژی لازم است که به آن **انرژی بستگی** گفته می شود.

هر قدر انرژی بستگی **زیادتر** باشد، هسته **پایدارتر** است.

انرژی بستگی از تفاوت بین جرم مجموع ذرات و جرم واقعی هسته به دست می آید:

$${}^2\Delta mc = {}_bE$$

که در آن:

• Δm : تفاوت جرم (Defect Mass)

• c : سرعت نور در خلأ (3×10^8 m/s)

♦ **هسته های ناپایدار:**

اگر هسته ای نسبت نادرست N/Z داشته باشد یا انرژی بستگی کمی داشته باشد، ناپایدار می شود و به طور طبیعی تجزیه یا تابش می کند تا به حالت پایدار برسد.
این فرایند را **رادیواکتیویته (Radioactivity)** می گویند.

♦ **نمونه ها:**

- هسته های پایدار: مثل کربن-12، اکسیجن-16، آهن-56
- هسته های ناپایدار: مثل رادیوم-226، یورانیم-238، کربن-14

♦ **نتیجه:**

پایداری هسته وابسته به تعادل میان نیروی قوی هسته ای و نیروی دافعه الکتریکی پروتون ها است.

اگر این تعادل حفظ شود، هسته پایدار می ماند؛ در غیر آن، ناپایدار شده و به صورت طبیعی تجزیه می شود

1. پایداری هسته ها
2. انرژی بسته گی هسته
3. سطوح انرژی یا تر از های انرژی هسته
4. رادیواکتیویته طبیعی
5. متلاشی شدن همراه با خروج اشعه الفا
6. متلاشی شدن همراه با خروج اشعه بیتا
7. متلاشی شدن اشعه گاما

1. پایداری هسته ها

♦ **پایداری هسته ها (Stability of Nuclei)**♦ **مقدمه:**

اتم ها از هسته و الکترون ها تشکیل شده اند.
در داخل هسته، پروتون ها (با بار مثبت) و نیوترون ها (بدون بار) وجود دارند.
چون پروتون ها همگی دارای بار مثبت اند، میان آن ها نیروی دافعه قوی الکتریکی وجود دارد.
اما با وجود این دافعه، هسته از هم نمی پاشد.
پرسش این است که:

♦ چرا بعضی از هسته ها پایدار اند و بعضی ناپایدار؟

♦ **تعریف پایداری هسته:**

پایداری هسته به این معنی است که ذرات تشکیل دهنده هسته (پروتون ها و نیوترون ها) بدون تجزیه یا تابش، در کنار هم باقی بمانند.
اگر هسته در گذر زمان بدون تغییر باقی بماند، آن را **هسته پایدار** می گویند.
اما اگر با گذشت زمان تغییر کند و ذراتی را تابش دهد، آن را **هسته ناپایدار (رادیواکتیف)** می گویند.

♦ **عوامل مؤثر بر پایداری هسته:**1. **نسبت نیوترون به پروتون (N/Z)**

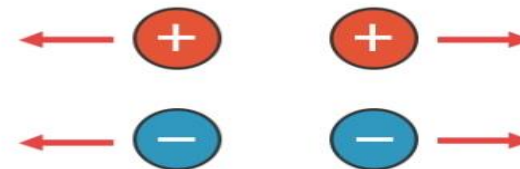
پایداری هسته بستگی به نسبت تعداد نیوترون ها (N) به تعداد پروتون ها (Z) دارد.

- برای عناصر سبک، این نسبت تقریباً 1 است.
 - برای عناصر سنگین تر، این نسبت تا حدود 1/5 افزایش می یابد.
- اگر این نسبت خیلی زیاد یا خیلی کم باشد، هسته ناپایدار می شود و تابش می دهد تا به حالت پایدار برسد.

2. **نیروی قوی هسته ای**

برهمکنش بین ذره های باردار

بارهای مشابه یکدیگر را دفع می کنند.



بارهای متفاوت یکدیگر را جذب می کنند.



2- انرژی بسته گی هسته

انرژی بستگی هسته (Binding Energy of the Nucleus)

مقدمه:

هسته اتم از پروتون ها و نیوترون ها تشکیل شده است که به آن ها نوکلئون ها (Nucleons) گفته می شود.

پروتون ها دارای بار مثبت اند و میان آن ها نیروی دافعه الکتریکی وجود دارد، ولی با وجود این، هسته از هم نمی پاشد.

سؤال این است که چه نیرویی سبب می شود ذرات در کنار هم باقی بمانند؟ پاسخ این است که میان نوکلئون ها نیروی قوی هسته ای وجود دارد که آن ها را به هم پیوند می دهد.

برای نگهداری این ذرات، انرژی خاصی لازم است که آن را انرژی بستگی هسته می نامند.

تعریف انرژی بستگی هسته:

انرژی بستگی هسته عبارت است از مقدار انرژی ای که باید به هسته داده شود تا تمام پروتون ها و نیوترون های آن از هم جدا شوند.

یا به عبارت دیگر:

انرژی بستگی همان انرژی است که هنگام تشکیل هسته از به هم پیوستن نوکلئون ها آزاد می شود.

پدیده نقص جرم: (Mass Defect)

اگر مجموع جرم پروتون ها و نیوترون های آزاد را محاسبه کنیم و با جرم واقعی هسته مقایسه کنیم، می بینیم که:

جرم هسته < مجموع جرم نوکلئون ها \text{جرم هسته} < \text{مجموع جرم نوکلئون ها}

این اختلاف جرم را **نقص جرم (Mass Defect)** می گویند و با نماد Δm نشان می دهند.

علت نقص جرم:

بخشی از جرم نوکلئون ها در هنگام تشکیل هسته به انرژی بستگی تبدیل می شود. این انرژی، ذرات هسته را در کنار هم نگه می دارد و از جدا شدن آن ها جلوگیری می کند.

رابطه میان انرژی بستگی و نقص جرم:

طبق معادله مشهور آینشتاین:

$$\Delta mc^2 = E_b$$

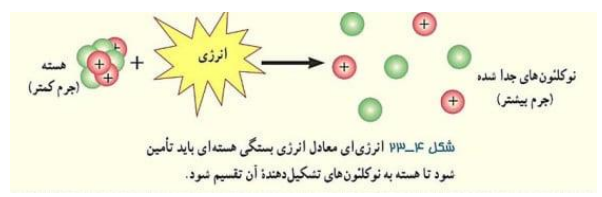
انرژی بستگی به ازای هر نوکلئون:

که در آن:

- E_b : انرژی بستگی (ژول یا MeV)
 - Δm : نقص جرم (کیلوگرم یا amu)
 - c : سرعت نور در خلا (3×10^8 m/s)
- برای مقایسه پایداری هسته ها، معمولاً انرژی بستگی هر نوکلئون محاسبه می شود:

$$\frac{E_b}{A} = \frac{b}{n} E$$

که در آن A تعداد کل نوکلئون ها (عدد جرمی) است. هر قدر $\frac{b}{n} E$ زیادتر باشد، هسته پایدارتر است.



3- سطوح انرژی یا ترازهای انرژی هسته

☼ سطوح انرژی یا ترازهای انرژی هسته

◆ مقدمه:

همان گونه که در اتم ها الکترون ها در ترازهای انرژی معین قرار دارند، در داخل هسته اتم نیز نوکلئون ها (پروتون ها و نیوترون ها) در ترازهای معین انرژی جای می گیرند. این ترازها نشان دهنده میزان انرژی ذرات در داخل هسته می باشند و به آنها سطوح انرژی هسته گفته می شود.

◆ تعریف:

سطوح انرژی هسته عبارت از مقادیر معینی از انرژی اند که نوکلئون ها (پروتون ها و نیوترون ها) می توانند در داخل هسته داشته باشند. نوکلئون ها فقط در این سطوح مشخص قرار می گیرند و نه در بین آنها.

◆ ویژگی های سطوح انرژی:

1. سطوح انرژی هسته گسسته (Discrete) هستند، یعنی فقط مقادیر معین انرژی مجاز است.
2. پایین ترین سطح انرژی، سطح پایه (Ground State) نام دارد.
3. سطوح بالاتر از آن را حالت های برانگیخته (Excited States) می گویند.
4. اگر هسته در حالت برانگیخته قرار گیرد، پس از مدتی با تابش انرژی (معمولاً به صورت اشعه گاما γ) به حالت پایدار بازمی گردد.

◆ توضیح فیزیکی:

نوکلئون ها در هسته مانند الکترون ها در اتم، نمی توانند هر مقدار انرژی را داشته باشند. آنها فقط می توانند در سطوحی جای گیرند که انرژی آنها با ساختار هسته سازگار باشد.

وقتی هسته انرژی جذب کند (مثلاً از برخورد ذره ای دیگر)، یکی از نوکلئون ها به سطح انرژی بالاتر منتقل می شود. اما این حالت ناپایدار است و نوکلئون دوباره به سطح پایین تر باز می گردد و فوتون گاما آزاد می کند.

◆ مثال:

در هسته نیتروجن-14 (N^{14})، نوکلئون ها در چند تراز انرژی قرار دارند. اگر یکی از نوکلئون ها به تراز بالاتر برود، هسته در حالت برانگیخته قرار می گیرد. وقتی دوباره به حالت عادی (پایه) بازگردد، تابش گاما تولید می شود.

◆ نمودار سطوح انرژی:

در کتاب معمولاً این سطوح به صورت خطوط افقی رسم می شوند:

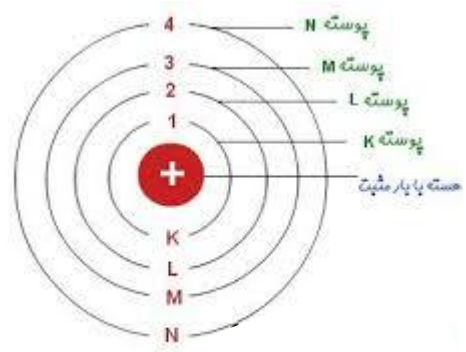
- خط پایین: حالت پایه (پایدارترین حالت)
- خطوط بالاتر: حالت های برانگیخته با انرژی های بیشتر
- فلش پایین: تابش گاما هنگام بازگشت به سطح پایین تر

◆ اهمیت سطوح انرژی هسته:

1. توضیح پدیده تابش گاما
2. درک بهتر از ساختار هسته و پایداری آن
3. کاربرد در فیزیک هسته ای، رادیواکتیویته، و انرژی هسته ای

◆ نتیجه:

نوکلئون ها در هسته مانند الکترون ها در اتم در سطوح انرژی معین قرار دارند. تغییر جایگاه آنها میان این سطوح باعث جذب یا گسیل انرژی می شود که در بیشتر موارد به صورت اشعه گاما ظاهر می گردد. بنابراین، سطوح انرژی هسته اساس فهم بسیاری از پدیده های هسته ای است



4:- رادیواکتیو طبیعی

رادیواکتیوی طبیعی

تعریف:

رادیواکتیوی طبیعی، فرایندی است که در آن هسته بعضی از اتمها به صورت طبیعی و بدون دخالت انسان ناپایدار شده و اشعه انرژی دار (α, β, γ) منتشر می کنند. این اشعه ها باعث تغییر در هسته اتم می شوند و اتم ناپایدار به اتم پایدار تبدیل می گردد.

منابع رادیواکتیوی طبیعی:

رادیواکتیوی طبیعی عمدتاً در عناصر زیر مشاهده می شود:

1. اورانیم (U-238)
2. توریم (Th-232)
3. رادیوم (Ra-226)
4. کربن-14 (C-14)

این عناصر به طور طبیعی در زمین، سنگها، خاک و حتی در موجودات زنده یافت می شوند.

انواع پرتوهای رادیواکتیوی:

1. پرتوی α (آلفا)

- شامل ۲ پروتون و ۲ نوترون است.
- دارای بار مثبت و جرم زیاد.
- نفوذ کمی دارد (مثلاً توسط یک کاغذ متوقف می شود)

2. پرتوی β (بتا)

- شامل الکترون یا پوزیترون است.
- نفوذ متوسط دارد (مثلاً توسط یک لایه فلز نازک متوقف می شود)

3. پرتوی γ (گاما)

- اشعه الکترومغناطیسی با انرژی زیاد است.

- بدون جرم و بار است.
- نفوذ زیادی دارد و برای توقف آن به لایه های ضخیم سرب یا بتن نیاز است.

مثال:

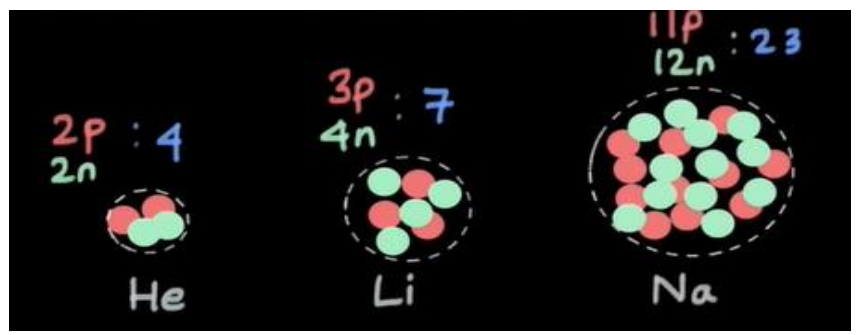
- اورانیم ۲۳۸ \rightarrow طی چند مرحله \rightarrow رادیوم \rightarrow در نهایت به سرب پایدار (Pb-206) تبدیل می شود و در این مسیر α و β و γ منتشر می شود.

کاربردهای رادیواکتیوی طبیعی:

1. تعیین سن زمین و سنگها (با اورانیم و کربن-14)
2. تحقیقات علمی و پزشکی
3. تولید انرژی در نیروگاه های هسته ای (استفاده از عناصر رادیواکتیوی طبیعی در سوخت)

نکات مهم:

- رادیواکتیوی طبیعی همیشه در محیط وجود دارد ولی مقدار آن معمولاً کم و غیر خطرناک است.
- مهم است که با منابع رادیواکتیوی با دقت برخورد شود تا از آسیب های احتمالی جلوگیری شود



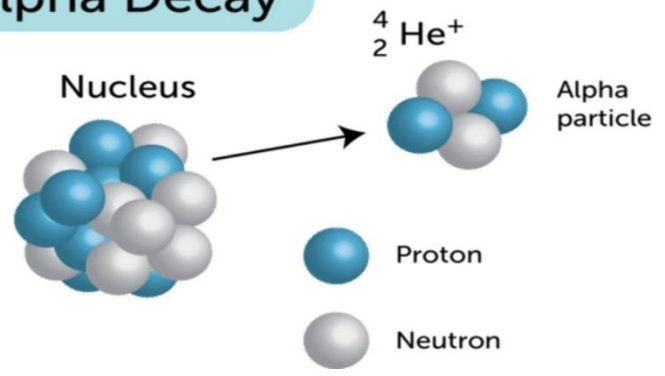
5:- متلاشی شدن همراه با خروج اشعه الفا

متلاشی شدن هسته همراه با خروج اشعه α

تعریف:

متلاشی شدن هسته همراه با خروج اشعه آلفا (α)، فرایندی است که در آن هسته ناپایدار یک عنصر رادیواکتیوی برای رسیدن به پایداری، یک ذره آلفا (α) که شامل ۲ پروتون و ۲ نوترون

Alpha Decay



6- متلاشی شدن همراه با خروج اشعه بتا

متلاشی شدن هسته همراه با خروج اشعه β

تعریف:

متلاشی شدن هسته همراه با خروج اشعه بتا (β)، فرایندی است که در آن یک هسته ناپایدار رادیواکتیوی برای رسیدن به پایداری، یک ذره بتا (الکترون یا پوزیترون) منتشر می کند.

این ذره باعث تغییر در عدد اتمی هسته می شود، اما عدد جرمی هسته تغییر نمی کند.

ویژگی های متلاشی شدن بتا:

1. عدد اتمی هسته ۱ واحد تغییر می کند:

○ اگر یک نوترون به پروتون تبدیل شود \rightarrow عدد اتمی $+1$

○ اگر یک پروتون به نوترون تبدیل شود \rightarrow عدد اتمی -1

2. عدد جرمی هسته تغییر نمی کند.

3. ذره β دارای جرم بسیار کم و بار منفی (β^-) یا مثبت (β^+) است.

4. نفوذ پرتو بتا متوسط است و با یک لایه فلز نازک (مثل آلومینیوم) متوقف می شود.

فرمول کلی:

اگر هسته ای با نماد X^A_Z متلاشی شود و اشعه β منتشر کند، تبدیل می شود به:

است) منتشر می کند. این ذره باعث کاهش عدد اتمی و عدد جرمی هسته می شود و اتم جدیدی تشکیل می گردد.

ویژگی های متلاشی شدن آلفا:

1. هسته اصلی عدد اتمی اش ۲ واحد کاهش می یابد.

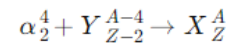
2. عدد جرمی هسته ۴ واحد کاهش می یابد.

3. اشعه آلفا دارای بار مثبت و جرم زیاد است.

4. نفوذ آن کم است و با یک کاغذ یا چند سانتی متر هوا متوقف می شود.

فرمول کلی:

اگر هسته ای با نماد X^A_Z متلاشی شود و اشعه α منتشر کند، تبدیل می شود به:



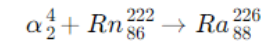
• X : هسته اولیه

• Y : هسته جدید (پایدارتر)

• α : ذره آلفا

مثال:

• رادیوم ($Ra-226$) متلاشی می شود و رادون ($Rn-222$) تولید می کند:



در این مثال:

• عدد اتمی: $88 - 86 = 2$ (کاهش ۲ واحد)

• عدد جرمی: $226 - 222 = 4$ (کاهش ۴ واحد)



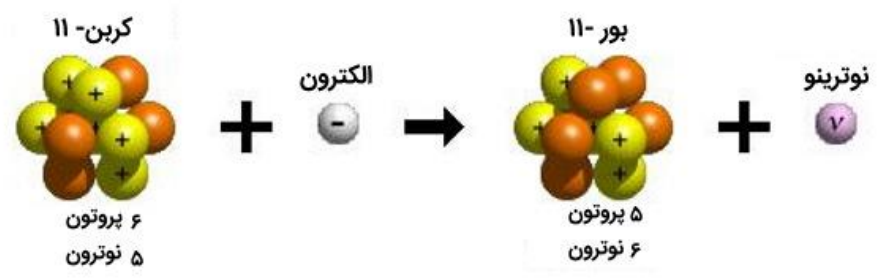
نکات مهم:

• متلاشی شدن α یکی از رایج ترین روش های رادیواکتیوی طبیعی است.

• پرتو آلفا برای انسان خارج از بدن خطرناک نیست اما اگر بلعیده یا استنشاق شود، ممکن است آسیب جدی بر سلول ها وارد کند.

• این فرایند باعث ایجاد هسته های پایدارتر و کاهش ناپایداری هسته می شود

$$\bar{\nu} + ^- \beta + Y_{Z+1}^A \rightarrow X_Z^A$$



- X : هسته اولیه
- Y : هسته جدید (پایدارتر)
- $^- \beta$: ذره بتا (الکترون)
- $\bar{\nu}$: نوترینوی الکترونی که انرژی اضافی را حمل می کند
- اگر β^+ (پوزیترون) منتشر شود، عدد اتمی ۱ واحد کاهش می یابد.

مثال:

- کربن-۱۴ متلاشی می شود و نیتروژن-۱۴ تولید می کند:

$$\bar{\nu} + ^- \beta + N_7^{14} \rightarrow C_6^{14}$$

مثال:

- کربن-۱۴ متلاشی می شود و نیتروژن-۱۴ تولید می کند:

$$\bar{\nu} + ^- \beta + N_7^{14} \rightarrow C_6^{14}$$

در این مثال:

- عدد اتمی: ۶ → ۷ (افزایش ۱ واحد)
- عدد جرمی: ۱۴ → ۱۴ (تغییر نکرد)

نکات مهم:

- پرتو بتا می تواند به سلول ها و بافت های زنده نفوذ کند و در صورت تماس مستقیم خطرناک باشد.
- این فرایند باعث می شود که هسته های ناپایدار به هسته های پایدارتر تبدیل شوند.
- اشعه بتا در رادیوکاربن سنجی و پزشکی هسته ای کاربرد دارد.

7-: متلاشی شدن اشعه گاما

متلاشی شدن هسته همراه با خروج اشعه γ

تعریف:

متلاشی شدن هسته همراه با خروج اشعه گاما (γ)، فرایندی است که در آن هسته ناپایدار یک عنصر رادیواکتیوی پس از متلاشی شدن با انتشار اشعه α یا β ، انرژی اضافی خود را به صورت پرتو الکترومغناطیسی گاما آزاد می کند.

نکته: برخلاف اشعه α و β ، اشعه γ فقط انرژی است و ذره ندارد، بنابراین عدد اتمی و عدد جرمی هسته تغییر نمی کند.

ویژگی های اشعه γ :

1. بدون جرم و بدون بار است.
2. نفوذ بسیار زیاد دارد و برای توقف آن به لایه های ضخیم سرب یا بتن نیاز است.
3. معمولاً پس از متلاشی شدن هسته با انتشار α یا β تولید می شود تا هسته به حالت پایدار برسد.
4. انرژی بسیار بالایی دارد و می تواند از بافت ها و مواد ضخیم عبور کند.

فرمول کلی:

اگر هسته ای پس از متلاشی شدن α یا β هنوز انرژی اضافی داشته باشد، آن را به صورت γ آزاد می کند

$$\gamma + Y_Z^A \rightarrow ^*Y_Z^A$$

- Y^* : هسته تحریک شده (با انرژی اضافی)
- Y : هسته پایدار
- γ : اشعه گاما

مثال:

- کوبیوم-60 (Co-60) پس از انتشار β^- به نیکل-60 (Ni-60) تبدیل می شود و اشعه γ منتشر می کند:
- $$\gamma + Ni_{28}^{60} \rightarrow *Ni_{28}^{60} \text{ سپس } \bar{\nu} + \beta^- + Ni_{28}^{60} \rightarrow Co_{27}^{60}$$

در این مثال:

- عدد اتمی و عدد جرمی هسته پس از انتشار γ تغییر نمی کند.
- فقط انرژی اضافی هسته آزاد می شود.

کاربردهای اشعه γ :

1. در پزشکی: برای درمان سرطان و تصویربرداری پزشکی.
2. در صنعت: برای کنترل کیفیت و بررسی ساختار مواد.
3. در تحقیقات علمی: برای مطالعه هسته ها و واکنش های هسته ای.

نکات مهم:

- اشعه γ بسیار پرانرژی و نفوذپذیر است، بنابراین تماس مستقیم با آن خطرناک است و نیاز به حفاظ های ضخیم دارد.

- این اشعه به تنهایی هسته را تغییر نمی دهد، بلکه تنها انرژی اضافی هسته را آزاد می کند.

