وزارت آموزش و پرورش
سازمان ملّی پرورش استعدادهای درخشان

به نام خدا

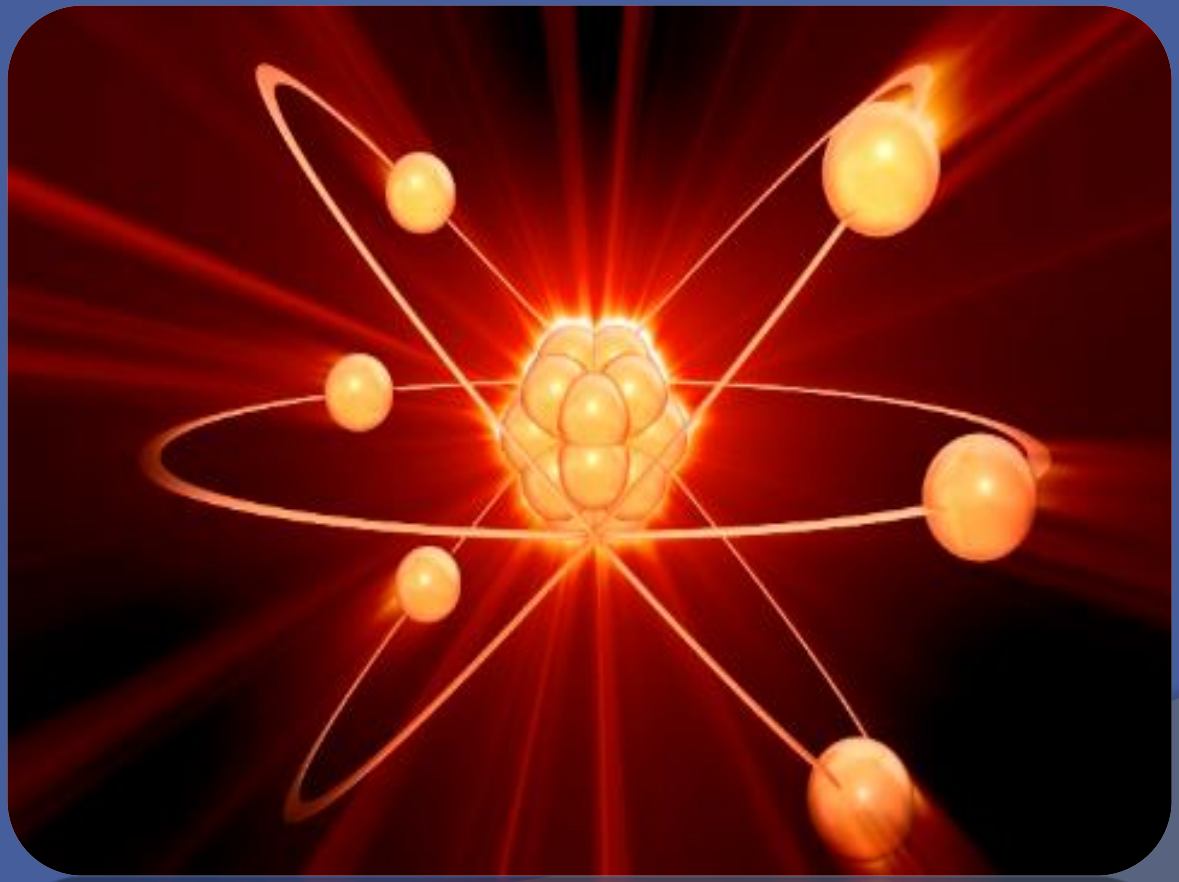
سومین کارسوق فراگیر فناوری هسته ای
سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان
اداره کل آموزش و پرورش استان بوشهر

جلسه دوم:

مبانی فیزیک هسته ای ۱

پاییز ۱۴۰۴

- فیزیک هسته‌ای شاخه‌ای از فیزیک است که در آن با **ساختار، برهم کنش‌ها و واپاشی** هسته‌های اتمی سروکار داریم.



وزارت آموزش و پرورش
سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان

ساختار هسته

شعاع اتم بین ۳۰ تا ۳۰۰ پیکومتر است

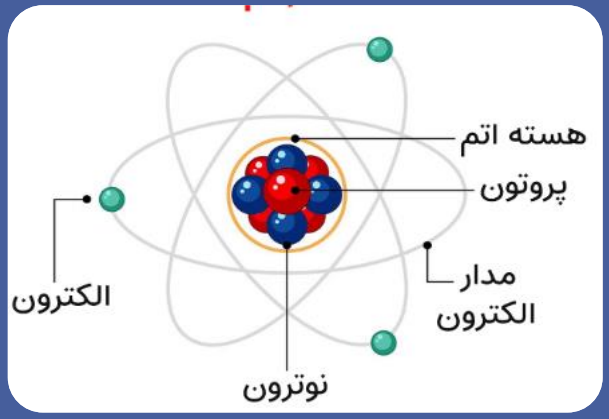
شعاع هسته تقریباً اتم یک صد هزارم (10^{-5}) شعاع اتم است

هسته اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده است که به طور کلی نوکلئون نامیده می‌شوند

شعاع میانگین پروتون‌ها و نوترون ها به ترتیب تقریباً ۰/۸۵ و ۰/۸ فمتومتر است

یکای جرم اتمی یک دوازدهم جرم ایزوتوپ ۱۲ کربن($1/66053906660 \times 10^{-27}kg$) است

ذره	بار الکتریکی (C)	جرم	
		کیلوگرم (kg)	یکای جرم اتمی (u)*
الکترون	$-1/6 \times 10^{-19}$	$9/109389 \times 10^{-31}$	$5/4858 \times 10^{-4}$
پروتون	$+1/6 \times 10^{-19}$	$1/672622 \times 10^{-27}$	۱/۰۰۷۲۷۶
نوترون	۰	$1/674929 \times 10^{-27}$	۱/۰۰۸۶۶۴



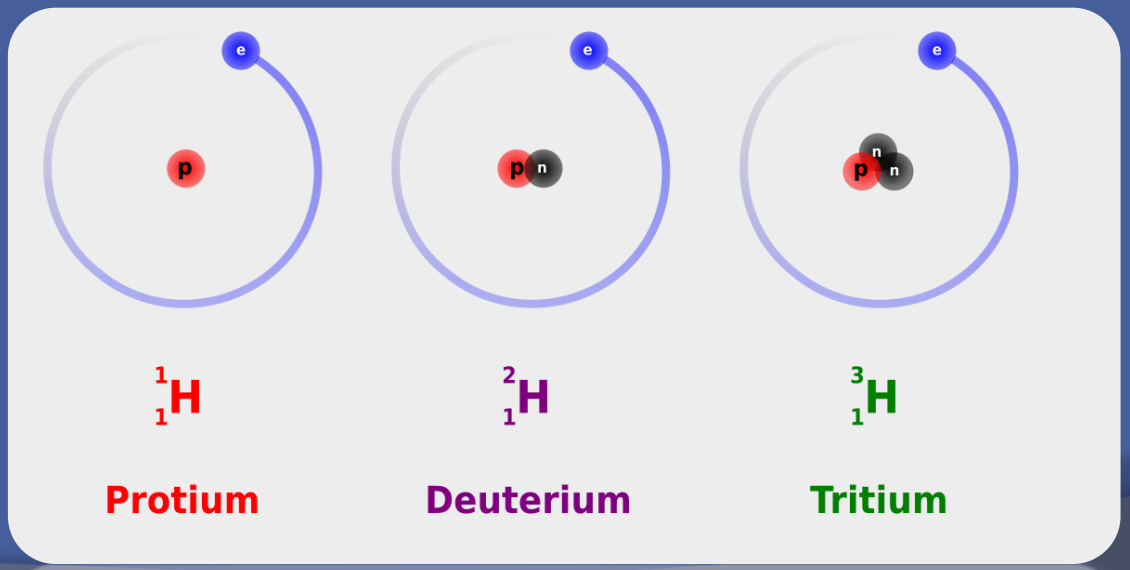
نماد شیمیایی عنصر

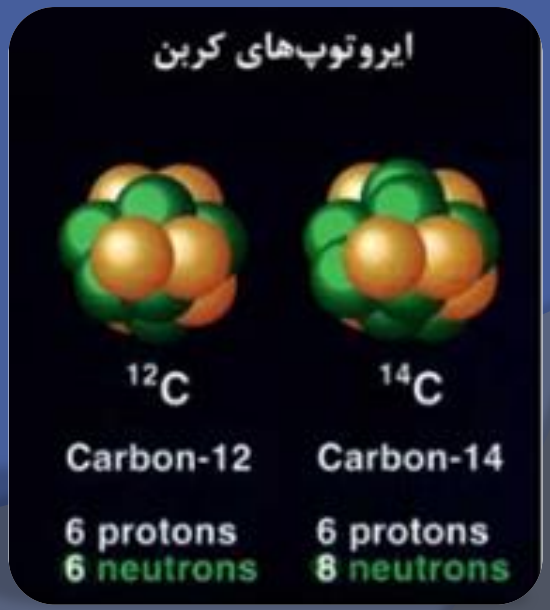
$$ {}^{A}_{Z}X_{N} $$

- A: عدد جرمی
- Z: عدد اتمی
- X: نماد عنصر
- N: عدد نوترونی

ایزوتوپ ها

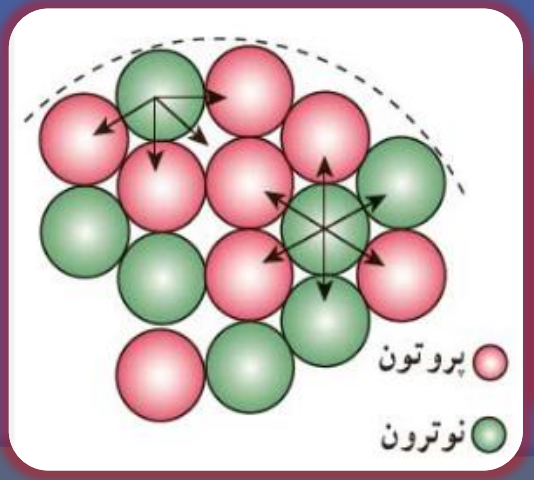
- ✓ ویژگی‌های هسته را تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن تعیین می‌کند.
- ✓ خواص شیمیایی هر اتم را تعداد پروتون‌های هسته (عدد اتمی Z) تعیین می‌کند.
- ✓ هسته‌هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت دارند خواص شیمیایی یکسانی دارند، در نتیجه این هسته‌ها در جدول تناوبی عناصر هم‌مکان هستند و بنابراین ایزوتوپ‌ها (هم‌مکان) نامیده می‌شوند.
- ✓ به‌جز هیدروژن، ایزوتوپ‌های مختلف یک هسته را با نام همان هسته مشخص می‌کنند.





پایداری هسته ها

- ابعاد هسته در مقایسه با ابعاد اتم بسیار کوچک‌تر است. با وجود این بیشتر جرم اتم در هسته متمرکز شده است.
- بین پروتون‌های درون هسته نیروی الکتروستاتیکی رانشی خیلی قوی وجود دارد در این صورت چه چیزی مانع از هم پاشیدن هسته‌ها می‌شود؟
- با توجه به پایداری بسیاری از هسته‌هایی که در طبیعت وجود دارند بنابراین نوعی نیروی جاذبه باید اجزای هسته را کنار هم نگه دارد. از طرفی جاذبه حاصل از نیروی گرانشی بین نوکلئون‌ها، چنان ضعیف است که نمی‌تواند با نیروی الکتروستاتیکی رانشی مقابله کند. این موضوع وجود نیروی جدیدی بین نوکلئون‌ها را مطرح کرد که به آن نیروی هسته‌ای گفته می‌شود.

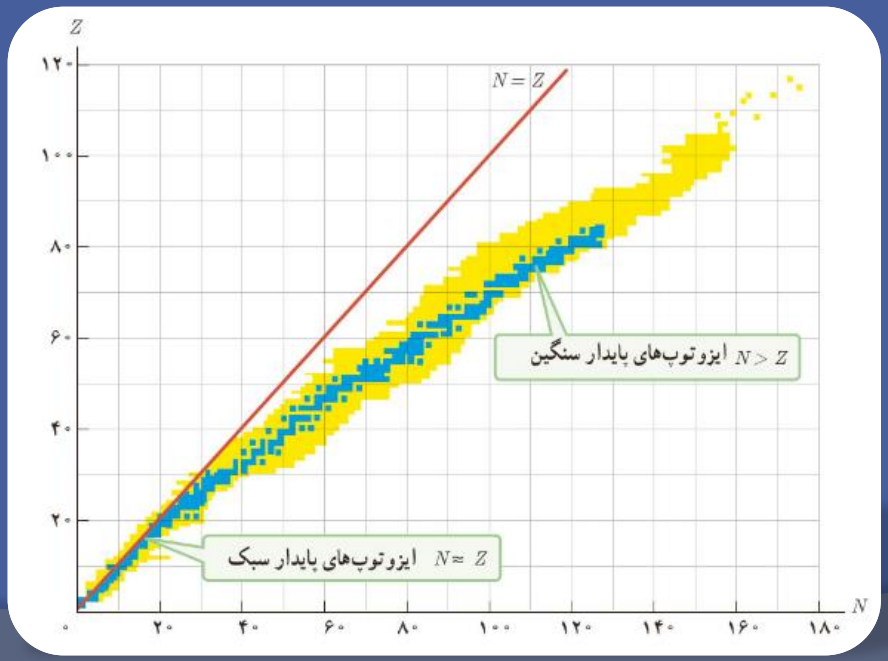


$$F = k\frac{q^2}{r^2} = \left(9.0 \times 10^9\ N \cdot m^2/C^2\right)\frac{(1.6 \times 10^{-19}\ C)^2}{(4.0 \times 10^{-15}\ m)^2} = 14.4\ N$$

$$F = G\frac{m^2}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{(1.672622 \times 10^{-27})^2}{(4 \times 10^{-15})^2} \approx 1.2 \times 10^{-35} N$$

ویژگی های نیروی هسته ای

- نیروی هسته‌ای، کوتاه برد است و تنها در فاصله‌ای کوچک‌تر از ابعاد هسته اثر می‌کند.
- نیروی هسته‌ای مستقل از بار الکتریکی است، یعنی نیروی ربایشی هسته‌ای یکسانی بین دو پروتون، دو نوترون یا یک پروتون و یک نوترون وجود دارد.
- به طور کلی، در هسته‌های پایدار نیروهای هسته‌ای (که بین پروتون‌ها و نوترون‌ها عمل می‌کنند) به طور متعادل با نیروهای الکترومغناطیسی (که پروتون‌ها را به همدیگر دفع می‌کنند) عمل می‌کنند.



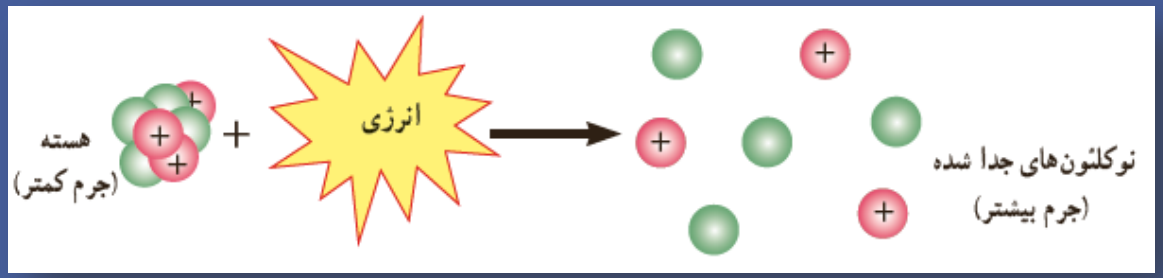
- یکی از عوامل کلیدی در پایداری هسته نسبت پروتون‌ها به نوترون‌ها است. برای هسته‌های سبک (مثلا هیدروژن، هلیم) نسبت یک به یک تقریبا پایدار است. اما با افزایش تعداد پروتون‌ها در هسته، نیاز به تعداد بیشتری نوترون برای حفظ پایداری هسته وجود دارد.

ویژگی های نیروی هسته ای

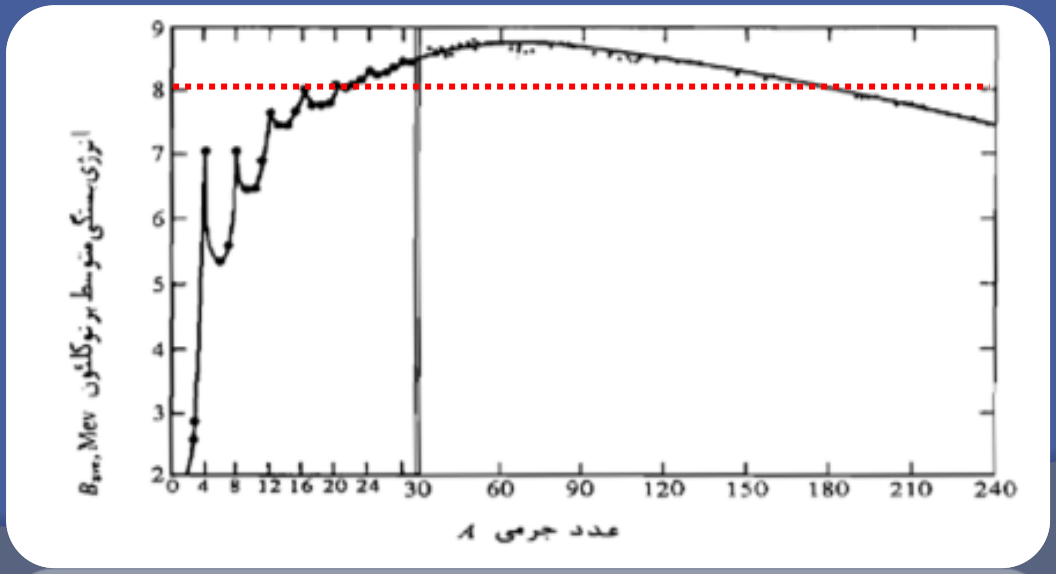
- اگر نسبت پروتون‌ها به نوترون‌ها از یک مقدار خاص خارج شود، هسته ناپایدار می‌شود.
- هسته‌های سنگین معمولاً ناپایدارتر از هسته‌های سبک هستند.
- به‌طور خاص، هسته‌های با تعداد پروتون‌ها بیشتر از ۸۰ مانند اورانیوم، ناپایدارتر هستند و به رادیواکتیویته گرایش دارند.
- هسته‌های ناپایدار کاربردهای زیادی دارند، به‌ویژه در رادیولوژی و پزشکی.
- همچنین در صنعت انرژی هسته‌ای از این هسته‌ها برای تولید انرژی استفاده می‌شود.

انرژی بستگی هسته ای

انرژی بستگی هسته‌ای: انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته



- جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده‌اش اندکی کمتر است.
- اگر اختلاف جرم را که به آن کاستی جرم هسته گفته می‌شود، در مربع تندی نور ضرب کنیم انرژی بستگی هسته‌ای به دست می‌آید.



- ✓ تقسیم انرژی بستگی بر تعداد نوکلئون‌های تشکیل دهنده یک هسته انرژی بستگی متوسط هر نوکلئون را مشخص می کند.
- ✓ نیروی بستگی هسته ای فراتر از چند نوکلئون فراتر نمی رود.
- ✓ پایدارترین هسته ایزوتوپ ۵۶ آهن است.

انرژی بستگی هسته ای

- برای عددهای جرمی ۵۸ و بالاتر، انرژی بستگی متوسط کاهش می‌یابد. از این رو شکافت هسته‌های سنگین واقع در این محدوده و تشکیل هسته‌های سبک‌تر، واکنشی است که با آزاد شدن انرژی همراه است؛ بنابراین عنصرهای این محدوده قابلیت شکافت هسته‌ای و تولید انرژی دارند.
- برای عددهای جرمی کمتر از ۳۰، انرژی بستگی متوسط افزایش می‌یابد. از این رو همجوشی هسته‌های سبک واقع در این محدوده و تشکیل هسته‌های سنگین‌تر، واکنشی است که با آزاد شدن انرژی همراه است؛ بنابراین عنصرهای این محدوده قابلیت همجوشی هسته‌ای و تولید انرژی دارند.

با تشکر از توجه شما