پویش علمی جهاد

فیزیک هسته‌ای

ساختار هسته:

کشف پرتوزایی طبیعی توسط هانری بکرل آغاز پی بردن به وجود هستهٔ اتم بود.

* شعاع هسته تقریباً $\frac{1}{100000}$ شعاع اتم است.

ابعاد اتم در حدود یک آنگستروم است. ابعاد هسته اتم در حدود یک فمتومتر است.

بیشتر جرم اتم در هسته اتم متمرکز شده است.

هسته اتم از نوترون ها و پروتون ها تشکیل شده است که به طور کلی نوکلئون نامیده می شوند. نوترون بار الکتریکی ندارد، و جرمش اندکی بیشتر از پروتون است.

عدد اتمی (Z)
عدد نوترونی (N)
عدد جرمی (A)

$$\underbrace{A}_{\text{تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها (عدد جرمی)}} = \underbrace{Z}_{\text{تعداد پروتون‌ها (عدد اتمی)}} + \underbrace{N}_{\text{تعداد نوترون‌ها (عدد نوترونی)}}$$

هسته یک عنصر با نماد شیمیایی X

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

(A: عدد جرمی، Z: عدد اتمی، N: عدد نوترونی، X: نماد عنصر)

$${}^{27}_{13}Al_{14} \rightarrow {}^{27}_{13}Al \rightarrow {}^{27}Al$$

(۲۷ نوکلئون، ۱۳ پروتون، ۱۴ نوترون)

برخی از ویژگی‌های فیزیکی ذرات تشکیل‌دهندهٔ اتم

ذره	بار الکتریکی (C)	جرم	
		کیلوگرم (kg)	یکای جرم اتمی (u)*
الکترون	$-1/6\times10^{-19}$	$9/109389\times10^{-31}$	$5/4858\times10^{-4}$
پروتون	$+1/6\times10^{-19}$	$1/672622\times10^{-27}$	$1/007276$
نوترون	۰	$1/674929\times10^{-27}$	$1/008664$

بار هسته اتم: $q = +Ze$

نماد اجزاء اتم: ${}^{0}_{-1}e$ ${}^{1}_{1}p$ ${}^{1}_{0}n$

پویش علمی جهاد
پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

ایزوتوپ ها:

خواص شیمیایی هر اتم را تعداد پروتون‌های هسته (عدد اتمی Z) تعیین می‌کند. به همین سبب 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 ایزوتوپ (هم‌مکان) نامیده می‌شوند.

$^{12}_{6}C_{6}$ $^{13}_{6}C_{7}$ $^{14}_{6}C_{8}$

- ایزوتوپ ها در طبیعت فراوانی متفاوت دارند.

هیدروژن ۱ $^{1}_{1}H_{0}$

دوتریم (هیدروژن ۲) $^{2}_{1}D_{1}$

تریتیم (هیدروژن ۳) $^{3}_{1}T_{2}$

اورانیم ۲۳۵ ^{235}U

اورانیم ۲۳۸ ^{238}U

نام عنصر	نماد	Z	N	درصد فراوانی در طبیعت
اورانیم ۲۳۵	^{235}U	۹۲	۱۴۳	۰/۷۱۶
اورانیم ۲۳۸	^{238}U	۹۲	۱۴۶	۹۹/۲۸۴

پایداری هسته:

ابعاد هسته در مقایسه با ابعاد اتم بسیار کوچک تر است .با وجود این، بیشتر جرم اتم در هسته متمرکز شده است.

مرتبه بزرگی چگالی هسته به صورتی باور نکردنی بزرگ است.

با وجود نیروی الکتروستاتیکی رانشی خیلی قوی بین پروتون های درون هسته چه چیزی مانع از هم پاشیدن هسته می شود؟

جاذبه حاصل از نیروی گرانشی بین نوکلئون ها، چنان ضعیف است که نمی تواند با نیروی الکتروستاتیکی رانشی مقابله کند.

پس نیروی جدیدی بین نوکلئون ها وجود دارد که به آن نیروی هسته ای می گویند.

ویژگی های نیروی هسته ای:

۱ – نیروی هسته ای، کوتاه بُرد است و تنها در فاصله ای کوچک تر از ابعاد هسته اثر می کند.(هر نوکلئون، فقط به نزدیک ترین نوکلئون های مجاورش نیروی هسته ای وارد می کند.)

۲ – نیروی هسته ای مستقل از بار الکتریکی است .(نیروی ربایشی هسته ای بین دو پروتون، دو نوترون، یا یک پروتون و یک نوترون یکسان هستند.)

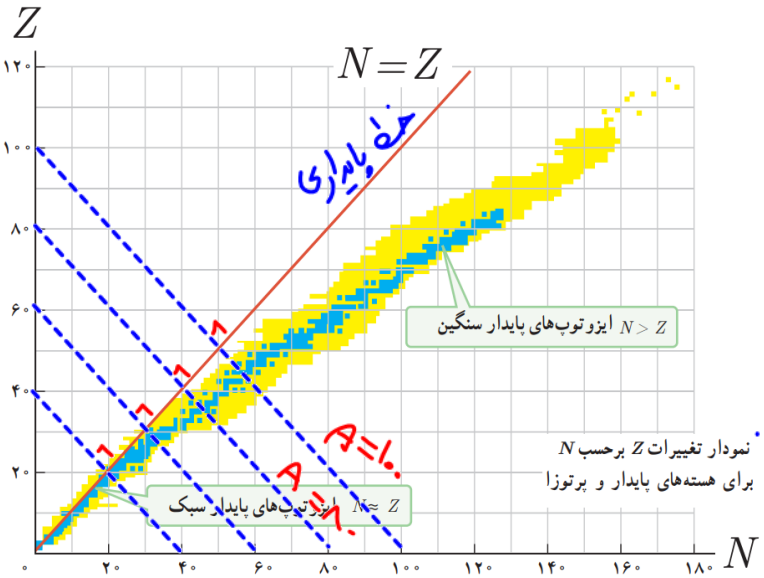
۳ – نیروی هسته ای فقط از نوع جاذبه است.

برای پایداری هسته، باید نیروی دافعه الکتروستاتیکی بین پروتون ها با نیروی جاذبه بین نوکلئون ها،که ناشی از نیروی هسته ای است، موازنه شده باشد. به همین دلیل وقتی تعداد پروتون های درون هسته افزایش یابد، اگر هسته بخواهد پایدار باقی بماند، باید تعداد نوترون های درون هسته نیز افزایش یابد.

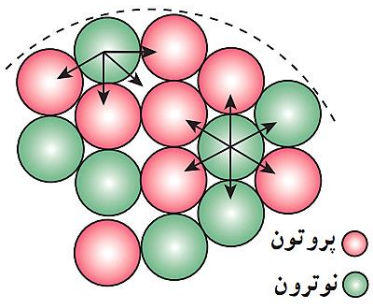
در میان عناصر ناپایدار با عدد اتمی بزرگتر از ۸۳ فقط توریم (Z=۹۰)و اورانیوم(Z=۹۲) در طبیعت یافت می شوند.

سوال: در نمودار زیر چگونه ایزوتوپ ها را مشخص می کنید؟ با رسم خطی به موازات محور N ها

سوال: در نمودار زیر چگونه هسته هایی با عدد جرمی یکسان را مشخص می کنید؟ با رسم خطوطی عمود بر خط پایداری



نمودار تغییرات Z برحسب N برای هسته‌های پایدار و پرتوزا



هر نوکلئون، فقط به نزدیک‌ترین نوکلئون‌های مجاورش نیروی هسته‌ای وارد می‌کند.

ترازهای انرژی هسته:

انرژی نوکلئون های وابسته به هسته نیز مانند انرژی الکترون های وابسته به اتم، کوانتیده اند و نوکلئون های درون هسته نمی توانند هر انرژی دلخواهی را اختیار کنند. نوکلئون ها نیز می توانند با جذب انرژی به ترازهای انرژی بالاتر بروند و در نتیجه هسته برانگیخته شود .هسته برانگیخته با گسیل فوتون به تراز پایه بر می گردد .انرژی فوتون گسیل شده، با اختلاف انرژی بین تراز برانگیخته وتراز پایه برابر است.

نکتهٔ قابل توجه آن است که اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون‌ها در هسته از مرتبهٔ keV تا مرتبهٔ MeV است، در حالی که اختلاف بین ترازهای انرژی الکترون‌ها در اتم از مرتبهٔ eV است. از این رو، هسته‌ها در واکنش های شیمیایی برانگیخته نمی‌شوند.

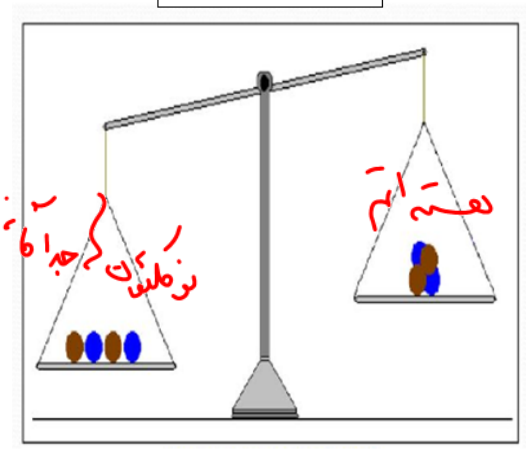
انرژی بستگی هسته ای:

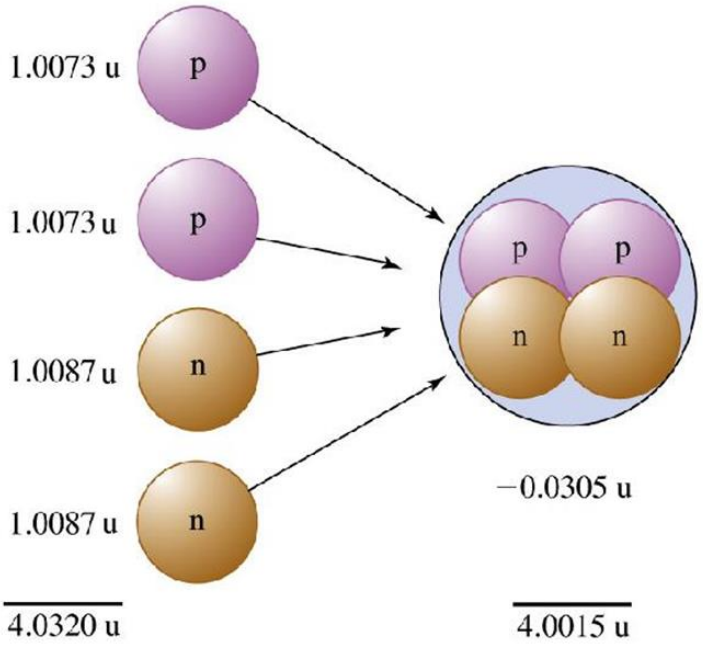
انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون های یک هسته، انرژی بستگی هسته ای نامیده می شود.

جرم هسته از مجموع جرم پروتون ها و نوترون های تشکیل دهنده اش اندکی کمتر است. اگر این اختلاف جرم را که به آن کاستی جرم هسته گفته می شود، مطابق رابطه معروف اینشتین در مربع تندی نورضرب کنیم انرژی بستگی هسته ای به دست می آید که انرژی قابل ملاحظه ای است.

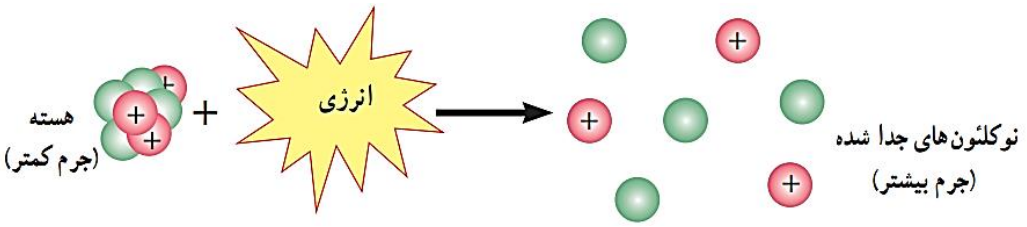
$$E = mc^2$$

Mass Defect





انرژی ای معادل انرژی بستگی هسته ای باید تأمین شود تا هسته به نوکلئون های تشکیل دهنده آن تقسیم شود.



پویش علمی جهاد
پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

۱ انرژی بستگی هسته، برابر انرژی‌ای است که .....

۱) یک الکترون می‌گیرد تا از یک تراز به تراز دیگر برود.
۲) یک الکترون می‌گیرد تا یک فوتون تابش کند.
۳) هستهٔ اتم هنگام تشکیل از دست می‌دهد.
۴) لازم است به الکترون داده شود تا کاملاً از اتم جدا شود.

۲ منشأ انرژی بستگی هسته کدام است؟

۱) نیروی الکتریکی بین نوکلئون‌ها
۲) نیروی گرانش بین نوکلئون‌ها
۳) تبدیل جرم به انرژی
۴) تبدیل انرژی به جرم

۳ کدام عبارت زیر درست است؟

۱) جرم هستهٔ اتم هلیم $_{2}^{4}He$ برابر مجموع جرم دو نوترون و دو پروتون است.
۲) جرم هستهٔ اتم هلیم $_{2}^{4}He$ از مجموع جرم دو نوترون و دو پروتون بیشتر است.
۳) جرم هستهٔ اتم هلیم $_{2}^{4}He$ از مجموع جرم دو نوترون و دو پروتون کمتر است.
۴) جرم هستهٔ اتم هلیم $_{2}^{4}He$ کوچک‌تر یا مساوی مجموع جرم دو نوترون و دو پروتون است.

۴ مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل‌دهندهٔ هسته .....

۱) مساوی جرم هسته است.
۲) مساوی جرم تبدیل شده به انرژی بستگی هسته است.
۳) بزرگ‌تر از جرم هسته است.
۴) کوچک‌تر از جرم تبدیل شده به انرژی بستگی هسته است.

۵ اگر جرم هستهٔ $_{6}^{12}C$ برابر m_c و جرم پروتون m_p و جرم نوترون m_n باشد، کاستی جرم کربن کدام است؟

۱) $12m_p + 12m_n - m_c$
۲) $m_c + 12m_n - 12m_p$
۳) $6m_n - 6m_p + m_c$
۴) $6m_p + 6m_n - m_c$

۶ اگر جرم اتم X را M_X و جرم نوترون و پروتون آزاد را M_n و M_p بنامیم، $ZM_p + NM_n$ در مقایسه با M_X، ..... است و هر چه این اختلاف جرم بیشتر باشد، نشان‌دهندهٔ بزرگی ..... هسته است. (N و Z به ترتیب تعداد نوترون‌ها و پروتون‌های هسته است.)

۷ اختلاف ترازهای نوکلئون در هسته از اختلاف ترازهای انرژی الکترون در اتم ..... بوده و هسته‌ها در واکنش‌های شیمیایی برانگیخته ..... .

۱) بزرگ‌تر، می‌شوند
۲) بزرگ‌تر، نمی‌شوند
۳) کوچک‌تر، می‌شوند
۴) کوچک‌تر، نمی‌شوند

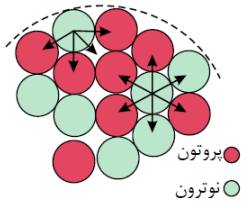
۸ کدام‌یک از عبارت‌های زیر نادرست است؟

۱) انرژی نوکلئون‌های وابسته به هسته کوانتیده‌اند.
۲) اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون‌ها در هسته از مرتبهٔ کیلوالکترون ولت تا مگا الکترون ولت است.
۳) هستهٔ برانگیخته برای بازگشت به تراز پایه، فوتون گسیل می‌کند.
۴) هسته‌های سنگین برخلاف هسته‌های سبک، در واکنش‌های شیمیایی برانگیخته نمی‌شوند.

۴ – کدام عنصر فرضی زیر، ناپایدار است و در طبیعت یافت نمی‌شود؟

① $_{90}X$ ② $_{92}X$ ③ $_{83}X$ ④ $_{84}X$

۵ – شکل مقابل قسمتی از نوکلئون‌های داخل هستهٔ یک اتم را نشان می‌دهد. پیکان‌های روی شکل نیروی ..... بین نوکلئون‌هاست که ..... است.

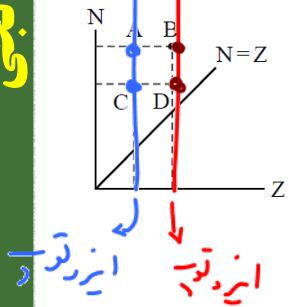


① گرانشی – کوتاه‌بُرد ② هسته‌ای – کوتاه‌بُرد
③ گرانشی – بلندبُرد ④ هسته‌ای – بلندبُرد

۶ – تعداد نوکلئون‌های موجود در هستهٔ دوتریم چند برابر عدد اتمی آن است؟

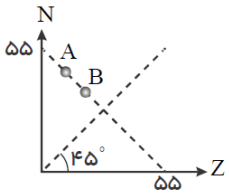
① $\frac{1}{2}$ ② ۲ ③ $\frac{1}{3}$ ④ ۳

۷ – با توجه به نمودار زیر که مربوط به تغییرات N برحسب Z برای هسته‌های پایدار در طبیعت است کدام گزینه صحیح است؟



① A و B عدد جرمی یکسان دارند. ② D و C ایزوتوپ هستند.
③ A و C دارای مشخصات شیمیایی یکسان هستند. ④ B و C عدد جرمی یکسان دارند.

۹ – نمودار شکل روبه‌رو، عدد نوترونی اتم را برحسب عدد اتمی نمایش می‌دهد. کدام ویژگی دو اتم A و B با هم برابر است؟



① تعداد نوترون‌ها ② تعداد پروتون‌ها
③ تعداد پروتون‌ها با تعداد نوترون‌ها ④ عدد جرمی

پویش علمی جهاد

Radioactivity

پرتوزایی طبیعی: وقتی یک هسته ناپایداریا پرتوزا به طور طبیعی(یا اصطلاحاً خودبه خود)واپاشی می کند، نوع معیّنی ازذرات یا فوتون های پر انرژی آزاد می شوند .این فرایند واپاشی، پرتوزایی طبیعی نامیده می شود.

در تمام واپاشی ها تعداد نوکلئونها پایسته می ماند.(تعداد نوکلئونها قبل و بعد از فرایند ثابت می ماند.)
ضمنا اصل بقای بار هم در تمام فرایندهای واپاشی باید رعایت گردد.

واپاشی آلفا :

این نوع واپاشی در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد.

پرتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقهٔ نازک سربی با ضخامت ناچیز ($\approx 0/01\,mm$) متوقف می‌شوند.

پرتوهای α، ذرات باردار مثبت از جنس هستهٔ اتم هلیم ($^{4}_{2}He$) هستند و از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده‌اند.

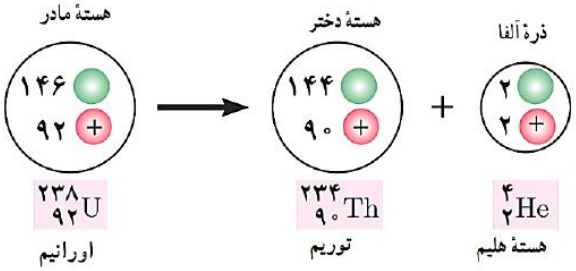
هسته مادر ذره آلفا هسته دختر

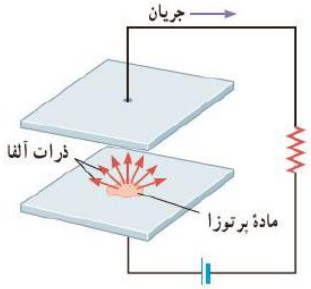
$$^{4}_{2}\alpha_{2} \qquad (\text{واپاشی } \alpha) \qquad {}^{A}_{Z}X_{N} \rightarrow {}^{4}_{2}He_{2} + {}^{A-4}_{Z-2}Y_{N-2}$$

در واپاشی آلفا دو عدد از پروتون ها و دو عدد از نوترون های هسته اتم کاسته شده و در جدول تناوبی دو خانه به عقب برمی گردد.در واپاشی آلفا هم بار و هم جرم هسته کاهش می یابد.

★ ذره‌های آلفا، سنگین‌اند و بار مثبت دارند. بُرد این ذره‌ها کوتاه است. این ذرات پس از طی مسافت کوتاهی در هوا (۱ تا ۲ سانتی‌متر) و یا با عبور از لایه‌ای نازک از مواد جذب می‌شوند. اگر این ذره‌ها از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند، باعث آسیب شدید به بافت‌های بدن می‌شوند. بنابراین، باید مراقب بود که مواد آلفازا هرگز وارد بدن نشوند.

یکی از کاربردهای گستردهٔ واپاشی α در آشکارسازهای دود است.





پویش علمی جهاد

واپاشی بتا : نخستین مورد پرتوزایی بود که در سال های پایانی قرن نوزدهم، توسط هانری بکرل مشاهده شد .این واپاشی، متداول ترین نوع واپاشی در هسته هاست.

پرتوهای β مسافت خیلی بیشتری را (≈۰/۱mm) در سرب نفوذ می‌کنند.

هستهٔ مادر بتامنفی هستهٔ دختر

$$(\beta^- \text{ واپاشی}) \qquad {}^{A}_{Z}X_{N} \rightarrow {}^{0}_{-1}e^{-} + {}^{A}_{Z+1}Y_{N-1}$$

ذرات بتا الکترون هستند. این الکترون وقتی به وجود می آید که نوترونی درون هسته، به پروتون و الکترون تبدیل شود.در نتیجه هسته در جدول تناوبی یک خانه جلو می رود.(تعداد پروتون هسته دختر از هسته مادر بیشتر است.)

$$n^0 \longrightarrow p^+ + e^-$$

نوترون — پروتون — الکترون

★ در نوعی دیگر از فرایند واپاشی بتا، ذرهٔ گسیل‌شده توسط هسته، جرم یکسان با الکترون دارد، ولی به جای بار $e-$ حامل بار $e+$ است. به این الکترون مثبت، پوزیترون می‌گویند و با β^+ یا e^+ نمایش داده می‌شود.

هستهٔ مادر بتامثبت هستهٔ دختر

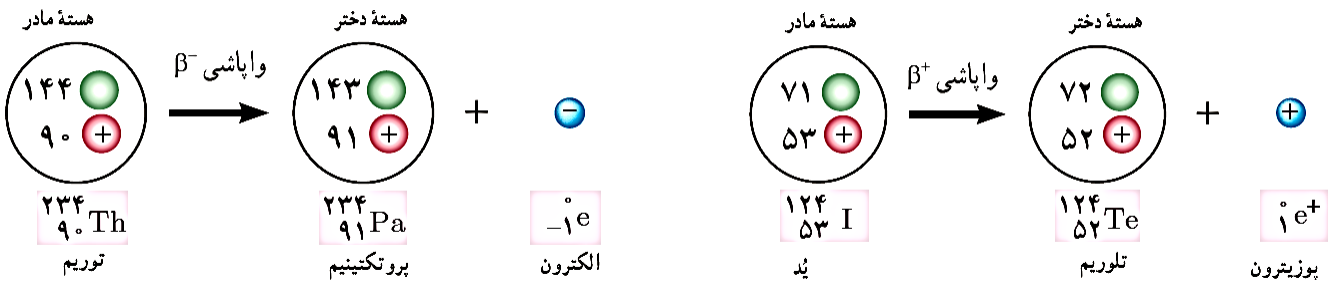
$$(\beta^+ \text{ واپاشی}) \qquad {}^{A}_{Z}X_{N} \rightarrow {}^{0}_{+1}e^{+} + {}^{A}_{Z-1}Y_{N+1}$$

در این فرایند یکی از پروتون های درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می شود. در نتیجه هسته در جدول تناوبی یک خانه عقب می رود.(تعداد نوترون های محصولات شکافت از نوترون های اولیه بیشتر است.)

$$p^+ \longrightarrow n^0 + e^+$$

پروتون — نوترون — پوزیترون

نکته :در هر دو نوع واپاشی بتا ، عدد جرمی هسته (مجموع تعداد نوکلئونها)ثابت می ماند.



پویش علمی جهاد

پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

واپاشی گاما :

اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل فوتون‌های پر انرژی (پرتو گاما) به حالت پایه می‌رسند. در این فرایند، A و Z تغییر نمی‌کنند؛ بلکه هستهٔ برانگیخته که با علامت * مشخص شده است، با گسیل پرتو گاما به حالت پایه می‌رسد.

پرتوهای γ بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقه‌ای سربی به ضخامت قابل ملاحظه‌ای ($\approx 100\,mm$) بگذرند.

پرتو گاما از جنس امواج الکترومغناطیسی (مثل نور) است و در نتیجه در میدان های الکتریکی و مغناطیسی منحرف نمی شوند.

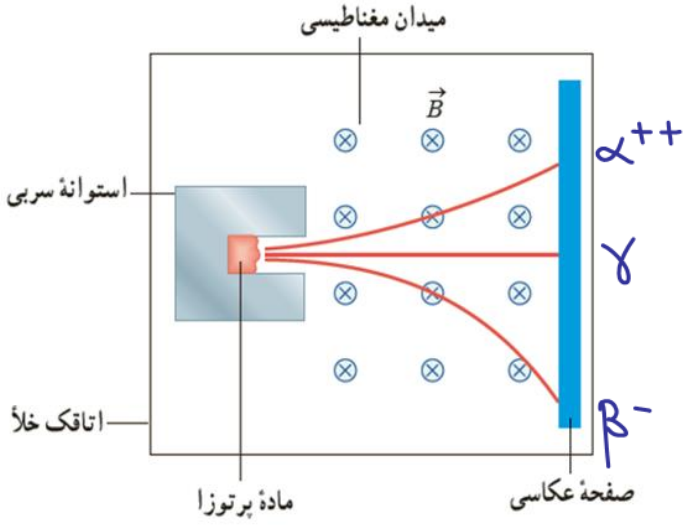
هسته دختر — هسته مادر برانگیخته

$$ {}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{0}_{0}\gamma + {}^{A}_{Z}X \qquad (\text{واپاشی } \gamma) $$

در این فرایند تعداد پروتون ها و نیز نوترون های هسته ثابت و بی تغییر مانده و در نتیجه مکان هسته در جدول تناوبی تغییر نمی کند.

شکل روبه‌رو طرح آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان سه نوع پرتوزایی طبیعی را مشاهده کرد و به تفاوت بار وجرم پرتوها از یکدیگر پی برد.

خطوط ، مسیر حرکت پرتوها را نشان می‌دهد.



نوع بار پرتوها را با هم مقایسه کنید.

پویش علمی جهاد

1 درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

الف) واپاشی آلفا در هسته‌های سبک صورت می‌گیرد. ع

ب) ذره‌های آلفا سبک‌تر از ذره‌های β هستند. ع

پ) پرتوهای α با ورقهٔ نازکی از سرب متوقف می‌شوند. ص

ت) انحراف پرتوهای β در میدان مغناطیسی، بیشتر از انحراف پرتوهای α است. ص

ث) اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند. ص

ج) در بعضی از فرایندهای واپاشی پرتوزا، تعداد نوکلئون‌ها در طی فرایند واپاشی هسته‌ای پایسته نیست. ع

چ) برد ذره‌های آلفا کوتاه است و با عبور از لایه‌ای نازک از مواد جذب می‌شوند. ص

ح) واپاشی گاما، نخستین مورد پرتوزایی بود که توسط هانری بکرل مشاهده شد. ع

خ) جرم و اندازهٔ بار الکتریکی الکترون و پوزیترون با هم برابرند. ص

د) به هسته‌ای که پس از فرایند واپاشی به وجود می‌آید، هستهٔ دختر می‌گویند. ص

ذ) پرتوهای گاما می‌توانند از ورقه‌ای سربی به ضخامت ۱۰mm بگذرند. ص

2 جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید.

الف) تعداد نوکلئون‌ها در طی فرایند واپاشی هسته‌ای .پایسته. است.

ب) بیشترین قدرت نفوذ را بین پرتوهای α، β و γ، پرتوی .گاما. دارد.

پ) پرتوهای آلفا، ذراتی با بار الکتریکی .مثبت. و از جنس هستهٔ اتم .هلیوم. هستند.

ت) یکی از کاربردهای گستردهٔ واپاشی α در .آشکارسازهای دود. است.

ث) متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌ها، .واپاشی β. است.

ج) در .β^+. ، از عدد اتمی هستهٔ مادر یک واحد کاسته می‌شود.

چ) در .α. ، از عدد اتمی هستهٔ مادر دو واحد و از عدد جرمی آن چهار واحد کاسته می‌شود.

ح) در .γ. ، عددهای اتمی و جرمی هستهٔ مادر تغییر نمی‌کند.

خ) درواپاشی .β^-. ، عدد اتمی هستهٔ دختر، یک واحد بیش‌تر از عدد اتمی هستهٔ مادر است.

د) اگر ذره‌های .آلفا. از راه تنفس وارد بدن شوند، باعث آسیب شدید به بافت‌های بدن می‌شوند.

پویش علمی جهاد

نکاتی که برای موازنه معادلات واپاشی باید در نظر گرفت :

۱) مجموع اعداد اتمی در دو سمت واکنش هسته‌ای باید یکسان باشد.

۲) مجموع اعداد جرمی در دو سمت واکنش هسته‌ای باید یکسان باشد.

1 جاهای خالی در فرایندهای واپاشی زیر را که نشان‌دهندهٔ یک یا چند ذرهٔ α، β^-، β^+ یا γ است، کامل کنید.

آ) $^{238}_{92}U \longrightarrow \cdots\alpha + {}^{234}_{90}Th$

ب) $^{131}_{53}I \longrightarrow \cdots\beta^- + {}^{131}_{54}Xe$

پ) $^{27}_{14}Si \longrightarrow \cdots\beta^+ + {}^{27}_{13}Al$

ت) $^{11}_{6}C \longrightarrow \cdots\beta^+ + {}^{11}_{5}B$

ث) $^{234}_{91}Pa^* \longrightarrow {}^{234}_{91}Pa + \cdots\gamma$

ج) $^{214}_{82}Pb \longrightarrow {}^{214}_{84}Po + \cdots\beta^-$

چ) $^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{210}_{81}Tl + \cdots\beta^+$

ح) $^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{239}_{94}Pu + \cdots\beta^-$

2 هستهٔ دختر به‌دست آمده از هریک از واپاشی‌های زیر را به‌صورت $^{A}_{Z}X$ مشخص کنید.

آ) $^{231}_{91}Pa \longrightarrow \alpha + \cdots$

ب) $^{32}_{15}P \longrightarrow \beta^- + \cdots$

پ) $^{99}_{43}Tc \longrightarrow \beta^+ + \cdots$

ت) $^{231}_{91}Pa \rightarrow {}^{0}_{+1}e^+ + \cdots$

ث) $^{235}_{92}U^* \longrightarrow \gamma + \cdots$

ج) $^{206}_{80}Hg \longrightarrow 2\beta^- + \cdots$

چ) $^{210}_{83}Bi \longrightarrow 2\beta^+ + \cdots$

ح) $^{A}_{Z}X \rightarrow 2\alpha + e^+ + \cdots$

3 عنصر رادیواکتیو $^{238}_{92}U$ ضمن تابش ۸ ذرهٔ آلفا و ۶ ذرهٔ β^- به عنصر $^{A}_{Z}Y$ تبدیل شده است.

مقادیر A و Z را محاسبه کنید.

$$\begin{cases} 238 = 8\times4 + 6\times0 + A \\ 92 = 8\times2 + 6(-1) + Z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 206 \\ Z = 82 \end{cases}$$

4 عنصر $^{A}_{Z}X$ باید چند ذرهٔ α و چند ذرهٔ β^- تابش کند تا به عنصر $^{A-4}_{Z}Y$ تبدیل شود؟

$$\begin{cases} A = 4a + 0\times b + A - 4 \Rightarrow a = 1 \\ Z = 2a - b + Z \Rightarrow b = 2 \end{cases}$$

یک آلفا ۲ بتا

5 اگر در یک واپاشی هسته‌ای، عدد جرمی و عدد اتمی هستهٔ مادر هر کدام ۴ واحد کاهش یابند، تعیین کنید که در این واپاشی چند ذرهٔ α و چند ذرهٔ β^+ تابش شده است؟

$$\begin{cases} A = 4a + 0\times b + A - 4 \Rightarrow a = 1 \\ Z = 2a + b + Z - 4 \Rightarrow b = 2 \end{cases}$$

یک آلفا و دو بتا مثبت

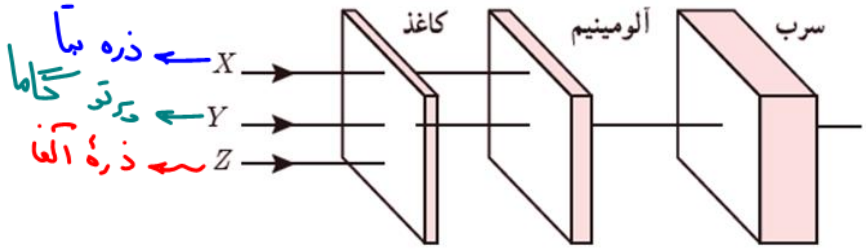
6 در واکنش پرتوزایی « $^{232}_{90}X \rightarrow {}^{216}_{80}Y + \ldots$ » چند ذره α و چند ذره β و از چه نوعی تابش شده است؟

$$\begin{cases} 232 = 216 + 4a + 0\times b \Rightarrow a = 4 \\ 90 = 80 + 4\times2 + x \Rightarrow x = 2 \end{cases} \quad b = +2$$

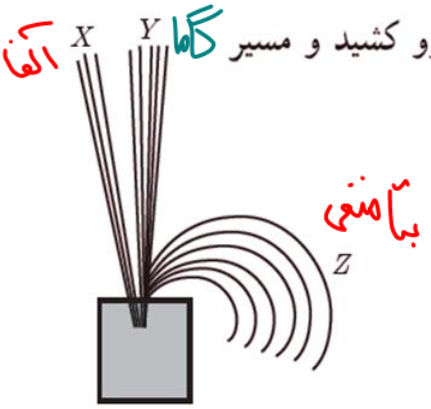
۴ آلفا ۲ بتا مثبت

پویش علمی جهاد

1 در شکل زیر جنس پرتوهای X ، Y و Z را مشخص کنید.



2 در نخستین سال‌های سدهٔ بیستم مادام کوری نموداری مانند شکل روبه‌رو کشید و مسیر حرکت سه پرتو را در هوا در میدان مغناطیسی یکنواخت نشان داد.



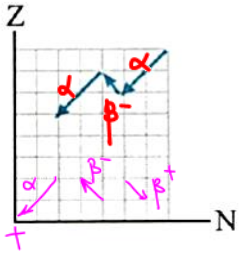
۱ جنس پرتوهای X ، Y و Z را مشخص کنید.

۲ جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید.

3 یک زنجیرهٔ واپاشی با $^{232}_{90}Th$ آغاز می‌شود و به ترتیب واپاشی آلفازا، بتازا، بتازا، گامازا و آلفازا می‌یابد. محصول پایانی کدام است؟

الف) $^{224}_{88}Ra$ ب) $^{230}_{82}Pb$ پ) $^{226}_{86}Rn$ ت) $^{227}_{85}At$ ث) $^{225}_{87}Fr$ ج) $^{224}_{84}Po$

4 $^{218}_{84}Pa$ طی سه واپاشی به شکل مقابل به هستهٔ $^{A}_{Z}X$ تبدیل می‌شود.



در این فرایندها چه ذراتی گسیل می‌شود؟

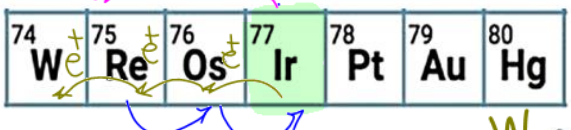
۱) دو تا α ، یک β^-

۲) دو تا α ، یک β^+

۳) دو تا β^- ، یک α

۴) دو تا β^- ، یک β^+

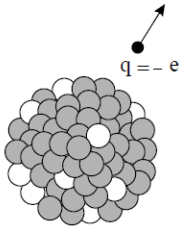
5 شکل روبه‌رو قسمتی از جدول تناوبی مندلیف را نشان می‌دهد.



ایریدیم (Ir) پس از تابش متوالی یک ذره آلفا و دو الکترون و سه پوزیترون و یک پرتوی گاما به چه عنصری تبدیل خواهد شد؟

تعداد نوترون های محصول نهایی نسبت به ایریدیم اولیه چند عدد و چگونه تغییر کرده است؟

۴ - در واپاشی مطابق شکل زیر، تعداد پروتون‌های هسته ..... و تعداد نوترون‌های آن ..... سراسری- ۱۳۹۲

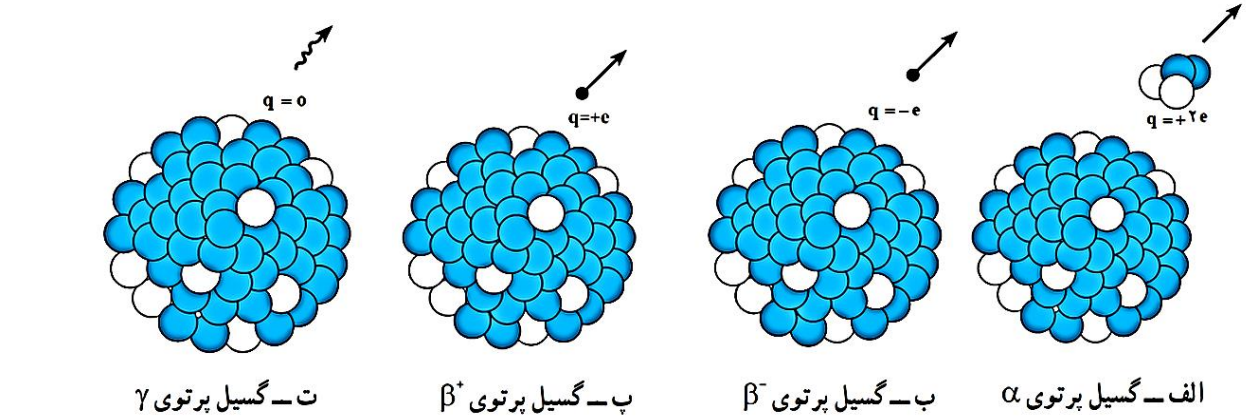


① یک واحد افزایش می‌یابد - یک واحد کاهش می‌یابد.

② یک واحد کاهش می‌یابد - یک واحد افزایش می‌یابد.

③ یک واحد افزایش می‌یابد - ثابت می‌ماند.

④ یک واحد کاهش می‌یابد - ثابت می‌ماند.



الف ــ گسیل پرتوی α ب ــ گسیل پرتوی β^- پ ــ گسیل پرتوی β^+ ت ــ گسیل پرتوی γ

۷ - کدام موارد درست است؟

الف - در واپاشی β^-، الکترون گسیل‌شده در هستهٔ مادر وجود ندارد و همچنین یکی از الکترون‌های مداری اتم نیست. سراسری- ۱۴۰۰

ب - در واپاشی β^+، ذرهٔ گسیل‌شده توسط هسته، جرم یکسان با الکترون دارد.

پ - اغلب هسته‌ها پس از واپاشی بتا، در حالت پایدار قرار می‌گیرند.

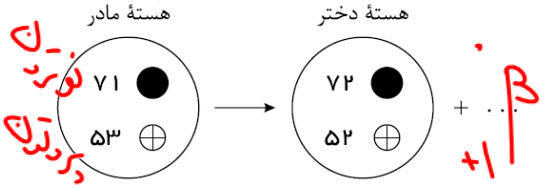
ت - در واپاشی β^+، یکی از نوترون‌های درون هسته به یک پروتون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود.

① الف و ب ② الف و پ ③ ب و ت ④ ب و پ

۱۱ - هستهٔ $^{۲۳۴}_{۹۰}Th$ واپاشی β^- انجام می‌دهد. عدد اتمی هستهٔ دختر چند برابر عدد نوترونی آن است؟ خارج از کشور- ۱۴۰۰

① $\frac{۹۱}{۱۴۴}$ ② $\frac{۸۹}{۱۴۵}$ ③ $\frac{۸۹}{۱۴۴}$ ④ $\frac{۹۱}{۱۴۳}$

۱۲ - شکل زیر، واپاشی ید ۱۲۴ را نشان می‌دهد. نام ذرهٔ گسیل‌شده، کدام است؟ سراسری- ۱۴۰۱



① آلفا ② گاما

③ پوزیترون ④ الکترون

پویش علمی جهاد

پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

Half life

نیمه عمر:

نیمه عمر، مدت زمانی است که طول می کشد تا تعداد هسته های مادر موجود در یک نمونه، به نصف برسند.

تعداد نیمه عمر سپری شده	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶
کسر یا جرم باقی مانده	m_0	$\frac{m_0}{2}$	$\frac{m_0}{4}$	$\frac{m_0}{8}$	$\frac{m_0}{16}$	$\frac{m_0}{32}$	$\frac{m_0}{64}$
کسر یا جرم متلاشی شده	—	$\frac{m_0}{2}$	$\frac{3}{4}m_0$	$\frac{7}{8}m_0$	$\frac{15}{16}m_0$	$\frac{31}{32}m_0$	$\frac{63}{64}m_0$

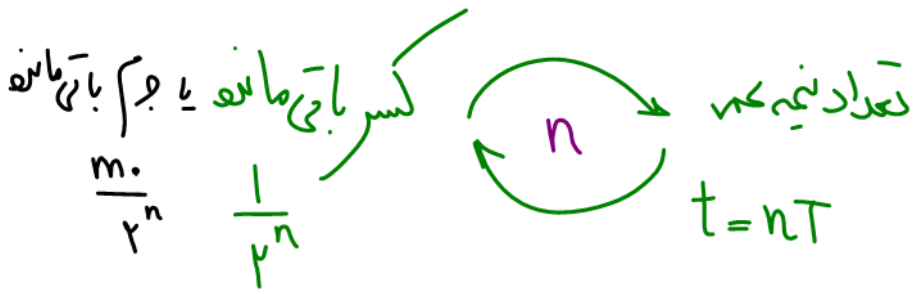
n

$\frac{m_0}{2^n}$

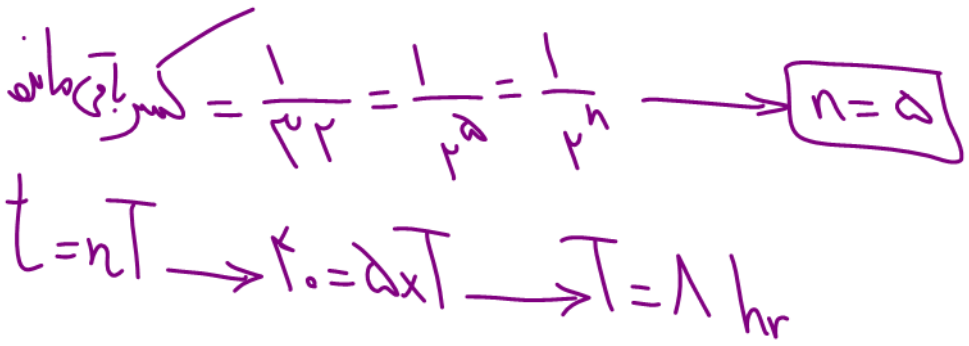
اگر تعداد هسته‌های مادر اولیه در یک نمونهٔ پرتوزا N_0 باشد،
پس از گذشت زمان t، تعداد هسته‌های پرتوزای باقی مانده از این رابطه به‌دست می‌آید :

$$N = N_0 (\frac{1}{2})^n \qquad n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$$

استراتژی حل :



۱	در یک مادهٔ پرتوزا بعد از گذشت ۴۰ ساعت، $\frac{1}{32}$ هسته‌های نمونهٔ اولیه باقی مانده‌اند. نیمه‌عمر این ماده چند ساعت است؟



پویش علمی جهاد

۲	بعد از گذشت ۳۶ روز، از یک مادهٔ رادیواکتیو پرتوزا، مقدار ۲۱۰ گرم واپاشیده شده است. اگر جرم اولیهٔ این مادهٔ پرتوزا ۲۴۰ گرم باشد، نیمه‌عمر آن چند روز است؟

کسر باقی‌مانده یا جرم باقی‌مانده $\frac{m_0}{2^n}$ یا $\frac{1}{2^n}$ ⟷ n ⟷ تعداد نیمه‌عمر $t=nT$

$$\text{کسر باقی‌مانده} = \frac{۳۰}{۲۴۰} = \frac{۱}{۸} = \frac{۱}{۲^n} \rightarrow n=۳$$

$$t = nT$$

$$۳۶ = ۳ \times T$$

$$T = ۱۲ \text{ days}$$

t T

۳	نیمه‌عمر یک مادهٔ رادیواکتیو ۸ روز است، پس از ۴۸ روز چه کسری از هسته‌های این ماده، واپاشیده می‌شود؟ چه کسری از هسته‌های اولیهٔ آن باقی می‌ماند؟

کسر باقی‌مانده یا جرم باقی‌مانده $\frac{m_0}{2^n}$ یا $\frac{1}{2^n}$ ⟷ n ⟷ تعداد نیمه‌عمر $t=nT$

$T = ۸$ days

تعداد نیمه‌عمر $n = \frac{t}{T} = \frac{۴۸}{۸} = ۶$

$$\text{کسر باقی} = \frac{۱}{۲^۶} = \frac{۱}{۶۴} \rightarrow \text{کسر متلاشی شده} = \frac{۶۳}{۶۴}$$

$t = ?$ T

۴	۴۰۰ گرم از ماده پرتوزایی موجود است.اگر نیم عمر آن ۱۴ سال باشد پس از چند سال ۳۵۰ گرم از آن واپاشیده می شود؟ بعد از چه زمانی کل ماده پرتوزا متلاشی خواهد شد؟

کسر باقی‌مانده یا جرم باقی‌مانده $\frac{m_0}{2^n}$ یا $\frac{1}{2^n}$ ⟷ تعداد نیمه‌عمر $t=nT$

$$\text{کسر باقی‌مانده} = \frac{\text{جرم باقی‌مانده}}{\text{جرم اولیه}} = \frac{۴۰۰ - ۳۵۰}{۴۰۰} = \frac{۵۰}{۴۰۰} = \frac{۱}{۸} = \frac{۱}{۲^۳} \rightarrow n=۳$$

$$t = nT = ۳ \times ۱۴ = ۴۲ \text{ years}$$

۵	تعداد هسته‌های اولیهٔ مادهٔ پرتوزا ۱۶×۱۰^{۲۲} است. اگر پس از ۸۱ سال، تعداد ۲×۱۰^{۲۲} هسته فعال باقی بماند، نیمه‌عمر این ماده چند سال است؟

کسر باقی‌مانده یا جرم باقی‌مانده $\frac{m_0}{2^n}$ یا $\frac{1}{2^n}$ ⟷ تعداد نیمه‌عمر $t=nT$

$$\text{کسر باقی‌مانده} = \frac{\text{تعداد باقی‌مانده}}{\text{تعداد اولیه}} = \frac{۲ \times ۱۰^{۲۲}}{۱۶ \times ۱۰^{۲۲}} = \frac{۱}{۸} = \frac{۱}{۲^۳} = \frac{۱}{۲^n} \rightarrow \text{تعداد نیمه‌عمر } n=۳$$

$$t = nT$$

$$۸۱ = ۳ \times T \rightarrow T = ۲۷ \text{ سال}$$

پویش علمی جهاد

۶	نیمه عمر ماده پرتوزایی ۱۴ روز است. اگر ۸ گرم از آن را در محفظه ای قرار دهیم پس از ۵۶ روز چند گرم باقی می ماند و چند گرم متلاشی می شود؟

t m_0 $T=14$

تعداد نیمه عمر $\rightarrow$ کسر باقی‌مانده یا جرم باقی‌مانده: $\frac{1}{2^n}$ یا $\frac{m_0}{2^n}$ ، $t=nT$

$t=nT \rightarrow 56=n\times 14 \rightarrow n=4$

جرم باقی‌مانده $=\frac{m_0}{2^4}=\frac{8}{16}=0.5\ g$ $\rightarrow$ جرم متلاشی شده $=8-0.5=7.5\ g$

۷	نیمه عمر ماده پرتوزایی ۴ دقیقه است.پس از گذشت چه زمانی ۸۷/۵ درصد از آن متلاشی می شود؟

$t=?$ T

تعداد نیمه عمر $\rightarrow$ کسر باقی‌مانده یا جرم باقی‌مانده: $\frac{1}{2^n}$ یا $\frac{m_0}{2^n}$ ، $t=nT$

کسر باقی‌مانده $=\frac{12.5}{100}=\frac{1}{8}=\frac{1}{2^3} \rightarrow n=3$

$t=nT=3\times 4=12\ min$

$\frac{1}{2}=50\%$

$\frac{1}{4}=25\%$

$\frac{1}{8}=12.5\%$

$\frac{1}{16}=6.25\%$

۸	اگر نیمه‌عمر یک ایزوتوپ پرتوزا ۱۶۰۰ سال باشد، چند سال طول می‌کشد تا $\frac{7}{8}$ آن واپاشی کند؟

کسر باقی‌مانده $=\frac{1}{8}=\frac{1}{2^3} \rightarrow n=3$

$t=nT=3\times 1600=4800\ yrs$

۹	در محفظه ای ۲۰ گرم ماده پرتوزا به نیمه عمر یک سال موجود است.مقدار این ماده در چهار سال پیش چقدر بوده است؟

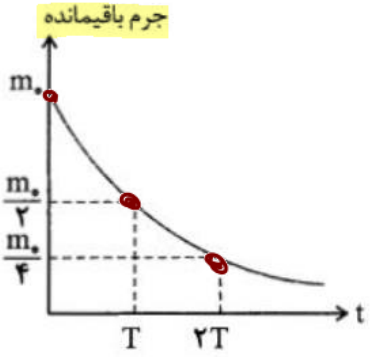
t T

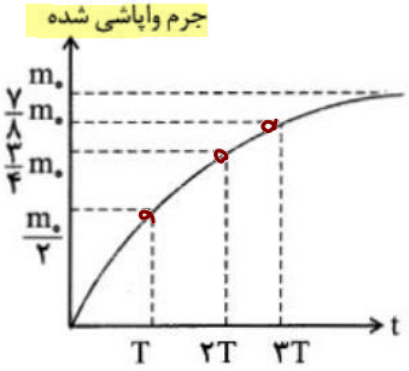
تعداد نیمه عمر $\rightarrow$ کسر باقی‌مانده یا جرم باقی‌مانده: $\frac{1}{2^n}$ یا $\frac{m_0}{2^n}$ ، $t=nT$

جرم باقی‌مانده $=\frac{m_0}{2^4} \rightarrow 20=\frac{m_0}{16} \rightarrow m_0=320\ g$

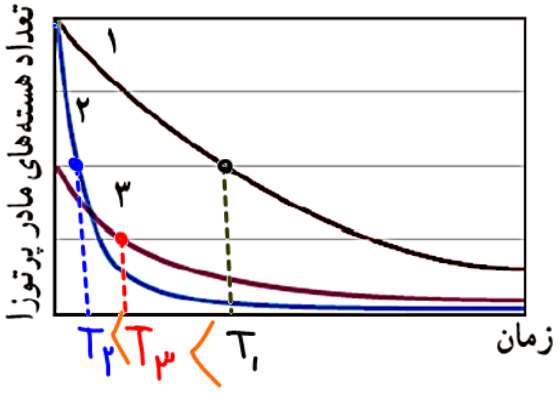
$n=\frac{t}{T}=\frac{4\ yr}{1\ yr} \rightarrow n=4$

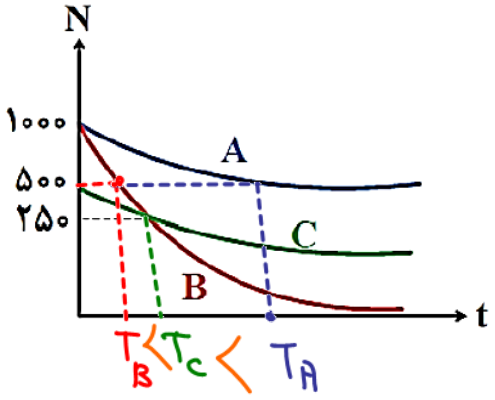
نمودارهای جرم ماده پرتوزا بر حسب زمان:





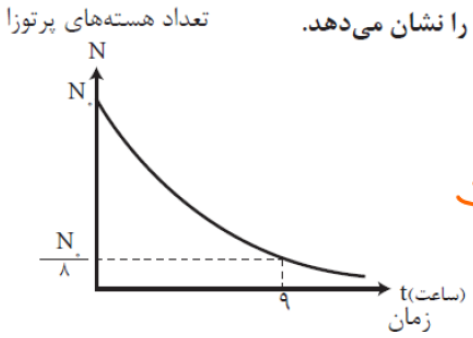
شکل زیر نمودار تغییرات تعداد هسته‌های مادر پرتوزای سه نمونه را برحسب زمان نشان می‌دهد. نیمه‌عمر این سه نمونه را با هم مقایسه کنید.





پویش علمی جهاد
پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

۱۰ نمودار روبه‌رو تعداد هسته‌های باقی مانده در یک نمونهٔ پرتوزا برحسب زمان را نشان می‌دهد.



الف) نیمه عمر این ماده چقدر است؟

ب) پس از گذشت چه مدت زمانی $\frac{۱۵}{۱۶}$ از هسته‌های اولیه واپاشیده می‌شوند.

الف) کسر باقی‌مانده $= \frac{۱}{۸} = \frac{۱}{۲^۳} \rightarrow n=۳$

$t = nT$

$۹ = ۳T$

$T = ۴\ hr$

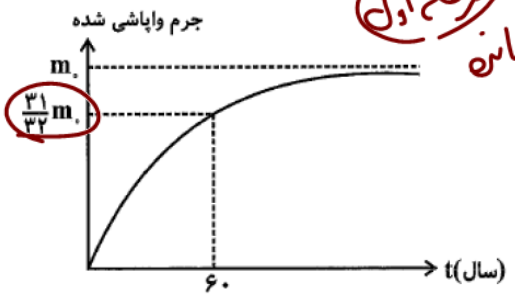
ب) کسر باقی‌مانده $= \frac{۱}{۱۶} = \frac{۱}{۲^۴} \rightarrow n=۴$

$t = nT = ۴ \times ۳ = ۱۲\ hr$

تعداد نیمه‌عمر n ⟷ کسر باقی‌مانده یا جرم باقی‌مانده $\frac{m_۰}{۲^n}$ ⟷ $\frac{۱}{۲^n}$

$t = nT$

۱۱ نمودار جرم واپاشی شدهٔ یک عنصر پرتوزا برحسب زمان به‌صورت زیر می‌باشد. پس از گذشت چند سال، $\frac{۱}{۶۴}$ جرم اولیه، از این عنصر فعال می‌باشد؟



۱) ۶۰
۲) ۷۲ ✓
۳) ۸۴
۴) ۵۴

مرحله اول: کسر باقی‌مانده $= \frac{۱}{۳۲} = \frac{۱}{۲^۵} \rightarrow ۵T = ۶۰$

$T = ۱۲$ سال

مرحله دوم: $\frac{۱}{۶۴} = \frac{۱}{۲^۶} \rightarrow n' = ۶$

$t = n'T$

$t = ۶ \times ۱۲ = ۷۲$ سال

تعداد نیمه‌عمر n ⟷ کسر باقی‌مانده یا جرم باقی‌مانده $\frac{m_۰}{۲^n}$ ⟷ $\frac{۱}{۲^n}$

$t = nT$

(۱۴) $T=\frac{3}{4}hr$

$n=\frac{t}{T}=\frac{3}{\frac{3}{4}}=4 \rightarrow n=4 \rightarrow$ کسر باقی $=\frac{m_0}{2^4}=\frac{m_0}{16}$

t T

۱۴ - نیمه‌عمر یک مادهٔ پرتوزا ۴۵ دقیقه است. پس از گذشت ۳ ساعت، چه کسری از مادهٔ اولیه باقی می‌ماند؟ خارج از کشور- ۱۴۰۱

① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{8}$ ③ $\frac{1}{16}$ ✓ ④ $\frac{1}{32}$

۱۵ - چهار سال طول می‌کشد تا ۷۵ درصد تعداد هسته‌های یک مادهٔ پرتوزا به هسته‌های دیگر تبدیل شود. چند سال دیگر بگذرد تا تعداد هسته‌های باقی‌مانده ۱۲٫۵ درصد تعداد هسته‌های اولیه باشد؟ سراسری- ۱۴۰۲

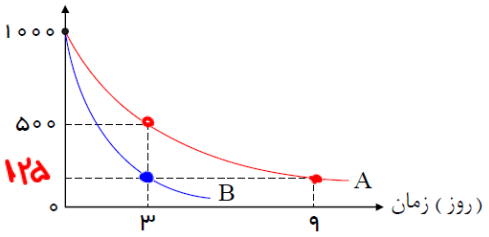
① ۲۴ ② ۸ ③ ۶ ④ ۲ ✓

کسر باقی‌مانده $=\frac{25}{100}=\frac{1}{4}=\frac{1}{2^2} \rightarrow n=2 \rightarrow t=nT \rightarrow 4=2\times T \rightarrow T=2$ سال

کسر باقی $=\frac{12.5}{100}=\frac{1}{8}=\frac{1}{2^3} \rightarrow n'=3 \rightarrow t'=n'\times T=3\times 2=6$ سال

$\Delta t=6-4=2$ سال

۱۶ - نمودار تعداد هسته‌های دو مادهٔ پرتوزای A و B برحسب زمان مطابق شکل زیر است. پس از چند روز $\frac{1}{32}$ هسته‌های B فعال باقی می‌ماند؟ خارج از کشور- ۱۳۹۵



① ۳
② ۴
③ ۵ ✓
④ ۶

A مادر $\rightarrow T_A=2$ روز $\xrightarrow{t=9 \text{ روز}} n=\frac{t}{T}=\frac{9}{2}=3 \rightarrow$ کسر باقی $=\frac{m_0}{2^3}=\frac{m_0}{8}=\frac{1000}{8}=125$

B مادر $\rightarrow$ کسر باقی از دختر $=\frac{125}{1000}=\frac{1}{8}=\frac{1}{2^3} \rightarrow n_B=3 \rightarrow T=\frac{t}{n}=\frac{3}{3}=1$ روز $\rightarrow$ کسر باقی $=\frac{1}{32}=\frac{1}{2^5}$

$n_B=5 \rightarrow t=5T=5\times 1=5$

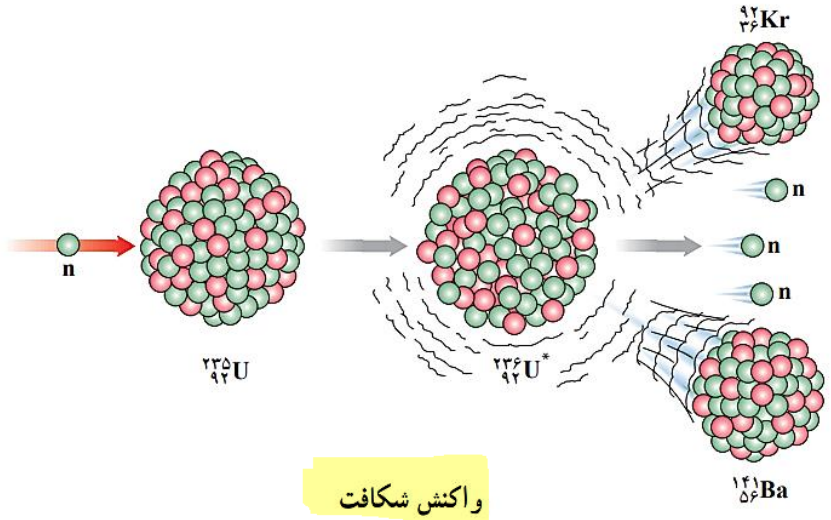
مختص رشته ریاضی

پویش علمی جهاد

پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

شکافت هسته ای: فرایند تقسیم شدن یک هسته سنگین به دو هسته با جرم کمتر، شکافت هسته ای نامیده می شود.

مثلا هسته اورانیم پس از جذب نوترون، به دو تکه تقسیم می شود و هر تکه، جرم کمتری از هسته اولیه دارد در فرایند شکافت اورانیم، ترکیب های متفاوتی از هسته های کوچک تر همراه با تعدادی نوترون (بین ۲ تا ۵) به وجودمی آید.
وقتی نوترونی با هسته اورانیم ۲۳۵ برخورد کند و جذب شود، هسته اورانیم شروع به ارتعاش می کند و تغییر شکل می دهد . ارتعاش تا وقتی ادامه می یابد که تغییر شکل چنان جدی شود که نیروی جاذبه هسته ای دیگر نتواند با نیروی دافعه الکتروستاتیکی بین پروتون های هسته متوازن شود .در این هنگام، هسته به پاره هایی وامی پاشد که حامل انرژی(به طور عمده انرژی جنبشی) هستند.



واکنش شکافت

واکنش وقتی شروع می‌شود که نوترونی کُند (با انرژی جنبشی در حدود ۰/۰۴eV) توسط هستهٔ $^{235}_{92}U$ جذب و هستهٔ مرکّب $^{236}_{92}U^*$ ایجاد شود. این هستهٔ مرکّب در کمتر از $10^{-12}s$ واپاشیده می‌شود :

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow \underbrace{{}^{236}_{92}U^*}_{\text{هستهٔ مرکّب (ناپایدار)}} \rightarrow \underbrace{{}^{141}_{56}Ba}_{\text{باریم}} + \underbrace{{}^{92}_{36}Kr}_{\text{کریپتون}} + \underbrace{3\,{}^{1}_{0}n}_{\text{سه نوترون}} + \boxed{200MeV}$$

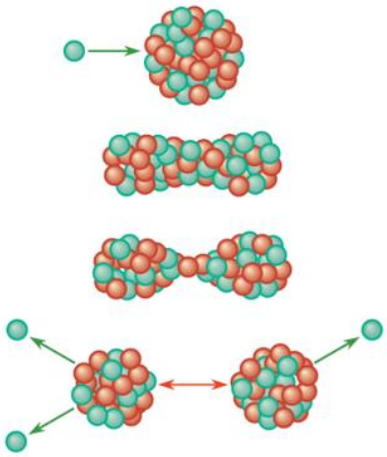
نوترون کند

انرژی همه‌ای

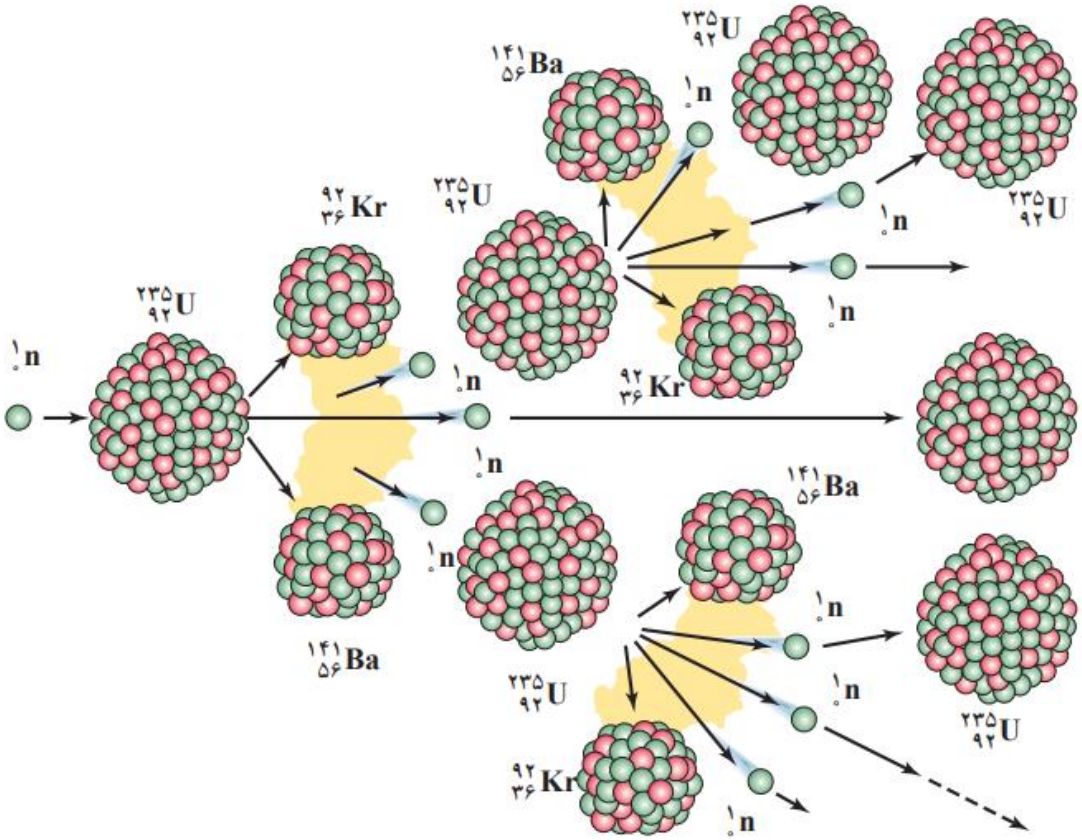
محصولات شکافت
(پاره‌های شکافت- زباله‌های هسته‌ای)

پویش علمی جهاد

Nuclear Fission



واکنش زنجیری: فرایند شکافت با جذب یک نوترون کُند آغاز می شود. محصولات شکافت نیز شامل نوترون هستند.چون نوترون ها بار الکتریکی ندارند، هسته های دیگر آنها را دفع نمی کنند. نوترون ها پس از کُند شدن، توسط هسته های دیگر جذب می شوند و باعث شکافت در هسته های اورانیم دیگر می شوند و باز هم نوترون آزاد می کنند و به همین ترتیب تا آخر . این رشته واکنش را، واکنش زنجیری می نامند.



پویش علمی جهاد

در واکنش‌های شکافت هسته‌ای، جرم محصولات شکافت، کمتر از جرم هستهٔ مرکّب است.
این اختلاف جرم بنا به رابطهٔ $E = mc^2$، سبب آزاد شدن انرژی گرمایی زیادی می‌شود.
انرژی‌ای که توسط محصولات شکافت حمل می‌شود عمدتاً به شکل انرژی جنبشی است.

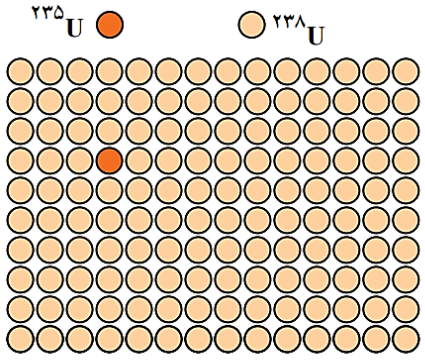
● چرا واکنش زنجیری به طور طبیعی در معدن‌های اورانیم رخ نمی‌دهد؟

غنی‌سازی اورانیم: برای استفاده از اورانیم به‌عنوان سوخت در نیروگاه‌های هسته‌ای یا استفاده در انفجارهای هسته‌ای، باید فراوانی ایزوتوپ ۲۳۵ را در یک نمونهٔ اورانیم، افزایش دهیم.
به فرایند افزایش درصد یا غلظت ایزوتوپ ۲۳۵ در یک نمونه، غنی‌سازی گفته می‌شود.

در راکتورهای تجاری تولید برق تا ۳ درصد
در راکتورهای پژوهشی تا ۲۰ درصد

راکتورهای شکافت هسته‌ای: نوترون‌های آزادشده در فرایند شکافت ایزوتوپ $^{235}_{92}U$، انرژی جنبشی زیادی دارند (به‌طور متوسط حدود ۲MeV) و به نوترون‌های تُند معروف‌اند. این نوترون‌ها، با احتمال بسیار بیشتری جذب ایزوتوپ $^{238}_{92}U$ می‌شوند. تجربه نشان می‌دهد اگر بتوان نوترون‌های تند را به نحوی کُند ساخت که انرژی جنبشی آنها به حدود ۰/۰۴eV یا کمتر از آن برسد، احتمال جذب آنها توسط ایزوتوپ‌های $^{235}_{92}U$ افزایش می‌یابد. این افزایش احتمال می‌تواند برای ایجاد واکنش زنجیری شکافت، کافی باشد. آب معمولی (H_2O)، آب سنگین (D_2O) و گرافیت (اتم‌های کربن) از جمله موادی هستند که به‌عنوان کُندساز نوترون‌ها در واکنش‌های شکافت هسته‌ای استفاده می‌شوند.

راکتور هسته‌ای، جایی است که در آن واکنش زنجیری شکافت به‌شکل کنترل شده رخ می‌دهد.



در سنگ معدن اورانیم از هر ۱۴۰ اتم اورانیوم، تنها یکی ایزوتوپ ۲۳۵ است.

اجزاء راکتورهای هسته ای:

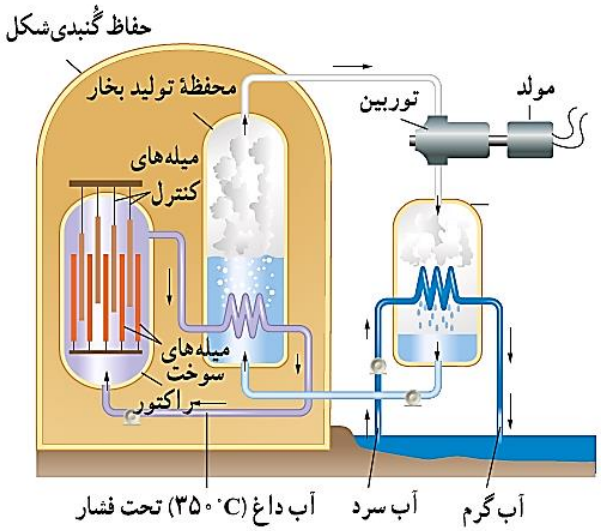
۱- سوخت هسته ای (به صورت هزاران میله با قطر حدود ۱cm که در قلب راکتور قرار دارند.)

۲- ماده کند ساز ← آب معمولی - آب سنگین - گرافیت

۳- میله های کنترل(از مواد جاذب نوترون مثل بور یا کادمیم برای تنظیم تعداد نوترون های موجود و در نتیجه تنظیم آهنگ واکنش شکافت)

٤- شاره ای برای انتقال گرما به خارج راکتور (معمولا آب)

در راکتورهای آب تحت فشار (PWR) آب تحت فشار زیاد ۱۵۰ اتمسفر برای رسیدن به دماهای بالا سوخت هسته ای را احاطه کرده و این آب داغ به سامانه بسته دیگری محتوی آب با فشار کمتر پمپ شده تا گرمای حاصل با تولید بخار توربین مولد برق را به کار اندازد.



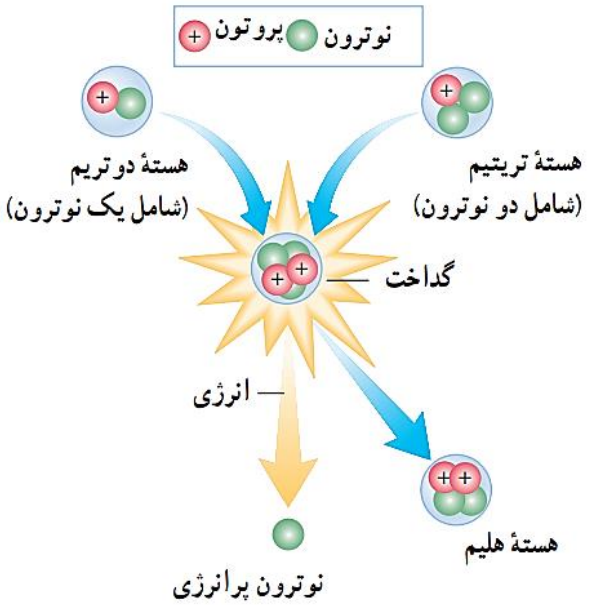
گداخت(همجوشی)هسته ای: نوع دیگر واکنش هسته ای که منشأ تولید انرژی در ستارگان و از جمله خورشید است. در فرایند گداخت هسته ای، دو هسته سبک با یکدیگر ترکیب می شوند و هسته سنگین تری به وجودمی آورند.

$$D + T \longrightarrow {}^{4}He + {}^{1}n + \text{انرژی}$$

در واکنش گداخت، مجموع جرم محصولات فرایند، کمتر از مجموع جرم هسته های اولیه است. این اختلاف جرم سبب آزاد شدن مقدار زیادی انرژی می شود لذا ساخت راکتورهای گداخت مورد توجه زیادی است.

● **مشکلات در ساخت راکتور گداخت چیست؟**

برای ایجاد واکنش گداخت باید دمای اولیه بسیار بالایی (حدود ۱۰۸ کلوین) نیاز است.



دوتریم و تریتیم در هم گداخته می‌شوند تا هستهٔ هلیم تشکیل شود. در این واکنش، مقدار زیادی انرژی (حدود ۱۷/۶MeV) آزاد می‌شود که بخش عمده‌ای از آن به‌صورت انرژی جنبشی نوترون است.