

پرتوزایی به کمک تصویر

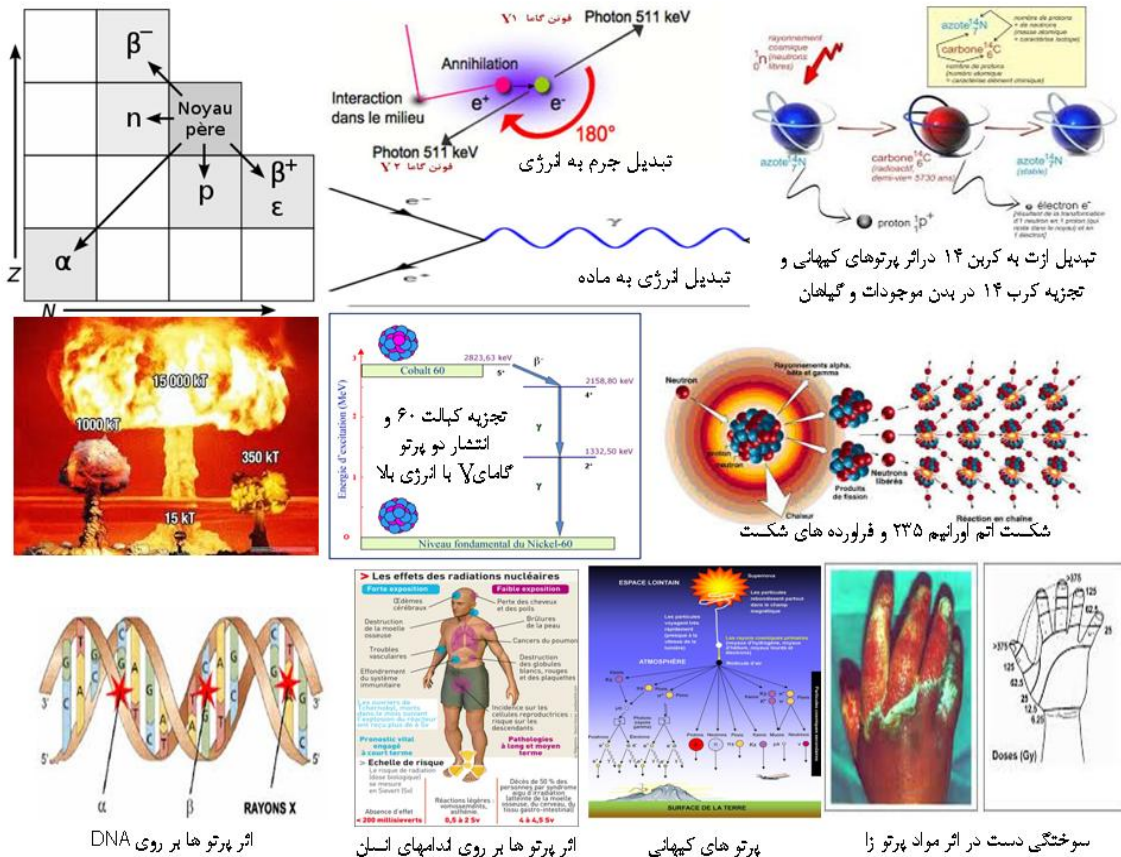
نوشته ای از

دکتر علی افضل صدیقی

در این نوشته که شامل پانزده بخش است، ابتدا تاریخچه شناخت مواد پرتو زا را آورده و سپس دلیل پایداری عناصر طبیعی که می شناسیم، و یا ناپایداری برخی از ایزوتوپ ها که به آنها رادیو ایزوتوپ و یا مواد پرتو زا می گویند را تشریح کرده ام. انواع مختلف پرتو زایی را مطرح کرده و نیز کار برد آنها را در پزشکی خواه برای تشخیص و یا مداوا آورده ام. این نوشته به نحوی تدوین شده که با نگاه به تصویرها می توانید مطالب بسیار پیچیده رادیو اکتیویته یا پرتو زایی را به راحتی از خلال تصویرها بشناسید. ونیز کاربرد این مواد را در پزشکی و صنعت ببینید. در تصویرهای زیر نمونه کوچک شده برخی از تصویرها را مشاهده می کنید.

برای شناخت سایر انتشارات و تماس با نگارنده به وبسایت مراجعه کنید.

[/http://www.aliafzalsamadi.ir](http://www.aliafzalsamadi.ir)



اثر پرتو ها بر روی DNA

اثر پرتو ها بر روی اندامهای انسان

پرتو های کیهانی

سوختگی دست در اثر مواد پرتو زا

بخش اول

الف) پرتوزایی یا رادیو اکتیویته: پدیده رادیو اکتیویته یا پرتوزایی نخستین بار در 1896 به وسیله هانری بکرل کشف شد. این فیزیک دان فرانسوی که پرتوهای ایکس را مطالعه و اثر آنها را بر روی مواد مختلف به کمک کلیشه های عکاسی بررسی می کرد. به طور تصادفی متوجه شد که برخی از فیلمهای عکاسی در کشوی میزی که در آن سنگ معدن اورانیم قرار داشته نور دیده اند.

در تاریخ علم بارها تصادفاتی پیش آمده که دانشمندان را به تفکر وا داشته است. رونتگن کاشف پرتو ایکس در واقع به دنبال کشف پرتو ایکس نبود و به طور تصادفی آنرا شناخت، بگرل هم در پی کشف پرتوزایی نبود و به طور تصادفی دید که فیلمهای عکاسی اش نور دیده اند و متوجه پرتو افشانی سنگ معدن اورانیم شد. نیوتن هم افتادن سیب را دید و متوجه نیروی ثقل شد، ککوله شب خواب دید اتم های کربن موجود در بنزن مانند ماری که دم خود را گاز می گیرند گرد هم جمع شده اند و از آنجا حلقه بنزنی را تشخیص داد. و بسیاری مثالهای دیگر. این اکتشافها را تصادفی می نامیم، ولی دانشمندانی که چنین بخت و اقبال عظیمی داشته اند شرایط رسیدن به آن را در خود جمع کرده و به دنبال حقایق پنهانی جهان بودند. از هنگامی که پرتو ایکس کشف شد و پرتوزایی عناصر شناخته شد و یا از روزی که به نیروی ثقل پی بردیم و مکان خود را در جهان شناختیم و یا از زمانی که متوجه شدیم هیدرو کربورهای حلقوی و معطر از حلقه های بنزن به وجود آمده و . و. زندگی بشر در اثر این اکتشافها، شاید به اندازه کشف تصادفی آتش به وسیله انسانهای نخستین، تحول یافته است. به کمک پرتوهایی که از ماده منتشر می شود، چه بسیار بیمارها که شفا یافته اند و یا کاربرد پرتوهای پر انرژی چه بسیار افراد بشر را از مرگ نجات داده و یا منجر به مرگ آنها شده است! شناخت منظومه شمسی و شناخت جهان تا چه حد دید ما را از دنیا عوض کرده و باورهای خرافی را از ما دور کرده است! پیر و ماری کوری با زحمت فراوان و با هزینه شخصی صدها تن سنگ معدن اورانیم را در انباری که آن را تبدیل به آزمایشگاه خود کرده بودند تخلیص کردند و برای اولین بار متوجه عنصری با عدد اتمی 84 شدند. این عنصر که بسیار ناپایدار بود، نیمی از اتمهایش طی 134 روز تخریب می شد. این تخریب و پرتوهای حاصل از آن، کنجکاو آنها را برانگیخت تا عنصر پدر را که رادیوم بود در توده های تخلیص شده از سنگ معدن اورانیم شناختند. بعدها نام عنصر 84 را به افتخار این کشف مهم ماری کوری، که از اهالی پلوین (لهستان) بود پلونیوم نهادند.

پیر و ماری کوری با تلاش بسیار توانستند از سنگهای معدن اورانیم مقدار لازم از عنصر رادیم را به دست آورند تا به کمک طیف نگار جرمی بتوانند جرم اتمی این رادیو عنصر را که 226 است به دست آورند. نام رادیو اکتیویته که معادل فارسی آن پرتوزایی است از نام عنصر رادیم که برای اولین بار این پدیده در آن شناخته شده بود، گرفته شده است. همانطور که پیش از این گفتم عنصر پرتوزا رادن فرزند رادیم است و تصور کنید چه مقدار پرتوهای رادن و فرزندان رادن به مغز استخوان خانم ماری کوری اصابت کرد، که نهایتاً با سرطان مغز استخوان بر اثر دریافت سالها پرتوهای رادیو اکتیو در سن 67 سالگی از دنیا رفت.

une déficience des cellules souches de la moelle osseuse

پدیده رادیو اکتیویته یا پرتوزایی نخستین بار در ۱۸۹۶ به وسیله هانری بکرل کشف شد. این فیزیک دان فرانسوی که پرتوهای ایکس را مطالعه و اثر آنها را بر روی مواد مختلف به کمک کلیشه های عکاسی بررسی میکرد. به طور تصادفی متوجه شد که برخی از فیلمهای عکاسی در کشوی میزی که در آن سنگ معدن اورانیم قرار داشته نور دیده اند.



هانری بکرل پژوهش درباره پدیده پرتوزایی را به دانشجوی جوانی که رساله دکتری خود را نزد وی تهیه می کرد واگذار نمود، او دختر جوانی از اهالی لهستان بود و ماری اسکلودووسکا نام داشت و چون همسر آقای پیر کوری شد به ماری کوری شهرت یافت.

Henri Becquerel (1852-1908)
 Pierre Curie (1859 – 1906)
 Marie Skłodowska - Curi (1867 - 1934)



در این تصویر سمت راست سنگ معدن اورانیم پچبلند و سلتیور بیسموت و سرب را می بینید
در سمت چپ خانم ماری کوری و همسرش پیر کوری در حال استخراج رادیم از سنگ معدن اورانیم را مشاهده می کنید.

پیر کوری استاد کرسی شیمی و فیزیک در دانشگاه سوربن فرانسه بود. او کاشف پدیده پیزو الکتریسیته بود. (Piezo-électricité فشار بر روی کوارتز اختلاف پتانسیلی الکتریکی در آن ایجاد می کند).

در سال ۱۸۹۵ با ماری اسکلودووسکا ازدواج کرد. در سال ۱۹۰۶ پیر کوری بر اثر تصادف با کامیونی در گذشت و ماری کوری جانشین وی در کرسی شیمی و فیزیک شد. ماری کوری در سال ۱۹۰۳ همراه با همسرش و هانری بکرل برنده جایزه نوبل فیزیک شدند. در سوربن پژوهشهایش را متوجه خواص شیمیایی رادیوم کرد و در سال ۱۹۱۱ جایزه نوبل شیمی را نیز به دست آورد. او اولین دانشمندی است که دو بار جایزه نوبل را دریافت کرده است.

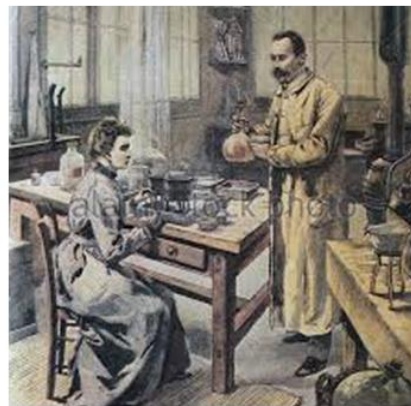
La découverte de la radioactivité



Antoine Henri Becquerel (1852 – 1908)
Prix Nobel de physique en 1903 partagé avec Pierre et Marie Curie



En 1896, Becquerel découvrit la radioactivité par accident, alors qu'il faisait des recherches sur la fluorescence des sels d'uranium.



www.katry.com - CNPQTS

بخش دوم

راديو اکتیویته و یا پرتو زایی را با شناخت عناصر شروع می کنیم. در طبیعت عناصر مختلفی در کوره زرگری ستارگان به وجود آمده است. در تابلو جدول تناوبی عناصر طبیعی و یا مصنوعی 118 عنصر نامگذاری شده ولی تمامی این عناصر در روی زمین نیستند. عملاً از عنصر اورانیوم به عدد اتمی 92 (تعداد پروتونها) به بعد را بشر سنتز (به طور مصنوعی) ساخته است و نیز برخی عناصر دیگر مانند تکنسیم، فرانسیم و رادن نیز در طبیعت وجود ندارند و ناپایدارند. تنها 83 عنصر پایدار از عناصر جدول تناوبی در طبیعت وجود دارد.

عناصر طبیعی و پایدار را با عدد جرمی (مجموع پروتونها و نوترونها) و عدد اتمی تعداد پروتونهای عنصر مشخص می کنند. عناصر پایدار هم می توانند از نظر تعداد نوترون با یکدیگر متفاوت باشند. اتمهای مختلف یک عنصر را ایزوتوپ آن عنصر نامگذاری می کنند. امروزه به کمک طیف نگار جرمی و روشهای جدید جدا کردن ایزوتوپها توانسته اند نسبت در صد کلیه ایزوتوپهای پایدار موجود در طبیعت را به دست آورند. برای 83 عنصر پایدار موجود در روی سیاره زمین، 284 ایزوتوپ پایدار شناخته اند. برخی از عناصر (20 عنصر) تک ایزوتویی هستند، مانند سدیم، آلومینیم، فسفر، طلا و... ولی 63 عنصر دیگر چند ایزوتویی اند. می دانیم که هیدروژن دو ایزوتوپ پایدار دارد هیدروژن سبک و هیدروژن سنگین (دوتریم) و یک ایزوتوپ ناپایدار به نام تریتم: و یا عنصر قلع 11 ایزوتوپ پایدار و عنصر کلر 2 ایزوتوپ پایدار دارند. پایداری و ناپایداری هسته اتمها:

یکی از ویژگیهای اصلی ایزوتوپها، پایداری و یا ناپایداری آنها است. سطح انرژی درونی برخی از ایزوتوپها و یا حتی عناصر ممکن است بالا باشد و همانطور که قبلاً هم اشاره شد تمام مواد و یا ترکیبات و حتی موجودات عالم همواره سعی دارند در سطحی پایین تر از سطح انرژی درونی خود قرار گیرند، در نتیجه تجزیه می شوند. آهن خود بخود در هوای مرطوب اکسید می شود، چون اکسید آهن نسبت به آهن و اکسیژن از نظر انرژی در سطحی پایین تر قرار دارد. زغال یا چوب و یا ملکولهای موجودات زنده در آتش می سوزند و تبدیل به گاز کربنیک و بخار آب می شوند. این مواد یا موجودات بر اثر سوختن به سطح پایین تری از انرژی می رسند. گاز کربنیک و بخار آب، به مراتب پایدار تر از چوب یا زغال یا ملکولهای سازنده بدن ما هستند. این تبدیلات شیمیایی است و ارتباط با آرایش ساختمانی اتم عناصر و یا ملکولهای به وجود آمده از ترکیب عناصر دارد. ولی در

مورد هسته اتمها، تبدیلات در درون هسته اتمها با انتشار پرتوهایی پر انرژی انجام می گیرد.

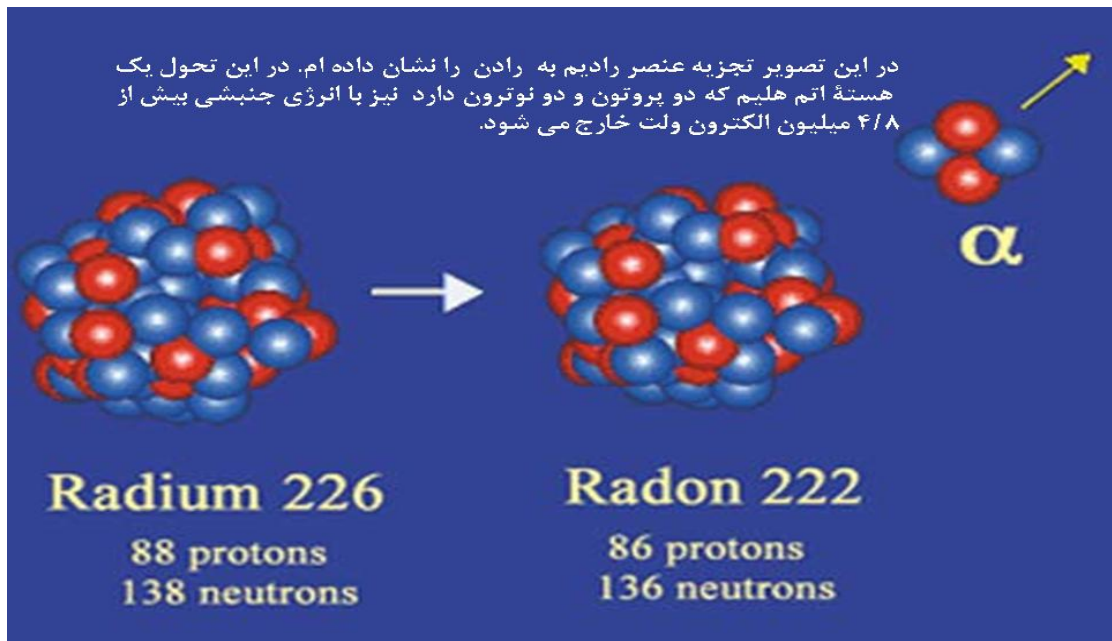
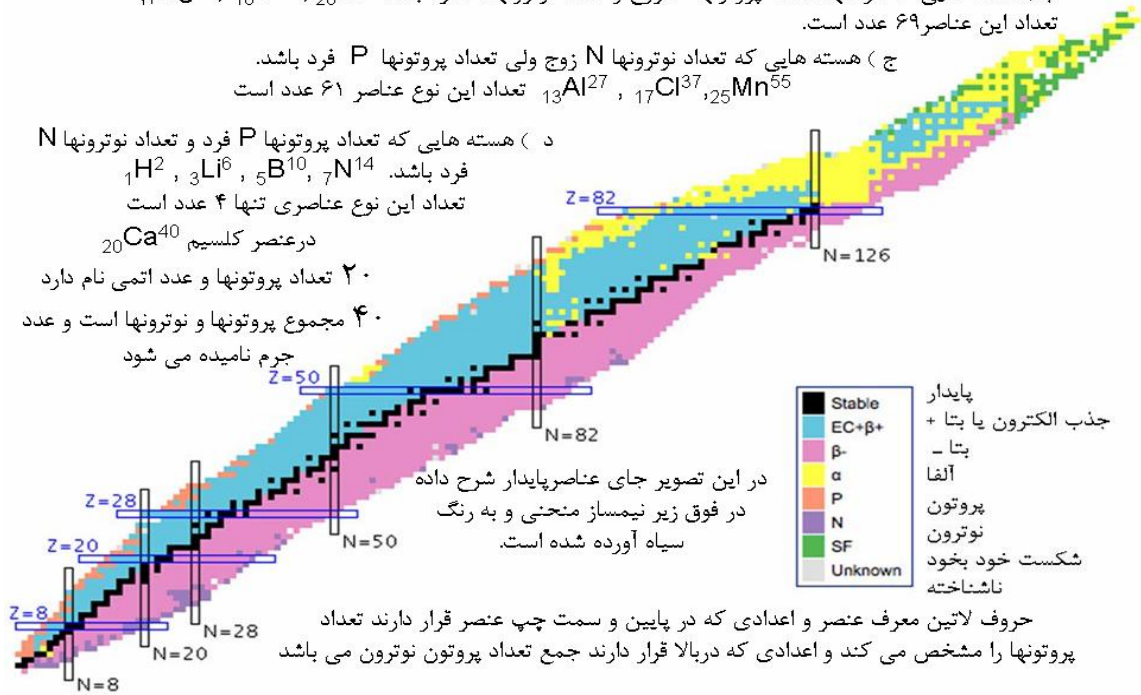
در مورد ایزوتوپهای ناپایدار نیز چنین وضعیتی حاکم است. این ایزوتوپها پرتوهایی از خود منتشر می کنند تا به حالت پایداری، یعنی سطح انرژی پایین تر برسند. گاهی از اوقات ممکن است در برخی از ایزوتوپ های عناصر تعداد نوترونها و یا پروتونها از حد لازم پایداری عنصر بیشتر باشد. در این حال ایزوتوپ ناپایدار است و باید یکی از این ذرات اضافی تبدیل به ذره دیگر شود. برای مثال نوترون تبدیل به پروتون و یا برعکس پروتون تبدیل به نوترون شود.

اگر تعداد پروتونها و نوترونهای تمام عناصر پایدار و یا ایزوتوپهای ناپایدار آنها را بر روی محورهای مختصات ببریم به نحوی که تعداد پروتون هر عنصر در محور عرضها و تعداد نوترونهای مختلف هر عنصر بر روی محور طولها قرار گیرد، ناحیه پایداری عناصر در زیر نیمساز محورهای مختصات قرار خواهد گرفت. زیرا همواره تعداد نوترونها به جز برای چند عنصر سبک، بیشتر از تعداد پروتونها است. ($N \geq Z$) منحنی که در تصویر پیوست دیده می شود نخستین بار توسط سگر (E. Segre (1989 - 1905) تهیه شد و همچون کتاب مقدس برای پژوهشگران فیزیک و شیمی اتمی اهمیت دارد. در این منحنی رنگ مشکی نمودار عناصر و یا ایزوتوپهای پایدار عناصر است که تعداد آنها 287 است. 2852 ایزوتوپ پرتوزا به رنگهای مختلف اند که هر رنگ نمودار نوع تجزیه آنها است. تعداد ایزوتوپهای هر عنصر به صورت خطی موازی محور طولها خواهد بود. نواحی مرکزی این منحنی گسترده تر است و تعداد ایزوتوپهای عناصر واقع در این ناحیه بیشترند، به نحوی که برای عنصری با عدد اتمی 50 خطی بین 60 تا 70 است که معرف 10 ایزوتوپ پایدار است. در بخش بعدی چهار نوع پرتو زایی متفاوت از هم را برایتان خواهیم آورد. پرتو زایی بتای منفی، بتای مثبت، آلفا و جذب الکترونی و اختلاف هر یک از این پرتو زایی را تشریح خواهیم کرد.

الف) هسته هایی که در آنها تعداد پروتونها و نوترونها عدد زوج است مانند:
 ${}_{6}C^{12}$, ${}_{8}O^{16}$, ${}_{16}S^{32}$, ${}_{20}Ca^{40}$;
 ب) هسته هایی که در آنها تعداد پروتونها P زوج و تعداد نوترونها N فرد باشد ${}_{13}Al^{27}$, ${}_{17}Cl^{37}$, ${}_{25}Mn^{55}$, ${}_{16}S^{33}$, ${}_{28}Ni^{61}$, ${}_{12}Mg^{25}$;
 تعداد این عناصر ۶۹ عدد است.

ج) هسته هایی که تعداد نوترونها N زوج ولی تعداد پروتونها P فرد باشد.
 ${}_{13}Al^{27}$, ${}_{17}Cl^{37}$, ${}_{25}Mn^{55}$ تعداد این نوع عناصر ۶۱ عدد است.

د) هسته هایی که تعداد پروتونها P فرد و تعداد نوترونها N فرد باشد.
 ${}_{1}H^2$, ${}_{3}Li^6$, ${}_{5}B^{10}$, ${}_{7}N^{14}$ تعداد این نوع عناصری تنها ۴ عدد است
 در عنصر کلسیم ${}_{20}Ca^{40}$ تعداد پروتونها و عدد اتمی نام دارد
 ۲۰ مجموع پروتونها و نوترونها است و عدد جرم نامیده می شود



بخش سوم

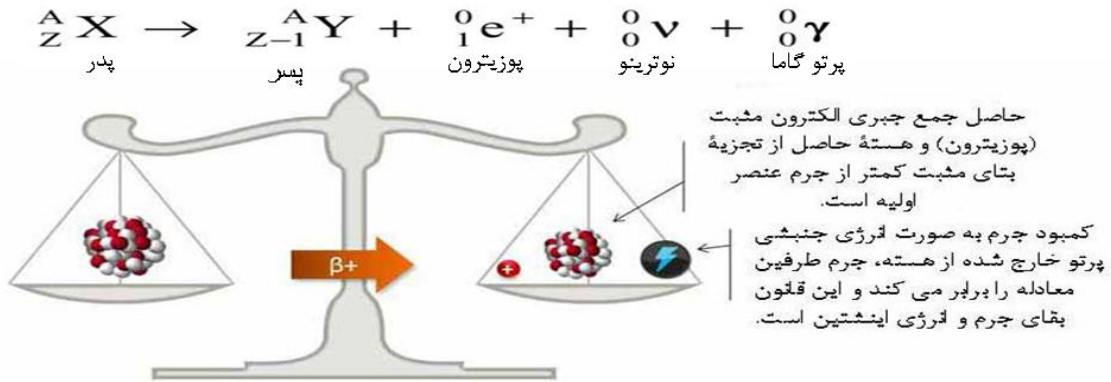
راديو اکتیویته و یا پرتو زایی را ابتدا باشناخت عناصر پایدار شروع می کنیم و سپس دلیل ناپایداری ایزوتوپها و نوع تخریب و فروپاشی آنها را تشریح خواهیم کرد. همانطور که پیش از این گفتیم 83 عنصر به صورت پایدار در طبیعت وجود دارند. 20 عنصر تک ایزوتوپی است و بقیه به دلیل اختلاف در تعداد نوترونها در آنها ایزو توپ ها یی که از نظر شیمیایی خاصیت یکسان با عنصر مربوطه دارند در طبیعت یافت می شوند. باید اضافه کنم دلیل اینکه تعداد نوترونها غالبا بیشتر از تعداد پروتونهای عناصر می باشد. به علت دافعه بار مثبت پروتونها می باشد و نوترونهای اضافی در بین پروتونها پراکنده می شوند تا اثر دافعه بارها را کمتر کند. برای اینکه عنصرهایی با تعداد پروتن زیاد پایدار باشند باید تعداد بیشتری نوترون خنثی (بدون بار) درون عنصر وجود داشته باشد. به نحوی که در خانواده اورانیم تعداد نوترونها تقریبا $1/5$ برابر پروتونها خواهد شد.

برخی از اوقات اضافه بود پروتون سبب ناپایداری عنصر می گردد. در این حال باید یکی از پروتونها تبدیل به نوترون شود. این نوع ناپایداری را راديو اکتیویته بتا + گویند. برعکس زمانی که تعداد نوترونها از تعداد لازم برای پایداری عنصر بیشتر باشد. یکی از نوترونها تبدیل به پروتون می گردد و برای برقراری اصل بقاء بارها باید یک بتای - هم از عنصر خارج شود این نوع راديو اکتیویته را بتای منفی نامند.

برخی از اوقات که تعداد پروتونها بیشتر از ظرفیت عنصر است ناپایداری به وجود می آید و یکی از پروتون های راديو ایزوتوپ، یک الکترون را از قشر الکترونهای اطراف هسته اتم جذب می کند. این نوع راديو اکتیویته را جذب الکترونی نامند. برای تشریح این سه پدیده، چون قادر نیستیم روابط و معادلات را در خود صفحه فیس بوک بیاورم، به مدد تصویرهایی که به کمک پاور پوینت تهیه کرده ام برایتان تشریح خواهیم کرد. و نیز نوع دیگر راديو اکتیویته را که تابش آلفا نام دارد در بخش چهارم خواهیم آورد. اگر دوستان علاقه مند به اطلاعات بیشتر در این زمینه هستند می توانند کتاب انرژی اتمی را که در این باره نوشته ام را از لینک زیر رایگان دانلود کنند.

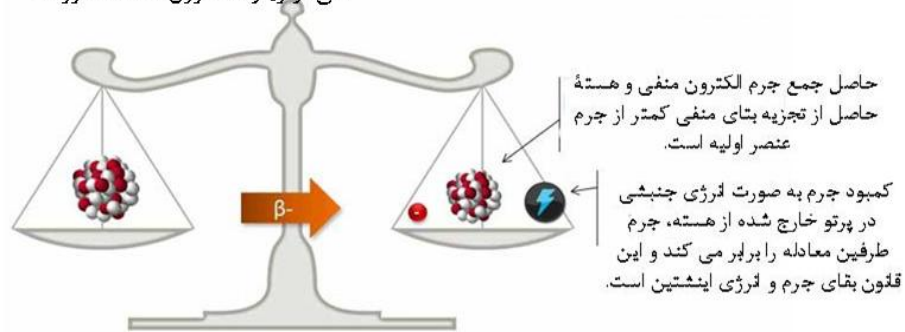
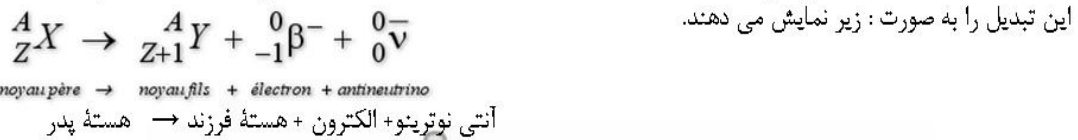
<http://www.aliafzalsamadi.ir/content/Energie%20atomique.pdf>

راديو اکتیویته بتای مثبت در این تحول یک پروتون تبدیل به نوترون می شود و بنا به اصل بقای بارها یک آنتی الکترون یا پوزیترون از هسته خارج می گردد و نیز مقداری انرژی را با خود می برد و یک پرتو نوترینوم از هسته خارج می شود. در این مثال سدیم با عدد اتمی ۱۱ تبدیل به نئون با عدد اتمی ۱۰ می گردد.



U در معادله فوق واحد جرم اتمی است.

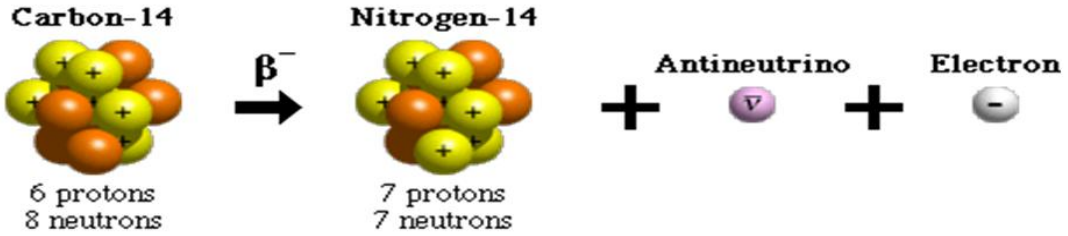
راديو اکتیویته بتای منفی (β^-) در عنصری که تعداد نوترونها بیش از تعداد پروتونها است یک نوترون تبدیل به پروتون می شود و یک پرتو β^- از اتم خارج می گردد. در نتیجه محل عنصر به وجود آمده در جدول تناوبی یک عدد اضافه می گردد.



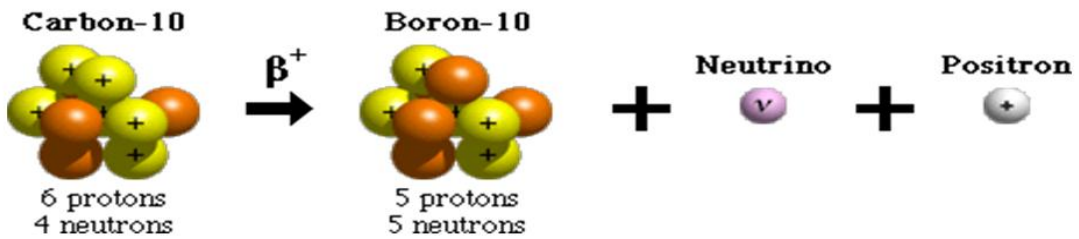
U در رابطه فوق واحد جرم اتمی است.

در این تصویر تجزیه دو نوع ایزوتوپ پرتوزای کربن را به عنوان مثال برای دوستان می آورم رادیو ایزوتوپ کربن ۱۴ که با تابش بتای منفی یعنی الکترون معمولی تخریب می شود و نیز رادیو ایزوتوپ کربن ۱۰ که با نشر بتای مثبت یا پوزیترون که ضد الکترون نیز نامیده می شود تخریب می شود.

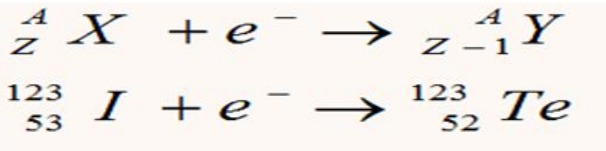
Beta-minus Decay



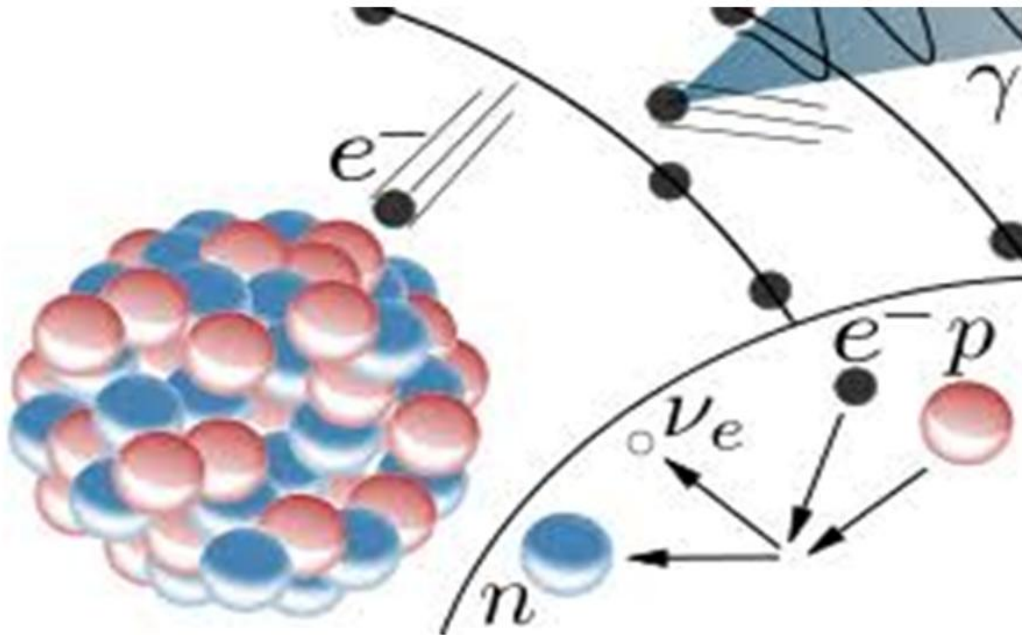
Beta-plus Decay

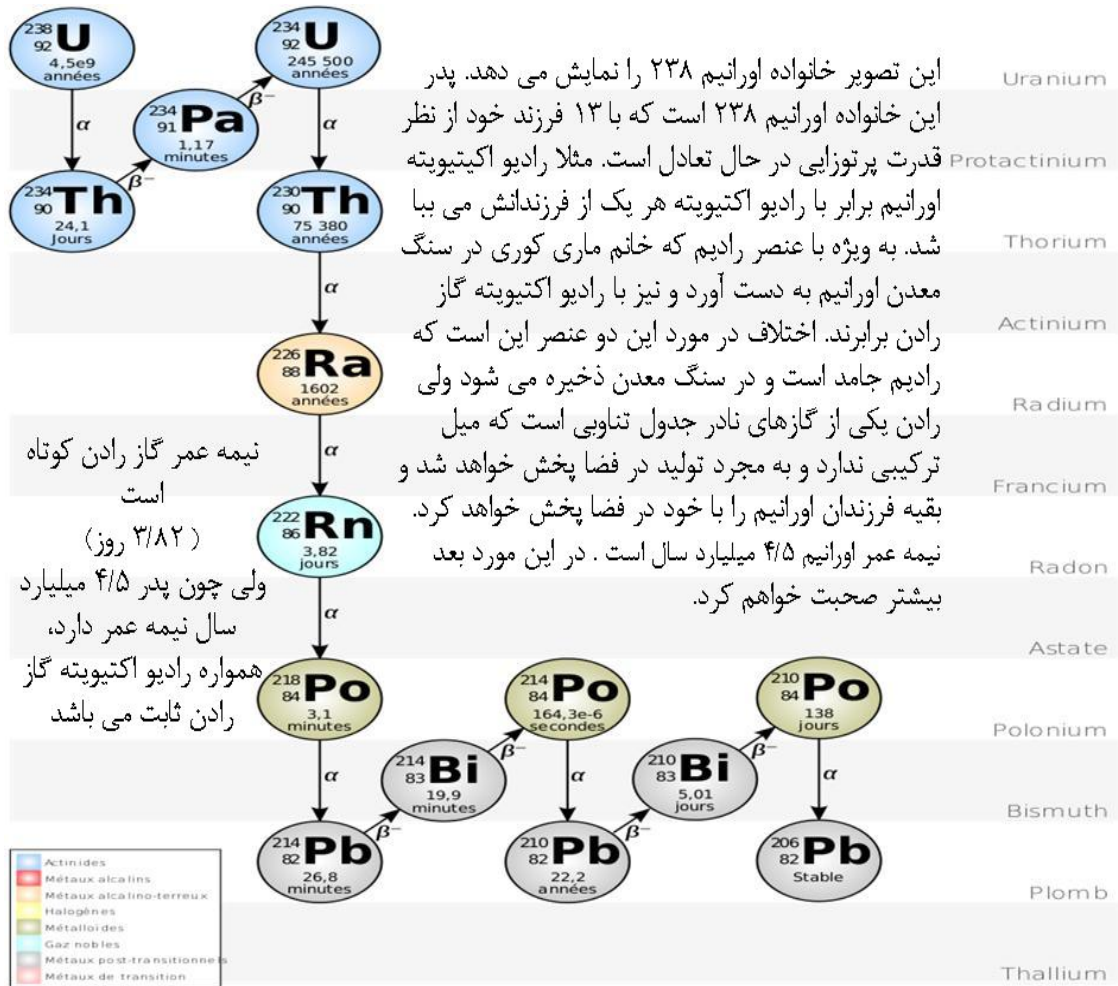


نوع دیگر از تجزیه رادیوایزوتوپهای پرتو زا جذب الکترونی است . در این نوع تجزیه هسته ای که به دلیل زیادت پروتونهای ناپایدار است یک الکترون از قشر الکترونهای اتم را جذب کرده و این پروتون تبدیل به نوترون خواهد شد و در نتیجه رادیو ایزوتوپ نا پایدار در جدول تناوبی به عنصر ما قبل از خود تبدیل می شود.



بد با عدد اتمی ۵۳ تبدیل به عنصر تلور با عدد اتمی ۵۲ می گردد.





بخش پنجم

پرتو زایی را با دو پدیده دیگر آغاز می‌کنم. این دو پدیده شکست اتمها، خود بخود و یا مصنوعی و نیز پیوست یا گداخت اتم‌ها است. در این مورد بازهم مانند بخش‌های پیش دلیل این دو پدیده و چگونگی ایجاد آنها در تصویرهایی در رابطه با جرم و یا عدد جرم و حاصل بخش انرژی پیوند اتمها آورده‌ام. ولی برای درک مطالب زیر باید مختصری در مورد انرژی پیوست اتمی (نیروی هسته‌ای قوی) صحبت کنم. این مطلب را در سه اسلاید بعد از تصویرها می‌آورم.

در ترمودینامیک دو اصل مهم جهانی وجود دارند که از تجارب بسیار زیاد پژوهشگران به دست آمده است.

اصل اول: با تجربه ثابت کرده‌اند، که در جهان همه چیز تمایل به رسیدن به پایین‌ترین تراز از سطح انرژی را دارد. اصل دوم افزایش بی‌نظمی در جهان است هر چه در جهان وجود دارد تمایل به بی‌نظمی کامل دارد. (در یک شیشه عطر را باز کنید ملکولهای عطر خود به خود در فضا پراکنده می‌شوند، یعنی بی‌نظمی را اضافه می‌کنند)

هر چه در جهان وجود دارد از ماده گرفته تا موجودات زنده باید از این دو اصل پیروی کنند. البته وجود ما و یا موجودات زنده دیگر و یا گیاهان در همین سیاره زمین ظاهراً بر خلاف این دو اصل است. بدن ما و موجودات دیگر جهان بر خلاف این دو اصل در سطح انرژی بالا و با نظم کامل ساخته شده است.

ولی اگر با دقت و قدری تأمل توجه کنید، نهایت زندگی هم رسیدن به همین دو اصل است. ما خواهیم مرد و بدن ما تبدیل به گازهای مختلف و نهایت گاز کربنیک خواهد شد و گیاهان نیز تبدیل به ذغال و ذغال هم تبدیل به گاز کربنیک خواهد شد. یعنی در سطح انرژی بسیار پایین و در بی‌نظمی مطلق.

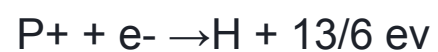
هانری برکسون در اوایل این قرن برای توجیه این تناقض اظهار داشت: جهش به سوی زندگی «الان ویتال» هم در جهان وجود دارد. نسبتهای اینشتاین را قبول نمی‌کرد و اینشتاین را دیوانه می‌پنداشت ولی پیش از انفجارهای اتمی فوت کرد. ولی امروز بسیاری از دانشمندان این تمایل را به نحوی دیگر بیان می‌دارند «جهش به سوی پیچیدگی» یعنی همه چیز در جهان تمایل به تنوع و پیچیدگی دارد. بنابراین وجود زندگی یک مرحله بسیار کوچک از تعاریف کلی تحولات ماده در طبیعت است که از چهار نیروی اصلی (نیروی هسته‌ای قوی، نیروی هسته‌ای ضعیف، نیروی الکترومغناطیسی و نیروی گرانشی) پیروی می‌کند. درون خورشید از اتحاد پروتونها هلیوم و مقدار بسیار زیادی

انرژی به وجود می آید و در آخر عمر خورشید، اتمهای بی اثر و فاقد تمایل شیمیایی هلیوم بایکدیگر گداخت حاصل می کنند تا کربن ، اکسیژن و ازت و عناصری سبک مانند برلیوم و بور به وجود آید. بعد از فروپاشی خورشیدهای بسیاری نظیر خورشید ما. تنوع و پیچیدگی، از قبل همین اتمهای بی حس هلیوم به اسیدهای آمینه یعنی آجر های زندگی رسیده است. پیچیدگی در پیچیدگی به مغز ما رسیده که ما اکنون داریم آنرا منتقل به فراورده های خود یعنی رباتها می کنیم.

بنابر اصل اول پروتون و نوترون هم نمی توانند آزادانه در این جهان وجود داشته باشند. نوترون که خود به خود تجزیه می شود و تبدیل به پروتون و یک الکترون منفی و یک آنتی نوترینو خواهد شد.



و نیمه عمر آن تنها 15 دقیقه است. (بعد در باره نیمه عمر صحبت خواهیم کرد). اما پروتون نیز نمی تواند آزاد در طبیعت در دمای عادی وجود داشته باشد، به مجرد اینکه به الکترونی برخورد کند تبدیل به اتم هیدروژن خواهد شد با سطح انرژی و یا جرم پایین تر و حتی اتم هیدروژن هم نمی تواند به تنهایی پایدار بماند و به مجرد آنکه با اتم هیدروژنی دیگر برخورد کند تبدیل به ملکول هیدروژن خواهد شد. تمام این تحولات برای رسیدن به انرژی پایین تر است. در تجزیه نوترون به پروتون 782000 الکترون ولت انرژی از هر ذره خارج شده است. ولی در تبدیل زیر که در رابطه با نیروی الکترو مغناطیسی است، مقدار بی نهایت کمی جرم به انرژی تبدیل شده است. در پیوست های اتمی جرم تبدیل شده به انرژی به مراتب کمتر از انرژی پیوستهای هسته ایست ، مثلا در تبدیل زیر:



می بینید که در یک تحول هسته ای مثلا تبدیل یک نوترون به پروتون 782000 الکترون ولت انرژی از هسته خارج می شود و حال آنکه در یک تحول شیمیایی (اتمی) یعنی پیوند الکترون به پروتون تنها 6/13 الکترون ولت و یا در پیوند یک اتم هیدروژن به اتم هیدروژن دیگر تنها 52/4 الکترون ولت انرژی از این پیوستها خارج می شود. ولی به هر صورت در هر نوع تبدیل چه اتمی و چه هسته ای جرم عناصر حاصل از تحول کمتر از جرم اولیه است.

در محاسبات همواره به انرژی آزاد شده عدد منفی می دهند. (درست مانند تاجر های بازاری به پول خارج شده از دخل علامت منفی می دهند و پول وارد شده به دخل را عدد مثبت می دهند)

(غالباً از الکترون ولت صحبت می‌کنم. 1 الکترون ولت معادل جرمی است که طبق رابطه اینشتاین تبدیل به انرژی شده است.)

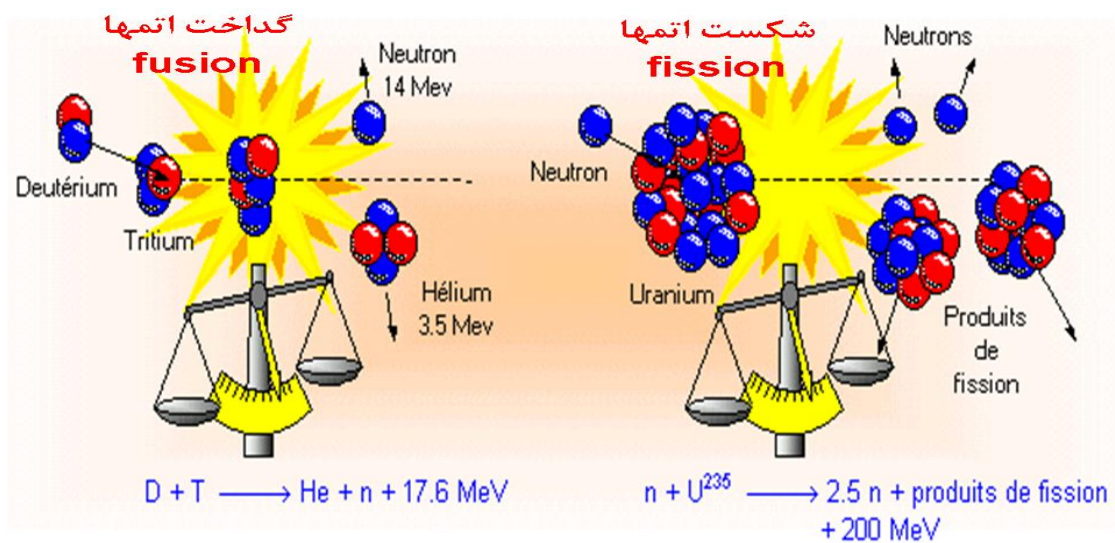
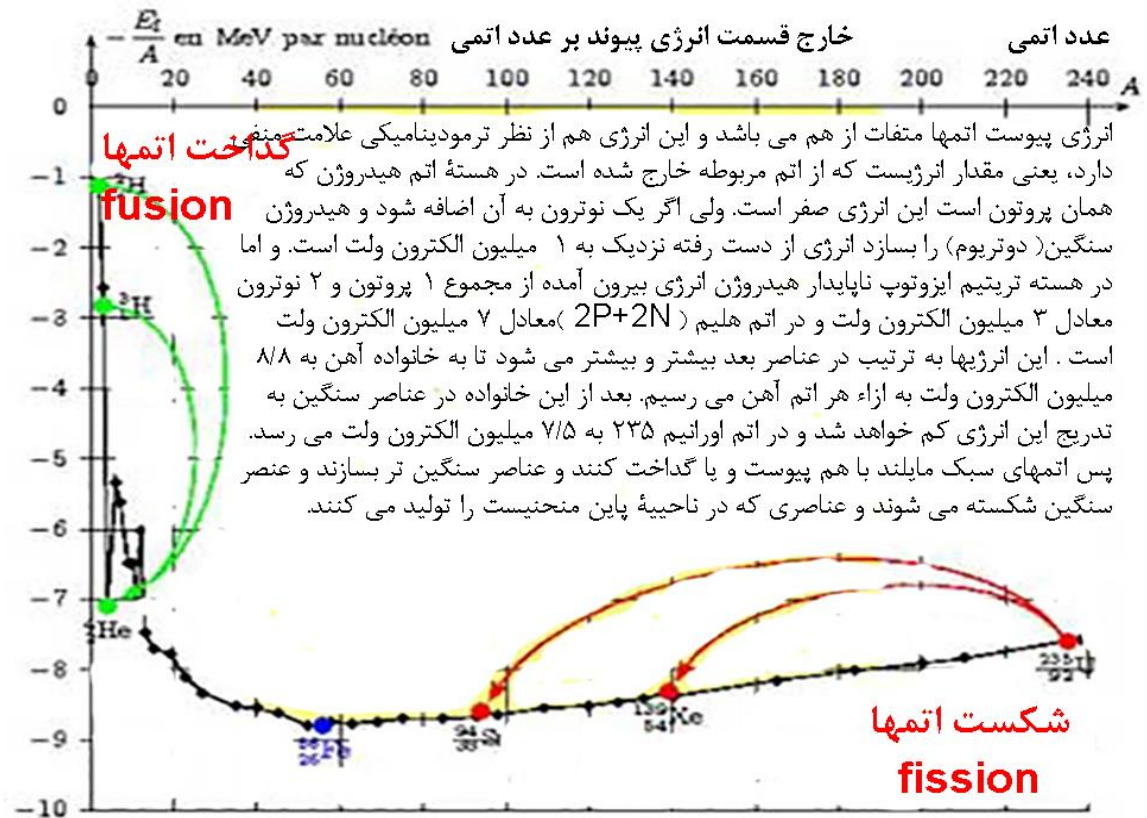
$$E = mc^2 \Rightarrow \text{ev} \rightarrow \text{kev} \rightarrow \text{mev} \rightarrow \text{gev}$$

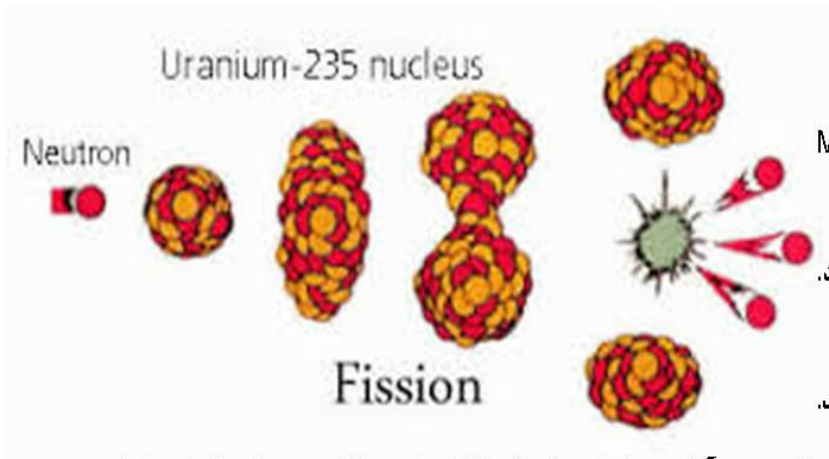
بر حسب جرمهای تبدیل شده به انرژی واحد‌ها عبارتند از: الکترون ولت، کیلو الکترون ولت، میلیون الکترون ولت و یا ژیگا الکترون ولت بیان می‌شوند. با این مثال ساده متوجه می‌شوید کنش و برکنش‌های هسته‌ای بسیار انرژی‌زا می‌باشند.

بنابراین عناصری که در جهان می‌شناسیم همه و همه از پیوست تعدادی پروتون و تعدادی نوترون درست شده‌اند و در حالت عادی همه بر حسب تعداد پروتونها و الکترون‌های خود با تعدادی الکترون معادل تعداد پروتونها به هم پیوسته‌اند و اتمهای عناصر خنثی طبیعی را به وجود آورده‌اند. بر حسب تعداد پروتونها و خانواده عناصر، آنها را در جدول تناوبی عناصر قرار داده‌اند.

انرژی پیوسته هسته‌ای اتمها با هم، متفاوت از هم می‌باشد و این انرژی‌ها هم از نظر ترمودینامیکی علامت منفی دارند. لذا تعجب نکنید که در تصویری که خواهید دید محور مختصات به صورت منفی ترسیم شده است یعنی مقدار انرژیست که از پیوست پروتون و نوترون از هسته‌ی مربوطه خارج شده است. (گفتم که انرژی پیوست الکترونها به هسته‌ی اتمها آنقدر ناچیز است که کمتر آنها در نظر می‌گیرند.) در هسته‌ی اتم هیدروژن که همان پروتون است این انرژی صفر است ولی اگر یک نوترون به آن اضافه شود و هیدروژن سنگین یا دوتریم را بسازد قدر مطلق انرژی از دست رفته نزدیک به 1 میلیون الکترون ولت است و اما در هسته‌ی تریتم (ایزوتوپ ناپایدار هیدروژن) انرژی بیرون آمده از مجموع 1 پروتون و 2 نوترون معادل 3 میلیون الکترون ولت و در اتم هلیم (که از پیوست 2 پرتون و 2 نوترون ایجاد شده) جرم تبدیل شده به انرژی معادل 7 میلیون الکترون ولت است. این انرژی به ترتیب در عناصر بعد که پروتون و نوترون بیشتر دارند قدر مطلق این انرژی بیشتر و بیشتر می‌شود تا به خانواده آهن به 8/8 میلیون الکترون ولت به ازاء هر اتم آهن، نیکل و یا کبالت می‌رسد. بعد از این خانواده در جدول عناصر سنگین به تدریج قدر مطلق این انرژی کم خواهد شد. در اتم اورانیم 235 به 7/5 میلیون الکترون ولت می‌رسد. این مطالب را در تصویر آورده‌ام و از آنجا دلیل شکست و یا پیوست (گداخت) اتمها را خواهیم شناخت. در بخش‌های دیگر. در باره‌ی نیمه عمر مواد رادیو اکتیو صحبت خواهیم کرد. در تصویر اول می‌بینید که عناصر سبک که در طرف چپ نمودار

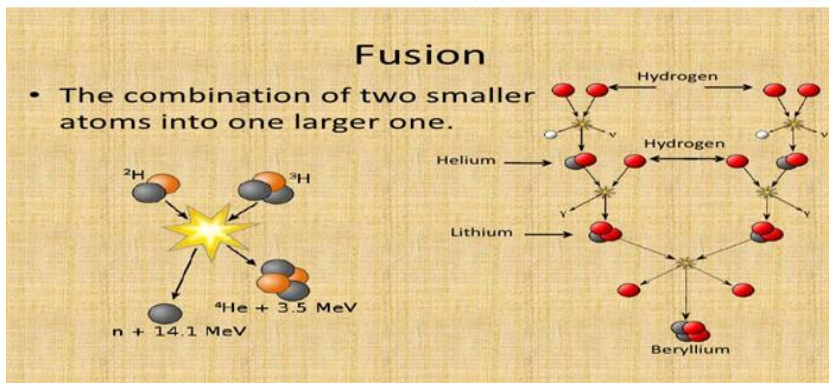
قرار دارند تمایل به گداخت با هم دارند و در سمت راست نمودار اتمها تمایل به شکست دارند تا فراورده هایی که در وسط منحنی است را تولید کنند. بعدا در این بار بیشتر صحبت خواهیم کرد. به کمک ترازوها نشان داده ام که حاصل جمع هریک از این پدیده ها از نظر جرم و انرژی باهم برابرند.





شکست اتم اورانیم ۲۳۵
 بعد از ورود یک نوترون.
 در اثر این شکست ۲۰۰ Mev
 میلیون الکترون ولت انرژی
 به اتم اورانیم
 شکسته شده خارج می شود.
 و به طور متوسط ۳ نوترون
 که انرژی ها را همراه تکه
 های شکست با خود می برند.

در پدیده گداخت اتمهای سبک، پرتو آلفای حاصل بیش از ۳/۵ میلیون الکترون ولت انرژی با خود می برند و نوترون حاصل از این پدیده ۱۴/۱ میلیون الکترون ولت انرژی جنبشی دارند. در وزن مساوی در پدیده گداخت انرژی حاصل به مراتب بیشتر از پدیده شکست است.



• The combination of two smaller atoms into one larger one.

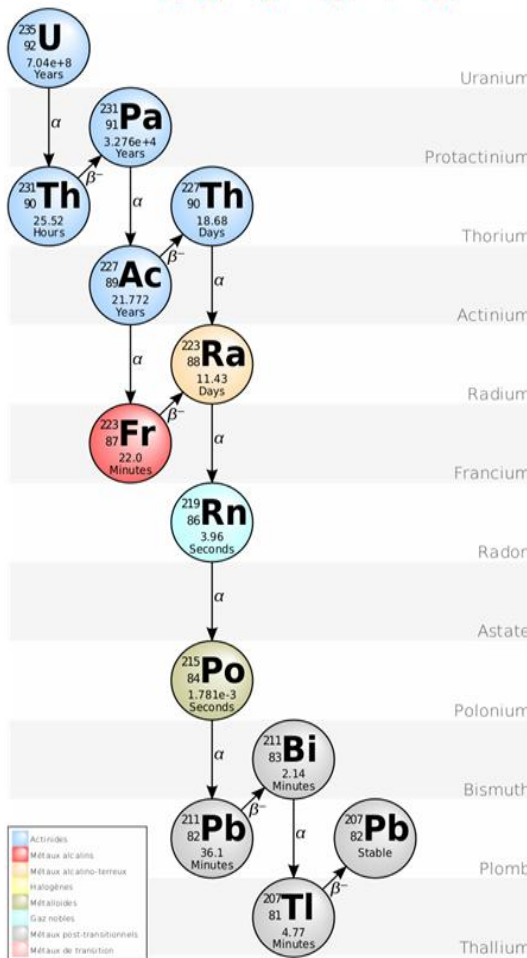
هم اکنون در خورشید، پدیده
 سمت چپ تصویر رخ می دهد.
 گداخت های زنجیره ای که
 در سمت راست تصویر می
 بیند در پایان عمر
 خورشید رخ می دهند..

بخش ششم

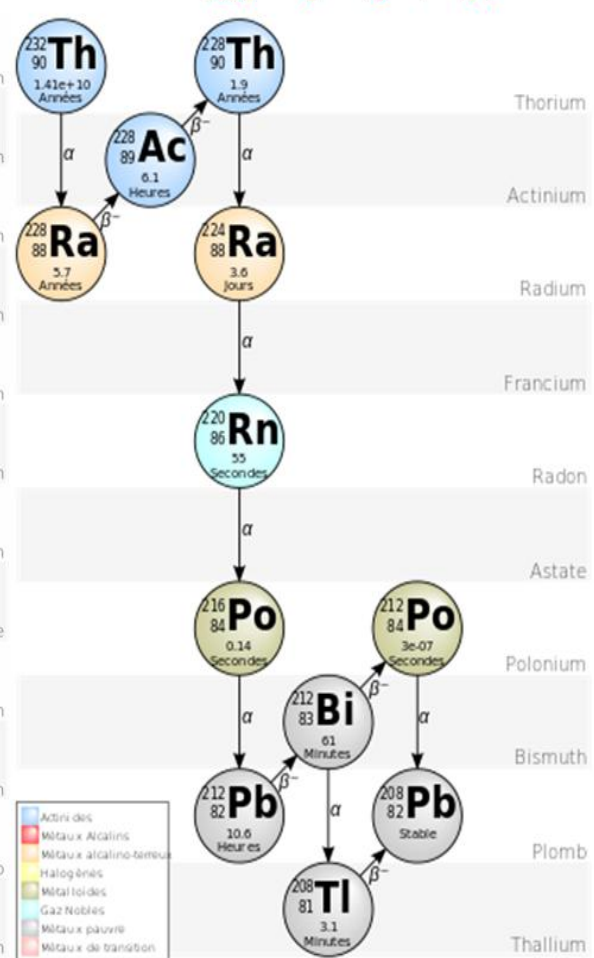
پرتو زایی را مانند بخش های قبلی به کمک پاورپوینت بر روی اسلاید تهیه کرده و تقدیمتان می کنم .

تحول با انتشار پرتو آلفا در خانواده های عناصر سنگین طبیعی نظیر اورانیم 238 و اورانیم 235 و یا توریم 232 بسیار مهم است. به ویژه در موقع استخراج اورانیم طبیعی کارگران باید متوجه شوند چه رادیو ایزوتوپهایی (نشر دهنده آلفا و یا نشر دهنده بتا و گاما) در داخل سنگ معدن وجود دارند. و چگونه باید درمقابل این پرتوها که از این عناصر و فرزندان آنها منتشر می شود، از خود محافظت کنند. بدین منظور این نوع تجزیه را بازهم مانند تجزیه های قبلی بر روی اسلاید آورده ام. و نیز در تصویرها نموداری از تجزیه و تحول خانواده اورانیم 238 را تا رسیدن به سرب پایدار با مشخصات و نیمه عمر اورانیم 238 و فرزندان او را نیز آورده ام.

تجزیه (دکای) خانواده اورانیم 235



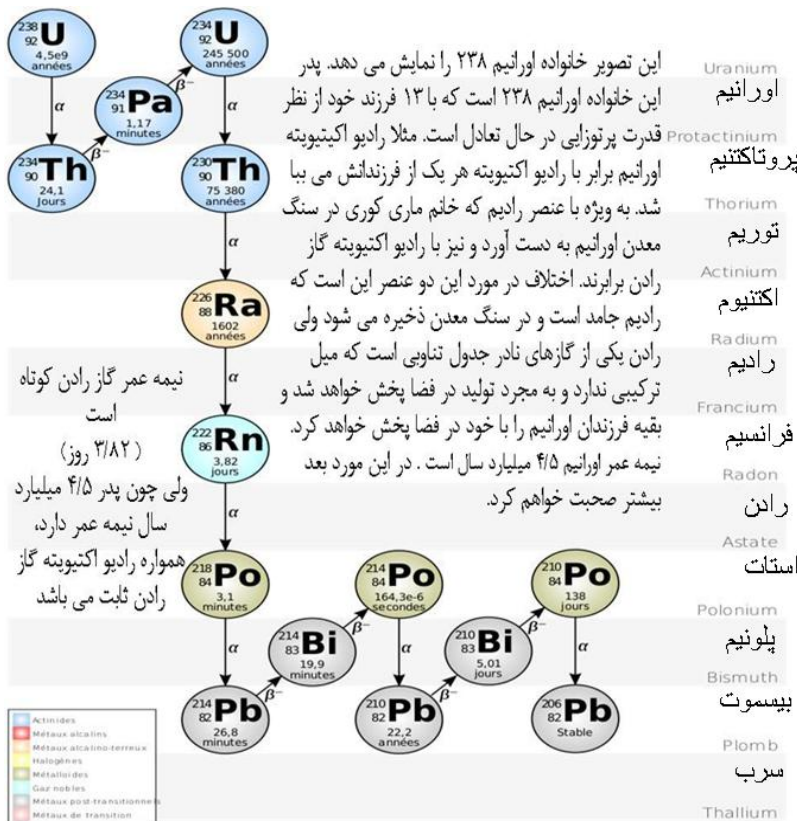
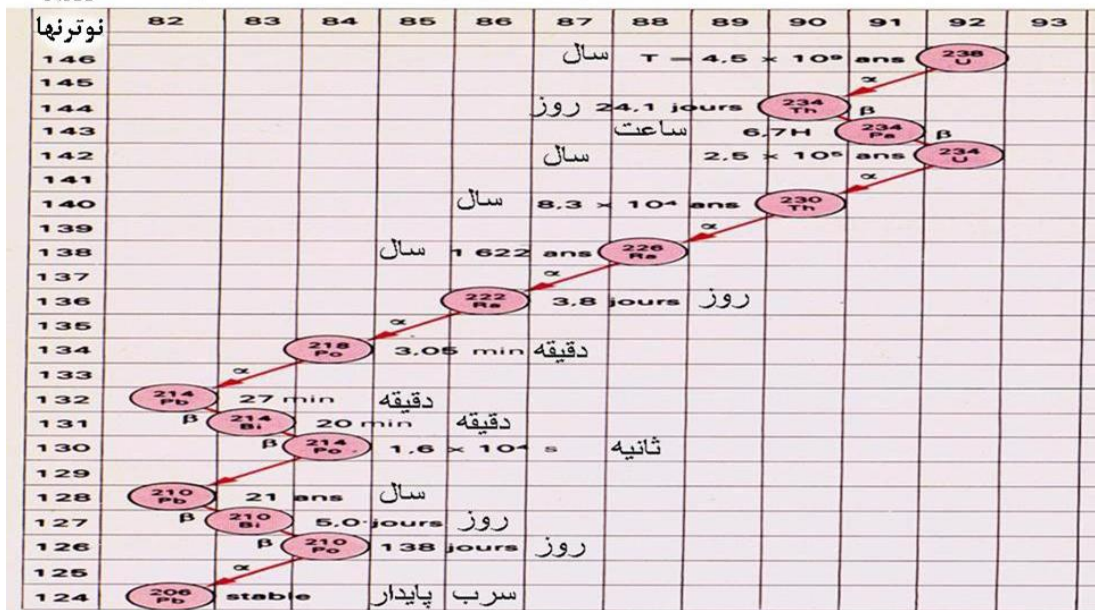
تجزیه (دکای) خانواده توریم 232



در این نمودار تجزیه خانواده اورانیم ۲۳۸ را آورده ام که می بینید این پدر خانواده با انتشار ۸ پروتو آلفا (α) و ۵ بتای منفی (β^-) تبدیل به سرب پایدار می شوند.

همراه با هر یک از این پروتوزایی ها، پرتوهای ایکس X و گامای γ ی خطرناک هم تولید می شوند.

عدد اتمی (تعداد پروتونها)



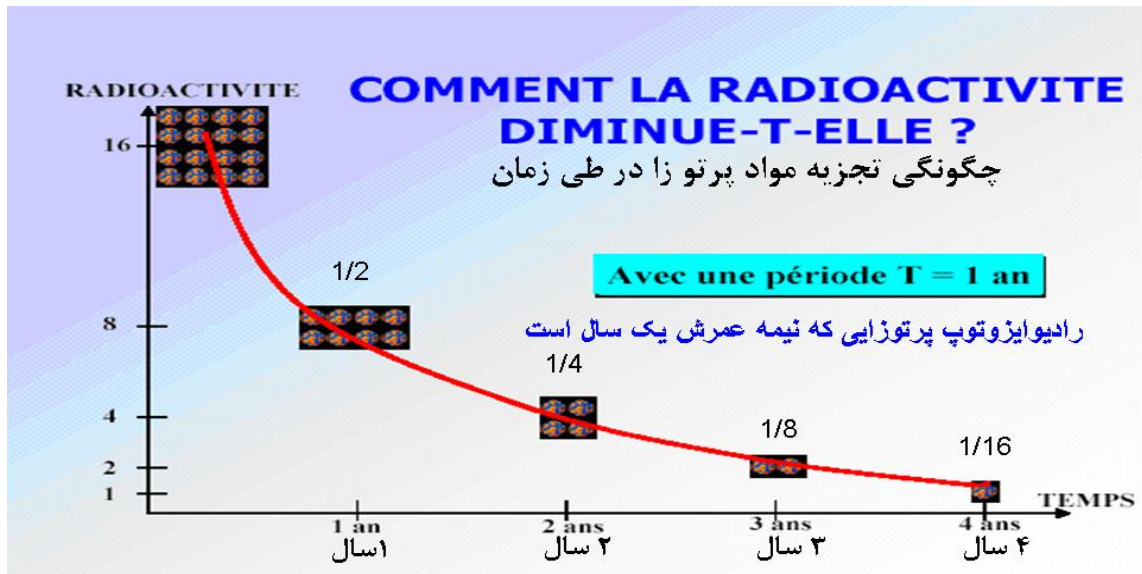
باید در اینجا نیز تکرار کنم، علاوه بر پرتوهای بتا و آلفای مشخص شده در نمودارها پرتوهای گاما هم متعددی نیز همراه با این تحولات از هسته برخی از این رادیو ایزوتوپها خارج می شود. و نیز باید توجه داشت پروتوزایی هر یک از این عناصر با هم برابر و معادل با پروتوزایی رادیو ایزوتوپ پدر است. چون پدر با فرزندانش در طول عمر زمین به تعادل مادام العمری رسیده اند. یعنی تا زمانی پدر پروتوزایی دارد هر یک از فرزندان نیز همان اندازه پروتوزایی دارند.

تألیف

بخش هفتم

پرتو زایی را با سرعت تحولات مواد پرتو زا شروع می کنم. و اما در اینجا باید یک یادآوری مختصر کنم، این مطالب علم برای همه را که می آورم آرزو دارم وزارت فرهنگ ایران به همین سادگی در دروس دبیرستانها بیاورد. زمانی که در دانشگاه فردوسی مشهد تدریس می کردم، درس شیمی اتمی جزو دروس اختیاری بود و بیش از 10 تا حد اکثر 15 دانشجو آنرا انتخاب می کردند. در زمانی که در دوره لیسانس دانشکده علوم تهران درس می خواندم، اصولاً تدریس شیمی اتمی در برنامه درسی ما نبود و در پاریس استادم مجبورم کرد درس های شیمی اتمی دوره لیسانس فرانسه را انتخاب کنم و بعد از آن اجازه داد دوره فوق لیسانس را ادمه دهم. اکنون می خواهم به دوستان بگویم برای خودشان و یا فرزندانشان آشنایی با رادیو ایزوتوپ های پرتو زا بسیار لازم است. مطالبی که می آورم بسیار ساده شده است و محاسبات و مسائل پیچیده را در بر ندارد تنها برای آشنا شدن با مواد پرتو زایست که در پزشکی و صنعت و به ویژه زندگی ما تأثیر فراوان دارند. در وبسایتم این مطلب را پیچیده تر و با معادلات مربوطه ببینید. که از سطح عموم بالا تر است. ولی در این نوشته، سعی دارم به افراد عادی آشنایی مختصری که برای زندگی لازم است بیاورم. شناخت طول عمر و شدت پرتو زایی و قدرت تخریب پرتو های منتشره و به ویژه سرطان زایی آنها به مراتب مهمتر و لازم تر از نشان دادن تصویر های نیروگاه های اتمی، بمب های اتمی ذخیره شده در زرادخانه کشورهای مقتدر و یا نمایش تصویر ستارگان و کهکشانها است.

ایزوتوپ و یا اتمهای رادیو اکتیو (پرتو زا) در طی زمان تجزیه می شوند. این عمل ممکن است ایزوتوپ و یا عنصر پایدار جدیدی به وجود آورد و یا ممکن است بعد از اولین تجزیه تبدیل به رادیو ایزوتوپی دیگر گردد. همانطور که در بخش ششم تصویر تحولات خانواده اورانیم 238 را دیدیم این اورانیم 14 رادیو ایزوتوپ پی در پی تولید می کند تا نهایت تبدیل به سرب پایدار شود. یک کارگر معدن اورانیم باید بداند گاز رادنی که از معدن در فضا پخش می شود چقدر خطرناک است و چند اتم از این گاز با 4 فرزند پرتوزایش چقدر خطرناک برای ریه هایش و زندگی می باشد. اکنون بازهم به صورت اسلاید سرعت و چگونگی تحولات مواد پرتو زا را مطالعه خواهیم کرد.



تصویر فوق تجزیه راديو ايزوتوپ پرتو زایی که نیمه عمرش یک سال است را مشخص می کند. تعداد آنها بعد از یک نیمه عمر نصف ($1/2$) و بعد از 2 نیمه عمر ($1/4$) و بعد از سه نیمه عمر ($1/8$) و پس از 4 نیمه عمر ($1/16$) می گردد و در ده نیمه عمر یک هزارم از ماده پرتو زا باقی می ماند.

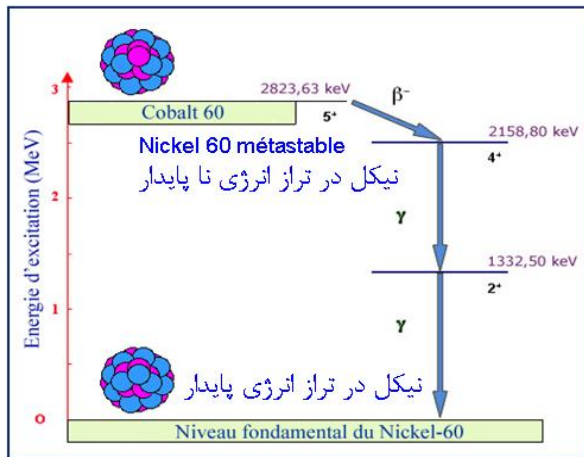
در ۵ بخش پیش دیدیم که یک عنصر پرتو زا در اثر ناپایداری می تواند در اثر عمل پرتو زایی محلش در جدول تناوبی عناصر تغییر کند. اگر نشر دهندۀ پرتو β^- باشد عدد اتمی یا تعداد پروتونهایش یک واحد اضافه خواهد شد. اگر عناصر را با حرف X نمایش دهیم و تعداد پروتونها را با حرف Z و نیز مجموع تعداد پروتون و نوترون را با A (عدد جرم) مشخص کنیم در اثر عمل پرتو زایی مشخصه عناصر به صورت زیر تغییر خواهند کرد.

${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} \beta^- + {}^0_0 \bar{\nu}$ این تحول بتای منفی است و عنصر به وجود آمده بعد از تحول محلش در جدول تناوبی یک خانه به جلو می رود

${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} \beta^+ + {}^0_0 \nu$ این تحول بتای مثبت است و عنصر به وجود آمده بعد از تحول محلش در جدول تناوبی یک خانه به عقب بر می گردد

${}^A_Z X + {}^0_{-1} e^- \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_0 \nu$ این تحول جذب الکترونیست در این تحول مانند بتای مثبت عنصر در جدول تناوبی یک خانه به عقب بر می گردد

${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He} + {}^0_0 \gamma$ این تحول آلفا است که در واقعه ماده پرتو زا یک هسته اتم هلیوم از خود بیرون می دهد. محل عنصر به وجود آمده در جدول تناوبی دو خانه به عقب بر می گردد



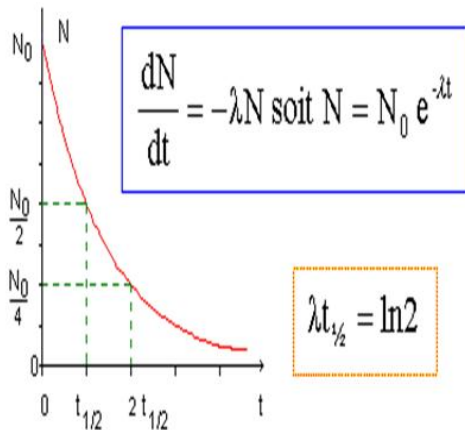
اینک نمونه ای دیگر از تحولات مواد رادیو اکتیو همراه با انتشار پرتوهای گاما γ با انرژی بالا را برایتان می آورم. کبالت ۶۰ که در پزشکی برای پرتو درمانی در نواحی عمیق بدن و سرطانیهای پیشرفته و برای از بین بردن سلولهای سرطانی بسیار مورد استفاده قرار می گرفت. ولی اکنون بیشتر در صنعت و یا برای ضد عفونی کردن وسایل پزشکی مورد استفاده قرار می گیرد. در بمب های اتمی کثیف نیز کار برد دارد. کبالت پایدار را همراه اورانیوم و یا پلوتونیوم در داخل بمب قرار می دهند.

برای تولید ایزوتوپ رادیو اکتیو کبالت، عنصر کبالت پایدار با عدد اتمی ۵۹ را به داخل راکتور هسته ای و با درون بمب هسته ای وارد کرده، نوترونهای حاصل از شکست اتم اورانیوم در کبالت نفوذ می کنند. ایزوتوپ کبالت ۶۰ نمی تواند این زیادت نوترون را تحمل کند لذا تبدیل به رادیو کبالت ۶۰ پرتو زا می شود که با نشر بتای منفی تبدیل به نیکل ۶۰ ناپایدار می گردد. خطرناکی کبالت از همین نیکل ناپایدار است که دو پرتو گاما با انرژی های بسیار بالا تر از میلیون الکترون ولت منتشر می کنند.

$$\gamma_1 = 1/1732 \text{ Mev} \text{ و } \gamma_2 = 1/3325 \text{ Mev}$$

نیمه عمر کبالت ۵/۲۷ سال است. در تصویر بعد نیمه عمر را شرح خواهیم داد. در تصویر بالا تحول رادیو کبالت و تبدیل آن به نیکل را آورده ام.

خاصیت پرتوزایی به طور دائم در طی زمان کاهش پیدا می کند. پیش از این نیز گفتم عناصر و یا ایزوتوپهایی که در سطح بالایی از انرژی قرار دارند، طبق قوانین حاکم بر طبیعت تمایل دارند به سطح پایین تری از انرژی برسند. لذا در اتمهای ناپایدار و یا پرتو زا هم همین طور در طی زمان اتمهای ناپایدار تجزیه می شوند و تبدیل به عناصر پایدار می رسند. عد ثابتی با علامت λ احتمال تجزیه و یا پرتوزایی عنصر رادیو اکتیو را مشخص می کند این عدد مستقل از کلیه عوامل فیزیکی و شیمیایی است و منحصرأ یک احتمال تجزیه است. در واقع حاصلضرب λ در N را رادیو اکتیویته گویند و با حرف A نمایش می دهند. پس قدرت پرتوزایی یک ایزوتوپ برابر است با: $A = \lambda N$



معادله مقابل ما را به نتیجه کلی زیر می رساند و آن اینکه نیمه عمر یک ماده پرتو زا عبارتست از خارج قسمت لوگاریتم نپرین عدد ۲ بخش بر ثابت رادیواکتیو آن عنصر: یعنی

$$T_{1/2} = 0.693 / \lambda \text{ یعنی}$$

تصویر بعد چگونگی تجزیه یک رادیو ایزوتوپ را نمایش می دهد.

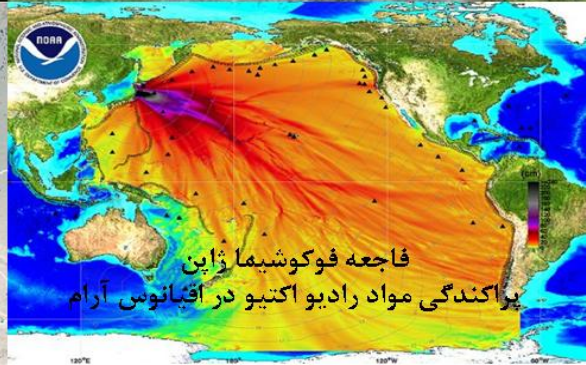
بخش هشتم

پرتو زایی را با منبع اصلی مواد رادیو اکتیو خواه طبیعی و موجود در قشرهای زمین و یا به صورت طبیعی در جو و حاصل از تابشهای ستارگان و خورشید بر روی زمین و خواه مواد پرتو زای مصنوعی وارد شده به وسیله بشر در محیط زیست در تصویرهای پیوست بر رسی خواهیم کرد. تمام جهان و تمام مواد موجود در آن، از جمله سیارات منظومه شمسی و نیز سیاره زمین و موجودات زنده ای که در آن زندگی می کنند، دائماً تحت تأثیر پرتوهایی که از مواد پرتوزا منتشر می شوند قرار دارند. همانطور که در بخش اول آوردم، از اواخر قرن نوزدهم بشر شناختی از مواد پرتوزا و پرتوهایی که منتشر می کنند به دست آورد و از همان زمان کاربردهایی متفاوت برای آنها یافت.

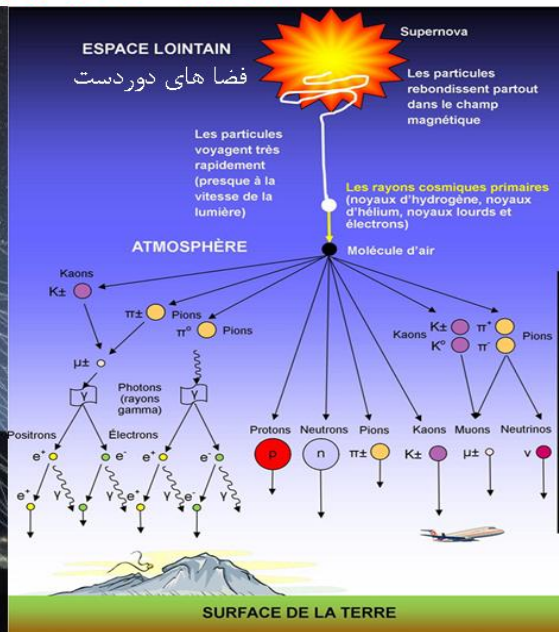
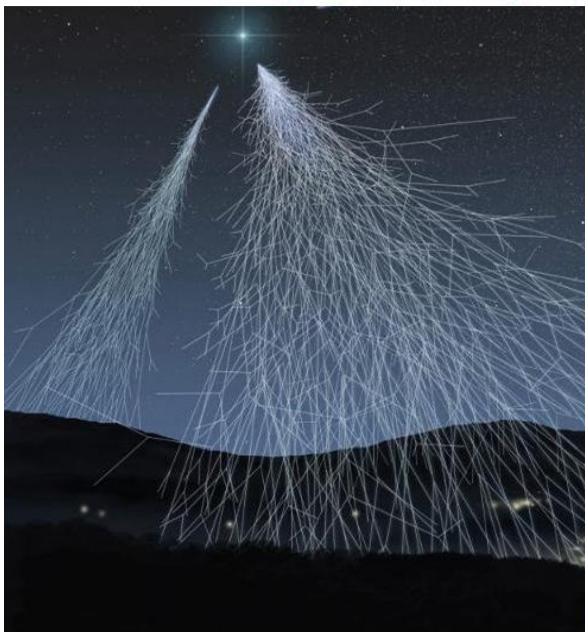
پرتوها به صورت طبیعی در محیط زیست ما وجود دارند، چه در معادن به صورت ترکیبات متفاوت عناصر پرتوزای طبیعی و چه در جو زمین و بر اثر پرتوهای کیهانی که از ستاره گان و به ویژه خورشید به سوی ما تابیده می شود. این پرتوها بر روی اندامهای موجودات زنده تأثیراتی می گذارند. می توان گفت بخش اعظم تحولات و دگرگونیهایی که در ژنومهای موجودات زنده اتفاق افتاده و تکامل و تنوع موجودات کره زمین را پدید آورده اند، بر اثر ورود یک پرتو آلفا، بتای منفی یا مثبت، پرتو ایکس و یا گاما بوده است. این پرتوها در رشته نردبانی شکل ملکول دی. ان. آی (DNA) کروموزومهای موجودات زنده دگرگونیهایی پدید آورده اند. یعنی در نحوه قرار گرفتن ملوکولهای چهار گانه (ACGT) بر روی این نردبان در نسلهای بعدی تحولی به جود آورده است. این دگرگونیها همواره ادامه داشته و ادامه خواهد داشت. تأثیر این پرتوها، تحولی در نسلهای بعدی موجودات ایجاد کرده و نیز در آینده خواهد کرد. چند تحول از این قبیل در خانواده پستانداران، شاخه های مختلف پستانداران را بر روی زمین ایجاد کرده است. ما پستانداران زمینی، انسان و یا میمون شاید فقط با یک تحول در ژنوم با یکدیگر اختلاف داریم. ما حتی با باکتریهای اولیه نسبت فامیلی بسیار نزدیکی داریم. به گونه ای که مجموعه تمام جهش های به وجود آمده از ۶۰ تجاوز نمی کند و حاصل این دگرگونیها این بوده که باکتری به انسانی تبدیل شده که می خندد، گریه می کند، ابزار می سازد و به چگونگی تشکیل جهان می اندیشد. بخشی از این دگرگونیها را پرتوهای موجود در جو زمین و یا پرتوهای موجود در مواد تشکیل دهنده سیاره زمین ایجاد کرده اند. خوشبختانه این وجه از تأثیرات آنها مثبت بوده و تنوع را در کره زمین به وجود آورده است. ولی اثر

پرتوهایی با انرژی بالا بی خطر نیستند و می تواند سلولهای سالم را سرطانی کنند و موجود را به هلاکت برسانند. در بخش های بعد بیشتر در باره آنها صحبت خواهیم کرد اینک تصویرهای همراه با این بخش را ببینید.

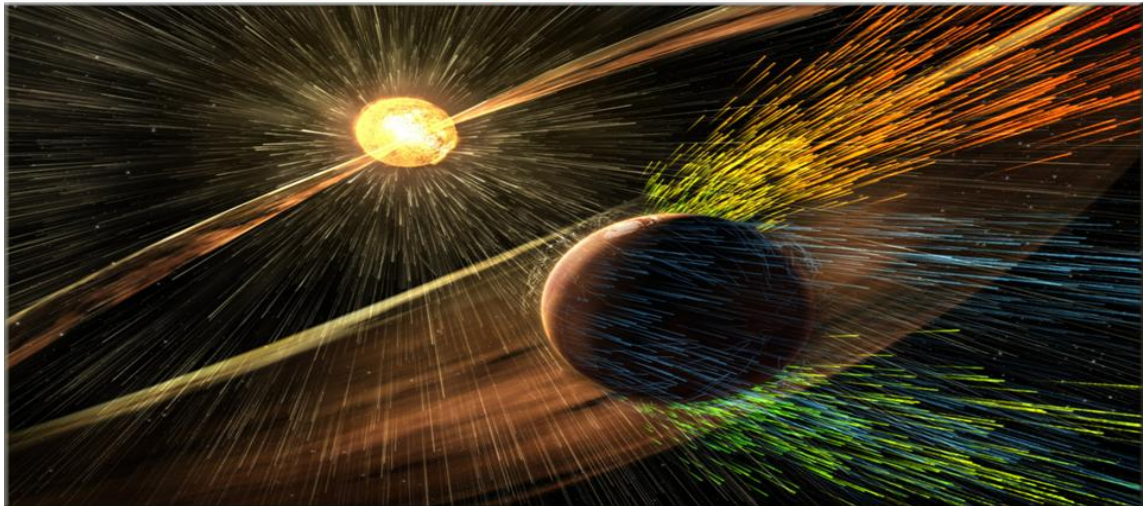
دسته سوم پرتوهایی است که از مواد رادیو اکتیو ساخته شده به وسیله بشر در طبیعت رها می شوند.



مواد پرتو زای موجود در طبیعت به سه دسته تقسیم می شوند. دسته اول پرتوهای کیهانی که از خورشید و ستارگان دورتر به ما می رسند. تابش پرتو های کیهانی از سوی ستارگان به زمین



پرتوهای خورشیدی شامل پروتون، نوترون، نوترینو، الکترون مثبت و الکترون منفی گاما و ایکس و بسیار ذرات دیگر همراه باد های خورشیدی به زمین می تابند. از آغاز پیدایش منظومه شمسی تمام این پرتوها به موجودات و گیاهان اصابت کرده و می کنند و تعادلی با بدن ما و سایر موجودات به وجود آورده اند و بخشی از تحول و تکامل روی زمین حاصل از اصابت این پرتوها بوده است. ولی از نیمه دوم قرن بیستم بشر با افزایش رادیو اکتیویته ای که از معادن زیر زمین استخراج کرده و با انفجار بیش از هزار بمب اتمی و هیدروژنی این تعادل جهانی را به هم ریخته و اندامهای ما و سایر موجودات روی زمین پرتو های بیشتری را باید تحمل کنند، نتیجه آن بروز انواع سرطانها و امراض حاصل از ایرادیاسون مصنوعی می باشد. وگرنه بدن تمام موجودات زنده با پرتوهای طبیعی در حال تعادل بوده اند.

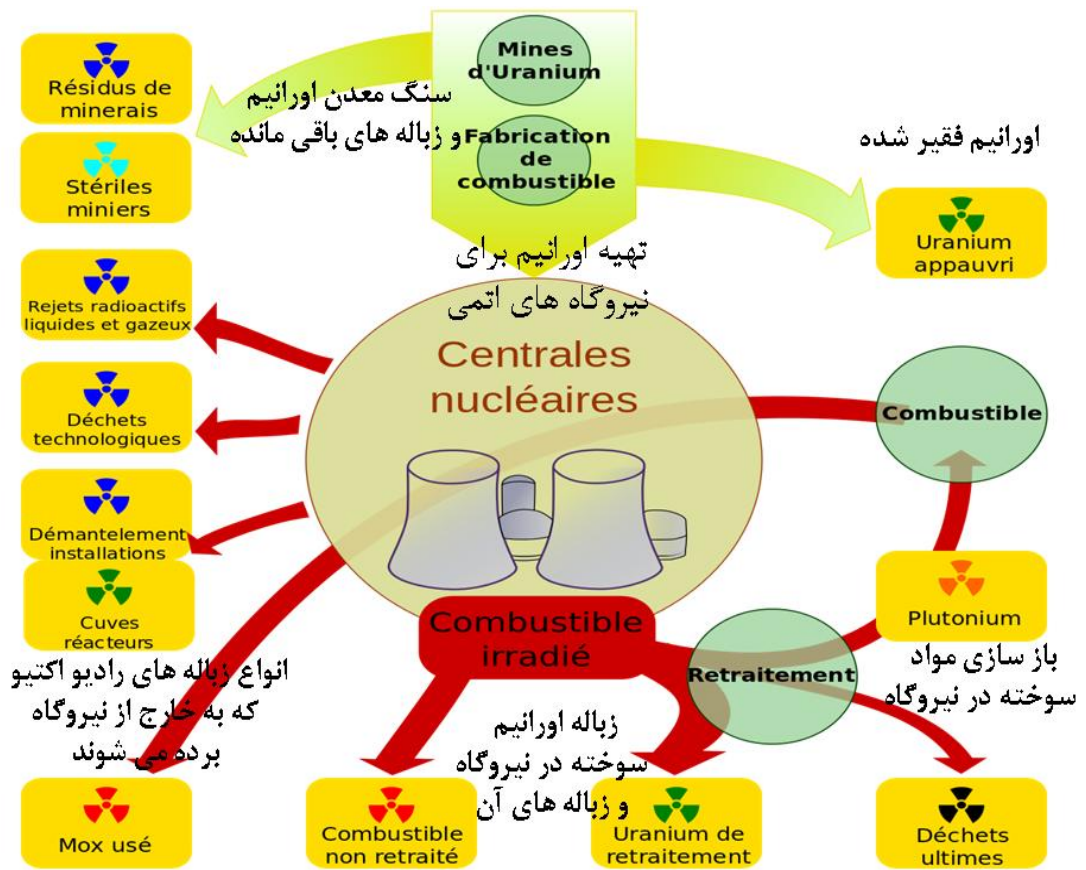


دسته دوم پرتو هایی است که از سنگ معدن به محیط زیست ما وارد می شود مانند پرتوهای خروجی از سنگ معدن خانواده اورانیم ها و خانواده توریم. استخراج این سنگ معدنها برای کاربرد آنها در بمب ها و یا نیروگاه های اتمی. به ویژه یکی از فرزندان اورانیم که گاز رادن است، در فضا پخش می شود و فرزند او رادیم که فلزیست به روی زمین پراکنده می شود با همان قدرت پرتو زایی پدر.



دو تصویر از دو معدن استخراج اورانیم را می بینید.



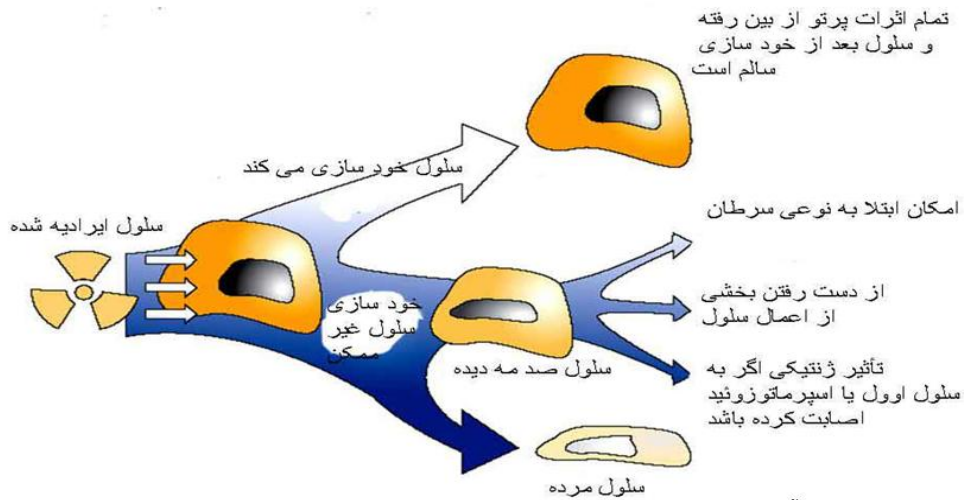


بخش نهم

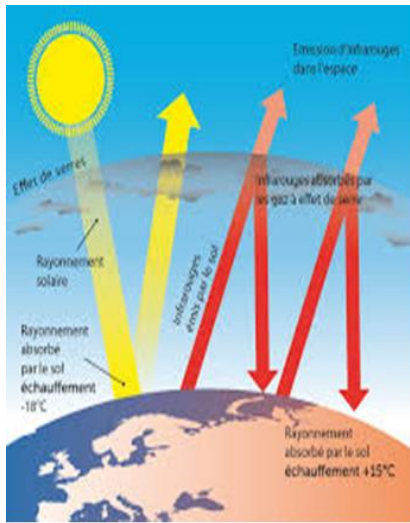
پرتو هایی که از خورشید به زمین برخورد می کند طیف گسترده ای از فرکانس ها با طول موجهای متفاوت دارد که برای مقایسه با امواجی که در روی زمین با آنها سروکار داریم طیف آنها را در تصویر اول و نیزستارگان و یا مثلا پرتوهایی که از یک سوپرنوا به زمین اصابت می کند در تصویر دوم، در حین عبور از جو زمین با برخورد به ملکولهای جو زمین اکسیژن، ازت و مختصر گازهای دیگر مانند گاز کربنیک، متان و گازهای نادر تحولاتی پیدا کرده ابتدا تبدیل به ذرات بنیادی و در نهایت تبدیل به پروتون، نوترون، نوترینو، ایکس X و گاما γ می شوند. ذرات مادی چون ذره α ، پروتون p و نوترون n قدرت نفوذ کمتری از پرتوهای گاما γ و ایکس X دارند .

پرتو های گاما γ و ایکس X که امواج الکترو مغناطیسی یا به عبارت دیگر فوتونهایی بدون جرم و با انرژی متفاوت اند، نیز قدرت نفوذی به مراتب بیشتر از پرتوهای بتا β (الکترون منفی و الکترون مثبت) دارند. پرتو های ایکس X غالبا" از قشر الکترونی اتم منتشر می شوند و حاصل از انتقال در ترازهای انرژی اتم هستند، حال آنکه پرتوهای گاما γ از انتقال ترازهای انرژی درون هسته اتمها خارج می شوند. این پرتوها چون فاقد بارند و با اتمهای ماده ای که از آن عبور می کنند برخورد کمتری دارند، لذا برای متوقف کردن آنها صفحه های سربی نسبتا" ضخیم لازم است. تعداد یونهایی که پرتوهای ایکس X در محیطی مایع مانند آب یا خون ایجاد می کنند نسبتا" کم و بین 10 تا 50 یون در هر سانتی متر مکعب است. در مورد عبور پرتوهای گاما γ نیز اتمهای سر راه خود را یونیزه خواهند کرد. نفوذ پرتوهای گاما با سه پدیده مختلف انجام می گیرد و نتیجه بسیار مخرب تر از پرتوهای ایکس X دارند. (اطلاعات بیشتر را از وبسایتم در کتاب انرژی اتمی بخوانید.) در تصویرهای پیوست بازم بیشتر در مورد اصابت پرتو ها صحبت کرده ام.

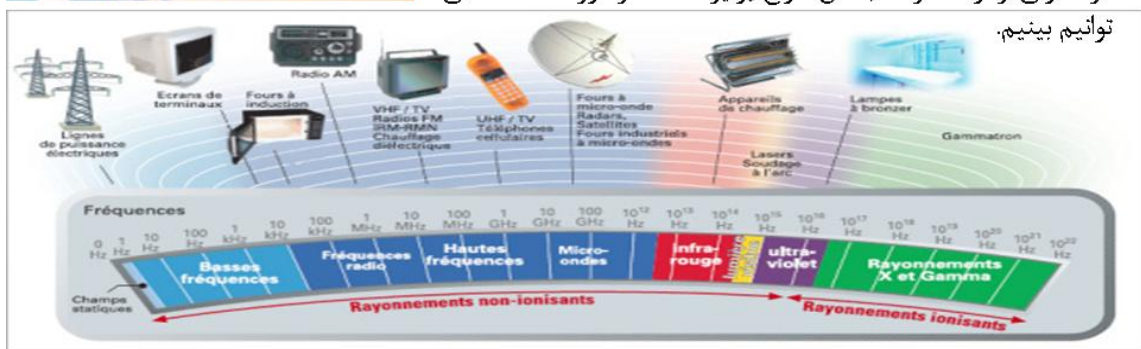
اصابت پرتو حاصل از ماده پرتوزا به یک سلول زنده. برخی اوقات سلول می تواند از خود واکنش نشان دهد و در نتیجه خود سازی کرده، سالم بماند. در غیر این صورت آسیبهایی بر آن وارد می شود که در شکل آمده است

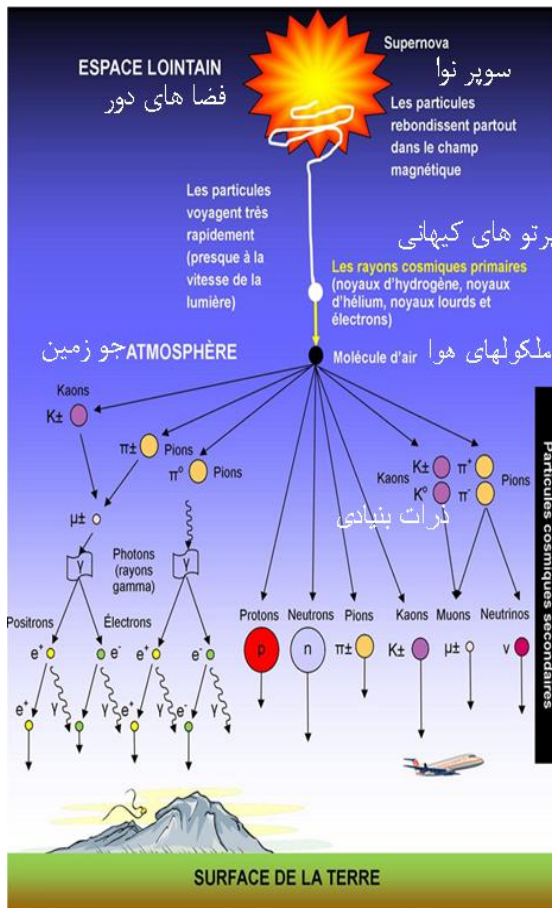


بنابراین پرتوها در ضمن آنکه برای بشر بسیار مفیدند و کاربردهای پزشکی یا صنعتی زیادی دارند و روز به روز کاربردهای بیشتری برای آنها شناخته می شود، ولی اگر مقدار آنها - به ویژه آنهایی که نیمه عمر طولانی و پرتوهای پر انرژی دارند - بر روی سطح و یا در جو زمین زیاد شود، ممکن است زندگی بر روی زمین را مختل کنند. مدافعان و پژوهشگران محیط زیست این خطر را پیش بینی می کنند و توصیه می کنند راه های دیگری برای تولید برق باید انتخاب کرد.



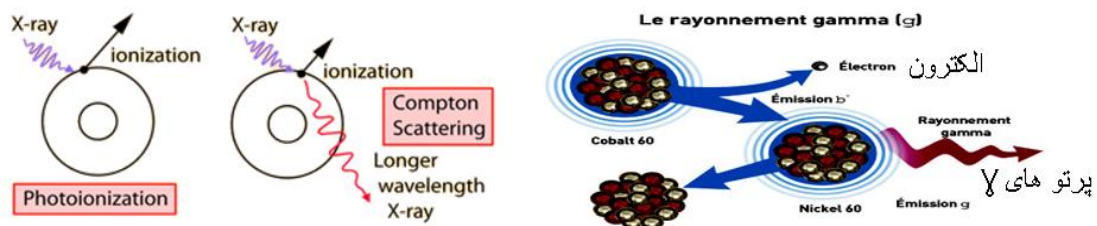
پرتو هایی که از فضا به ویژه خورشید به ما می رسند علاوه بر اینکه حامل ذرات مادی بسیار متنوع نظیر، پروتون ، نوترون و ذرات بنیادی دیگر و نیز حامل فوتونهای غیر مادی با طول موجهای بسیار متفاوتند. نور زردی که از خورشید به چشم ما می خورد و قابل تشخیص است، در ناحیه کوچکی از اشل زیر و به رنگ زرد است . ولی چشم ما پرتوهای زیر بنفش که با رنگ بنفش تیره و نهایت فوتونهای γ و α ی پرتوئی، که با رنگ سبز در اشل زیر قرار دارند را تشخیص نمی دهد. در کنار دریا و یا در کوههای پر از برف این پرتوها به بدن ما اصابت کرده و پوست بدن را برنزه می کنند و اگر مدت اقامت در زیر تشعشع این پرتوها طولانی باشد ممکن است انواع سرطان و به ویژه سرطان پوست را در بدن ایجاد کنند. در نمودار زیر امواج موجود در فضا را از فرکانسهای پایین، رادیو، مونیتور، رادیو AM، تلفن همراه و فر ماکرو ویو و نهایت کباب پز برقی را مشخص کرده. ولی از اواسط رنگ بنفش امواج یونیزه کننده را آورده اند که نمی توانیم ببینیم.





پرتوهایی که از فضاها دور مثلا از یک سوپرنوا به زمین می رسند انواع ذرات مادی یا فوتونی را به زمین می تابانند. در جو زمین پس از برخورد به ملکولی از هوا، تحولاتی در آنها رخ می دهد و نهایت تبدیل به ذرات بنیادی بسیار متفاوتی از ذرات اولیه می شوند. و نهایت تبدیل به فوتونهای γ بسیار پر انرژی که همین پرتوها تبدیل به زوج الکترون مثبت و منفی می کردند و نهایت در سطح پایین جو الکترون مثبت و منفی با هم برخورد کرده و γ هایی تولید می کنند. اگر انرژی پرتوها، خواه مادی و خواه فوتونهایی در اشل زیر بنفش تا پرتوهای γ و γ به اندازه ای باشند که بتوانند الکترونی را از اتمی که در مسیر آنها قرار دارد جدا سازند، آنها را پرتوهای یونیزه کننده می نامند. پرتوهای بتای منفی و یا مثبت، الکترون منفی و یا مثبت هستند و جرم آنها 1840 مرتبه کمتر از جرم یک پروتون و یا نوترون است. این پرتوها به وسیله صفحه بسیار نازکی از فلز و یا پلاستیک متوقف می شوند و هر یک از این ذرات فراخور انرژی جنبشی که دارند در هر سانتیمتر مکعب از مایع بین 10 تا 100 یون مثبت و منفی ایجاد می کنند. در اثر برخورد یک بتای منف با بتای مثبت دو فوتون در 180 درجه با انرژی هریک 511 کیلو الکترون ولت خواهد شد اینها بسیار یونیزه کننده هستند.

پرتوهای γ و γ که امواج الکترو مغناطیسی یا به عبارت دیگر فوتونهایی بدون جرم و با انرژی متفاوت اند، قدرت نفوذی به مراتب بیشتر از پرتوهای بتا دارند. پرتوهای ایکس غالبا از قشر الکترونی اتم منتشر می شوند و حاصل از انتقال در ترازهای انرژی اتم هستند. حال آنکه پرتوهای گاما از انتقال ترازهای انرژی درون هسته اتمها خارج می شوند. این پرتوها چون بار ندارند و با اتمهای ماده ای که از آن عبور می کنند بر خورد کمتری دارند، لذا برای متوقف کردن آنها صفحه های سربی نسبتا ضخیم لازم است. تعداد یونهایی که پرتوهای ایکس در محیطی مایع مانند آب یا خون ایجاد می کنند نسبتا کم و بین 10 تا 50 یون در هر سانتی متر مکعب است. در مورد عبور پرتوهای گاما نیز اتمهای سر راه خود را یونیزه خواهند کرد. نفوذ پرتوهای گاما با سه پدیده مختلف انجام می گیرد و نتیجه بسیار مخرب تر از پرتوهای ایکس دارند. اطلاعات بیشتر را در کتاب انرژی اتمی ام بخوانید. است



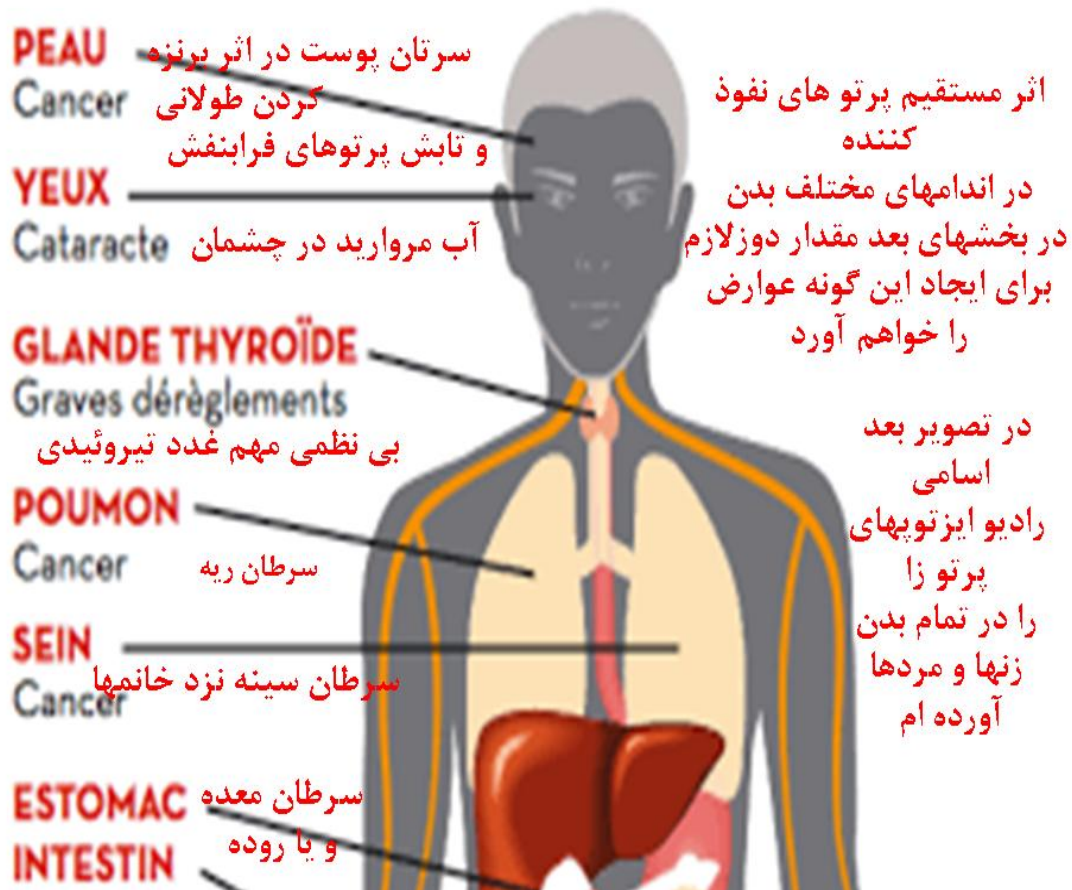
پرتوهای γ حاصل از تحولاتیست که در قشرهای الکترونی اتم ایجاد می شود. در واقع عمل یونیزاسون کردن الکترونی از قشر الکترونهای اتم است. بعد از کننده شدن الکترون از اتم پرتو γ خارج می شود.

پرتوهای γ در اثر ناپایداری هسته اتمهاست. کبالت طبیعی عدد جرمی معادل 59 دارد، درون راکتور اتمی یک نوترون جذب می کند و تبدیل به کبالت نا پایدار 60 می شود. اضافه بود نوترون را با خروج یک بتای منفی انجام می دهد. ولی هسته باقی مانده که نیکل متا استابل است با انتشار دو پرتو γ پر انرژی به حالت پایداری می رسد.

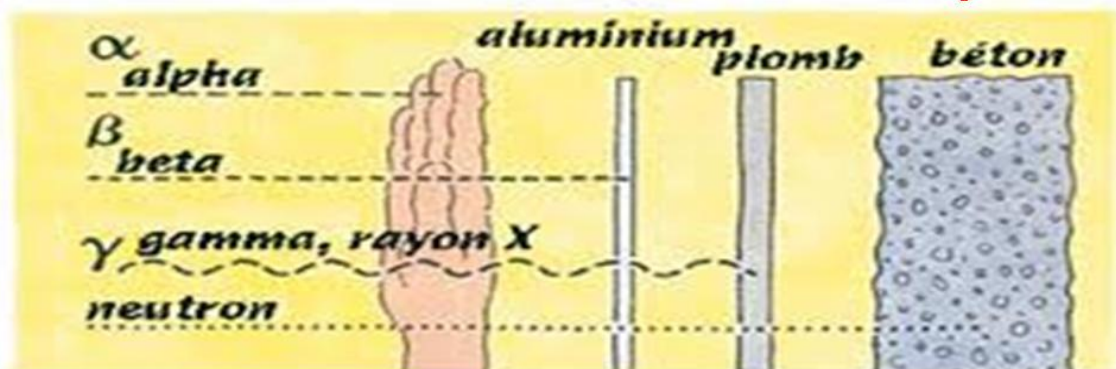
بخش دهم

پرتو زایی را با قدرت نفوذ پرتوها شروع می‌کنم:

در بخش نهم گفتم که پرتوهای منتشره از مواد پرتوزا، حاصل تبدیل ترازهای انرژی در درون مواد پرتوزا هستند. پرتوهای منتشره از این مواد می‌توانند اتمها و یا ملکولها را یونیزه کرده و به ویژه زیانهای فرا خور انرژی و دوز ارسال شده به وجود بیاورند. مثلا همانطور که پیش از این گفتم در اثر تبدیل یک الکترون منفی یا الکترون مثبت از اتم خارج و در پی آن نیز تعدادی پرتو گاما γ یا ایکس X از رادیو ایزوتوپ باقی مانده خارج می‌گردد. بهترین مثال را در این مورد آوردم و آنهم ایرادیسیون کبالت 59 در یک راکتور اتمی با نوترونهای حاصل از شکست اورانیم بود که کبالت 60 را به وجود می‌آورد و این کبالت با تبدیل یکی از نوترونهایش به پروتون یک بتای منفی از خود بیرون می‌داد. این بتای منفی را یک ورق نازک کاغذ نگه می‌دارد. ولی نیکل حاصل شده از پرتوزایی کبالت 60 در تراز بالایی از انرژی نسبت به نیکل پایدار است و به همین دلیل به آن نیکل متاستابل گویند که با انتشار دو پرتو گامای پر انرژی $\gamma 1$ و $\gamma 2$ میلیون الکترون ولت ($\gamma 1 = 1/17\text{Mev}$) و ($\gamma 2 = 1/33\text{Mev}$) از خود دفع ناپایداری می‌کند و به نیکل پایدار تبدیل می‌شود. این پرتوها در بدن و یا بر روی ملکولهای مختلف عمل یونیزاسیون (کندن الکترون از قشر الکترونی اتم ضربه خورده) ایجاد می‌کنند ولی از بین نمی‌روند در اثر برخورد بخشی از انرژی خود را از دست می‌دهند. زمانی که در درون مایعی مثلا آب یا خون قرار دارند و انرژی آنها اگر بیش از 1/022 میلیون الکترون ولت باشد دگرگونی حاصل می‌کنند و تبدیل به یک زوج الکترون منفی و مثبت با انرژی هریک بیش از 0/511 میلیون الکترون ولت که در 180 درجه از هم دور می‌شوند. الکترونها تا زمانی که انرژی جنبشی دارند ملکولهای مایع را یونیزه خواهند کرد. زمانی که انرژی آنها صفر می‌شود در یکدیگر ادغام شده و تبدیل به دو پرتو گاما با انرژی هریک 0/511 میلیون الکترون ولت می‌شوند. این پرتوها نیز ملکولهای آب و آبهای موجود در خون را یونیزه خواهند کرد



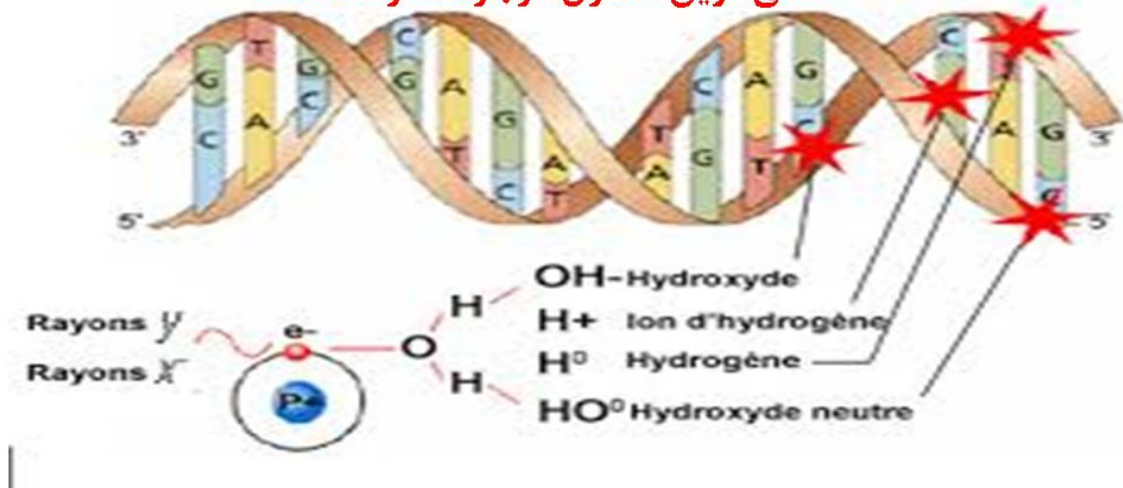
به طور کلی رادیو ایزوتوپها دو نوع ذره از خود منتشر می کنند، این ذرات می توانند مادی باشند (مانند پرتو بتا منفی β^- و بتای مثبت β^+) (با جرمهای 0/511 میلیون الکترون ولت برای هر کدام از الکترونها) و برای ذره آلفا بیشتر از 4 میلیون الکترون ولت. پرتوهای α و γ فاقد جرم هستند ولی انرژی بیشتر دارند و قابلیت نفوذ زیاد تر دارند. نوترونهای آزاد شده از شکست اتم اورانیم در نیروگاه ها نیز انرژی بسیار زیاد دارند و تنها دیواره های بتنی ضخیم مانع از خروج آنها می گردد همانطور که در تصویر می بینید .



این پرتوها بر حسب انرژی جنبشی که دارند، تعداد یونهایی که در زمان عبور از مواد مختلف و یا بدن انسان ایجاد می کنند، متفاوت است. یک ذره آلفای α حاصل از تخریب یا تجزیه رادیم ۲۲۶ انرژی جنبشی معادل ۴/۷۸ میلیون الکترون ولت دارد ولی به علت داشتن جرم سنگین (ذره آلفا از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده) نمی تواند مسافت زیادی در ماده طی کند، یک برگ کاغذ معمولی و یا حتی قشر مرده پوست دست می تواند آنرا متوقف سازد.

ولی اگر همین ذره وارد یک سانتیمتر مکعب محیط مایع (مثلاً" خون و یا برخی از اندامهای زنده" موجودات که بیش از ۹۰ درصد آنها آب است، شود، انرژی خود را به ملوکولها منتقل می کند و ۴۰۰۰ زوج یون مثبت و منفی ایجاد خواهد کرد. این وضعیت به ویژه در مورد خون که ۹۵ درصد آن از آب است صادق است. ملوکولهای آب نمی توانند این یونیزاسیون را تحمل کنند، شکسته شده و تبدیل به رادیکال آزاد OH و H و پروتون H^+ و اتم H° می گردند. از اتحاد دو رادیکال آزاد، آب اکسیژنه H_2O_2 تولید می شود. در نظر داشته باشید که وجود آب اکسیژنه درون خون چه زیانهای بسیاری به بار خواهد آورد و ملوکولهای ژنها را تغییر خواهد داد. رادیکالهای H و OH آزاد نیز بسیار مخربند. اثر پرتوهای گاما γ و ایکس X نیز در درون مایعات بدن این رادیکالها را ایجاد می کنند.

اصلی ترین ملکول موجودات زنده : DNA



بخش یازدهم

پرتو زایی را با شناخت بشر از پدیده شکست اتمهای اورانیم 233، 235 و پلوتونیم 239 شروع می‌کنم. همگی به خوبی می‌دانید که در ایام جنگ جهانی دوم اغلب دانشمندان آلمانی به خارج از آلمان فرار کردند. منجمله دانشمندی به نام لئو زیلارد (Leó Szilard) اولین پژوهشگری بود که به فکر استفاده از انرژی اتمی افتاد. او همواره به فکر ایجاد واکنش زنجیره ای و شکست اتم اورانیم بود.

زیلارد و اینریکو فرمی Enrico Fermi (داماد پیر کوری) پروژه (بروه) ساخت نیروگاه اتمی را پیش از جنگ جهانی دوم به ثبت رسانده بودند.

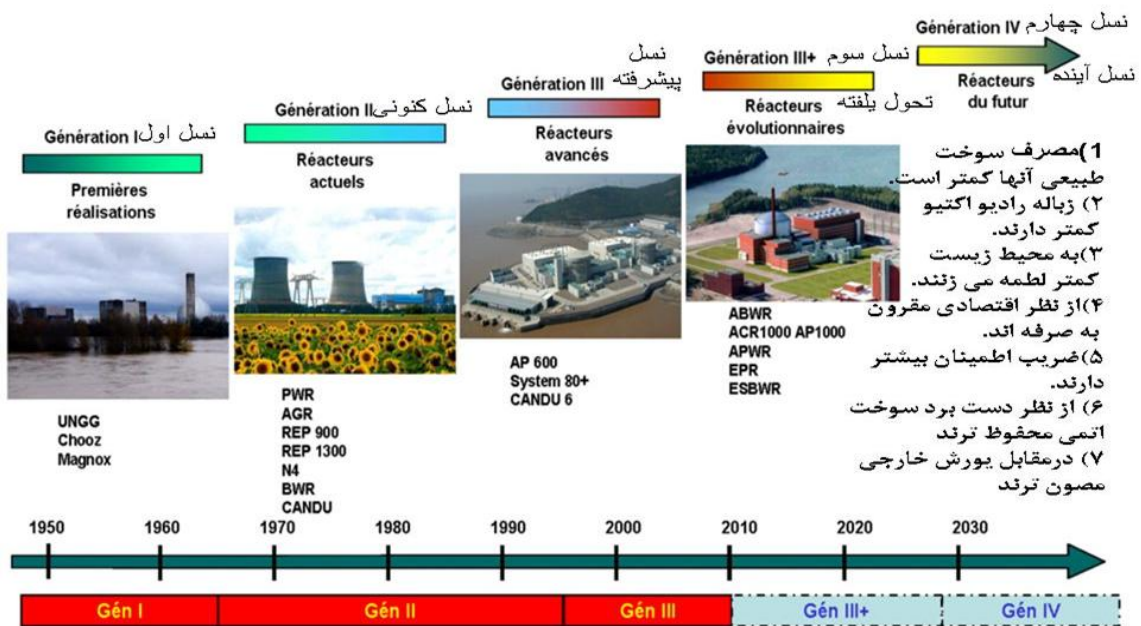
زیلارد به همکاران پژوهشگر در انرژی اتمی اطلاع داد که آلمانها در حال تهیه بمب اتمی هستند. و نیز لئو زیلارد از اینشتین در خواست کرد تا نامه ای در این مورد به روزولت Franklin Delano Roosevelt بنویسد. این نامه در دوم آگوست 1939 در مورد پژوهش بمب اتمی توسط آلمانها سبب به وجود آمدن پروژه منهتن Manhattan نزد آمریکایی ها شد. 50 نفر از پژوهشگران اتمی به ریاست اوپن هایمر Oppenheimer شروع به کار کردند. بعد از اولین آزمایش بمب اتمی با نام کد Trinity در الاموگوردو Alamogordo مکزیک در ژوئیه 1945 .

توجه دانشمندان به قدرت تخریبی این بمب آنها را وحشت زده کرد. بلافاصله 50 نفر از دانشمندانی که پروژه منهتن را به سر انجام رسانده بودند به سرپرستی اینشتاین نامه ای به روزولت رئیس جمهور آمریکا نوشتند تا ژاپنی ها را دعوت کند و قدرت تخریبی بمب اتمی آزمایشی آنها را ببیند و از جنگ دست بر دارند. ولی متاسفانه روزولت که از بهترین و انسان ترین رئیس جمهوران آمریکا بود و نیز 4 بار به ریاست جمهوری رسیده بود، در آوریل 1945 فوت کرد و هانری ترومن Hanri S. Truman معاونش جانشین او شد و با تأسف بسیار 6 و 9 آگوست 1945 به دستورایشان بمبهای اتمی بر روی ساکنان شهرهای هیروشیما و ناکازکی فرو ریخته شد و جان بیش از چند صد هزار نفر را گرفت. بعد از این بمباردمان فجیع، تهیه بمب های آزمایشی نزد آمریکایی ها و سپس روسها، انگلیسی ها و فرانسوی ها در نهایت چند کشور دیگر مثل هند و پاکستان و اسرائیل شروع شد. تعداد 2153 بمب (بدون احتساب آزمایشات کره شمالی) که هر یک شامل چندین تن ماده سوخت اورانیم و یا پلوتونیم و نیز چند سال بعد آزمایش بمب های

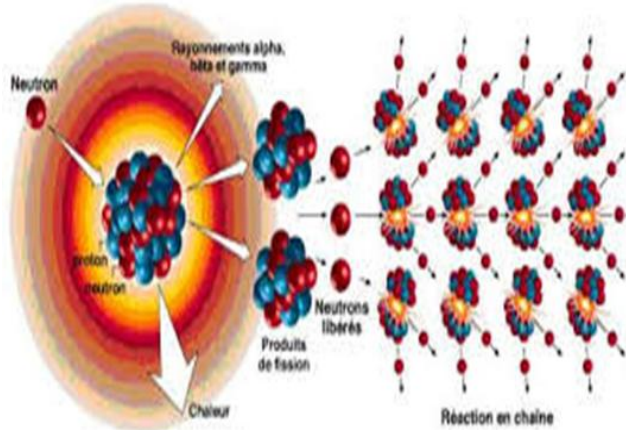
هیدروژنی و سپس بمبهای کثیف. نتیجه این آزمایشهای اتمی و هیدروژنی و ساخت بیش از 436 نیروگاه های اتمی، افزایش مقدار مواد رادیو اکتیو پرتو زا در روی سیاره شده است.

پیش از این آزمایشها و نیروگاه ها، رادیو اکتیویته طبیعی سیاره در حال تعادل با ملکولهای درونی بدن ما بودند و ندرتا سرطان به وجود می آوردند، ولی اکنون مقدار رادیو اکتیویته خشن و خطرناک، در سطح و یا جو زمین دو برابر حد طبیعی شده است و تعداد سرطان بین افراد بشر بیشتر گشته است. متأسفانه کشورهای قدرتمند دنیا اشاره ای به این بدبختی که برای بشر و موجودات زنده روی زمین به وجود آورده اند نمی کنند. همانطور که مفصل در تصویرهای پیوست و ویدئوی مربوط به 2153 آزمایش بمبهای اتمی و هیدروژنی و نیروگاه خواهید دید، متوجه بروز این همه سرطان نزد افراد بشر خواهید شد. شرکتهای چند ملیتی دارو سازی نیز در آمد بی پایانی برای پر کردن جیب خود و سهام داران خود به دست آورده اند. در بخش دوازدهم اثر سرطان زایی این پرتو ها را خواهیم آورد.

بلافاصله بعد از بمبهای اتمی که در هیروشیما و نا کازاکی منفجر شدند دانشمندان به فکر استفاده از انرژی اتمی افتادند و تا کنون بیش از ۴۳۶ نیروگاه از سال ۱۹۵۰ ساخته اند که تا کنون چهار نسل از این نیروگاه ها در جهان مورد استفاده قرار دارد. حد اقل توان حرارتی این راکتورها ۳۰۰۰ مگاوات است و هر یک بیش از ۱۰۰۰ مگاوات الکتریسیته تولید می کند و زباله رادیو اکتیو این نیروگاه بیش از هزاران تن مواد پرتو زا بر جا گذاشته اند و تا کنون نتوانسته اند روشی برای نگه داری این مواد بیابند. در بخش ۱۲ در باره این مواد بیشتر سخن خواهیم گفت.



همانطور که پیش از این گفتیم ورود یک نوترون به داخل اتم اورانیم ۲۳۵ عدم تعادلی در آن به وجود می آورد و هسته اورانیم ۲۳۶ به دو تیکه تقسیم می شود ضمن از دست دادن مقدار ۲۰۰ میلیون الکترون ولت انرژی و سه نوترون به ازای هر شکست، از تکه های شکست خارج می شوند که هر یک از آنها قادرند سه اتم اورانیم دیگر را بشکنند و در نهایت تمام توده سوخت را به صورت زنجیره ای منفجر کنند. این حالت یک بمب اتمی است. که انفجاری شدید و با انرژی فراوان آن که می تواند شهر یک میلیون نفری را زیر و رو کند و زنده ای باقی نگذارد. زیرا هر اتم اورانیم ۲۰۰ میلیون الکترون ولت انرژی می دهد. می دانیم که در یک بمب اتمی با اورانیم ۲۳۵ حد اقل ۱۵ کیلوگرم اورانیم ۲۳۵ باید وجود داشته باشد، اگر ضرب در عدد آووگادرو کنیم و ضرب در ۲۰۰ میلیون الکترون ولت کنیم مقدار انرژی تولید شده: $15/235 \times 6.03 \times 10^{23} \times 200 = 77 \times 10^{23} \text{ Mev}$ و چون هر اتم اورانیم شکسته شده دو ایزوتوپ پرتو زا تولید می کند لذا تعداد اتمهای پرتو زای به وجود آمده از انفجار ۱۵ کیلوگرم اتم اورانیم برابر: 77×10^{21} اتم خواهد شد. یعنی در مقابل ۷۷ باید ۲۱ صفر قرار داد.



باید بگویم بمب هایی که آزمایش کرده اند، هر یک بیشتر از هزاران کیلو اورانیم داشته اند و تعداد بمب های آزمایش شده که هر یک هزاران بار مخرب تر از انفجار هیرو شیما و ناکازاکی بوده اند. بدون احتساب بمب های کره شمالی تعداد بمب هایی که به صورت آزمایشی در سطح ستاره و با در اقیانوسها منفجر کرده اند بیش از ۲۱۵۳ بمب بوده که در ویدئوی پیوست، سهمیه هر یک از هر کشورهای دنیا را خواهید دید. منظور از این بحث شناخت مقدار عناصر پرتو زاییست که بشر در محیط زیست وارد کرده است

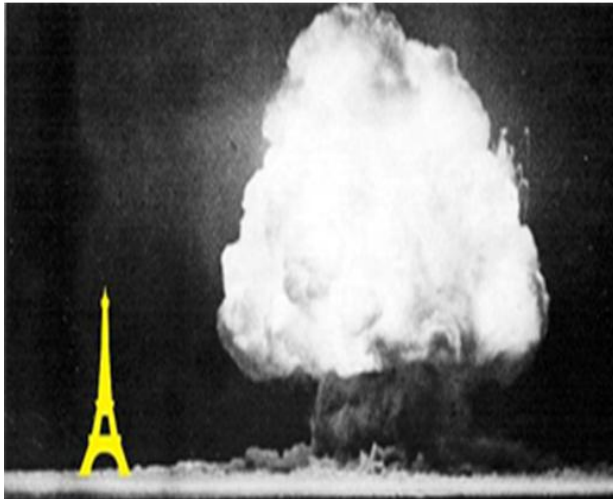


اولین گروه دانشمندان هسته ای که پروژه تهیه بمب اتمی را بنا به پیشنهاد لوئو زیلارد **Leó Szilard** (نفر دوم از راست به چپ با مانتوی خاکستری) به وسیله نامه ای که به اینشتاین نوشت و اینشتاین نیز نامه را به روزولت داد و از آن به بعد پروژه منتهن شروع شد و بمب های اتمی کشور های قدرتمند سیاره زمین زیبایمان را به گند کشیده اند.

مقایسه قارچ انفجاری اولین بمب آزمایشی آمریکا به نام (Trinity) با ارتفاع برج ایفل فرانسه. ارتفاع این قارچ را ۱۲ کیلومتر تخمین زده اند، موج انفجار تا ۱۶۰ کیلومتری احساس می شد. ربرت اوپنهایمر، پدر بمب اتمی آمریکا، (1904 – 1967) Robert Oppenheimer سرپرست پروژه اتمی منتهن که در فاصله ۹ کیلومتری از محل انفجار بود بی اختیار کلمه ای از کتاب مقدس هندودان Bhagava- Gita را با صدای بلند در برابر ۲۶۰ پژوهشگرانی که حضور داشتند، بر زبان آورد:

« Now, I am become Death, the destroyer of worlds »

(اکنون من مرگ شده ام "نابود کننده جهان"). در این جمله کلمه مرگ اشاره به خدای برهمنی ها، شیوا است که خدای خراب کننده و باز سازنده جهانی بهتر است.



«کنت بدینبرج Kenneth Bainbridge

(1904 - 1996) سرپرست این برنامه آزمایش

انفجار اتمی، جمله دیگری بر زبان آورد:

« Now we are all sons of bitches

اکنون همه ما روسپی زاده هستیم!

Bhagavada - Giita کتاب اسطوره مذهبی

هندوان است که غربی ها تاریخ پیدایش آنها بین

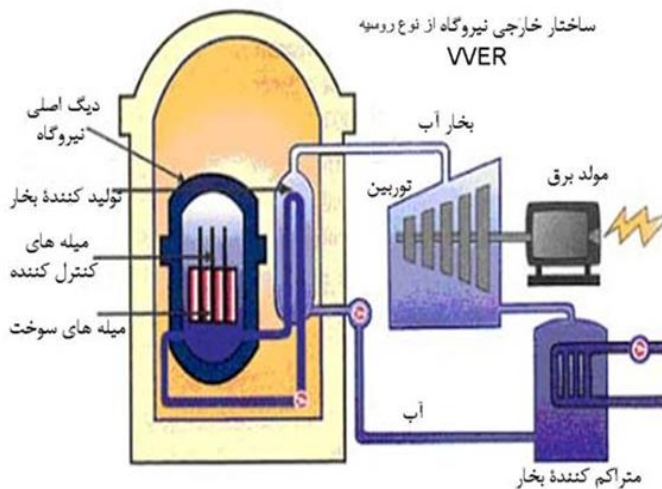
قرن پنجم تا دوم قبل از میلاد تخمین زده اند. در

حقیقت هندویسم بر پایه ی چند خدایی بنا شده

است. در راس مثلث خدای برهما- ویشنو و شیوا

قرار دارند.

غربی ها پس از شناخت پدیده شکست اتمها و انفجار بمب های هسته ای و بعد از جنگ دوم جهانی شروع به ساختن نیروگاههای اتمی کردند. این روش تولید انرژی حتی برای کشورهای که سوخت فسیلی ندارند هنوز مقرون به صرفه نیست، ولی چون آنها را از نظر تولید انرژی مستقل تر از کشورهای دیگر می کند (بدون توجه به عواقب خطرناک افزوده شدن زباله های اتمی) آن را به کار می گیرند. اکنون 28 کشور در روی زمین 436 نیروگاه اتمی دارند. و اگر قرار باشد تمام کشورهای جهان انرژی الکتریکی خود را از راه شکست اتم تهیه کنند، به طور قطع زندگی برای نوادگان ما در اواخر قرن بیست و یکم غیر ممکن خواهد شد. خطر و زیان زباله های اتمی را تشریح خواهیم کرد. کشور فرانسه که از دهه 1970 تا کنون بزرگترین تولید کننده الکتریسیته از طریق نیروگاههای اتمی است و بیش از 58 نیروگاه با توان بالا دارد و 80 درصد برق مصرفی خود را از این راه تامین می کند، هنوز نتوانسته اند تصمیمی قطعی برای زباله های پرتوزا حاصل از نیروگاهها، خه د بگ د



در یک نیروگاه اتمی نمی گذارند که واکنش زنجیره ای سبب انفجار ناگهانی تمام اورانیم ها شود. همانطور که گفتیم از شکسته شدن هر اتم اورانیم به طور متوسط 2.7 نوترون تولید می شود اگر 1.7 نوترونها را به وسیله اتمی دیگر غیر از اورانیم جذب کنند یک راکتور اتمی و یا نیروگاه هسته ای خواهیم داشت. در یک نیروگاه هسته ای عنصر کادمیم با عدد اتمی 48 (تعداد پروتهایش) بسیار جاذب نوترون است و بعد از جذب نوترن باز هم پایدار می ماند. برای کنترل نیروگاه و جود میله های کادمیم در کنار میله های سوخت الزامیست.

بخش دوازدهم

پرتو زایی را تشریح می کنیم. در بخشهای قبلی شکست اتمهای اورانیم را مطالعه کردیم و در ویدئو دیدید که تا کنون در جهان بیش از 2400 بمب های اتمی و هیدروژنی منفجر شده و معیار رادیو اکتیویته سطح زمین را دو برابر بیشتر از حالت طبیعی کرده است. اگر زباله های نیروگاه های اتمی را نیز بدان اضافه کنیم. مقدار رادیو اکتیویته ای که در سطح سیاره پراکنده شده است میلیونها بار بیشتر از دو بمب اتمیست که بر روی شهرهای ناکازاکی و هیروشیما رها کرده اند. در تصویرهای زیر مقایسه انواع بمب ها و نیز فراورده های حاصل از شکست اتم اورانیم و یا پلوتونیم را آورده ام. در بخش های بعد اثر و قدرت تخریب این پرتوها را بر روی اندامهای انسانها خواهیم آورد:

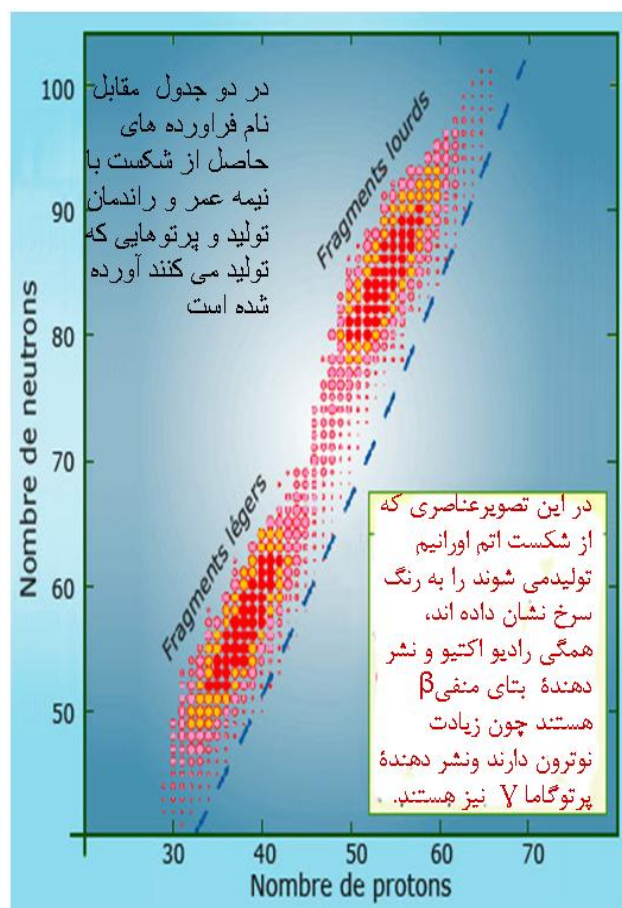
نام عنصر	نیمه عمر سال	راندمان %	انرژی keV	$\beta\gamma$ *
¹⁵⁵ Eu	۴,۷۶	۰,۰۸۰۳	۲۵۲	$\beta\gamma$
^{۸۵} Kr	۱۰,۷۶	۰,۲۱۸۰	۶۸۷	$\beta\gamma$
^{113m} Cd	۱۴,۱	۰,۰۰۰۸	۳۱۶	β
^{۹۰} Sr	۲۸,۹	۴,۵۰۵	۲۸۲۶	β
¹³⁷ Cs	۳۰,۲۳	۶,۳۳۷	۱۱۷۶	$\beta\gamma$
^{113m} Sn	۴۳,۹	۰,۰۰۰۰۵	۳۹۰	$\beta\gamma$
¹⁵¹ Sm	۸۸,۸	۰,۵۳۱۴	۷۷	β

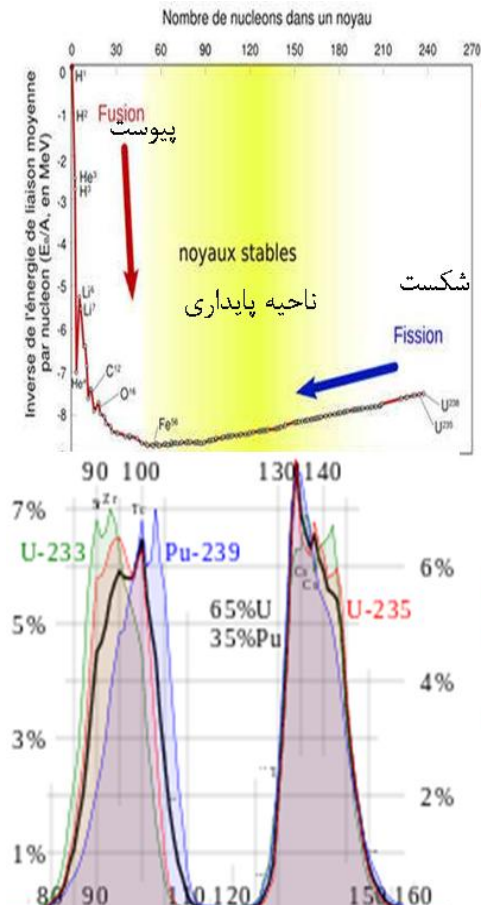
رادیو ایزوتوپهای حاصل از شکست اورانیم ۲۳۵

جدول فوقانی نیمه عمر بیشترین از یک سال

و در زیر در اشل میلیون سال

نام عنصر :	نیمه عمر میلیون سال	راندمان %	انرژی keV	$\beta\gamma$ *
⁹⁹ Tc	۰,۲۱۱	۶,۱۳۸۵	۲۹۴	β
¹¹³ Sn	۰,۲۳۰	۰,۱۰۸۴	۴۰۵۰	$\beta\gamma$
⁷⁶ Se	۰,۳۲۷	۰,۰۴۴۷	۱۵۱	β
⁹³ Zr	۱,۵۳	۵,۴۵۷۵	۹۱	$\beta\gamma$
¹³⁵ Cs	۲,۳	۶,۹۱۱۰	۲۶۹	β
¹⁰⁷ Pd	۶,۵	۱,۲۴۹۹	۳۳	β
¹²⁹ I	۱۵,۷	۰,۸۴۱۰	۱۹۴	$\beta\gamma$





در بخش سوم نمودار شکست و گداخت (پیوست) هسته ای را بر حسب پایداری اتمها تشریح کردم. در این بخش بحث ما مربوط به شکست اتمها و فرآورده حاصل که عناصر خطرناکی برای زندگی موجودات است را تشریح می کنیم. اتمهای اورانیم ۲۳۳، ۲۳۵ و پلوتونیم ۲۳۹ با ورود یک نوترن شکسته می شوند و بر حسب مخلوط سه عنصر شکست پذیر، عناصری با عدد جرم بین ۸۰ تا ۱۱۰ و یا ۱۲۰ تا ۱۶۰ که در ناحیه پایداری قرار دارند، تولید می کنند. فرآورده های شکست که همواره ناپایدار و تعداد زیادی نوترن نسبت به ناحیه پایداری دارند، را زباله های سوخت نیروگاه ها و یا بمب های اتمی می نامند. نمودار پایین راندمان عناصر پرتوزای حاصل از شکست این اتمها را خواه در نیروگاه و خواه در بمب اتمی نمایش می دهد. همانطور که گفتم اغلب عناصر حاصل از شکست زیادت نوترن دارند و با تجزیه β^- منفی (تبدیل یک نوترن به پروتون و نشر یک الکترون منفی که اغلب همراه با انتشار پرتوهای γ که بسیار سرطان زا هستند می باشند. در نمودار بعد محل فرآورده های حاصل از شکست را در نمودار «سکره» با نقاط سرخ رنگ آورده و در مقابل آن برخی از عناصر به وجود آمده را براساس نام و نیمه عمر و راندمان شکست و انرژی پرتوها را آورده ام و نیز در تصویر بعد می بینید رادیو ایزوتوپهای حاصل از شکست اتم اورانیم چه سرطانهایی در اندام افراد ایجاد می کنند.



توده سوخت در داخل بمب های اتمی و یا هیدروژینی متفاوت از هم هستند. یک بمب اتمی از رادیو ایزوتوپ اورانیم ۲۳۵ و یا ۲۳۳ و در حال حاضر اغلب از پلوتونیم ۲۳۹ استفاده می کنند. چون به دست آوردن پلوتونیم ساده تر از غنی سازی اورانیم است. در داخل یک نیروگاه بسیار کوچک متشکل از اورانیم طبیعی اتمهای اورانیم ۲۳۵ شکسته می شوند و نوترن تولید می کنند. اتمهای اورانیم ۲۳۸ با جذب یک نوترن تبدیل به اورانیم ۲۳۹ می شوند و چون زیادت نوترن دارند با دو بتای منفی پی در پی تبدیل به پلوتونیم ۲۳۹ با عدد اتمی ۹۴ می شوند.

در هیروشیما از اورانیم ۲۳۵ استفاده شد و نام بمب Little Boy پسر بچه کوچک بود و در ناکازاکی نام بمب Fat Man یعنی مرد چاق و سوخت پلوتونیم ۲۳۹ به کار رفته بود. قدرت تخریبی این بمب ها بین ۱۵ تا ۲۰ کیلو تی ان تی بود. ولی یک بمب هیدروژنی ترکیبی از یک بمب اتمیست که در آن عمل شکست اورانیم به صورت زنجیره ای انجام می گیرد. در مرکز این بمب عناصر سبک مانند ایزوتوپهای هیدروژن دوتریم و تریتم و برخی از اوقات لیتم قرار داده اند. انفجار اتمی اورانیم دمایی نزدیک به میلیون درجه سانتیگراد ایجاد می کند و در این دما اتمهای سبک با یکدیگر گداخت حاصل می کنند. در این لحظه دومین قارچ ظاهر می شود که به مراتب بزرگتر و مخرب تر از قارچ اتمیست. در وسط تصویر و پلان اول بمب Little Boy به قدرت ۱۵ کیلو تن را می بینید و نیز دو آزمایش بمب اتمی به قدرتهای ۳۵۰ و ۱۰۰۰ کیلو تن را در طرفین آن می بینید و حال آنکه بمب هیدروژنی ۱۵۰۰۰ کیلو تن تی ان تی در آخرین پلان تصویر دیده می شود.

در اواخر اکتبر ۵۰ سال پیش پر قدرت ترین بمب هیدروژنی را روسها منفجر کردند. همانطور که در تصویر به خوبی دیده می شود اول بمب اتمی به صورت قارچی نسبتاً پهن شده بر روی زمین منفجر شده و از وسط آن قارچ حاصل از گداخت اتمهای سبک نظیر دوتریم، تریتمیم و یا لیتیم و دوتریم به وجود آمده است



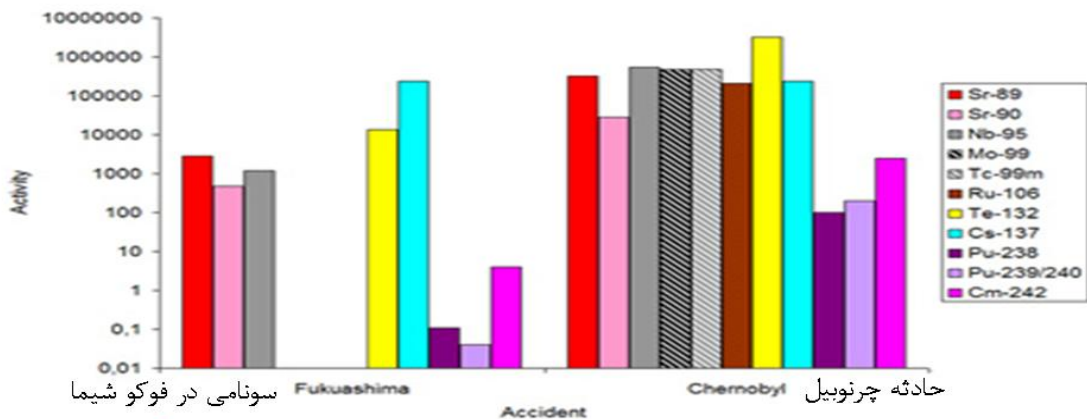
بخش سیزده

در اولین تصویر گسترش مواد پرتو زا در مهمترین حادثه نیروگاه های اتمی چرنوبیل و فکوشیما را آورده و سپس واحد پرتوزایی و در دو تصویر دیگر اثر پرتو ها بر اساس مقدار دوز برخورد شده به اندامهای بدن انسان را آورده ام.

تظاهرات بالینی حاصل از برخورد پرتو ها:

یک ایرادیاسیون کوتاه مدت با دوزی معادل 50 رم (0/5 سیورت) بر روی بدن انسان و در نقاط مشخص و محدودی از بدن، می تواند ظرف چند دقیقه آسیبهایی وارد سازد. در تصویر های پیوسته به صورت نمودار اثر مقادیر مختلف سیورت را بر روی اورگانهای بدن آورده ام. در این نمودارها مشاهده می کنید که دوز قابل قبول در سال نباید از 2/4 میلی سیورت تجاوز کند. در 250 میلی سیورت، نخستین اثر پرتوها با تحولاتی در سلولها ظاهر می شود و به ویژه به سلولهای خونی صدمه می زند. در 1 سیورت بیماری های موقت مانند سر درد و حالت تهوع ایجاد می شود. در 4 سیورت تا 50 درصد مرگ زودرس در غیاب معالجه روی خواهد داد. در 7 سیورت مرگ ظرف چند ساعت اتفاق خواهد افتاد. در این مورد معالجه ممکن است مرگ را کمی به تأخیر اندازد، ولی در نهایت بی نتیجه است و مرگ قطعا" روی خواهد داد.

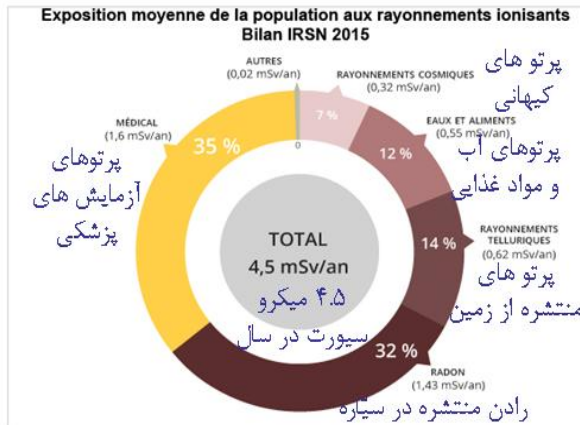
به طور طبیعی همواره مقداری پرتو به بدن ما تابیده می شود، این پرتوها از منابع کیهانی و یا مواد پرتوزای طبیعی موجود در پوسته زمین است. همانطور که پیش از این نیز گفتم در قرن بیستم به دلیل آزمایشهای اتمی و یا ساخت نیروگاهها و حوادث آنها مقداری بر پرتوزایی موجود در زمین و جو آن اضافه شده است. مقدار دوز کم اثر بر بدن ما سالانه در حدود 2/4 میلی سیورت است. اگر از این مقدار بیشتر شود، چنان که در شکل نمایش داده شده ضایعاتی به وجود خواهد آمد. در تصویر های پیوسته نیز اثر پرتو رادیو اکتیو را بر روی اندامهای بدن را ارائه داده ام.



در این نمودار رادیو اکتیویته عناصر مختلف پخش شده در اطراف دو حادثه چرنوبیل و فوکوشیما را آورده ام. می دانیم که این دو حادثه انفجار زنجیره ای اورانیم نبود و میله های کادمیم که همواره در کنار میله های سوخت وجود دارند مانع انفجار زنجیره ای قلب نیروگاه ها شد. فقط چون خنک کننده های راکتورها از کار افتاده بود، دمای درون نیروگاه ها بسیار بالا رفت و سبب تجزیه ملکولهای آب به هیدروژن و اکسیژن شد. در اثر فشار زیاد درون قلب راکتور اکسیژن دوبرابر با هیدروژن ترکیب شده و انفجار شدیدی به وجود آورد و میله های سوخت و زباله های حاصل از شکستهای قبلی اتمهای اورانیم را به بیرون از راکتور ها ریختند. اسامی و رنگ و رادیو اکتیویته این زباله ها را در نمودار می بینید

در آزمایشهای بمب های اتمی و هیدروژنی تمام توده سوخت به صورت زنجیره ای شکسته می شوند و تبدیل به همین عناصر در اثنای ده ها هزار نه بلکه ده ها میلیون برابر این مقدار رادیو اکتیویته را در جو زمین رها می کنند.

تشعشعاتی متوسطی که اجتماعات می توانند پرتوهای یونیزه را تحمل کنند.



واحد رادیو اکتیویته یا دوزی متری:

با توجه به اینکه غالباً اثر پرتوها بر روی بافت های زنده مورد نظر است، لذا مقدار انرژی جذب شده به وسیله بافتهای زنده را با واحدی می سنجند که به آن دوز (Doses) می گویند. ارزش برابری دوز عبارتست از: مقدار پرتو جذب شده در ضریب قدرت نوع پرتو. غالباً واحدی که در دوزی متری به کار می رود، گری (Gry) نامیده می شود. یک گری عبارتست از یک ژول انرژی منتقل شده به هر کیلو گرم بافت زنده. یک گری است که برابر ۱۰۰ راد می باشد. یک رم برابر با یک راد ضرب در ضریب بیولوژیکی پرتو است.

دوز «سیورت» را در بخش های بعد

بیشتر به کار خواهیم برد

غالباً بجای رم صد برابر آن را سیورت (Sieverts) جایگزین می کنند. برای پرتوهای گاما، ایکس و بتا یک

سیورت برابر ۱۰۰ رم است و برای پرتو آلفا یک سیورت معادل ۲۰۰۰ رم می باشد.

Sieverts = 1000 Millisieverts = 100 Rem برای پرتوهای گاما، ایکس و بتا

Sieverts = 1000 Millisieverts = 2000 Rem برای پرتو آلفا

مقدار تابش بمبهای اتمی منفجر شده در ناکازاکی و هیروشیما، به وسیله آمریکا در سال ۱۹۴۵ از چندین هزار رم تجاوز می کرده است. البته بمبهای اتمی و هیدروژنی کنونی دوزهایی چند صد هزار بار بیشتر از آنها دارند. در تصویر بعد، مقایسه انواع رادیوایزوتوپهای پخش شده در فاصله ۵۰۰ متری دو حادثه مهم نیروگاههای اتمی چرنوبیل و فوکوشیما را ارائه داده ام. باید یاد آورم شوم که این دو حادثه انفجار زنجیره ای اتمهای اورانیم نبود. بلکه از ترکیب اتمهای هیدروژن با اکسیژن این انفجارها رخ داد و زباله های رادیو اکتیو را به بیرون از راکتور ها پخش کردند.

تأثیر پرتوهای رادیو اکتیو بر اندامهای بدن بر حسب میلی سیورت

EFFETS DES RADIATIONS

Valeurs en millisieverts (mSv) : 1 Sv = 1 000 mSv = 1 000 000 µSv - L'exposition est cumulative

پرتوهای بسیار کشنده خطر سرطانهایی بعدی بسیار محتمل است.

10 000 mSv: ۱۰۰٪ کشنده در چند روز

5 000 mSv: ۵۰٪ کشنده در ۳۰ روز

2 000 mSv: عوارض پزشکی بسیار مهم

اثر آنی به زودی ظاهر نمی شود از نظر پزشکی خطر ابتلا به سرطان

1 000 mSv: بروز سرطان حدود ۵٪

400 mSv: ۴ ساعت تا پیش احتمال سرطان

100 mSv: احتمال سرطان وجود دارد

اصولا سرطان ظاهر نمی شود و احتمال ابتلا به سرطان بسیار کم است

20 mSv: حد قابل قبول برای کار با مواد پرتوزا

10 mSv: دوز متوسط برای انجام یک اسکندر

9 mSv: دوز سالانه برای آزمایشات پزشکی

3 mSv: گردش در کوهستان ارتفاع بالا

2.5 mSv: دوز سالانه

0.1 mSv: یک پرتو نگاری با اشعه X

در دوز بالا

مغز: ورم نخایی و مرگ حتمی

چشم: آب مروارید

غدد تیروئیدی: ید پرتوزا آنها را اشباع می کند و مرگ حتمی است

کودکان حساس ترند


ریه ها: بسیار آسیب پذیر و رادیکال های آزاد را به خون منتقل می کنند

معدة: در اثر جذب مواد پرتوزا بسیار آسیب پذیرند

اندامهای تناسلی: نازایی و اختلالاتی در جنین و حتی در نسلهای بعد ایجاد می کنند.

پوست: سوختگی و سرطان پوست.

مغز استخوان: تخریب گلوبولهای سفید و سرخ و پلاکتها و در نهایت لوسمی و ودفاع بدنی از بین می رود



Fixation des radio-contaminants sur les organes et tissus*

گند تیروئیدی

iodo 124, 125, 126, 129, 131

کبد

cobalt 60
manganèse 52
scandium 46

ریه

plutonium 239, strontium 82
américium 241, 242, 243
uranium 238, radon 222
krypton 85, curium 240

کلیه

uranium 235, 238
UA, sélénium 75
molybdène 99
américium 241
rhutenium 106

پرستات

zinc 65-72

قلب

césium 137

طحال

polonium 210
Fer 55, 59, 60

استخوان

strontium 85-89-90
plutonium 236-239
américium 241
calcium 41-45-47
phosphore 32-33

*par inhalation d'air contaminé fumée et poussière radioactives ingestion de nourritures ou boissons contaminées, contact avec la peau ou les yeux

راديو ايزوتوپهای آورده شده غالبا از شکست اورانیم در بمب های آزمایشی و نیروگاه ها تولید می شوند

بخش چهارده

پرتو زایی را با تظاهرات بالینی حاصل از برخورد پرتو ها شروع می کنیم. یک ایرادیاسیون کوتاه مدت با دوزی معادل 50 رم (0/5 سیورت) بر روی بدن انسان و در نقاط مشخص و محدودی از بدن، می تواند ظرف چند دقیقه آسیبهایی وارد سازد. در تصویر اول، اثر پرتوها را بر روی ملکول آب و سپس اثر آنها بر روی مهمترین ملکول بدن یعنی DNA را آورده ام و در تصویر بعدی به صورت نمودار اثر مقادیر مختلف سیورت را بر روی اورگانهای بدن آورده ام. بر روی زمین همواره تشعشعات پرتوزا که حاصل از منابع معدنی و یا کیهانی و نیز فعالیت های اتمی بشر است وجود دارد. می توان مقدار آنها بر حسب میلی رم و نیز زمان و مکان اندازه گرفت و اثر زیان بخش آنها را بر حسب دوز اصابت کرده به سلولهای زنده مورد بررسی قرار داد. پرتوهای مواد پرتوزا به درون ماده نفوذ کرده و انرژی خود را به ملکولهای موجود در آن منتقل می کنند و چنان که گفتیم، تغییراتی ایجاد می نمایند. بنابراین، تغییرات یاد شده متناسب با دوز و یا انرژی منتقل شده است. اثر پرتوهای یونیزه کننده شامل سلسله وسیعی از واکنشهای متفاوت در رابطه با مقدار دوز و توان اثر گذاری آن است که در برخی از موارد به کمک تظاهرات بالینی شخص پرتو دیده بر رسی می شود

1) اثرهای ژنتیکی که تظاهرات بالینی آن مدتها بعد نزد نسلهای بعدی شخص پرتو دیده ظاهر می شود.

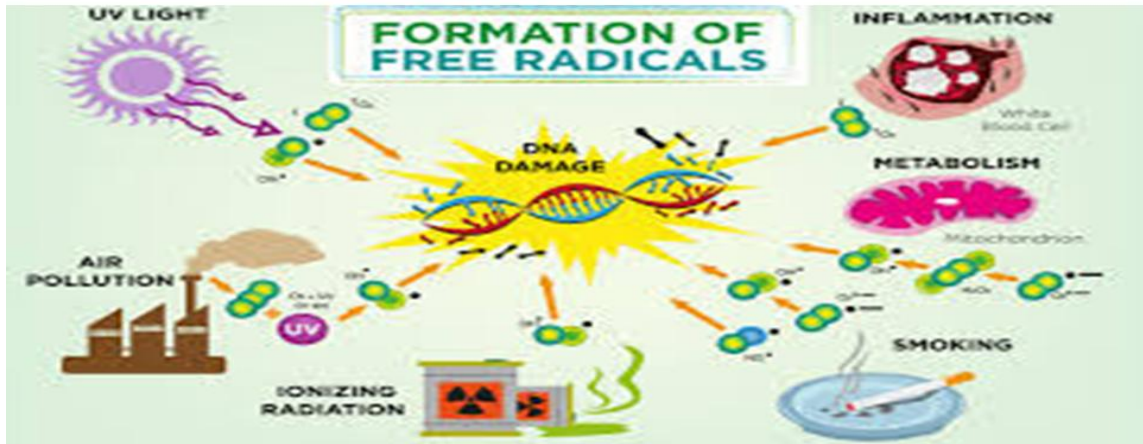
2) اثرهای بدنی که مستقیماً در شخص پرتو دیده ظاهر می شود. این اثرها خود شامل دو دسته فرعی است. اول اثرهای آنی و سپس اثرهایی که در دراز مدت هویدا خواهند شد.

اثر های آنی پرتو ها:

اثرهای آنی پرتوهای یونیزه کننده، به ویژه با کاهش تعداد سلولهای سازنده در بافت های ایرادیه شده مشاهده می شود. این امر در زمانی اتفاق می افتد که مقدار دوز بسیار بالا باشد و به همین دلیل این اثرها را جزو حوادث پیش بینی نشده و تصادفی نمی توان قرار داد. بر عکس، اثرهای دگرگون کننده و یا سرطان زایی پرتو ها را جزو پدیده های تصادفی و پیش بینی نشده قرار می دهند. ضایعه های اتفاقی آنهاهی هستند که بر روی برخی از مولکولها در درون سلولهای ویژه ای از یک بافت مشخص ایجاد می شوند. افزایش تعداد مولکولهای دگرگون شده نسبت خطی با مقدار دوز جذب شده به وسیله شخص پرتو دیده دارد.

حوادث ناشی از اثر پرتوها بر روی بافتهای زنده، در آغاز کشف پرتوزایی و کاربرد آن در پزشکی، به ویژه نزد افرادی دیده می شد که برای آنها رادیوتراپی تجویز شده بود. ولی اکنون با شناخت بهتر اثر پرتوهای یونیزه کننده و کاربرد صحیح آنها و در دست داشتن دستگاههای تشخیصی بهتر، این حوادث بسیار کم شده است. با وجود این در زمان حاضر، در اغلب بیماران سرطانی که با ایرادیسیون مستقیم مورد معالجه قرار می گیرند، علاوه بر تخریب سلولهای سرطانی، ضایعاتی نیز در سلولهای سالم آنها به وجود می آید که کمیت آن تابع دقت عمل پزشک در تعیین محل سلولهای سرطانی است. هم اکنون حوادث کاربردی رادیو ایزوتوپها، به دلیل توسعه کاربرد آنها، به مراتب بیشتر از حوادث نیروگاهها است. از سال 1945 تا 1987 میلادی بغیر از حادثه چرنوبیل، 285 حادثه کم و بیش مهم در جهان اتفاق افتاد است که در آنها بیش از 1350 نفر ایرادیه شده اند. 33 نفر از این عده مرده اند و دیگران در سالهای بعد مبتلا به سرطان شده و از بین رفته اند. بررسی بالینی تمام آسیبهای وارد شده و یا بررسی اثر پرتوها بر اشخاص پرتو دیده نیازمند شرح بسیاری است و در این مختصر نمی توان به دقت همه موارد را تشریح کرد. اما با توجه به اینکه شناخت مختصری از جراحتهای به وجود آمده بر اثر تابش پرتوها بر بافتهای بدن انسان ضروری است. و نیز با توجه به اینکه روز به روز کاربرد رادیو ایزوتوپها در صنایع (از جمله مواد غذایی) و پزشکی بیشتر می شود، لازم است که به طور خلاصه اثر پرتوها را بر برخی از بافتهای مهم بدن تشریح کنیم. در تصویرهای پیوست اثر پرتوها را بر روی اندامهای یک انسان ارائه داده ام. در آخرین تصویر ترجمه مطالب موجود در تصویر ماقبل آن که بر حسب حروف لاتین و شماره آنها در زیر شکل آورده شده است.

همانطور که در بخش های پیش گفتم اثر پرتو ها به طور کلی بر روی ملکولهای آب موجود در بدن اهمیت زیادی دارد و ابتدا این پرتوها ملکول آب را یونیزه کرده (یعنی الکترون و با الکترونهایی از ملکول آب می کنند) ملکول آب نمی تواند این یونیزاسیون را به تحمل کند تبدیل به رادیکال آزاد و با اتمهای یونیزه می شود. برای سهولت تشخیص، و این رادیکالهای ازادند که ملکولهای DNA بدن را تخریب می کنند.



Effets déterministes d'une irradiation à forte dose

اثر سرنوشت ساز یک ایرادیاسیون (پرتو فشانی) در دوزهای بالا.
 Dose létale en quelques heures en l'absence de traitement médical.
 En général, le traitement retarde la mort, mais ne l'empêche pas.
 دوز کشنده در چند ساعت در غیاب معالجه فوری
 به هر صورت در این دوز شخص پرتو دیده خواهد مرد.

Dose à l'organisme entier létale à 50 %
 en l'absence de traitement médical.
 دوز رسیده به تمام اندامها کشنده
 در غیاب معالجه ۵۰٪ احتمال مرگ

Dose provoquant une maladie temporaire
 caractérisée par des maux de tête et des nausées.
 دوزی که بیماری موقتی مانند سر درد و استفراغ ایجاد می کند

Dose produisant les premiers
 effets notables sur l'organisme,
 la plupart du temps sous forme
 de modification des cellules
 sanguines, appelée « dose seuil »
 دوزی که اولین اثر را روی اندامهای

Dose annuelle moyenne
 reçue des sources naturelles
 de rayonnement.
 دوز طبیعی که سالانه
 به بدن ما ز تابیده می شود

بدن به وجود می آورد. به ویژه سلولهای
 خونی وارد می کند

250 1 000 4 000 7 000 mSv

Note :
 1 Sv = 1 000 mSv
 (millisieverts)

Effet biologique

چنان که گفتیم وقوع حادثه در نیروگاه ها به هر حال کمتر از حادثه های کاربرد صنعتی و پزشکی مواد رادیو اکتیو است. ولی بر عکس بسیار فاجعه بار تر است و قربانیان بیشتری در پی دارد. کاربرد مواد رادیو اکتیو در صنعت و پزشکی باعث حوادث بسیاری شده و می شود، ولی چون در هر بار این آلودگی مربوط به یک یا چند نفر است، در رسانه ها کمتر از آنها نام می برند. ولی اگر از نظر آماری بررسی شوند ارقام بسیار بالاتر از ضایعات نیروگاهها خواهد بود. گاه گاهی برخی از حادثه ها را که اهمیت بیشتری دارند ذکر می کنند. مثلاً یک دستگاه رادیوتراپی متشکل از چشمه ای از رادیو سزیم ۱۳۷ رها شده در ناحیه ای در برزیل (Goiânia) ده ها نفر را ایرادیه کرد و چهار نفر از این افراد مردند. و یا در بین سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ در شهری در شمال شرقی فرانسه به نام اپینال ۴۵۰ نفر بر اثر خراب بودن دستگاه رادیوتراپی بیمارستان این شهر، تحت تأثیر دوز بیش از اندازه پرتو در موقع ایرادیاسیون پرستات واقع شدند. ۷ نفر از این افراد در اثر این حادثه فوت کردند. دادگاههای فرانسه در اواخر ژانویه ۲۰۱۳ سه نفر از مسئولین این بیمارستان را محکوم به زندان کردند.

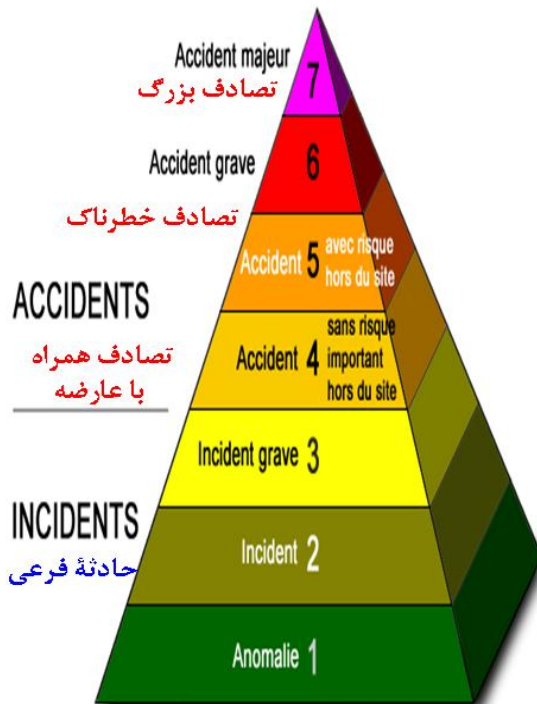


**مرکز مبارزه با سرطان
Le centre Henri
(Becquerel de Rouen)**

شهری در فرانسه، مجهز به
دستگاهی بسیار دقیق برای رادیو
تراپی به نام

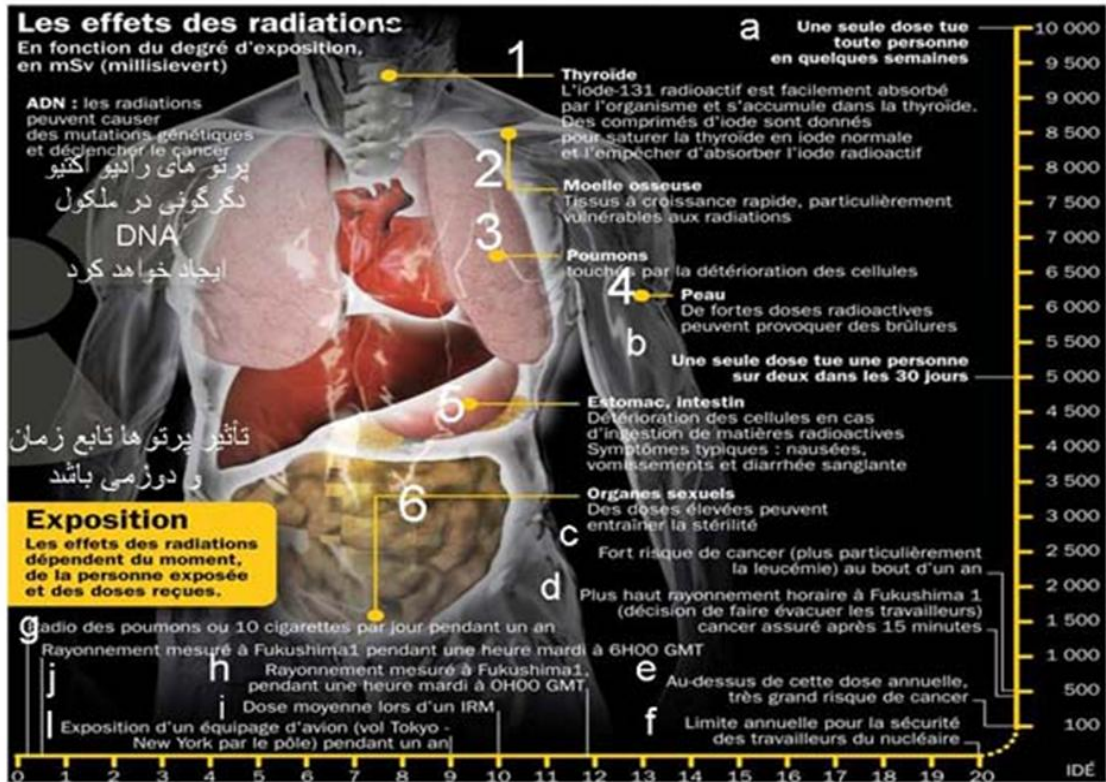
**(truebeam TM Novalis
Stx)**

شده که بسیار دقیق تر از سایر
دستگاه های قبلی موجود در
فرانسه می باشد.



حوادث ناشی از اثر پرتو ها بر روی بافتهای زنده، در آغاز کشف پرتوزایی و کاربرد آن در پزشکی، به ویژه نزد افرادی دیده می شد که برای آنها رادیوتراپی تجویز شده بود، ولی اکنون با شناخت بهتر اثر پرتوهای یونیزه کننده و کاربرد صحیح آنها و در دست داشتن دستگاههای تشخیص بهتر، این حوادث بسیار کم شده است. با وجود این در زمان حاضر، در اغلب بیماران سرطانی که با ایرادیاسیون مستقیم مورد معالجه قرار می گیرند، علاوه بر تخریب سلولهای سرطانی، ضایعاتی نیز در سلولهای سالم آنها به وجود می آید که کمیّت آن تابع دقت عمل پزشک در تعیین محل سلولهای سرطانی است. هم اکنون حوادث کاربردی رادیو ایزوتوپها، به دلیل توسعه کاربرد آنها، به مراتب بیشتر از حوادث نیروگاهها است. از سال ۱۹۴۵ تا ۱۹۸۷ میلادی بغیر از حادثه چرنوبیل، ۲۸۵ حادثه کم و بیش مهم در جهان اتفاق افتاد است که در آنها بیش از ۱۳۵۰ نفر ایرادیه شده اند. ۳۳ نفر از این عده مرده اند و دیگران در سالهای بعد مبتلا به سرطان شده و از بین رفته اند .

اثر پرتوها بر اندامهای انسان



در تصویر بعد ترجمه مطلب آورده شده در تصویر را خواهید دید

تصویری از بدن و اندامهای یک انسان و اثر پرتوها بر آنها، برحسب اعداد و حروف لاتین داده شده در تصویر، اثر پرتوها را بررسی می کنیم.

(a) مقدار دوزتابیده شده به فردی که او را در طی چند هفته خواهد کشت.

(1) غدد تیروئیدی، ید رادیو اکتیو به سهولت جذب این غدد می شود. اگر در لحظه حادثه قرص ید عادی به افراد نزدیک به محل حادثه دهند، غدد تیروئیدی آنها از ید اشباع خواهد شد و ید پرتوزا کمتر وارد غدد تیروئیدی آنان می شوند.

(2) مغز استخوان سلولهای حساس و با رشد سریع اند و در نتیجه نسبت به پرتوهای رادیو اکتیو چندان مقاوم نیستند.
(3) ریه ها، سلولهای ریوی سریع از بین می روند و در دوزهای بالا به پنومونی (ذات الریه) مبتلا خواهند شد و در دراز مدت فیبروز ریوی به وجود خواهد آمد.

(4) پوست، در دوزهای بالا ابتدا سرخ و چندی بعد سوختگی در آن به وجود خواهد آمد.

(B) در این مقدار دوز از هر دو نفر پرتو دیده حد اقل یک نفر در طی 30 روز بعد از حادثه خواهد مرد.

(5) معده و روده ها، در صورت خوردن مواد پرتوزا سمپتوم (نشانهگان) تهوع، استفراغ و اسهال خونی ظاهر می شود.

(6) غدد جنسی، دوزهای بالا عقیمی به وجود خواهد آورد. **(C)** در 500 میلی سیورت احتمال ایجاد سرطان به ویژه لوسمی در طی یک سال ظاهر خواهد شد.

(d) مقدار پرتوهای بالای ساعت اولیه حادثه نیروگاه فوکوشیمای 1 ژاپن در روز جمعه 11 مارس 2011 که در پی آن ساکنان اطراف را تخلیه کردند. ابتلا به سرطان در توقف 15 دقیقه ای در اطراف نیروگاه حادثه دیده قطعی است.

(e) بیش از این مقدار دوز سالانه احتمال زیاد ابتلا به سرطان وجود دارد.

(f) حد مجاز سالانه اصابت پرتو به افراد

(g) معادل یک رادیوگرافی از ریه ها و یا تدخین ده سیگار در روز و در طول سال.

(i) پرتوهای فوکوشیما اندازه گیری شده به مدت یک ساعت در ساعت 6 (GMT) روز سه شنبه 15 مارس .

(h) 12 میلی سیورت پرتوهای اندازه گیری شده در فوکوشیما در لحظه صفر (GMT).

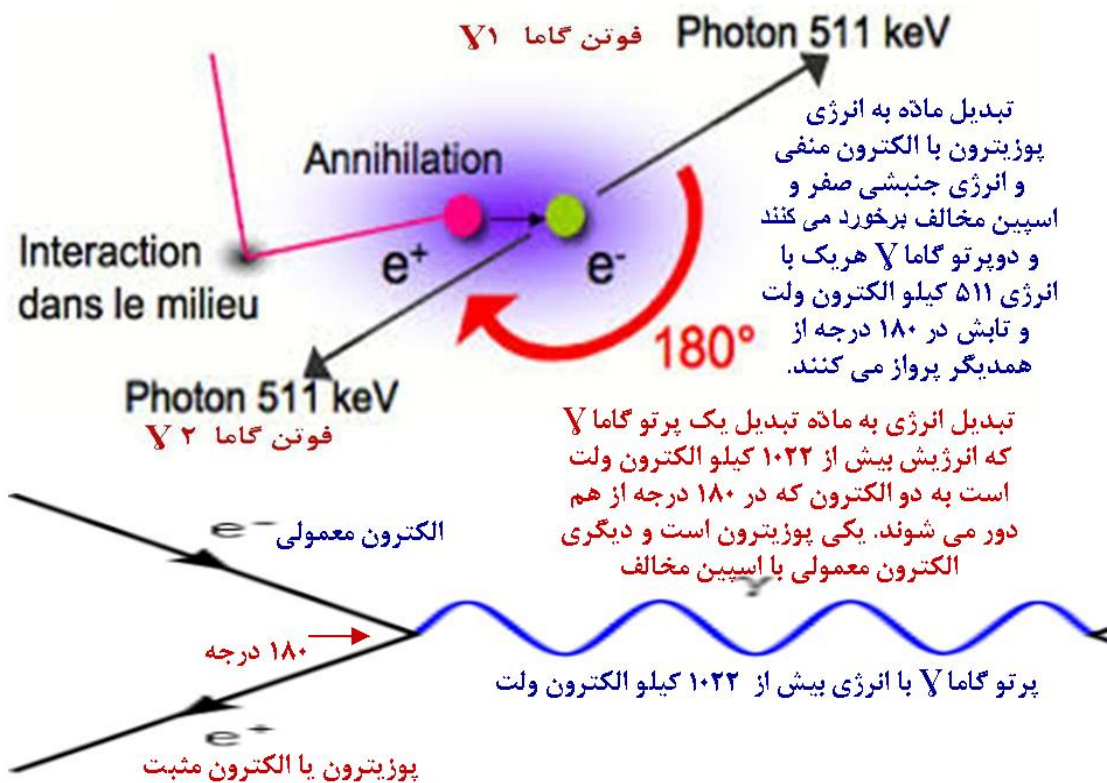
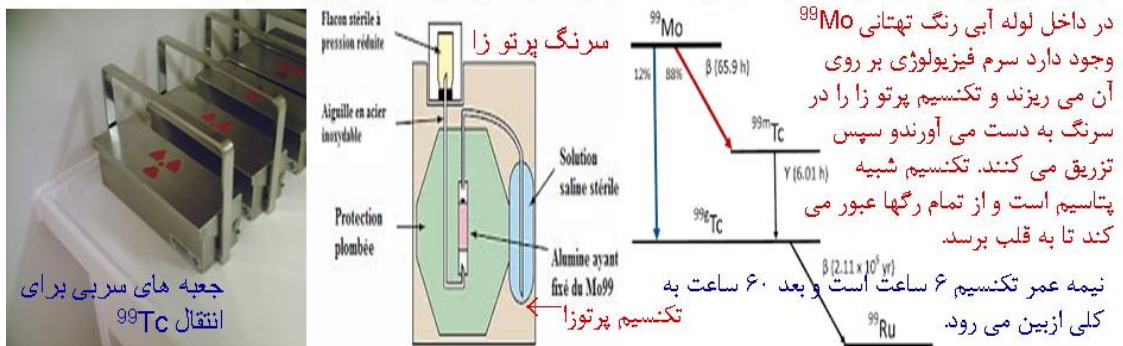
(I) دوز متوسط در یک ام. آر. ای (MRI)

(II) مقدار دوز دریافت شده توسط خدمه هواپیمایی که از توکیو و از طریق قطب به نیویورگ می روند در طی یک سال پرواز.

بخش پانزدهم

برای اینکه بدانید دانستن اطلاعاتی در شناخت مواد پرتو زا که آورده ام به چه حد با سلامت شما در هم آمیخته است. با مثالی از خودم شروع می کنم. من معمولاً سالی دوبار و هر بار دو ماه برای کوه نوردی به ایران می آیم. در بهار 1395 در یکی از روزهایی که به پناهگاه پلنگ چال می رفتم نرسیده به پناهگاه پلنگ چال که سربالایی تندی دارد، قدری به نفس تنگی دچار شدم و خیلی آهسته بالا رفتم. در موقعی که با دوستان غذا می خوردیم باز قدری تنگی نفس احساس کردم. بقیه مطلب (چگونگی تشخیص و معالجه را در اولین تصویر آورده ام). در تصویرهایی که در پیوست آورده شده، اثرات پرتوهای خطرناک بر بدن نیز داده شده است. اما باید اضافه کنم مواد پرتو زا در دنیا به مقدار زیاد مصرف می شود. تنها در اروپا 12 میلیون از انواع مختلف مواد پرتو زا به ویژه عناصری که نشر دهنده پرتوهای گاما هستند مصرف می شود. بیماری بسیاری از بیماران به مدد این مواد شناخته و سپس معالجه می شوند. چندی پیش روش تشخیص غدد سرطانی را در بدن به کمک فلوتور F18 در یک ویدئو آوردم. اگرچه فلوتور نشر دهنده پرتو بتای مثبت است و نوشتن زمانی که انرژی جنبشی این الکترون مثبت (پوزیترون) به صفر می رسد با یک الکترون از الکترونهای فراوان موجود در بدن بیمار ترکیب می شود و دو پرتو گاما که هر کدام 511 کیلو الکترون ولت انرژی دارند در 180 درجه از هم پرواز می کنند و بر روی دستگاه تشخیص پرتوهای گاما تصویری سه بعدی به دست می دهند. این پدیده را تحول ماده به انرژی گویند. برخی از اوقات در تشخیص بیماری ها از پدیده معکوس یعنی تبدیل انرژی به ماده استفاده می شود. در این تحول پرتو گامایی که انرژی بیش از 1022 کیلو الکترون ولت است (قبلاً به بدن ولی اکنون در صنعت به قطعاً مورد بررسی) می تابانند. این پرتو تبدیل به دو الکترون مثبت و منفی می گردد. الکترون منفی مانند سایر الکترونهای بیمار در بدن بیمار و یا در قطعه صنعتی مورد آزمایش) می ماند، ولی الکترون مثبت یا پوزیترون با برخورد به الکترونی از الکترونهای ماده که همواره در اطراف ملکولها وجود دارند، همانطور که در فوق گفتم تبدیل به دو پرتو گاما با انرژی هر کدام 511 کیلو الکترون ولت و در 180 درجه منتشر می شوند. این تبدیل تصویری سه بعدی از درون اندامهای بیمار و یا قطعاً مورد آزمایش به دست خواهد داد. در تصویر دوم این دو تحول را خواهید دید.

برای اینکه بدانید شناخت مواد پرتو زا تا چه حد با سلامت شما در هم آمیخته است. با مثالی از خودم شروع می کنم. در بهار ۱۳۹۵ در یکی از روزهایی که به پلنگ چال می روفتم نرسیده به پناهگاه پلنگ چال که سربالایی تندی دارد، قدری به نفس تنگی دچار شدم و خیلی آهسته بالا رفتم. در پاریس از دکتر قلب وقت گرفتم. دکتر من را به بخش گرم بیمارستان برای تلاش با دوچرخه و تزریق رادیو اکتیویته فرستاد. در بیمارستان ابتدا پرستار با یک جعبه سربی آمد و از آن جعبه مایعی در سرنگ بیرون کشید و به من تزریق کرد. از او پرسیدم می دانی در این جعبه سربی چه هست؟ گفت بله ما آنرا ژنراتور می نامیم و ماده رادیو اکتیو در آن قرار دارد. با سئوالی دیگر متوجه شدم در مورد ماده رادیو اکتیو موجود در جعبه و اثر آن چیزی نمی دانند. به ایشان گفتم در زمانی که دانشجوی بودم، کارشناسی مشغول تهیه تز دکترای خود بود. نتایج کارهای او را می بایستی کارشناسی دیگر تأیید کند، تا آن کار در تزش آورده شود و استادش تأیید کند. این دانشجوی یک ماده گلو رادیو اکتیو ساخته بود، از من خواستند کار ایشان را دوباره انجام دهم. تا معلوم شود قابل قبول است یا نه؟ انجام دادم و نتیجه مثبت بود و آن جوان دکترای خود را گرفت. به پرستار گفتم این ژنراتوری که تو در دست داری، همان ماده گلو رادیو اکتیویست که آن جوان با تجربه ساخته بود و تو او را دوشیدی و شیرش که رادیو تکنسیم ۹۹ است را به من تزریق کردی. بعدها کار آن دانشجوی تجارتي شد. خلاصه کنم بعد از تزریق روی دو چرخه رفتم و دستگاه تشخیص پرتوهای گامای تکنسیم را در روی سینه ام قرار دادند. نتیجه این بود که دو رگ از رگهای قلبم گرفتگی داشت. چهار فتر در دو تا از رگهای قلبم و در نواحی تنگ شده قرار دادند. سال گذشته به پلنگ چال رفتم و نارحتی حس نکردم. در زیر شکل جعبه و سرنگ و شمای تجزیه ^{99}Tc تکنسیم ۹۹ را آورده ام. هم اکنون در فرانسه بیش از یک میلیون آزمایش در سال نظیر آزمایش من با تکنسیم در اندامهای افراد برای تشخیص تزریق می شود.



➤ Les effets des radiations nucléaires

دوز پایین

- ریختن موهای سر و بدن
- سوختن پوست بدن
- سرطان ریه
- تخریب کلیولهای سرخ، سفید و پلاکتها
- اثرات بسیار بر روی سلولهای تولید مثل و اثر گذاری بر روی نسلهای بعدی
- بررسی امراض بعدی در زمانهای دور تر
- ايشل خطرهای رادیو بیولوژی بر حسب سیورت

دوز بسیار بالا

- تورم و یا غدد سرطانی مغز
- تخریب مغز استخوان بی نظمی در گردش خون
- از بین رفتن نظام دفاعی بدن
- کارگرانی که در حادثه چرنوبیل مردند، دوزی بیشتر از ۶ SV به آنها رسیده بود.
- مسئله مرگ و زندگی در میان است

در کمتر از ۲۰۰ میلی سیورت اتفاقات مهمی رخ نمی دهد. در ۰/۵ تا ۲ سیورت واکنشهای مختصر استقراغ و ضعف عمومی. در ۴ تا ۴/۵ سیورت ۵۰ درصد مرگ بر اثر ایراد یاسیون مغز استخوان، مغز، اندامهای درونی مانند، معده، روده ها، کبد، کلیهها و طحال

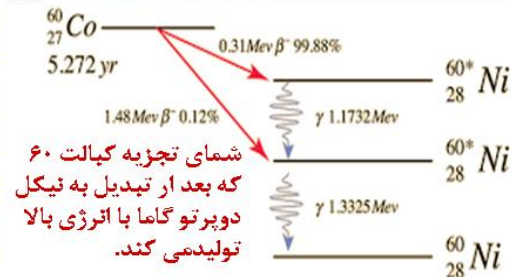
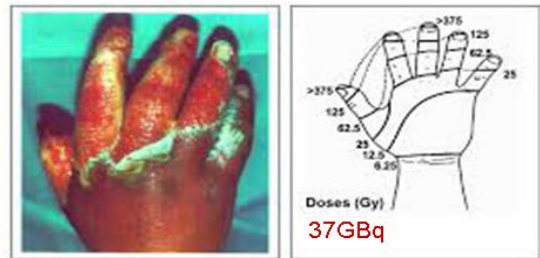
اثرات حاصل از ایراد یاسیون کامل:

- ایراد یاسیون مهمی در بخشی از بدن با دوزی معادل و یا بیشتر از یک گری (Gry) می تواند سندروم رادیو اکسپوز یسیون حاد را ایجاد کند.
- مرحله اول:** با ناراحتی هایی از قبیل بی اشتیایی و حالت تهوع ظاهر می شود.
- مرحله انتظار:** باید منتظر پیش آمد عوارض آتی بود.
- مرحله دوم:** که مرحله اصلی است و در آن بیماری ظاهر می شود.
- مرحله نهایی:** درمان یا مرگ است.
- مرحله اصلی که با ظهور بیماری همراه است، بر حسب آنکه بخش مهم پرتو ها به چه بخشی از بدن اصابت کرده باشد می تواند به اشکال مختلف زیر ظاهر شود.**
- ۱) بیماری خونی.
 - ۲) بیماری معده و روده ای.
 - ۳) بیماری مغزی.
 - ۴) بیماری ریوی.

جراحی های موضعی:

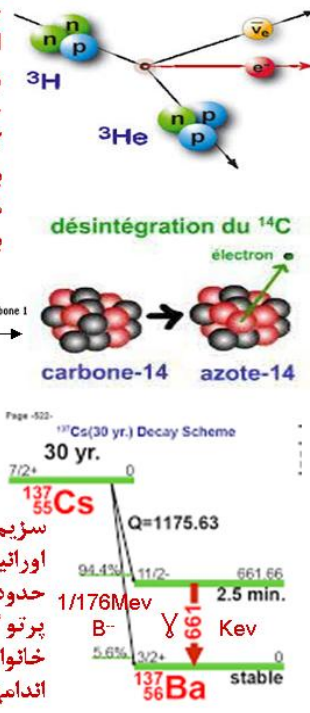
تابش مستقیم و خارجی پرتو ها تظاهرات بالینی بسیار آشکار و فوری بر روی بافت های بدن دارند، ولی برعکس در تابش درونی رادیوایزوتوپها به درون بدن نفوذ کرده و پرتو خود را در اندامها منتشر می کنند، تظاهرات بالینی بسیار مختصر دیده می شود و بر حسب مقدار و نیمه عمر رادیوایزوتوپ نفوذ کرده، در برخی از اوقات خطرناکترند و در دراز مدت امکان ایجاد سرطان در بافتی که رادیوایزوتوپ در آن مستقر شده وجود دارد.

قبلا گفته رادیو کیالت ۶۰ در پزشکی تا اواخر قرن بیستم مصرف و هم اکنون در صنعت بسیار مصرف می شود و نیز گفته خود کیالت با تجزیه بتا منفی تبدیل به نیکل متا استابل می شود که این رادیوایزوتوپ با دو پرتو گامای پر انرژی تبدیل به نیکل پایدار می گردد. در سال ۱۹۸۱ یک نمونه کیالت ۵۹ که در نیروگاه اتمی مدتی تحت تأثیر نوترونهای حاصل از شکست اورانیم تبدیل به کیالت ۶۰ با رادیو اکتیویته ای معادل 137Tbq یا معادل ۳۷۰۰ کوری (هر کوری 3.7×10^{10} تجزیه در ثانیه است) شده بود و نمونه ای دیگر از کیالت ۵۹ که هنوز داخل در راکتور اتمی نشده بود، تصادفی به زمین افتادند. کار شناس نیروگاه که ۲۰ سال سابقه کار داشت، اشتباهی نمونه ایرادیه شده را به دست گرفت زیرا هر دو نمونه کاملا شبیه به هم بودند. سوختگی دستش سه هفته بعد ظاهر شد. در تصویر چپ. با آزمایش مشخص کردند که هر ناحیه از دست این کارشناس چه مقدار پرتو رسیده است. نمودار سمت راست اعداد را بر حسب دوز دریافت شده نمایش می دهد.



اثر پرتوها بر حسب نوع رادیو ایزوتوپ:

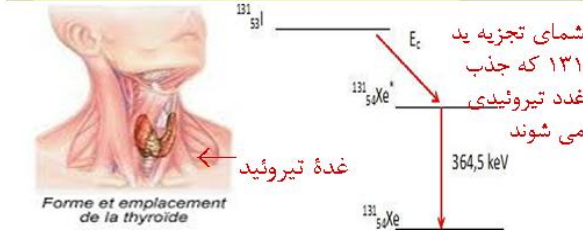
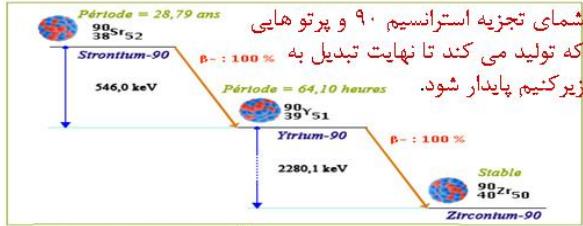
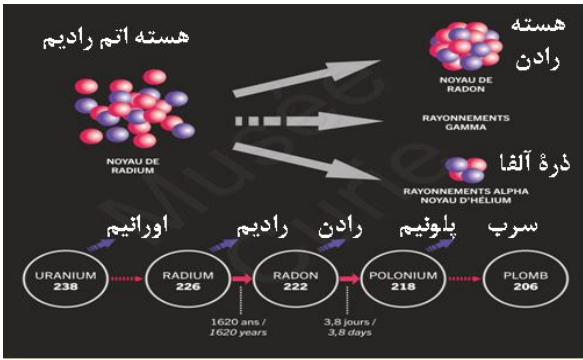
برخی از رادیو ایزوتوپهای پرتوزا نظیر ترتیم (ایزوتوپ پرتوزای هیدروژن) یا کربن پرتوزا (که به آن کربن ۱۴ یا C^{14} می گویند) و یا سزیم ۱۳۷ (که فراورده حاصل از شکست اورانیم است)، بعد از ورود به بدن انسان، در تمام اندامها منتشر می شوند و ایراد یاسیون کلی در تمام اندامهای بدن ایجاد می کنند. این رادیو ایزوتوپها تا مدتها در بدن باقی می مانند و اگر مقدار آنها زیاد باشد ضایعاتی در اغلب اندامها به وجود می آورند. نیمه عمر این سه رادیو ایزوتوپ بالا است (ترتیم T^3 نیمه عمری برابر ۱۲/۳۳ سال، کربن C^{14} نیمه عمری برابر ۵۷۳۰ سال و سزیم Cs^{137} نیمه عمری برابر ۳۰ سال دارد)



ترتیم در اثر تابش پرتوهای گبهائی بر ملکولهای ازت و اکسیژن در سطوح بالای جو ایجاد می شود. وبا باران وارد آب اقیانوسها و در زمین در درون موجودات زنده نیز وجود دارد. مقدار آن در اقیانوسها حدود $4/310^{19}$ بکرل یا تجزیه در ثانیه است که تبدیل به He^3 می شود. در زمانی که بمب های هیدروژنی را آزمایش می کردند مقدار ترتیم دنیا به مراتب بیشتر از این بود.

پرتوهای گبهائی به اتم ازت در جو برخورد می کنند و یک پروتون از آن بیرون می آید و تبدیل به کربن ۱۴ می گردد و کربن ۱۴ نیز با نشر بتای منفی دوباره تبدیل به ازت پایدار می گردد

سزیم در درون نیروگاه های اتمی از شکست اتم اورانیم به دست می آید و راندمان تولید آن در حدود ۵ درصد است با نشر دو بتای منفی و یک پرتو گاما تبدیل به باریم پایدار می شود. چون از خانواده سدیم و پتاسیم است مانند نمک در تمام اندامهای بدن پخش می گردد



برخی دیگر از رادیو ایزوتوپها در اندامهای ویژه ای مستقر می شوند و در آنها ضایعه موضعی ایجاد می کنند. مثلاً رادیم ۲۲۶ که در سنگ معدن اورانیم وجود دارد اگر خودش و یا فرزندش رادن ۲۲۲ بر روی ریه ها بنشینند به مدت ۱۶۲۰ سال گاز رادن نشر دهنده پرتو آلفا بر روی ریه ها منتشر می کند که آنهم تبدیل پولونیم ۲۱۸ می شود که آن نیز نشر دهنده پرتو آلفای دیگریست تا نهایت با چند تجزیه دیگر به سرب پایدار برسد. هر ذره آلفا در درون خون ۴۰۰۰ یون های مثبت و منفی در محیط مایع ایجاد می کند و نهایت ملکول آب را تبدیل به رادیکالهای آزاد خواهد کرد و سرطان حتمی ریه را به وجود خواهد آورد. وای به حال گارگرهای معدن اورانیم نا آشنا با این پرتو ها. استرانسیم ۹۰ به ویژه در استخوان ها جذب شده و پرتو و انرژی خود را به سلولهای مغز استخوان منتقل می کنند. نیمه عمر آن ۲۸ سال است و از شکست اتم اورانیم به دست می آید و در زباله های نیروگاه های اتمی فراوان است.

ید رادیو اکتیو نیز از شکست اتم اورانیم حاصل می شود و به غدد تیروئید رفته و در آنجا ضایعاتی ایجاد خواهد کرد. خوشبختانه نیمه عمر ید ۱۳۱ فقط ۸ روز است و می توان با تزریق و یا تجویز داروهای ید دار عمر بیولوژیکی آن را به مراتب کمتر از این مقدار کرد