

اصول و مبانی حفاظت در برابر حوادث پرتوی

مؤلف:

دکتر جعفر بازاریار



انتشارات دانشگاهی فرهنگمند

.....
نام کتاب : اصول و مبانی حفاظت در برابر حوادث پرتوی

مولف : جعفر بازاریار

تاریخ و نوبت چاپ : اول ۱۴۰۲

شمارگان : ۱۰۰ نسخه

بها : ۱۳۰۰۰۰۰ ریال

شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۷۳۱۵-۶۸-۴

.....

حق چاپ برای نشر دانشگاهی فرهنگمند محفوظ می باشد

نشانی : تهران، خیابان انقلاب، روبروی دانشگاه تهران، پاساژ فروزنده، طبقه اول، واحد ۴۱۹

تلفن : ۶۶۴۱۰۶۸۸ - ۶۶۹۶۸۶۱۴

WWW.FARBOOK.IR

Farbook.pub@gmail.com

سرشناسه	: بازاریار، جعفر، ۱۳۵۷-
عنوان و نام پدیدآور	: اصول و مبانی حفاظت در برابر حوادث پرتوی/ مولف جعفر بازاریار.
مشخصات نشر	: تهران: نشر دانشگاهی فرهنگمند، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	: ۹۶ ص.: مصور (رنگی)، جدول.
شابک	: 978-622-7315-68-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: محافظت کننده های پرتویی Radiation-protective agents تشعشع -- مقدارسنجی Radiation dosimetry تشعشع -- پیش بینی های ایمنی Radiation - Safety measures
رده بندی کنگره	: RA۱۲۲۱
رده بندی دیویی	: ۶۱۶/۹۸۹۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۴۱۰۸۲۹
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیبا

فهرست مطالب:

- اصول و مبانی فیزیک پرتوی ۵
- اصول حفاظت فردی ۲۱
- دزیمتری و آلودگی سنجی فیزیکی ۳۶
- دزیمتری بیولوژیک ۶۲
- آلودگی خارجی و رفع الودگی خارجی ۷۳
- آلودگی داخلی و رفع الودگی داخلی ۸۴

مقدمه

متأسفانه روند بروز حوادث و بلایا در دنیا یک روند افزایشی بوده و در راستای افزایش حوادث و بلایای طبیعی، روند رو به رشد حوادث انسان ساخت از جمله حوادث CBRN نیز در حال گسترش است. پیشرفت تکنولوژی و دستیابی به علم و فناوری پرتوی و هسته ای و استفاده های مختلف در ابعاد گوناگون می تواند زمینه ساز بروز حوادث ناشی از پرتوها باشد. در کنار تحولات بزرگ در کاربرد پرتوها و مزایای زیادی که برای بشر داشته است، متأسفانه اثرات سوء و مخربی نیز ایجاد نموده است. کارکنان نظام سلامت بر اساس وظایفی که دارند چه در زمینه تشخیص و چه در زمینه آمادگی و پاسخ به حوادث ناشی از این پرتوها بایستی از علم و آگاهی لازم در زمینه شناخت این پرتوها و نحوه حفاظت و پاسخ به آنها برخوردار باشند. در همین راستا مجموعه حاضر با هدف افزایش آگاهی های لازم برای برخورد با حوادث احتمالی پرتوی با استفاده از منابع مختلف خارجی و داخلی و به ویژه منابع آموزشی کمیته پدافند غیرعامل سازمان اورژانس کشور تدوین شده است. مطالعه این مجموعه می تواند برای همه ارائه دهندگان نظام سلامت مفید بوده و در هنگام بروز حوادث پرتوی آمادگی لازم را برای پاسخ موثر ایجاد نماید.

اصول و مفاهیم فیزیک پرتوی

از آنجایی که شناخت ماهیت خطر بهترین و مناسب‌ترین راه مقابله با آن می‌باشد لذا آشنایی با انواع پرتوهای یون‌ساز ماهیت و منشأ تولید آن‌ها کمک شایانی در درک اصول حفاظت در برابر اشعه داشته و مقدمات لازم برای ارائه‌ی مباحث آشکارسازی پرتوها و روش‌های حفاظت در برابر اشعه فراهم می‌کند. در این بحث مفاهیم پایه و ویژگی‌های پرتوهای یون‌ساز مرور شده و شخص فراگیر در انتها قادر خواهد بود سؤالات زیر را پاسخ دهد:

- تفاوت بین پرتوهای یون‌ساز و غیر یون‌ساز چیست؟

- نحوه‌ی برخورد پرتوهای یون‌ساز با ماده چگونه بوده و تظاهر این برخورد به چه صورت می‌باشد؟

- کمیتهای پرتوگیری کدامند و نحوه پرتوگیری طبیعی و مصنوعی مردم از چه طریقی می‌باشد؟

انرژی: انرژی عبارتست از توانایی انجام کار و کار عبارتست از جابجایی نقطه اثر نیرو و یکای هر دو در دستگاه بین المللی یکاها ژول (J) می‌باشد. هر ژول برابر یک نیوتون بر متر می‌باشد. در حفاظت در برابر اشعه برای معرفی انرژی پرتوها از یکای الکترون ولت استفاده می‌شود. هر الکترون ولت معادل ۱,۶در ۱۰ بتوان منفی ۱۰ ژول است.

رادیواکتیویته: یکی از ویژگیهای اصلی ماده بوده و مواد پرتوزا دارای این خصیصه می‌باشند. پرتوزایی یک هسته با کمیت اکتیویته یا فعالیت بیان می‌شود. این کمیت بیانگر واپاشی هسته پرتوزا در واحد زمان می‌باشد. یکی از واحدهای اکتیویته بکرل بوده و معادل واپاشی یک هسته در یک ثانیه می‌باشد. به طور معمول از واحد کوری نیز برای معرفی اکتیویته مواد استفاده می‌شود.

پرتودهی: پرتودهی (Exposure) که با علامت X نشان داده می‌شود، کمیتی است برای سنجش میزان فوتون‌های ایکس و گاما و در تعریف آن سه نکته حائز اهمیت است: فقط برای فوتون‌ها تعریف می‌گردد، در هوا بکار برده می‌شود، و کل بارهای هم علامت تولید

شده را اندازه گیری می کند. یکای جدید پرتودهی کولن بر کیلوگرم و یکای قدیم آن رونتگن می باشد.

نیمه عمر: انرژی اضافی موجود در هسته های ناپایدار (ایزومرهای هسته ای و ایزوتوپهای ناپایدار) بتدریج به صورت پرتو یون ساز از ساختمان اتم خارج می شود. این عمل آنقدر ادامه پیدا می کند تا عنصر به حالت پایدار برسد. زمان دقیق فروپاشی هیچ عنصری قابل تعیین نیست بلکه باید برای این امر از روش های احتمالی استفاده کرد. نیمه عمر به سه دسته تقسیم می گردد: نیمه عمر فیزیکی، نیمه عمر بیولوژیکی و نیمه عمر موثر که ذیلاً توضیح داده می شود.

نیمه عمر فیزیکی: نیمه عمر مدت زمانی است که نیمی از هسته های یک ماده پرتوزا واپاشی نموده و تعداد هسته های پرتوزا به نصف مقدار اولیه تقلیل یابد. نیمه عمر از ویژگیهای اصلی یک ماده پرتوزا بوده و بیانگر احتمال تبدیل یک هسته ناپایدار به یک هسته پایدار می باشد. هر چه احتمال تبدیل یک هسته به هسته پایدار تبدیل شود، نیمه عمر افزایش یافته و اصطلاحاً هسته از پایداری بیشتری برخوردار خواهد بود. واحد سنجش نیمه عمر همان واحدهای متداول زمان نظیر ثانیه، دقیقه، ساعت، روز و سال می باشد. به عنوان مثال نیمه عمر گاز تورن ۵۴,۵ ثانیه و نیمه عمر اورانیوم ۲۳۸ حدود ۴,۵ میلیارد سال است.

نیمه عمر بیولوژیکی: اگر ماده رادیواکتیو وارد بافت زنده شود مقداری از آن به علت سیستمهای دفعی از بدن دفع می گردد. در واقع نیمه عمر بیولوژیک عبارتست از مدت زمانی که مقدار ماده پرتوزا در بدن به دلیل وجود سیستمهای دفعی بدن به نصف مقدار اولیه اش برسد.

نیمه عمر موثر: مدت زمانی است که ماده رادیواکتیو در بدن هم به دلیل تلاش فیزیکی و هم به دلیل سیستمهای دفعی بدن به نصف مقدار اولیه اش کاهش می یابد. مکانسیم این نیمه عمر مجموع دو مکانسیم قبلی است. کاهش مقدار عناصر پرتوزا در بدن بر اساس دفع بیولوژیکی و نیز واپاشی آنها صورت می گیرد.

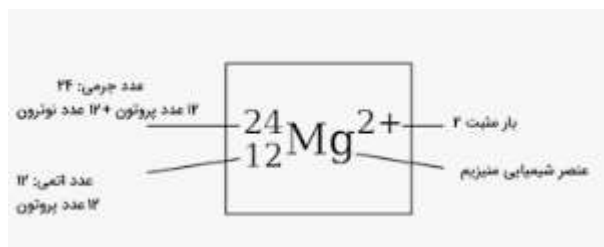
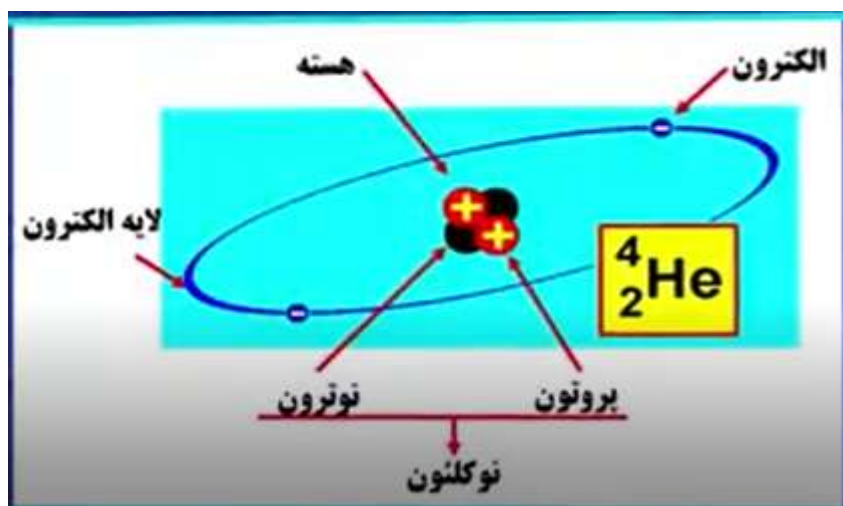
هسته‌های پرتوزا یا رادیونوکلئیدها

هسته‌های پرتوزا یا رادیونوکلئیدها هسته‌هایی هستند که در اثر فرایند تبدیل هسته‌ای، پرتوهای یون‌ساز از خود تابش می‌کنند. این پرتوها بصورت یک ذره یا به صورت تابش‌های الکترومغناطیسی هستند.

ساختار اتمی

تمام مواد از اتم تشکیل شده‌اند. اتم کوچک‌ترین جزء یک ماده است که ویژگی‌های شیمیایی آن ماده را دارا می‌باشد. هر اتم خود از ذرات کوچک‌تری تشکیل شده‌اند که ویژگی‌های عنصر اصلی را ندارند. اگرچه تا صد سال پس از تئوری اتمی دالتون تصور بر این بود که اتم تجزیه نمی‌شود ولی تجربیات مربوط به الکتریسیته و پرتوزایی هسته‌ها نشان داد که ذرات کوچک‌تر از اتم نیز وجود دارند. الکترون یکی از این ذرات بوده و توسط تامسون کشف شد. الکترون ذره‌ای باردار معادل $1/1835$ جرم اتم هیدروژن می‌باشد. پروتون یکی دیگر از ذرات تشکیل‌دهنده‌ی اتم بوده و قبل از الکترون کشف شده بوده. این ذره معادل جرم اتم هیدروژن بوده ولی دارای بار مخالف الکترون می‌باشد. سومین ذره‌ی تشکیل‌دهنده‌ی اتم نوترون بوده و جرم آن معادل مجموعه‌ی پروتون و یک الکترون می‌باشد. نوترون فاقد بار الکتریکی می‌باشد. اتم از یک هسته‌ی مرکزی تشکیل شده که عمده‌ی جرم اتم در آن قرار گرفته و الکترون‌ها در فضای دورتری نسبت به هسته در اطراف آن در حال گردش می‌باشند. در شکل زیر، اتم هلیوم نمایش داده شده است. هسته‌ی اتم هلیوم از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده است. بارهای هسته و الکترون‌های اطراف هسته در اتم مخالف یکدیگر و از نظر مقدار برابر بوده و لذا اتم‌ها در حالت عادل فاقد بار الکتریکی می‌باشند. پروتون‌ها و نوترون‌ها به نوکلئون نیز موسوم بوده و مجموعه‌ای از آن‌ها، یک هسته یا نوکلئید را تشکیل می‌دهد. معمولاً در نمایش اختصاری اتم‌ها به این شکل است که نام عنصر در وسط نماد و به صورت حروف بزرگ نوشته می‌شود. عدد جرمی در قسمت بالای سمت چپ نوشته می‌شود و شامل مجموع پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته است. عدد اتمی با حرف Z و شامل تعداد پروتون‌های درون

هسته که در سمت چپ و پائین نوشته می شود. عدد نوترونی هم به صورت N و شامل تعداد نوترونهای درون هسته است.



ایزوتوپ: اتم های یک عنصر را که عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت دارند یعنی در تعداد نوترونها اختلاف دارند ایزوتوپهای آن عنصر می باشند. ایزوتوپها می توانند پایدار و یا ناپایدار باشند. به طور مثال هیدروژن دارای سه ایزوتوپ با عدد اتمی یک و عدد جرمی ۱، ۲ و ۳ می باشد. هیدروژن معمولی دارای یک الکترون و یک پروتون است. هیدروژن دوتریم یا سنگین دارای یک الکترون و یک پروتون و یک نوترون است. ایزوتوپ ناپایدار هیدروژن یا تریتون دارای یک الکترون و یک پروتون و دو نوترون است. همچنین اورانیوم دارای چهار ایزوتوپ با عدد اتمی ۹۲ و اعداد جرمی ۲۳۳، ۲۳۴، ۲۳۵ و ۲۳۸ می باشد.

ایزوتون:

هسته هایی هستند که تعداد نوترونهای آنها یکسان باشند.

ایزوبارها:

هسته هایی را که عدد جرمی آنها برابر ولی تعداد پروتون ها و نوترون های متفاوتی دارند.

واپاشی:

واکنشی است که یک هسته پرتوزا جهت نیل به سمت پایدار شدن (رسیدن به ایزوتوپ پایدار) انجام می دهد.

پرتو آلفا و واپاشی آن

هسته ایزوتوپ هلیوم (۲ پروتون و ۲ نوترون) با جرم بالا که توسط هسته عناصر (ایزوتوپهای ناپایدار) سنگین تابش می شود. پرتوئی است که انرژی بالایی دارد، دارای دو واحد بار الکتریکی مثبت بوده، لذا قدرت پونش ویژه بسیار بالایی دارد. این پرتو انرژی خود را در یک مسیر کوتاه از دست می دهد. به عبارتی دیگر، برد آن در محیط بسیار کم بوده و در هوا در حدود چند سانتیمتر بیشتر برد ندارد و با یک برگه کاغذ براحتی متوقف می شود. با توجه به برد کم این پرتو، خطر پرتوگیری خارجی آن کم بوده اما خطر پرتوگیری داخلی آن به دلیل انرژی بالا و قدرت یونش بالا، زیاد خواهد بود. از نظر آلودگیهای زیست محیطی نیز اهمیت زیادی دارد زیرا بسیاری از الاینده های طبیعی آلفا دهنده هستند و اطرفی نیز به ذیلی عمق نفوذ کم، ردیابی آنها بسیار مشکل است. واپاشی آلفا زمانی اتفاق می افتد که هسته ای یک اتم، ذره ای آلفا تابش کند. همانطور که گفته شد، این ذره از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده و مشابهی هسته ای اتم هلیوم می باشد. واپاشی آلفا تبدیل مشترک همه ی هسته های رادیواکتیو با عدد اتمی بیش از ۸۰ می باشد. در واپاشی آلفا از هریک از پروتون ها و نوترون های هسته پرتوزا به میزان دو واحد کم می شود. بدین معنی که عدد جرمی آن به میزان ۴ واحد کاهش یافته و حاصل آن یک هسته هلیوم یا ذره آلفا می باشد.

پرتو بتای منفی (نگاترون) و واپاشی آن:

هر گاه عدم تعادل انرژی در هسته به دلیل افزایش نسبت نوترون به پروتون باشد، در این صورت یک نوترون به پروتون تبدیل می گردد که نتیجه آن کاهش یک نوترون در هسته و افزایش یک پروتون خواهد بود. در بسیاری موارد این فروپاشی منجر به ایجاد یک عنصر پایدار می گردد. این واکنش معمولاً مقداری انرژی اضافی خواهد داشت که صرف سرعت دادن به ذره بتا می شود. چون در فروپاشی نوترون در بسیاری مورد علاوه بر بتای منفی ذره دیگری مثل نوترینو نیز تابش می شود که آن ذره نیز حاوی انرژی خواهد بود، لذا انرژی ذره بتا در تمام واکنشها یکسان نخواهد بود. بدین سبب می توان پذیرفت که پرتو بتای منفی دارای طیف انرژی باشد. در صورتیکه در معادله فروپاشی هیچ ذره دیگری بجز بتای منفی و پروتون ایجاد نشود بیشترین میزان انرژی پرتو بتای منفی را خواهیم داشت. به عبارتی هرچه میزان انرژی پرتو نوترینو بیشتر شود، میزان انرژی پرتو بتا کمتر خواهد شد. برد و قدرت نفوذ بتا در مواد با انرژی ماکزیمم آن رابطه دارد، جرم این پرتو برابر جرم الکترون بوده و میزان انرژی آن از پرتو آلفا بسیار کمتر است. این پرتو دارای یک واحد بار الکتریکی بوده لذا میزان انرژی یونش ویژه آن نسبت به آلفا کمتر است. عمق نفوذ نگاترون (بتای منفی) از پرتو آلفا بیشتر بوده ولی در کل قدرت نفوذ بالایی در مواد ندارد. براحتی می توان جلوی پرتوگیری خارجی نگاترون را با یک ورقه آلومینیومی حدود ۳ سانتیمتری گرفت، عمده مشکل پرتو بتا در پرتوگیری خارجی دو چیز است: اول اینکه در فرآیند فروپاشی هسته های نگاترون دهنده در یک مرحله ماده ناچایدار به پایداری نمی رسد و معمولاً هسته ایجاد شده یک ایزومر هسته ای است که خود تابش کننده گاما است. دوم اینکه در صورتی که در مسیر انتشار این پرتو، ماده چگال قرار گیرد میزان قابل توجهی پرتو ایکس ایجاد خواهد شد. در واپاشی بتای منفی از تعداد نوترون های هسته پرتوزا یک واحد کاسته شده و به تعداد پروتونهای هسته یک واحد افزوده می شود. در واقع عدد جرمی آن هسته ثابت مانده و به عدد اتمی یک واحد اضافه می گردد.

پرتو بتای مثبت (پوزیترون) و واپاشی آن

هرگاه عدم تعادل انرژی در هسته به دلیل کمبود نسبت نوترون به پروتون باشد در این صورت هسته برای پایداری دو راه عمده را می تواند انتخاب کند: یک ذره پروتون را به نوترون تبدیل نموده که نتیجه آن کاهش یک پروتون در هسته و افزایش یک نوترون است که خود گامی در جهت تعادل تعادل هسته خواهد بود. در بسیاری موارد این فروپاشی منجر به ایجاد یک عنصر پایدار می گردد. حاصل این واکنش تولید ذره بتای مثبت است که معمولا انرژی اضلفی داشته که صرف سرعت دان به ذره بتا می شود. در اینجا نیز علاوه بر بتای مثبت ذره دیگری (نوترینو) تابش می شود که حاوی انرژی خواهد بود. راه دوم این است که یک الکترون از مدار داخلی اتم به داخل هسته کشیده شده و با یک پروتون ترکیب و تولید یک نوترون نماید که در این صورت نیز تعداد نوترون یکی افزایش پیدا کرده و از تعداد پروتون یکی کاسته می شود که این روش باز در جهت پایداری سازی است. حاصل این فروپاشی پرتو X است که این چنین هسته هایی که با این روش به پایدار سازی می رسند را الکترون گیرنده و این پدیده تحت عنوان گیراندازی الکترون نامیده می شود. در واپاشی بتای مثبت از تعداد پروتون های هسته پرتوزا یک واحد کاسته شده و به تعداد نوترونهای هسته یک واحد افزوده می گردد. یعنی عدد جرمی آن هسته ثابت مانده و از عدد اتمی یک واحد کاسته می شود.

پرتو ایکس:

به دو روش اساسی تولید می شود: یکی پرتو ایکس مشخصه و دیگری تابش برم اشترلانگ پرتو ایکس مشخصه به این صورت است که اگر ذره ای داخل اتم ورود پیدا کند و بتواند الکترونهای مقید هسته بوده و دور هسته در حال گردش هستند را دچار تغییرات کند. در حالت اول الکترون را به خارج اتم هدایت کند و از اتم کنده شود. اما همیشه این اتفاق نمی افتد. بلکه حسب انرژی ذره ای که وارد شده است، الکترون ممکن است در مدار خودش برانگیخته شده و به مدار انرژی بالاتری نقل مکان کند. الکترون برانگیخته شده با ساطع کردن پرتو ایکس به مدار قبلی خودش بر می گردد. در روش دوم یا برم اشترلانگ

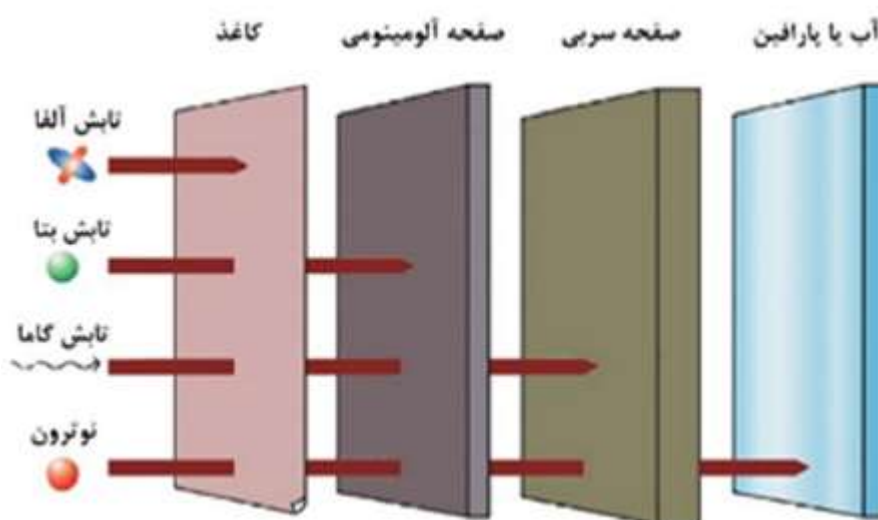
که تابش ترمزی نام دارد هنگامی است که یک الکترون با سرعت زیاد به یک اتم نزدیک و انحراف مسیر پیدا می کند به نحوی که این انحراف سبب ایجاد شتاب و تخلیه انرژی و در نهایت ساطع شدن پرتو ایکس می شود.

تمایز بین پرتو ایکس و گاما:

پرتوهای X و پرتوهای گاما هر دو تابش الکترومغناطیس هستند که وقتی به صورت ذره در نظر گرفته می شوند نام مشترک آنها فوتون است. تمایز خاصی بین اشعه ایکس و گاما وجود ندارد و صرفاً در اساس منبع تولیدشان نام گذاری می شوند. به نحوی که فوتونهایی که از داخل هسته تولید می شوند را گاما و فوتونهایی با منشأ خارج هسته را ایکس می گویند. پرتوهای گاما و ایکس به دلیل عمق نفوذ زیاد باید توسط حفاظ سربی ضخیم کنترل شوند.

نوترون:

پرتوهای نوترون ذرات با انرژی زیادی هستند که از هسته اتم ساطع می شوند و از الکترونها بسیار بزرگتر می باشند اما چون بار الکتریکی ندارند می توانند قبل از ازدست دادن انرژی خود، از بسیاری از مواد عبور کنند. لذا نوترونها به دلیل خاصیت خنثی و ماهیت فیزیکی خاصی که دارد حتی ممکن است از سرب نیز عبور کند و بهترین متوقف کننده آن هیدروژن است که در آب و پارافین به وفور یافت می شود.



شکافت هسته‌ای

شکافت هسته‌ای زمانی رخ می‌دهد که هسته‌ی یک اتم به اجزای کوچک‌تر تقسیم می‌شود. در این فرایند از یک هسته‌ی سنگین تعدادی هسته‌ی پرتوزای سبک و تعدادی نوترون تولید می‌شود. انفجارات هسته‌ای حاصل وقوع فرایند شکافت هسته‌ای در بمب‌های هسته‌ای می‌باشد.

پرتوهای یون‌ساز

در حالت کلی پرتوها در یکی از دو دسته‌ی یون‌ساز و غیر یون‌ساز قرار می‌گیرند. صفت یون‌ساز و غیر یون‌ساز به توانایی پرتوها در یونیزه کردن مواد بستگی دارد. پرتوهای یون‌ساز به پرتوهایی اطلاق می‌شود که قادرند در مواد بیولوژیکی یک زوج یون تولید کنند. یون در اثر انتقال انرژی پرتو به الکترون‌های مستقر در لایه‌های الکترونی اتم و خروج آن‌ها از اتم اتفاق می‌افتد. در اثر این پدیده یک الکترون با بار منفی و یک اتم با یک الکترون کم‌تر و دارای بار مثبت تولید می‌شود. پرتوهای یون‌ساز حامل‌های انرژی به صورت ذره یا موج می‌باشند. پرتوهای ایکس و یا گاما از جنس فوتون‌های الکترومغناطیسی و از دسته‌ی پرتوهای موجی یون‌ساز بوده و پرتوهای بتا و آلفا از نوع تابش‌های ذره‌ای پرتوهای یون‌ساز می‌باشند. نوترون‌ها نیز جزء پرتوهای ذره‌ای یون‌ساز تلقی می‌شوند. انرژی پرتوهای یون‌ساز بر حسب واحد کیلو یا مگا الکترون ولت بیان می‌شود. جهت فهم بهتر پرتوهای

یون ساز آلفا، بتا و گاما پرتوهایی هستند که منشاء تولید آنها هسته بوده، پرتوهای اشعه ایکس مشخصه و تابش برم اشترلانگ (تابش ترمزی) پرتوهایی هستند که منشاء تولید آنها اتم می باشد. و تابش نوترونی که ذرات نوترونی با تعداد بسیار زیادی به صورت باریکه رفتار تابشی دارند. یون سازی یعنی اینکه این پرتوها در هنگام عبور از ماده می توانند الکترونها را از آنها جدا و اصطلاحاً زوج الکترون و حفره ایجاد کنند. معنی زوج الکترون حفره این است که در داخل مداری که برای الکترونها در نظر گرفته اند از حالت انرژی خودش جابجا شده و به انرژی دیگری منتقل شده

قرار گرفتن در معرض پرتو

در مباحث حفاظت در برابر اشعه پرتوگیری شرایط و یا اقدامی است که یک ماده در معرض پرتوهای یون ساز قرار گیرد.

کرما

Kerma (Kinetic energy released per unit mass)

نام یک کمیت پرکاربرد در فیزیک پزشکی و مباحث محافظت پرتوی است. بنا بر تعریف، کرما به مجمع انرژی جنبشی اولیه منتقل شده به تمام ذرات بارداری گویند که توسط ذرات غیر باردار در واحد جرم درون یک ماده در یک نقطه از فضا در آن ماده تولید شده باشد. اگر این سنجش در هوا انجام گیرد در این صورت به این کمیت **Air Kerma** گویند. واحد این کمیت ژول بر کیلوگرم است که با نام اختصاصی گری شناخته می شود.

دز جذبی

مقدار انرژی منتقل شده به واحد جرم یک ارگان یا بافت، دز جذبی نام دارد. دز جذبی با واحد گری بیان می شود. یک گری معادل انتقال یک ژول انرژی از یک پرتو یون ساز به یک کیلوگرم از بافت یا ارگان مشخص در بدن می باشد. یک گری معادل یک ژول در کیلوگرم می باشد.

نرخ دز

میزان دز منتقل شده به یک بافت یا ارگان در واحد زمان آهنگ یا نرخ دز نام دارد. اثرات پرتو در بافت های زنده می تواند به نرخ دز بستگی داشته باشد. اعتقاد کلی بر این است که

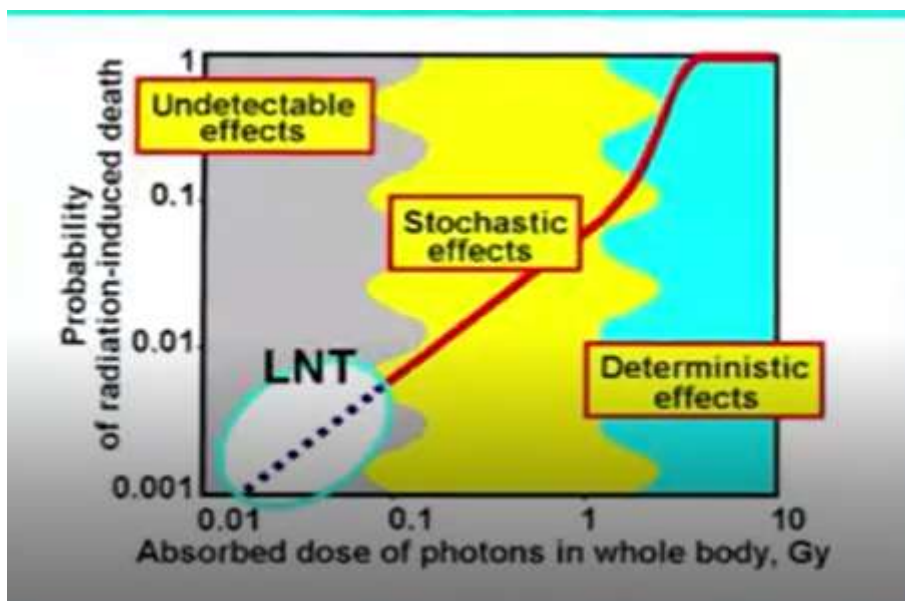
پرتوگیری با آهنگ دز کمتر، اثرات مخرب بیولوژیک کمتری نسبت به مقدار پرتوگیری مشابه با نرخ دز بیشتر دارد.

دز دریافتی در ارگان

وقتی بخشی از بدن یا تمام بدن تحت تابش قرار می‌گیرد تمامی ارگان‌ها و بافت‌ها به شرط مواجهه‌ی یکسان، انرژی مشابهی دریافت می‌کنند. این مطلب با مثال حل شدن شکر در یک فنجان چای قابل توضیح می‌باشد. با حل شدن شکر در یک فنجان چای با حجم معین تمام ذرات شکر به صورت مشابه در کل حجم چای توزیع شده و میزان شیرینی تمام حجم چای یکسان است. بصورت مشابه انرژی ناشی از تابش پرتو به یک ارگان در تمامی بافت‌ها بصورت یکسان توزیع می‌شوند. انرژی منتقل شده به واحد جرم هر بافت یا ارگان دز جذبی ارگان یا بافت نامیده می‌شود.

اثرات بیولوژیک پرتوها

اثرات بیولوژیک پرتوها در قالب تقسیم‌بندی‌های مختلفی معرفی می‌شوند. یکی از این تقسیم‌بندی‌های کلی تفکیک اثرات پرتو به دو دسته‌ی آثار قطعی و احتمالی می‌باشند. اثرات قطعی در صورت مواجهه‌ی پرتوی با مقادیر معین برای کلیه‌ی افرادی که در معرض پرتو قرار می‌گیرند به صورت مشابه اتفاق می‌افتد. در مقابل اثرات احتمالی ممکن است در بعضی از افراد مشاهده شده و در برخی نیز مشاهده نشود. برای تحلیل وقوع آثار احتمالی بر اساس نتایج دزیمتری از فرضیه‌ی احتمال بروز اثرات خطی بدون آستانه در مقادیر دز کم استفاده می‌شود. با این فرضیه می‌توان ادعا نمود اگرچه بروز اثرات احتمالی در بالای منحنی قرمز بسیار ضعیف است ولی احتمال بروز آن‌ها حتی در مقادیر بسیار کم نیز وجود دارد.



دز معادل

دز جذبی یک کمیت فیزیکی بوده و بیانگر ریسک یا اثرات بیولوژیک ناشی از یک نوع پرتو به خصوص بر یک ماده یا سیستم بیولوژیکی زنده نیست، یا به عبارت دیگر با وجود اینکه دز جذبی مقدار انرژی جذبی در واحد جرم را در یک ماده یا بافت بیان می کند، مقادیر برابر انرژی جذب شده یا دز جذبی ناشی از پرتوهای مختلف به طور مستقل همیشه اثرات برابر را بر یک عضو بیولوژیکی ندارد. به طور کلی اثربخشی بیولوژیکی مربوط به یک دز معین پرتو بستگی به نوع و انرژی پرتو تأیید شده و شرایط تابش دارد. در عمل مثلاً در اطراف راکتورها، شتاب دهنده ها، چشمه های نوترونی و نظایر آنها میدان پرتوی شامل یک نوع پرتو خاص نبوده و مخلوطی از پرتوهای مختلف می باشد که هر یک بر اساس داده های بیولوژیکی موجود دارای اثربخشی بیولوژیکی متفاوتی هستند. به همین خاطر کمیسیون بین المللی حفاظت در برابر اشعه در سال ۱۹۹۰ کمیت جدیدی را از دز جذبی متوسط در یک بافت یا عضو استنتاج شده معرفی کرد که تحت عنوان "دز معادل" نامیده شد. دز معادل در واقع کمیتی است متشکل از حاصلضرب عوامل دز جذبی عضو مربوط به پرتو و ضریب توزین پرتو دهی است.

ضریب توزین بافت:

رابطه بین احتمال اثرات بدنی پرتو و دز معادل نیز با نوع بافت و یا نوع عضو تحت تابش تغییر می کند. ضریبی که توسط آن معادل دز در بافت یا عضو توزین می گردد، ضریب توزین بافت نامیده می شود. این ضریب بر اساس نوع بافت یا عضو به صورت زیر است.

نوع بافت یا عضو	ضریب توزین بافت WT
غدد تناسلی	۰/۲۰
مغز استخوان	۰/۱۲
کولون	۰/۱۲
ریه	۰/۱۲
معدده	۰/۱۲
مثانه	۰/۰۵
سینه	۰/۰۵
جگر	۰/۰۵
مری	۰/۰۵
تیروئید	۰/۰۵
پوست	۰/۰۱
سطح استخوان	۰/۰۱
سایر اعضاء	۰/۰۵

دز مؤثر

بعضی از قسمت‌های بدن نسبت به قسمت‌های دیگر به پرتو حساسیت بیشتری نشان می‌دهند.

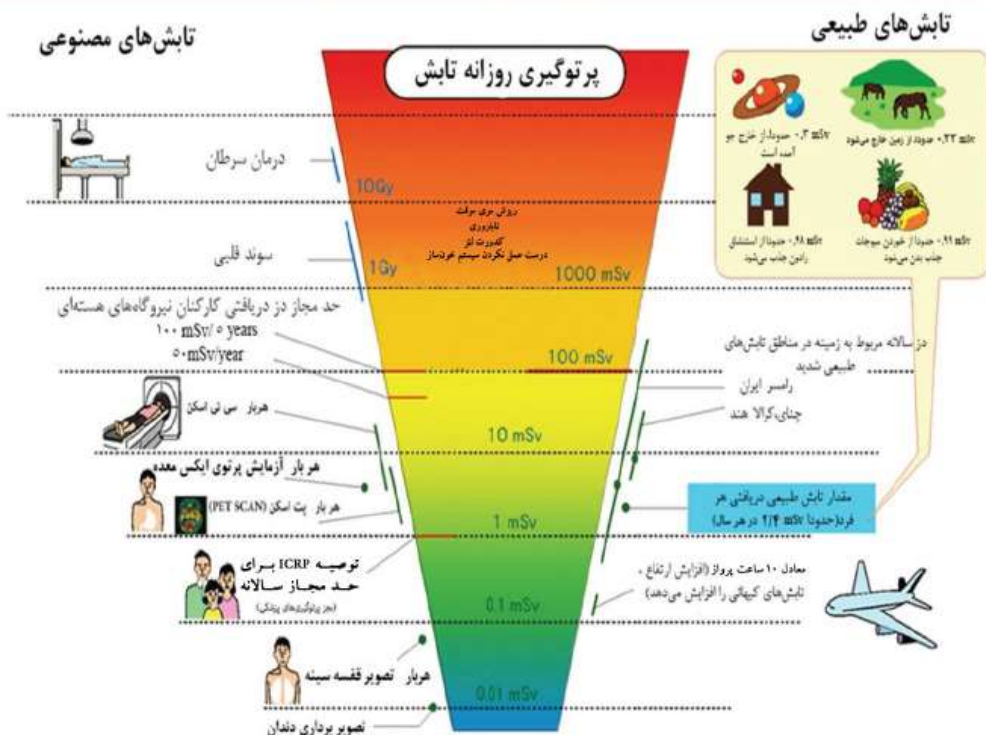
با توجه به ضرایب مندرج در جدول چنانچه سطح استخوان یک فرد معین و تیروئید وی در معرض دز معادل مشابهی قرار گرفته باشد میزان ابتلا به آثار احتمالی در تیروئید پنج برابر میزان ابتلا به آثار احتمالی در سطح استخوان او خواهد بود. لذا دز معادل موثر که نام دیگر آن دز موثر است مقدار دز عضو یا بافت است که یک بار توسط ضریب توزین پرتوی و یک بار توسط ضریب توزین بافت اصلاح گردیده است. یکای دز موثر سیورت می باشد.

پرتوگیری در عموم مردم

همه افراد جامعه به طور معمول در معرض تابش پرتوهای یونساز قرار دارند. به طور کلی منابع پرتوگیری به دو دسته منابع طبیعی و منابع مصنوعی تقسیم می شوند. مهمترین منابع مصنوعی، پرتوهایی است که در نتیجه استفاده وسیع مواد پرتوزا و دستگا ههای پرتوساز در مراکز پزشکی (تشخیصی و درمانی)، تحقیقاتی و صنایع استفاده می شوند. البته انفجارات هست های و حوادث پرتویی رخ داده در گذشته نیز سهمی هر چند کوچک در پرتوگیری مردم جهان از منابع مصنوعی داشته است. اگر چه انسا نها اغلب بر این باورند که پرتوگیری از منابع مصنوعی زیان بار و خطرناک است اما منابع طبیعی پرتوزا سهم بسیار بیشتری در پرتوگیری بشر و موجودات زنده دارند و پرهیز از این نوع پرتوگیری تقریباً غیر ممکن است. منشأ پرتوهای طبیعی، یکی تابشهای کیهانی است که از فضا تابیده می شود و هر چه ارتفاع از سطح دریا بیشتر شود این پرتوگیری افزایش می یابد. به عنوان مثال در مسافر تهای هوایی و در ارتفاع ۱۰ کیلومتری از سطح دریا، افراد در هر ساعت، ۵ میکروسیورت ($5\mu\text{Sv}$) دز تابشی ناشی از تابش کیهانی دریافت می کنند. منشأ دیگر پرتوهای طبیعی عناصر پرتوزا هستند که به طور عادی در خاک، هوا، آب، غذا و بدن انسان وجود دارند. اورانیم و توریم موجود در محیط که از زمان پیدایش زمین وجود دارند، گاز رادون ناشی از استفاده سوخ تهای فسیلی، مصالح ساختمانی و کودهای فسفاته، و پتاسیم پرتوزای موجود در داخل بدن و محیط اطراف از اصل یتترین منابع پرت وگیری طبیعی می باشند.

در بعضی از کشورها مناطقی با پرتوزایی طبیعی بالا ناشی از وجود غلظت زیاد مواد پرتوزای طبیعی در محیط (و یا به دلیل ارتفاع زیاد و افزایش پرتوهای کیهانی) وجود دارد. به طور کلی مردم کره زمین سالیانه مقداری پرتوگیری طبیعی دریافت می کنند که میانگین آن حدود $2/4$ میلی سیورت برآورد می شود که $1/1$ میلی سیورت آن مربوط به پرتوهای کیهانی و مواد پرتوزای موجود در پوسته زمین و $1/3$ میلی سیورت آن ناشی از گاز رادون می باشد. که البته این مقدار بسته به ارتفاع محل زندگی و میزان مواد پرتوزا در محیط متفاوت است همانگونه که ذکر شد، متوسط پرتوگیری طبیعی ناشی از تمامی موارد اشاره شده، حدود $2/4$ میلی سیورت می باشد. برای توضیح بیشتر و درک بهتر این عدد می توان گفت که در هر نوبتی که انسان جهت گرفتن عکس رادیولوژی تحت تابش قرار می گیرد، حدود $0/01$ میلی سیورت دز دریافت م نماید، به عبارتی متوسط پرتوگیری سالانه انسان به طور طبیعی برابر با پرتوگیری 240 عکس رادیولوژی از قفسه سینه است.

مقایسه دزهای پرتوگیری



میزان پرتوگیری سالیانه

به پرتوگیری که از محیط دریافت می‌شود پرتو زمینه می‌گویند که منابع این پرتو عبارتند از:

- پرتو کیهانی

- پرتو زمینی

- پرتوگیری داخلی

- گاز رادون

پرتو کیهانی: طبق آنچه که نامش دلالت می‌کند ریشه‌های فرازمینی دارد. این پرتو از اعماق جهان و خورشید حاصل می‌شود.

پرتو زمینی: از اتم‌های رادیواکتیوی که به طور طبیعی در سنگ‌ها و خاک وجود دارند ناشی می‌شوند. عناصر رادیواکتیو از قبیل اورانیوم، توریوم و پتاسیم که در پوسته‌ی زمین موجودند از زمان تشکیل این سیاره در اطراف بوده‌اند و همواره پرتو خود را دارند.

- **پرتوگیری داخلی:** منبع این پرتو طبیعی داخل بدن است. همچون غذا، آب و عوامل شامل منابع رادیواکتیو طبیعی هستند و بافت‌های بدن ما همیشه چند نوع عنصر رادیواکتیو خواهند داشت. بیشتر پرتوگیری داخلی از پتاسیم رادیواکتیو حاصل می‌شود اما بدن شامل عناصر رادیواکتیوی همچون اورانیوم، رادیوم و سرب است.

- **گاز رادون:** گاز رادون بزرگ‌ترین منبع طبیعی پرتو است که از طریق ریه‌ها دریافت می‌شود و در ایجاد سرطان ریه مؤثر است. گاز بی‌رنگ و بوی رادون از رادیوم که یک ماده‌ی طبیعی رادیواکتیو در خاک است ساطع شده و در هوا پراکنده می‌شود. پرتوگیری از پرتو رادون تا حد زیادی از منطقه‌ای به منطقه‌ی دیگر متفاوت است.