

۶-۱ ساختار هسته

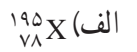
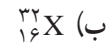
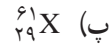
۱. تعداد نوترون‌هایی را که می‌توان در کنار هم (تنگ‌چین) در یک توپ تنیس به شعاع $3/2\text{ cm}$ جای داد، حساب کنید. در این صورت جرم این توپ چقدر است؟
(شعاع و جرم نوترون را به ترتیب $1/4 \times 10^{-16}\text{ m}$ و $1/7 \times 10^{-27}\text{ kg}$ در نظر بگیرید.)

۲. برای ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ مطلوب است :

الف) تعداد نوکلئون‌ها ب) تعداد نوترون‌ها

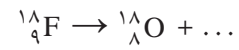
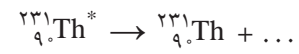
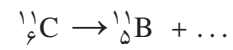
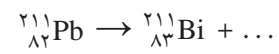
پ) بار الکتریکی خالص هسته

۳. در هر یک از موارد زیر نماد X چه عنصری را نشان می‌دهد و در هسته هر یک چند نوترون وجود دارد؟ در صورت لزوم از جدول تناوبی استفاده کنید.



۶-۲ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر

۱. جاهای خالی در فرایندهای واپاشی زیر نشان دهنده یک یا چند ذره α ، β^+ یا β^- است. در هر واکنش، جای خالی را کامل کنید.



۴. هسته دختر به دست آمده از هر یک از واپاشی های زیر را به صورت

A_ZX مشخص کنید.

الف) ${}^{242}_{94}\text{Pu}$ واپاشی α انجام دهد.

ب) سدیم ${}^{24}_{11}\text{Na}$ واپاشی β^- انجام دهد.

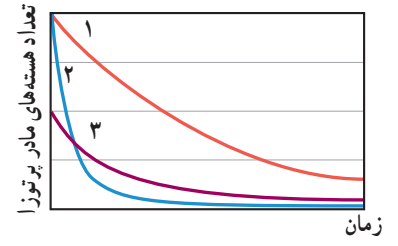
پ) نیتروژن ${}^{13}_7\text{N}$ واپاشی β^- انجام دهد.

ت) ${}^{15}_8\text{O}$ واپاشی β^+ انجام دهد.

۷. سرب ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ هسته دختر پایداری است که می‌تواند از واپاشی α یا واپاشی β^- حاصل شود. فرایندهای مربوط به هر یک از این واپاشی‌ها را بنویسید. در هر مورد هسته مادر را به صورت ${}^A_Z\text{X}$ مشخص کنید.

۸. نپتونیم ${}^{237}_{93}\text{Np}$ ایزوتوپی است که در راکتورهای هسته‌ای تولید می‌شود. این ایزوتوپ ناپایدار است و واپاشی آن از طریق گسیل ذرات α ، β^- ، و α صورت می‌گیرد. پس از وقوع تمام این واپاشی‌ها، عدد اتمی و عدد جرمی هسته نهایی چقدر است؟

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



۱. هنگامی که نیتروژن جو زمین توسط پرتوهای کیهانی (که معمولاً از جنس پروتون، ذره‌های α و الکترون هستند) بمباران می‌شود، ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ با آهنگ ثابتی در لایه‌های فوقانی جو تولید می‌شود. این کربن پرتوزا، با کربن ۱۲ که به طور طبیعی در جو وجود دارد درهم می‌آمیزد. بررسی‌ها نشان داده است که به ازای هر ۱۰۰۰۰ میلیارد اتم پایدار کربن ۱۲، تقریباً یک اتم پرتوزای کربن ۱۴ از این طریق وارد جو می‌شود.

اتم‌های کربن جوّی از طریق فعالیت‌های بیولوژیکی از قبیل فتوسنتز و تنفس، به نحو کاتوره‌ای مکان خود را عوض می‌کنند و به بدن جانداران منتقل می‌شوند. به طوری که اتم‌های کربن هر موجود زنده شامل کسر کوچک و ثابتی از ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ است.

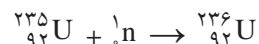
وقتی موجود زنده‌ای می‌میرد، مقدار کربن پرتوزای به تله افتاده در موجود غیرزنده، با نیمه عمر ۵۷۳۰ سال رو به کاهش می‌گذارد. کربن ۱۴ موجود در یک نمونه زغال قدیمی، ۱/۵۶ درصد (معادل $\frac{1}{64}$) مقدار عادی کربن ۱۴ موجود در زغالی است که تازه تولید شده است. سن تقریبی این زغال قدیمی چقدر است؟

// نیمه عمر بیسموت ۲۱۲ حدود ۶۰ دقیقه است. پس از گذشت

چهار ساعت، چه کسری از ماده اولیه، در نمونه‌ای از این

بیسموت، باقی می‌ماند؟

۱۱. معادله زیر بخشی از واکنشی را نشان می‌دهد که در یک راکتور هسته‌ای روی می‌دهد.



الف) اهمیت عددهای ۲۳۵ و ۹۲ را توضیح دهید.

ب) اتم‌های ${}_{92}^{236}\text{U}$ ناپایدارند و خودبه‌خود به قطعه‌هایی کوچک‌تر همراه با تعدادی نوترون سریع (بین ۲ تا ۵ عدد) و مقدار زیادی انرژی واپاشیده می‌شود. این فرایند چه نام دارد و انرژی آزاد شده در این فرایند چگونه تعیین می‌شود؟

پ) اورانیم ۲۳۵ عمدتاً نوترون‌های با تندی کم را جذب می‌کند تا نوترون‌های سریع را. توضیح دهید چگونه تندی نوترون‌ها را در قلب راکتور کم می‌کنند.

ت) چگونه تولید انرژی را در قلب راکتور کنترل می‌کنند؟

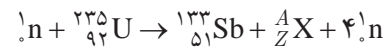
ث) واکنش زنجیری را توضیح دهید.

ج) انرژی به صورت گرما در قلب راکتور تولید می‌شود. چگونه گرما از قلب راکتور گرفته و به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود؟
 چ) هنگامی که میله‌های سوخت از مرکز راکتور بیرون کشیده می‌شوند، آنها «پرتوزا» و «ایزوتوپ»هایی با «نیمه‌عمر» طولانی هستند. واژه‌های داخل گیومه را توضیح دهید.

۱۳. الف) حدود ۷٪ درصد اورانیوم موجود در سنگ معدن طبیعی اورانیم از ایزوتوپ ۲۳۵ تشکیل شده است. در هر واکنش شکافت حدود 200 MeV انرژی آزاد می‌شود. فرض کنید تمامی ایزوتوپ ۲۳۵ موجود در یک کیلوگرم از این اورانیم بتواند بر اثر شکافت، انرژی خود را آزاد کند. مقدار این انرژی برحسب مگاالکترون ولت (MeV) و ژول (J) چقدر است؟

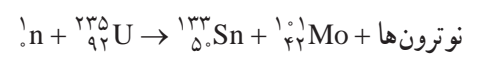
ب) با سوختن هر کیلوگرم زغال سنگ، حدود 30 MJ انرژی گرمایی آزاد می‌شود. چند کیلوگرم زغال سنگ باید بسوزد تا معادل انرژی به دست آمده در قسمت الف، انرژی تولید شود؟

۱۴. یکی از واکنش‌های ممکن در شکافت ${}^{235}_{92}\text{U}$ ، داده شده است. در این واکنش عدد اتمی Z ، عدد جرمی A و عنصر X را در ${}^A_Z\text{X}$ تعیین کنید.



در صورت لزوم از جدول تناوبی کمک بگیرید.

۱۵. در واکنش زیر چه تعداد نوترون تولید می شود؟



۱۷. بازده نیروگاه هسته‌ای بوشهر حدود ۳۵ درصد است. یعنی ۶۵ درصد انرژی حاصل از شکافت ایزوتوپ اورانیم ۲۳۵، به صورت گرما تلف و حدود ۳۵ درصد آن، به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. با توجه به اینکه در هر شکافت حدود 200 MeV انرژی آزاد می‌شود، چند کیلوگرم اورانیم ۲۳۵ در سال شکافت پیدا می‌کند؟ (فرض کنید نیروگاه در طول سال با توان پایدار ۱۰۰۰ مگاوات کار می‌کند.)

۶-۴ گداخت هسته‌ای

۱۷. انرژی آزاد شده در هر واکنش شکافت اورانیم ^{235}U با یک نوترون کند حدود $2.02/5 \text{ MeV}$ و در هر واکنش گداخت دوتریم با تریتم حدود $17/6 \text{ MeV}$ است.

الف) تعداد نوکلئون‌های شرکت کننده در هر واکنش شکافت چقدر است؟ انرژی آزاد شده به ازای هر نوکلئون را حساب کنید.

ب) تعداد نوکلئون‌های شرکت کننده در هر واکنش گداخت چقدر است؟ انرژی آزاد شده به ازای هر نوکلئون را حساب کنید.

پ) نتیجه‌های قسمت (الف) و (ب) را با یکدیگر مقایسه کنید. با توجه به نیاز روزافزون بشر به انرژی، و با توجه به اینکه مواد قابل شکافت مانند ^{235}U به مقدار بسیار کمی در طبیعت وجود دارد ولی دوتریم به طور فراوان در آب اقیانوس‌ها و دریاها موجود است و جدا کردن آن از هیدروژن معمولی آسان و کم هزینه است، اهمیت این مقایسه را توضیح دهید.

