جزوه باما

دانلود جزوات ، نمونه سوالات
و پاورپوینت های دانشگاهی

Jozvebama.ir

Jozvebama.ir

زیست شناسی پرتوی

Jozvebama.ir

بنام خدا

مقدمه

زیست شناسی پرتوی (Radiobiology):

زیست شناسی پرتوی یا رادیوبیولوژی همان دانش مطالعه مبانی، مکانیزم و آثار پرتوهای یونیزان و غیر یونیزان بر روی جانداران را گویند. موجودات زنده انرژی مورد نیاز خود را از پرتوها دریافت می‌کنند. نور خورشید باعث گرما و فتوسنتز در گیاهان می‌شود. امواج میکروویو (*microwave*) کاربردهای صنعتی و درمانی دارند. برخی پرتوها مفید و برخی دیگر مضر هستند . پرتوهای یونیزان پرانرژی برای گیاهان و جانوران مضر هستند. تاریخچه زیست شناسی پرتوی به کشف پرتو ایکس توسط رونتگن و کشف خاصیت پرتوزایی (رادیواکتیویته) توسط هانری بکرل بر می‌گردد. با ساخت لامپ تولید اشعه ایکس در سال ۱۸۹۶ میلادی، زیست شناسی پرتوی پیشرفت زیادی نمود. با ساخت اولین راکتور هسته‌ای توسط فرمی در دانشگاه شیکاگو در سال ۱۹۴۲ میلادی و بویژه بمباران هیروشیما و ناکازاکی توسط نیروی هوایی ارتش آمریکا در سال ۱۹۴۵، اهمیت دانش زیست شناسی پرتوی دو چندان شد. امروزه زیست شناسی پرتوی، شاخه‌ای از بیوفیزیک تلقی می‌شود.

اثرات زیستی پرتوها از تاثیر شیمیایی پرتوها بوجود می‌آید و آثار شیمیایی پرتوها نیز منشاء فیزیکی دارند. در این درس ابتدا به شناسایی فیزیکی پرتوها و آثار آن بر ماده و سپس آثار شیمیایی پرتوها را مطالعه می‌کنیم و در نهایت به آثار زیست شناسی و پزشکی پرتوها و راهکارهای مقابله با مضرات آنها می‌پردازیم.

Jozvebama.ir

فصل اول

الکترون:

الکترونی که در اتم دور هسته می‌چرخد، الکترون مقید گوید. الکترونی که بر آن هیچ نیرویی واحد نمی‌شود، الکترون آزاد گویند. الکترونی که از هسته خارج می‌شود، بتای منفی یا نگاترون گویند. اتم یا یونی که پیشاپیش با از دست دادن یکی از الکترون های پوسته ی داخلی یونیده شده است ، جای خالی پوسته ی داخلی را با یک الکترون پوسته ی خارجی پر می کند و همزمان یکی دیگر از الکترون های پوسته ی خارجی را به بیرون می فرستد. الکترونی که بدین گونه از اتم خارج می‌شود را الکترون اوژه گویند. بار و جرم الکترون برابر است با:

$$q_e = -e = -1.602 \times 10^{-19}\ C$$

$$m_e = 9.109 \times 10^{-31}\ kg$$

پروتون:

پروتون ذره‌ای است که در داخل هسته قرار دارد و بار آن مثبت است. بار آن قرینه بار الکترون است. جرم آن ۱۸۳۷ مرتبه بیشتر از الکترون است:

$$m_p = 1.673 \times 10^{-27}\ kg$$

$$q_p = +e = +1.602 \times 10^{-19}\ C$$

عدد اتمی(Z):

مجموعه پروتون‌های یک هسته عدد اتمی نامیده می‌شود و با Z نشان داده می‌شود.

نوترون (n):

نوترون ذره‌ای خنثی (بدون بار الکتریکی) است که جرم آن کمی از پروتون بیشتر است:

$$m_n = 1.675 \times 10^{-27}\ kg$$

$$q_n = 0$$

جرم اتمی (A):

مجموع پروتون‌های و نوترون‌های هسته را جرم اتمی گویند. اتم‌ها را بصورت $^{23}_{11}Na$ نشان می‌دهند. بالایی یعنی ۲۳ جرم اتمی ($A = 23$) و پایینی یعنی ۱۱ عدد اتمی ($Z = 11$) را نشان می‌دهد. از این رو این اتم ۱۲ نوترون دارد ($n = A - Z = 23 - 11 = 12$).

ایزوتوپ (Isotope):

به اتم های یک عنصر که تعداد نوترون متفاوت دارند ایزوتوپ گفته می‌شود. به زبان دیگر ایزوتوپ‌های یک عنصر دارای عدد اتمی (Z) یکسان و جرم اتمی متفاوتی (A) هستند. مانند کربن-۱۲ ($^{12}_{6}C$) و کربن-۱۴($^{14}_{6}C$).

ایزوبار (Isobar):

ایزوبار به هسته‌هایی گویند که جرم اتمی (A) برابر داشته باشند. بطور مثال کربن-۱۲ ($^{12}_{6}C$) و بور-۱۲ ($^{12}_{5}B$) ایزوبار یکدیگرند.

ایزوتون (Isotone):

ایزوتون به هسته‌هایی گویند که تعداد نوترون‌های برابر داشته باشند بطور مثال کربن-۱۴ ($^{14}_{6}C$) و بور-۱۳ ($^{13}_{5}B$) هر دو با داشتن 8 نوترون ایزوتون یکدیگرند.

مقیاس انرژی در زیست شناسی پرتوی:

انرژی در زیست شناسی پرتوی بر حسب ژول و یا کالری و یا بی.تی.یو بیان نمی‌شود و از واحد الکترون-ولت (eV) استفاده می‌شود:

$$1eV = 1.602 \times 10^{-19}\ J$$

$$1keV = 10^{3}\ eV$$

$$1MeV = 10^{6}\ eV$$

مقیاس جرم در زیست شناسی پرتوی:

در زیست شناسی پرتوی همانند شیمی جرم اتم‌ها، الکترون، پروتون و نوترون بر حسب واحد جرم اتمی (amu) بیان می‌شود. یک amu همان $\frac{1}{12}$ جرم اتم کربن-۱۲ می‌باشد و برابر است:

$$1amu \approx 1.660 \times 10^{-27} kg$$

جرم الکترون، پروتون و نوترون بر حسب amu برابر است با:

$$m_e = 0.0005486 \text{ amu}$$

$$m_p = 1.007276 \text{ amu}$$

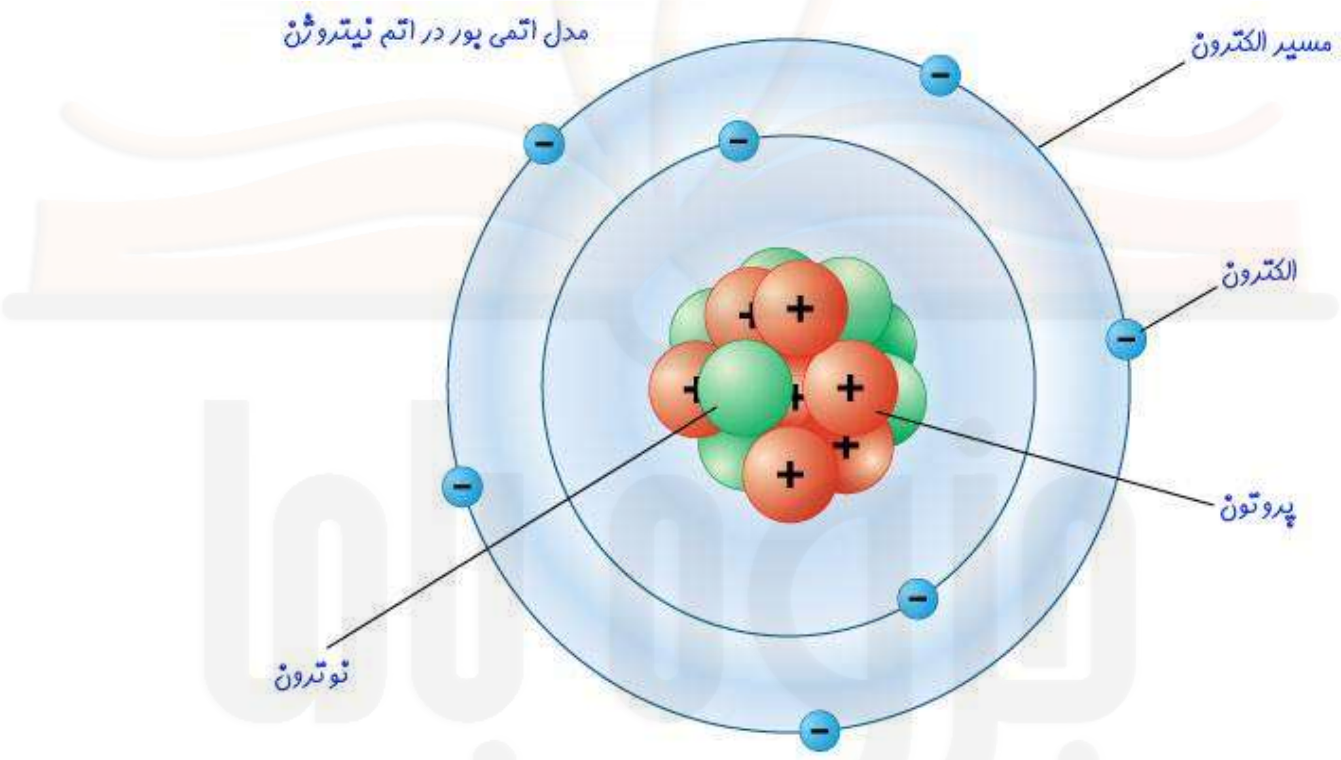
$$m_n = 1.008665 \text{ amu}$$

لازم به ذکر است که amu مخفف $atomic\ mass\ unit$ به معنای واحد جرم اتمی است.

مدل اتمی بور

فیزیکدانی دانمارکی به نام «نیلز بور (Niels Bohr) «در سال ۱۹۱۳ مدلی از اتم را ارائه داد که تحت عنوان مدل اتمی بور شناخته می‌شود. در حقیقت او مدل اتمی رادرفورد را اصلاح کرد. پیش‌تر رادرفورد بیان کرده بود که اتم از هسته‌ای با بار مثبت تشکیل شده که بارهای منفی یا همان الکترون‌ها اطراف آن قرار دارند. نیلز بور با رفع کردن محدودیت‌های توصیف رادرفورد از اتم، تصویری از اتم ارائه داد که امروزه در ذهن ما است. این مدل برگرفته از سامانه خورشیدی است. هسته نقش ستاره مرکزی (خورشید) و الکترون‌ها نقش سیارات را بازی می‌کنند. در سامانه خورشیدی نیروی جاذبه بین خورشید و سیارات گرانشی بوده ولی در مدل اتمی بور نیروی جاذبه بین هسته و الکترون‌ها، الکتریکی است. طبق مدل اتمی بور، الکترون‌ها

در مسیرهای ثابتی اطراف هسته، تحت عنوان «اوربیتال (Orbital) «در حال حرکت هستند. در مطلبی جداگانه مفهوم اوربیتال را توضیح خواهیم داد.مبتنی بر این مدل، هسته‌ای با بار الکتریکی مثبت در مرکز قرار گرفته و الکترون‌های با بار منفی در سطوح انرژی ثابتی اطراف آن در حال گردش هستند. این نظریه همچنین بیان می‌کند که الکترون‌های قرار گرفته در فاصله‌ای دورتر از هسته دارای انرژی بیشتری هستند. این در حالی است که الکترون‌های نزدیکتر به هسته از انرژی کمتری برخوردارند. در شکل زیر شماتیک مدل اتمی بور ترسیم شده است.



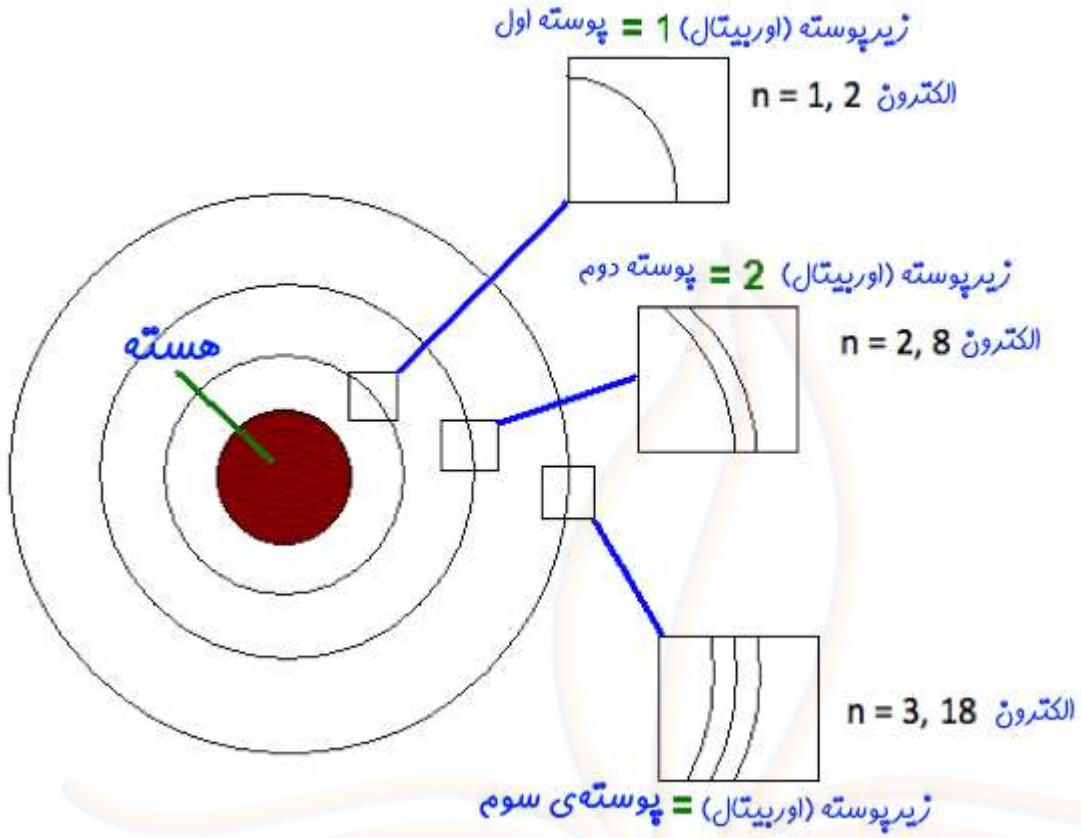
فرضیات و نتایج مدل اتمی بور

نیلز بور مدل خود را مبتنی بر فرضیاتی ارائه داد. این فرضیات به شرح زیر هستند:

- الکترون‌ها در مسیرهای دایره‌ای ثابتی در اطراف هسته در حال حرکتند. این مسیرها تحت عنوان اوربیتال شناخته می‌شوند.

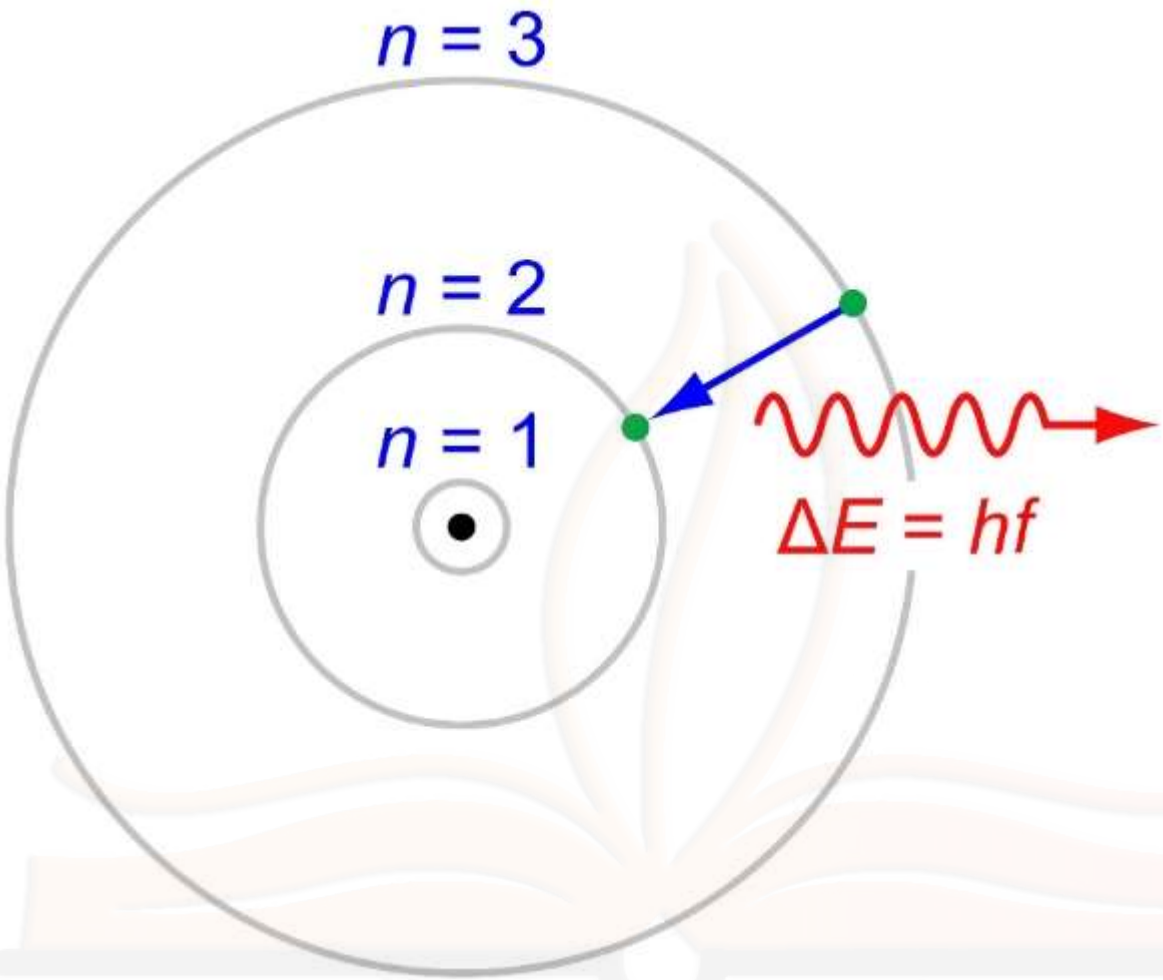
- انرژی الکترون‌ها در این مسیرها، مقداری ثابت است. چندین اوربیتال یک «پوسته (Shell) »را تشکیل می‌دهند. در شکل زیر اوربیتال، پوسته و دیگر اجزای اتم نشان داده شده‌اند. تا زمانی که الکترون در مسیر ثابت خودش گردش کند، انرژی تابش نخواهد کرد.

جزوه باما



- سطوح انرژی متفاوت با اعداد n نشان داده می‌شوند. در حقیقت n=1 ، پوسته اول، n=2 پوسته‌ی دوم و به همین شکل پوسته‌ها -یا همان سطوح انرژی- با این اعداد نشان داده می‌شوند. به این مقادیر اعداد کوانتومی گفته می‌شود. این عدد از کمترین سطح (n=1) شروع شده و تا مقادیر صحیح بالاتر ادامه پیدا

- تغییرات انرژیِ یک الکترون زمانی رخ می‌دهد که سطح انرژیش تغییر کند. در با گرفتن انرژی از n کم به n بیشتر منتقل می‌شود. از طرفی وقتی الکترونی بدهد، سطح انرژی آن نیز کاهش می‌یابد. تغییرات انرژی الکترون در شکل زیر است. در این شکل الکترون از لایه‌ی سوم به سطح انرژی پایین‌تر در لایه دوم آن انرژی گسیل داده است. در مطلبی تحت عنوان اثر فوتوالکتریک در مورد مقدار انرژی گسیل داده شده بحث شده است.



- بنابراین هر اتم تعدادی پوسته اطراف خود دارد که هرکدام از این پوسته‌ها شامل چندین زیرپوسته (اوربیتال) است.

نتایج:

۱. پوسته اول (سطح انرژی اول) که با نماد K نشان داده می‌شود، می‌تواند حداکثر ۲ الکترون را در خود نگه دارد.

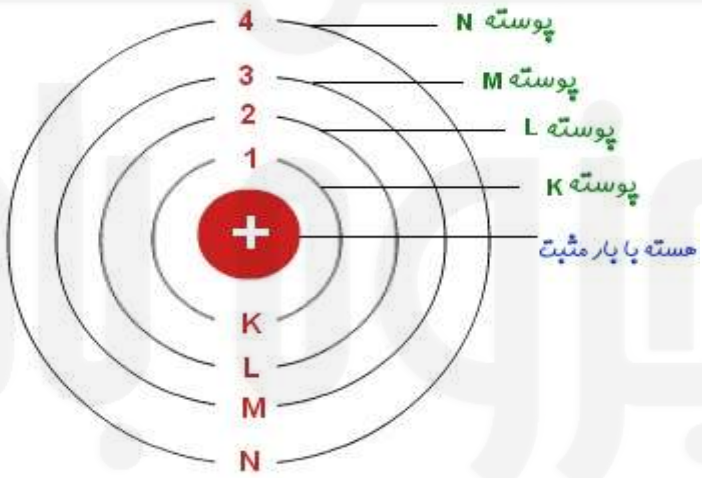
۲. پوسته دوم (سطح انرژی دوم) با نماد L نشان داده شده و در بیشترین حالت می‌تواند ۸ الکترون را در خود نگه دارد.

۳. پوسته سوم که با نماد M نشان داده می‌شود می‌تواند ماکزیمم ۱۸ الکترون را در

۴. جهت نشان دادن پوسته چهارم از نماد N استفاده شده و می‌تواند در بهترین حالت ۳۲ الکترون را در خود نگه دارد.

۵. به همین صورت با افزایش شماره پوسته، تعداد الکترون‌های قرار گرفته در لایه‌ها نیز افزایش می‌یابد.

در شکل زیر پوسته‌های مذکور به همراه ظرفیت آن‌ها نشان داده شده است:



توزیع الکترون‌ها در پوسته‌ها و اوربیتال‌ها:

ماکزیمم ظرفیت لایه‌ی n ام برای نگه داشتن الکترون در خود را می‌توان با استفاده از فرمول $2n^2$ محاسبه کرد. برای نمونه بیشترین تعدادی از الکترون که می‌تواند در لایه‌ی شماره ۱ قرار گیرد برابر با ۲×۱^۲=۲ است.مبتنی بر فرمول$2n^2$ بیشترین تعدادی از الکترون که می‌تواند در پوسته شماره ۲ قرار گیرد نیز برابر با ۲×۲^۲=۸ است.

مثال) بیشترین تعداد الکترونی که می‌تواند در لایه O قرار گیرد، چند است؟

در بالا بیان کردیم که لایه اول، دوم، سوم و ... را با نماد M,L,K و ... نشان می‌دهیم. بنابراین n مربوط به پوسته O برابر با ۵ است.

$$2n^2 = 2 \times 5^2 = 50$$

شعاع اتم:

فاصله دورترین الکترون(الکترون ظرفیت) از مرکز هسته را شعاع اتم گویند. در مدل اتمی بوهر شعاع اتم بر حسب آنگستروم از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$r_n = \frac{0.53n^2}{Z}$$

که در آن Z عدد اتمی و n شماره لایه است.

$$1\dot{A} = 10^{-10}\ m = 10^{-8}\ cm$$

مثال) در اتم $^{23}_{11}Na$ در حالت پایه الکترون ظرفیت در لایه سوم حول هسته می‌چرخد. در این حالت شعاع این اتم را بیابید؟

$$r_n = \frac{0.53n^2}{Z} = \frac{0.53 \times (3)^2}{11} = 0.433\ \dot{A}$$

سرعت چرخش الکترون ظرفیت بدور هسته:

سرعت چرخش الکترون ظرفیت بدور هسته بر حسب متربرثانیه از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$v_n = \frac{2.18 \times 10^6 Z}{n}$$

مثال) در اتم $^{23}_{11}Na$ در حالت پایه الکترون ظرفیت در لایه سوم حول هسته می‌چرخد. در این حالت سرعت چرخش الکترون ظرفیت حول هسته را بیابید؟

$$v_n = \frac{2.18 \times 10^6 Z}{n} = \frac{2.18 \times 10^6 (11)}{3} = 7.993 \times 10^6\ m/s$$

انرژی الکترون ظرفیت:

الکترونی که هسته اتم را دور می‌زند هم انرژی جنبشی دارد و هم انرژی پتانسیل . انرژی الکترون ظرفیت در واقع مجموع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی آن است و بر حسب الکترون – ولت از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E_n \approx -\frac{13.6Z^2}{n^2}$$

مثال) در اتم $^{23}_{11}Na$ در حالت پایه الکترون ظرفیت در لایه سوم حول هسته می‌چرخد. در این حالت انرژی الکترون ظرفیت را بیابید؟

$$E_n \approx -\frac{13.6Z^2}{n^2} = -\frac{13.6 \times (11)^2}{(3)^2} = -182.844\ eV$$

انرژی برانگیختگی (تحریکی):

اگر الکترونی در لایه پایین‌تر (n_{down}) به حد کافی انرژی جذب کند می‌تواند به لایه بالاتر (n_{up}) برود که به این فرایند برانگیختگی یا تحریک می‌گویند. انرژی برانگیختی بر حسب الکترون ولت برابر است با:

$$\Delta E = 13.6Z^2\left(\frac{1}{n_{down}^2} - \frac{1}{n_{up}^2}\right)$$

مثال) در اتم $^{23}_{11}Na$ در حالت پایه الکترون ظرفیت در لایه سوم حول هسته می‌چرخد. چقدر انرژی لازم است تا این الکترون به لایه چهارم برود؟

$$\Delta E = 13.6Z^2\left(\frac{1}{n_{down}^2} - \frac{1}{n_{up}^2}\right) = 13.6(11)^2\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right) = 79.994\ eV$$

انرژی یونیزاسیون (یونش):

الکترون ظرفیت اتم‌های هیدروژن و هیدروژن‌وار (عناصر قلیایی) که در ستون اول جدول تناوب قرار دارند، اگر انرژی خیلی بیشتری جذب کنند، کنده می‌شوند و این عناصر به یون

مثبت تبدیل می‌شوند. می‌توانیم یونش را به زبان ریاضی بدین صورت توجیه کنیم که اگر الکترون ظرفیت در لایه پایین ($n = n_{down}$) به حد کافی انرژی جذب کند می‌تواند به لایه خیلی بالاتر ($n_{up} \to +\infty$) برود که به این فرایند یونش می‌گویند. انرژی یونش بر حسب الکترون ولت برابر است با:

$$I = lim\ 13.6Z^2\left(\frac{1}{n_{down}^2} - \frac{1}{n_{up}^2}\right) = 13.6Z^2\left(\frac{1}{n^2} - 0\right) = \frac{13.6Z^2}{n^2}$$

$$n_{up} \to +\infty$$

$$n = n_{down}$$

مثال) در اتم $^{23}_{11}Na$ در حالت پایه الکترون ظرفیت در لایه سوم حول هسته می‌چرخد. چقدر انرژی لازم است تا این الکترون کنده شود؟

$$I = \frac{13.6Z^2}{n^2} = \frac{13.6(11)^2}{(3)^2} = 182.44\ eV$$

محدودیت‌ها و معایب مدل اتمی بور

مدل اتمی بور دارای محدودیت‌هایی است. در زیر مهم‌ترین این محدودیت‌ها ذکر شده‌اند.

۱. این مدل قادر به توجیه «اثر زیمان (Zeeman Effect) «نیست (اثر زیمان تاثیر میدان مغناطیسی بر طیف اتمی عناطر را بیان می‌کند.)

۲. این مدل اصل عدم قطعیت هایزنبرگ را نقض می‌کند.زیرا در این مدل سرعت چرخش الکترون در یک مدار و شعاع مدار مشخص است در حالیکه از نظر اصل عدم قطعیت امکان ندارد بتوان موقعیت و سرعت را بطور همزمان بطور دقیق مشخص کرد.

۳. مدل اتمی بور گرچه رفتار اتم هیدروژن و اتم‌های هیدروژن‌وار(=قلیایی خاکی از قبیل لیتیم، سدیم، پتاسیم، روبیدیم، سزیم و فرانسیم) را بخوبی توجیه می‌کند ولی نمی‌تواند طیف اتم‌های دیگر بویژه سنگین را توضیح دهد.

۴. سرعت چرخش الکترون‌ها از ۳۰/۰۰۰ متربرثانیه بیشتر است و می‌بایست از اصل نسبیت انیشتین استفاده می‌شد، در حالیکه این مدل بور غیر نسبیتی است.

امروزه می‌دانیم که اتم از یک هسته با بار مثبت و یک یا چند الکترون با بار منفی تشکیل شده است. بیشترین جرم اتم مربوط به هسته است. اصل عدم قطعیت ایجاب می‌کند که هسته را مانند مرداب و الکترون‌ها را مانند پشه‌ها تصور کنیم که بطور همزمان نمی‌توانیم مکان و سرعت پشه‌ها را بدقت اندازه گیری کنیم.

هسته‌های ناپایدار یا پرتوزا (رادیواکتیو)

از هسته‌های ناپایدار پرتوهایی از قبیل آلفا، بتای منفی(نگاترون)، بتای مثبت (پوزیترون) و گاما خارج می‌شود. همه این پرتوها بجز گاما، ماهیت ذره‌ای دارند ولی پرتو گاما مانند نور مرئی ماهیت الکترومغناطیسی دارد با این تفاوت که پرتو گاما توسط چشم قابل تشخیص نیست. هسته‌های پایدار برخلاف هسته‌های ناپایدار خاصیت رادیواکتیویته نشان نمی‌دهند.

نیروی هسته‌ای بردکوتاه

در هسته $^{23}_{11}Na$ ، ۱۱ پرتون و ۱۲ نوترون هزاران سال در کنار هم می‌مانند. پس یک نیرویی پروتون‌ها را نگه می‌دارد زیرا پرتون‌ها بار مثبت دارند و همدیگر را در اثر نیروی الکتریکی دفع می‌کنند:

- به نظر می‌رسد نیرویی که مانع دفع پرتون‌ها می‌شود همانند نیروی جاذبه بین ماه و زمین یا زمین و خورشید، از نوع نیروی گرانشی است. می‌دانیم که این نیرو از نیروی دافعه الکتریکی بین دو پروتون دهها مرتبه ضعیف‌تر است پس نیروی جاذبه دیگری بجز نیروی گرانشی نقش آفرینی می‌کند که آن را نیروی هسته‌ای بردکوتاه می‌نامیم.

خصوصیات نیروی هسته‌ای:

- ✓ نیروی هسته‌ای بین دو پروتون همانند نیروی گرانشی، جاذبه است.
- ✓ نیروی هسته‌ای برد-کوتاه است.در فواصل کمتر از 10^{-15} متر؛ نیروی هسته‌ای از نیروی الکتریکی هم قویتر است و به این دلیل در هسته $^{23}_{11}Na$، ۱۱ پرتون زورشان نمی‌رسد در اثر نیروی الکتریکی یک دیگر را دفع کنند. بطور مثال اگر فاصله بین دو پروتون 10^{-13} متر باشد، نیروی هسته‌ای از نیروی الکتریکی و نیروی گرانشی ضعیف‌تر می‌شود و پروتون‌ها همدیگر را در اثر نیروی الکتریکی دفع می‌کنند.
- ✓ نیروی هسته‌ای همانند نیروی گرانشی بین ذرات باردار و خنثی هم وجود دارد. در داخل هسته همیشه دو نوترون و یا یک پرتون و یک نوترون همدیگر را بخاطر نیروی هسته‌ای جذب می‌کنند.

منشاء نیروی هسته‌ای:

ذرات تشکیل دهنده هسته از قبیل نوتون‌ها و پرتون‌ها را هستک یا نوکلئون می‌نامند. جرم نوکلئون‌ها یا هستک‌های یک هسته برابر است با:

$$M_{nucleon} = Zm_p + nm_n = Zm_p + (A - Z)m_n$$

$M_{nucleon}$ از جرم هسته یا $m_{nuclear}$ بیشتر است. پس در تشکیل هسته با جرم کاهیده مواجه هستیم:

$$\Delta m = M_{nucleon} - m_{nuclear}$$

طبق اصل هم ارزی جرم-انرژی انیشتین این جرم کاهیده (Δm) به انرژی بستگی تبدیل

$$E_b = \Delta m \times c^2$$

اگر $\Delta m = 1\ amu = 1.660 \times 10^{-27}\ kg$ باشد، خواهیم داشت:

$$E_b \approx 1.660 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 = 1.494 \times 10^{-10} J = 931.5\ MeV$$

از این رو $\Delta m = 1\ amu$ می‌تواند $931.5\ MeV$ انرژی بستگی بوجود آید.

محاسبه انرژی بستگی هسته‌ای(Nuclear binding energy):

اگر واحدها را بر حسب amu قرار دهیم، انرژی بستگی بر حسب MeV از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E_b = 931.5 \times [Zm_p + (A - Z)m_n - m_{nuclear}]$$

مثال) جرم هسته ^4_2He برابر با $4.0026\ amu$ است. انرژی بستگی هسته‌ای آن کنید.

$$E_b = 931.5 \times [Zm_p + (A-Z)m_n - m_{nuclear}]$$

$$E_b = 931.5 \times [2 \times 1.007276 + (4-2)1.008665 - 4.0026] = 27.27\ MeV$$

مثال) جرم هسته $^{23}_{11}Na$ برابر با $22.98976\ amu$ است. انرژی بستگی هسته‌ای حساب کنید.

$$E_b = 931.5 \times [Zm_p + (A-Z)m_n - m_{nuclear}]$$

$$E_b = 931.5 \times [11 \times 1.007276 + (23-11)1.008665 - 22.98976] = 180.95\ MeV$$

محاسبه انرژی متوسط بستگی هسته‌ای هر نوکلئون

محاسبه انرژی متوسط بستگی هسته‌ای هر نوکلئون بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\bar{E} = \frac{E_b}{A}$$

هر چقدر $\bar{E}$ بیشتر باشد هسته پایدارتر است و خاصیت پرتو زایی (رادیواکتیویته) ضعیفی دارد.

مثال) کدامیک از هسته‌های $^{23}_{11}Na$ و $^{4}_{2}He$ پایدارتر است؟

$$\bar{E} = \frac{E_b}{A}$$

$$\bar{E}_{Na} = \frac{180.95}{23} = 7.86 \frac{MeV}{nucleon}$$

$$\bar{E}_{He} = \frac{27.27}{4} = 6.81\ MeV/nucleon$$

از این رو هسته $^{23}_{11}Na$ از $^{4}_{2}He$ پایدارتر است.

عوامل موثر در پایداری هسته‌ها:

- نسبت $\frac{A-Z}{Z}$:

در هسته‌های سبک پایدار $\frac{A-Z}{Z} \approx 1$ است، یعنی تعداد نوترون‌ها با تعداد پروتون‌ها تحقیقاً یا تقریباً برابرند. اما در هسته‌های سنگین پایدار باید حاصل $\frac{A-Z}{Z}$ بین 1 و 1.4 باشد یعنی تعداد نوترون‌ها باید بین 1 تا 1.4 مرتبه بیشتر از پروتون‌ها باشد. حالا دلیل این امر را بررسی می‌کنیم:

در هسته‌های سنگین پایدار شعاع هسته و یا تعداد نوکلئون‌ها بیشتر است از این رو فاصله بین آنها از 10^{-15} متر بیشتر می‌شود. در این صورت نیروی دافعه الکتریکی بین دو پروتون بر نیروی هسته‌ای بردکوتاه غلبه می‌کند و هسته ناپایدار می‌شود. از این رو در هسته‌های سنگین و بزرگتر جهت کمرنگ کردن نقش نیروی دافعه الکتریکی دو پروتون دورتر باید نوترون قرار گیرد که بخاطر خنثی بودن بار آن؛ از نظر الکتریکی نیرویی وارده صفر شود.

- انرژی متوسط بستگی هر نوکلئون :

جهت پایداری هسته‌ها مقدار انرژی بستگی هسته‌ای(E_b) معیاری جهت پایداری هسته‌ها نمی‌باشد بلکه نقش انرژی متوسط بستگی هر نوکلئون ($\bar{E}$) مهمتر است. در هسته‌های ناپایدار یا رادیواکتیو و یا پرتوزا؛ $\bar{E}$ کوچکتر و در هسته‌های پایدار $\bar{E}$؛ بزرگتر است.

- قاعده زوج-فرد :

اگر هسته‌های پایدار موجود در طبیعت را مطالعه کنیم و آنها را از نظر زوج و فرد بودن تعداد پروتون‌ها طبقه بندی کنیم خواهیم داشت:

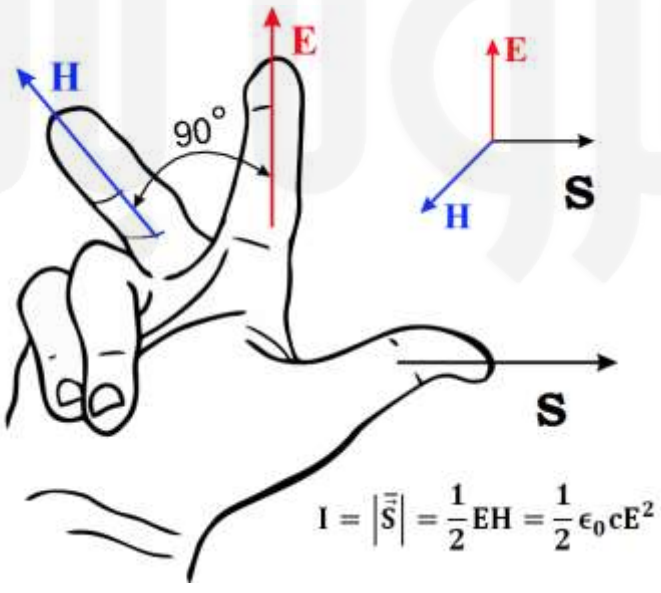
تعداد پروتون	تعداد نوترون	تعداد هسته‌های پایدار	وضعیت پایداری
زوج	زوج	۱۶۸	پایدارترین
زوج	فرد	۵۷	بسیار پایدارتر
فرد	زوج	۵۰	پایدارتر
فرد	فرد	۴	کمی پایدار

علت این امر در مدل هسته‌ای لایه‌ای (nuclear shell model) توضیح داده شده است که از حوصله این درس خارج است.

- اعداد جادویی :

هسته‌هایی که تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آنها برابر با ۲، ۸، ۲۰، ۲۸، ۵۰، ۸۲ و ۱۲۶ باشند، بسیار پایدارند. علت این امر نیز در مدل هسته‌ای لایه‌ای (nuclear shell model) توضیح داده شده است که از حوصله این درس خارج است.

امواج الکترومغناطیسی



امواج الکترومغناطیسی از دو میدان الکتریکی و مغناطیسی تشکیل شده‌اند که در خلاء با سرعت نور منتشر می‌شوند. انگشت اشاره دست راست جهت میدان الکتریکی ($\vec{E}$)، انگشت وسط دست راست جهت میدان مغناطیسی ($\vec{H}$) و انگشت شست دست راست جهت انتشار موج الکترومغناطیسی ($\vec{K}$) یا همان جهت شار پوینتینگ ($\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$) را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که فوتون نیز در جهت شار پوینتینگ حرکت می‌کنند. میانگین اندازه شار پوینتینگ نشان دهنده شدت امواج الکترومغناطیسی است. شدت امواج الکترومغناطیسی همان انرژی تابشی است که در واحد زمان از واحد سطح بطور عمود می‌گذرد:

$$I = \left|\vec{S}\right| = \frac{1}{2}EH = \frac{1}{2}E\left(\frac{B}{\mu_0}\right) = \frac{1}{2}E\left(\frac{E}{\mu_0 c}\right) = \frac{1}{2}\frac{E^2}{\left(\frac{1}{\epsilon_0 c^2}\right)c} = \frac{1}{2}\epsilon_0 c E^2$$

که در آن $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ \frac{C^2}{Nm^2}$ گذردهی الکتریکی خلاء و $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \frac{Tm}{A}$ گذردهی مغناطیسی خلاء و $c = 3 \times 10^8\ m/s$ سرعت نور در خلاء است.

در بالا از روابط $\epsilon_0 \mu_0 c^2 = 1$، $H = B/\mu_0$ و $B = E/c$ استفاده شده است. لازم به ذکر است که در دستگاه SI؛ E، H و B به ترتیب بر حسب $\frac{V}{m}$، $\frac{A}{m}$ و T بیان می‌شوند. سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی در محیط‌های مادی کمتر از خلاء است. این امواج از فوتون تشکیل شده‌اند. انرژی فوتون برابر است با:

$$E = hf$$

که در آن f بسامد (فرکانس) بر حسب هرتز (Hz) و h ثابت پلانک ($h \approx 6.63 \times 10^{-34}\ J.s$) است. انرژی در این درس برحسب eV یا همان الکترون ولت بیان می‌شود:

$$1eV \approx 1.6 \times 10^{-19}\ J$$

منظور از keV همان کیلو الکترون-ولت و منظور از MeV همان مگا (میلیون) الکترون-ولت است. ثابت پلانک بر حسب الکترون-ولت ثانیه و کیلو الکترون-ولت ثانیه برابر است با:

$$h \approx 4.14 \times 10^{-15} eV.s = 4.14 \times 10^{-12} keV.s$$

مثال) شدت یک موج الکترومغناطیسی $I = 10^6\ \frac{W}{m^2}$ می‌باشد. دامنه میدان الکتریکی(E) و چگالی میدان مغناطیسی(B) را محاسبه کنید.

$$I = \frac{1}{2}\epsilon_0 c E^2 \Longrightarrow E = \sqrt{\frac{2I}{\epsilon_0 c}} = \sqrt{\frac{2 \times (10^6)}{(8.85 \times 10^{-12})(3 \times 10^8)}} = 27446.23\ V/m$$

$$B = \frac{E}{c} = \frac{27446.23}{3 \times 10^8} = 9.14 \times 10^{-5}\ T$$

امواج الکترومغناطیس

نام طیف	فرکانس (Hz)	طول موج (nm)	انرژی (eV)
پرتو گاما	$> 5 \times 10^{19}$	$< 6 \times 10^{-3}$	$> 30,000$
پرتو ایکس	$3.4 \times 10^{16} - 5 \times 10^{19}$	$6 \times 10^{-3} - 8$	$20 - 30,000$
ماوراء بنفش	$7.9 \times 10^{14} - 3.4 \times 10^{16}$	$8 - 380$	$0.5 - 20$
نور مرئی	$3.9 \times 10^{14} - 7.9 \times 10^{14}$	380 - 760	$0.3 - 0.5$
مادون قرمز	$3x10^{11}$ - $3.9x10^{14}$	$760 - 10^{6}$	$2x10^{-4}$ - 0.3
ریزموج	10^{9} - $3x10^{11}$	$10^{6} - 3 \times 10^{8}$	$7x10^{-7}$ - $2x10^{-4}$
امواج رادیویی	$< 10^{9}$	$> 3 \times 10^{8}$	$< 7x\ 10^{-7}$

چشم انسان فقط از بین طیف‌های مختلف امواج الکترومغناطیسی، فقط نور مرئی را می‌بیند. نور مرئی از رنگ‌های مختلف تشکیل شده است و در جدول زیر طول موج مربوط به رنگ‌ها را بر حسب نانومتر(nm) گردآوری کرده‌ایم:

قرمز (Red)	670–770
نارنجی (Orange)	592–620
زرد (Yellow)	578–592
سبز (Green)	500–578
آبی (Blue)	464–500
نیلی (Indigo)	445–464
بنفش (Violet)	400–445

اندرکنش امواج الکترومغناطیسی با مواد

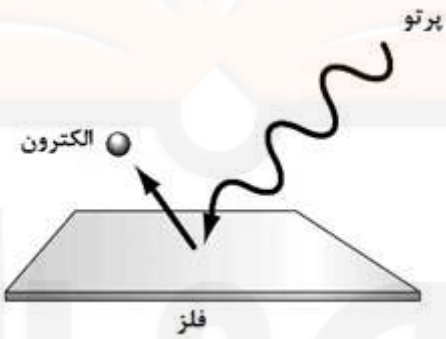
۱-پدید فتوالکتریک

حداقل انرژی لازم جهت کندن الکترون مقید (الکترونی که در یک اتم دور هسته آن می‌چرخد) تابع کار (W_f) نامیده می‌شود. وقتی پرتو الکترومغناطیسی با انرژی بالاتر از تابع کار بر سطح اجسام می‌تابد می‌تواند با انتقال همه انرژی خود به الکترون مقید آن را به الکترون آزاد تبدیل کند:

$$hf \geq W_f$$

$$hf = \frac{1}{2}mv^2 + W_f$$

$\frac{1}{2}mv^2$ همان انرژی جنبشی الکترون آزاد شده، f فرکانس(بسامد) موج الکترومغناطیسی فرودی است و $h = 6.63 \times 10^{-34} J.s$ ثابت پلانک است.



در باتری‌های خورشیدی (سلول‌های خورشیدی) در اثر پدیده فتوالکتریک الکترون‌ها آزاد می‌شود و این الکترون‌ها را تکثیر و سپس جریان را تقویت می‌کنند و از جریان تقویت شده استفاده می‌کنند. تابع کار برخی عناصر برحسب eV در جدول زیر گردآوری شده است:

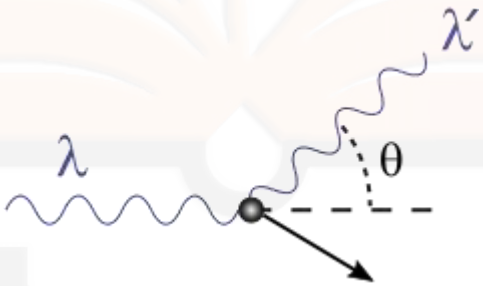
Jozvebama.ir

تابع کار برخی عناصر برحسب الکترون - ولت (eV)			
نام فلز	تابع کار	نام فلز	تابع کار
Cs	2.14	Al	4.28
K	2.30	Hg	4.49
Na	2.75	Cu	4.65
Ca	3.20	Ag	4.70
Mo	4.17	Ni	5.15
Pb	4.25	Pt	5.65

پدیده فتوالکتریک در انرژی‌های زیر $100\ keV$ رخ می‌دهد. این پدیده در جذب پرتو X در بافت‌ها بسیار مهم است.

۲- پدیده کامپتون

در این حالت موج الکترومغناطیسی با طول موج λ بر الکترون لایه خارجی یک اتم که ساکن است، برخورد می‌کند، موج الکترومغناطیسی تحت زاویه θ پراکنده می‌شود. طول موج پرتو پراکنده λ' خواهد بود.



اگر قبل از برخورد پرتو، الکترون ساکن فرض شود؛ محاسبات نظری نشان می‌دهد که:

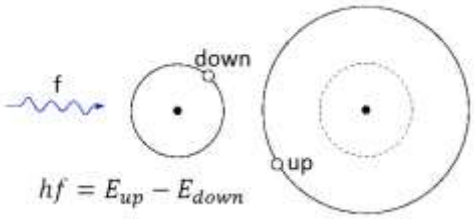
$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - cos\theta) \geq 0$$

که در آن $h = 6.63 \times 10^{-34} J.s$ ثابت پلانک، $m_e = 9.11 \times 10^{-31} kg$ جرم الکترون و $c = 3 \times 10^8\ m/s$ سرعت نور در خلاء است. هرگاه انرژی فوتون بین $100keV$ و $4000keV$ باشد، این پدیده محسوس خواهد بود.

۳- تحریک اتم‌ها

اگر انرژی پرتو برای کندن الکترون کافی نباشد، تحت شرایطی ممکن است الکترون را از یک مدار پایین‌تر به مدار بالاتر منتقل می‌کند.

Jozvebama.ir



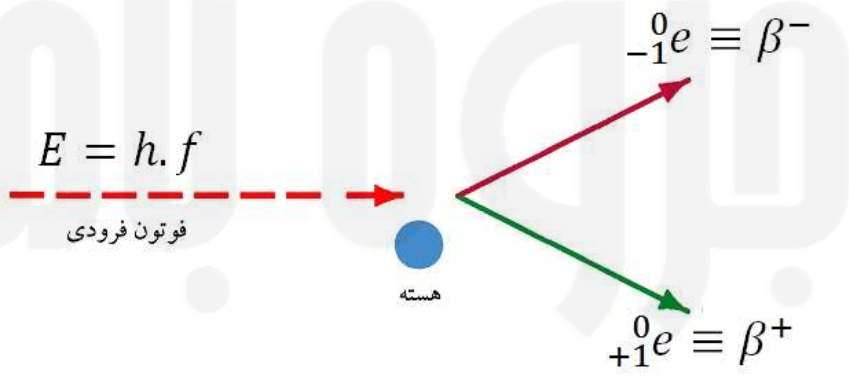
اگر انرژی آن برابر اختلاف انرژی بین ترازهای اولیه (E_{down}) و نهایی (E_{up}) باشد، در ضمن این فرایند تمام انرژی خود را به

۴- پراکندگی تامسون

پراکندگی تامسون پراکندگی کشسان تابش الکترومغناطیسی از یک جسم باردار است. بنابراین انرژی جنبشی ذره و فرکانس فوتون قبل و بعد از پراکندگی تغییری نمی کند. میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی موج فرودی به جسم شتاب می‌دهند. جسم باردار به خاطر شتاب گرفتن از خود تابش می‌کند و به این ترتیب موج فرودی پراکنده می‌شود. ثابت بودن سطح مقطع پراکندگی تامسون و عدم وابستگی اش به فرکانس از خصوصیت های مهم این پراکندگی می باشد.

۵- تولید زوج

اگر یک موج الکترومغناطیسی با انرژی بالاتر از $1022keV$ با هسته‌ی سنگین اندرکنش کند، ضمن تولید یک زوج پوزیترون-نگاترون، از بین می‌رود.



پوزیترون از نظر جرم با الکترون یکسان است ولی بار آن همانند پروتون قرینه بار الکترون است و نگاترون هم از نظر جرم و هم از نظر بار تفاوتی با الکترون ندارد. این دو پاد ذره یک دیگر هستند و اگر با هم

Jozvebama.ir

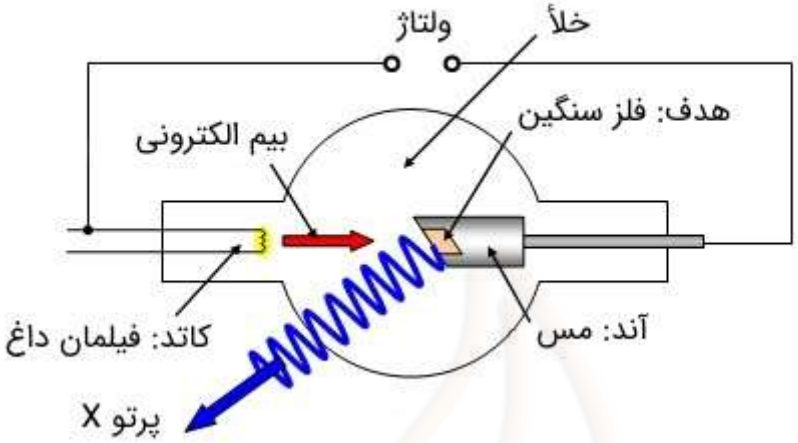
اندرکنش کنند هر دو نابود می‌شوند و به امواج الکترومغناطیسی تبدیل می‌شوند. از نظر ماهیتی نگاترون، بتای منفی و الکترون هیچ تفاوتی ندارند. از نظر ماهیتی پوزیترون هم تفاوتی با بتای مثبت ندارد.

پرتو X

اشعه ایکس همانند نور مرئی از جنس امواج الکترومغناطیسی است با این تفاوت که پرتو X با چشم دیده نمی‌شود. این امواج در خلاء با سرعت نور حرکت می‌کنند. **پرتو X** با طول موج بزرگتر از $1nm$ در پزشکی کاربردی ندارد. از **پرتو X** با طول موج بین $0.1\ nm$ تا $1\ nm$ در تشخیص و درمان‌های سطحی بدن استفاده می‌شود. از **پرتو X** با طول موج بین $0.01\ nm$ تا $0.1\ nm$ در تشخیص و درمان‌های عمقی بدن استفاده می‌شود. انرژی **پرتو X** بین $0.02\ keV$ و 30 keV است. **پرتو X** با فوتون‌های پرانرژی‌تر (بالای 5 keV یا 10 keV و با طول موج $0.1\ nm$ یا $0.2\ nm$) **پرتو ایکس سخت** و پرتوهای با انرژی پایین‌تر را **پرتو ایکس نرم** می‌گویند. به دلیل توان نفوذ بالای پرتو ایکس سخت، از آن برای تصویربرداری از داخل اجسام مانند پرتونگاری از اعضای بدن، قسمت امنیتی فرودگاه‌ها، تست غیرمخرب در تشخیص نقص‌های موجود در اشیا (مثلاً در لوله‌ها و ...)، ضدعفونی کردن ابزارآلات پزشکی، از بین بردن سلول‌های سرطانی و ... استفاده می‌شود. از عبارت «پرتو ایکس» علاوه بر روش پرتو نگاری، برای عکس‌های پرتو نگاری شده به این روش نیز اطلاق می‌شود. به دلیل این‌که طول موج پرتو ایکس سخت برابر اندازه اتم‌ها است، از کریستالوگرافی اشعه ایکس برای تعیین ساختار کریستالی استفاده می‌شود. در مقابل پرتو ایکس نرم به آسانی در هوا جذب می‌شود؛ عمق نفوذ پرتو ایکس با قدرت ۶۰ الکترون‌ولت در آب کمتر از یک میکرومتر است.

لامپ تولید پرتو X

Jozvebama.ir



جریان الکتریکی با عبور از فیلمان، باعث داغ شدن آن می‌شود. جنس فیلمان غالباً از جنس تنگستن است. هنگامی که فیلمان داغ می‌شود، الکترون‌های آن انرژی گرمایی را گرفته و در نتیجه انرژی لازم جهت آزاد شدن از قید هسته را به دست می‌آورند. چنین مکانیزمی جهت گسیل پرتوهای الکترونی، به گسیل ترمویونی موسوم است. لازم به ذکر است که فیلمان داغ در اینجا در نقش کاتد (Cathode) است.الکترون‌های آزاد شده از فیلمان داغ، در محیط لامپ (خلأ شده) تحت اختلاف پتانسیل الکترواستاتیکی (V) شتاب گرفته و به سمت آند (Anode) می‌روند. لازم به ذکر است که الکترون‌ها در میدان اختلاف پتانسیل مذکور، به اندازه eV انرژی جنبشی به دست می‌آورند. الکترون‌ها با برخورد به آند، رفته رفته انرژی جنبشی خود را از دست می دهند و در نهایت متوقف می‌شوند. بخش عمده‌ای از انرژی جنبشی الکترون‌ها به هنگام برخورد به صورت گرمایی هدر رفته که منجر به گرم شدن آند می‌شود. بخشی از این انرژی نیز در قالب فوتون‌هایی با فرکانس ناحیه X منتشر می‌شود. همان‌طور که پیش‌تر بیان کردیم، پرانرژی‌ترین فوتون توسط الکترونی تولید می‌شود که هنگام برخورد با هدف (آند) به طور کامل متوقف شود. در این صورت تمام انرژی جنبشی الکترون در قالب فوتون منتشر می‌شود. فوتون مذکور دارای کمترین طول موج (بیشترین فرکانس) ممکن خواهد بود؛ به عبارت دیگر:

$$f_{max} = \frac{E}{h} = \frac{eV}{h}$$

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$$

مثال) در یک لامپ پرتوX ، الکترون‌های گسیل شده از کاتد (فیلمان داغ) تحت اختلاف پتانسیل زیاد 12 kV شتاب می‌گیرند. فرض کنید که از برخورد هر الکترون تنها یک فوتون منتشر می‌شود. در این صورت بیشترین فرکانس ممکن پرتو X چقدر است؟

$$\mathrm{f_{max}} = \frac{\mathrm{eV}}{\mathrm{h}} = \frac{(1.6 \times 10^{-19}\mathrm{C})(12 \times 10^{3}\mathrm{V})}{6.63 \times 10^{-34}\mathrm{J.\,s}} = 2.89 \times 10^{18}\mathrm{Hz}$$

Jozvebama.ir

مثال) فرض کنید که پرتوهای X تولید شده توسط لامپ پرتو X دارای طول موج 0.032 آنگستروم باشند. در این صورت الکترون‌های گسیل شده از کاتد، چه مقدار انرژی جنبشی باید داشته باشند؟

می‌دانیم که هر آنگستروم برابر با 10^{-10} متر است. در نتیجه:

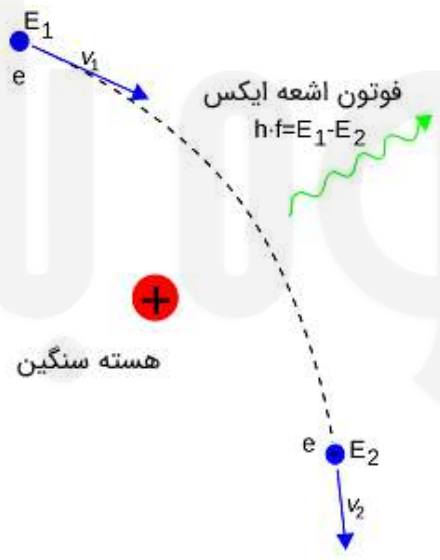
$$K = hf_{max} = \frac{hc}{\lambda_{min}} = \frac{(6.63 \times 10^{-34}\text{J.s}) \times (3 \times 10^{8}\ m/s)}{0.032 \times 10^{-10}} = 6.22 \times 10^{-13}\ J$$

مکانیسم‌های تولید پرتو X

وقتی در لامپ تولید پرتو X دراثر میدان الکتریکی ناشی از اختلاف پتانسیل اعمالی، الکترون از سمت کاتد(مبداء) به سمت آند (هدف) شتاب می‌گیرد و به هدف برخورد می‌کند؛ پرتو X طی دو فرایندی زیر تولید می‌شود:

۱- تولید پرتو X به کمک پرتو ترمزی

بار الکترون‌ها منفی و بار هسته اتم‌ها مثبت است. هنگامیکه در لامپ تولید پرتو X، الکترونی از فاصله دور به هسته هدف (آند) نزدیک می‌شوند تحت تاثیر جاذبه الکتریکی هسته قرار می‌گیرد و از مسیر خود منحرف شده و انرژی جنبشی آن از E_1 به E_2 کاهش می‌یابد.



انرژی جنبشی از دست رفته الکترون (ΔE) به پرتو X تبدیل می‌شود. یک الکترون قبل از توقف ممکن است با چندین هسته اندرکنش کند و هربار پرتو X با انرژی‌های متفاوتی بدست آید. در روش پرتو ترمزی

حدود ٪۹۹ انرژی الکترون به گرما و ٪۱ آن به پرتو X تبدیل می‌شود. اگر الکترون در اولین اندرکنش با هسته متوقف شد پرتو X با بالاترین انرژی (kV_p) و کمترین طول موج بدست می‌آید. زیرا انرژی یک موج الکترومغناطیسی با طول موج نسبت عکس دارد:

$$E = hf = h\frac{c}{\lambda} \Longrightarrow \lambda = \frac{hc}{E}$$

که در آن h ثابت پلانک و c سرعت نور است.

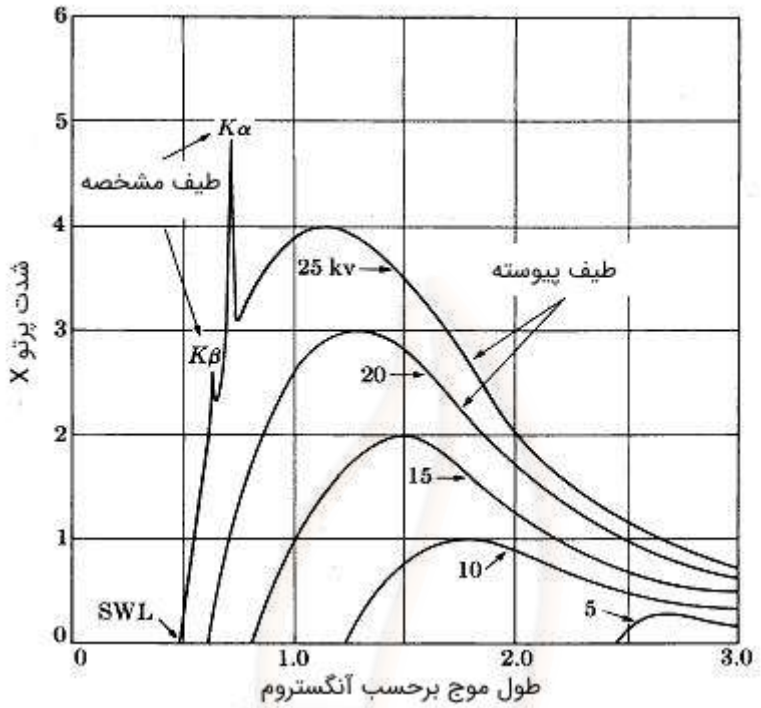
۲- تولید پرتو X به کمک گذارهای اتمی هدف

چنانچه اشاره شد، در تابش ترمزی؛ الکترون‌ها در صورت برخورد با اتم‌های آند، انرژی خود را از دست داده و متوقف می‌شوند که در این صورت انرژی از دست رفته الکترون‌ها در قالب طیف پیوسته پرتو X منتشر می‌شود. با این اوصاف با برخورد الکترون‌ها به اتم‌های آند، ممکن است که الکترون‌های اتم‌های آند برانگیخته شوند و به لایه‌های بالاتر بروند. از آنجایی که الکترون در لایه‌های (تراز) بالایی ناپایدار است، با برگشت به تراز یا حالت پایه، فوتونی با فرکانس ناحیه X منتشر می‌کنند. فوتون مذکور همان پیک یا تیغه در طیف پیوسته است. لازم به ذکر است که به طیف تیغه‌ای، طیف یا **تابش مشخصه** نیز می‌گویند. وقتی الکترونی از لایه بالاتر (n_{up}) به لایه پایین‌تر (n_{down}) منتقل می شود، یک موج الکترومغناطیسی گسیل می‌شود.

$$\Delta E = E_{n_{up}} - E_{n_{down}} = hf = hc/\lambda$$

تفاوت مکانیسم‌های تولید پرتو X در طیف

طیف اشعه ایکس به دست آمده از یک ماده شامل ناحیه‌ای پیوسته (ناشی از تابش ترمزی) و پیک‌هایی نظیر K_α و K_β و ... (ناشی از برانگیخته شدن اتم‌های هدف) است.



پیک‌ها به جنس عنصرهای تشکیل دهنده آند مربوط است. پیک‌های مذکور در سال ۱۹۱۳ میلادی توسط فیزیکدان انگلیسی، موزلی (Henry Moseley) مورد بررسی قرار گرفتند. موزلی با انجام آزمایش‌های فراوان روی پدیده تابش ترمزی توانست رابطه‌ای تجربی برای فرکانس یا انرژی فوتون منتشر شده در پیک k_α ارائه دهد:

$$f = (2.47 \times 10^{15} Hz)(Z-1)^2$$

که در آن Z عدد اتمی آند (هدف) است. طیف پرتو پیوسته نیست و ترکیبی از طول موج‌های مختلف است. کمترین طول موج پرتو مذکور از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$$

$$\lambda_{min}[nm] = \frac{1.24 keV.nm}{E[keV]}$$

مثال) در لامپ تولید پرتو X اختلاف پتانسیل بین آند و کاتد برابر با $E = 100 kV_p$ است. کمترین طول موج پرتو X را محاسبه کنید؟ {منظور از $100 kV_p$ یعنی انرژی معادل با $100 keV$ است}

$$\lambda_{min}[nm] = \frac{1.24 keV.nm}{E[keV]} = \frac{1.24 keV.nm}{100 keV} = 0.0124\, nm$$

در این حالت، انرژی پرتو X می‌تواند بین $0 keV$ تا $100 keV$ باشد.

Jozvebama.ir

پرتو فرابنفش (UV)

پرتو فرابنفش یک موج الکترومغناطیسی است که با چشم دیده نمی‌شود زیرا طول موج UV در محدوده ۴۰۰-۱۰۰ نانومتر قرار دارد. این پرتو بطور طبیعی در خورشید و همچنین بطور مصنوعی در برخی لامپ‌ها و ... تولید می‌شود. در پزشکی پرتو فرابنفش را به سه ناحیه تقسیم می‌کنند:

۱- UVA با طول موج 400-320 نانومتر: **لامپ** UVA در پزشکی، صنایع داروسازی، واکنش های فتو شیمیایی، تشخیص و تجزیه و تحلیل در صنایع نساجی و مواد شیمیایی، (برای تست، بازرسی و تجزیه و تحلیل در شاخه های مختلف صنعت، به عنوان مثال استفاده جرم شناسی، جمع آوری تمبر و دارو)، تایید آثار تاریخی و سنگهای قیمتی، بانکداری و علم پزشکی قانونی، (تولید جلوه های ویژه در صنعت سرگرمی، به عنوان مثال در کلوپ های شبانه و صحنه تئاتر و سینما)، نور علامت دهنده (sign lighting) و تست اسکناس مورد استفاده قرار می گیرند.

۲- UVB با طول موج 320-290 نانومتر: **لامپ UVB** برای درمان اختلالات مزمن پوستی مانند بیماری پوستی پسوریازیس، بیماری پوستی پارا پسوریازیس، بیماری پوستی لک و پیس، بیماری پوستی اگزما، بیماری پوستی لنفوم پوستی و سایر اختلالات پوستی مورد استفاده قرار می گیرند.

۳- UVC با طول موج 290-200 نانومتر: **لامپ UVC** برای کشتن یا غیر فعال کردن باکتری، ویروس و دیگر موجودات زنده بسیار ریز ساده و غیر پیچیده مورد استفاده قرار می گیرند.

در ظهر یک روز آفتابی ۹۵٪ اشعه تابشی UVA و ۵٪ از نوع UVB است که کل UVC و بیشتر UVB توسط لایه ازن استراتوسفری جذب می شود. UVA از شیشه معمولی می‌گذرد. UV از گازها و هوا می‌گذرد. در ساخت حباب های لامپ‌های مولد UV از کوارتز استفاده می‌کنند زیرا کوارتز طول موج‌های بالاتر از ۱۸۰ نانومتر را عبور می‌دهد ولی طول موج‌های کوچکتر از آن را جذب می‌کند. اگر طول موج UV از ۲۰۰ نانومتر بالاتر باشد، از لایه آب نازک هم می‌گذرد. و پرتو گاما و ایکس که طول موج کمتری دارند قدرت نفوذ بیشتر و اثر میکروب کشی شدیدتری از پرتو فرابنفش نشان می دهند، اما استفاده از آنها دشوار و خطرناک است. تفاوت اثر این امواج بر حیات میکروب ها به طول موج و مقدار انرژی اشعه بستگی دارد. UVA و UVB هردو بر ملانوسیت های پوست اثر کرده و آزاد سازی ملانین را منجر می شود. ناحیه UVB بخشی از اشعه است که موجب التهاب های شدید پوستی می شود .

Jozvebama.ir

پرتوUV با طول موج کمتر از ۲۰۰ نانومتر را گاه UVR خلأ نیز گفته اند. این بخش از تابش چون سریعاً جذب هوا می‌شود و نمی تواند در آب نفوذ کند کمترین اهمیت بیولوژیکی را در مقایسه با دیگر بخش های UV داراست. به هرحال این بخش با اهمیت کم از لحاظ میکروب کشی نیز به ۳ ناحیه (موسوم به کاشف آن) تقسیم بندی شده است:

Range of Schumann, from 185 to 120 nm

Range of Lyman , from 120 to 50 nm

Range of Millikan, from 50 to 10 nm

پرتو آلفا (α)

پرتو آلفا یک موج الکترومغناطیسی نیست بلکه همانند هسته هلیم ($_2^4\alpha \equiv {}_2^4He^{+2}$) از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده‌است. **از این رو جرم و بار آن برابر است با:**

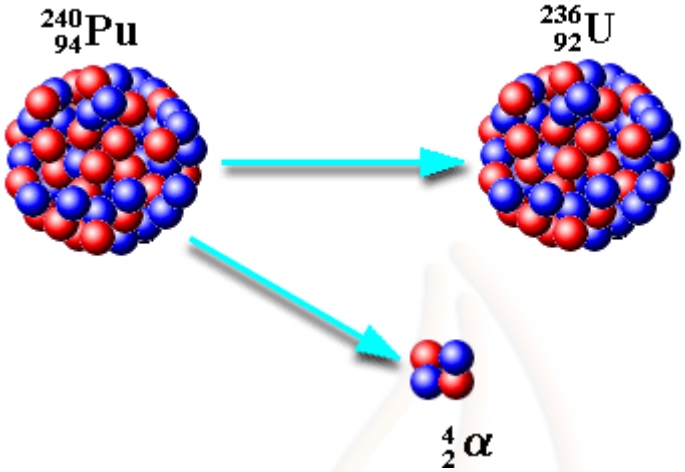
$$m_\alpha \approx 4.003\ amu$$

$$q_\alpha \approx +3.2 \times 10^{-19}\ C$$

معمولا از هسته‌هایی که دو شرط $A > 206$ و $\frac{A-Z}{Z} > 1.4$ برقرار باشد، پرتو آلفا گسیل می‌شود زیرا در هسته‌های سنگین شعاع هسته و همچنین فاصله ذرات تشکیل دهنده آن افزایش می‌یابد و این امر موجب می‌شود که آهنگ افزایش نیروی دافعه کولنی از نیروی هسته‌ای برد کوتاه بر حسب افزایش **z** بیشتر شود. در داخل هسته ۲ پرتون و ۲ نوترون ذره آلفا با بار مثبت شکل می‌گیرد و توسط نیروی دافعه هسته به بیرون گسیل می‌شود. بطور مثال از هسته **پلوتونیوم**-۲۴۰ پرتو آلفا گسیل می‌شود زیرا:

$$A = 240 > 206 \qquad \frac{A-Z}{Z} = \frac{240-94}{94} = 1.553 > 1.4$$

Jozvebama.ir



اگر از هسته مادر (پلوتونیم-۲۴۰)؛ پرتو آلفا گسیل شود به هسته دختر(اورانیم-۲۳۶) تبدیل می‌شود. جرم اتمی هسته دختر ۴ واحد و عدد اتمی آن ۲ واحد کمتر از هسته مادر خواهد شد.

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}\alpha$$

در مثال فوق X همان پلوتونیم-۲۴۰ و Y همان اورانیم-۲۳۶ است.

مثال) آیا از هسته اورانیم-۲۳۵، اشعه آلفا گسیل می‌شود؟

دو شرط فوق را بررسی می‌کنیم:

$$A = 235 > 206 \qquad \frac{A-Z}{Z} = \frac{235-92}{92} = 1.554 > 1.4$$

چون هر دو شرط برقرار است، پس واکنش زیر امکان پذیر است:

$$^{235}_{92}U \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{231}_{90}Th$$

انرژی ذرات آلفا هنگام خروج از هسته $4\ MeV - 10\ Mev$ است. این ذرات انرژی خود را به سرعت به محیط می‌دهند و خاصیت یونیزاسیون و تحریک کنندگی بسیار بالایی دارند. عمق نفوذ پرتو آلفا پایین است و از پوست و حتی دو سه برگ نازک کاغذ هم نمی‌تواند بگذرد. ذرات آلفا تنها وقتی خطرناک می‌شوند که از طریق زخم و ... به درون بدن راه یابند.

Jozvebama.ir

پرتو بتای منفی یا نگاترون ($_{-1}^{0}\beta \equiv {}_{-1}^{0}e$):

اشعه بتای منفی یا نگاترون هیچ تفاوتی با الکترون ندارد با این تفاوت که اشعه بتای منفی از هسته‌های ناپایدار (پرتوزا یا رادیواکتیو) خارج می‌شود که تعداد نوترون‌های هسته آنها بیشتر از پرتون‌های هسته است.

مثال)

$$^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}_{-1}^{0}\beta + {}_{0}^{0}\bar{\nu}$$

چنانچه دیده می‌شود جرم اتمی هسته مادر ($^{137}_{55}Cs$) با هسته دختر ($^{137}_{56}Ba$) یکسان است (هر دو ۱۳۷) ولی عدد اتمی هسته دختر (۵۶) یک واحد بیشتر از عدد اتمی مادر (۵۵) است.

${}_{0}^{0}\bar{\nu}$ نشانگر آنتی نوترینو است. این ذره فاقد بار است و جرم آن در حدود ۲۰۰ مرتبه از جرم الکترون سبکتر است. در واپاشی ${}_{-1}^{0}\beta$ ، نیروی هسته‌ای ضعیف موجب می‌شود که نوترون به ذره‌های زیر واپاشی کند:

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}P + {}_{-1}^{0}\beta + {}_{0}^{0}\bar{\nu}$$

{در فاصله $10^{-15}m$ نیروی هسته‌ای قوی (برد کوتاه) از نیروی الکترومغناطیس 137 مرتبه قویتر، از نیروی هسته ای ضعیف 10^{6} مرتبه قویتر و از نیروی گرانشی 10^{38} مرتبه؛ قویتر است.}

اگر از هسته‌ای مادر نظیر ${}_{Z}^{A}X$ اشعه بتای منفی گسیل شود، جرم اتمی آن ثابت می‌ماند ولی عدد اتمی هسته دختر نظیر ${}_{Z+1}^{A}Y$ یک واحد افزایش می‌یابد:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z+1}^{A}Y + {}_{-1}^{0}\beta + {}_{0}^{0}\bar{\nu}$$

مثال‌های گسیل بتای منفی یا نگاترون ($_{-1}^{0}\beta \equiv {}_{-1}^{0}e$) توسط هسته‌های غنی از نوترون:

$^{6}_{2}He$	$\rightarrow$	$^{6}_{3}Li$	+	$^{0}_{-1}e$	+ $^{0}_{0}\bar{\nu}$
$^{24}_{11}Na$	$\rightarrow$	$^{24}_{12}Mg$	+	$^{0}_{-1}e$	+ $^{0}_{0}\bar{\nu}$
$^{201}_{79}Au$	$\rightarrow$	$^{201}_{80}Hg$	+	$^{0}_{-1}e$	+ $^{0}_{0}\bar{\nu}$
$^{52}_{26}Fe$	$\rightarrow$	$^{52}_{27}Co$	+	$^{0}_{-1}e$	+ $^{0}_{0}\bar{\nu}$
$^{42}_{19}K$	$\rightarrow$	$^{42}_{20}Ca$	+	$^{0}_{-1}e$	+ $^{0}_{0}\bar{\nu}$

Jozvebama.ir

پرتو بتای مثبت یا پوزیترون ($_{+1}^{0}\beta$):

اشعه بتای مثبت یا پوزیترون از نظر جرم هیچ تفاوتی با الکترون ندارد ولی بار آن قرینه بار الکترون است. اشعه بتای منفی از هسته‌های ناپایدار (پرتوزا یا رادیواکتیو) خارج می‌شود که تعداد پروتون‌های هسته آنها بیشتر از نوترون‌های هسته است.

مثال)

$$^{15}_{8}O \rightarrow {}^{15}_{7}N + {}_{+1}^{0}\beta + {}_{0}^{0}\nu$$

چنانچه دیده می‌شود جرم اتمی هسته مادر ($^{15}_{8}O$) با هسته دختر ($^{15}_{7}N$) یکسان است (هر دو ۱۵) ولی عدد اتمی هسته دختر (۷) یک واحد بیشتر از عدد اتمی مادر (۸) است.

${}_{0}^{0}\nu$ نشانگر نوترینو است. این ذره فاقد بار است و جرم آن در حدود ۲۰۰ مرتبه از جرم الکترون سبکتر است.

در واپاشی $_{+1}^{0}\beta$ ، پروتون به ذره‌های زیر واپاشی می‌شود:

$$^{1}_{1}P \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}_{+1}^{0}\beta + {}_{0}^{0}\nu$$

اگر از هسته‌ای مادر نظیر $^{A}_{Z}X$ اشعه بتای مثبت گسیل شود، جرم اتمی آن ثابت می‌ماند ولی عدد اتمی هسته دختر نظیر $_{Z-1}^{A}Y$ یک واحد کاهش می‌یابد:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z-1}^{A}Y + {}_{+1}^{0}\beta + {}_{0}^{0}\nu$$

مثال‌های گسیل بتای مثبت یا پوزیترون ($_{+1}^{0}\beta$) توسط هسته‌های غنی از پروتون:

$$^{13}_{7}\mathrm{N} \longrightarrow {}^{13}_{6}\mathrm{C} + {}_{+1}^{0}\beta + {}_{0}^{0}\nu$$

$$^{37}_{19}\mathrm{K} \longrightarrow {}^{37}_{18}\mathrm{Ar} + {}_{+1}^{0}\beta + {}_{0}^{0}\nu$$

$$^{54}_{27}\mathrm{Co} \longrightarrow {}^{54}_{26}\mathrm{Fe} + {}_{+1}^{0}\beta + {}_{0}^{0}\nu$$

$$^{61}_{30}\mathrm{Zn} \longrightarrow {}^{61}_{29}\mathrm{Cu} + {}_{+1}^{0}\beta + {}_{0}^{0}\nu$$

$$^{68}_{31}\mathrm{Ga} \longrightarrow {}^{68}_{30}\mathrm{Zn} + {}_{+1}^{0}\beta + {}_{0}^{0}\nu$$

Jozvebama.ir

جذب الکترون (Electron Capture) یا واپاشی معکوس بتا (Inverse Beta Decay)

فرایند جذب الکترون(بتای منفی = نگاترون) که گاهی واپاشی معکوس بتای منفی گفته می‌شود، در این فرایند یک ذره بتای منفی توسط هسته غنی از پرتون جذب می‌شود:

$$ {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}\beta \rightarrow {}_{Z-1}{}^{A}Y + {}^{0}_{0}\nu $$

چنانچه دیده می‌شود با جذب الکترون(بتای منفی = نگاترون) توسط هسته مادر $({}^{A}_{Z}X)$، عدد اتمی هسته دختر $({}_{Z-1}{}^{A}Y)$ یک واحد کم می‌شود ولی جرم اتمی آنها تغییر نمی‌کند. در این فرایند با جذب الکترون، یک پروتون به نوترون تبدیل می‌شود:

$$ {}^{1}_{1}P + {}^{0}_{-1}\beta \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{0}\nu $$

مثال‌های جذب الکترون $({}^{0}_{-1}e)$ یا بتای منفی $({}^{0}_{-1}\beta)$ توسط هسته‌های غنی از پروتون:

$$ {}^{38}_{18}\mathrm{Ar} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} \longrightarrow {}^{38}_{17}\mathrm{Cl} + {}^{0}_{0}\nu $$

$$ {}^{80}_{38}\mathrm{Sr} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} \longrightarrow {}^{80}_{37}\mathrm{Rb} + {}^{0}_{0}\nu $$

$$ {}^{125}_{53}\mathrm{I} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} \longrightarrow {}^{125}_{52}\mathrm{Te} + {}^{0}_{0}\nu $$

$$ {}^{168}_{69}\mathrm{Tm} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} \longrightarrow {}^{168}_{68}\mathrm{Er} + {}^{0}_{0}\nu $$

$$ {}^{247}_{99}\mathrm{Es} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} \longrightarrow {}^{247}_{98}\mathrm{Cf} + {}^{0}_{0}\nu $$

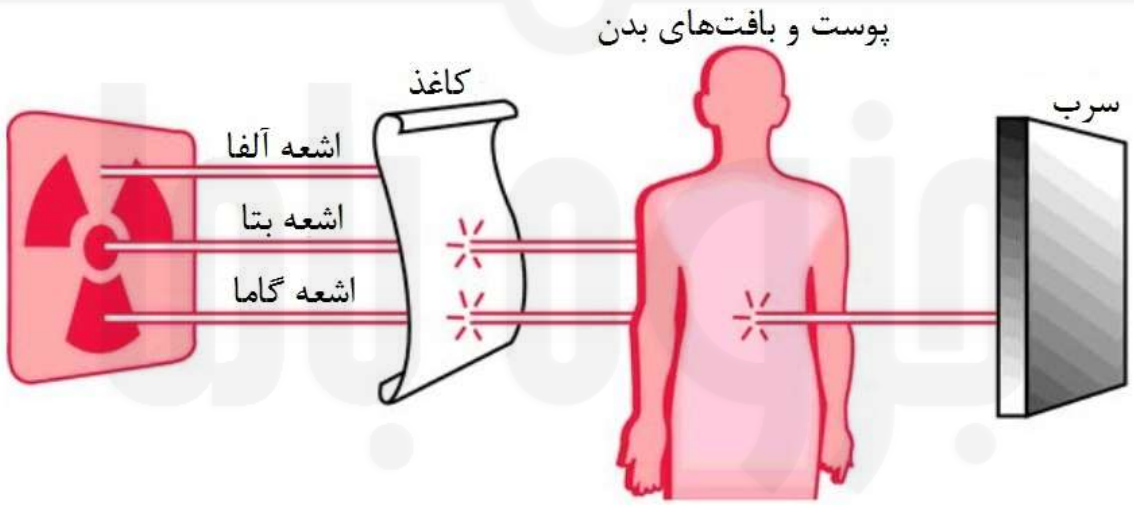
پرتو گاما (γ)

پرتو گاما یک موج الکترومغناطیسی است که از هسته‌های برانگیخته شده به بین گسیل می‌شود. طول موج آن بین $0.006\ nm$ و $0.1\ nm$ قرار دارد از این رو با چشم دیده نمی‌شود. با خروج پرتو گاما از یک هسته برانگیخته ($^{A}_{Z}X^{*}$) عدد اتمی (Z) و جرم اتمی (A) تغییر نمی‌کنند و تنها انرژی هسته کاهش می‌یابد.

$$^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{0}\gamma$$

عمق نفوذ اشعه گاما بسیار بالاست و می‌تواند از استخوان نیز بگذرد. اشعه گاما می‌تواند از یک طرف بدن وارد و از طرف دیگر خارج شود. از ورقه آهنی به ضخامت $2.5\ cm$ و لایه آب به ضخامت $23\ cm$ براحتی می گذرد. ورقه سربی به ضخامت $1.3\ cm$ تنها جلوی عبور 50% آن را می‌گیرد. در استرلیزه کردن تجهیزات پزشکی از قبیل ماسک، سرنگ و ... همچنین پرتو درمانی از پرتو گاما استفاده می‌شود.

مقایسه عمق نفوذ پرتوهای آلفا، بتا و گاما



اشعه آلفا قادر به عبور از ورقه کاغذ نیست. اشعه بتای منفی براحتی از ورقه کاغذ می‌گذرد و از پوست می‌گذرد و وارد بدن می‌شود ولی قادر نیست از بدن خارج شود. اشعه گاما از ورقه کاغذ عبور می‌کند و وارد بدن می‌شود و از طرف دیگر بدن خارج می‌شود و تنها از ورقه سرب ضخیم نمی‌تواند بگذرد. در مورد اشعه بتای مثبت (پوزیترون) باید ذکر شود که مواد سرشار از الکترون است. وقتی اشعه بتای مثبت با ماده برخورد

می کند با الکترون‌های ماده اندرکنش کرده و نابودی زوج رخ می‌دهد و اشعه بتای مثبت و الکترون نابود شده و به پرتو گاما تبدیل می‌شوند.

پرتوهای یونیزان و غیریونیزان

پرتوها را به دو دسته تقسیم می‌کنند:

۱-پرتوهای یونیزان: پرتوهایی که بیش از $33\ eV$ انرژی دارند و می‌توانند الکترون‌ها را از اتم‌ها و الکترون‌ها جدا کنند و آنها را یونیزه کنند، مانند: پرتو بتا، پرتو آلفا، نوترون، پرتو γ ، پرتو X و ... {نوترون‌ها خنثی هستند بطور مستقیم قادر به یونیزاسیون نیستند. نوترون‌ها وقتی توسط هسته‌های پایدار جذب می‌شوند، آنها را ناپایدار کرده و هسته‌های ناپایدار پرتو یونیزان گسیل می‌کنند}

۲-پرتوهای غیریونیزان: پرتوهایی که کمتر از $33eV$ انرژی دارند و نمی‌توانند الکترون‌ها را از اتم‌ها و الکترون‌ها جدا کنند و آنها را یونیزه کنند، مانند: نور مرئی، امواج رادیویی، امواج ریزموج، پرتو UV ، پرتو IR و ...

امواج الکترومغناطیسی غیر یونساز			
نام طیف	فرکانس (Hz)	طول موج (nm)	انرژی (eV)
ماوراء بنفش	$7.9 \times 10^{14} - 3.4 \times 10^{16}$	$10 - 380$	$0.5 - 20$
نور مرئی	$3.9 \times 10^{14} - 7.9 \times 10^{14}$	380 - 760	$0.3 - 0.5$
مادون قرمز	$3x10^{11}$ - $3.9x10^{14}$	$760 - 10^6$	$2x10^{-4}$ - 0.3
ریزموج	10^9 - $3x10^{11}$	$10^6 - 3 \times 10^8$	$7x10^{-7}$ - $2x10^{-4}$
امواج رادیویی	$< 10^9$	$> 3 \times 10^8$	$< 7x\ 10^{-7}$

رادیولیز آب

آب بیشترین قسمت وزن بدن را تشکیل می‌دهد از این رو مطالعه رادیولیز آب بسیار مهم است. پرتوهای یونیزان از قبیل گاما، بتا، نوترون، آلفا و همچنین پرتو X با انرژی بالاتر از $50eV - 100eV$ قادر به رادیولیز آب هستند:

$$H_2O + \sim (\text{پرتو یونیزان}) \rightarrow \dot{H} + \dot{O}H$$

رادیکال‌های آزاد ($\dot{H}$ و $\dot{O}H$) فاقد بار الکتریکی هستند و الکترون جفت نشده دارند. از نظر شیمیایی بسیار فعالند و تمایل زیادی جهت پیوند کووالانسی دارند. از این رو واکنش‌های زیر محتمل هستند:

$$\dot{H} + \dot{O}H \rightarrow H_2O$$
$$\dot{H} + \dot{H} \rightarrow H_2$$
$$\dot{O}H + \dot{O}H \rightarrow H_2O_2$$

۱- رادیکال آزاد هیدروژن ($\dot{H}$) بر روی آنیون‌ها و کاتیون‌ها خاصیت احیاکنندگی دارد؛ زیرا بار آنها را یک واحد کاهش می‌دهد:

$$\dot{H} + A^{-n} \rightarrow H^{+} + A^{-n-1}$$
$$\dot{H} + C^{+n} \rightarrow H^{+} + C^{+n-1}$$

۲- رادیکال آزاد هیدروکسید ($\dot{O}H$) بر روی آنیون‌ها و کاتیون‌ها خاصیت اکسیدکنندگی دارد؛ زیرا بار آنها را یک واحد افزایش می‌دهد:

$$\dot{O}H + A^{-n} \rightarrow OH^{-} + A^{-n+1}$$
$$\dot{O}H + C^{+n} \rightarrow OH^{-} + C^{+n+1}$$

۳- رادیکال آزاد هیدروکسید ($\dot{O}H$) و رادیکال آزاد هیدروژن ($\dot{H}$) بر روی متان (CH_4)

$$CH_4 + \dot{O}H \rightarrow \dot{C}H_3 + H_2O$$
$$CH_4 + \dot{H} \rightarrow \dot{C}H_3 + H_2$$

واکنش‌های زیر محتمل است:

$$\dot{C}H_3 + \dot{O}H \rightarrow CH_3OH$$
$$\dot{C}H_3 + \dot{C}H_3 \rightarrow C_2H_6$$

استحاله هسته‌ها با گسیل پرتوهای آلفا، بتای مثبت، بتای منفی و جذب الکترون

چنانچه دیدیم با گسیل پرتوهای آلفا، بتای مثبت، بتای منفی و جذب الکترون ماهیت هسته عوض می‌شود و هسته X به هسته دیگری نظیر Y تغییر می‌کند زیرا در همه آنها عدد اتمی (Z) تغییر می‌کند. در گسیل پرتو آلفا علاوه بر عدد اتمی (Z)، جرم اتمی (A) نیز تغییر می‌کند. پس با گذشت زمان تعداد هسته‌های X

Jozvebama.ir

که پرتوهای آلفا، بتای مثبت، بتای منفی گسیل می‌کنند و یا الکترون جذب می‌کنند، کاهش می‌یابد و بر تعداد هسته‌های Y افزوده می‌شود. با گسیل پرتو گاما ماهیت هسته تغییر نمی‌کند و تنها انرژی آن کاهش می‌یابد. پس با گسیل اشعه گاما از هسته استحاله صورت نمی‌گیرد زیرا عدد اتمی (Z) تغییر نمی‌کند.

فعالیت (activity): حاصل ضرب تعداد هسته‌ها (N) در ثابت واپاشی (Λ)، اکتیویته نامیده می‌شود:

$$A_c = N\Lambda$$

در دستگاه SI واحد اکتیویته، بکرل (Becquerel) است. اما گاهی برحسب کوری (**Curie**) نیز بیان می‌شود:

$$1Ci = 3.7 \times 10^{10}\ Bq = 3.7 \times 10^{10}\ \frac{\text{واپاشی}}{\text{ثانیه}}$$

معادله استحاله هسته‌ها: در یک جامعه تعداد مرگ و میر سالانه با جمعیت جامعه متناسب است. در مورد هسته‌های رادیو اکتیو هم تعداد هسته‌هایی که در واحد زمان دچار واپاشی می‌شوند (تبدیل نوع ${}^{A}_{Z}X$ به نوع ${}^{A'}_{Z'}Y$) با تعداد هسته‌ها متناسب است:

$$\frac{dN}{dt} = -\Lambda N \rightarrow \frac{dN}{N} = -\Lambda dt \rightarrow \int_{N_0}^{N}\frac{dN}{N} = -\int_{0}^{t}\Lambda dt \rightarrow N(t) = N_0 e^{-\Lambda t}$$

تعداد هسته‌های در $t = 0\ s$ برابر با N_0 و تعداد هسته‌های در لحظه t برابر با N است.

عمر میانگین ($\bar{t}$) : عمر میانگین برابر با معکوس ثابت واپاشی است:

$$\bar{t} = \frac{1}{\Lambda}$$

Λ ثابت واپاشی نامیده می‌شود. در دستگاه SI، واحد آن s^{-1} است.

نیمه عمر فیزیکی (t_p): می‌دانیم که هرگاه از هسته‌ای مانند ${}^{A}_{Z}X$ پرتو آلفا، پرتو بتا و ... [بجز پرتو گاما] خارج شود، نوع هسته عوض شده و به ${}^{A'}_{Z'}Y$ تبدیل می‌شود. اگر در لحظه $t = 0$ تعداد هسته‌های ${}^{A}_{Z}X$ برابر N_0 باشد، مدتی که طول می‌کشد تا نصف تعداد هسته‌های ${}^{A}_{Z}X$ در اثر گسیل پرتوهای آلفا، بتا و ... [بجز پرتو گاما] به هسته‌های ${}^{A'}_{Z'}Y$ تبدیل شود، نیمه عمر فیزیکی گویند:

$$N(t) = N_0 e^{-\Lambda t} \xrightarrow{N=\frac{N_0}{2}} \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\Lambda t_P} \rightarrow t_P = \frac{\ln 2}{\Lambda} \rightarrow t_P = \frac{0.693}{\Lambda}$$

مثال) نیمه عمر فیزیکی $^{131}_{53}I$ برابر با $t_P = 8.02\ days$ است. ثابت واپاشی و عمر میانگین آن را محاسبه کنید.

$$t_P = \frac{0.693}{\Lambda} \rightarrow 8.02 = \frac{0.693}{\Lambda} \rightarrow \Lambda = \frac{0.693}{8.02} = 0.0863 \frac{1}{days}$$

$$\bar{t} = \frac{1}{\Lambda} = \frac{1}{0.0863} = 11.587\ days$$

نیمه عمر زیست شناسی (t_B): می‌دانیم که هرگاه در لحظه $t = 0$، N_0 هسته پرتوزا مانند $^{A}_{Z}X$ به بدن راه یابد، مدتی که طول می‌کشد، نیمی از ماده رادیواکتیو از طریق زیستی (دفع ، تعریق و ...) از بدن خارج شود. نیمه عمر زیستی به نوع هسته و محل استقرار آن در بدن بستگی دارد. نیمه عمر زیستی $^{131}_{53}I$، در کلیه $t_B \approx 7\ days$ و در کبد $t_B \approx 140\ days$ است.

نیمه عمر موثر (t_E): هنگامی که ماده رادیواکتیو وارد بدن می شود هم نیمه عمر فیزیکی و هم بیولوژیک وجود دارد لذا در اینگونه موارد از نیمه عمر موثر استفاده می شود.

$$\frac{1}{t_E} = \frac{1}{t_P} + \frac{1}{t_B} \rightarrow t_E = \frac{t_P \times t_B}{t_P + t_B}$$

مثال) نیمه عمر فیزیکی $^{131}_{53}I$، $t_P \approx 8\ days$ و نیمه عمر زیستی آن در کلیه $t_B \approx 7\ days$ روز است. نیمه عمر موثر آن در کلیه چند روز است؟

$$t_E = \frac{t_P \times t_B}{t_P + t_B} = \frac{8 \times 7}{8 + 7} = 3.73\ days$$

آثار مستقیم پرتوها: زمانی اثر مستقیم ناشی از پرتوها اتفاق می افتد که یک مولکول مستقیما مورد تابش پرتو قرار گیرد. احتمالا مهمترین مولکولهای سلول زنده، مولکولهای DNA می باشند. نتیجه نابودی مستقیم یک مولکول DNA این است که سلول قادر به تقسیم نبوده و فقط می تواند مدتی به زندگی ادامه دهد.

آثار غیر مستقیم پرتوها : اثر غیر مستقیم زمانی اتفاق می افتد که مولکولی مانند مولکول آب که اهمیت کمتری دارد، به یون‌ها یا رادیکال‌های فعال تجزیه شود. اگر این اجزای تجزیه شده با مولکولهای مهمی مانند DNA ترکیب شوند، باعث اختلال در عمل اصلی DNA شده و آسیب هایی مانند عوارض مستقیم ایجاد می شود.

مفهوم LET یا Linear energy transfer

وقتی پرتوها در داخل مواد حرکت می‌کنند، به مواد انرژی منتقل می‌کنند. مقدار انرژی که بطور میانگین به واحد طول ماده منتقل می‌شود، **LET** نامیده می‌شود. واحد آن $\frac{keV}{\mu m}$ می‌باشد. keV همان کیلوالکترون ولت و μm همان میکرون یا میکرومتر است که با $10^{-6}m$ برابر است.

LET پرتوهای مختلف در انرژی‌های مختلف

نوع ذره	بار	انرژی	LET (keV/μm)
بتای منفی	-1	0.001	12.3
بتای منفی		0.01	2.3
بتای منفی		0.1	0.42
بتای منفی		1	0.25
پرتو ایکس		200 kvp – x-ray	0.4 – 3.6
پرتو گاما		^{60} Co – γ-ray	0.2 - 2
p	+1	small	92
p		2	16
p		5	8
p		10	4
α	+2	small	260
α		5	95
n	0	2.5	15 – 80 (max in 20)
		3 - 30	3 – 30 (max in 7)

۱۹

برای نمونه، مقدار LET پرتو γ حاصل از کبالت-۶۰ ($^{60}_{27}Co$) برابر 0.25 keV/μm است. بدین معنی است که وقتی پرتو γ به اندازه یک میکرون در داخل ماده حرکت می‌کند بطور میانگین 0.25 keV انرژی به محیط منتقل می‌کند.

Jozvebama.ir

عوامل موثر بر مقدار LET

۱- LET در پرتوهای غیرالکترومغناطیسی باردار از قبیل آلفا، بتا و پروتون با جرم ذره باردار نسبت مستقیم و با مجذور سرعت ذره باردار آنها نسبت عکس دارد.

۲- علاوه بر این، LET با تعداد الکترون‌های ماده در واحد حجم محیط نیز متناسب است.

دوز فیزیکی یا دوز جذبی (Absorbed dose = physical dose)

وقتی پرتوها بر جسمی به جرم m می‌تابند به جسم به اندازه E انرژی منتقل می‌کنند. دوز جذبی یا دوز فیزیکی همان انرژی منتقل شده از جانب پرتوها به واحد جرم جسم می‌باشد:

$$D_P = \frac{E}{m}$$

در دستگاه SI واحد دوز فیزیکی (D_P)، گری (Gray یا Gy) است. $1Gy$ با $1\frac{J}{kg}$ برابر است. در رادیوبیولوژی واحد دیگری بنام راد (rad) نیز بکار می‌رود:

$$1Gy = 100\,rad$$

مثال) جسمی به جرم $50kg$ به اندازه $2J$ انرژی تابشی دریافت می‌کند، دوز جذبی برحسب گری و راد چقدر است؟

$$D_P = \frac{E}{m} = \frac{2}{50} = 0.04\ Gy = 4\ rad$$

آهنگ دوز (Dose rate)

دوز فیزیکی جذب شده در واحد زمان را آهنگ دوز فیزیکی گویند. واحد آن $\frac{Gy}{s}$ یا $\frac{rad}{s}$ است. هر چقدر آهنگ دوز بالا باشد بدین معناست که دوز سریعتر جذب شده است. از نظر رادیوبیولوژی خطرات زیستی پرتوها با افزایش آهنگ دوز، بیشتر می‌شود. مثلا اگر بدن یک موش آزمایشگاهی در مدت ۱ دقیقه، ۵ گری دوز دریافت کند؛ آثار مرگبار خواهد داشت اما اگر ۵ گری دوز را در مدت ۳ ماه جذب کند؛ چندان خطرناک نخواهد بود.

دوز زیست‌شناسی (biological dose)

در دوز زیست شناسی میزان تخریب بافت‌ها مهم است. میزان دوز زیست شناسی با دوز جذبی (D_p) و نوع پرتوها (RBE) متناسب است:

$$\mathrm{D_B = D_P \times RBE}$$

اگر D_P برحسب Gy باشد، واحد D_B سیورت (Sv) خواهد بود. اگر D_P برحسب rad باشد، واحد D_B سیورت (rem) خواهد بود.

$$1\ \mathrm{Sv} = 100\ \mathrm{rem}$$

RBE مخفف Relative biological effectiveness به معنای تاثیر نسبی زیست شناسی است.

نوع پرتو	ضریب RBE
پرتوهای X و γ	1.0
ذرات β	1.0–1.7
ذرات α	10–20
نوترون‌های کند	4–5
نوترون‌ها و پروتون‌های سریع	10
یون‌های سنگین	20

اگر چندین پرتو بتابد، دوز زیستی برابر خواهد بود:

$$\mathrm{D_B} = \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{N}} \mathrm{D_{Pi} \times RBE_i}$$

مثال) بدن یک آزمایشگر ۲۰۰ راد پرتو بتا ($RBE = 1.5$) جذب می‌کند، دوز زیستی را برحسب سیورت و رم محاسبه کنید.

Jozvebama.ir

$$D_B = D_P \times RBE = 200 \times 1.5 = 300\ rem = 3\ Sv$$

مثال) بدن یک آزمایشگر ۱۰۰ راد پرتو بتا ($RBE_\beta = 1.5$) و ۱۵۰ راد اشعه گاما ($RBE_\gamma = 1$) جذب می‌کند، دوز زیستی را برحسب سیورت و رم محاسبه کنید.

$$D_B = \sum_{i=1}^{2} D_{Pi} \times RBE_i = D_{P\beta} \times RBE_\beta + D_{P\gamma} \times RBE_\gamma$$

$$D_B = 100 \times 1.5 + 150 \times 1 = 300\ rem = 3Sv$$

مفهوم MPD یا Maximum permissible dose

دز زیستی مجاز پرتوهای یونساز:

- افراد عادی نباید در مدت یکسال بیش از 0.5 rem دوز زیستی دریافت کنند.
- زنانی که در سنین بارداری هستند نباید دوز زیستی جذب شده در ناحیه تناسلی آنان از 1.3 rem در هر فصل تجاوز کند.
- حداکثر دوز زیستی جذب شده برای دستگاه خونساز و غدد تولید مثل پرتوکاران 5 rem در سال است.
- حداکثر دوز زیستی جذب شده در پوست، استخوان و غده تیروئید پرتوکاران 30 rem در سال است.
- حداکثر دوز زیستی مجاز در دست ها، ساعد ها، پاها و مچ های پای پرتوکاران 75 rem در سال است.

حداکثر میزان دز مجاز برای تمام بدن از جمله مراکز خونساز و اندام های تناسلی پرتوکاران از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$D_B = 5 \times (N - 18)$$

در این رابطه D_B حداکثر دز مجاز بر حسب رم و N سن شخص بر حسب سال است. همانطوری که از رابطه فوق استنباط می شود افراد کمتر از ۱۸ سال از کار با پرتوهای یونساز منع شده اند و همچنین چنانچه در بالا اشاره شد، دوز زیستی سالیانه مجاز برای پرتوکاران طبق این رابطه ۵ رم در سال محاسبه می گردد.

مثال) حداکثر دوز زیستی سالیانه مجاز برای پرتوکار 25 ساله چقدر است؟

$$D_B = 5 \times (N - 18) = 5 \times (25 - 18) = 35\ rem$$

افراد عادی نباید در مدت یکسال بیش از 0.5 rem دوز زیستی دریافت کنند. پرتوکاران نیز نباید در هفته بیش از 0.1 rem دوز زیستی و در طول سال بیش از 5 rem دوز زیستی دریافت کنند.

پرتو درمانی (radiotherapy)

درمان بیماری با استفاده از پرتوهای نافذ مانند پرتوهای ایکس و آلفا و بتا و گاما **پرتو درمانی** گویند. این پرتوها از دستگاهها یا مواد نشاندار بر بدن تابیده می‌شوند. کاربرد اصلی پرتو درمانی در معالجه یا تقلیل امراض سرطانی می‌باشد. در پرتو درمانی مدرن از الکترون‌ها، نوترون‌ها و پروتون‌های سریع نیز استفاده می‌شود در یک تعریف ساده به هر دارویی که در ساختار آن یک رادیو ایزوتوپ موجود باشد رادیودارو گفته می‌شود، رادیوایزوتوپ‌ها در واقع عناصر ناپایداری هستند که با توجه به ساختار اتمی‌شان از خود پرتوهای آلفا(α) ، بتا (β) و گاما (γ) گسیل می‌کنند. از کبالت-۶۰ ($^{60}_{27}Co$) با نیمه عمر فیزیکی $t_P = 5.26\ years$ جهت منبع تولید اشعه گاما در پرتو درمانی، ید-۱۳۱ ($^{131}_{53}I$) با نیمه عمر فیزیکی $t_P = 8.02\ days$ جهت تولید بتای منفی، رادیوم-۲۲۳ ($^{223}_{88}Ra$) با نیمه عمر فیزیکی $t_P = 11.43\ days$ جهت تولید پرتو آلفا و ... استفاده می‌شود.

انواع پرتو درمانی:

۱- **پرتو درمانی داخلی**: روشی درمانی است که با استفاده از یک ایمپلنت رادیواکتیو در بدن، درون تومور یا نزدیکی آن انجام می‌شود. در این روش، قطعه ای کوچک از مواد رادیواکتیو به طور موقت در نزدیکی سلول های سرطانی قرار داده می شود و یا مایع رادیواکتیو به فرد داده می شود تا آن را ببلعد و یا به بدن او تزریق می شود.

۲- **پرتو درمانی خارجی**: در این روش؛ منبع ارسال اشعه ها از دستگاه هایی که در خارج بدن فرد هستند فرستاده می شود. این روش چند دقیقه طول می‌کشد. سلولهای سرطانی در مقایسه با سلولهای سالم به پرتو درمانی(رادیو تراپی) حساسیت بیشتری نشان می‌دهند و در نتیجه تعداد بیشتری از آنها از بین خواهند رفت.

مراحل تاثیر پرتوها بر بدن:

- **مرحله تاثیر فیزیکی:** این مرحله از موقع تابش پرتو به بدن شروع و به یونیزاسیون و تحریک اتمها و مولکول‌ها منتهی می‌شود. از لحاظ زمانی مدت این تاثیر حدود 10^{-18} ثانیه می‌باشد.

- **مرحله تاثیر فیزیوشیمیایی:** محصولات اولیه حاصله از تابش پرتو به یک ماده موجب ایجاد محصولات ثانویه‌ای چون رادیکالهای شیمیایی می‌شود. مدت زمان ایجاد این رادیکالها حدود 10^{-13} ثانیه می‌باشد.

- **مرحله تاثیر شیمیایی:** این مرحله مربوط به تاثیر رادیکالهای شیمیایی حاصل روی مولکول‌ها و اتمها می‌باشد. مدت زمان این تاثیر حدود 10^{-6} ثانیه می‌باشد.

- **مرحله تاثیر زیستی:** یونها و رادیکالهای حاصل در مراحل قبلی روی اجزای بیولوژیکی سلول و داخل سلولی تاثیر گذاشته و موجب تغییر در آنها می‌شوند. مدت زمان این تاثیر می‌تواند از 10^{-6} ثانیه تا سالها باشد.

عوامل موثر بر حساسیت پرتوهای یونیزان:

۱- مقدار دوز فیزیکی (D_P): هر چقدر دوز فیزیکی پرتو بالاتر باشد، طبق رابطه زیر دوز زیستی آن بالاتر خواهد بود:

$$D_B = D_P \times RBE$$

هر چقدر دوز زیستی (D_B) بالاتر باشد، میزان تخریب بافتها یا زیان‌های زیستی بالاتر خواهد بود.

۲- ضریب LET : وقتی پرتوها در داخل بدن حرکت می‌کنند به بدن انرژی منتقل می‌کنند. انرژی که بطور میانگین به واحد طول منتقل می‌کنند، LET نامیده می‌شود که به نوع پرتوها بستگی دارد. هر چقدر این ضریب بالاتر باشد، احتمال خطرات زیستی بیشتر می‌شود.

۳- آهنگ دوز: هر چقدر آهنگ دوز فیزیکی یا سرعت جذب دوز بیشتر باشد، دوز برای سلامتی مضرتر خواهد بود.

۴- تقطیع دوز (Dose fractionation): تقطیع دوز یکی از روشهای قابل استفاده در رادیوتراپی است . بطور مثال برای از بین بردن یک تومور در بیمار بهتر است ۱۰ گری را به ۵ جلسه تقسیم کنیم تا اینکه در یک جلسه به بیمار بتابانیم. بطور کلی تقطیع دوز فیزیکی موجب افزایش تاثیر پرتو بر بافت‌های سرطانی می‌شود و اثرات منفی را کاهش می‌دهد به بیان علمی‌تر RBE در رژیم درمانی منقطع بیشتر از موقعی است که با تابش منفرد انجام شود.

۵- سن: بافت های انسان قبل از تولد (دوران جنینی) دارای حساسیت زیادی نسبت به پرتو می باشند. با افزایش سن این حساسیت کاهش می یابد و از حدود ۴۵ سالگی به بعد حساسیت دوباره افزایش می‌یابد.

۶- محافظت کننده های پرتوی (Radio protector): برخی از مواد مانند سیستین (Cysteaine) و سیستیامین (Cysteamine) موجب افزایش مقاومت سیستم بیولوژیکی در مقابل پرتو می شوند. این مواد دارای نسبت حفاظت حدود 2 می باشند، یعنی در صورتی که $5\ Gy$ پرتو برای از بین بردن یک سیستم بیولوژیکی لازم باشد، در حضور این مواد دز لازم $10\ Gy$ خواهد بود.

۷- حساس کننده های پرتوی (Radio sensitizers): بعضی از عوامل شیمیایی همانند اکتینومایسین D (Actinomycin D) و ویتامین K می باشند. در صورتی که $5\ Gy$ پرتو برای از بین بردن یک سیستم بیولوژیکی لازم باشد، در حضور این مواد دز لازم $2.5\ Gy$ خواهد بود. در مجاورت اکسیژن هم حساسیت نمونه‌های زیستی به پرتوها بشدت افزایش می‌یابد.

۸- جنسیت : مطالعات آماری نشان می‌دهد که اندام‌های زنان و مردان به یک اندازه به پرتوهای یونساز حساسیت ندارند. احتمال بروز سرطان سینه و غده تیروئید در زنان خیلی بیشتر از مردان است. در مقابل احتمال بروز سرطان کبد و راست روده نیز در مردان بیشتر از زنان است.

۹- نژاد: اشخاص با پوست سفید حساس تر از افراد با رنگ پوست تیره می باشند.

۱۰- حساسیت به پرتوهای یونیزان در همه جای بدن یکسان نیست :

الف- حساسیت پایین: سیستم عصبی مرکزی، ماهیچه، استخوان و غضروف و بافت پیوندی

ب- حساسیت متوسط: پوست، پوشش داخلی رگ‌های خونی، شش، کلیه، کبد و عدسی چشم

ج- حساسیت بالا: بافت لنفاوی، مغز استخوان، بافت پوششی معده و روده، غدد جنسی و بافت‌های جنینی

نتایج تحقیقات مولر و همکارانش (Hermann Joseph Muller et al.) بر مگس سرکه

در سال ۱۹۳۸ میلادی مولر و همکارانش با تابانیدن پرتو ایکس بر روی مگس سرکه به یک سری نتایج دست یافتند که اهم آن عبارتند از:

۱- برای انجام جهش به دوز آستانه نیاز نیست یعنی جهش با هر میزان دوز؛ محتمل است.
۲- فرکانس جهش‌ها یا همان جهش‌های صورت گرفته در واحد زمان با میزان دوز متناسب است.
۳- جهش‌ها ممکن است تا دو نسل اول دیده نشوند و از نسل سوم به بعد خودنمایی کنند.
۴- تلومر یا پایانه‌های کروموزمی در اثر تابش پرتو ایکس در امان می‌مانند و در آنها تغییرات ساختاری از قبیل حذف (deletion) و واژگونی (inversion) دیده نمی‌شود. حدود ۳۰ سال بعد جیمز واتسن بیان نمود که بدلیل ساختار ویژه در انتهای کروموزم، DNA قادر به همانند سازی (replication) انتهای آن نبوده و در هر تقسیم سلولی بخشی از تلومر و در واقع کرومزوم کوتاه می‌شود.

قوانین برگونیه و تریباندو (The laws of Bergonie and Tribondeau)

در سال ۱۹۰۶ میلادی برگونیه و تریباندو با مطالعه اثر پرتو ایکس بر روی سلول‌ها، بافت‌ها و اندام‌ها پی بردند که:

۱-سلول‌های نابالغ به پرتو حساس‌تر از سلول‌های بالغ هستند.
۲-بافت‌ها و اعضای جوان نسبت به پرتوها حساس‌ترند.
۳-هر چقدر آهنگ تولید مثل و آهنگ رشد سلول بالاتر باشد، حساسیت به پرتو نیز بیشتر می‌شود.

Jozvebama.ir

اثر پرتوها بر روی سیستم خونساز

سیستم خونساز شامل مغز استخوان، سیستم گردش خون و بافتهای لنفاوی مثل تیموس، غدد لنفاوی و طحال می‌باشد. سلولهای خونی عمدتا در مغز استخوان تولید می‌شوند و عبارتند از لنفوسیتها ، گرانولوسیتها ، گلبولهای قرمز و پلاکتها. تاثیر عمده اشعه بر روی سیستم خونی توسط محققین بررسی شده است:

- **کاهش گلبول‌های سفید خون**: کاهش گلبول‌های سفید در دوز بالاتر از ۲۵ راد روی می‌دهد و این امر موجب ابتلا به عفونت می‌شود.
- **کاهش و توقف فعالیت مغز استخوان**: در دوز ۲۰۰ راد فعالیت مغز استخوان شروع به کند شدن می‌کند و در دوز ۴۰۰ راد فعالیت مغز استخوان متوقف می‌شود.
- **کاهش پلاکت خون**: در دوزهای بالاتر از ۵۰ راد پلاکت خون شروع به کم شدن می‌کند و امکان دارد موجب خونریزی شود.
- **آنمی (کاهش گلبول‌های قرمز) ملایمتر از لکوپنی(کاهش گلبول‌های سفید) است** : بیشتر بودن عمر گلبول‌های قرمز و مقاومت آنها در برابر پرتو در مقایسه با گلبول‌های سفید موجب ملایم بودن آنمی (Anemia) در مقایسه با لوکوپنی (Leukopenia) می‌شود.

کم‌خونی یا **آنمی** یا **فقر الدم** :اختلال خونی شایعی است که در آن گلبول‌های قرمز یا هموگلوبین کافی در خون وجود ندارد. میزان طبیعی گلبول‌های قرمز ۳/۶ میلیون الی ۶ میلیون در هر میکرو لیتر (LCM) است.

لکوپنی یا **لوکوپنی** به بیان ساده کاهش تعداد گلبول‌های سفید در گردش خون است .میزان طبیعی گلبول‌های سفید ۴۵۰۰ الی ۱۰۰۰۰ گلبول سفید در هر میکرو لیتر (LCM)است. کاهش تعداد گلبول‌های سفید از این تعداد را لکوپنی می‌نامند.

طول عمر گلبول‌های قرمز از ۱۰۰ روز تا ۱۲۰ روز و طول عمر گلبول‌های سفید در حالت طبیعی ۴ روز تا ۵ روز است و در زمان عفونت شدید، طول عمر گلبول‌های سفید بسیار کوتاه است و به چندین ساعت می‌رسد زیرا در راه مقابله با عفونت سریعتر از بین می‌روند.

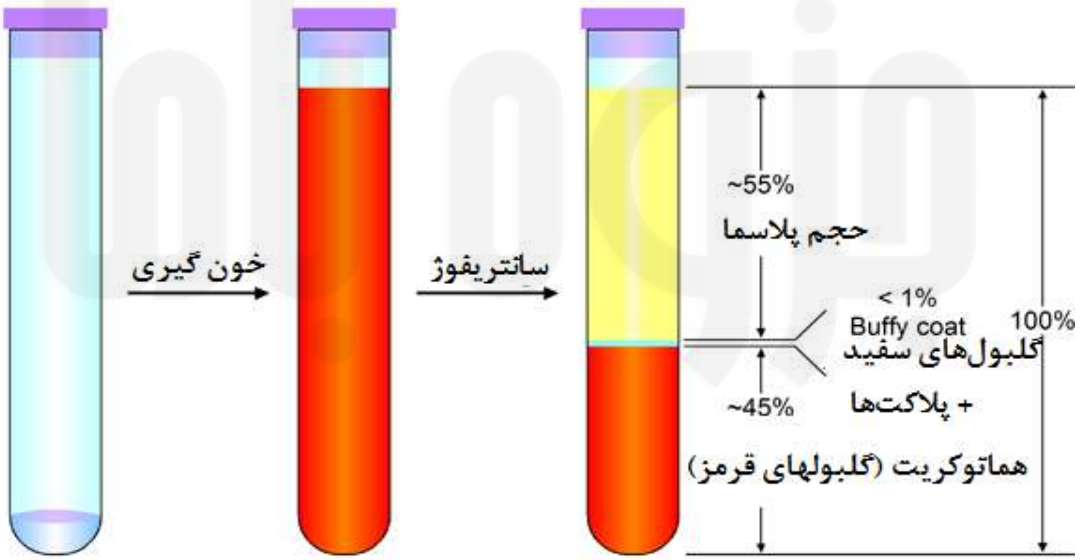
هماتوکریت خون (**Hematocrit**) عبارت از نسبت درصد گویچه‌ها در خون است. مثلا هر گاه هماتوکریت شخص ۴۰ باشد منظور آن است که ۴۰ درصد حجم خون را گویچه‌ها و باقیمانده آن را پلاسما تشکیل می‌دهد. حجم پلاکت‌ها و گویچه‌های سفید کمتر از ۱٪ است. هماتوکریت مردان طبیعی بطور متوسط ۴۲ و هماتوکریت زنان طبیعی متوسط ۳۸ است. افزایش تعداد گلبول‌های قرمز در واحد حجم را غلظت خون

Jozvebama.ir

می‌گویند. هموگلوبین در مردان نباید بالاتر از ۱۸ گرم بر دسی لیتر و در زنان فراتر از ۱۶ گرم در دسی‌لیتر باشد .

تداد پلاکتها ۴۰۰–۱۵۰ هزار در هر میکرولیتر خون می‌باشد و عمر آن‌ها ۸ روز تا ۱۱ روز می‌باشد. تعداد پلاکت‌ها خون کمتر از تعداد ۱۰۰ هزار باشد درصورتیکه ضربه‌ای به دست یا پا بخورد کبود رنگ یا همان بنفش تیره خواهد شد.

مثال) هماتوکریت فردی ۴۵ هست، این به چه معنی است؟(جواب در شکل زیر)



تاثیر پرتوهای یونساز بر بیضه‌ها:

در بیضه اسپرماتوگونی از همه حساس تر و اسپرماتوزوئید نسبتاً مقاوم تر است . به عنوان مثال با یک تابش حدود ۴۰۰ راد به دستگاه تناسلی مردانه سلول های اسپرماتوگونی کشته می شوند ولی ذخیره اسپرماتوزوئید از قبل وجود دارد و به این جهت حدود یک ماه یا بیشتر طول می کشد تا اسپرماتوزوئید دیگر دیده نشود. به طور کلی دز حدود ۳۰۰ راد در جنس مذکر حالت عقیمی موقت و دز ۶۰۰ راد به بالا عقیمی پایدار به وجود می آورد.

تاثیر پرتوهای یونساز بر تخمدان‌ها :

تخمدان ها از بیضه ها نیز به پرتوهای یونساز حساس تر هستند زیرا تعداد سلول های زاینده آنها کمتر است. تابش پرتو با دز حدود ۶۰۰-۳۰۰ راد به تخمدان ها می تواند عقیمی موقت در زنان زیر ۵۰ سال و یا عقیمی دائمی در زنان بالای ۵۰ سال ایجاد نماید. خانم ها در سنین نزدیک یائسگی حساستر هستند به طوری که ۳۰۰ راد به احتمال زیاد آنها را بطور دائمی عقیم کند اما در سنین پایین تر دز عقیمی به حدود ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ راد می رسد.

اثرات پرتو در دوران جنینی :

جنین در ۴ هفته اول رشد به پرتوهای یونساز بسیار حساس است. یک صدمه کوچک و جزئی ایجاد شده در طول مدت رشد جنین تبدیل به یک آنومالی اصلی بزرگ می گردد . تشخیص اثرات پرتو در جنین هم مشکل است زیرا ۳٪ بچه ها به طور طبیعی هنگام تولد آنومالی نشان می دهند . به طور کلی پرتوهای یون ساز در جنین می تواند اثرات سقط جنین و عقب ماندگی و احتمالا لوسمی و ایجاد فتق و نقص کلیه و ناموزون بودن دندان ها و ناهنجاری های اسکلتی و کوتاهی قد و ناقص الخلقه بودن را بنمایند. در ضمن بعضی از ناقص الخلقه ها ممکن است به طور طبیعی اتفاق بیافتد که غیر قابل تشخیص از اثرات پرتو است همچنین در برخی موارد سقط جنین ممکن است در اثر مسئله پرتو نباشد بلکه در نتیجه بهم خوردن تعادل هورمونال ناشی از پرتو دیدگی رخ دهد . دستگاه ها و اعضاء مختلف جنین مخصوصا سلسله اعصاب مرکزی ، چشم و نسوج مزانشیم (بافت پیوندی) بیشتر از افراد بالغ حساس به پرتو می باشند.

راههای مقابله با پرتوگیری خارجی (چشمه پرتو در بیرون بدن قرار دارد)

۱- کاهش زمان حضور در مقابل چشمه پرتو
۲- فاصله گرفتن از منبع تولید پرتو
۳- قرار دادن حفاظ بین بدن و چشمه تولید پرتو

الف- کاهش زمان حضور در مقابل چشمه پرتو:

هرچقدر کمتر در مقابل پرتو قرار گیریم، صدمات وارده کمتر می‌شود.

مثال) یک نفر در آزمایشگاه دوز زیستی با آهنگ $1.5\ \mathrm{rem/h}$ دریافت می‌کند. برای آنکه دوز دریافتی او از $100\ \mathrm{mrem} = 0.1\ \mathrm{rem}$ تجاوز نکند، چند دقیقه باید کار کند؟

$$\dot{D}_B = \frac{\Delta D_B}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta D_B}{\dot{D}_B} = \frac{0.1\ \mathrm{rem}}{1.5\ \mathrm{rem/h}} = 0.0666\ \mathrm{h} = 4\ \mathrm{min}$$

مثال) پرتوکاری در هر روز بمدت $2\mathrm{h}$ دوز زیستی با آهنگ $0.02\ \mathrm{mSv/h}$ دریافت می‌کند. او در هر روز چقدر دوز زیستی دریافت می‌کند؟

$$\dot{D}_B = \frac{\Delta D_B}{\Delta t} \rightarrow \Delta D_B = \dot{D}_B \times \Delta t = \left(0.02\frac{\mathrm{mSv}}{\mathrm{h}}\right)(2\mathrm{h}) = 0.04\mathrm{mSv}$$

ب-فاصله گرفتن از منبع تولید پرتو:

هر چقدر از چشمه تولید پرتو فاصله بگیریم، صدمات وارده کمتر خواهد بود. قانون عکس مجذور فاصله با تقریب خوبی صادق است. اگر فاصله 2 برابر شود، خطر $\frac{1}{4}$؛ اگر فاصله 3 برابر شود، خطر $\frac{1}{9}$ و ... می‌شود یعنی اگر دوز زیستی در فاصله $1m$ از چشمه پرتو برابر $100\ rem$ باشد در فاصله $2m$ برابر $25\ rem$ ، در فاصله $5m$ برابر $4\ rem$ و ... خواهد بود. برای جابجایی چشمه‌های رادیواکتیو در آزمایشگاه بهتر است آنها را با انبرهای دسته دراز جابجا کنند تا خطرات زیستی کمتری متوجه آزمایشگران شود.

ج- قرار دادن حفاظ بین بدن و چشمه تولید پرتو:

پرتو آلفا که از ذرات باردار تشکیل شده است؛ در اثر برخورد به مولکول‌های هوا انرژی خود را از دست می‌دهد و نمی‌تواند وارد بدن شود. لذا خطر خارجی بحساب نمی‌آید و به حفاظ نیاز ندارد.

Jozvebama.ir

پرتوهای گاما و ایکس امواج الکترومغناطیسی بوده و از فوتونهای خنثی تشکیل شده است و براحتی می‌توانند وارد بدن شوند. پرتو گاما می‌تواند از یک طرف بدن وارد و از طرف دیگر خارج شود و حتی از استخوان نیز می‌گذرد. اشعه ایکس از خون، پوست و بطور کلی از بافت‌های نرم می‌گذرد ولی از استخوان نمی‌گذرد. برای حفاظت بدن در برابر پرتوهای ایکس از ورقه سربی به ضخامت حدود $5\ cm$ یا بالاتر استفاده می‌شود.

نوترون‌ها که از ذرات خنثی تشکیل شده است و خطر خارجی زیادی دارند. برای حفاظت بدن در برابر نوترون‌ها از حفاظ دو لایه‌ای استفاده می‌شود. یک لایه از ماده هیدروژن دار از قبیل پارافین تشکیل شده است (برای حفاظت در برابر نوترون‌ها) و لایه دیگر از سرب تشکیل شده است (برای حفاظت در برابر پرتو گاما زیرا هنگام برخورد نوترون به مواد، پرتو گاما تولید می‌شود)

پرتوهای بتا (منظور بتای منفی) از ذرات باردار تشکیل شده است و براحتی می‌توانند به بدن نفوذ کنند. هنگام برخورد پرتوهای بتا به مواد اشعه ایکس تولید می‌شود. برای حفاظت بدن در برابر پرتو بتا از حفاظ دو لایه‌ای استفاده می‌شود. یک لایه از آلومینیم، کادمیم و یا پلاستیک تشکیل شده است (برای حفاظت در برابر پرتو بتا) و لایه دیگر از سرب تشکیل شده است (برای حفاظت در برابر پرتو ایکس زیرا از برخورد پرتو بتا به مواد، پرتو ایکس تولید می‌شود)

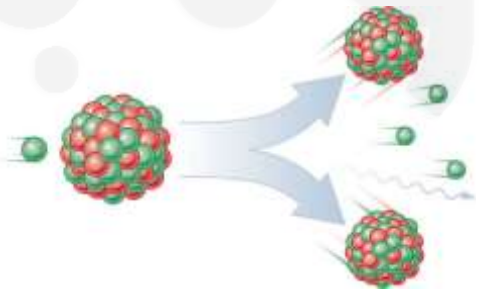
راههای مقابله با پرتوگیری داخلی (چشمه پرتو در داخل بدن قرار دارد)

مواد پرتوزا ممکن است از طریق تزریق، خوراکی، تنفس، زخم، نوشیدنی و ... وارد بدن شود و بدن را از درون تحت تاثیر قرار دهد. تا زمانیکه چشمه پرتوزا در داخل بدن قرار دارد؛ بدن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تنها راه مقابله با پرتوگیری داخلی دفع سریع آن از بدن می‌باشد. دفع یک ماده رادیواکتیو از بدن از طریق ادرار، بازدم، عرق، بزاق و مدفوع امکان پذیر است. پس از اینکه تمام اقدامات لازم جهت کنترل آلودگی هوا به مواد پرتوزا انجام شد، باز لازم است که هر فرد جهت رعایت بهداشت و حفظ سلامتی خود از روشها و وسایل خاص استفاده کند و از ورود مواد پرتوزا به بدنش جلوگیری کند. بهترین وسیله برای جلوگیری از ورود مواد پرتوزا به بدن از راه استنشاق استفاده از 'ماسکهای مخصوص' است. برای جلوگیری از ورود مواد پرتوزا به بدن از راه دهان باید خوردن و آشامیدن در محیط کار اکیدا ممنوع باشد. همچنین توصیه شده که در محلهای آلوده باید از انجام هر عملی که احتمالا موجب انتقال آلودگی به دهان می شود، مانند سیگار کشیدن و حتی استفاده از تلفن در محل کار خودداری شود.

تسلیحات هسته‌ای مرگبار

در سال ۱۹۳۰، یک فیزیکدان ایتالیایی به نام انریکو فرمی، نشان داد که اجزاء می توانند در معرض بمباران نوترونی به عناصر جدیدی تبدیل شوند . در سال ۱۹۳۹ میلادی شیمیدانی آلمانی به نام پل هارتک از استادان دانشگاه هامبورگ به کاربرد نظامی انرژی هسته‌ای پی برد. وی در ۲۴ فوریه ۱۹۳۹ امکان استفاده از انرژی هسته‌ای به عنوان یک سلاح با توان تخریبی نا محدود را طی نامه‌ای به وزارت جنگ در برلین اطلاع داد. بدنبال این امر گروهی برای تحقیق در این رابطه تشکیل شد ولی آنها موفق به ساخت تسلیحات هسته‌ای نشدند. آلبرت انیشتین طی نامه معروف خود به روزولت رئیس‌جمهور وقت آمریکا خطر دستیابی آلمان به تولید بمب اتمی را گوشزد کرد. متعاقب این اخطار روزولت دستور ایجاد پروژه منهتن با هدف تحقیق در این رابطه و تولید بمب اتمی را با همکاری کشور انگلستان و فرانسه صادر کرد. تیم آمریکایی به سرپرستی فیزیکدان برجسته، رابرت اوپنهایمر موفق به ساخت عملی اولین بمب هسته‌ای شد که در ۱۶ ژوئیه ۱۹۴۵ در ناحیه‌ای موسوم به ترینیتی در نیومکزیکو آزمایش شد. در ۶ اوت ۱۹۴۵، بمب افکن اسکادران ۵۰۹ نیروی هوایی آمریکا موسوم به Enola Gay(که اکنون در موزه‌ای در واشینگتن نگهداری می‌شود)، از پایگاهی در جنوب اقیانوس آرام به پرواز درآمد و در ساعت ۸:۱۵ دقیقه به وقت محلی، بمب موسوم به **پسر کوچک** را بر شهر هیروشیما ژاپن منفجر ساخت و بدین ترتیب **نام کشور ایالات متحده آمریکا را به عنوان اولین کشور دارنده و استفاده‌کننده از سلاح اتمی در تاریخ بشریت ثبت نمود.**

این بمب که در طراحی آن از ۶۴ کیلوگرم اورانیوم ۲۳۵ استفاده شده بود، از ارتفاع ۹۶۰۰ متری رها شد و در ارتفاع ۵۸۰ متری سطح زمین با شدتی معادل با انفجار ۱۵ هزار تن TNT (1.5×10^{13}cal) منفجر شد در اثر بمباران هیروشیما تا پایان سال ۱۹۴۵ حدود ۱۴۰ هزار نفر و در فاصله سالهای ۱۹۴۶ تا ۱۹۵۱ حدود ۶۰ هزار نفر جان باخته‌اند. سطح دایره مرگ و نیستی ۳/۵ کیلومتر مربع و سطح ناحیه مجروحین حدود ۷/۵ کیلومتر مربع است، در کل از حدود ۹۰ هزار ساختمان ، ۶۰ هزار ساختمان به کلی یا عمدتا ویران شد



۳ روز بعد در ۹ اوت انفجار بمب مرد چاق حاوی ۱۰ کیلوگرم پلوتونیم ۲۳۹ در ارتفاع ۵۰۰ متری شهر ناکازاکی ژاپن موجب کشتار ۴۰ هزار انسان بی‌گناه شد. این بمب که از پلوتونیوم به عنوان ماده شکافت پذیر استفاده می‌کرد، انفجاری به شدت ۲۱ کیلوتن TNT (2.1×10^{13}) ایجاد کرد. بمباران ناکازاکی هدف اصلی ارتش ایالات متحده آمریکا نبود زیرا هواپیمای بی ۲۹ دیگر جزیره تینیان را با هدف بمباران شهر صنعتی ککورا ترک کرد. هوا در ککورا تمام ابری و دید بسیار اندک بود. هواپیما سه بار منطقه را دور زد تا دید مناسبی پیدا کند اما فایده‌ای نداشت. نگرانی از کم آمدن سوخت برای گشت زدن بیشتر روی ککورا خلبان را بسوی دومین هدف از پیش تعیین شده خود، یعنی ناکازاکی راهی کرد.

مهمترین اهداف آمریکا:

۱- آزمایش بمب هسته‌ای، قدرتنمایی در برابر رقبا بویژه شوروی سابق و توان نابودی اهداف نظامی و غیرنظامی.

۲- پایان بخشیدن به جنگ جهت جلوگیری از پیشروی ارتش سرخ به سمت غرب.

۳- وادار کردن ژاپن به تسلیم. در هشتم مه ۱۹۴۵ میلادی جنگ در اروپا تمام شده بود ولی ژاپن همچنان سرسختانه مقاومت می‌کرد.

۵ روز بعد از بمباران ناکازاکی یعنی در ۱۴ اوت ژاپن دست از جنگ کشید، هیروهیتو در پیامی رادیویی در ۱۵ اوت پایان یافتن جنگ را به مردم ژاپن اعلام کرد و در دوم سپتامبر ۱۹۴۵ میلادی تسلیم نامه ژاپن بر عرشه رزم ناو میسوری در خلیج توکیو امضا شد .بعدها آمریکاییها اعلام کردند که در آن زمان جز آن دو بمبی که بکار برده بودند بمب اتمی دیگری آماده استفاده نداشته‌اند! به هر حال بمباران هیروشیما و ناکازاکی قدرت انفجار هسته‌ای را به جهان شناساند و این پرسش همیشه باقی خواهد ماند که آیا برای قدرت نمایی راهی جز بمباران مردم بی گناه نبود!

برای ساخت بمب شکافتی (فیسیونی) مشابه آنچه که آمریکا ژاپن را در جنگ جهانی دوم وادار به تسلیم کرد، به اورانیوم ۲۳۵ و پلوتونیم ۲۳۹ با خلوص بالای ۹۰٪ نیاز است!

بیانیه عوامفریبانه ترومن رئیس جمهور ایالات متحده بعد از بمباران هیروشیما

روز ۹ اوت ۱۹۴۵، «هری ترومن» رییس جمهور آمریکا بیانیه ای رادیویی را از کاخ سفید قرائت کرد. او گفت: «جهانیان توجه خواهد داشت که اولین بمب اتمی بر روی هیروشیما افتاد که پایگاه نظامی بود. این اقدام بدین خاطر بود که ما در این حمله ی اولیه مایل بودیم تا جای ممکن از کشتار غیر نظامیان اجتناب کنیم.» او هیچ به این مسئله اشاره نکرد که پیش از ایراد سخنرانی اش یک بمب اتمی دیگر هم بر سر «ناکازاکی» فرود آمده بود و اهداف بمباران مناطق مسکونی بودند.

Jozvebama.ir

عکس سرباز مصدوم ۲۱ ساله ژاپنی در فاصله ۴۱۶۰ متری محل انفجار هیروشیما

۱- حدود ۳۵ درصد انرژی انفجار هسته‌ای به صورت تشعشعات حرارتی تخلیه می‌شوند .از آنجایی که تشعشعات حرارتی با سرعتی نزدیک به سرعت حرکت نور جابه‌جا می‌شوند، نخستین چیزی که بعد از انفجار هسته‌ای به افراد رسیده و به آن‌ها برخورد می‌کند، یک فلاش خیره‌کننده از نور و گرما است. نور حاصل از این اتفاق که با سرعت به افراد برخورد می‌کند، برای ایجاد مشکلی با نام فلاش بلایندس (Flash Blindness) و یا کوری حاصل از نگاه کردن به برق ترکش اتمی کافی است. فلاش بلایندس در واقع نوعی نابینایی موقتی محسوب می‌شود که تاثیر آن ممکن است حتی تا چند دقیقه طول بکشد.

۲- دما در نزدیکی محل انفجار هسته‌ای رخ داده در شهر هیروشیما، حدود ۳۰۰ هزار درجه سانتیگراد تخمین زده شد. این میزان تقریبا سیصد برابر بیشتر از دمایی است که بدن افراد در زمان خاکستر شدن پیش از تدفین تجربه می‌کند. در این دما تمامی عناصر موجود در طبیعت بخار می‌شود. تا شعاع ۵۰۰ متری مرکز انفجار ، سرامیک خانه‌ها ذوب گردید و تا شعاع ۲ کیلومتری لباسهایی که مردم به تن داشتند، سوختند.

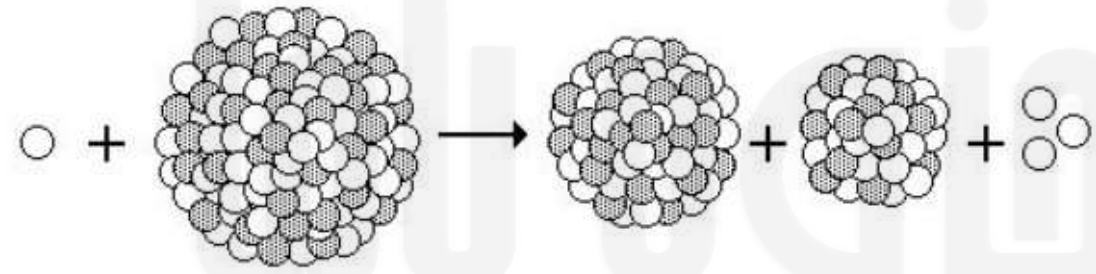
۳- در منطقه انفجار توفان‌های سهمگین با سرعت ۲۵۵ کیلومتر بر ساعت روی می‌دهد. این طوفان فشاری در حدود ۳/۵ اتمسفر بر دیوار ساختمان‌ها و تاسیسات وارد می‌کند و آنها را ویران می‌کند. در فاصله ۱۶۰۰ متری ، سرعت توفان ۳۰۵ کیلومتر بر ساعت بوده که ساختمانهای آجری را در هم می‌شکند.

۴- اگر فردی در فاصله دورتری تحت تاثیر تشعشعات انفجار هسته‌ای قرار گیرد و جان سالم هم ببرد ممکن است DNA فرد صدمه دیده باشد و آثار به نسل‌های بعدی منتقل شود و در آنها بروز کند.

۵- بعد از انفجار تابش های گاما و نوترونی تأثیرهای زود هنگام ، میان هنگام و دیر هنگام فاجعه باری بر جای می‌گذارند. اگر کسی در پناهگاهی از گرما و موج انفجار در امان مانده باشد، تا شعاع ۱۰۰متر ظرف چند ساعت و تا شعاع ۸۰۰ متر در کمتر از ۳۰ روز در اثر تابش جان می‌بازد. حتی کسانی که در یکصد ساعت نخست پس از انفجار به منطقه‌ای به شعاع هشت صد متری مرکز انفجار وارد شده‌اند از تابش های ذرات رادیواکتیو پخش شده در محل به شدت آسیب می‌بینند.

انواع بمب‌های هسته‌ای

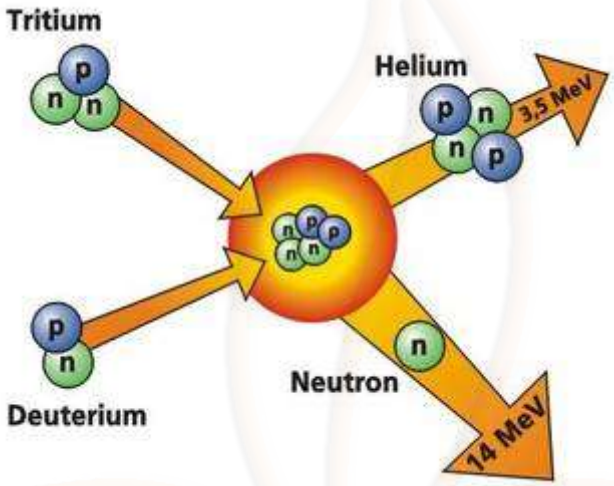
۱- بمب‌های شکافتی: دو بمبی که آمریکا با آن شهرهای هیروشیما و ناکازاکی را مورد هدف قرار داد، از نوع شکافتی بودند. قدرت این نوع بمب از دو بمب هسته‌ای دیگر کمتر است.



$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + Energy $$

۲- بمب هیدروژنی: اولین بمب هیدروژنی واقعی در اول نوامبر ۱۹۵۲ توسط آمریکا در اقیانوس آرام آزمایش شد. یک سال بعد اتحاد جماهیر شوری سابق نیز این بمب را آزمایش کرد.قدرت این بمب‌ها از قدرت بمب‌های شکافتی

بمراتب بیشتر ولی از دو بمب‌های نوترونی کمتر است. بمب تزار (به روسی: Царь-бомба) نام مستعار بمب هیدروژنی AN602 و قوی‌ترین بمب اتمی آزمایش شده با قدرت ۵۰ مگاتن تی.ان.تی است. روسها این بمب را در سال ۱۹۶۱ برای اثبات قدرت و فناوری برتر خود در برابر حریف آمریکایی ساختند و پروژه ساخت آن از ژوئیه همان سال با درخواست شخص نیکیتا خروشچف آغاز شد.



این بمب از ارتفاع ۱۰۵۰۰ متر رها و در ارتفاع ۳۵۰۰ متری منفجر شد. بعد از انفجار قارچی اتمی تشکیل شد که ۶۴ کیلومتر ارتفاع و ۴۰ کیلومتر عرض داشت و تا ۱۰۰۰ کیلومتری با چشم غیر مسلح قابل مشاهده بود! این بمب تمامی موجودات زنده را تا شعاع ۱۰۰ کیلومتری بخار می‌کند.

۳- بمب نوترونی: پدر این بمب ساموئل کوهن آمریکایی است که در سال ۱۹۵۸ ساخت آن را اعلام کرد.با برداشته شدن محفظه اورانیومی بمب هیدروژنی باعث آزاد شدن نوترون‌ها می‌شود. این نوترون‌ها می‌توانند در مسافت‌های طولانی حرکت کنند و به درون ساختارهای محافظت شده نیز راه یابند.اساس کارکرد این بمب بر فشار و موج حرارتی استوار است که انرژی بسیار زیادی را در قالب تشعشعات نوترونی منتقل می‌کند. این بمب بر اساس میزان فشردگی آن می‌تواند از یک دقیقه تا یک هفته انسان‌ها را به کام مرگ بکشاند. این در حالی است که آسیبی به ساختمان‌ها و اشیا وارد نمی‌شود. یک روز پس از انفجار این بمب منطقه محل انفجار می‌تواند بدون خطر مورد استفاده قرار گیرد.

Jozvebama.ir

بمب‌های افتاده بر سر مردم بی‌گناه هیروشیما و ناکازاکی، تنها نمونه‌هایی از استفاده از بمب هسته‌ای هستند و اکنون واقعیتی تلخ‌تر از آن‌ها نیز وجود دارد. متاسفانه اکنون در سراسر جهان حدود ۱۵ هزار کلاهک اتمی وجود دارند و قدرت بسیاری از آن‌ها، غیر قابل مقایسه با کلاهک‌های استفاده شده در جنگ جهانی دوم است؛ با پیشرفت علم فیزیک، اکنون قدرت بمب اتمی چندین برابر قبل شده است. روسیه دارای بیشترین تسلیحات هسته‌ای در جهان (۴۳۰۰سلاح) و آمریکا با داشتن ۴۰۰۰ سلاح دومین دارنده تسلیحات هسته‌ای است. از حدود ۱۵۰۰۰ سلاح هسته‌ای ۹۴۰۰ عدد آن کاربرد نظامی دارند. بقیه سلاح‌ها از رده خارج شده‌اند و در حال نابود شدن هستند. تقریباً ۴۰۰۰ سلاح اتمی آماده کار موجود است که ۱۸۰۰ عدد از آن‌ها قابل استفاده فوری هستند. به این ترتیب با شروع یک جنگ هسته‌ای چه بر سر دنیا خواهد آمد؟

پیمان منع گسترش جنگ افزارهای هسته‌ای

پیمان منع گسترش جنگ افزارهای هسته‌ای (Nuclear Non – Proliferation Treaty) یا NPT در دوران جنگ سرد، در ژانویه ۱۹۶۷ برابر با ۱۳۴۷ به صورت محدود بین چند کشور جهان منعقد شد. این پیمان کشورهای جهان را به دو طبقه برخوردار (کشورهای دارای حق برخورداری از سلاح هسته‌ای) و غیربرخوردار (کشورهای فاقد حق برخورداری از سلاح هسته‌ای) تقسیم می‌کند. بموجب این پیمان باید کشورهای دارای سلاح هسته‌ای نباید بطور مستقیم یا غیرمستقیم به کشورهای غیربرخوردار در راه تحصیل این سلاح کمک کنند و کشورهای غیربرخوردار متعهد می‌شوند تا در این راه تلاش نکنند، هر چند به موجب ماده ۴ برخوردارها متعهد شده‌اند که فناوری هسته‌ای صلح آمیز را در اختیار غیر برخوردار قرار دهند. ایران قبل از انقلاب در سال ۱۳۳۷ (۱۹۵۸)، به عضویت آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (I.A.E.A) درآمد و در سال ۱۳۴۷ (۱۹۶۸)، پیمان عدم تکثیر سلاح‌های هسته‌ای (N.P.T) را امضاء کرد و در سال ۱۳۴۹ (۱۹۷۰)، آن را در مجلس شورای ملی به تصویب رساند.

جمهوری اسلامی ایران و انرژی هسته‌ای

آمریکا در سال ۱۳۴۶ (۱۹۶۷)، اولین رآکتور تحقیقاتی ۵ مگاواتی آب سبک را به ایران فروخت و شرکت آمریکایی ای‌ام‌اف (به انگلیسی: American Machine and Foundry)، این رآکتور را در دانشگاه تهران نصب و راه‌اندازی کرد. راکتور دانشگاه تهران به اورانیم با خلوص ۲۰٪ کار نیاز دارد. راکتور دانشگاه تهران علاوه بر جنبه‌های آموزشی در زمینه تابش دهی و تولید رادیوداروها فعال است. این قرارداد ساخت نیروگاه اتمی بوشهر در سال ۱۳۵۳ (نوامبر ۱۹۷۴) بین ایران و یک شرکت آلمانی **تابعه شرکت زیمنس**

Jozvebama.ir

منعقد شد. بعد از پیروزی انقلاب غربی‌ها کارشکنی کردند و به تعهدات خود عمل نکردند. در طول جنگ ایران و عراق تأسیسات موجود چندین بار مورد حمله هوایی عراق قرار گرفت و آسیب‌هایی به تجهیزات و ساختمان‌های موجود وارد شد. بالاخره در سال ۱۳۷۴ قراردادی میان ایران و روسیه برای تکمیل آن به امضاء رسید. تکمیل نیروگاه تا شهریور ۱۳۹۰ طول کشید. در این سال نیروگاه بوشهر تولید برق را آغاز کرده و با توان ۷۰۰ مگاوات (۱۶ برابر ظرفیت توان نیروگاه سد ارس و ۳۲ برابر سهم تایران از آن) فعالیت می‌کند. **نیروگاه اتمی بوشهر با اورانیم ۵٪ کار می‌کند.**

دین اسلام به حیات انسان‌ها و سایر موجودات ارزش زیادی قائل است. از این رو اسلام واقعی مخالف تولید و بکارگیری تسلیحات هسته‌ای، میکروبی و شیمیایی **است.** متن فتوای حضرت آیت الله خامنه ای شخص اول و فرماندهی معظم کل قوا که در تاریخ ۲۱ آذرماه ۱۳۸۹ صادر شده است این مهم را بخوبی تبیین می‌کند:

به اعتقاد ما افزون بر سلاح هسته‌ای، دیگر انواع سلاح‌های کشتار جمعی، نظیر سلاح شیمیایی و سلاح میکروبی نیز تهدیدی جدی علیه بشریت تلقی می‌شوند. ملت ایران که خود قربانی کاربرد سلاح شیمیایی است، بیش از دیگر ملت‌ها خطر تولید و انباشت این گونه سلاح‌ها را حس می‌کند و آماده است همه‌ی امکانات خود را در مسیر مقابله با آن قرار دهد. ما کاربرد این سلاح‌ها را حرام، و تلاش برای مصونیت بخشیدن ابناء بشر از این بلای بزرگ را وظیفه‌ی همگان می‌دانیم.

We believe that besides nuclear weapons, other types of weapons of mass destruction such as chemical and biological weapons also pose a serious threat to humanity. The Iranian nation which is itself a victim of chemical weapons feels more than any other nation the danger that is caused by the production and stockpiling of such weapons and is prepared to make use of all its facilities to counter such threats. We consider the use of such weapons as haraam and believe that it is everyone's duty to make efforts to secure humanity against this great disaster.

برجام

برنامه جامع اقدام مشترک یا برجام Joint Comprehensive Plan of Action یا توافق هسته ایران یا توافق ایران یا توافق جامع و نهایی هسته‌ای وین در راستای توافق جامع بر سر برنامه هسته‌ای ایران و به دنبال تفاهم هسته‌ای لوزان، در سه‌شنبه ۲۳ تیر ۱۳۹۴ (۱۴ ژوئیه ۲۰۱۵) در وین اتریش بین ایران، اتحادیه اروپا و گروه ۵+۱ (شامل چین، فرانسه، روسیه، انگلستان، ایالات متحده آمریکا و آلمان) منعقد شد. بر اساس این توافق، ایران ذخایر اورانیم غنی شده متوسط خودش را پاکسازی خواهد کرد و ذخیره‌سازی اورانیوم با غنای کم را تا ۹۸ درصد قطع می‌کند، تعداد سانتریفیوژها را حدود دوسوم و حداقل به مدت ۱۵ سال کاهش می‌دهد. ۱۵ سال بعد، ایران موافقت کرده‌است که اورانیوم را بیش از ۳٫۶۷درصد غنی‌سازی نکند یا تأسیسات غنی‌سازی اورانیوم جدید یا رآکتور آب‌سنگین جدیدی را نسازد. فعالیت‌های غنی‌سازی اورانیوم به مدت ۱۰ سال به یک تک ساختمان که از سانتریفیوژهای نسل اول استفاده می‌کند محدود خواهد بود و ...در ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۷ خورشیدی، دونالد ترامپ رئیس‌جمهور ایالات متحدهٔ آمریکا رسماً از برجام خارج و بازگشت تحریم‌های ظالمانه به صورت گذشته را اعلام کرد. در شبانگاه ۱۵ دی ۱۳۹۸، دولت حسن روحانی نیز پس از چهار مرحله کاهش تعهدات خود، طی بیانیه ای گام پنجم و نهایی کاهش تعهدات ایران در برجام را اعلام کرد. مطابق این بیانیه، جمهوری اسلامی ایران دیگر با هیچ محدودیتی در حوزه عملیاتی (شامل ظرفیت غنی سازی، درصد غنی سازی، میزان مواد غنی شده، و تحقیق و توسعه) مواجه نیست.

Jozvebama.ir

جزوه باما

دانلود جزوات ، نمونه سوالات
و پاورپوینت های دانشگاهی

Jozvebama.ir

Jozvebama.ir