ساختار هسته:

۱ – هر اتم شامل هسته و الکترونهایی است که اطراف هسته هستند.

۲ – هسته اتم از پروتون و نوترونهایی تشکیل شده است که به آنها نوکلئون گویند.

۳ – شعاع هسته $\frac{۱}{۱۰^{۵}}$ برابر شعاع اتم است و $\frac{۱}{۱۰^{۱۵}}$ از کل حجم اتم را هسته اشغال کرده است.

۴ – جرم نوترون کمی بیشتر از جرم پروتون و جرم الکترون در مقایسه با پروتون و نوترون بسیار کوچک است.

۵ – جرم اتم و اجزای تشکیل دهنده اتم را علاوه بر کیلوگرم ، با یکای جرم اتمی نیز بیان می کنند.

۶ – تعداد پروتونهای هسته را عدد اتمی (**Z**) می نامند و در عناصر مختلف ، متفاوت است.

۷ – در یک اتم خنثی تعداد پروتونهای هسته با تعداد الکترونهای اطراف هسته برابر است.

۸ - تعداد نوترونهای هسته ، عدد نوترونی (**N**) نامیده می شود.

۹ – مجموع تعداد کل پروتونها و نوترونها را عدد جرمی (**A**) می نامند.

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

۱۰ - هر عنصر با نماد شیمیایی **X** ، نماد هسته به صورت زیر نمایش داده می شود. (معمولا **N** نمایش داده نمی شود.

$$\text{نماد عنصر} \leftarrow {}^{A}_{Z}X_{N} \rightarrow \text{عدد جرمی}$$
$$\text{عدد نوترونی} \leftarrow \quad \rightarrow \text{عدد اتمی}$$

مثال : اتم ${}^{۲۷}_{۱۳}Al$ را در نظر بگیرید.

الف: تعداد نوکلئونهای اتم آلومنیوم چند عدد است ؟

ب : در حالت خنثی تعداد الکترونهای این اتم چند عدد است ؟

پاسخ :

الف : ۲۷ (عدد اتمی تعداد نوکلئونها را نشان می دهد.)

ب : ۱۳ (در حالت خنثی تعداد پروتونها و الکترونها برابرند.)

ایزوتوپ ها :

۱ – هسته هایی که تعداد پروتونهای مساوی ولی تعداد نوترونهای متفاوت دارند را ایزوتوپ گویند.

۲ – به ایزوتوپها ، هم مکان هم گویند چون در جدول تناوبی در یک خانه قرار دارند.

۳ – ویژگی های هسته را تعداد پروتونها و نوترونهای آن تعیین می کند.

۴ – خواص شیمیایی هر اتم را تعداد پروتونهای هسته (عدد اتمی) تعیین می کند.هسته هایی که تعداد پروتونهای مساوی و تعداد نوترونهای متفاوت دارند خواص شیمیایی یکسان دارند.

۵ – چون ایزوتوپها دارای پروتونهای برابرند و خواص شیمیایی هر عنصر را تعداد پروتونهای هسته تعیین می کند ، درنتیجه ایزوتوپها دارای خاصیت شیمیایی یکسان هستند و برای جدا کردن آنها باید از تفاوت خواص فیزیکی آنها استفاده کرد.

۶ – جرم اتمی هر عنصر ، میانگین جرم های اتمی ایزوتوپهای آن است .

۷ – تعداد هسته های متفاوت موجود در طبیعت بیشتر از تعداد اتمهای متفاوت است. چون ویژگی هر اتم را تعداد الکترونهای اتم مشخص می کند و ویژگی هسته را تعداد پروتونها و نوترونهای آن تعیین می کند و در حالت عادی ایزوتوپهای یک عنصر به علت داشتن پروتونهای یکسان ، تعداد الکترونهای یکسان دارند.

۸ – ایزوتوپهای یک عنصر را نمی توان به روش شیمیایی از هم جدا کرد و می توان از تفاوت جرم آنها برای جدا کردن آنها استفاده کرد.

پایداری هسته :

۱ – ابعاد هسته در برابر ابعاد اتم بسیار کوچک است.

۲ – بیش از ۹۹/۹ درصد جرم اتم در هسته متمرکز شده است.

۳ – به دلیل فاصله بسیار کم ذرات درون هسته ، چگالی هسته بسیار زیاد و در حدود $۱۰^{۱۴} g/cm^{۳}$ است.

۴ – بین اجزای هسته نیروهای زیر وجود دارد.

الف : نیروی دافعه الکتریکی کولنی بین پروتونهای هسته ، که به دلیل کم بودن فاصله بین پروتونهای هسته ، نیروی قوی است.این نیرو بلند برد است و یک پروتون تمام پروتونهای دیگر درون هسته را دفع می کند.

ب : نیروی گرانشی نیوتن که بین اجزای هسته وجود دارد و در مقایسه با نیروی دافعه کولنی بسیار کوچک است.

پ : نیروی هسته ای . این نیرو عامل پایداری هسته می باشد و بین تمام ذرات درون هسته وجود دارد. (یعنی بین پروتونها و نوترونها و پروتونها و نوترونها با هم)

۵ – نیروی هسته ای دارای ویژگی های زیر است:

الف: این نیرو رباییشی است.

ب : این نیرو بسیار قوی است چون بر نیروی دافعه قوی کولنی غلبه کرده و مانع فروپاشی هسته می شود.

پ : این نیرو کوتاه برد است یعنی یک نوکلئون فقط توسط نوکلئون همسایه جذب می شود و تنها در فاصله ای کوچکتر از ابعاد هسته اثر می کند.

ت : نیروی هسته ای مستقل از بار الکتریکی است ، یعنی نیروی رباییشی هسته ای یکسان بین دو پروتون ، دو نوترون یا یک پروتون و یک نوترون وجود دارد.

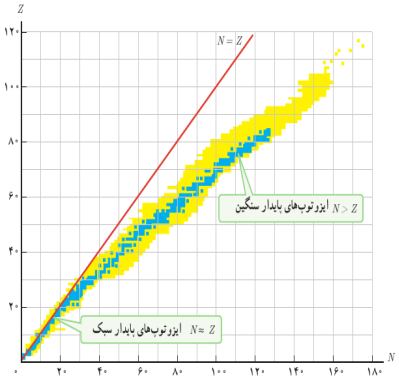
۶ – هنگامی که تعداد پروتونهای هسته افزایش می یابد ، از آنجایی که نیروی دافعه کولنی بین پروتونها بلند برد است ولی نیروی جاذبه هسته ای بین نوکلئونها کوتاه برد ، هر پروتون فقط توسط همسایه های خود جذب می شود و توسط همه پروتونهای هسته دفع می شود ، به همین دلیل اگر هسته بخواهد پایدار بماند باید تعداد نوترونهای درون هسته نیز افزایش یابد ، زیرا نوترونها جاذبه هسته ای را قوی تر می کنند بدون آنکه رانش الکتریکی ایجاد کنند.

۷ – هسته پایدار با بیشترین تعداد پروتون مربوط به بیسموت با عددجرمی ۲۰۹ و عدد اتمی ۸۳ می باشد.

۸ – هسته هایی که عدد اتمی آنها از ۸۳ بالاتر است ، ناپایدار هستند.

۹ - بین هسته های ناپایدار با عدد اتمی بالاتر از ۸۳ فقط توریوم و اورانیوم به دلیل واپاشی کندشان در طبیعت وجود دارند

۱۰ نمودار تغییرات عدد اتمی بر حسب نوترونها برای هسته های پایدار و پرتوزا مطابق شکل است.



۱۱ – نقاطی که روی خط نیمساز (**N=Z**) قرار دارند ، تعداد پروتونها و نوترونهای یکسان در هسته خود دارند.

۱۲ – هرچه هسته سنگین تر می شود ، نسبت $\frac{N}{z}$ افزایش می یابد.

۱۳ – ایزوتوپهای یک عنصر روی یک خط افقی قرار دارند زیرا دارای **Z** یکسان هستند و اگر یک خط افقی رسم کنیم ، نقاط روی آن ، ایزوتوپ یک عنصر هستند.

۱۴ – اگر خط عمود بر خط (**N=Z**) رسم کنیم ، نقاط روی این خط عدد جرمی یکسان دارند .

انرژی بستگی هسته ای و ترازهای انرژی هسته :

۱ – انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئونهای هسته را انرژی بستگی هسته گویند.

۲ – جرم هسته از مجموع جرم پروتونها و نوترونهای تشکیل دهنده هسته کمتر است.

۳- به اختلاف جرم هسته و جرم نوکلئونهای هسته ، کاستی جرم هسته گویند.

۴ – انرژی بستگی هسته طبق رابطه انشتین $E=mc^2$ بدست می آید که **m** کاستی جرم و **c** تندی نور است.

۵ – به دلیل اینکه با به توان دو رسیدن تندی عدد بزرگی در رابطه انشتین بدست می آید، با توجه به کوچک بودن کاستی جرم ، انرژی بستگی هسته ، انرژی قابل توجه ای است.

۶ – انرژی نوکلئونهای هسته مانند انرژی الکترونهای وابسته به اتم ، کوانتیده است.

۷ – نوکلئونها می توانند با جذب انرژی به ترازهای انرژی بالاتر بروند و در نتیجه هسته برانگیخته شود.

۸ – هسته برانگیخته با گسیل فوتون به تراز پایه برمیگردد.

۹ - هسته ها در واکنشهای شیمیایی برنگیخته نمی شوند ، زیرا اختلاف ترازهای انرژی نوکلیونها در هسته از مرتبه کیلو الکترون ولت تا مگا الکترون ولت است ۲ در حالیکه اختلاف بین ترازهای انرژی الکترونها در اتم از مرتبه الکترون ولت است.

مثال اول :

با استفاده از رابطه انشتین، انرژی معادل جرم مربوط به ۴۰ گرم زغال سنگ را بر حسب ژول حساب کنید.

پاسخ :

$$E = mc^2 \quad \Rightarrow \quad E = 10^{-2} \times 9 \times 10^{16} = 9 \times 10^{14} \quad J$$

مثال دوم :

در واکنش $^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$، جرم $^{A}_{Z}X^{*}$ به اندازهٔ 8×10^{-29} گرم از جرم $^{A}_{Z}X$ بیش‌تر است. در این‌صورت انرژی اشعهٔ گاما‌ی خارج شده چند کیلوالکترون‌ولت است؟ $(c = 3 \times 10^{8} \frac{m}{s}, e = 1/6 \times 10^{-19} C)$

۱) ۴۵ ۲) ۴۵۰۰۰

۳) ۹۰ ۴) ۹۰۰۰۰

پاسخ :

$$\Delta m = 8 \times 10^{-29} g = 8 \times 10^{-32} kg$$

$$E = \Delta mc^2 = (8 \times 10^{-32})(3 \times 10^{8})^2 = 7/2 \times 10^{-15} J$$

$$\xrightarrow{1eV = 1/6 \times 10^{-19} J} E = \frac{7/2 \times 10^{-15}}{1/6 \times 10^{-19}} = 45000 eV = 45 keV$$

مثال سوم :

انرژی فوتونی با بسامد $1/8 \times 10^{15} Hz$ معادل انرژی حاصل از چند گرم ماده است؟ $(c = 3 \times 10^{8} \frac{m}{s}$ و $h = 6 \times 10^{-34} J.s)$

۱) $1/2 \times 10^{-35}$ ۲) 2×10^{-34} ۳) $1/2 \times 10^{-32}$ ۴) 2×10^{-29}

پاسخ :

$$E = hf = mc^2 \Rightarrow m = \frac{hf}{c^2} = \frac{6 \times 10^{-34} \times 1/8 \times 10^{15}}{9 \times 10^{16}}$$

$$\Rightarrow m = 1/2 \times 10^{-35} kg = 1/2 \times 10^{-32} g$$

پرتوزایی طبیعی :

۱- هسته های ناپایدار می توانند به طور طبیعی واپاشی کنند و نوع خاصی از ذرات ویا فوتونهای پرانرژی آزاد کنند که به آن پرتوزایی طبیعی گویند.که با توجه به میزان نفوذ این پرتوها ، آنها را آلفا ، بتا و گاما گویند.

۲ – پرتوهای آلفا کمترین نفوذ را دارند و با ورقه نازک از جنس سرب به ضخامت حدود ۰/۰۱ میلی متر متوقف می شوند و پرتوهای بتا به اندازه ۰/۱ میلیمتر در سرب نفوذ می کنند و پرتوهای پر انرژی گاما می توانند از ورقه سرب به ضخامت ۱۰۰ میلی متر عبور کنند.

۳ – در معادلات مربوط به پرتوزایی تعداد نوکلئونها در طی فرآیند واپاشی پایسته است و تعداد نوکلئونها قبل و بعد واپاشی یکسان است.

۴ – در واپاشی هسته اولیه را هسته مادرکه معمولا با **X** و هسته جدید را هسته دختر می نامند و معمولا با **Y** نشان می دهند.

واپاشی آلفا :

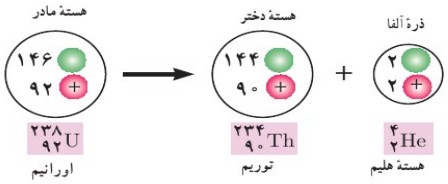
۱ – این واپاشی در هسته های سنگین رخ می دهد و پس از واپاشی ، ذره های مثبت از جنس هسته اتم هلیم آزاد می شود.

۲ – معادله واپاشی آلفا:

$$_{Z}^{A}X \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_{2}^{4}He \qquad (\text{واپاشی } \alpha)$$

۳ – برد ذرات آلفا بسیار کوتاه است و به سرعت جذب می شوند و قدرت نفوذپذیری کمی دارند. ولی اگر از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند ، باعث آسیب شدید به بافتهای بدن می شوند.

۴- مثالی از واپاشی آلفا برای هسته اورانیوم در شکل مقابل آمده است.



۵ – یکی از کاربردهای ذرات آلفا ، استفاده از آن در آشکار ساز دود است. در این آشکارسازی مقداری ماده پرتوزای آلفا وجود دارد . این ذرات مولکولهای هوا را یونیزه میکنند و یونهای مثبت و منفی جذب صفحه ها با بار مخالف می شوند و در مدار جریان الکتریکی برقرار می شود . وجود دود باعث می شود که ذرات هوا در اثر برخورد با ذرات دود خنثی شده و جریان کاهش یابد و سیستم اعلام حریق به کار افتد.

واپاشی بتا :

۱ – متداولترین نوع واپاشی در هسته ها ، واپاشی بتا است.

۲ – به لحاظ تاریخی ، واپاشی بتا ، اولین مورد پرتوزایی بود که توسط هانری بکرل مشاهده شد.

۳ – واپاشی بتا دو نوع است . واپاشی بتای منفی و واپاشی بتای مثبت

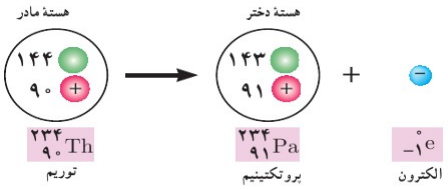
۴ – در واپاشی بتای منفی ، نوترون درون هسته ، به پروتون و الکترون تبدیل می شود.

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

۵ – در واپاشی بتای منفی ، عدد جرمی تغییر نمیکند ولی عدد اتمی یک واحد افزایش می یابد.

۶- الکترون گسیل شده در واپاشی بتای منفی ، در هسته مادر وجود ندارد بلکه از تبدیل نوترون به پروتون بدست آمده است.

۷ – یک نمونه از واپاشی بتای منفی را برای توریم ۲۳۴ در شکل مقابل می بینید.



۸ – در واپاشی بتای مثبت ، یک الکترون مثبت یا همان پوزیترون گسیل می شود .

۹ – پوزیترون جرم یکسان با الکترون دارد و بار آن به اندازه الکترون است ، ولی علامت آن مخالف علامت بار الکترون است.

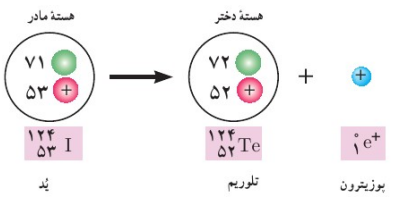
۱۰ – در واپاشی بتای مثبت ، یک پروتون در هسته به نوترون تبدیل شده و یک پوزیترون گسیل می شود.

۱۱ – معادله واپاشی بتای مثبت :

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

۱۲ : در واپاشی بتای مثبت ، عدد جرمی تغییر نمیکند ، ولی عدد اتمی یک واحد کاهش می یابد.

۱۳ : نمونه ای از واپاشی بتای مثبت برای ید ۱۲۴:



واپاشی گاما :

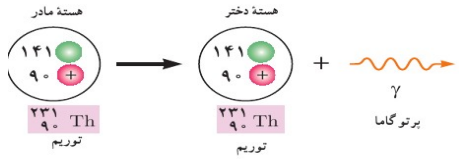
۱- در واپاشی گاما ، هسته برانگیخته با گسیل فوتونهای پر انرژی به حالت پایه می رسد.

۲ – در واپاشی گاما عدد جرمی و عدد اتمی تغییر نمیکنند.

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

۳ – اغلب هسته ها بعد از واپاشی الفا و بتا ، در حالت برانگیخته قرار می گیرند و با تابش گاما (فوتونهای پر انرژی) به حالت پایه می روند.

۴ – مثالی از واپاشی گاما برای توریم ۲۳۱ :



نکته : اگر چند تابش توسط یک ماده پرتوزا انجام شود ، برای پیدا کردن مجهول سوال باید مجموع اعداد اتمی دو سمت واکنش و مجموع اعداد جرمی در دو سمت واکنش را با هم برابر قرار داد.

مثال اول :

در معادلهٔ واپاشی مقابل، کدام ذره گسیل می‌شود؟ $ {}^{27}_{14}Si \longrightarrow {}^{27}_{13}Al + \ldots $

۱) پروتون ۲) آلفا ۳) نوترون ۴) پوزیترون

پاسخ :

گزینه چهارم

مثال دوم :

هسته‌ای در تابش‌های پی‌درپی به ایزوتوپ دیگر خود با ۸ نوترون کمتر تبدیل شده است. در این واکنش به‌ترتیب از راست به چپ چند ذرهٔ α و چند ذرهٔ β^- تابش شده است؟

۱) ۴ و ۴ ۲) ۲ و ۴ ۳) ۴ و ۲ ۴) ۲ و ۸

پاسخ :

باید عدد اتمی و عدد جرمی در طرفین ثابت بماند.

$$ \begin{cases} A = A - 8 + 4n + 0 \Rightarrow 4n = 8 \Rightarrow n = 2 \\ Z = Z + 2n - m \Rightarrow 0 = 4 - m \Rightarrow m = 4 \end{cases} $$

۲ ذرهٔ آلفا و ۴ ذرهٔ β^- تابش شده است.

مثال سوم :

حاصل واپاشی عنصر مادر $ {}^{A}_{Z}X $، عنصر دختر $ {}^{208}_{81}Tl $ به اضافهٔ یک ذرهٔ پوزیترون و یک ذرهٔ آلفا است. A و Z به‌ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟

۱) ۸۲,۲۱۲ ۲) ۸۲,۲۱۱ ۳) ۸۴,۲۱۲ ۴) ۸۴,۲۱۱

پاسخ :

ابتدا معادلهٔ واپاشی را می‌نویسیم و سپس با استفاده از قوانین پایستگی جرم و بار الکتریکی مقادیر A و Z را محاسبه می‌کنیم:

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{۲۰۸}_{۸۱}Tl + {}^{۴}_{۲}\alpha + {}^{۰}_{۱}e^{+} \Rightarrow \begin{cases} A = ۲۱۲ \\ Z = ۸۴ \end{cases}$$

مثال چهارم :

یک هسته آمرسیم(۲۴۱)، با تابش یک ذرهٔ آلفا واپاشیده شده و به یک ایزوتوپ نپتونیم طبق رابطهٔ $^{۲۴۱}_{۹۵}Am \rightarrow {}^{۲۳۷}_{Z}Np + \alpha$ تبدیل می‌شود. تعداد نوترون‌های این ایزوتوپ نپتونیم چقدر است؟

۱) ۹۱ ۲) ۹۳ ۳) ۹۶ ۴) ۱۴۴

پاسخ :

با نوشتن واکنش و مساوی قرار دادن مجموع عددهای اتمی و مجموع عددهای جرمی دو طرف آن مقدار Z به‌دست می‌آید. البته می‌دانیم ذرهٔ α از جنس هستهٔ اتم هلیم $\left({}^{۴}_{۲}\alpha\right)$ است:

$$^{۲۴۱}_{۹۵}Am \rightarrow {}^{۲۳۷}_{Z}Np + {}^{۴}_{۲}\alpha$$

$$\Rightarrow \begin{cases} ۲۴۱ = ۲۳۷ + ۴ \\ ۹۵ = Z + ۲ \end{cases} \Rightarrow Z = ۹۳$$

$$\Rightarrow \text{تعداد نوترون} = ۲۳۷ - ۹۳ = ۱۴۴$$

مثال پنجم :

یک عنصر رادیواکتیو ۳ پرتو α، ۴ پرتو β^{-} و ۵ پرتو γ تابش می‌کند. عدد اتمی این عنصر چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ۲ واحد کاهش ۲) ۱۲ واحد کاهش ۳) ۲ واحد افزایش ۴) ۱۲ واحد افزایش

پاسخ :

یک عنصر $^{A}_{Z}X_{N}$ را درنظر می‌گیریم:

$$^{A}_{Z}X_{N} \rightarrow ۳\,{}^{۴}_{۲}\alpha + ۴\,{}^{۰}_{-۱}\beta + ۵\,{}^{۰}_{۰}\gamma + {}^{A'}_{Z'}Y$$

$$۳\times۲ + ۴(-۱) + ۵(۰) + Z' = Z$$

$$Z' + ۲ = Z \Rightarrow Z' = Z - ۲$$

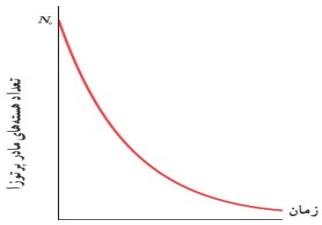
عدد اتمی ۲ واحد کاهش می‌یابد.

نیمه عمر :

۱ – با گذشت زمان ، ایزوتوپهای پرتوزا واپاشیده می شوند .

۲ – مدت زمانی که طول می کشد تا تعداد هسته های باقی مانده به نصف مقدار اولیه برسد را نیمه عمر گویند ($T_{\frac{۱}{۲}}$)

۳ – اگر در لحظه t=۰ مقدار هسته های مادر پرتوزا برابر با N_0 باشد ، نمودار تعداد هسته های باقی مانده برحسب زمان مطابق شکل خواهد بود.

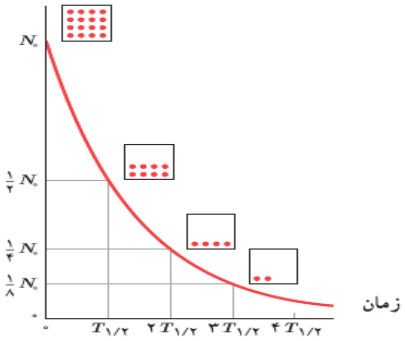


۴ – پس از گذشت مدت زمان کافی ، تعداد هسته های مادر نمونه موجود به صفر میل می کند.

۵ – بعضی از ایزوتوپها نیمه عمری در حدود سن زمین دارند

۶ – اگر نمودار نیمه عمر هسته های مادر ورتوزا رابر حسب زمان رسم کنیم مطابق شکل زیر خواهد شد.

۷ – طبق نمودار مقابل در اولین نیمه عمر ، نصف ماده یعنی ۵۰ درصد پاشیده شده و ۵۰ درصد باقی می ماند.



* بعد دومین نیمه عمر، یک چهارم مقدار اولیه یعنی۲۵ درصد باقی مانده و سه چهارم یعنی ۷۵ درصد پاشیده می شود.

* بعد سومین نیمه عمر، یک هشتم مقدار اولیه یعنی ۱۲/۵ درصد باقی مانده و هفت هشتم مقدار اولیه یعنی۸۷/۲۵ درصد پاشیده شده است.

* بعد چهارمین نیمه عمر ، یک شانزدهم مقدار اولیه یعنی ۶/۲۵ درصد باقی مانده و پانزده شانزدهم مقدار اولیه یعنی ۹۳/۷۵ درصد مقدار اولیه واپاشیده می شود.

* بعد پنجمین نیمه عمر، یک بیست و پنجم مقدار اولیه یعنی ۳/۱۲۵ درصد باقی مانده و بیست و چها بیست و پنجم مقدار اولیه یعنی ۶/۲۵ درصد واپاشیده می شود.

۸ – اگر تعداد هسته های مادر اولیه را N_0 بنامیم ، بعد گذشت t تعداد هسته های باقی مانده برابر است با: $N=N_0(\frac{1}{2})^n$

n تعداد نیمه عمر است.

۹ – برای محاسبه مقدار پاشیده شده مقدار اولیه را از مقدار باقی مانده کم می کنیم.

مثال اول :

نیمه‌عمر مادهٔ پرتوزایی ۵ روز است. بعد از چند روز تعداد هسته‌های واپاشیده شده، $\frac{7}{8}$ تعداد هسته‌های اولیه خواهد بود؟

۱) ۸ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) $\frac{5}{3}$

پاسخ :

تعداد واپاشیده شده = تعداد اولیه − تعداد هسته‌های باقی‌مانده

$= N_0 - \frac{7}{8}N_0 \Rightarrow$ تعداد هسته‌های باقی‌مانده $= \frac{1}{8}N_0$

طبق الگوی زیر، تعداد نیمه‌عمرهای سپری شده را تعیین می‌کنیم:

$N_0 \rightarrow \frac{N_0}{2} \rightarrow \frac{N_0}{4} \rightarrow \frac{N_0}{8}$

یعنی ۳ نیمه‌عمر سپری می‌شود، پس داریم:

$n = \frac{t_{کل}}{T_{\frac{1}{2}}} \xrightarrow[T_{\frac{1}{2}}=5 \text{ روز}]{n=3} t_{کل} = 15 \text{ روز}$

مثال دوم :

اگر در مدت ۴ نیمه‌عمر ۱۵۰ گرم از یک ماده‌ی رادیواکتیو متلاشی شود، چند نیمه‌عمر دیگر باید بگذرد تا تنها ۵ گرم از آن باقی بماند؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

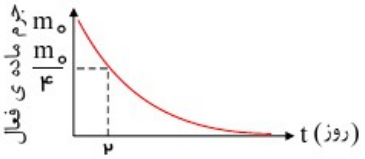
پاسخ :

$$m = \frac{m_0}{2^n} \longrightarrow m_0 - 150 = \frac{m_0}{2^4} \Rightarrow \frac{15}{16} m_0 = 150 \Rightarrow m_0 = 160 g$$

$$\Rightarrow 5 = \frac{160}{2^{n'}} \Rightarrow 2^{n'} = 32 \Rightarrow n' = 5$$

مثال سوم :

شکل مقابل، نمودار جرم فعال باقی‌مانده‌ی یک ماده‌ی پرتوزا بر حسب زمان نشان می‌دهد. پس از گذشت چند روز از لحظه‌ی $t = 2$ ۹۳٫۷۵ درصد از این ماده‌ی پرتوزا واپاشیده می‌شود؟



۱) ۳ ۲) ۲

۳) ۸ ۴) ۱۶

پاسخ :

گزینه ۳

$$m = \frac{m_0}{2^n} = \frac{m_0}{4} = \frac{m_0}{2^2} \Rightarrow \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} = 2 \Rightarrow T_{\frac{1}{2}} = 2 \text{ روز}$$

$$m = m_0 - m_0' = m_0 - 0.9375 m_0 = 0.0625 m_0$$

$$0.0625 m_0 = \frac{m_0}{2^n} \Rightarrow 2^n = \frac{1}{0.0625} \Rightarrow 2^n = 16 \Rightarrow 2^{\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}} = 16 \Rightarrow 2^{\frac{t}{2}} = 2^4$$

$$\frac{t}{2} = 4 \Rightarrow t = 8 \text{ روز}$$

مثال چهارم :

اگر تعداد هسته‌های رادیواکتیو اولیه N_0 و تعداد هسته‌های باقی‌مانده در (سال) $t = 100$ برابر $\frac{N_0}{16}$ باشد، تعداد هسته‌های واپاشیده در مدت (سال) $t = 50$ تا (سال) $t = 150$ کدام است؟

۱) $\frac{15N_0}{64}$ ۲) $\frac{N_0}{8}$ ۳) $\frac{3N_0}{16}$ ۴) $\frac{7N_0}{64}$

پاسخ :

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{N_0}{16} = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow 16 = 2^n \Rightarrow n = 4 \quad , \quad n = \frac{t}{T} \Rightarrow 4 = \frac{100}{T} \Rightarrow T = 25\ year$$

اکنون به محاسبه تعداد هسته‌های موجود پس از گذشت ۲۵ سال و ۱۵۰ سال می‌پردازیم:

$$n_1 = \frac{t_1}{T} = \frac{50}{25} = 2 \quad , \quad N_1 = \frac{N_0}{2^2} \Rightarrow N_1 = \frac{N_0}{4}$$

$$n_2 = \frac{t_2}{T} = \frac{150}{25} = 6 \quad , \quad N_2 = \frac{N_0}{2^6} \Rightarrow N_2 = \frac{N_0}{64}$$

تعداد هسته‌های واپاشیده در این مدت: $N_1 - N_2 = \frac{N_0}{4} - \frac{N_0}{64} \Rightarrow \Delta N = \frac{15N_0}{64}$