ایزوتوپهای پرتوزا با گذشت زمان واپاشیده می شوند. بر اساس داده های تجربی، می توان گفت پس از چه مدتی چه کسری از تعداد هسته های مادر باقی می ماند و چه کسری از آن واپاشی می کند. برای محاسبه این ها از کمیتی به نام نیمه عمر استفاده می کنیم و آنرا با T نشان می دهیم.

نیمه عمر

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

برخی از ایزوتوپ ها مانند اورانیوم 238 دارای نیمه عمری در حدود سن زمین هستند این عناصر منشاء پرتوزایی طبیعی در محیط اطراف ما هستند. اگر تعداد هسته های مادر اولیه در یک نمونه پرتوزا N_0 باشد، پس از گذشت زمان t تعداد هسته های پرتوزای باقی مانده N از رابطه زیر به دست می آید.

$$N = \frac{N_0}{2^n}$$

که در این رابطه n تعداد نصف شدن هاست که از رابطه زیر بدست می آید.

$$n = \frac{t}{T}$$

که در این رابطه T همان نیمه عمر است. آنرا با $T_{1/2}$ نیز نشان می دهند.

تعداد هسته های واپاشیده را هم می توان از رابطه زیر حساب کرد.

$$N' = N_0 - N$$

مثال 1:

در حادثه انفجار نیروگاه هسته‌ای چرنوبیل ید 131 یکی از ایزوتوپ هایی بود که وارد محیط شد. این ایزوتوپ فرار است و همراه با جریان های جوی تا کشورهای دوردست از محل نیروگاه حرکت کرد و با نشستن روی برگ گیاهان سبب آلودگی گوشت و شیر دام هایی شد که این گیاهان را می خورند. نیمه عمر این ایزوتوپ پرتوزا تقریباً 8 روز است پس از گذشت چهل روز از حادثه چرنوبیل چه کسری از هسته های مادر اولیه در محیط زیست باقی مانده بوده است؟

پاسخ:

نیمه عمر ایزوتوپ ید 131، 8 روز است و چهل روز را معادل پنج نیمه عمر در نظر می گیریم اگر تعداد هسته های مادر اولیه N_0 باشد پس از گذشت طی چهل روز می توان جدول زیر را نوشت.

تعداد نیمه‌عمرهای سپری‌شده	۰	۱	۲	۳	۴	۵
هسته‌های مادر باقی‌مانده	N_0	$\frac{۱}{۲}\times N_0 = \frac{N_0}{۲}$	$\frac{۱}{۲}\times\frac{N_0}{۲} = \frac{N_0}{۴}$	$\frac{۱}{۲}\times\frac{N_0}{۴} = \frac{N_0}{۸}$	$\frac{۱}{۲}\times\frac{N_0}{۸} = \frac{N_0}{۱۶}$	$\frac{۱}{۲}\times\frac{N_0}{۱۶} = \frac{N_0}{۳۲}$

یا می توان از رابطه زیر استفاده کرد.

$$N = \frac{N_0}{2^5} = \frac{N_0}{32}$$

مثال 2: پس از گذشت 9 روز تعداد هسته های پرتوزا یک نمونه به یک هشتم تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است نیمه عمر بر حسب روز ماده چقدر است.

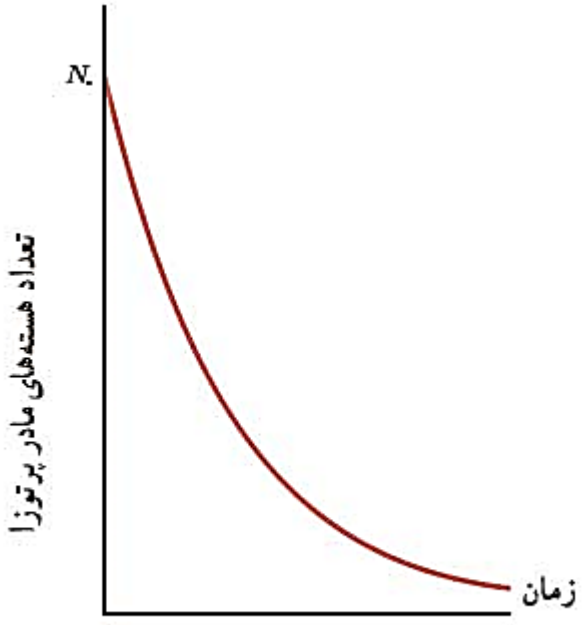
پاسخ:

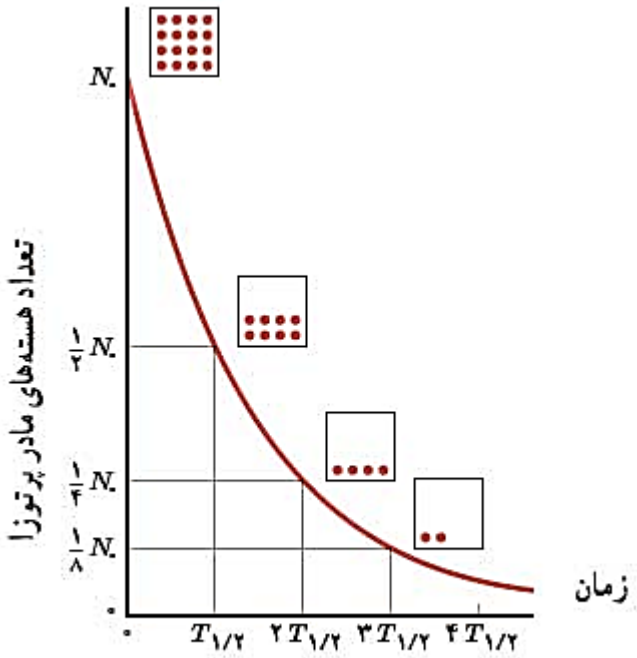
$$N = \frac{N_0}{2^n}$$
$$\frac{N_0}{8} = \frac{N_0}{2^n}$$

$$2^n = 8 \rightarrow n = 3$$
$$n = \frac{t}{T} \rightarrow T = \frac{t}{n} = \frac{9}{3} = 3 \text{ روز}$$

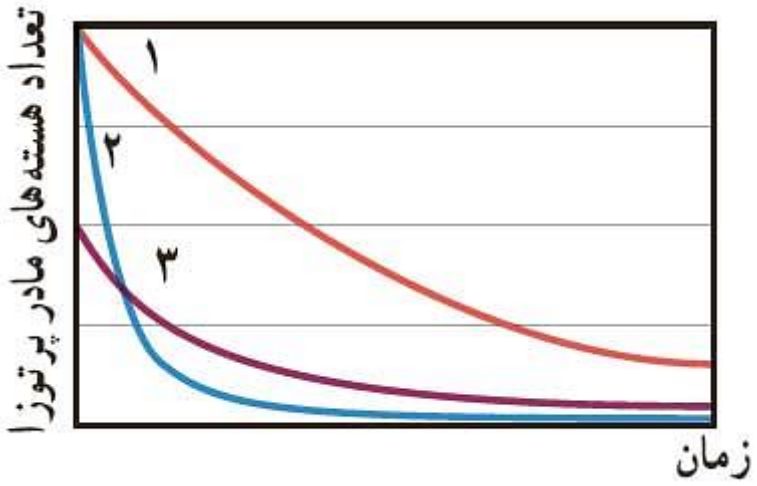
نمودار تعداد هسته های باقی مانده بر حسب زمان

همانطوری که در نمودار زیر مشاهده می کنید، با گذشت زمان تعداد هسته های مادر باقی مانده کاهش می یابد و به سمت صفر میل می کند.



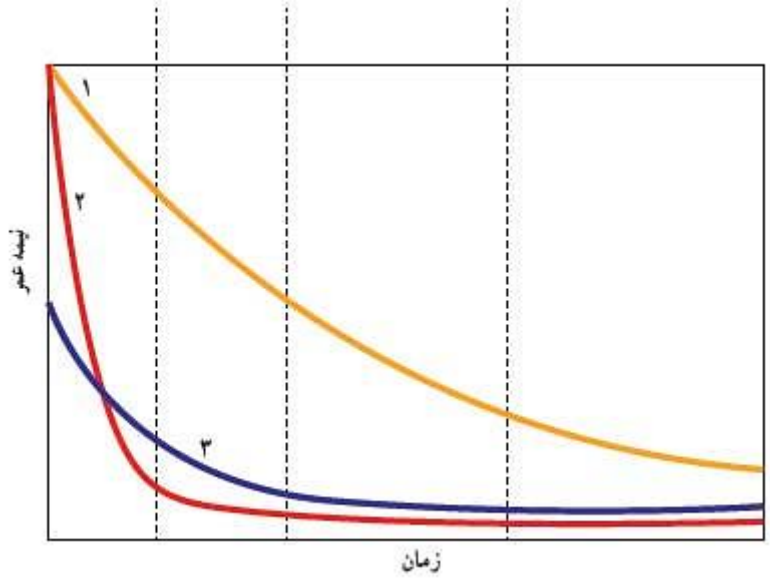


مثال 3: شکل زیر نمودار تغییرات تعداد هسته های مادر پرتوزای سه نمونه را بر حسب زمان نشان می‌دهد نیمه عمر این سه نمونه را با هم مقایسه کنید.

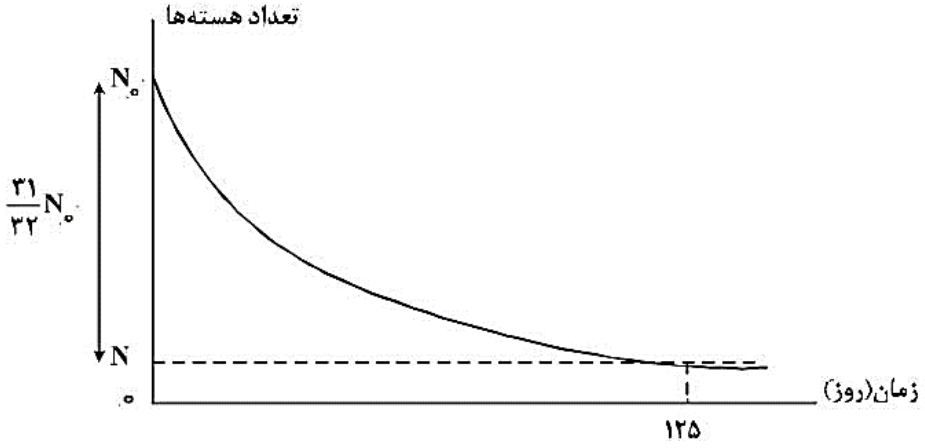


پاسخ:

با توجه به گام های زمانی نشان داده شده در شکل زیر، براحتی می توان گفت نموه 1 بیشترین نیمه عمر و نمونه 2 کمترین نیمه عمر را دارد.



مثال 4: نمودار واپاشی هسته های یک ماده پرتوزا بر حسب زمان به صورت شکل زیر است. نیمه عمر این ماده چند روز است؟



پاسخ:

با توجه به نمودار، تعداد هسته های باقی مانده از مقدار اولیه در 125 روز به صورت زیر بدست می آید.

$$N = N_0 - N' = N_0 - \frac{31}{32}N_0 = \frac{1}{32}N_0$$

$$\frac{1}{32}N_0 = \frac{N_0}{2^n}$$

$$2^n = 32 = 2^5 \rightarrow n = 5$$

$$T = \frac{t}{n} = \frac{125}{5} = 25$$

نیمه عمر این ماده 25 روز است.

تمرین های نیمه عمر

تمرین 1: نیمه عمر بیسموت ۲۱۲ حدود ۶۰ دقیقه است. پس از گذشت ۴ ساعت چه کسری از ماده اولیه در نمونه‌ای از این بیسموت باقی می ماند.

پاسخ:

$$n = \frac{t}{T} = \frac{4 \times 60}{60} = 4$$

$$N = \frac{N_0}{2^4} = \frac{1}{16}N_0$$

تمرین 2: ازتعداد هسته های اولیه مساوی دو عنصر رادیواکتیو A و B بعد از گذشت زمان Δt، تعداد هسته های باقی مانده عنصر A چهار برابر تعداد هسته های باقی مانده عنصر B است. اگر تعداد نیمه عمرهای عنصر A و B در مدت زمان Δt به ترتیب n_A و n_B باشد، چه رابطه ای بین شان برقرار است؟

پاسخ:

$$N_{0_A} = N_{0_B}$$

$$N_A = 4N_B \rightarrow \frac{N_{0_A}}{2^{n_A}} = 4\,\frac{N_{0_B}}{2^{n_B}}$$

$$\frac{1}{2^{n_A}} = \frac{2^2}{2^{n_B}} \rightarrow 2^{n_A+2} = 2^{n_B}$$

$$n_B = n_A + 2$$

تمرین 3: نیمه عمر یک ماده پرتوزا 8 روز است. پس از 32 روز، چند درصد از هسته های آن ماده دچار واپاشی می شوند؟

پاسخ:

$$N' = N_0 - N = N_0 - \frac{N_0}{2^{\frac{32}{8}}} = N_0 - \frac{N_0}{16} = \frac{15}{16}N_0$$

93.75 **درصد ماده وا می پاشد.**

تمرین 4: اگر 87.5 **درصد از تعداد هسته های یک ماده رادیواکتیو در مدت** 24 **ساعت واپاشیده شود، نیمه عمر آن چند ساعت است؟**

پاسخ:

$$N' = \frac{87.5}{100}N_0$$
$$N = \frac{12.5}{100}N_0 = \frac{1}{8}N_0$$
$$2^n = 8 = 2^3 \rightarrow n = 3$$
$$T = \frac{t}{n} = \frac{24}{3} = 8 \text{ ساعت}$$

Website: https://physicfa.ir

Telegram: https://t.me/physicfa

Aparat: https://aparat.com/physicfa