

پرتو و حوادث پرتوی

اتم و ساختار آن:

کلیه موجودات این کره خاکی از تعدادی عناصر شیمیایی تشکیل یافته اند که این تعداد حدود ۹۱ عنصر طبیعی است که سبک ترین آنها هیدروژن و سنگین ترین آنها اورانیوم می باشد. واحد اصلی این عناصر اتم است. اتم از دو ناحیه تشکیل شده است:

۱- ناحیه مرکزی به نام هسته شامل نوکلئون (پروتون با بار مثبت و نوترون بدون بار)

۲- ناحیه و یا لایه های اتم شامل الکترون ها (بار منفی)

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

پرتو چیست؟

پرتو شکلی از انرژی است که در خلاء یا ماده منتشر می شود. برخی از انواع پرتوها مانند آلفا دارای جرم و برخی دیگر مانند نور مرئی یا اشعه ایکس و گاما فاقد جرم هستند. پرتوها به طور کلی به دو دسته یونساز و غیر یونساز تقسیم بندی میشوند. آنچه باعث تفکیک پرتوهای یونساز از سایر پرتوها گردیده، توانایی آنها در خارج کردن الکترون ها از اتم های تشکیل دهنده مواد است که این فرایند، یونیزاسیون نامیده می شود و می تواند در هر ماده ای نظیر سرب، فولاد، آب و یا بدن انسان اتفاق بیفتد. پرتوهای یونساز به دلیل پیامدهای فرایند یونیزاسیون و مخاطرات آن، از اهمیت ویژه ای برخوردارند. مواد پرتوزا به دلیل ناپایداری در هسته خود یک یا چند پرتوی یونیزان از خود ساطع می کنند.

یونش: عبارت است از جدا شدن یک الکترون از اتم و باردار شدن اتم.

برانگیزش: چنانچه انرژی منتقل شده به الکترون در حدی نباشد که آن را از اتم جدا کند و فقط آن را به لایه یا لایه های بالاتر ببرد می گوئیم اتم برانگیخته (تهییج) شده است. (اثر اشعه ایکس).

پرتوهای یونساز: به پرتوهایی اطلاق می شود که هنگام عبور از ماده قادر به یونسازی در اتم های آن ماده می باشند. این پرتوها در دو دسته تقسیم می شود:

- پرتوهای مستقیم یونساز شامل ذرات باردار نظیر آلفا، بتا، پروتون

پرتوهای غیر مستقیم یونساز: شامل پرتوهای ایکس، گاما و نوترون.

اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونساز:

۱- اثرات قطعی: وقتی بروز می کند که پرتوگیری از یک حد آستانه بیشتر باشد. ملتهب شدن پوست، تغییرات خونی، آب مروارید و از اثرات قطعی است.

۲- اثرات احتمالی: اثراتی هستند که برای بروز آن ها معمولاً آستانه دز وجود ندارد، نظیر سرطان های مختلف و عوارض سوء روی نسل های آینده. این اثرات به صورت تصادفی پدیدار می گردد.

تمامی مواد پرتوزا بسته به نیمه عمری که دارند با واپاشی هسته های خود به مواد پرتوزای دیگر تبدیل شده و در این فرآیند برخی از ذرات و تشعشعات را از خود متصاعد می کنند. این تشعشعات شامل تشعشعات الکترومغناطیسی مانند اشعه γ و تشعشعات ذره ای نظیر ذرات α ، β و نوترون می باشد

انواع واپاشی:

واپاشی الکترون و پوزیترون (بتا):

در این نوع واپاشی یک واحد به عدد اتمی هسته اضافه (تبدیل نوترون به پروتون) و یا یک واحد از عدد اتمی هسته کاسته می شود (تبدیل پروتون به نوترون). به عبارتی چنانچه ناپایداری ناشی از فزونی و یا کمبود نوترون باشد در این صورت نوع واپاشی بتا خواهد بود.

واپاشی آلفا:

چنانچه ناپایداری ناشی از فزونی نوترون و پروتون باشد در این صورت نوع واپاشی آلفا خواهد بود.

تولید گاما:

وقتی یک هسته از حالت برانگیخته به حالت پایدار بر می گردد، نوعی تابش الکترومغناطیس به نام تابش گاما گسیل می شود.

انواع ذرات و پرتوها

ذره آلفا:

ذره آلفا همان هسته هلیوم است و جرمش تقریباً چهار برابر جرم نیتروژن است. خاصیت یونسازی آن در مقایسه با بتا بسیار قوی است. مسیر حرکت آلفا مستقیم و برد آن بسیار کوتاه است به طوری که در سطح خارجی پوست بدن جذب می شود. پرتوهای آلفا پس از طی مسافت چند سانتی متر در هوا، یا عبور از یک ورقه کاغذ، یا لباس و یا لایه خارجی پوست انرژی خود را از دست می دهند و متوقف می شوند. پس اگر چشمه مولد پرتو آلفا خارج از بدن قرار داشته باشد آسیبی به بافت نمی رساند.

ذره بتا:

قدرت یون سازی بتا به نسبت ذره آلفا کمتر بوده اما نفوذپذیری بالاتری نسبت به آن دارد. با این حال قدرت نفوذ پذیری آن چندان زیاد نیست. با یک ورقه آلومینیومی به ضخامت ۳ میلی متر می توان جلوی نفوذ این پرتو را گرفت. این پرتو می تواند تا چند متر در هوا حرکت کرده و توسط مولکول های هوا متوقف شود. چنانچه پوست بدن به صورت مستقیم در معرض این پرتو قرارگیرد منجر به ایجاد آسیب می شود. برد آن در آب حدود چند میلی متر است. ذره بتا پس از برخورد با ماده، موجب یونش یا برانگیزش اتم های ماده می گردد. (ذرات بتا از آلفا سبکتر است). این پرتو در برخورد با عناصر سنگین تر، انرژی بیشتری از دست می دهند. بنابراین مناسب ترین حفاظ در برابر پرتوهای بتا دو لایه دارد:

لایه اول ماده ای سبک مانند پلاستیک و لایه دوم ماده ای با عدد اتمی بزرگ مانند سرب

پرتوهای ایکس و گاما:

پرتوهای ایکس و گاما از جنس امواج الکترومغناطیس بوده، بدون بار و جرم می باشند. این دو پرتو بر خلاف ذرات باردار دارای برد مشخصی نبوده و شدت آن ها نسبت به ضخامت ماده کاهش می یابد. این پرتوها قدرت نفوذ زیاد در ماده دارند بنابراین استفاده از مواد سنگین مانند سرب برای حفاظ گذاری آن مناسب است.

نوترون:

نوترون ها ذراتی هستند با جرم تقریبا برابر پروتون و بدون بار الکتریکی که در حالت آزاد هم واپاشی می کنند و در برخورد با مواد به راحتی انرژی خود را از دست نمی دهند این ذره قدرت نفوذ بالایی داشته و میتواند از صفحات سرب به ضخامت چند سانتی متر عبور نماید. یکی از مهمترین منابع تولید آن راکتورهای اتمی است. نوترونها در محیط آزاد ناپایدار هستند. بنابراین در حوادث پرتوی و هسته ای که این ذره منتشر میشود اثرات اولیه و کوتاه مدت آن اهمیت بالایی دارد. قدرت یونسازی مستقیم ندارد ولی با برخورد به ذرات دیگر میتواند تولید پرتوهای یونساز نماید. این پرتوها میتوانند عمل یونسازی را انجام دهند. حفاظ گذاری در برابر نوترونها بر پایه کندی سازی نوترونهای سریع و جذب نوترون های کم انرژی است. به دلیل اینکه مواد هیدروژن دار نقش اساسی در کندی سازی و تضعیف نوترون دارند برای حفاظ چشمه های نوترونی از مواد هیدروژن دار مانند آب، پارافین و ... استفاده می شود. وقتی که نوترون انرژی خود را از دست داد جذب حفاظ هیدروژنی شده و تولید گاما می کند. پس برای حفاظت چشمه های نوترونی نیاز به سرب هم می باشد.

آلودگی به مواد پرتوزا

الف) آلودگی خارجی:

به جایگزینی مواد پرتوزا روی بدن، لباس و تجهیزات، آلودگی خارجی اطلاق می شود.

رفع آلودگی خارجی:

جهت رفع آلودگی خارجی می بایست اقدامات ذیل را مد نظر قرار داد:

۱- خروج لباس های آلوده

۲- شستشوی بدن با آب و صابون (در ۹۵٪ موارد با انجام اقدامات اشاره شده آلودگی بر طرف می گردد).

حفاظت در برابر پرتوگیری خارجی

برای حفاظت افراد در برابر پرتوگیری خارجی موارد زیر به کار 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)

ب) آلودگی داخلی:

به ورود ذرات پرتوزا به بدن از طریق پوست، بلع، استنشاق، منافذ بدن و زخم ها، آلودگی داخلی گفته می شود.

رفع آلودگی داخلی:

در رفع آلودگی داخلی نیز نکات ذیل می بایست مورد توجه قرار گیرد:

۱- کاهش جذب و ورود به بدن (با توصیه پزشکان از داروهایی استفاده می شود که مانع جذب مواد پرتوزا از طریق سیستم گوارش انسان می گردد)

۲-افزایش دفع آلاینده های جذب شده

انواع منابع پرتوزا

منابع پرتوزای طبیعی و منابع پرتوزای مصنوعی

۱-منابع پرتوزای طبیعی:

این منابع به دو دسته هسته های پرتوزای اولیه و پرتوها و هسته های پرتوزای کیهانی تقسیم می گردند.

الف) هسته پرتوزای اولیه که به دو صورت منفرد و زنجیره ای طبقه بندی شده است.

-هسته های پرتوزای منفرد: مهمترین آن ها پتاسیم ۴۰، روییدوم ۸۷ و وانادیوم ۵۰ می باشد.

-هسته های پرتوزای زنجیره ای: دو زنجیره مهم واپاشی مهم هسته های پرتوزای اولیه و وابسته به تشکیل زمین عبارتند از اورانیوم ۲۳۸ و تالیوم ۲۳۲ است که در نهایت پس از واپاشی های متوالی به سرب تبدیل می شود.

ب) پرتوها و هسته های کیهانی: از کیهکشان به جو زمین می رسند. که در مسیر انرژی خود را از دست می دهند.

۲-منابع پرتوزای مصنوعی:

مهم ترین منابع پرتوزای مصنوعی عبارتند از:

الف-راکتورهای اتمی:

محصولات شکافت هسته ای و همچنین فعال سازی به وسیله نوترون در راکتور اتمی تولید می شود. محصولات شکافت از طریق جذب نوترون به وسیله هسته های قابل شکافت مانند اورانیوم ۲۳۵ (u235) و پلوتونیوم (pu239) آزاد می شوند.

ب-ریزش های ناشی از حوادث:

بهره برداری از انرژی هسته ای در رشته های گوناگون امکان حادثه دارد. تعدادی از اینگونه حوادث که باعث پخش مواد پرتوزا به محیط زیست گردیده اند عبارتند از انفجارات اتمی، متلاشی شدن ماهواره ها در فضا، انفجار در راکتورهای اتمی.

حوادث پرتوی

حوادث پرتوی به دو دسته کلی حوادث رادیولوژیکی و هسته ای تقسیم می شوند. این حوادث می توانند ناشی از خطاهای انسانی، نقص تجهیزات، یا شرایط غیرمنتظره مانند بلایای طبیعی باشند. پیامدهای این حوادث می تواند شامل آلودگی، مواجهه با پرتو، و آسیب های فیزیکی باشد.

انواع حوادث پرتوی

۱-حوادث رادیولوژیکی:

این حوادث شامل مواردی مانند استفاده نادرست از تجهیزات رادیواکتیو، نشت مواد رادیواکتیو، یا مفقود شدن منابع پرتوزا هستند. این حوادث ممکن است در بیمارستان ها، صنایع، یا در حین حمل و نقل مواد رادیواکتیو رخ دهند.

۲- حوادث هسته‌ای:

این حوادث مربوط به نیروگاه‌های هسته‌ای یا آزمایش‌های هسته‌ای هستند. حوادثی مانند انفجار راکتور هسته‌ای، نشت مواد هسته‌ای، یا انتشار مواد رادیواکتیو در جو، از این دسته هستند. حادثه چرنوبیل و فوکوشیما نمونه‌هایی از حوادث هسته‌ای بزرگ هستند.

ویژگی حوادث پرتوی

- عدم درک پرتوها با حواس پنجگانه (به همین دلیل در صورت عدم توجه نیروهای امدادی به میزان پرتوزایی محیط ممکن است دچار پرتوگیری شدید شده و اثرات قطعی پرتو بروز نماید).

- نیاز به نیروی متخصص و تجهیزات خاص جهت شناسایی و پایش رفع آلودگی‌های احتمالی

- محدود نبودن پیامدهای حادثه به یک جغرافیای مشخص، به عنوان مثال پیامدهای حادثه چرنوبیل

- ایجاد آثار احتمالی و قطعی بر روی شخص پرتو دیده، نسل‌های آینده و محیط زیست

- تاثیر شرایط جوی و محیطی (اقلیمی) در گسترش پیامدهای حوادث پرتوی

- به دلیل وجود مواد پرتوزا در محیط، نیاز به اعمال سرعت و دقت در عملیات فوریت‌های پرتوی می‌باشد

- استرس و اضطراب ناشی از این حوادث به دلیل عدم آگاهی از ویژگی‌های حوادث پرتوی بالاتر از سایر حوادث است

علل بروز حوادث پرتوی:

- خطاهای انسانی:

آموزش ناکافی، عدم استفاده از تجهیزات حفاظتی، یا سهل‌انگاری در کار می‌تواند منجر به بروز حوادث پرتوی شود.

- نقص تجهیزات:

خرابی تجهیزات، عدم نگهداری صحیح، یا نقص در طراحی می‌تواند باعث نشت مواد رادیواکتیو یا انتشار پرتو شود.

- شرایط غیرمنتظره:

بلاای طبیعی مانند سیل، زلزله، یا طوفان می‌توانند باعث آسیب به تجهیزات پرتوزا و بروز حوادث شوند.

- حوادث حمل و نقل:

حوادث حین حمل و نقل مواد پرتوزا می‌تواند منجر به نشت یا پراکنده شدن این مواد شود.

پیامدهای حوادث پرتوی:

- آلودگی:

انتشار مواد رادیواکتیو می‌تواند محیط زیست را آلوده کند و باعث آلودگی خاک، آب و هوا شود.

-پرتوگیری:

افراد می‌توانند در معرض پرتوهای یونیزان قرار گیرند که می‌تواند منجر به آسیب‌های سلامتی از جمله سرطان و جهش‌های ژنتیکی شود.

-آسیب‌های فیزیکی:

حوادث پرتوی ممکن است باعث آسیب‌های فیزیکی مانند سوختگی، جراحات و حتی مرگ شوند.

حوادث محتمل در نیروگاه‌های هسته‌ای

نیروگاه‌های هسته‌ای، تأسیساتی هستند که از گرمای آزاد شده آن بر پایه فناوری هسته‌ای و با کنترل فرایند شکافت هسته‌ای، برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. کنترل انرژی هسته‌ای با حفظ تعادل در فرایند شکافت هسته‌ای همراه است که با استفاده از گرمای تولیدی برای تولید بخار آب اقدام به چرخاندن توربین‌های بخار و به دنبال آن ژنراتورها میکند. با توجه به تمهیدات پیش‌بینی شده ایمنی، احتمال وقوع حوادثی نظیر ذوب قلب و رهایش وسیع مواد پرتوزا به محیط در اثر دست رفتن پوشش ایمنی، بسیار پایین است. با این حال نیروگاه‌های اتمی علی‌رغم لایه‌های مختلف ایمنی ممکن است به علت بروز نقص در عملکرد سیستم‌ها، اشتباه انسانی، خرابکاری و یا به دلیل وقوع حوادث طبیعی دچار حادثه شده و این وضعیت منجر به رهایش مواد پرتوزا به محیط شود. بدترین حادثه محتمل نیروگاه، از دست دادن سیستم خنک‌کننده قلب راکتور است که می‌تواند منجر به ذوب شدن قلب، افزایش فشار در پوشش ایمنی و نهایتاً رها شدن مقدار بسیار زیادی از مواد پرتوزا به محیط گردد. رها شدن مواد پرتوزا می‌تواند توام با انفجار پوشش ایمنی باشد که در این صورت آلودگی پرتوی بسته به جهت باد تا کیلومترها دورتر از ساختگاه نیروگاه گسترش خواهد یافت.

جستجو و نجات در حوادث پرتوی

در تعیین فوریت جستجو عواملی چون وضعیت سوژه (مصدوم)، آب و هوا (به ویژه جهت باد)، میزان پرتوزایی و شرایط منطقه، تأثیر عمده دارند. در مورد سوژه مسائلی چون سن و جنس، سطح سلامت و توان جسمی، تجربه و تجهیزات همراه وی اهمیت دارند. در زمینه آب و هوا باید به وضع فعلی و همچنین پیش‌بینی تغییرات هوا در ساعات آتی توجه کرد. در حوزه شرایط منطقه جستجو نیز باید امکانات موجود در منطقه، خطرات و تهدیدهای محیطی، راههای ورود و خروج و ... را در نظر گرفت

اقدامات حفاظتی فوری

هدف از اجرای این اقدامات کاهش اثرات قطعی پرتو بر مردم می‌باشد. در شرایط اضطراری عمومی اقدامات زیر انجام می‌شود:

- هشدار به افراد متأثر از حادثه درخصوص پناهگیری در محل، ماندن در فضاهای سرپوشیده و محیطهای سر بسته، بستن درب و پنجره‌ها،

- برپایی ایستگاههای موقت به منظور تجمع افراد جهت پایش رادیولوژیکی، رفع آلودگی و ارائه کمکهای اولیه پزشکی

- تخلیه فوری نواحی تأثیر پذیر از حادثه

- اجرای فوری پایش در سطح نواحی متأثر از حادثه

- محدودسازی دسترسی به مناطق تخلیه شده

-محدود سازی ناحیه آلوده (ناحیه امنیتی)

-استفاده از تجهیزات حفاظتی فردی

- مراقبت و درمان افراد آسیب دیده یا افرادی که دچار پرتوگیری شده اند

- رفع آلودگی تجهیزات و افراد

اورانیوم:

اورانیوم شناخته شده ترین فلز پرتوزا است که یکی از ایزوتوپ های آن در تهیه سوخت در نیروگاه های اتمی استفاده می شود. بسیاری از کاربردهای امروزی اورانیوم، در خواص منحصر به فرد هسته ای آن خلاصه می شود. اورانیوم-۲۳۵ تنها عنصر طبیعی موجود است که دارای ایزوتوپ های شکافت پذیر است که این خصلت موجب می شود از آن به صورت گسترده در نیروگاه های هسته ای استفاده شود. با این حال، به علت این که مقادیر ناچیزی از آن در طبیعت یافت می شود، نیاز است که تحت فرایندی موسوم به غنی سازی اورانیوم غنا و غلظت آن برای استفاده در نیروگاه های هسته ای، افزایش داده شود.

فلز اورانیوم تقریباً با تمام عناصر نافلزی (به جز گازهای نجیب) واکنش نشان می دهد و واکنش پذیری آن با افزایش دما افزایش می یابد. اورانیوم طبیعی شامل سه ایزوتوپ اصلی است: اورانیوم-۲۳۸ (۹۹/۲۸٪ فراوانی طبیعی)، اورانیوم-۲۳۵ (۰/۷۱٪) و اورانیوم-۲۳۴ (۰/۰۰۵۴٪). هر سه رادیواکتیو و نشر دهنده ذرات آلفا هستند.

اورانیوم-۲۳۸ شکافت پذیر نیست اما یک ایزوتوپ پرثمر است زیرا پس از فعال سازی نوترونی می تواند به پلوتونیوم-۲۳۹ یکی دیگر از ایزوتوپ های شکافت پذیر تبدیل شود. درواقع هسته های اورانیوم-۲۳۸ می توانند یک نوترون جذب کنند تا ایزوتوپ رادیواکتیو اورانیوم-۲۳۹ تولید شود. اورانیوم-۲۳۹ توسط نشر بتا به نپتونیم-۲۳۹ فروپاشی می شود، پلوتونیوم-۲۳۹ در اولین انفجار بمب اتمی در آزمایش ترینییتی در ۱۵ ژوئیه ۱۹۴۵ در نیومکزیکو به عنوان ماده شکافت پذیر مورد استفاده قرار گرفت.

اصلی ترین کاربرد غیرنظامی اورانیوم در بخش غیرنظامی به عنوان سوخت نیروگاه های انرژی هسته ای می باشد. یک کیلوگرم اورانیوم ۲۳۵ به لحاظ تئوری می تواند حدود ۲۰ تراژول انرژی تولید کند، با فرض شکافت کامل؛ انرژی آن برابر با انرژی یک و نیم میلیون کیلوگرم زغال سنگ و ۳۳۳۳ بشکه نفت است. نیروگاه های تجاری انرژی هسته ای از سوختی استفاده می کنند که معمولاً تا حدود ۳٪ اورانیوم-۲۳۵ غنی شده است

اثرهای پرتوشناختی معمولاً محلی هستند زیرا تابش آلفا، که شکل اصلی تجزیه اورانیوم ۲۳۸ است، برد بسیار کوتاهی دارد و قادر به نفوذ در پوست نیست. کاربرد انرژی در بخش های مختلف به گونه ای است که اگر کشوری فناوری هسته ای را نهادینه نماید، در بسیاری از حوزه های علمی و صنعتی، ارتقاء پیدا می کند و مسیر توسعه را با سرعت طی می نماید

منابع:

۱-دروس عمومی حفاظت در برابر اشعه (کتاب ۱) نوشته مهدی غیائی نژاد و مهران کاتوزی

۲-دروس تخصصی حفاظت در برابر اشعه (کتاب ۳) نوشته مهدی غیائی نژاد و مهران کاتوزی

۳-طرح ملی مدیریت شرایط اضطراری پرتوی مصوبه شماره ۸۰۲ مورخ ۱۹/۰۶/۱۴۰۱ شورای عالی امنیت ملی

۴-الزامات عملیات امداد، جستجو و نجات در حوادث پرتوی-سازمان پدافند غیر عامل کشور

تهیه کننده: مریم سروش زاده کارشناس معاونت بهداشت