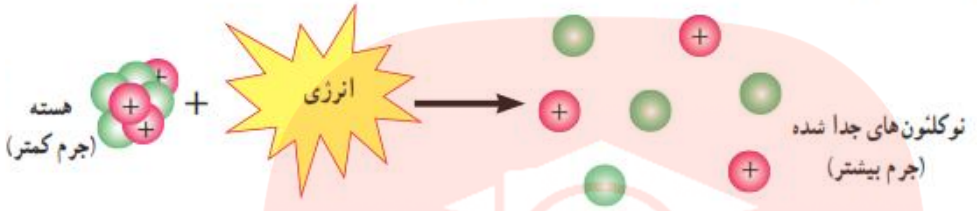
فصل ششم : فیزیک هسته‌ای

فیزیک هسته‌ای	شاخه ای از علم فیزیک است که در آن با ساختار ، برهم‌کنش‌ها و واپاشی هسته‌های اتمی سر و کار داریم .
ایزوتوپ	هسته‌هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت دارند ، خواص شیمیایی یکسانی دارند . درنتیجه این هسته ها در جدول تناوبی هم‌مکان هستند و ایزوتوپ نامیده می‌شوند . ایزوتوپ‌های یک عنصر را نمی‌تواند با واکنش‌های شیمیایی جدا نمود و تنها با روش‌های فیزیک مبتنی بر تفاوت جرم قابل جداسازی هستند .
ویژگی‌های نیروی هسته‌ای	نیروی هسته‌ای، کوتاه‌بُرد است و تنها در فاصله‌ای کوچک‌تر از ابعاد هسته اثر می‌کند (شکل ۶ــ۲). افزون بر این، نیروی هسته‌ای مستقل از بار الکتریکی است، یعنی نیروی ربایشی هسته‌ای یکسانی بین دو پروتون، دو نوترون، یا یک پروتون و یک نوترون وجود دارد. به‌همین دلیل از منظر نیروی هسته‌ای، تفاوتی بین پروتون و نوترون وجود ندارد و دلیل نام‌گذاری آنها با نام عام نوکلئون نیز همین است.
شرایط لازم برای پایداری هسته	برای پایداری هسته، باید نیروی دافعهٔ الکتروستاتیکی بین پروتون‌ها با نیروی جاذبهٔ بین نوکلئون‌ها، که ناشی از نیروی هسته‌ای است، موازنه شده باشد. ولی به دلیل بلندبُرد بودن نیروی الکتروستاتیکی، یک پروتون تمام پروتون‌های دیگر درون هسته را دفع می‌کند، در حالی که یک پروتون یا یک نوترون، فقط نزدیک‌ترین نوکلئون‌های مجاور خود را با نیروی هسته‌ای جذب می‌کند. به همین دلیل وقتی تعداد پروتون‌های درون هسته افزایش یابد، اگر هسته بخواهد پایدار باقی بماند، باید تعداد نوترون‌های درون هسته نیز افزایش یابد. شکل ۶ــ۳ نموداری از Z برحسب N را برای عنصرهای مختلف نشان می‌دهد. هستهٔ پایدار با بیشترین تعداد پروتون ($Z = ۸۳$)، متعلق به بیسموت ($^{۲۰۹}_{۸۳}\mathrm{Bi}$) است.

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

انرژی بستگی هسته	انرژی لازم برای جداسازی نوکلئون‌های هسته را گویند که از فرمول اینشتین قابل محاسبه است . $(E = mc^2)$
دلیل کاستی جرم هسته	اندازه‌گیری‌های دقیق نشان داده است که جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهنده‌اش اندکی کمتر است. اگر این اختلاف جرم را که به آن کاستی جرم هسته گفته می‌شود، مطابق رابطهٔ معروف اینشتین $(E = mc^2)$، در مربع تندی نور (c^2) ضرب کنیم انرژی بستگی هسته‌ای به‌دست می‌آید[1]. توجه کنید که هرچند اختلاف جرم هسته با مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل‌دهندهٔ آن بسیار ناچیز است، چون در c^2 که عدد بسیار بزرگی است ضرب می‌شود، این کاستی جرم اندک، معادل انرژی قابل ملاحظه‌ای است[2]. 
پروزایی طبیعی	وقتی یک هسته‌ی ناپایدار یا پرتوزا به‌طور طبیعی واپاشی می‌کند ، نوع معینی از ذرات یا فوتون‌های پر انرژی آزاد می‌شود . این فرآیند واپاشی ، پرتوزایی طبیعی نامیده می شود .
مقایسه برخی انواع پرتوزایی	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 ورقهٔ نازک سربی با ضخامت ناچیز $(\approx 0/01\,mm)$ متوقف می‌شوند، در حالی که پرتوهای β مسافت خیلی بیشتری را $(\approx 0/1\,mm)$ در سرب نفوذ می‌کنند. پرتوهای γ بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقه‌ای سربی به ضخامت قابل ملاحظه‌ای $(\approx 100\,mm)$ 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.
واپاشی α مورد استفاده در آشکارساز دود	**واپاشی α** : در این نوع واپاشی که در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد، هستهٔ ${}^{A}_{Z}X$ با گسیل ذرهٔ آلفا وامی‌پاشد. شواهد تجربی نشان می‌دهند که پرتوهای α، ذرات باردار مثبت از جنس هستهٔ اتم هلیم $({}^{4}_{2}He)$ هستند و از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده‌اند. واپاشی α با رابطهٔ زیر بیان می‌شود : $${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He \qquad (\alpha \text{ واپاشی}) \qquad (۶_۲)$$ ذره‌های آلفا، سنگین‌اند و بار مثبت دارند. بُرد این ذره‌ها کوتاه است. این ذرات پس از طی مسافت کوتاهی در هوا (۱ تا ۲ سانتی‌متر) و یا با عبور از لایه‌ای نازک از مواد جذب می‌شوند. اگر این ذره‌ها از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند، باعث آسیب شدید به بافت‌های بدن می‌شوند. بنابراین، باید مراقب بود که مواد آلفازا هرگز وارد بدن نشوند.

www.my-dars.ir

واپاشی β^- الکترون	**واپاشی β** : واپاشی بتا، نخستین مورد پرتوزایی بود که در سال‌های پایانی قرن نوزدهم، توسط هانری بکرل مشاهده شد. این واپاشی، متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌هاست و ذرات گسیل‌شده در این واپاشی را ذرات بتا می‌نامند. بررسی‌های بعدی نشان داد که این ذرات الکترون‌اند و به همین دلیل، این واپاشی را واپاشی β^- نامیدند. الکترون گسیل‌شده در این واپاشی، در هستهٔ مادر وجود ندارد و همچنین یکی از الکترون های مداری اتم نیست؛ این الکترون وقتی به‌وجود می‌آید که نوترونی درون هسته، به پروتون و الکترون تبدیل شود. فرایند واپاشی β^- را با رابطهٔ زیر بیان می کنند : $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e^{-}$ (واپاشی β^-) (۶ـ۳)
واپاشی β^+ پوزیترون	در نوعی دیگر از فرایند واپاشی بتا، ذرهٔ گسیل‌شده توسط هسته، جرم یکسان با الکترون دارد، ولی به جای بار $-e$ حامل بار $+e$ است. به این الکترون مثبت، پوزیترون می گویند و با β^+ یا e^+ نمایش داده می‌شود. در واقع 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. فرایند واپاشی β^+ با رابطهٔ زیر بیان می‌شود[1]. $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e^{+}$ (واپاشی β^+) (۶ـ۴)
واپاشی گاما γ مورد استفاده در پزشکی	**واپاشی γ** : اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل فوتون‌های پر انرژی (پرتو گاما) به حالت پایه می‌رسند. در این فرایند، A و Z تغییر نمی‌کنند؛ بلکه هستهٔ برانگیخته که با علامت * مشخص شده است، با گسیل پرتو گاما به حالت پایه می‌رسد. واپاشی γ با رابطهٔ زیر بیان می‌شود. $^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$ (واپاشی γ) (۶ـ۵)
نیمه‌عمر	مدت زمانی است که تعداد هسته‌های مادر موجود در یک نمونه پرتوزا به نصف مقدار اولیه برسد . $N = N_0(\frac{1}{2})^n$ (تعداد هسته‌های پرتوزای باقی‌مانده) (۶ـ۶) که در آن n از رابطهٔ $\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$ به‌دست می‌آید[1].

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir