

گزینه ۱

۱

نیروی هسته‌ای بین ذرات به نوع آن‌ها (پروتون و نوترون بودن) بستگی ندارد و علت نامیدن پروتون و نوترون با نام عام نوکلئون همین است.

کنکور سراسری علوم تجربی داخل ۱۳۹۸

گزینه ۳

۲

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) اگر فاصله بین نوکلئون‌ها بیشتر از 3fm شود، نیرو صفر می‌شود پس تا یک فاصله معین رابطه برقرار است.

(۲) طبق نمودار $Z - N$ با تعداد نوکلئون‌ها، نیروی هسته‌ای رابطه مستقیم ندارد.

(۴) نیروی هسته‌ای از نوع جاذبه است.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۲

گزینه ۴

۳

علت نادرستی سایر گزینه‌ها:

(۱) هسته‌ها در واکنش‌های هسته‌ای برانگیخته می‌شوند.

(۲) جرم هسته از مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل دهنده‌اش کمتر است.

(۳) انرژی نوکلئون‌های درون هسته کوانتیده است و نمی‌تواند هر انرژی دلخواهی را اختیار کند.

کنکور سراسری علوم تجربی خارج از کشور ۱۴۰۴

گزینه ۴

۴

به بررسی هر یک از موارد می‌پردازیم:

(الف) نادرست؛ جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهنده آن، کمتر است.

(ب) درست

(پ) درست؛ با افزایش عدد اتمی، نسبت $\frac{N}{Z}$ افزایش می‌یابد.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۳

- (۱) در هسته‌های سبک پایدار $N = 2$ است اما در هسته‌های سنگین $N > 2$ می‌باشد. (نادرست)
- (۲) در هسته‌های سنگین پایدار، نسبت $\frac{N}{Z}$ بزرگ‌تر از یک و در عناصر سبک پایدار $\frac{N}{Z}$ تقریباً برابر یک است. (نادرست)
- (۳) هسته ناپایدار با شرط $N > Z$ نیز وجود دارد. (نادرست)
- (۴) در هسته‌های پایدار سنگین‌تر، نسبت $\frac{N}{Z}$ بزرگ‌تر است. (درست)

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۱

به فرایند افزایش درصد یا غلظت ایزوتوپ ^{235}U در یک نمونه، غنی سازی گفته می‌شود.

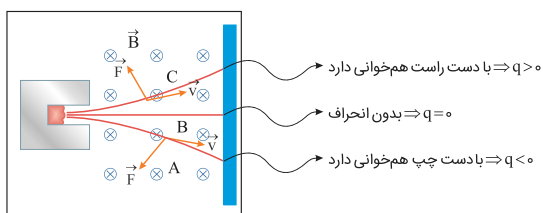
کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۲

در راکتورهای هسته‌ای، نوترون‌های پرانرژی که از شکافت هسته‌ای آزاد می‌شوند، باید کند شوند تا احتمال جذب آن‌ها توسط هسته‌های سوخت (مانند اورانیوم-۲۳۵) و ادامه واکنش زنجیره‌ای افزایش یابد. موادی که این وظیفه را بر عهده دارند، کندساز نوترون نامیده می‌شوند. کندسازها با برخورد الاستیک با نوترون‌ها، انرژی جنبشی آن‌ها را کاهش می‌دهند.

مواد رایج مورد استفاده به عنوان کندساز نوترون عبارتند از: گرافیت، آب سنگین و آب معمولی

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۴

باتوجه به مسیر انحرافی هر ذره جهت نیروی وارد بر آن تعیین می‌شود. سپس باتوجه به این که هر ذره با دست راست هم‌خوانی دارد یا دست چپ علامت آن تعیین می‌شود.



بنابراین باتوجه به گزینه‌ها A الکترون، B گاما و C آلفا است.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۲

بررسی عبارت‌های نادرست:

در پرتوزایی طبیعی تعداد نوکلئون‌ها همواره ثابت و برابر است. ("الف" و "ب" نادرست) فقط مورد "پ" درست است.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۳

درستی یا نادرستی جمله‌ها را بررسی می‌کنیم:
 الف) پرتوهای α کوتاه برد هستند پس (الف) نادرست است.
 ب) درست است.
 پ) درست است.
 ت) واپاشی α فقط در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد پس ت نادرست است.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۰

الف: درست، ب: درست، پ: نادرست، ت: نادرست
 نکته: در نوعی دیگر از فرایند واپاشی بتا، ذره گسیل شده 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. درواقع آنچه در این واپاشی رخ می‌دهد این است که یکی از پروتون‌های درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود و سپس این پوزیترون از هسته گسیل می‌شود.
 اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۰

به پاراگراف زیر که از کتاب درسی است، توجه کنید:
 در پرتوزایی طبیعی، سه نوع پرتو ایجاد می‌شود: پرتوهای آلفا (α)، پرتوهای بتا (β) و پرتوهای گاما (γ). پرتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقه نازک سربی با ضخامت ناچیز ($\approx 0.01 \text{ mm}$) متوقف می‌شود، درحالی‌که پرتوهای β مسافت خیلی بیشتری را ($\approx 0.1 \text{ mm}$) در سرب نفوذ می‌کنند. پرتوهای γ بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقه‌ای سربی به ضخامت قابل ملاحظه‌ای ($\approx 100 \text{ mm}$) بگذرند. در تمام فرایندهای واپاشی پرتوزا مشاهده شده است که تعداد نوکلئون‌ها در طی فرایند واپاشی هسته‌ای، پایسته است؛ یعنی تعداد نوکلئون‌ها، پیش از فرایند، با تعداد نوکلئون‌ها پس از فرایند، مساوی است.
 تذکر: ممکن است عجله در خواندن صورت تست، سبب شود گزینه نادرست را انتخاب کنید. سعی کنید صورت تست را با صبر و دقت بخوانید. در این جا می‌گوید قدرت نفوذ از راست به چپ افزایش یابد.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۳

برای پاسخ به این سؤال، باید انواع واپاشی هسته‌ای را بررسی کنم:

(۱) واپاشی گاما: در این نوع واپاشی، هسته اتم فقط یک فوتون پرنرژی (پرتو گاما) گسیل می‌کند. تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها تغییر نمی‌کند، بنابراین عدد جرمی ثابت می‌ماند.

(۲) واپاشی آلفا: در این واپاشی، یک ذره آلفا (هسته هلیوم شامل ۲ پروتون و ۲ نوترون) از هسته خارج می‌شود. در نتیجه:

- عدد اتمی (Z) به اندازه ۲ واحد کاهش می‌یابد

- تعداد نوترون‌ها به اندازه ۲ واحد کاهش می‌یابد

- عدد جرمی (A) به اندازه ۴ واحد کاهش می‌یابد

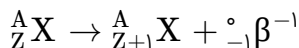
(۳) واپاشی بتای منفی: یک نوترون به یک پروتون تبدیل می‌شود و الکترون و ذره دیگری آزاد می‌شود. مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها (عدد جرمی) تغییر نمی‌کند.

(۴) واپاشی بتای مثبت: یک پروتون به یک نوترون تبدیل می‌شود و پوزیترون و ذره دیگری آزاد می‌شود. مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها (عدد جرمی) تغییر نمی‌کند.

گزینه ۲ (واپاشی آلفا) است، زیرا تنها در واپاشی آلفا عدد جرمی تغییر می‌کند

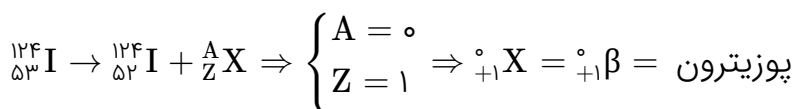
کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۴

وقتی واپاشی β^{-1} صورت می‌گیرد، یک واحد به عدد اتمی اضافه می‌شود:

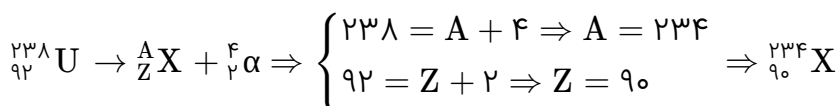


کنکور سراسری علوم تجربی خارج از کشور ۱۴۰۲

باتوجه به واپاشی انجام شده می‌توان نوشت:

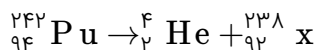


کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۱



کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۲

واپاشی آلفا (α) به معنای گسیل یک ذره آلفا از هسته مادر است. ذره آلفا همان هسته هلیم (${}^4_2\text{He}$) است که شامل ۲ پروتون و ۲ نوترون می‌باشد.



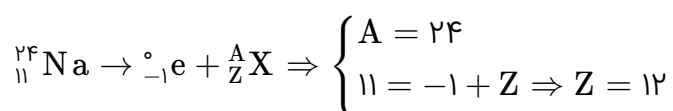
کنکور سراسری علوم تجربی داخل ۱۴۰۴

در واپاشی صورت سوال، عدد اتمی یک واحد کم شده و عدد جرمی تغییر نکرده، پس:

$$\left. \begin{array}{l} 11 = 11 + a \Rightarrow a = 0 \\ 6 = 6 + b \Rightarrow b = +1 \end{array} \right\} \Rightarrow {}^0_{+1}\text{X} = \beta^+$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۲

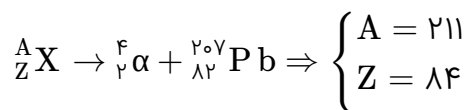
معادله واپاشی را می‌نویسیم تا عدد اتمی و عدد جرمی هسته جدید به دست بیاید.



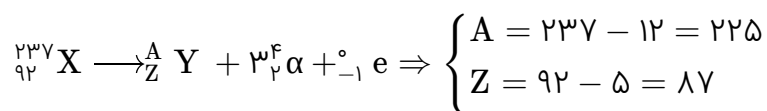
پس هسته جدید $Z = 12$ پروتون و $N = A - Z = 12$ نوترون دارد.

کنکور سراسری علوم تجربی خارج از کشور ۱۴۰۰

باتوجه به معادله واپاشی انجام شده می‌توان نوشت:



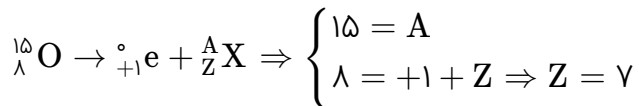
کنکور سراسری علوم تجربی خارج از کشور ۱۴۰۱



تعداد نوکلئون‌ها همان عدد جرمی (A) است.

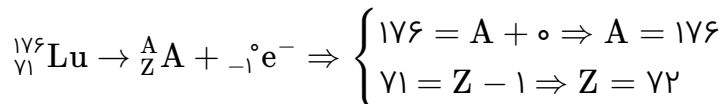
کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۳۹۸

معادله واپاشی را می‌نویسم:



پس هسته دختر ۸ (۱۵-۷=۸) نوترون دارد.

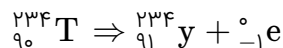
کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۳



پس هسته دختر ${}_{72}^{176}\text{Hf}$ است.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۳

در واپاشی β^{-} یک نوترون داخل هسته به یک الکترون و یک پروتون تبدیل می‌شود.



عدد اتمی هسته دختر ۹۱ و عدد نوترونی آن $N = 234 - 91 = 143$ است پس داریم:

$$\frac{Z}{N} = \frac{91}{143}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۰

در واپاشی α ، هسته مادر ۲ پروتون و ۲ نوترون از دست می‌دهد.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۴

- در واپاشی e^{-} ، تعداد پروتون‌ها یک واحد افزایش پیدا کرده و تعداد نوترون‌ها یک واحد کاهش می‌یابد. اما باید توجه داشت عدد جرمی ثابت می‌ماند. (یک نوترون به یک پروتون و یک الکترون تبدیل می‌شود).
- در واپاشی e^{+} ، یکی از پروتون‌های درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود، سپس این پوزیترون از هسته گسیل می‌شود. در این صورت از عدد اتمی یک واحد کم می‌شود و تعداد نوترون‌ها یک واحد افزایش می‌یابد. باید توجه داشت عدد جرمی ثابت می‌ماند.

کنکور سراسری علوم تجربی داخل ۱۴۰۲

عنصر X پس از گسیل یک پرتو آلفا، یک الکترون و یک پوزیترون مراحل زیر را طی می‌کند:

$$\frac{A}{Z}X \rightarrow \frac{4}{2}\alpha + \frac{0}{-1}\beta + \frac{0}{+1}\beta + \frac{A'}{Z'}Y \Rightarrow \begin{cases} A = 4 + A' \Rightarrow A' = A - 4 \\ Z = 2 + Z' \Rightarrow Z' = Z - 2 \end{cases}$$

$$\text{تعداد نوترون‌های عنصر جدید} \Rightarrow A' - Z' = A - 4 - Z + 2$$

$$\xrightarrow{A=2Z} A' - Z' = Z - 2$$

$$\text{تعداد پروتون‌ها} - \text{تعداد نوترون‌ها} = Z - 2 - (Z - 2) = 0$$

کنکور سراسری علوم تجربی داخل ۱۴۰۲

روش تستی: اگر در یک واکنش هسته‌ای عدد اتمی هسته مادر و هسته دختر مساوی باشند، تعداد ذرات بتا دو برابر تعداد ذرات آلفا خواهد بود؛ بنابراین تنها گزینه "۲" صحیح است.
روش محاسباتی:

$$\frac{A}{Z}X \longrightarrow \frac{A-\lambda}{Z}Y + m\frac{4}{2}\alpha + n\frac{0}{-1}\beta$$

$$A = A - \lambda + m \times 4 + n \times 0 \Rightarrow m = 2 \text{ آلفا}$$

$$Z = Z + m \times 2 + n \times (-1) \xrightarrow{m=2} n = 4 \text{ بتا}$$

کنکور سراسری علوم تجربی خارج از کشور ۱۳۹۸

$$\frac{237}{93}\text{Np} \rightarrow 3\alpha + \beta^- + \frac{A}{Z}Y$$

$$\Rightarrow \frac{237}{93}\text{Np} \rightarrow 3\frac{4}{2}\text{He} + \frac{0}{-1}e + \frac{A}{Z}y$$

مجموع نوکلئون‌ها و بار الکتریکی هر دو سمت واکنش باید یکسان باشد:

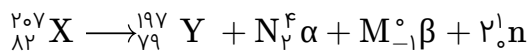
$$237 = 3 \times 4 + A \Rightarrow A = 225$$

$$93 = 6 - 1 + Z \Rightarrow Z = 88$$

از رابطه $A = N + Z$ تعداد نوترون‌ها را هم محاسبه می‌کنیم:

$$A = Z + N \Rightarrow N = 225 - 88 = 137$$

کنکور سراسری علوم تجربی داخل ۱۴۰۰



$$207 = 197 + N \times 4 + M \times 0 + 2 \times 1 \Rightarrow N = 2$$

$$82 = 79 + 2 \times 2 + M(-1) + 2 \times 0 \Rightarrow M = 1$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۳۹۸

برای یافتن تعداد نوترون‌ها (x)، از قانون پایستگی عدد اتمی (Z) استفاده می‌کنیم:

$$1 + 235 = 133 + 101 + x \Rightarrow x = 2$$

بنابراین، ۲ نوترون در این واکنش آزاد می‌شود.

در واکنش‌های شکافت هسته‌ای، مجموع جرم محصولات (ذرات ثانویه) کمتر از مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها (ذرات اولیه) است. این کاهش جرم به انرژی تبدیل می‌شود. بنابراین، رابطه صحیح این است: $M_1 > M_2$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۴

نیمه عمر مدت زمانی است که طول می‌کشد تا نیمی از هسته‌های مادر پرتوزای اولیه واپاشی کنند و به هسته‌های دختر تبدیل شوند.

$$n = \frac{t}{T} = \frac{16}{8} = 2$$

$$N_{\text{باقی مانده}} = \frac{N_0}{2^n} = \frac{N_0}{2^2} \Rightarrow \frac{N_{\text{باقی مانده}}}{N_0} = \frac{1}{4} = 0.25 = 25\%$$

کنکور سراسری علوم تجربی داخل ۱۴۰۴

روش اول (کلاسیک):

این که ۷۵ درصد از هسته‌ها تبدیل شده یعنی ۲۵ درصد باقی مانده است، پس نیمه عمر برابر است با:

$$\frac{N_0}{4} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \times N_0 \Rightarrow \left(\frac{1}{2}\right)^n = \frac{1}{4} \Rightarrow n = 2$$

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow 2 = \frac{4}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow T_{\frac{1}{2}} = 2 \text{ سال}$$

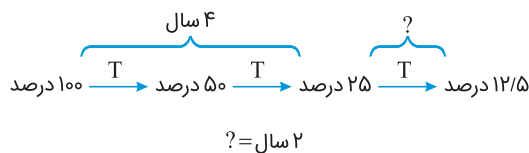
حالا برای این که ۱۲/۵ درصد باقی بماند، زمان سپری شده را از ابتدا حساب می‌کنیم:

$$\frac{12.5}{100} N_0 = \left(\frac{1}{2}\right)^{n'} N_0 \Rightarrow \frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^{n'} \Rightarrow n' = 3$$

$$n' = \frac{t'}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow 3 = \frac{t'}{2} \Rightarrow t' = 6 \text{ سال}$$

بنابراین باید سال $t' - t = 6 - 4 = 2$ دیگر بگذرد.

روش دوم:



کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۲

وقتی ۷۵ درصد هسته‌های اولیه ماده رادیواکتیو واپاشیده شوند، ۲۵ درصد این هسته‌ها به صورت فعال باقی می‌ماند.

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{25}{100} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow 2^n = 4 \Rightarrow n = 2$$

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow 2 = \frac{t}{8} \Rightarrow t = 16 \text{ روز}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۳۹۸

می‌دانیم که تعداد هسته‌های باقی‌مانده (N) پس از گذشت زمان t از رابطه زیر به دست می‌آید. که N_0 تعداد هسته‌های اولیه و n تعداد نیمه‌عمرهای سپری شده است

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

$$n = \frac{t}{T} = 4 \Rightarrow T = \frac{t}{4} = 2 \text{ h}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۴

با استفاده از رابطه بین ماده اولیه و ماده باقی‌مانده می‌توان نوشت:

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{180}{45}} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^4$$

$$\Rightarrow N = \frac{N_0}{16} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{1}{16}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۱

$$n = \frac{t}{T} = \frac{22920}{5730} = 4 \Rightarrow \text{کسر باقی‌مانده} = \frac{1}{2^4} = \frac{1}{16} = 6.25\%$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۰

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^6 = \frac{1}{64}$$

۶ ساعت معادل ۶ نیمه‌عمر است.

کنکور سراسری علوم تجربی خارج از کشور ۱۴۰۳

باتوجه به نمودار، در مدت ۲۴ روز، $\frac{1}{8}$ هسته‌های اولیه باقی مانده است. پس:

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow \frac{N_0}{8} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow n = 3$$

حالا زمان یک نیمه عمر را به دست می آوریم:

$$n = \frac{\Delta t}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow 3 = \frac{24}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow T_{\frac{1}{2}} = 8 \text{ روز}$$

کنکور سراسری علوم تجربی داخل ۱۴۰۳

برای محاسبه نیمه عمر ماده مورد نظر می توان نوشت:

$$\frac{N_0}{16} = \frac{N_0}{2^{\frac{24}{T}}} \Rightarrow 2^{\frac{24}{T}} = 16 = 2^4 \Rightarrow \frac{24}{T} = 4 \Rightarrow T = 6 \text{ روز}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۱

$$\text{جرم باقی مانده} = \frac{1}{32} N_0 \Rightarrow \text{جرم واپاشی شده} = \frac{31}{32} N_0$$

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{1}{32} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow n = 5$$

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow 5 = \frac{125}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow T_{\frac{1}{2}} = 25 \text{ روز}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۳۹۸