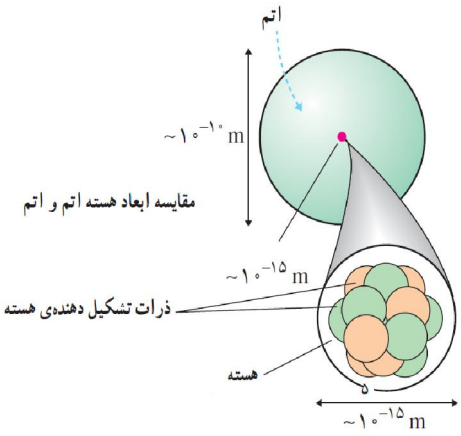
ساختار هسته اتم



چند سال پس از توجیه پدیده فوتو الکتریک توسط اینشتین ، رادرفورد با تابش ذره های آلفا به ورقه نازک طلا و بررسی انحراف آنها معلوم کرد ، اتم تقریباً از فضای تهی تشکیل شده و بیشتر جرم آن‌در بخش مرکزی به نام هسته بابار مثبت متمرکز شده است .بررسی های رادرفورد نشان داد که ابعاد هسته اتم در حدود 10^{-15}m (۱فمتو متر یا ۱ فرمی) و در حدود صدهزارمرتبه کوچکتر از ابعاد اتم (10^{-10}m) است .

☑ تعداد پروتونهای هسته را با Z نشان می‌هند و آن را عدد اتمی می‌نامند .

☑ تعداد نوترونهای هسته را با N نشان می‌هند و آن را عدد نوترونی می‌نامند .

☑ مجموع عدد اتمی و عدد نوترونی را عدد جرمی می‌نامند و با A نشان می‌دهند . $A=N+Z$

در فیزیک هسته‌ای هر هسته را با نماد شیمیایی مربوط به آن و A و Z به صورت مقابل نمایش می‌دهند : هسته اتم X = $^{A}_{Z}X$

☑ اتم های با تعداد پروتونهای معین و تعداد نوترونهای مختلف را ایزوتوپ (هم مکان) می‌نامند .

☑ ایزوتوپها خواص شیمیایی یکسان و خواص هسته‌ای کاملاً متفاوت هستند .

نیروی هسته‌ای: نیروی رباییشی است که ، اجزای هسته را با وجود همنام بودن بار الکتریکی پروتونها ، کنار هم نگه‌میدارد .

تفاوت نیروی هسته‌ای با نیروهای گرانشی و کولنی :

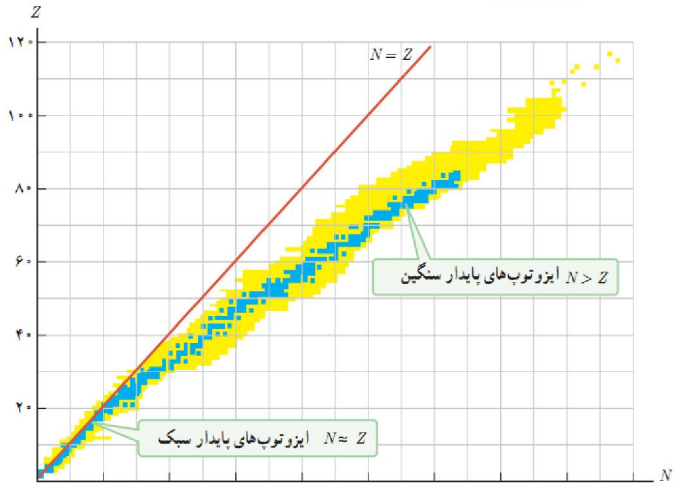
۱ – بسیار قوی تر از آنهاست و باوجود نیروی رانش شدید بین پروتونها ، آنها را کناریکدیگر نگه‌میدارد .

۲ – بر خلاف آنها کوتاه برد است ، زیرا در ابعاد اتمی اثری از آنها مشاهده نمی‌شود .

☑ از نظر نیروی هسته‌ای پروتون و نوترون تفاوتی ندارند و نام نوکلئون را برای هر دو آنها بکار می‌برند.

☑ هرنوکلئون فقط به نوکلئونهای مجاور خود نیرو وارد می‌کند .

عناصر فرا اورانیمی : عدد اتمی عناصر طبیعی موجود در طبیعت $1 \le Z \le 92$ است . عناصر با $Z > 92$ را بطور مصنوعی درآزمایشگاه تولید می‌کنند که به آنها عناصر فرا اورانیمی می‌گویند .



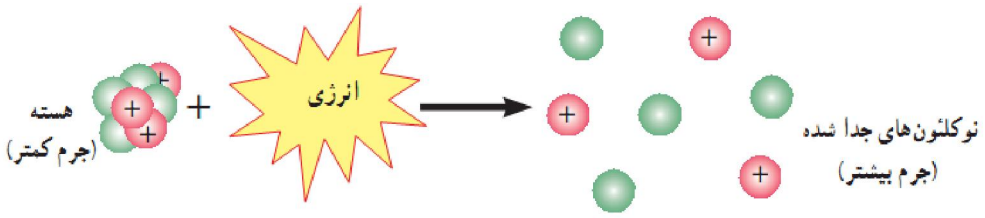
☑ همانطور که نمودار تغییرات N برحسب Z را در شکل مقابل مشاهده می‌کنید ، خط پایداری ایزوتوپها بر خط N=Z منطبق است ، اما بازیاد شدن Z به تدریج از آن دور می‌شود .چون تعداد پروتونها ثابت است در حالیکه به تعداد نوترونها افزوده شده است .

☑ نوترون به رباییش هسته ای اضافه می‌کند بدون اینکه رانش کولنی داشته باشد .

انرژی بستگی هسته : برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته ، انرژی لازم است ، که به این انرژی ، انرژی بستگی هسته می‌گویند .

کاستی جرم هسته : اندازه گیری‌های دقیق نشان می‌دهد که جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده‌اش اندکی کمتر است که به این اختلاف جرم کاستی جرم هسته می‌گویند .

☑ مطابق رابطه $E=mc^2$ اینشتین اگر کاستی جرم هسته رادر مربع تندی نور ضرب کنیم انرژی بستگی هسته به دست می‌آید .



انرژی‌ای معادل انرژی بستگی هسته‌ای باید تأمین شود تا هسته به نوکلئون‌های تشکیل‌دهندهٔ آن تقسیم شود.

ترازهای انرژی هسته : اختلاف ترازهای انرژی د رهسته نیز کوانتومی است .

☑ اختلاف انرژی تراز های الکترون در حدود چند eV است . (واکنش شیمیائی)

☑ اختلاف انرژی تراز های نوکلئون ها درهسته های سبک حدود MeV است .

☑ اختلاف انرژی تراز های نوکلئون ها درهسته های سنگین حدود keV است . (؟)

☑ هسته‌ها نیز می‌توانند با جذب انرژی از حالت پایه به حالت برانگیخته روند .

☑ هسته‌های برانگیخته نیز می‌توانند با گسیل فوتون به حالت پایه روند .

پرتو زایی طبیعی : وقتی یک هسته ناپایداریا پرتو زا به طور طبیعی واپاشی می‌کند ، نوع معینی از ذرات یا فوتونهای پر انرژی آزاد می‌شوند ، این فرآیند واپاشی ، پرتو زایی طبیعی نامیده می‌شود .

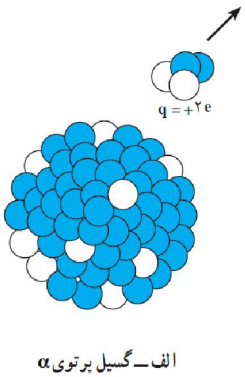
انواع پرتوزایی طبیعی :

☑ پرتوهای آلفا (α) : کمترین نفوذ را دارند و با ورقه‌های نازک سربی ($\approx ۰/۰۱mm$) متوقف می‌شوند.

☑پرتوهای بتا (β): مسافت بیشتری را در سرب نفوذ می‌کنند ($\approx ۰/۱mm$) .

☑پرتوهای گاما(γ) : بیشترین نفوذ را در ورقه های سربی دارند ($\approx ۱۰۰mm$) .

☑در تمام فرایندها تعداد نوکلئونها ، پیش از فرآیند واپاشی و پس از واپاشی مساوی است .



الف ــ گسیل پرتوی α

الف) واپاشی آلفا زا : در این نوع واپاشی هسته ذره α یعنی هسته هلیوم را گسیل می‌کند و به هسته جدید تبدیل می‌شود :

$$\boxed{{}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-۴}_{Z-۲}Y + {}^{۴}_{۲}He}$$

ذره $\alpha = {}^{۴}_{۲}He$ هسته X = هسته مادر هسته Y = هسته دختر

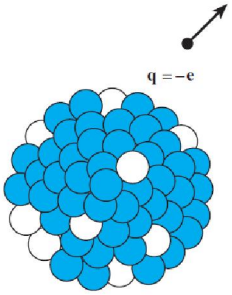
☑ این واپاشی با آزاد شدن انرژی همراه است .

☑ ذره‌های α سنگین و دارای دو بارمثبت هستند .

☑ برد ذره‌های α کوتاه است وبه سرعت جذب محیط می‌شوند .

☑ اگر از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند آسیب شدیدی به بافت‌های بدن وارد می‌کنند .

ب) واپاشی بتا زا : در این نوع واپاشی هسته ناپایدار با گسیل الکترون یا پوزیترون (ذره‌ای به جرم الکترون و بارمثبت) به هسته جدیدی تبدیل می‌شود .



ب ــ گسیل پرتوی β

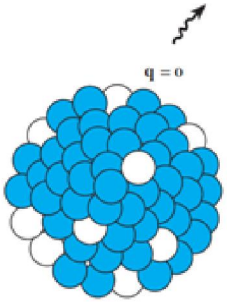
۱ – در فرایند واپاشی بتازا با گسیل الکترون ، یک نوترون در هسته به پروتون و الکترون تبدیل می‌شود . $\boxed{{}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e^{-}}$

☑ عدد اتمی هسته جدید یک واحد بیشتر است .

۲ – در فرایند واپاشی بتازا با گسیل پوزیترون ، یک پروتون در هسته به نوترون و پوزیترون تبدیل می‌شود . $\boxed{{}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{1}e^{+}}$

☑ عدد اتمی هسته جدید یک واحد کمتر است .

پ) واپاشی گاما زا : در این نوع واپاشی هسته ناپایدار با گسیل پرتو گاما به حالت پایه می‌رسد و هسته جدیدی بوجود نمی‌آید : $\boxed{{}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma}$

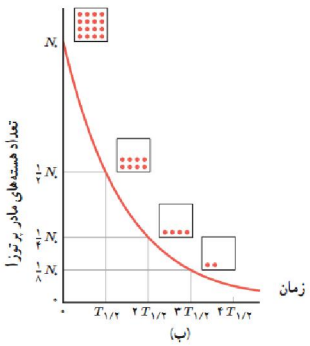


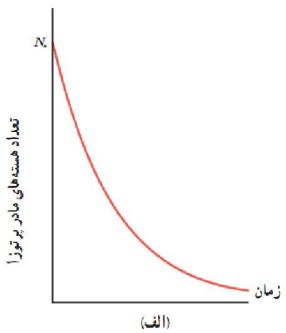
پ ــ گسیل پرتوی γ

☑ اغلب هسته ها پس از واپاشی آلفا و بتا برانگیخته هستند و با واپاشی گاما به حالت پایه می‌رسند .

☑ پرتو گاما همان ویژگیهای پرتو X را دارد ولی پرانرژی تری دارندو بیشتردر ماده نفوذ می‌کنند .

نیمه عمر($T_{\frac{1}{2}}$): مدت زمانی است که طول می‌کشد تا ، تعداد هسته‌های ایزوتوپهای پرتو زا موجود در یک نمونه به نصف برسد . سرعت واپاشی یک ایزوتوپ را با نیمه عمر مشخص می‌کنند .





$$m = \frac{m_0}{2^n} \qquad N = \frac{N_0}{2^n} \qquad n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$$

m_0 = جرم ماده اولیه — m = جرم ماده باقی مانده

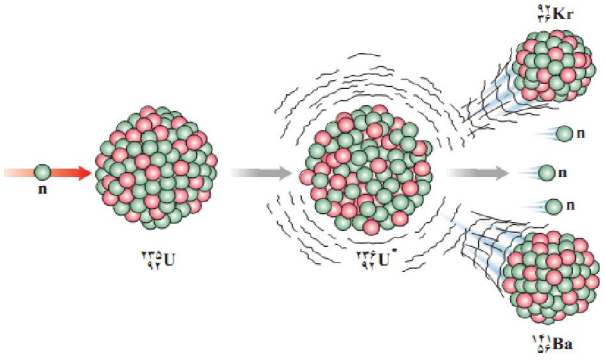
N_0 = تعداد هسته‌های اولیه — N = تعداد هسته‌های باقی مانده

t = مدت زمان سپری شده — n =تعداد نیمه عمرها

شکافت هسته‌ای : یک واکنش هسته‌ای است که طی آن یک هسته سنگین به هسته‌های کوچکتر شکسته می‌شود .

شکافت هسته‌ای اورانیم : نوترونی کُند با انرژی جنبشی حدود ۰/۰۴ev توسط هسته $^{235}_{92}U$ جذب و و هسته ایزوتوپ مرکب (ناپایدار) $^{236}_{92}U^{*}$ ایجاد می‌شود ، این هسته مرکب در کمتر از $10^{-12}S$ به هسته‌های باریم $^{141}_{56}Ba$ و $^{92}_{36}Kr$ تقسیم و ۳ نوترون آزاد می‌شود .

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow \underbrace{^{236}_{92}U^{*}}_{\text{هستهٔ مرکب (ناپایدار)}} \rightarrow \underbrace{^{141}_{56}Ba}_{\text{باریم}} + \underbrace{^{92}_{36}Kr}_{\text{کریپتون}} + \underbrace{3\,^{1}_{0}n}_{\text{سه نوترون}}$$



واکنش زنجیره‌ای : توجه کنید یک نوترون ، سه نوترون دیگر آزاد می‌کند و چون بارالکتریکی ندارند بدون رانش هسته جذب آن می‌شوند و باعث شکافت سه هسته دیگر می‌شوندو۹ نوترون دیگر آزاد می‌شوند و به همین ترتیب ادامه می‌یابد.

☑ به طور میانگین ۲/۷ نوترون در هر واکنش آزاد می‌شود .

☑ درواکنش‌شکافت هسته‌ای ، جرم محصولات شکافت،کمتر از جرم هسته مرکب است،که سبب آزاد شدن گرمای زیادی می‌شود.

☑ در هر واکنش شکافت هسته‌ای حدود ۲۰۰Mev انرژی آزاد می‌شود .

☑ انرژی که توسط محصولات شکافت حمل می‌شود عمدتاً به شکل انرژی جنبشی است .

پرسش :چرا واکنش زنجیره‌ای به طور طبیعی در معدن رخ نمی‌دهد ؟

جواب : چون فقط ۰/۷۲ درصد اورانیم طبیعی را اورانیم ۲۳۵ تشکیل میدهد . بقیه آن اورانیم ۲۳۸ است که با جذب نوترون شکافته نمی‌شود تا واکنش زنجیره‌ای رخ دهد .

غنی سازی اورانیم : بالا بردن مصنوعی فراوانی اورانیم ۲۳۵ را غنی سازی اورانیم می‌نامند . این جداسازی براساس تفاوت جرم دو ایزوتوپ انجام می‌گیرد .

راکتور شکافت هسته‌ای : اگر بتوانیم نوترونهای آزاد شده در شکافت هسته‌ای را ، با قرار دادن یک لایه بین قطعات اورانیم ، کندکنیم ، احتمال جذب نوترونهای حاصل و واکنش زنجیره ای را بالا برده ایم . که برای اینکار ، از گرافیت نیز به عنوان کند کننده نوترون استفاده می‌کنند . کل این دستگاه را راکتور می‌نامند . از اجزا اصلی راکتور میتوان از کند کننده و میله های کنترل و شاره‌ای که برای خروج گرما استفاده می‌شود نام برد . میله های کنترل که معمولاً از کادمیم یا بور ساخته می‌شود که مواد جذب کننده نوترون می‌باشند .

☑ آب معمولی (H_2O) ، آب سنگین (D_2O) و گرافیت (اتمهای کربن) از جمله موادی هستند که به عنوان **کُند ساز** نوترونها در واکنش‌های شکافت هسته‌ای استفاده می‌شوند .

انرژی هسته‌ای : یعنی استفاده از انرژی حاصل از شکافت هسته‌ای در راکتورها برای بجوش آوردن آب ، و تبدیل آن به انرژی الکتریکی . یک کیلو اورانیم در راکتور ، برابر ۳۰ کامین ذغال سنگ انرژی تولید می‌کند .

گداخت (همجوشی) هسته‌ای: در فرآیند گداخت هسته‌ای دو هسته سبک با یکدیگر ترکیب می‌شوند و هسته سنگین‌تری به وجود می‌آورند .

مثال برای گداخت هسته‌ای : در واکنش روبرو در نتیجه همجوشی هسته‌ای دو ایزوتوپ $D + T \rightarrow {}^{4}He + {}^{1}n$ هیدرون ،یعنی دوتریم و تریتیم ، هسته هلیم و یک نوترون پر انرژی تولید می‌شود .

☑ در واکنش گداخت هسته‌ای مجموع جرم محصولات فرآیند ، کمتر از مجموع جرم هسته‌های اولیه است .