



بخش آموزش رسانه تفریحی سنتر

کلیک کنید  www.tafrihicenter.ir/edu

 نمونه سوال  گام به گام

 امتحان نهایی  جزوه

 دانلود آزمون های آزمایشی

متوسطه اول : هفتم ... هشتم ... نهم

متوسطه دوم : دهم ... یازدهم ... دوازدهم

www.tafrihicenter.ir



راهنمای حل فصل ۶ فیزیک دوازدهم

رشته ریاضی و فیزیک

منطبق بر کتاب درسی



گروه فیزیک استان گیلان @Schoolphysics

آشنایی با فیزیک هسته‌ای			
صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	
۱	۱۳۸	۱-۶- ساختار هسته	
۱	۱۳۹	تمرین ۱-۶	۱
۱	۱۴۱	پرسش ۱-۶	۲
۲	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱	۳
۲	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲	۴
۲	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳	۵
۲	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴	۶
۳	۱۴۲	۲-۶- پرتوزایی طبیعی و نیم عمر	
۳	۱۴۲	پرسش ۲-۶	۷
۳	۱۴۴	تمرین ۲-۶	۸
۳	۱۴۵	تمرین ۳-۶	۹
۳	۱۴۷	تمرین ۴-۶	۱۰
۴	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۵	۱۱
۴	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۶	۱۲
۴	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۷	۱۳
۵	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۸	۱۴
۵	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۹	۱۵
۵-۶	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۰	۱۶
۶	۱۵۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۱	۱۷
۷	۱۴۸	۳-۶- شکاف هسته‌ای	
۷-۸-۹	۱۵۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۲	۱۸
۱۰	۱۵۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۳	۱۹
۱۰	۱۵۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۴	۲۰

۲۱	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۱۵	۱۵۶	۱۰
۲۲	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۱۶	۱۵۶	۱۱
	۶-۴ گداخت هسته‌ای	۱۵۲	۱۲
۲۳	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۱۷	۱۵۶	۱۲

۶-۱ ساختار هسته

تمرین ۱-۶

با توجه به آنچه تاکنون دیدید و همچنین با استفاده از جدول تناوبی عناصر، که در پیوست کتاب آمده است، نماد هسته را در هر یک از موارد زیر تعیین کنید.

الف) ایزوتوپ فلور (F) با عدد نوترونی ۱۰
ب) ایزوتوپ قلع (Sn) با عدد نوترونی ۶۶

الف) $\left. \begin{matrix} Z = 9 \\ N = 10 \end{matrix} \right\} \rightarrow A = Z + N = 9 + 10 = 19, \quad {}^{19}_{9}\text{F}$

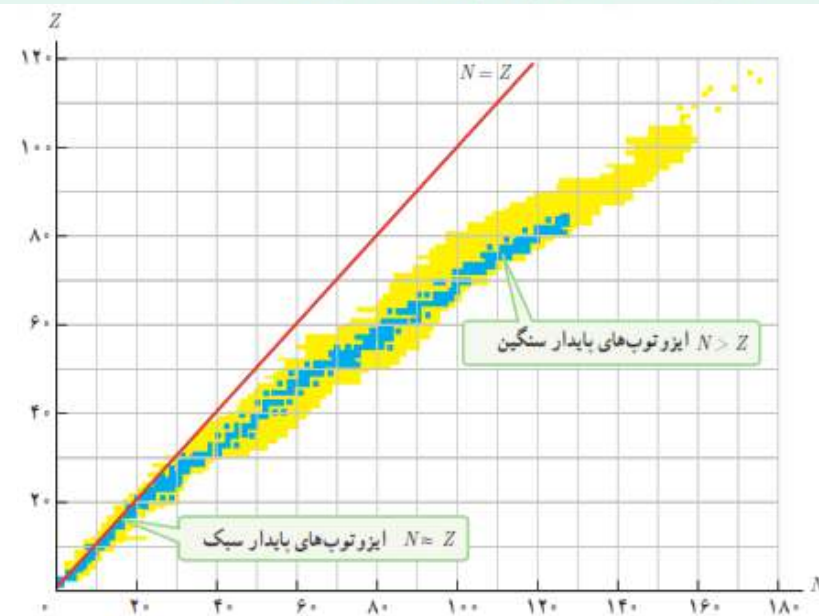
ب) $\left. \begin{matrix} Z = 50 \\ N = 66 \end{matrix} \right\} \rightarrow A = Z + N = 50 + 66 = 116, \quad {}^{116}_{50}\text{Sn}$

پرسش ۱-۶

هر نقطه آبی رنگ در نمودار شکل ۳-۶ نشان‌دهنده یک هسته پایدار است. با توجه به این نمودار به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون (N/Z) برای هسته‌های پایدار مختلف ثابت است یا متفاوت؟ توضیح دهید.

ب) ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر را چگونه می‌توان با استفاده از این نمودار تشخیص داد؟

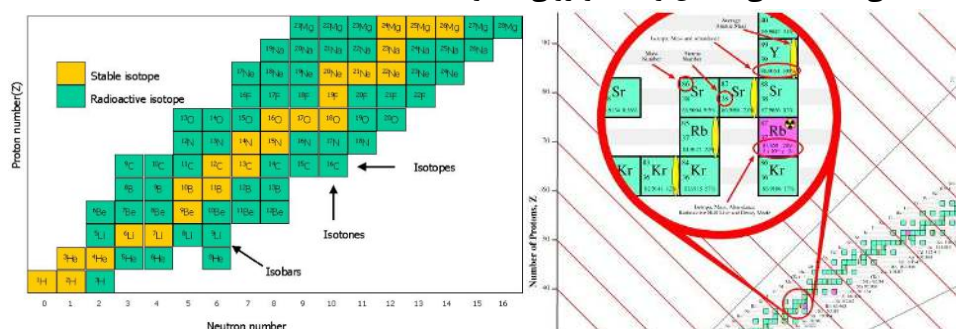


الف) متفاوت است.

با افزایش عدد اتمی، هسته‌های پایدار از خط $N = Z$ فاصله می‌گیرند و به طرف پایین خط پراکنده می‌شوند. یعنی تعداد نوترون‌های آنها نسبت به پروتون‌های آنها زیاد می‌شود.

ب) ایزوتوپ یک عنصر عدد اتمی یکسان و عدد نوترونی متفاوتی دارد.

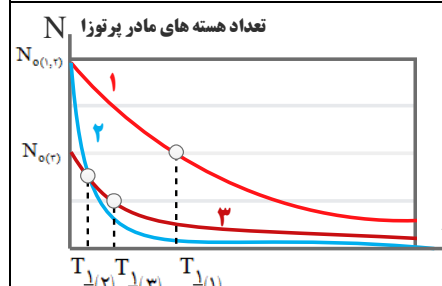
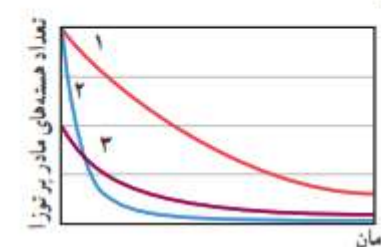
اگر خطی عمود بر محور Z رسم کنیم. این خط چند نقطه آبی رنگ را قطع کند. این نقطه‌ها نمایانگر هسته‌هایی با عدد اتمی یکسان و عدد نوترونی متفاوت است.



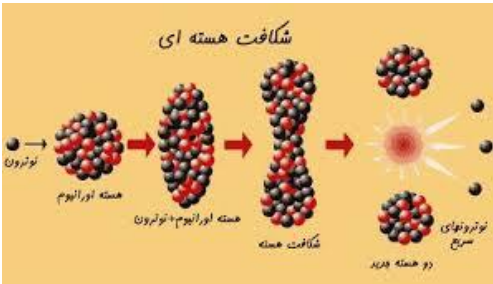
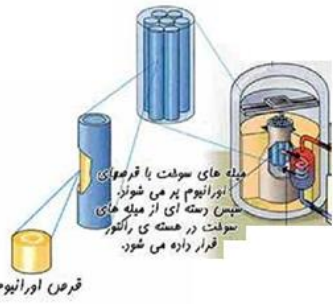
	۶-۱ ساختار هسته	
۳	۱. مرتبه بزرگی تعداد نوترون‌هایی را که می‌توان تنگ هم در یک توپ تنیس به شعاع $3/2\text{ cm}$ جای داد، تخمین بزنید. در این صورت مرتبه بزرگی جرم این توپ چقدر است؟ (مرتبه بزرگی شعاع و جرم نوترون را به ترتیب 10^{-15} m و 10^{-27} kg در نظر بگیرید.)	$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3/14 \times (3/2 \times 10^{-2}\text{ m})^3 = 1/37 \times 10^{-4}\text{ m}^3$ حجم توپ $V' = \frac{4}{3}\pi r'^3 = \frac{4}{3} \times 3/14 \times (10^{-15}\text{ m})^3 = 1/4 \times 10^{-45}\text{ m}^3$ حجم نوترون در توپ $N = \frac{V}{V'} = \frac{1/37 \times 10^{-4}\text{ m}^3}{1/4 \times 10^{-45}\text{ m}^3} \approx 10^{41}$ تعداد نوترون در توپ $m = N \times m' = 10^{41} \times 10^{-27} = 10^{14}\text{ kg}$ جرم توپ
۴	۲. برای $^{208}_{82}\text{Pb}$ مطلوب است: الف) تعداد نوکلئون‌ها (ب) تعداد نوترون‌ها ب) بار الکتریکی خالص هسته	الف) $^{208}_{82}\text{Pb} \rightarrow A = 208$ ب) $^{208}_{82}\text{Pb} \rightarrow N = A - Z = 208 - 82 = 126$ پ) $q = +82e = +82 \times 1/6 \times 10^{-19}\text{ C} = 1/312 \times 10^{-17}\text{ C}$ هسته از پروتون و نوترون تشکیل شده است که نوترون بار ندارد و بار پروتون مثبت است. پس بار الکتریکی خالص هسته مثبت است.
۵	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. الف) $^{195}_{78}\text{X}$ (ب) $^{32}_{16}\text{X}$ (ب) $^{61}_{29}\text{X}$	الف) $^{195}_{78}\text{X} = ^{195}_{78}\text{Pt} \rightarrow N = 195 - 78 = 117$ ب) $^{32}_{16}\text{X} = ^{32}_{16}\text{S} \rightarrow N = 32 - 16 = 16$ پ) $^{61}_{29}\text{X} = ^{61}_{29}\text{Cu} \rightarrow N = 61 - 29 = 32$
۶	۴. آیا می‌توان ایزوتوپ $^{61}_{25}\text{X}$ را با روش شیمیایی از ایزوتوپ $^{59}_{25}\text{X}$ جدا کرد؟ از ایزوتوپ $^{61}_{26}\text{Y}$ چطور؟ پاسخ خود را توضیح دهید.	ایزوتوپ $^{61}_{25}\text{X}$ و $^{59}_{25}\text{X}$ دارای عدد اتمی یکسان اند پس خواص شیمیایی یکسانی دارد. و با روش شیمیایی نمی‌توان این دو ایزوتوپ را جدا کرد. این دو ایزوتوپ دارای خواص فیزیکی متفاوت مانند عدد جرمی و عدد نوترونی متفاوت می‌باشند. ولی ایزوتوپ $^{61}_{25}\text{X}$ و $^{61}_{26}\text{Y}$ را می‌توان به روش شیمیایی جدا کرد. زیرا عدد اتمی و خواص شیمیایی متفاوتی دارند.

با توجه به قانون دست راست می توان تعیین کرد. پرتوی بالایی: از قانون دست راست پیروی می کند. پس بتا منفی (β^-) است. پرتوی وسط: در میدان مغناطیسی منحرف نشده است و بار الکتریکی ندارد. پرتوی پایینی: از قانون دست راست پیروی نکرده و برعکس است. پس بتا مثبت (β^+) است.	۶-۲ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر پرسش ۶-۲ شکل روبه رو طرح آزمایش ساده ای را نشان می دهد که به کمک آن می توان سه نوع پرتوزایی طبیعی را مشاهده کرد و به تفاوت بار و جرم پرتوها از یکدیگر بی برد. قطعه ای از ماده پرتوزا را در ته حفره یاریکی در یک استوانه سربی قرار می دهند. استوانه را درون اتاقکی می گذارند و هوای درون آن را تخلیه می کنند. سپس یک صفحه عکاسی مقابل حفره قرار می دهند و میدان مغناطیسی بکنواختی درون اتاقک برقرار می کنند. خطوط قرمز رنگ، مسیر حرکت پرتوها را نشان می دهد. نوع بار پرتوها را با هم مقایسه کنید. میدان مغناطیسی (عمود بر صفحه کاغذ به طرف درون) استوانه سربی اتاقک خلا صفحه عکاسی ماده پرتوزا
${}_{71}^{176}\text{Lu} \rightarrow {}_{-1}^0\text{e}^- + {}_{72}^{176}\text{Y}$ $\left. \begin{aligned} 176 &= A' + 0 \rightarrow A' = 176 \\ 71 &= Z' - 1 \rightarrow Z' = 72 \end{aligned} \right\} \rightarrow {}_{72}^{176}\text{Hf}$	تمرین ۶-۲ لوتیم (${}_{71}^{176}\text{Lu}$) عنصر پرتوزایی است که با گسیل بتای منفی، واباشی می کند. معادله این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها که در پیوست آمده است، عنصر جدیدی را که تولید می شود تعیین کنید.
${}_{8}^{15}\text{O} \rightarrow {}_{+1}^0\text{e}^+ + {}_{7}^{15}\text{Y}$ $\left. \begin{aligned} 15 &= A' + 0 \rightarrow A' = 15 \\ 8 &= Z' + 1 \rightarrow Z' = 7 \end{aligned} \right\} \rightarrow {}_{7}^{15}\text{N}$	تمرین ۶-۳ ایزوتوپ (${}_{8}^{15}\text{O}$) با گسیل پوزیترون، واباشی می کند. معادله این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها که در پیوست آمده است، عنصر جدیدی را که تولید می شود تعیین کنید.
$N = \frac{N_0}{2^n} \rightarrow \frac{1}{8} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \rightarrow 2^n = 8 = 2^3 \rightarrow n = 3$ $n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \rightarrow 3 = \frac{9(\text{day})}{T_{\frac{1}{2}}} \rightarrow T_{\frac{1}{2}} = 3(\text{day})$	تمرین ۶-۴ پس از گذشت ۹ روز، تعداد هسته های پرتوزای یک نمونه، به $\frac{1}{8}$ تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است. نیمه عمر (بر حسب روز) ماده جقدر است؟

	۶-۲ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر	
$^{211}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{211}_{83}\text{Bi} + ^{-1}_0\text{X}$ تولید اشعه β^{-}، الکترون را $^{11}_6\text{C} \rightarrow ^{11}_5\text{B} + ^{-1}_0\text{X} \Rightarrow ^{-1}_0\text{X} \leftrightarrow ^{+1}_0\text{e}$ تولید اشعه β^{+}، β^{+} تا پوزیترون $^{231}_{90}\text{Th}^{*} \rightarrow ^{231}_{90}\text{Th} + ^{-1}_0\text{X}$ تولید اشعه γ $^{18}_9\text{F} \rightarrow ^{18}_8\text{O} + ^{+1}_0\text{X}$ تولید اشعه β^{+}، β^{+} پوزیترون	۵. 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. $^{211}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{211}_{83}\text{Bi} + \dots$ $^{11}_6\text{C} \rightarrow ^{11}_5\text{B} + \dots$ $^{231}_{90}\text{Th}^{*} \rightarrow ^{231}_{90}\text{Th} + \dots$ $^{18}_9\text{F} \rightarrow ^{18}_8\text{O} + \dots$	۱۱
اورانیوم $^{238}_{92}\text{U} \xrightarrow{A, Z} ^{234}_{90}\text{Th} + ^{4}_{2}\text{He}$ الف) $A = 238 - 4 = 234$ & $Z = 92 - 2 = 90$ منیزیم $^{24}_{12}\text{Mg} \xrightarrow{A, Z} ^{24}_{11}\text{Na} + ^{+1}_0\text{e}$ ب) $A = 24 - 0 = 24$ & $Z = 11 + 1 = 12$ اکسیژن $^{18}_8\text{O} \xrightarrow{A, Z} ^{18}_7\text{N} + ^{+1}_0\text{e}$ پ) $A = 18 - 0 = 18$ & $Z = 7 + 1 = 8$ نیتروژن $^{15}_7\text{N} \xrightarrow{A, Z} ^{15}_8\text{O} + ^{-1}_0\text{e}$ ت) $A = 15 - 0 = 15$ & $Z = 8 - 1 = 7$	۷. هسته دختر به دست آمده از هر یک از واپاشی های زیر را به صورت ^A_ZX مشخص کنید. الف) $^{238}_{92}\text{U}$ واپاشی α انجام دهد. ب) سدیم $^{24}_{11}\text{Na}$ واپاشی β^{-} انجام دهد. ب) نیتروژن $^{14}_7\text{N}$ واپاشی β^{-} انجام دهد. ت) $^{15}_8\text{O}$ واپاشی β^{+} انجام دهد.	۱۲
پلونیوم $^{210}_{84}\text{Po} \xrightarrow{A, Z} ^{206}_{82}\text{Pb} + ^{4}_{2}\text{He}$ تالیوم $^{207}_{81}\text{Tl} \xrightarrow{A, Z} ^{207}_{82}\text{Pb} + ^{-1}_0\text{e}$	۷. سرب $^{207}_{82}\text{Pb}$ هسته دختر پایداری است که می تواند از واپاشی α یا واپاشی β^{-} حاصل شود. فرایندهای مربوط به هر یک از این واپاشی ها را بنویسید. در هر مورد هسته مادر را به صورت ^A_ZX مشخص کنید.	۱۳

${}^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow 3\alpha + \beta + {}^A_Z\text{X} \Rightarrow {}^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow 3{}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{e} + {}^A_Z\text{X}$ $\begin{cases} 237 = 12 + 0 + A \rightarrow A = 225 \\ 93 = 6 - 1 + Z \rightarrow Z = 88 \end{cases}$	۱۴. نیتونیم ${}^{237}_{93}\text{Np}$ ایزوتوبی است که در راکتورهای هسته‌ای تولید می‌شود. این ایزوتوب ناپایدار است و واپاشی آن از طریق گسیل ذرات α، β، α و α صورت می‌گیرد. پس از وقوع تمام این واپاشی‌ها، عدد اتمی و عدد جرمی هسته نهایی چقدر است؟	۱۴
زمان نیمه‌عمر، زمانی است که تعداد هسته‌های اولیه (N_0) نصف می‌شود. با توجه به نمودار و تعیین نیمه‌عمر سه نمودار می‌توان نتیجه گرفت. $T_{\frac{1}{2}(2)} < T_{\frac{1}{2}(3)} < T_{\frac{1}{2}(1)}$ 	۱۵. شکل زیر نمودار تغییرات تعداد هسته‌های مادر پرتوزای سه نمونه را برحسب زمان نشان می‌دهد. نیمه‌عمر این سه نمونه را با هم مقایسه کنید. 	۱۵
$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^n} = \frac{1}{56} = \frac{1}{64} = \frac{1}{2^6} \Rightarrow n = 6$ $n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \rightarrow 6 = \frac{t}{5730 \text{ (Year)}} \rightarrow t = 34380 \text{ (Year)}$	۱۰. 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 در هم 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 جوی 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 غیر زنده، با نیمه عمر ۵۷۳۰ سال رو به کاهش می‌گذارد. کربن ۱۴ موجود در یک	۱۶

	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؟ موجود زنده شامل کسر کوچک و ثابتی از ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ است. وقتی موجود زنده ای می میرد، مقدار کربن پرتوزای به تله افتاده در موجود غیر زنده، یا نیمه عمر ۵۷۳۰ سال رو به کاهش می گذارد. کربن ۱۴ موجود در یک نمونه زغال قدیمی، ۱/۱۵۶ 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؟
$n = \frac{t}{T_{1/2}} \rightarrow n = \frac{4h}{1h} \rightarrow n = 4$ $N = \frac{N_0}{2^n} = \frac{N_0}{2^4} = \frac{N_0}{16}$	۱۷ !! نیمه عمر بیسموت ۲۱۲ حدود ۶۰ دقیقه است. پس از گذشت چهار ساعت، چه کسری از ماده اولیه، در نمونه ای از این بیسموت، باقی می ماند؟

(الف) ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{92}^{236}\text{U}$ عده‌های ۲۳۵ و ۹۲ نشان می‌دهد که هسته سنگین است. در هسته‌های سنگین که تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آنها زیاد است، و فقط نوکلئون‌های مجاور بر هم نیروی هسته‌ای اثر می‌دهند، اما همه‌ی پروتون‌ها بر هم نیروی کولنی وارد می‌کنند؛ یعنی تعداد نیروهای دافعه‌ی الکتریکی بین پروتون‌ها در مقایسه با تعداد جاذبه‌ی هسته‌ای قوی زیاد است و این موجب ناپایداری هسته می‌شود. در تمام هسته‌های پایدار، نیروهای جاذبه هسته‌ای بر نیروی دافعه‌ی کولنی غلبه دارد. اما در هسته‌ی اورانیوم این برتری شکننده است. (ب) هنگامی که یک نوترون کند که به هسته‌ی ${}_{92}^{235}\text{U}$ نزدیک می‌شود، هسته با نزدیک شدنش مخالفت نمی‌کند و به راحتی نوترون را می‌بلعد و آن را به جمع نوکلئون‌های خود می‌افزاید. اضافه شدن یک نوترون باعث کش آمدن هسته‌ی اورانیوم می‌شود. نیروی کولنی از این فرصت استفاده نموده و هسته را کشیده و کشیده‌تر می‌کند. اگر این کشیدگی از حد (مرحله‌ی بحرانی) بگذرد، نیروهای هسته‌ای تسلیم می‌شوند و هسته‌ی اورانیوم به دو هسته‌ی سبک‌تر شکافته می‌شود. این فرآیند را شکافت هسته‌ای می‌نامند. انرژی آزاد شده از اختلاف جرم هسته اولیه و هسته تولید شده تعیین می‌گردد. $E = \Delta mc^2$ (پ) اورانیوم را در قطعه‌های کوچک تقسیم کرده، و بین آنها لایه‌ای کربن (گرافیت) قرار می‌دهند. به این ترتیب انرژی نوترون‌ها در برخورد با اتم‌های سبک کربن به شدت کاهش می‌یابد. برای کند کردن نوترون از آب معمولی، آب سنگین، گرافیت مورد استفاده قرار می‌گیرد.  	۶-۳ شکافت هسته‌ای ۱۱. معادله زیر بخشی از واکنشی را نشان می‌دهد که در یک راکتور هسته‌ای روی می‌دهد. ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{92}^{236}\text{U}$ (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 به‌صورت 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 «ایزوتوب»‌هایی با «نیمه‌عمر» طولانی هستند. واژه‌های داخل گیومه را توضیح دهید.
---	--

(ت)

از ترکیب‌های موادی مثل کادمیوم و بور برای جذب نوترون‌ها بهره می‌گیریم. این مواد را به صورت میله‌ای در آورده و در داخل راکتور کار گذاشته می‌شود. به این میله‌ها، میله‌های کنترل می‌گویند. میله‌های کنترل اجازه نمی‌دهند که درصد نوترون‌ها در سوخت هسته‌ای از میزان مجاز بالاتر رود.

ث) در یک قطعه اورانیوم بعد از این که اولین واکنش شکافت انجام شد، چند نوترون نوزاد و پرنرزی بعد از طی مسافتی آن‌قدر به ذره‌های مسیرشان برخورد می‌کنند تا کند و تنبل شوند و هر کدامشان در آغوش یک هسته ^{235}U دیگر آرام بگیرند. بنابراین اگر هر نوترون آزادشده، جذب یک هسته ^{235}U دیگر شود، به تعداد آن‌ها واکنش شکافت جدید رخ می‌دهد.

بطور نمونه، اگر به ازای هر واکنش شکافت ۳ نوترون آزاد شود، سه واکنش شکافت دیگر رخ می‌دهد و ۹ نوترون جدید متولد می‌شود و اگر این ۹ تا توسط هسته ^{235}U دیگر بلعیده شوند، ۲۷ نوترون دیگر آزاد می‌شود و ... و به این ترتیب، در مدت کوتاهی شاهد زنجیره‌ای از واکنش‌های شکافت خواهیم بود. به همه این واکنش‌ها به طور یکجا «واکنش زنجیره‌ای» می‌گوییم.

(ج)

درون محفظه‌ی راکتور، آب با فشار زیاد جریان دارد. فشار زیاد باعث می‌شود، نقطه جوش آب به شدت افزایش می‌یابد و در دمای زیاد می‌جوشد. آب پرفشار، گرمای حاصل از واکنش زنجیره‌ای را می‌گیرد و آن را از محفظه‌ی راکتور خارج و در یک محفظه‌ی دیگر به آب کم فشار می‌دهد و آب کم فشار را به سرعت تبخیر می‌کند. آبهای بخار شده، توربین‌های مولد جریان الکتریکی را به چرخش وا می‌دارد و از این طریق انرژی شکات هسته‌ای به انرژی مفید الکتریکی تبدیل می‌شود.

(چ)

پرتوزایی با رادیواکتیویته

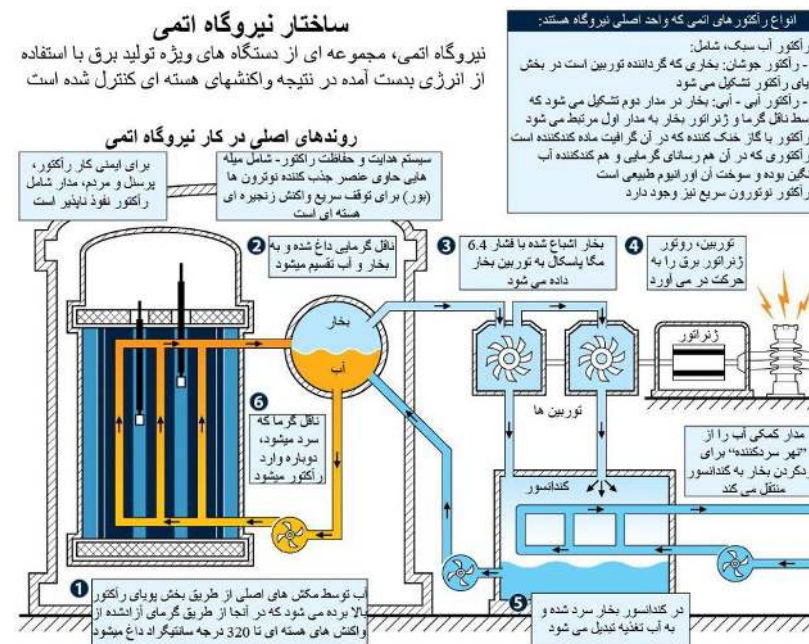
هسته ای بعضی از اتمها برای آن که به وضع پایدارتری برسند، خودبه خود و بدون دخالت عوامل بیگانه، دچار تغییر و دگرگونی می شوند و در این فرایند، ذره ها پرتوهایی را تابش می کنند. به این ویژگی برخی هسته ها که فعالانه در حال واپاشی و تابش ذره ها و پرتوها هستند، رادیواکتیویته یا پرتوزایی و به این هسته ای خود به خود واپاشنده هسته های رادیواکتیو یا پرتوزا می گویند.

ایزوتوپ

اتمهایی را که پروتونهای آنها، با هم مساوی و تعداد نوترون هایشان مختلف است، ایزوتوپ می گویند.

نیمه عمر

نیمه عمر مدتی است که نیمی از هسته های فعال یک ماده ی پرتوزا، غیر فعال شود یا به تعبیری دیگر نیمه عمر مدتی است که تعداد هسته های فعال یک ماده ی پرتوزا نصف شود.



$m = 0.7\% \text{ kg} = 0.007 \text{ kg} = 7 \text{ g}$ $n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \rightarrow \frac{N}{6.02 \times 10^{23} \text{ (1/mol)}} = \frac{7 \text{ g}}{235 \text{ (g/mol)}}$ $\rightarrow N = 1.8 \times 10^{22}$ $E_T = NE_{\text{particle}} = 1.8 \times 10^{22} \times 200 \text{ MeV} = 3.6 \times 10^{24} \text{ MeV}$ $\rightarrow 3.6 \times 10^{24} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J} = 5.76 \times 10^{11} \text{ J}$ $1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$ (ب) $1 \text{ kg} \quad 3 \times 10^7 \text{ J}$ $m \quad 5.76 \times 10^{11} \text{ J} \rightarrow m = \frac{5.76 \times 10^{11} \text{ J} \times 1 \text{ kg}}{3 \times 10^7 \text{ J}} = 1.92 \times 10^4 \text{ kg}$ انرژی حاصل از ۷ گرم اورانیوم معادل سوختن ۱۹/۱ تن زغال است.	۱۹ الف) حدود ۰/۷ درصد اورانیوم موجود در سنگ معدن طبیعی اورانیم از ایزوتوپ ۲۳۵ تشکیل شده است. در هر واکنش شکافت حدود ۲۰۰ 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 بر حسب مگا الکترون ولت (MeV) و ژول (J) چقدر است؟ ب) با سوختن هر کیلوگرم زغال سنگ، حدود ۳۰ MJ انرژی گرمایی آزاد می‌شود. چند کیلوگرم زغال سنگ باید بسوزد تا معادل انرژی به دست آمده در قسمت الف، انرژی تولید شود؟
${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{51}^{133}\text{Sb} + {}_Z^AX + 4{}_0^1\text{n}$ $235 + 1 = 133 + A + 4 \rightarrow A = 99$ $92 + 0 = 51 + Z + 4 \times 0 \rightarrow Z = 41$ نیوبیم	۲۰ الف) یکی از واکنش‌های ممکن در شکافت ${}_{92}^{235}\text{U}$، داده شده است. در این واکنش عدد اتمی Z، عدد جرمی A و عنصر X را در ${}_Z^AX$ تعیین کنید. ${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{51}^{133}\text{Sb} + {}_Z^AX + 4{}_0^1\text{n}$ در صورت لزوم از جدول تناوبی کمک بگیرید.
${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{50}^{133}\text{Sn} + {}_{42}^{101}\text{Mo} + (N = ?){}_0^1\text{n}$ $235 + 1 = 133 + 101 + N \times 1 \rightarrow N = 2$	۲۱ الف) در واکنش زیر چه تعداد نوترون تولید می‌شود؟ ${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{50}^{133}\text{Sn} + {}_{42}^{101}\text{Mo} + \text{نوترون‌ها}$

$\text{بازده} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \rightarrow 0.35 = \frac{1000 \text{ Mw}}{P_{\text{in}}} \rightarrow P_{\text{in}} = 2.86 \times 10^3 \text{ MW}$ $\text{انرژی ورودی} \quad E_{\text{in}} = P_{\text{in}} t \rightarrow E_{\text{in}} = 2.86 \times 10^3 (\text{MW}) \times 365 \times 86400 \text{ s}$ $E_{\text{in}} = 9.01 \times 10^3 \text{ MJ}$ $N = \frac{E_{\text{in}}}{E} = \frac{9 \times 10^9 \text{ J}}{200 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} = 2.81 \times 10^{27}$ $n = \frac{N}{N_A} = \frac{2.812 \times 10^{27}}{6.02 \times 10^{23} (\text{1/mol})} = 4.67 \times 10^3 \text{ mol}$ $n = \frac{m}{M} \rightarrow 4.67 \times 10^3 \text{ mol} = \frac{m}{235 (\text{g/mol})} \rightarrow m = 1.097 \times 10^6 \text{ g}$ $m = 1.097 \times 10^3 \text{ kg}$	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 ۲۰۰ 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.)	۲۲
---	--	----

الف) تعداد نوکلئون های واکنش شکاف اورانیوم: $A = 1 + 235 = 236$ ، ${}_0^1n + {}_{92}^{235}\text{U}$ انرژی هر نوکلئون $E_T = NE \rightarrow E = \frac{E_T}{N} \rightarrow E = \frac{202/5 \text{ MeV}}{236} = 8/58 \times 10^{-2} \text{ MeV}$ ب) ${}_1^2\text{D} + {}_1^3\text{T} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1n$ تعداد نوکلئون های واکنش دوتریم با تریتم $A = 2 + 3 = 5$ انرژی هر نوکلئون $E'_T = NE' \rightarrow E' = \frac{E'_T}{N} \rightarrow E' = \frac{17/6 \text{ MeV}}{5} = 3/52 \text{ MeV}$ پ) مقدار انرژی آزاد شده هر نوکلئون در واکنش گداخت هسته ای (دوتریم با تریتم) $4/1$ برابر مقدار انرژی آزاد شده هر نوکلئون شکافت هسته ای است. تولید انرژی بیشتر و پرتوزایی کمتر و نداشتن پسماند و هسته های باقی مانده از اهمیت های واکنش گداخت است.	۶-۴ گداخت (همجوشی) هسته ای ۶-۴ گداخت هسته ای ۱۷. انرژی آزاد شده در هر واکنش شکافت اورانیم ۲۳۵ با یک نوترون کُند حدود $202/5 \text{ MeV}$ و در هر واکنش گداخت دوتریم با تریتم حدود $17/6 \text{ MeV}$ است. الف) تعداد نوکلئون های شرکت کننده در هر واکنش شکافت چقدر است؟ انرژی آزاد شده به ازای هر نوکلئون را حساب کنید. ب) تعداد نوکلئون های شرکت کننده در هر واکنش گداخت چقدر است؟ انرژی آزاد شده به ازای هر نوکلئون را حساب کنید. پ) نتیجه های قسمت (الف) و (ب) را با یکدیگر مقایسه کنید. با توجه به نیاز روز افزون بشر به انرژی، و با توجه به اینکه مواد قابل شکافت مانند ${}^{235}\text{U}$ به مقدار بسیار کمی در طبیعت وجود دارد ولی دوتریم به طور فراوان در آب اقیانوس ها و دریاها موجود است و جدا کردن آن از هیدروژن معمولی آسان و کم هزینه است، اهمیت این مقایسه را توضیح دهید.
--	---