حفاظت در برابر اشعه های یونساز و غیر یونساز

مدرس:
مهندس شیما سادات لاجوردی
کارشناس ارشد مدیریت HSE

RADIATION PROTECTION

ATOMIC ENERGY ORGANIZATION OF IRAN (AEOI)

سازمان انرژی اتمی ایران

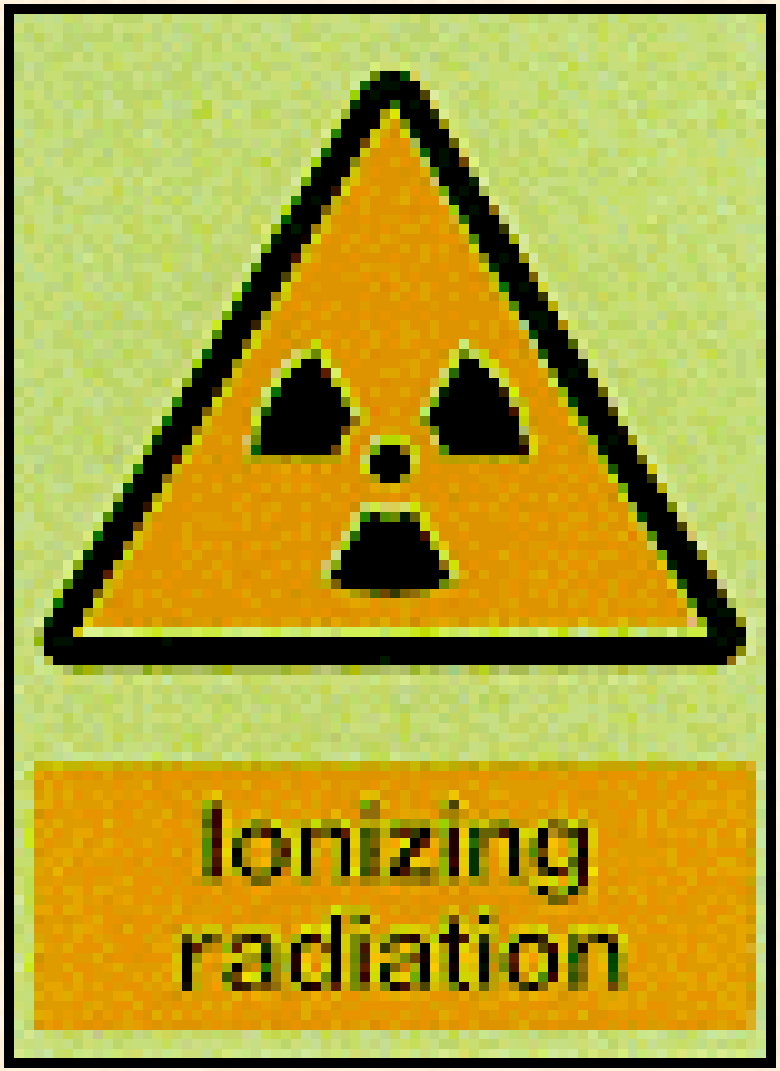
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA)

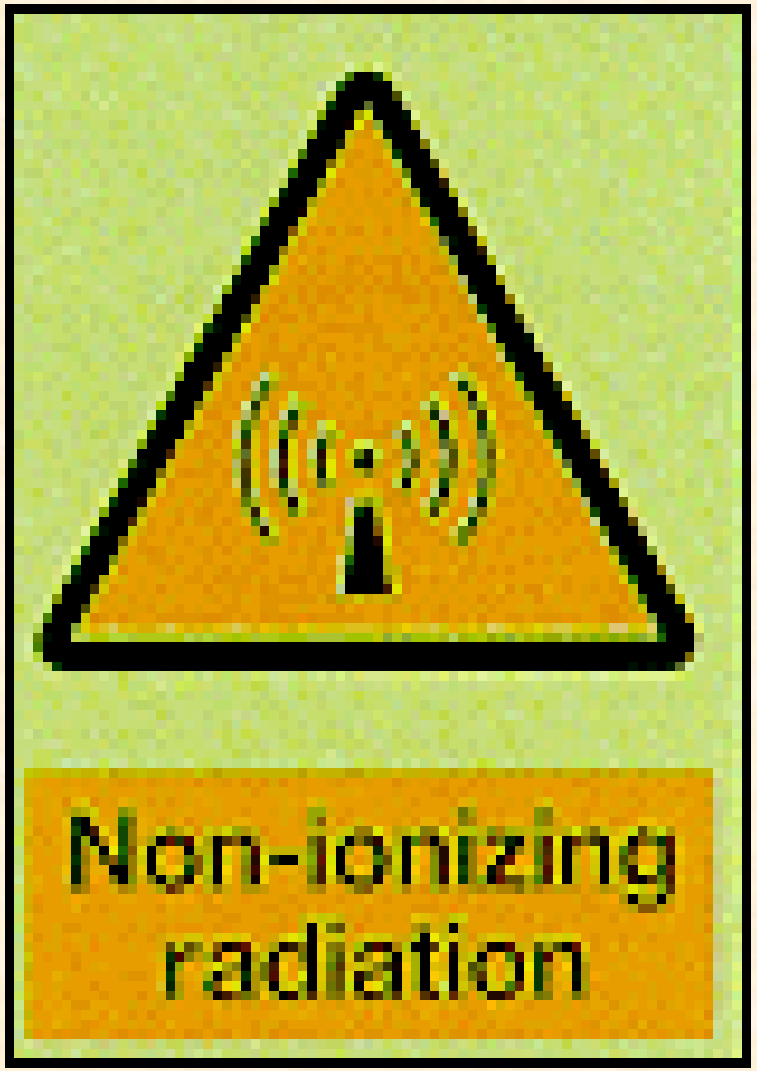
آژانس بین المللی انرژی اتمی

TECHNOLOGIES
TOSEEHFANAVARYSEPEHR

RADIATION SAFETY SIGN

THINK SAFETY FIRST





RADIATION PROTECTION

- فلسفه حفاظت در برابر اشعه
- فیزیک پرتوها
- برخورد پرتوها با مواد
- کمیت ها و یکاها در حفاظت در برابر اشعه
- آشکار سازی پرتوها و کاربرد آشکارسازها
- اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونساز
- حفاظت در برابر پرتوگیری خارجی و داخلی بدن
- بسته بندی، حمل و نقل مواد پرتوزا و پسمان ها
- استانداردهای پایه حفاظت در برابر اشعه
- کاربرد و حفاظت پرتوهای غیر یونساز
- قوانین حفاظت در برابر اشعه و آیین نامه های اجرایی آنها

فلسفه حفاظت در برابر اشعه

مقدمه:

امروزه کاربردهای صلح جویانه پرتوهای یونساز در مراکز مختلف صنعتی، پزشکی، کشاورزی و آموزشی و پژوهشی گسترش قابل توجهی داشته و در آینده نیز خواهد داشت.

در حال حاضر بیش از بیست هزار پرتوکار در ایران در شاخه های مختلف با مواد پرتوزا و دستگاه های پرتوساز در یک گستره وسیع فعالیت می نمایند که همواره از سوی پرتو های ناشی از این نوع فعالیت ها در مخاطره می باشند. همچنین افراد غیر پرتو کار نیز ممکن است بدلیل عدم اطلاعات و آموزش کافی، در موارد خاص در معرض این پرتوها قرار گرفته و اثرات ناشی از این اشعه ها باعث بروز بیماری های خاص در آنها گردد.

لذا ضروری است پرسنل و مسئولین واحد های ایمنی و بهداشت در بخشهای مختلف صنعتی، پزشکی، کشاورزی و غیره که با اینگونه پرتوها در ارتباط هستند دارای اطلاعات کافی در این زمینه بوده تا با استفاده از قوانین موجود از جان افراد در مقابل صدمات احتمالی محافظت نمایند.

فلسفه حفاظت در برابر اشعه

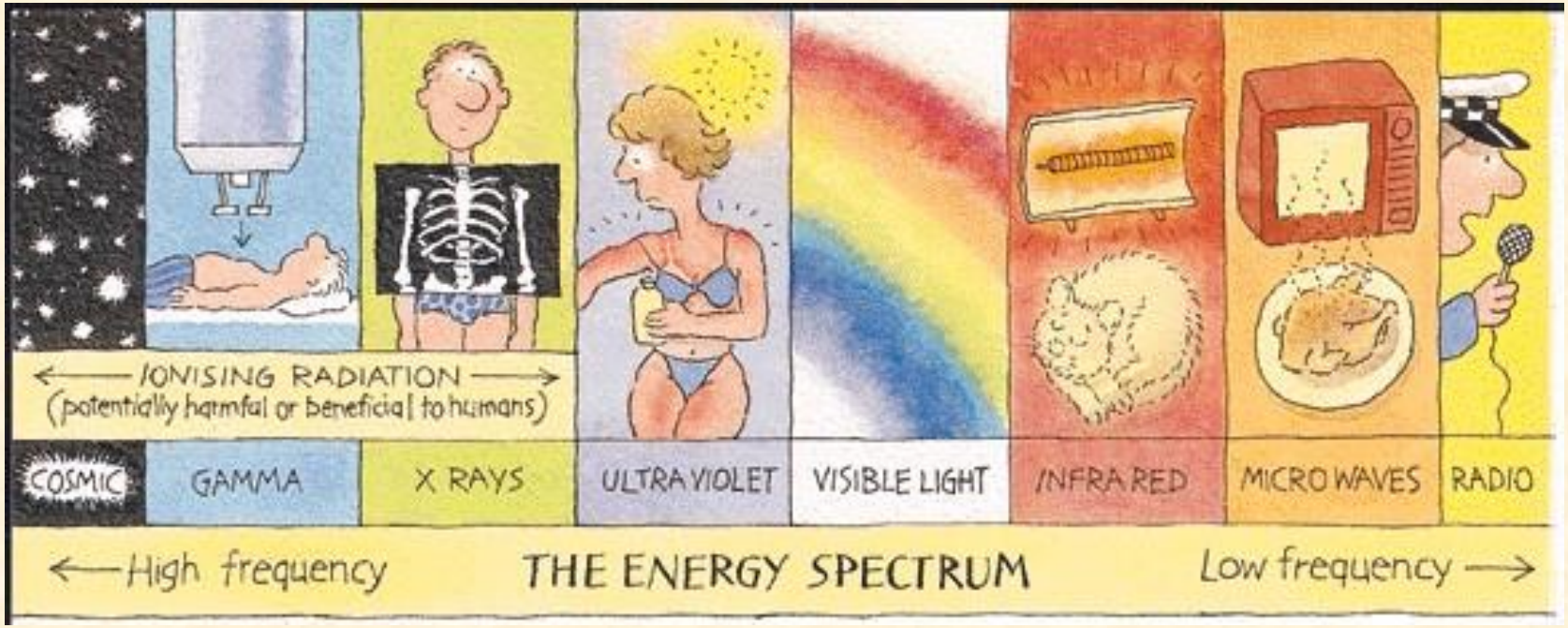
حفاظت انسان و محیط زیست در برابر اثرات زیانبار مواد و دستگاههای پرتوزا از طریق وضع قوانین و مقررات مربوطه و همچنین کنترل و نظارت بر رعایت آنها، علم فیزیک بهداشت نامیده می شود و حفاظت در برابر اشعه در واقع حرفه ای است که حفاظت انسان، محیط زیست و نسلهای آینده را در برابر اثرات بیولوژیکی پرتوها بر اساس اصول علمی تدوین شده در دانش فیزیک بهداشت بر عهده دارد.

با وجود اینکه کاربرد پرتوهای یونساز در امور مختلف بسیار مفید و بعضاً منحصر به فرد می باشد لیکن عدم رعایت نکات ایمنی می تواند خطرات جدی برای کارکنان، مردم، محیط زیست و حتی نسل های آینده به همراه داشته باشد. خطرات بالقوه اینگونه پرتوها به فوریت و پس از شناخت مواد پرتوزا در بیش از یکصد سال پیش کشف گردیده است. با پیشرفت در زمینه شناسایی خطرات و توانایی در اندازه گیری پرتوهای یونساز، رهنمودهای مربوطه در خصوص اقدامات حفاظتی رو به گسترش و توسعه نهاد. بطور کلی هدف حفاظت در برابر اشعه، استفاده از مزایای کاربرد پرتوها در زمینه های گوناگون و کاهش هر چه بیشتر خطرات ناشی از اثرات آن توسط کارکنان، مردم، محیط زیست و نسلهای آینده می باشد.

Radiation

Emission / propagation of energy through space or material medium as waves or particles

Microwave
cell phone
radio / TV
heat lamp
light bulb
UV lamp
laser
x-rays



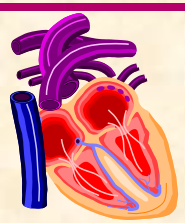
TECHNOLOGIES
TOSEEHFANAVARYSEPEHR

RADIOACTIVE SOURCES

THINK SAFETY FIRST

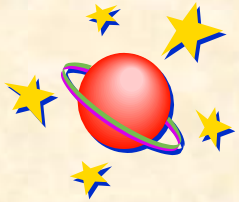
Solar Radiation

Nuclear Medicine



X-Rays

Cosmic Rays

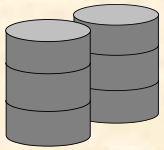


Consumer Products

Radon $^{4}_{2}\alpha^{++}$

Each Other

Radioactive Waste



Terrestrial Radiation

Food & Drink

Nuclear Power

فلسفه حفاظت در برابر اشعه

اثرات پرتوهای یونساز:

اثرات پرتوهای یونساز به دو دسته تقسیم می شوند.

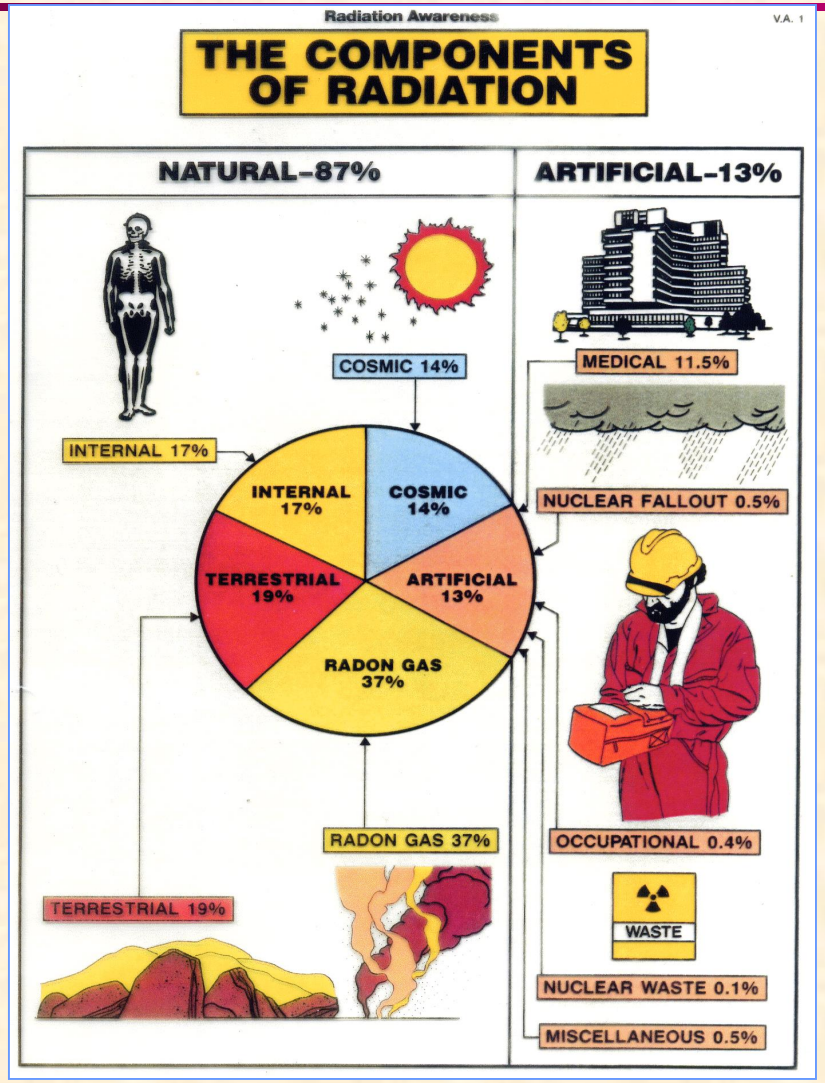
1. اثرات قطعی: (Stochastic)

هنگامی که میزان دُز دریافتی نسبتاً زیاد باشد، اثرات قطعی پدیدار می گردند و سبب از بین رفتن تعداد زیادی از سلولهای بافتی می شوند. این امر ممکن است به از بین رفتن عملکرد اندامهای آسیب دیده نیز منجر گردد. همواره یک سطح آستانه دُز وجود دارد که پایین تر از آن، اثرات قطعی بروز نمی نمایند، حفاظت و ایمنی در برابر اثرات قطعی با پایین نگه داشتن دُز در زیر سطح آستانه تضمین می گردد.

2. اثرات احتمالی: (Non-Stochastic)

اثرات احتمالی در تمام سطوح پرتوگیری اتفاق می افتند. یکی از عواقب خطرناک اینگونه پرتوگیریها احتمال بروز سرطان می باشد که معمولاً چند سال بعد از پرتوگیری اولیه ممکن است آشکار شود. بروز اینگونه اثرات در یک شخص هم محتمل است و هم ممکن است که هرگز اتفاق نیافتد، لیکن با افزایش دُز، احتمال وقوع آن بیشتر می شود.

فلسفه حفاظت در برابر اشعه



اصل ALARA:

As Low As Reasonably Achievable

با عنایت به فرضیه غیر آستانه ای، اصول حفاظت در برابر اشعه نیازمند تدوین و آماده نمودن سطح پرتوگیری با حداقل ممکن آن می باشد. البته این امر با در نظر گرفتن عوامل مختلفی از قبیل پرتوهای طبیعی موجود در محیط که کاهش آنها به سمت صفر امکان پذیر نیست صورت می پذیرد. این معیار و مفهوم تحت نام اصل ALARA یا هر چه کمتر موجه شدنی شناخته شده است. بدین معنی که بایستی میزان دُز دریافتی موجه بوده و به حداقل ممکن، کاهش یابد.

فلسفه حفاظت در برابر اشعه

سیستم حفاظت رادیولوژیکی: (International Commission on Radiological Protection)

با توجه به مطالب یاد شده و به منظور دست یابی به اهداف حفاظت در برابر اشعه لازم است سیستم حفاظت رادیولوژیکی که توسط کمسیون بین المللی حفاظت رادیولوژیکی (ICRP) در سال 1991 میلادی ارائه شده است، رعایت گردد. این سیستم بر پایه سه اصل اساسی زیر استوار است:

1. **توجیه نمودن فعالیت پرتوی:**

هرگونه فعالیت در رابطه با منابع پرتو بایستی قابل توجیه باشد. بعبارتی دیگر سود حاصل از فعالیت پرتوی برای جامعه بیش از ضرر آن باشد.

2. **بهینه نمودن حفاظت در برابر اشعه:**

در واقع همان اصل ALARA بوده و بایستی احتمال پرتوگیری از منابع پرتو به کمترین مقدار ممکن برسد و انجام اقدامات حفاظتی در برابر هزینه صرف شده و با در نظر گرفتن موازین اقتصادی و اجتماعی موجه و امکان پذیر باشد.

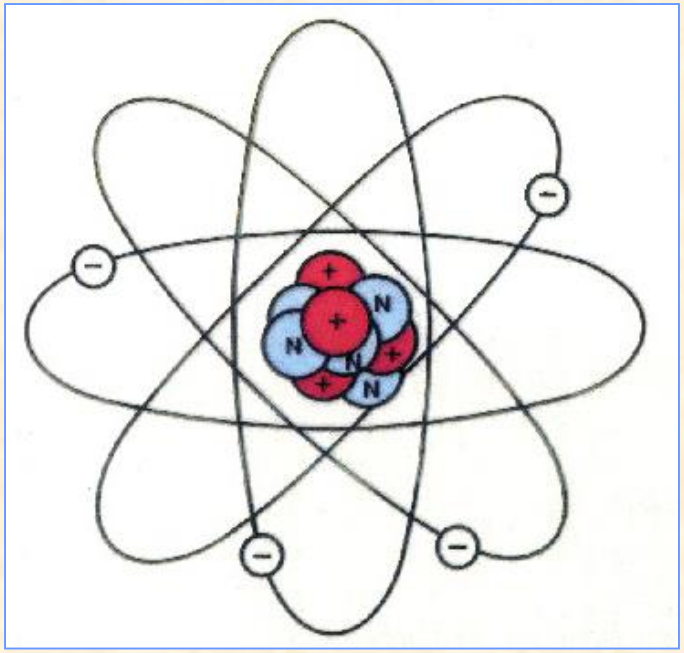
3. **رعایت حدود دُز:**

پرتوگیری افراد از منابع پرتو قابل کنترل، می بایست با رعایت حدود دُز و کنترل خطر ناشی از پرتوگیریهای بالقوه آن باشد.

فیزیک پرتوها

اتم و ساختار آن:

تمام چیزهایی که در اطراف ما وجود دارند مانند هوا، خاک، آب و بالاخره اجسام و مواد عملاً از تعدادی عناصر شیمیایی تشکیل یافته اند که این تعداد حدود 91 عنصر طبیعی در کره خاکی است که سبکترین آنها هیدروژن و سنگین ترین آنها اورانیوم می باشد.



اجزای تشکیل دهنده اتم:

آخرین و مناسب ترین تصور از ساختمان اتم این است که اتم از دو ناحیه قابل تشخیص به شرح زیر تشکیل شده است:

الف – ناحیه مرکزی به نام هسته شامل پروتون ها و نوترون ها (نوکلئون ها)

ب – ناحیه خارجی اتم محیط بر هسته شامل الکترون ها

با توجه به اینکه الکترون ها حامل بار الکتریکی منفی و پروتون ها حامل بار الکتریکی مثبت می باشند، همواره یک نیروی الکترواستاتیکی جاذب بین هسته و الکترون ها برقرار است.

فیزیک پرتوها

در ساختار اتم دو محدودیت زیر وجود دارد:

الف – تعداد لایه های مجاز که الکترون ها روی آنها حرکت می کنند محدود است.

ب – تعداد الکترون های موجود در هر لایه نیز محدود است.

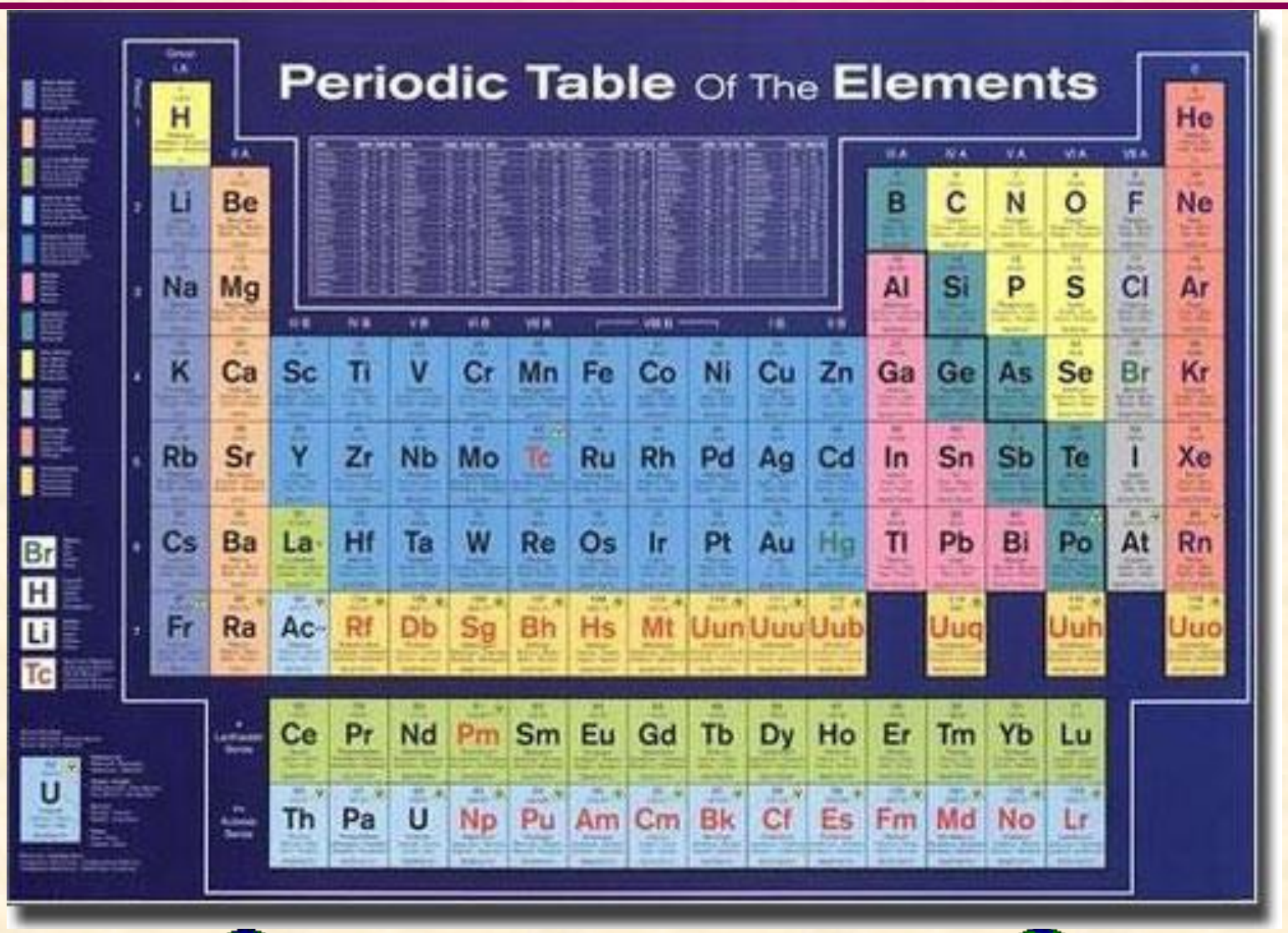
لایه ها با حروف K , L , M , N و ... نشان داده میشوند و حداکثر تعداد الکترون ها روی هر لایه به ترتیب 2 ، 8 ، 18 ، 32 و ... می باشند.

ساده ترین اتم، هیدروژن است که یک پروتون در هسته و یک الکترون در لایه K دارد.

- ✓ تعداد پروتون های هر اتم را عدد اتمی نامیده و به Z نمایش می دهند.
- ✓ تعداد نوترون های هر اتم را عدد نوترونی نامیده و به N نمایش می دهند.
- ✓ تعداد کل نوکلئون های (مجموع پروتونها و نوترونها) هر اتم را عدد جرمی نامیده و به A نمایش می دهند.
- ✓ نمایش عمومی هر اتم به شکل ${}^{A}_{Z}X_{N}$ می باشد که در آن X نام عنصر و معمولاً N نوشته نمی شود.

مثال: ${}^{1}_{1}H$ ${}^{4}_{2}He$ ${}^{16}_{8}O$ ${}^{206}_{82}Pb$ ${}^{238}_{92}U$

فیزیک پرتوها



فیزیک پرتوها

طبقه بندی هسته ها:

همانگونه که اشاره شد هسته عبارت است از اتم بدون فضای خارجی آن. معمولاً هسته را با همان نماد اتم یعنی $_{Z}^{A}X$ نشان می دهند. مثلاً $_{15}^{31}P$ و $_{15}^{32}P$ نشانگر دو هسته عنصر فسفر هستند. هسته ها را می توان به طریق زیر طبقه بندی نمود:

الف) طبقه بندی بر اساس تساوی اعداد *پروتونی*، *نوترونی* و *جرمی*:

- ایزوتوپ ها: هسته هایی هستند که تعداد پروتون های آنها یکسان است.

مانند: $_{1}^{1}H$ و $_{1}^{2}H$ و $_{1}^{3}H$ - $_{92}^{238}U$ و $_{92}^{235}U$ و $_{92}^{234}U$ و $_{92}^{233}U$

- ایزوتون ها: هسته هایی هستند که تعداد نوترون های آنها یکسان است.

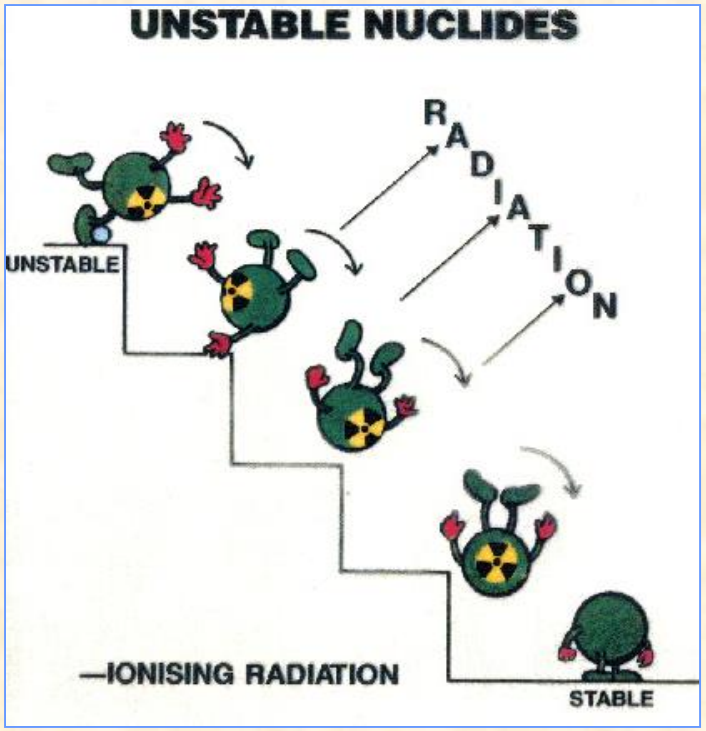
مانند: $_{2}^{4}He$ و $_{1}^{3}H$ - $_{7}^{14}N$ و $_{6}^{13}C$

- ایزوبار ها: هسته هایی هستند که عدد جرمی آنها برابر ولی تعداد پروتونها و نوترونهای متفاوتی دارند.

مانند: $_{11}^{24}Na$ و $_{12}^{24}Mg$ - $_{2}^{3}He$ و $_{1}^{3}H$

فیزیک پرتوها

- **ایزومرها:** هسته هایی هستند که عدد جرمی و عدد اتمی آنها یکسان است ولی خواص هسته ای آنها متفاوت می باشد (از نظر نیمه عمر و ترازهای انرژی). ایزومر با انرژی بالاتر در یک حالت نیمه پایداربوده و با نوشتن m پس از عدد جرمی مشخص می شود. مانند: $^{99}_{43}Tc^{m}$ (با نیمه عمر 6 ساعت) و $^{99}_{43}Tc$ (با نیمه عمر $2.1 * 10^{5}$ سال) ایزومر یکدیگرند.



ب) طبقه بندی بر اساس پایداری هسته ها:

- هسته هایی که ترکیب پروتون ها و نوترون هایشان پایدار نیست دستخوش واپاشی می شوند. اینگونه هسته ها ذاتاً ناپایدار بوده و با گذشت زمان تغییر نموده به هسته های جدیدی تبدیل می شوند.
- هسته های پایدار آن دسته از هسته هایی هستند که برای همیشه ثابت هستند (حداقل برای 10^{21} سال) بدون توجه به اینکه الکترون های اتم آنها ممکن است تغییر و تحول پیدا کنند.

فیزیک پرتوها

انواع واپاشی:

1. واپاشی بتا منفی (الکترون): در این نوع واپاشی یک واحد به عدد اتمی هسته پرتوزا اضافه می شود. یعنی یک نوترون به پروتون تبدیل می شود که حاصل آن یک الکترون است.
2. واپاشی بتا مثبت (پوزیترون): در این نوع واپاشی یک واحد از عدد اتمی هسته پرتوزا کاسته می شود. یعنی یک پروتون به نوترون تبدیل می شود که حاصل آن یک پوزیترون است.
3. گیراندازی الکترون (EC): در این نوع واپاشی نیز یک واحد از عدد اتمی هسته پرتوزا کاسته می شود با این تفاوت که در این حالت هسته، بدلیل پروتون های اضافی یک الکترون را از مدارهای داخلی اتم گیر می اندازد و در نتیجه یک پروتون آن به نوترون تبدیل می شود.
4. واپاشی آلفا: در این نوع واپاشی از تعداد پروتون ها و نوترون های هسته پرتوزا هر یک به میزان دو واحد کم می شود. یعنی از عدد جرمی آن به میزان چهار واحد کاسته شده و حاصل آن یک هسته هلیم He (ذره آلفا) می باشد. مانند:

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He \quad === \quad {}^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{222}_{86}Rn + \alpha $$

فیزیک پرتوها

5. **تولید گاما:** هر گاه هسته ای به هر علت در حالت تهییج قرار گیرد، انرژی تهییج خود را به صورت فوتون گاما ساطع می کند. در غالب واپاشی های آلفا و بتا، هسته دختر به حالت تحریک شده قرار می گیرد که این انرژی تحریکی هسته به صورت فوتون های گاما از هسته تابش می شود تا هسته به تراز انرژی پائین تر یا پایدار برگردد. نمایش عمومی تولید گاما را می توان به صورت زیر نمایش داد:

$${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y^{*} + \beta^{-} \quad === \quad {}^{60}_{27}Co \longrightarrow {}^{60}_{28}Ni^{*} + \beta^{-}$$

$${}^{A}_{Z+1}Y + \gamma \qquad\qquad {}^{60}_{28}Ni + \gamma$$

معادله پرتوزایی:

طبق تعریف، آهنگ واپاشی را پرتوزایی گویند. یعنی پرتوزایی عبارت است از تعداد هسته هایی که در واحد زمان واپاشی می کنند (تعداد واپاشی ها در واحد زمان). با توجه به تعریف پرتوزایی، می توان نشان داد که تعداد هسته های پرتوزا نسبت به زمان به صورت نمائی کاهش می یابد.

فیزیک پرتوها

معادله پرتوزایی هسته:

$$N = N_o e^{-\lambda t}$$

N_o = تعداد هسته های پرتوزای اولیه N = تعداد هسته های پرتوزا پس از گذشت زمان t

λ = ثابت واپاشی یا ثابت تبدیل و عبارت است از احتمال واپاشی یک هسته در واحد زمان

با توجه به اینکه پرتوزایی (A) با تعداد هسته های پرتوزا (N) متناسب است ($A = \lambda N$) در این صورت میتوان نتیجه گرفت که پرتوزایی نیز نسبت به زمان به صورت نمائی کاهش می یابد.

$$A = A_o e^{-\lambda t}$$

A_o = پرتوزایی اولیه هسته پرتوزا و A = پرتوزایی هسته پرتوزا پس از گذشت زمان t

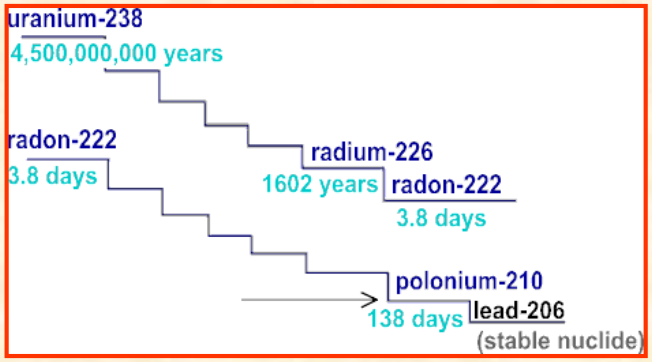
فیزیک پرتوها

نیمه عمر:

نیمه عمر عبارت است از زمان لازم برای آنکه نصف هسته های پرتوزا واپاشی کنند یا مدت زمانی است که طی آن پرتوزایی به نصف مقدار اولیه می رسد. با توجه به این تعریف و معادله پرتوزایی می توان به سادگی نشان داد که:

$$A_o / 2 = A_o\, e^{-\lambda T_{1/2}} \quad \Rightarrow \quad A_o / A = 2^n$$

$T_{1/2}$ = نیمه عمر عنصر پرتوزا و n = تعداد نیمه عمرها



یکاهای پرتوزایی:

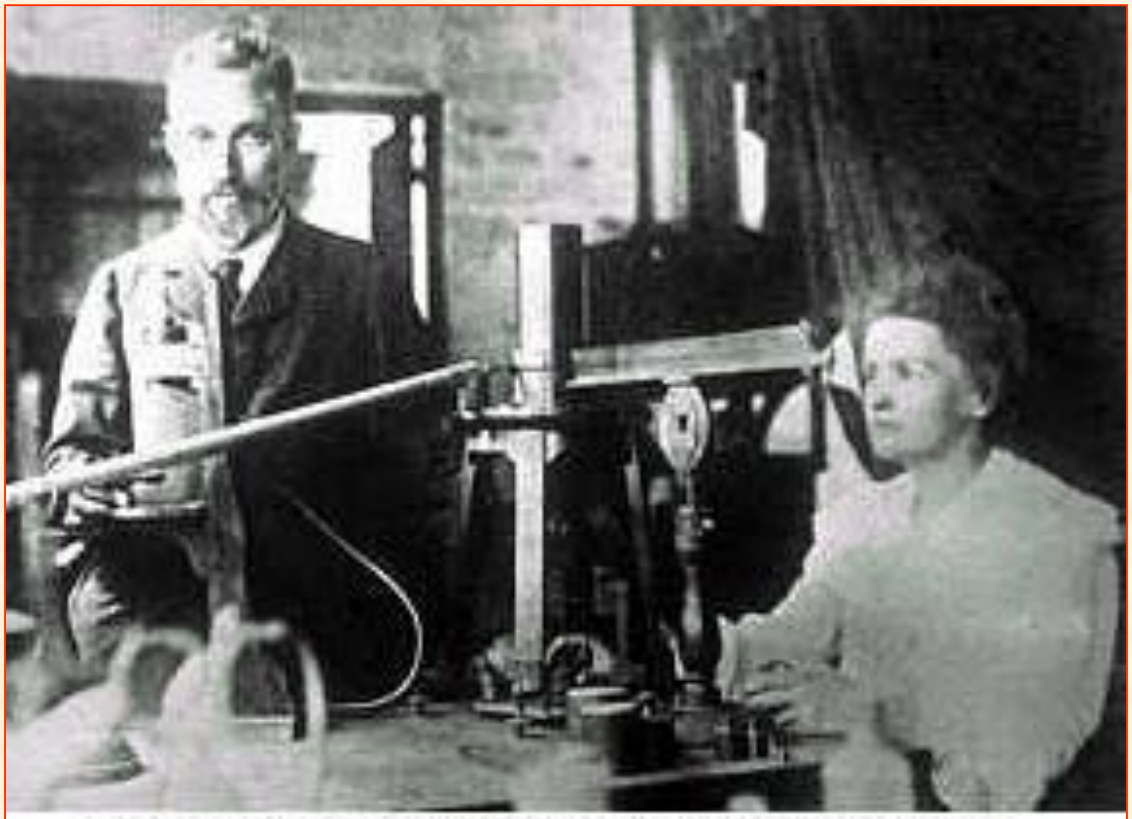
یکای قدیم پرتوزایی، کوری (Curie) می باشد که به Ci نشان داده می شود. هر کوری برابر است با تعداد 3.7×10^{10} واپاشی در ثانیه.

یکای جدید پرتوزایی، بکرل (Becquerel) می باشد که به Bq نشان داده می شود. هر بکرل برابر است با تعداد یک واپاشی در ثانیه.

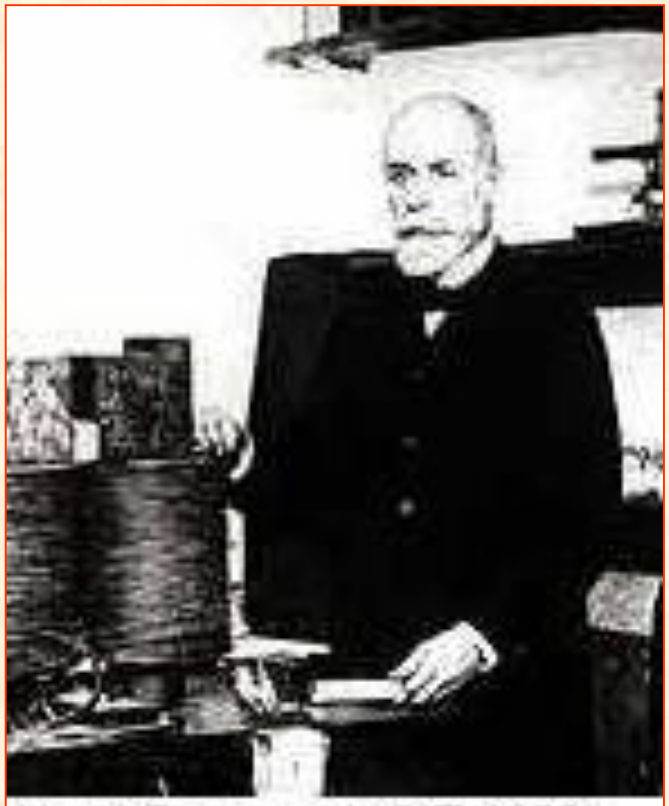
بنابراین نتیجه می شود:

$$1\ Ci = 3.7 \times 10^{10}\ Bq$$

فیزیک پرتوها



Pierre & Marie Curie (IBM Worldbook 1999)



Henri Becquerel (CIE 1998)

طیف امواج الکترومغناطیسی

انرژی (ev)= 10^{-10}	انرژی (ev)= 10^{10}
فرکانس (Hz)= 10^{4}	فرکانس (Hz)= 10^{23}
طول موج (m)= 10^{3}	طول موج (m)= 10^{-16}

برخورد پرتوها با مواد

یونش و برانگیزش:

همواره این امکان وجود دارد که به هر دلیلی یکی از الکترون های موجود در اتم از لایه مربوطه جدا شود. چنانچه این الکترون از میدان کولنی هسته کاملاً خارج شود، می گوییم اتم یونیزه شده است، که در این حالت یک یون مثبت و یک الکترون آزاد خواهیم داشت. چنانچه الکترون جدا شده از لایه، کماکان در میدان کولنی هسته باقی بماند در این صورت فقط یک جابجایی الکترون با کسب انرژی از لایه پایین تر به لایه بالاتر انجام شده است که الکترون بلافاصله با آزاد نمودن آن انرژی به لایه خود باز می گردد. در این حالت میگوییم که اتم برانگیخته و یا تهییج شده است. طبیعی است بیشترین انتقال انرژی به ماده از طریق یونش خواهد بود.

پرتوهای یونساز:

به پرتوهایی اطلاق می شود که هنگام عبور از ماده قادر به یونسازی در اتم های آن ماده می باشند. کمیسیون بین المللی یکاها و اندازه گیری پرتوها (ICRP) ، از نظر ساز و کار برخورد، پرتوهای یونساز را در دو دسته تقسیم بندی نموده است:

- پرتو های مستقیم یونساز: شامل ذرات باردار نظیر آلفا، بتا، پروتون و یون های سنگین.
- پرتوهای غیر مستقیم یونساز: شامل پرتوهای ایکس، گاما و نوترون.

برخورد پرتوها با مواد

برخورد پرتوها با مواد به شرح ذیل می باشند:

- برخورد ذره بتا با ماده: ایجاد اثر یونش، ترمزی و یا پس پراکندگی می نماید.
- برخورد ذره آلفا با ماده: با الکترونهای مداری ایجاد اثر یونش و یا برانگیزش می کند و با هسته اتم در انرژی های بالا برخورد انجام می دهد.
- برخورد پرتوهای ایکس و گاما با ماده: پرتوهای ایکس و گاما بر خلاف ذرات باردار دارای برد مشخصی نبوده و شدت آنها نسبت به ضخامت ماده بصورت نمائی کاهش می یابد. فتون های ایکس و گاما معمولاً به یکی از راههای زیر با ماده برخورد انجام می دهند:

(اثر فتو الکتریک – پراکندگی کمپتون – تولید جفت یون – واپاشی فتونی)

- برخورد نوترون با ماده: نوترون ها ذراتی هستند با جرم پروتون و بدون بار الکتریکی که بر خلاف پروتون ها در حالت آزاد هم واپاشی می کنند. برخورد نوترون ها با ماده را به دو طریق کلی تقسیم می نمایند:

الف) برخورد های از نوع پراکندگی: پراکندگی کشسان و غیر کشسان

ب) برخورد های از نوع گیراندازی: جذب، پرتوزا کردن، شکافت و درهم پاشی

برخورد پرتوها با مواد

شکافت در هسته های سنگین و ایجاد نوترون:

برخورد نوترون با اتم کلسیم و ایجاد پرتوی گاما:

کمیت ها و یکاها در حفاظت در برابر اشعه

انرژی پرتو:

انرژی عبارت است از توانایی انجام کار و کار عبارت است از جابجایی نقطه اثر نیرو و یکای هر دو در دستگاه بین المللی یکاها ژول (J) می باشد.

یک ژول عبارت است از کار نیروی یک نیوتن در فاصله یک متری (1 J = 1 N X m)

یکای انرژی در حفاظت در برابر اشعه، الکترون ولت (eV) است.

یک الکترون ولت عبارت است از انرژی کسب شده توسط یک الکترون در خلاء هنگامی که از اختلاف پتانسیل یک ولت عبور کند. ($1eV = 1.6 \times 10^{-19}$ J)

پرتودهی و آهنگ پرتودهی:

پرتودهی کمیتی است که برای سنجش میزان فتون های ایکس و گاما در هوا بکار برده می شود. این کمیت کل بارهای هم علامت تولید شده توسط فتون ها در واحد جرم هوا را اندازه گیری می کند.

- یکای جدید پرتودهی کولن بر کیلوگرم (C/Kg) هوا می باشد.

یک C/Kg عبارت است از آن مقدار تابش ایکس و گاما که بتواند در شرایط متعارفی یک کولن بار الکتریکی هم علامت در یک کیلوگرم هوا تولید نماید.

کمیت ها و یکاها در حفاظت در برابر اشعه

- یکای قدیم پرتودهی رونتگن (Roentgen) می باشد که به R نشان داده می شود.

یک R عبارت است از آن مقدار تابش ایکس و گاما که بتواند در شرایط متعارفی 2.58×10^{-4}کولن بار الکتریکی هم علامت در یک کیلوگرم هوا تولید نماید.

آهنگ پرتودهی کمیتی است که کل بارهای هم علامت تولید شده توسط فتون ها در واحد جرم هوا را در واحد زمان اندازه گیری می کند و یکاهای آن عبارتند از C/Kg.s (جدید) و R/s (قدیم).

کِرما و آهنگ کِرما:

کِرما (Kerma) کمیتی است که مجموع انرژی جنبشی اولیه ذرات باردار تولید شده در اولین برخورد از پرتو های غیر مستقیم یونساز را در واحد جرم ماده اندازه گیری می کند.

- یکای جدید کِرما، گری است و یکای قدیم آن راد می باشد.
- یکای جدید آهنگ کِرما، گری بر ثانیه و یکای قدیم آن راد بر ثانیه می باشد.

کمیت ها و یکاها در حفاظت در برابر اشعه

دُز جذب شده و آهنگ دُز جذب شده:

دز جذب شده (D) کمیتی است که انرژی جذب شده از کلیه پرتوها در واحد جرم هر ماده را اندازه گیری می کند.

یکای جدید دز جذب شده در دستگاه بین المللی یکاها، ژول بر کیلوگرم ماده می باشد که نام ویژه آن گری است و به (Gy) نشان داده می شود.

یک گری عبارت است از انرژی معادل یک ژول ناشی از انواع پرتو ها که به یک کیلوگرم از ماده منتقل می شود.

یکای قدیم دز جذب شده راد (rad) می باشد.

یک راد عبارت است از انرژی معادل 10^{-2} ژول ناشی از انواع پرتوها که به یک کیلوگرم از ماده منتقل می شود.

$$1\ rad = 10^{-2}\ Gy$$

آهنگ دز جذب شده ($\dot{D}$) کمیتی است که انرژی جذب شده از کلیه پرتوها در واحد جرم هر ماده را در واحد زمان اندازه گیری می کند و یکاهای آن عبارتند از:

جدید: (Gy/s)

قدیم: (rad/s)

$$1\ rad/s = 10^{-2}\ Gy/s$$

کمیت ها و یکاها در حفاظت در برابر اشعه

دُز معادل و آهنگ دُز معادل:

دز معادل ($H_{T,R}$) کمیتی است که اثرات بیولوژیکی ناشی از جذب انواع پرتوها در بافت را منظور می دارد و برابر است با حاصل ضرب متوسط دز جذب شده از پرتو R در بافت T ($D_{T,R}$)، در ضریبی بنام ضریب توزین پرتو (W_R).

ضریب توزین پرتو (W_R)، ضریبی است که کیفیت پرتو (نوع و انرژی پرتو) را جهت محاسبه دز معادل در نظر می گیرد.

یکای جدید دز معادل در دستگاه بین المللی یکاها، همانند یکای دز جذب شده، یعنی J/Kg است، که نام ویژه آن سیورت (Sievert) می باشد و به Sv نشان داده می شود.

یک سیورت عبارت است از انرژی معادل یک ژول ناشی از پرتوی خاص که به یک کیلوگرم از بافت منتقل می شود (با احتساب ضریب توزین پرتو).

یکای قدیم دز معادل رِم (rem) می باشد.

یک رِم (rem) عبارت است از انرژی معادل 10^{-2} ژول ناشی از پرتوی خاص که به یک کیلوگرم از بافت منتقل می شود (با احتساب ضریب توزین پرتو).

$$1\ rem = 10^{-2}\ Sv$$

کمیت ها و یکاها در حفاظت در برابر اشعه

آهنگ دز معادل ($H_{T,R}^{o}$) کمیتی است که اثرات بیولوژیکی ناشی از جذب انواع پرتوها در بافت را در واحد زمان در نظر می گیرد و برابر است با حاصل ضرب متوسط آهنگ دز جذب شده از پرتو R در بافت T ($D_{T,R}^{o}$) در ضریب توزین پرتو (W_R) و یکاهای آن عبارتند از Sv/s (جدید) و rem/s (قدیم).

دُز مؤثر:

دز مؤثر (E) کمیتی است که علاوه بر اینکه نقش پرتوهای مختلف را در بروز اثرات بیولوژیکی منظور می دارد، نقش پرتوگیری بافت های مختلف بدن را نیز در نظر می گیرد.

یکاهای دُز مؤثر همانند یکاهای دُز معادل بوده و سیورت (Sv) و رِم (rem) می باشند.

ضریب توزین پرتو (W_R) برای فتون ها در تمام انرژی ها معادل یک می باشد.

آشکارسازی پرتوها

آشکارسازها:

همزمان با رشد فن آوری هسته ای و کاربرد آن در کشاورزی، پزشکی، صنایع و غیره، اشکارسازهای پرتو نیز توسعه یافته و در انواع مختلف عرضه شده اند. اشکارسازهای پرتو در موارد گوناگون از جمله اندازه گیریها، کنترل واکنش های هسته ای، پژوهش و ... نقش اساسی را دارا بوده و می باشند.

- آشکارسازهای گازی (اتاقک یونش – شمارنده تناسبی – شمارنده گایگر مولر)
- آشکارسازهای سرسوزنی
- آشکارسازی نوترون

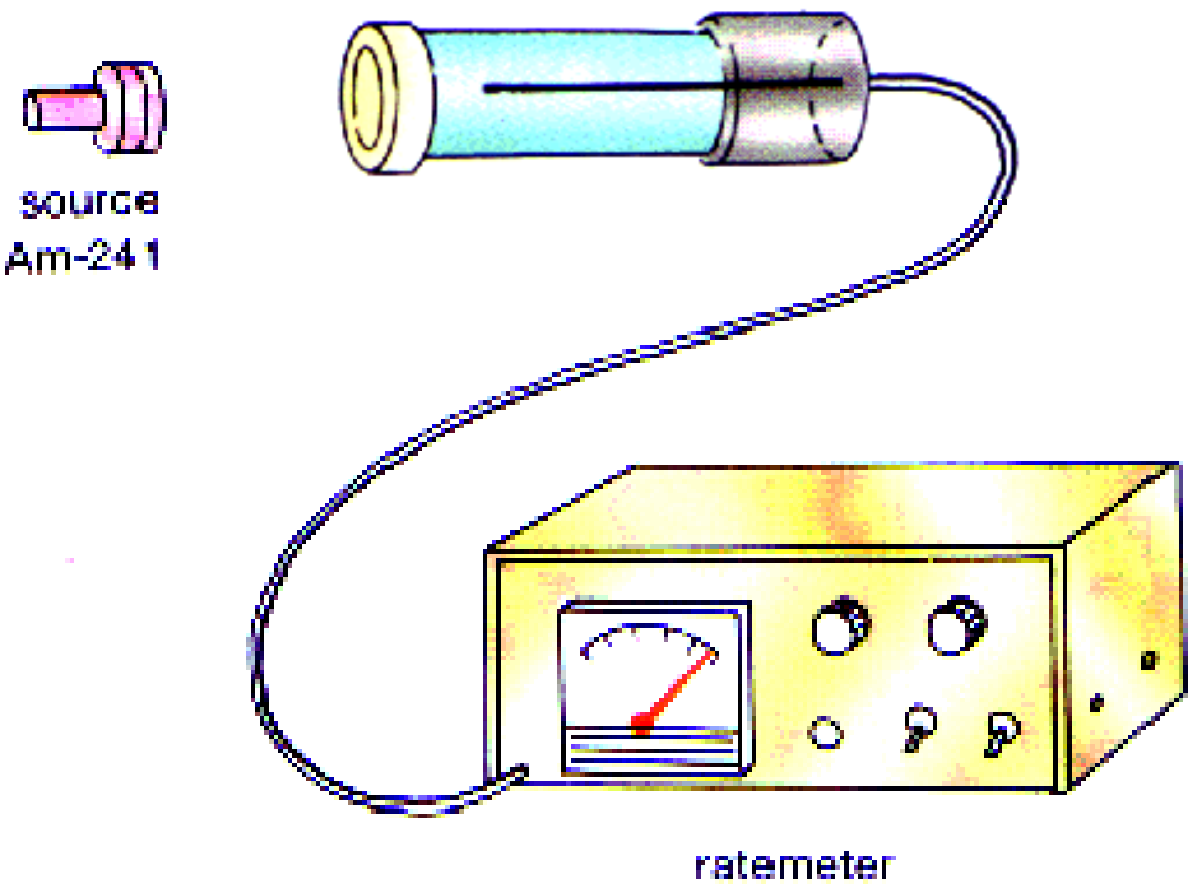
کاربرد آشکارسازها:

یکی از مهمترین کاربرد آشکارسازها، دُزیمتری پرتوها می باشد. دُزیمترها آشکارسازهایی هستند که پاسخ آنها بیانگر انرژی جذب شده در مواد مختلف از جمله ماده حساس آشکارساز و نیز بافت بدن و به عبارت دیگر کمیت های دزیمتری پرتوها (دز جذبی و دز معادل) می باشد.

انواع جستجوگرهای قابل حمل محیطی وجود دارند که متداول ترین آنها شمارنده های گایگر-مولر و اتاقک یونش می باشند.

آشکارسازی پرتوها

ساختمان داخلی شمارنده گایگر مولر



آشکارسازی پرتوها

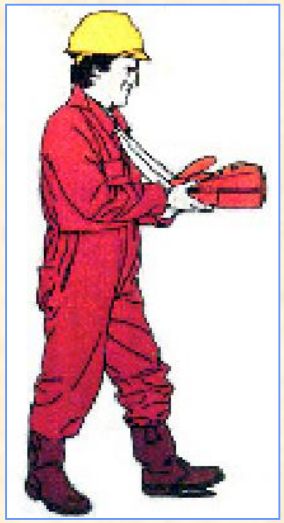
انتخاب دُزیمتر:

برخی از عوامل مؤثر در انتخاب یک دزیمتر برای کاربردی مشخص عبارتند از:

قابل حمل بودن – استحکام مکانیکی – سهولت کاربرد و قرائت – رفع آلودگی – قابل اعتماد بودن و علاوه بر اینها، دزیمتر باید با توجه به نوع پرتو درجه بندی شده و دارای ویژگیهای ذیل باشد:

- توانایی واکنش در مقابل پرتو ورودی
- حساسیت
- زمان پاسخ
- وابستگی به انرژی
- وابستگی به جهت پرتودهی

دُزیمتری (مونیتورینگ) فردی



بنابه تعریف، عملیات منظمی را که برای مشخص نمودن میزان پرتوگیری افراد انجام می گیرد، دزیمتری (مونیتورینگ) فردی گویند و به ابزار و وسایل مورد استفاده در این عملیات دزیمتر (مونیتور) اطلاق می شود.

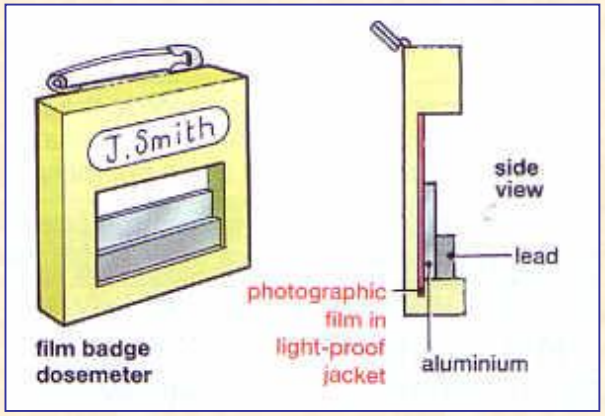
برای اجرای برنامه های دزیمتری فردی بر اساس استانداردهای حفاظت در برابر اشعه، محیط کار با اشعه به دو ناحیه تقسیم بندی شده است:

- ناحیه کنترل شده: به محیطی اطلاق می گردد که کارکنان بطور مستقیم با منابع پرتو کار کنند و در شرایط کار عادی احتمال پرتوگیری مستقیم از دستگاه های پرتوساز یا از مواد پرتوزا، وجود داشته باشد. اجرای کلیه برنامه های دزیمتری فردی در رابطه با این افراد الزامی است.
- ناحیه تحت نظارت: به هر محیطی که خارج از ناحیه کنترل شده قرار داشته باشد، ناحیه تحت نظارت گویند. در ناحیه تحت نظارت، معمولاً کارکنان با منابع پرتو کار نمی کنند ولی پرتوگیری آنها در اثر نقص فنی دستگاهها، اشتباه کارکنان و یا کوتاهی در اجرای نکات حفاظت در برابر اشعه امکان پذیر است. این ناحیه باید از نظر شدت و انتشار پرتو کنترل شود. اجرای برنامه های دزیمتری فردی برای افراد در این ناحیه ضروری نیست.

دُزیمتری (مونیتورینگ) فردی

روش های دُزیمتری فردی:

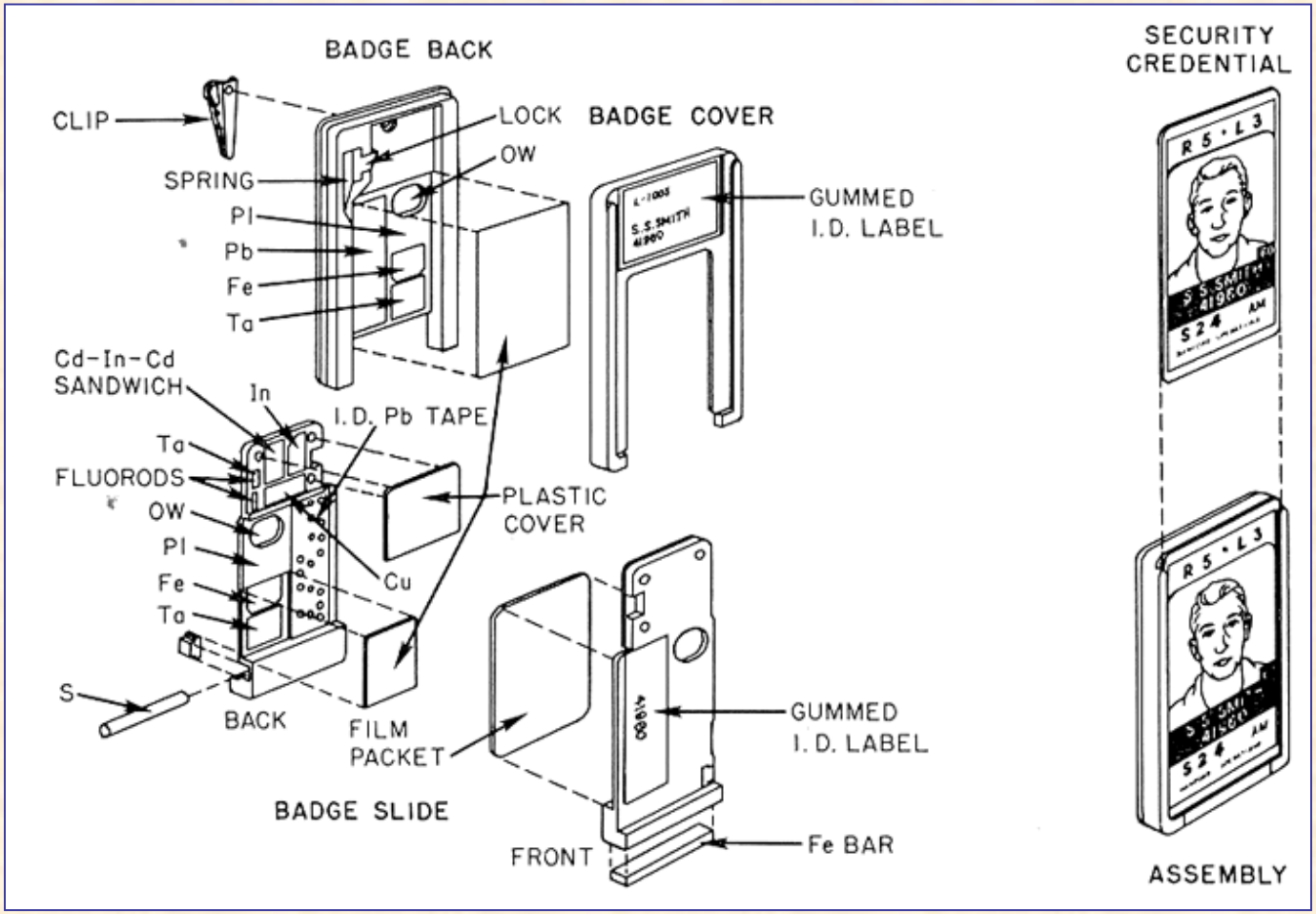
- دزیمتری پرتوگیری خارجی: اگر منبع پرتو در خارج ازبدن قرار داشته باشد، پرتوگیری با استفاده از روش دزیمتری پرتوگیری خارجی تعیین می شود.
- دزیمتری پرتوگیری داخلی: اگر منبع پرتو در داخل بدن قرار داشته باشد، پرتوگیری با استفاده از روش دزیمتری داخلی تعیین می شود.
- دزیمتری محل کار: جهت کسب اطمینان بیشتر از نتایج دزیمتری داخلی و خارجی، اجرای برنامه های دزیمتری محیط کار ضروری است (به ویژه در مواقع بروز سوانح پرتوگیری و مواقعی که دسترسی به سایر روش ها میسر نباشد).



انواع دزیمترها:

- دزیمتر فیلم بج: از قدیمی ترین و متداول ترین دزیمتر فردی است که برای تعیین پرتوگیری خارجی بکار می رود.

دُزیمتری (مونیتورینگ) فردی



ساختمان داخلی فیلم بج:

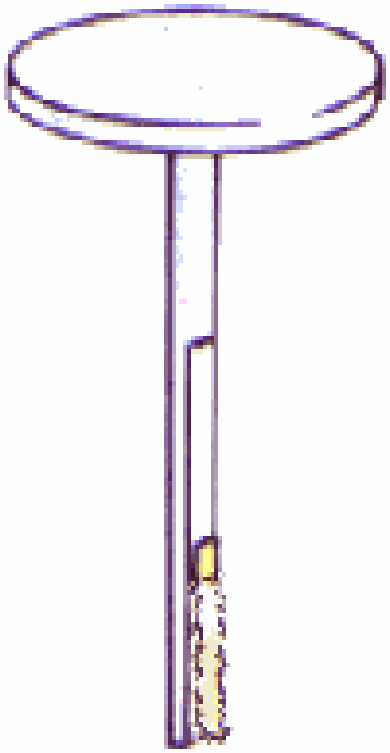
دُزیمتری (مونیتورینگ) فردی

- دزیمتر ترمولومینسانس (TLD): یکی از انواع دزیمترهای فردی می باشد که در طول دهه اخیر کاربرد آن بسیار توسعه یافته است. انرژی پرتو در کریستال لیتیم فلوراید (LiF) ذخیره می گردد.

- دزیمتر نوترایران: این دزیمترها جهت دزیمتری نوترون ها در یک فاصله گسترده انرژی استفاده می گردد و قادر است نوترون ها را در فاصله انرژی حرارتی تا چندین مگا الکترون ولت اندازه گیری نماید.

- دزیمتر قلمی:در مواردی که آگاهی سریع از نتیجه پرتوگیری ضروری باشد، از دزیمتر قلمی به عنوان یک دزیمتر کمکی استفاده می شود.

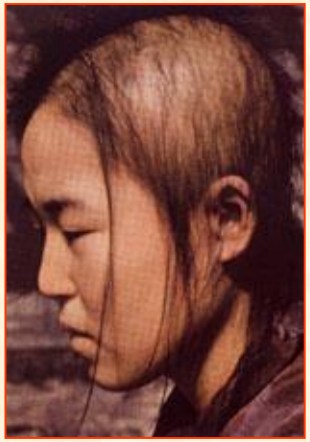
دُزیمتری (مونیتورینگ) فردی



اساس کار دزیمتر قلمی:

(الکتروسکوپ)

اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونساز



تقسیم بندی اثرات بیولوژیکی:

- اثرات قطعی: این اثرات معمولاً وقتی بروز می کنند که پرتوگیری از یک حد آستانه بیشتر باشد. ملتهب شدن پوست، تغییرات خونی، آب مروارید و ... از اثرات قطعی پرتوها می باشند.
- اثرات احتمالی: اثراتی هستند که برای بروز آنها معمولاً آستانه دُز وجود ندارد، نظیر سرطان های مختلف و عوارض سوء روی نسل های آینده.

اثرات عمومی پرتو بر سلول:

- اثرات مستقیم پرتو بر سلول: این اثرات عبارتند از: ایجاد وقفه در تقسیم سلول – موتاسیون ژنی – شکست کروموزومی یا تغییر ترکیب و ساختمان کروموزوم های آسیب دیده که منجر به تولید سلول های دختر غیرطبیعی می گردد.
- اثرات غیر مستقیم پرتو بر سلول: اثر رادیو شیمی از آثار غیر مستقیم پرتو بر سلول می باشد که موجب تغییرات در اجزاء شیمیایی آن می گردد، به طریقی که مولکول های یونیزه شده، با عناصر شیمیایی مولکول مشابهی که قبلاً یونیزه شده وارد عمل می گردند. به طور مثال، تولید آب اکسیژنه در بدن که سمی و کشنده سلول می باشد.

اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونساز

اثرات زودرس و تأخیری پرتو بر انسان:

- اثرات زودرس: اثرات پوستی (اثر سرخی ملایم – اثر تاول مرطوب – اثر مرگ سلولی)، اثرات روی عناصر خونی (اثر روی گلبول های قرمز و ایجاد آنِمی – سفید و ایجاد لکوپنی – پلاکت ها و ایجاد کاهش فعالیت مغز استخوان)، اثرات روی سلول های جنسی (اثر روی بیضه ها – اثر روی تخمدان ها)، اثرات روی جنین (اثر روی تخمک – اثر روی جنین به هنگام اندام سازی – اثر روی جنین به هنگام رشد).
- اثرات پرتوگیری تمام بدن: اگر تمام بدن تحت تأثیر پرتو با دُز بالا قرار گیرد ممکن است اثرات ذکر شده به هر یک از اعضای بدن یکجا بروز کند. اثر عمومی پرتو روی اعضای مختلف بدن تقریباً متفاوت می باشد. به عنوان مثال پس از پرتوگیری حدود 4 گری علائم زیر مشاهده می گردد:

پس از چند ساعت، سردرد، استفراغ، اسهال و تب – پس از چند روز جوش های کوچک در دهان و گلو و کم شدن تدریجی وزن بدن – در طول دومین هفته، بهبودی وضع ظاهری و از بین رفتن علائم ذکر شده قبلی، ولی کاهش وزن با دامنه های متفاوت ادامه دارد – در طول سومین هفته...

اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونساز

بروز علائم قبلی با شدت بیشتر همراه با عقیمی. ثبات وزن علامت بهبودی بیمار است. شخص پرتو دیده ای که در سومین هفته نیز به تدریج وزنش کم شود در چهارمین هفته به احتمال قوی خواهد مُرد. احتمال مرگ و میر در دریافت دُزی به میزان 5 گری حدود 50% می باشد (LD50 = 5 Gy).

اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونساز

اثرات تأخیری:

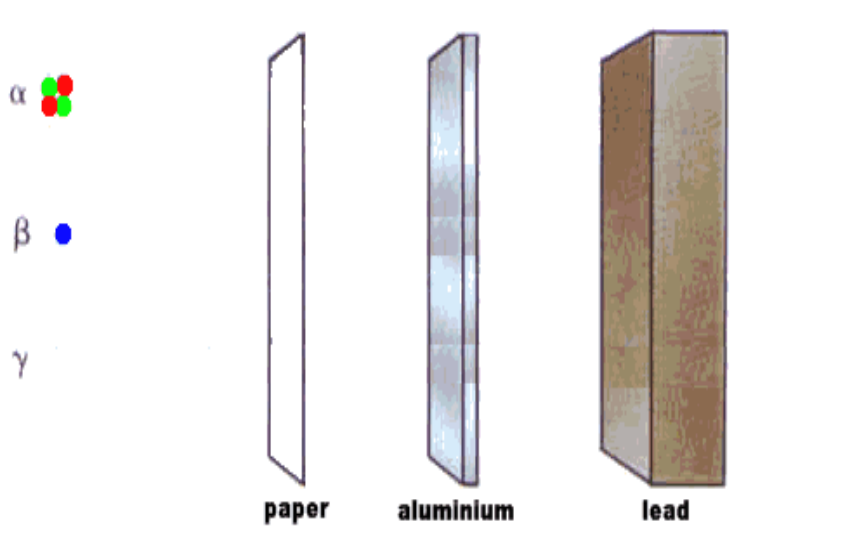
الف) اثرات ژنتیکی، کروموزومی و بی نظمی بر روی سلول های انسان از عوارض مشخصه اثرات تأخیری می باشند.

ب) اثرات سرطان زایی – مسئله ای که در مطالعه علائم دیررس ناشی از پرتو وجود دارد، طولانی بودن زمان ظهور و احتمالی بودن وقوع آنها است.

حفاظت در برابر پرتوگیری خارجی

پرتو گیری خارجی عبارت است از پرتو گیری سلول ها و بافت ها از منابع پرتو که در خارج از بدن قرار دارند. منابع پرتو که در مراکز مختلف مورد استفاده قرار می گیرند معمولاً یا به صورت چشمه باز و یا بسته و یا دستگاه پرتوساز می باشند. در هر سه مورد خطر پرتوگیری خارجی وجود دارد و فقط در مورد دستگاه های پرتوساز در زمانی که دستگاه خاموش باشد خطر پرتوگیری وجود ندارد.

برای حفاظت افراد در برابر پرتوگیری خارجی فنون زیر بکار گرفته می شود:



- به حداقل رساندن زمان پرتوگیری (عامل زمان)
- به حداکثر رساندن فاصله از منبع پرتو (عامل فاصله)
- ایجاد حفاظ در مقابل منبع پرتو (عامل حفاظ)

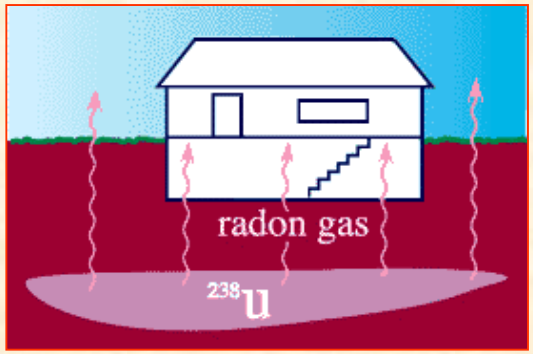
حفاظت در برابر پرتوگیری داخلی بدن

پرتو گیری داخلی عبارت است از پرتو گیری بدن انسان، بوسیله منابع پرتوزایی که وارد بدن شده اند.

پرتوگیری انسان از عناصر پرتوزای موجود در محیط، اعم از محیط کار و یا محیط زیست امکان پذیر می باشد.

راه های ورود عناصر پرتوزا به بدن انسان:

راه های ورود مواد پرتوزا به درون بدن به شرح زیر می باشند:

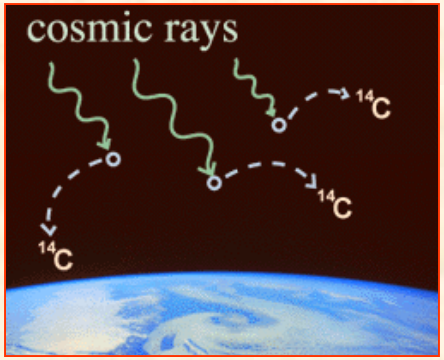


- استنشاق هوای آلوده
- خوردن و آشامیدن مواد غذایی و آب آلوده
- جذب از راه پوست سالم بدن
- وجود زخم بر روی پوست بدن
- قراد گرفتن بدن در معرض پرتوهای نوترون
- شکل دیگری از آلودگی داخلی بدن، ورود عمدی عناصر پرتوزا به بدن انسان می باشد که همانا تجویز رادیوداروییی ها به بیماران در پزشکی برای تشخیص یا درمان بیماری ها است.

حفاظت در برابر پرتوگیری داخلی بدن

عملکرد بیولوژیکی عناصر پرتوزا در بدن:

رفتار عناصر پرتوزا در بدن انسان از بدو ورود تا خروج از بدن، یا به عبارت بهتر رفتار بیولوژیکی آنها در بدن یکی از مباحث بسیار مهم آلودگی داخلی به عناصر پرتوزا می باشد. عملکردعناصر پرتوزا در بدن را میتوان طی مراحل زیر تشریح نمود:

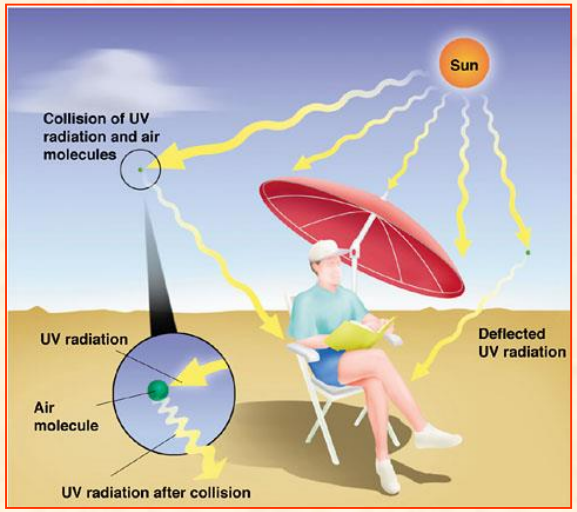


- مرحله نشست و یا ورود به بدن (قابل انتقال و یا غیر قابل انتقال)
- مرحله جابجایی بوسیله نشست در مایعات بدنی و انتقال
- مرحله توزیع بوسیله جریان خون و جذب در اعضاء و بافت ها
- مرحله دفع از بدن بوسیله ادرار – تعرق – بزاق دهان و یا بازدم (در صورت گازی شکل بودن)

سمیت پرتوی:

علمی که به بررسی عوارض فیزیکی و بیولوژیکی ناشی از ورود و نشست عناصر پرتوزا در بدن می پردازد به نام *سم شناسی پرتوی* خوانده می شود.

حفاظت در برابر پرتوگیری داخلی بدن



راه های حفاظت در برابر آلودگی داخلی بدن انسان:

همنطوریکه در پیش اشاره شد مواد پرتوزا می توانند از سه راه عمده به درون بدن راه یابند:

- استنشاق هوای آلوده به گازها و گرد و غبار پرتوزا
- بلع، یعنی نوشیدن آب آلوده و خوردن مواد غذایی آلوده
- جذب از راه پوست سالم و یا زخم ها

بر این اساس معیارهای حفاظتی برای مقابله با راه یافتن مواد پرتوزا به درون بدن به نحوی طرح ریزی می گردند که یا راههای ورودی به بدن بسته شوند، یا انتقال مواد پرتوزا از منبع به طرف انسان قطع گردد.

- کنترل منبع پرتوزا (جدا سازی محل کار – حفاظ گذاری – کاهش زمان مجاورت با منبع و ...)
- کنترل فرد (استفاده از وسایل حفاظت فردی متناسب با نوع کار)

بسته بندی، حمل و نقل مواد پرتوزا و پسماند ها

حمل و نقل مواد پرتوزا عبارت از مجموعه عملیاتی است که جهت جابجایی رادیوایزوتوپ ها، پسماند های پرتوزا و محموله های چرخه سوخت هسته ای انجام می گیرد. این مقوله کلیه عملیات طراحی، ساخت، آماده سازی بسته ها، نگهداری و انبارداری مواد پرتوزا را در طول حمل در شرایط عادی و هنگام سانحه دربر می گیرد.

دسته بندی مواد پرتوزا:

- مواد آزاد یا مستثنی (پرتوزایی فوق العاده کم)
- سنگ های معدنی اورانیوم و نمک های تغلیظ شده آنها، سوخت تازه و هگزا فلورید اورانیوم
- پسماند های پرتوزای سطح پایین
- رادیوایزوتوپ ها
- چشمه های صنعتی
- سوخت های مصرف شده

بسته بندی، حمل و نقل مواد پرتوزا و پسماند ها

عدد 7 در زیر بر چسب، کد حمل و نقل مواد رادیو اکتیو در سازمان ملل می باشد.

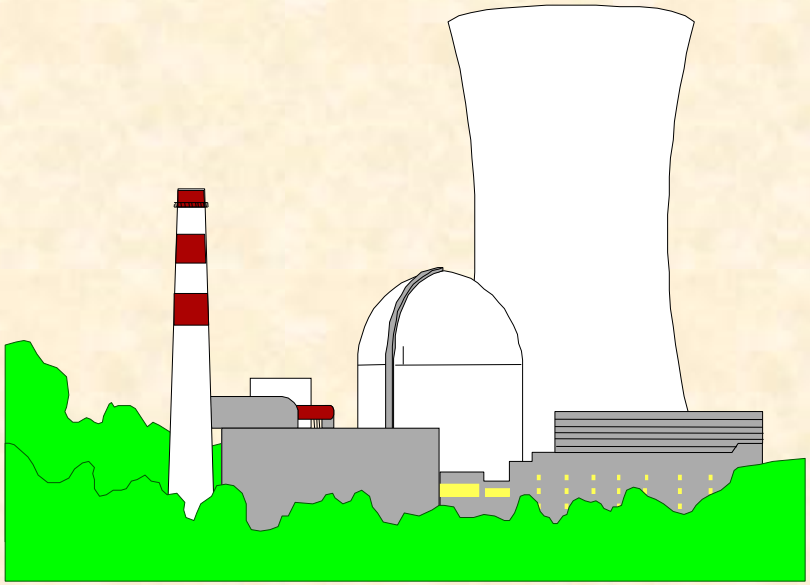
طبقه بندی و علامت گذاری بسته ها:

- طبقه یک – بر چسب سفید: در صورتیکه میزان معادل دُز در سطح بسته از 5 میکرو سیورت بر ساعت تجاوز نکند و اندیکس انتقال صفر باشد.
- طبقه دو – بر چسب زرد با دو خط قرمز: در صورتیکه میزان معادل دُز در سطح بسته از 0.5 میلی سیورت بر ساعت و اندیکس انتقال از یک تجاوز نکند.
- طبقه سه – بر چسب زرد با سه خط قرمز: در صورتیکه میزان دُز در سطح بسته از 2 میلی سیورت و اندیکس انتقال از 10 تجاوز نکند.

بسته بندی، حمل و نقل مواد پرتوزا و پسماند ها

استفاده از مواد پرتوزا در مصارف نیروگاه های هسته ای، پزشکی، صنعتی، تحقیقات و کشاورزی مانند دیگر صنایع همراه با تولید مواد زائد و ضایعات بلا استفاده (پسماند) است.

همچنین مواد پرتوزا را نمی توان با هیچ روش شناخته شده شیمیایی و یا مکانیکی از بین برد و تنها راه از بین رفتن آنها فروپاشی و تبدیل آنها به عناصر پایدار می باشد.



دور ریزی و دفع نهایی پسماندهای پرتوزا:

روش های متفاوت و متداول پسماندداری عبارتند از:

- انبار نمودن
- تخلیه در دریا
- دفن کردن

استانداردهای پایه حفاظت در برابر اشعه

هدف اصلی تدوین استانداردهای پایه حفاظت در برابر اشعه کشور، پیشگیری از بروز اثرات قطعی و محدود کردن بروز اثرات احتمالی ناشی از پرتوهای یونساز است.

مقررات عمومی فعالیت پرتوی:

جهت انجام هر فعالیت پرتوی اصل توجیه پذیری باید رعایت گردد. یعنی هیچگونه فعالیت پرتوی مجاز نیست، مگر آنکه سود حاصل از آن در مقایسه با اثرات زیانباری که ممکن است برای افراد یا جامعه داشته باشد با در نظر گرفتن موازین اقتصادی و اجتماعی و سایر عوامل، آشکار و مشخص باشد.

مقررات اداری و فنی فعالیت پرتوی:

جهت کاهش خطای انسانی در ایجاد سوانح باید کلیه پرتوکاران واجد شرایط و آموزش دیده باشند و اصول ایمنی و راحتی انسان هنگام طراحی دستگاه ها و تهیه دستورالعمل ها به گونه ای رعایت گردد که امکان خطاهای کاری منجر به سانحه را به حداقل ممکن برساند. همچنین باید تجهیزات مناسب و سیستمهای ایمنی نیز به گونه ای تهیه گردند که احتمال خطای انسانی هر چه بیشتر کاهش یابد و هنگام بروز اشکال، مداخله به سهولت انجام پذیرد.

استانداردهای پایه حفاظت در برابر اشعه

مقررات پرتوگیری شغلی:

- مسئولین فعالیت پرتوی
- کارکنان فعالیت پرتوی
- تقسیم بندی نواحی کار
- مونیتورینگ فردی و محل کار
- سابقه پرتوگیری

پرتوگیری اورژانس و مداخله:

- برنامه اورژانس (مشخص کردن مسئولیت ها برای اطلاع رسانی به مسئولین ذیربط و اقدامات اولیه اورژانس – دستورالعمل نحوه ارتباط با سازمان های ذیربط از جمله: نیروی انتظامی، بیمارستان، آتش نشانی و سایر سازمان های مربوطه – شرح روشها و وسایل برای ارزیابی سانحه)
- حفاظت کارکنانی که در عملیات مداخله شرکت می کنند (پرتوگیری کارکنان پرتوزدا نباید از حداکثر حد دز سالانه پرتوگیری شغلی تجاوز کند، مگر: برای جلوگیری از مرگ یا آسیب شدید – برای پیشگیری ازدریافت دز جمعی قابل ملاحظه – برای جلوگیری از گسترش فاجعه. در چنین شرایطی باید سعی گردد که پرتوگیری شغلی کارکنان از دو برابر حداکثر حد دز سالانه کمتر باشد.

کاربرد و حفاظت پرتوهای غیر یونساز

استفاده از پرتو های غیر یونساز در امور پزشکی، صنعت، مخابرات، آموزشی و پژوهشی و غیره بسیار افزایش یافته است و در نتیجه تعداد افرادی که همه روزه در محل کار و زندگی خود در معرض تابش اینگونه پرتو ها قرار می گیرند رو به افزایش نهاده است. در نتیجه بررسی اثرات بیولوژیکی این پرتوها بر انسان دیگر موجودات زنده و نتایج حاصل از پرتوگیری آنها و نهایتاً وضع مقرراتی برای استفاده صحیح و بی خطر یا کم خطر از اینگونه پرتوها مورد توجه بسیار قرار گرفته است.

معرفی پرتوهای غیر یونساز:

بخشی از پرتوهای الکترومغناطیسی که انرژی آنها برای ایجاد یونش در ماده کافی نیست را پرتوهای غیر یونساز گویند. امواج مافوق صوت نیز به عنوان پرتوهای غیر یونساز در نظر گرفته می شوند.

برای بررسی اثرات بیولوژیکی پرتوهای غیر یونساز و کنترل آنها، این پرتوها به چند دسته تقسیم می شوند: پرتوهای ماوراء بنفش (UV) – نور مرئی (VS) – مادون قرمز (IR) – میکروویو (MW) – رادیویی (RF) – فرکانس پایین (LF) – فرکانس بسیار کم (VLF) – فرکانس به شدت کم (ELF) – مافوق صوت (US).

کاربرد و حفاظت پرتوهای غیر یونساز

حفاظت در برابر پرتوهای ماوراء بنفش:

در نظر گرفتن نکات زیر به منظور حفاظت در برابر پرتوهای ماوراء بنفش بسیار مهم است:

- انواع شیشه، پرتوهای ماوراء بنفش با طول موج های کمتر از 300 نانومتر را به خوبی جذب می کنند.
- اغلب اجسامی که در برابر نور معمولی کدر هستند.
- در مواردیکه شدت پرتوهای ماوراء بنفش زیاد است، استفاده از عینک مخصوص ضروری است (جوشکاری).
- استفاده از لباس های آستین بلند و کاملاً پوشیده.

حفاظت در برابر پرتوهای مادون قرمز:

برای حفاظت در برابر پرتوهای مادون قرمز در نظر گرفتن نکات زیر مهم است:

- انواع شیشه، پرتوهای مادون قرمز با طول موج های بیشتر از 4 میکرون را جذب می کند.
- اغلب پرتوهای مادون قرمز توسط آب به خوبی جذب می شوند.
- باید از تاباندن غیر ضروری پرتو حتی المقدور جلوگیری شود.
- با افزایش فاصله نسبت به منبع ارسال کننده پرتو مادون قرمز، شدت پرتو کاهش می یابد.
- استفاده از عینک مخصوص برای کسانی که در مقابل سطوح داغ (فلزات و یا شیشه ذوب شده) کار می کنند.

کاربرد و حفاظت پرتوهای غیر یونساز

اصول و مقررات کلی مرتبط با حفاظت در برابر پرتوهای غیر یونساز:

- عدم ارسال پرتوهای غیر یونساز در موارد غیر ضروری.
- کاهش سطح پرتو تا حداقل ممکن در تمام موارد.
- توجه به اصول و مقررات حفاظت در برابر پرتوهای غیر یونساز موجود در محل کار.
- آشنایی کلیه کارکنان با پرتوهای غیر یونساز به خطرات بالقوه این پرتوها و خطرات احتمالی آنها در صورت عدم مراعات مقررات حفاظت در پرتو.
- استفاده از علائم خطر مناسب روی وسایل تولید کننده یا استفاده کننده از پرتوهای غیر یونساز و درمحل استفاده از آنها و جلب توجه کارکنان به این علائم و مراعات کلیه نکات ایمنی تذکر داده شده.
- مشخص کردن نواحی که ورود به آنها برای مردم یا کارکنان غیر مجاز است و کنترل ورود به این نواحی.
- توجه به دستورالعملهای مربوط به نحوه استفاده از دستگاهها و تجهیزات.
- عدم تعمیر یا سرویس دستگاه های مولد پرتوهای غیر یونساز توسط افرادی عادی و غیر مسئول.
- مراجعه به پزشک در صورت پرتوگیری.
- استفاده از وسایل حفاظت شخصی که استفاده از آنها الزامی است.

قانون حفاظت در برابر اشعه و آیین نامه های اجرایی آن

قانون حفاظت در برابر اشعه:

با توجه به گسترش روزافزون کاربرد اشعه (پرتوها) در امور مختلف و ضرورت حفاظت کارکنان، مردم، نسل های آینده و محیط در برابر اثرات زیان آور اشعه، قوانین حفاظت در برابر اشعه تدوین شده است.

قانون فوق مشتمل بر بیست و سه ماده و شش تبصره در جلسه علنی روز یکشنبه مورخ 20/1/1368 مجلس شورای اسلامی تصویب و در تاریخ 30/1/1368 به تأیید شورای نگهبان رسیده است.

آیین نامه اجرایی قانون حفاظت در برابر اشعه (مصوب 1369):

هیأت وزیران در جلسه مورخ 2/2/1369 بنا به پیشنهاد شماره 32352/30 مورخ 8/9/1368 سازمان انرژی اتمی ایران آیین نامه اجرایی قانون حفاظت در برابر اشعه مصوب 1368 را به تصویب رساند.

این آیین نامه به منظور حسن اجرای قانون حفاظت در برابر اشعه مصوب 1368 تنظیم و تدوین گردیده است.

آیین نامه فوق مشتمل بر بیست وسه ماده و سیزده تبصره می باشد.

با تشکر از حضور شما در جلسه آموزشی