



## نقش فرماندهی و کنترل در دفاع اتمی با رویکرد پدافند غیر عامل پرتویی

دکتر امیرحسین کشاورز<sup>۱</sup>

۱- دانشگاه علوم تحقیقات تهران، حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه جامع علمی کاربردی

### چکیده

پیش از سال ۱۸۹۶ که پدیده رادیواکتیو کشف شد تمام منابع تولید پرتوهای رادیواکتیو طبیعی بودند سال ۱۹۳۴ اولین مواد پرتوزای مصنوعی جهت مصارف تحقیقاتی ساخته شدند. و در جنگ جهانی دوم بصورت بمب هسته ای مورد استفاده قرار گرفتند. جدا از خطر انفجار هسته ای، خطر نشت یا حوادث نیروگاه های هسته ای نیز وجود دارد. انفجار اتمی هیروشیما و ناکازاکی در ۱۹۴۵ حادثه نیروگاه ویندسکال انگلستان در ۱۹۵۱ با وسعت آلودگی  $500 \text{ km}^2$  حادثه هسته ای تری مایل آیلند مریکا در ۱۹۷۹ حادثه نیروگاه هسته ای چرنوبیل روسیه در ۱۹۸۶ با ۶۷۰۰۰۰ نفر آلوده و تعداد زیادی کشته از این دست است. تقریباً ۹۰ ثانیه پس از انفجار اتمی، بیشترین خطرات که ناشی از تشعشع حرارتی و احتمال ریزش اجسام سنگین است، تمام می شود و تا شروع بارش اتمی می توانید به مأموریت خود ادامه دهید. ۵۰٪ انرژی، به موج انفجار که بسیار شدید تر از موج انفجار دیگر مواد منفجره است، تبدیل می شود و بیشترین تاثیر را بر روی ساختمان ها و تأسیسات می گذارد. ۳۵٪ انرژی به تشعشعات حرارتی تبدیل شده که هر چیزی را از انسان گرفته تا دیگر تأسیسات تبخیر می کند. ۱۵٪ انرژی باقیمانده به تشعشعات هسته ای تبدیل می شود که در صورت برخورد به بدن، سلول ها را تخریب و موجب ایجاد بیماری های شدید می شود. کمبود آگاهی های عمومی موجب می شود که برخی نکات ایمنی و پیش بینی های لازم در این مواقع رعایت نشود. در این مقاله اقدامات ضروری مقابله با تهدیدات هسته ای در سه مرحله: لحظه انفجار، بعد از انفجار و مرحله کاهش آلودگی و خروج از منطقه آلوده بیان و راهکار مناسب تشریح می شود

**واژه های کلیدی:** انفجار هسته ای- دفاع اتمی- رادیواکتیو- تشعشعات هسته ای- پدافند پرتویی

### مقدمه

پدیده رادیواکتیو در سال ۱۸۹۶ توسط «هنری بکرل» کشف شد. تا قبل از آن تمام منابع تولید پرتوهای رادیواکتیو طبیعی بودند (مثل پرتوهای کیهانی و سنگهای رادیواکتیو ضعیف و...) در سال ۱۹۳۴ اولین مواد پرتوزای مصنوعی جهت مصارف تحقیقاتی ساخته شدند، ولی متأسفانه سران کشورهای قدرتمند از این پدیده عظیم استفاده بسیار نابخجایی کردند. آلمان هادر آغاز جنگ دوم جهانی برای تولید بمب اتمی تلاش می کردند. متفقین و بخصوص انگلیسی ها متوجه این منظور شدند و مخازن آب سنگین ( $D_2O$ )

که به عنوان کند کننده (Moderator) نوترون در رآکتور هسته ای مصرف دارد را در سوئد و نروژ نابود کردند و مانع دستیابی آلمانیها به بمب اتمی شدند. آمریکایی ها بالاخره در سال ۱۹۴۵ در مرکز محرمانه «لوس آلاموس» موفق به ساخت بمب اتمی شدند و به تبع آن انگلیسی ها، فرانسوی ها و چندی بعد چینی ها و هندی ها، پاکستانی ها و اسرائیلی ها

هم به این سلاح خطرناک دست یافتند. آمریکا در سال ۱۹۴۵ با یک بمب اورانیومی (به نام پسر بد (bad boy)) با قدرت ۱۲/۵ تن T.N.T به هیروشیما حمله

کرد که ۱۵۰۰۰۰ نفر را کشت و سه روز بعد بایک بمب پلوتونیومی (به نام مرد چاق (Fat Man)) با قدرت ۲۵ تن T.N.T به ناکازاکی حمله کرد که تلفات آن ۷۵۰۰۰ نفر بودند. جدا از خطر انفجار بمبهای اتمی، خطر نشت یا انفجار نیروگاه های هسته ای نیز وجود دارد. بطور مثال: حادثه نیروگاه اتمی «ویندسکال» انگلستان در ۱۹۵۱ با وسعت آلودگی ۵۰۰ کیلومتر مربع با تعدادی بیمار و کشته و حادثه نیروگاه هسته ای «تری مایل آیلند» آمریکا در ۱۹۷۹ با وسعت آلودگی چند صد کیلومتر مربع که هیچ گاه اسرار و آمار تلفات آن را فاش نکردند. حادثه نیروگاه هسته ای «چرنوبیل» روسیه در ۱۹۸۶ که حدود ۶۷۰۰۰۰ نفر را آلوده و بیمار کرد و تعداد زیادی از آنان را کشت. کمبود آگاهی های عمومی در این زمینه موجب می شود که برخی نکات ایمنی و پیش بینی های لازم رعایت نشود. علاوه بر این، به دلیل عدم شناخت کافی از روشهای دفاع و ایمنی در بین مردم ترس و نگرانی اغراق آمیزی به وجود می آید.

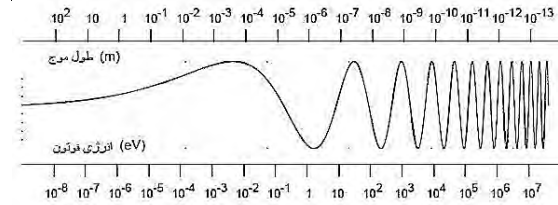
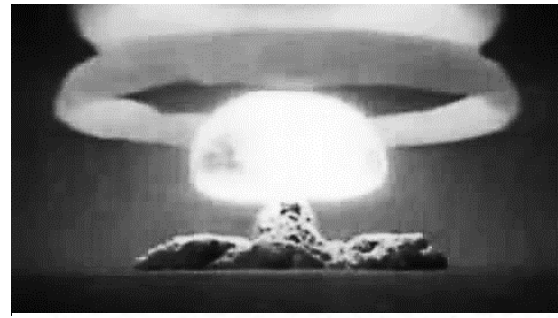
### انفجار هسته ای

یک انفجار اتمی عوارض و اثراتی را با خود به همراه خواهد داشت این اثرات که بسیار مخرب بوده و امنیت و سلامت جوامع شهری و غیر شهری را بر هم می زنند در برگیرنده جزئیات ذیل هستند:

#### ۱ - نور سفید خیره کننده:

اولین عارضه پیش آمده از انفجار اتمی نور سفید خیره کننده ای است که همه جا را روشن می کند (چیزی شبیه به نور رعد و برق، ولی چندین برابر قوی تر) این نور از تمام پرتوهای مرئی و نامرئی تشکیل شده که موقع نگاه کردن به آن سریعاً افراد را نابینا می کند. دسته بندی طیف امواج الکترومغناطیسی ساطع شده از انفجار اتمی در شکل ۱ به نمایش گذاشته شده است.

$\beta$ بتامثبت	+1	پایدار
n نوترون	0	۱۲ دقیقه
P پروتون	+1	پایدار
D دوترون	+1	پایدار
T تریتیوم	+1	ناپایدار
$\nu$ نوترینو	بدون بار	
X ایکس	0	پایدار
$\gamma$ گاما	0	پایدار
پاره های شکافت $f_1$	+20	پایداری ناپایدار ( $-\beta$ ) باشد
پاره های شکافت $f_2$	+22	پایداری ناپایدار ( $-\beta$ ) باشد



شکل ۱- طیف امواج الکترومغناطیسی ساطع شده از انفجار اتمی

## ۲ - گرمای فوق العاده زیاد :

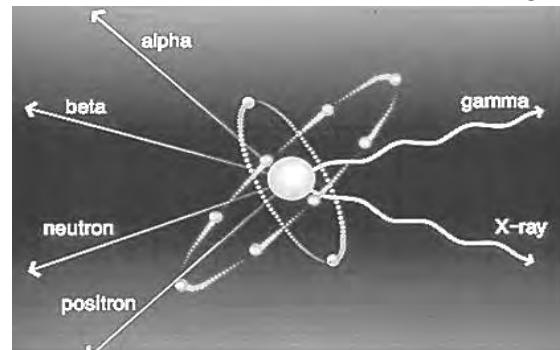
یک بمب اتمی معمولی می تواند در موقع انفجار چندین میلیون درجه گرما ایجاد کند (چند برابر گرمای خورشید) این گرمای فوق العاده زیاد می تواند همه چیز را به خاکستر سفید تبدیل کند ، تمام اشیاء را سوزانده و تمام فلزات را ذوب می کند و تا مسافت چند کیلومتر دورتر در انسان ایجاد سوختگی های بسیار شدید می کند .

## ۳ - موج انفجار فوق العاده قوی :

این موج بصورت یک طوفان بسیار بسیار قوی با سرعتی معادل 3400 حرکت کرده که فشار هوای آن به چند صد اتمسفر می رسد . این موج انفجار طوفانی، همه اشیاء و اجسام را تا مسافت چند کیلومتر به هوا پرتاب می کند .

## ۴ - تشعشعات رادیواکتیو :

این تشعشعات فوق العاده خطرناک و مرگ آور ، به محض ایجاد انفجار در همه جهات پخش شده و تا مدتهای طولانی در محیط باقی می ماند و در همه چیز ذخیره می شوند ، خاک و هوا را آلوده کرده و یا وارد بدن موجودات زنده از جمله انسانها شده و باعث بروز بیماریهای مرگ آور یا سرطانهای مختلف می شود. شکل ۲ و جدول ۱ انواع تشعشعات هسته ای را نمایش کشیده است.



شکل ۲- انواع تشعشعات هسته ای

جدول ۱- انواع تشعشعات هسته ای

ذره	بار الکتریکی (e)	نیمه عمر
$\alpha$ آلفا	+2	پایدار
$-\beta$ بتا منفی	-1	پایدار

## ۵ - باران اتمی :

چنانچه در هنگام انفجار اتمی ، منطقه ابری باشد ، تشعشعات رادیواکتیو درون ابرها ذخیره می شوند و اگر این ابر در سرزمین دیگری بارد، تمام قطرات آب باران حاوی رادیواکتیو بوده و آن مکان را هم آلوده می کند . بارش محلی در ۲۴ ساعت اول و توسط باد انتشار می یابد. بارش حد واسطه در طول چند هفته در مدار جغرافیایی محل انفجار و بارش فراگیر در تمام کره زمین پخش می شود. این نوع بارش مدتهای طولانی باقی مانده و اثرات مخرب آن، بصورت آلودگی داخلی اتفاق می افتد.

## ۶ - خاکستر اتمی :

تمام ذرات گرد و خاکی که بعد از انفجار اتمی به هوا می رود و یا روی زمین می نشینند حاوی مقادیر زیادی رادیواکتیو می باشند ؛ که اگر این ذرات گرد و غبار روی هر شی یا جاندارى بنشینند آنها را آلوده می کند و باعث بروز بیماریهای متعدد در انسان و حیوانات و گیاهان می شود .

## ۷ - زمستان اتمی :

خاکسترها و ذرات گرد و غبار ایجاد شده از انفجارات ، درهواپراکنده شده و نور خورشید را به خارج از جو زمین منعکس می کنند، بطوریکه تقریباً وضعیت تاریکی برقرار خواهد شد و در نتیجه کره زمین سرد می شود . اولین تأثیر زمستان اتمی بر روی گیاهان و کشاورزی خواهد بود و بعد از آن مرگ سریع پرندگان و افزایش بیش از حد حشرات است.

## گسترش یک انفجار هسته ای

وقتی یک سلاح اتمی معادل ۲۰ هزار تن ماده منفجره T.N.T در هوا منفجر شود ، مراحل گسترش انفجار به صورت زیر است ؛ ( لازم به ذکر است در حال حاضر بمب های اتمی موجود تا ۱۵۰ میلیون تن T.N.T یا بیشتر قدرت دارند .

در لحظه انفجار که جرم بحرانی (Critical mass) فرا می رسد ناگهان درجه حرارت به چند میلیون درجه می رسد و تشعشعات رادیو اکتیو ساطع می شوند . پس از چند میکرو ثانیه گوی آتشی تشکیل می شود که شدیدتر از خورشید است و نور آن تا فاصله 100 km قابل رؤیت

علامه مشخصه	-	کمبود گلبولهای سفید	کمبود گلبولهای سفید	کمیود گلبولهای سفید خونریزی زیر پوست ، خونریزی	اسهال تب	تشنج لرز بیجالی
درمان	اطمینان ن	اطمینان	انتقال خون ، آنتی بیوتیک ها	پیوند احتمالی مغز استخوان	اثرمسکن	
دوران نقاهت	هیچ	چند هفته	۱ الی ۱۲ ماه	طولانی	-	
مرگ	هیچ	هیچ	۰ تا ۸۰٪	۸۰٪ تا ۹۰٪	۱۰۰٪	۹۰٪ تا ۱۰۰٪
زمان مرگ	-	-	۲ ماه	۲ ماه	-	
علت مرگ	-	-	خونریزی عفونت	خونریزی عفونت	از کار افتادن دستگاه گردش خون	

### مقابله با انفجارات هسته ای

در لحظه انفجار هسته ای با توجه به مخاطرات بوجود آمده باید راهکارهای مناسبی را در نظر داشت و برای آنها اقدام مناسب را تدارک دید. این اقدامات در سه مرحله لحظه انفجار، بعد از انفجار، و بعد از کم شدن آلودگی یا خارج شدن از منطقه آلوده تقسیم بندی می شوند

### اقدامات ضروری در لحظه انفجار اتمی

چشم در برابر پرتو گاما حساس نیست، اما در برابر نوترون حساس است و تعداد  $3 \times 10^9$  آن باعث آب مروارید می شود، از اینرو در لحظه انفجار اتمی هرگز نباید به محل انفجار و نور سفید آن نگاه نکنید چون شبکیه را می سوزاند، چشمانتان را بسته و بازوان خود را جلوی آنها بگیرید. جان پناه یا حفاظ وقتی مؤثر و با ارزش است که در یک یا دو قدمی شما باشد البته دوییدن به سمت آن اصلاً منطقی نیست، پس خیلی سریع پشت به محل انفجار روی زمین بخوابید و به زمین بچسبید و گرنه همراه موج انفجار به هوا پرتاب شده و در کمتر از یک ثانیه خواهید سوخت.

پشت تپه ها، پشت دیوارها، داخل شیارها، کنار جدولها، داخل جویها و گودالها، زیر پل ها و یا داخل تونلها، پشت کیوسک ها و اتاقک ها... محل های مناسبی جهت پناه گرفتن موقت می باشند، زیرا بخش اعظمی از موج گرما و تشعشع را بخود می گیرند. حتی یک میز یا صندلی یا یک تکه چوب یا لباس یا چند کتاب و... می تواند مقداری از اثرات گرما و تشعشع اولیه را کم کند. هر چه محل پناه گرفتن شما از سطح زمین پائین تر باشد ایمن تر است. چند لحظه در همین وضعیت باقی بمانید تا موج انفجار و تشعشعات گرمایی عبور کنند، بعد سریعاً بلند شده و خیلی زود آنجا را ترک کنید.

### مقابله بعد از انفجار هسته ای

بعد از انفجار هسته ای دقت کنید که تمام محیط و اشیاء اطراف شما آلوده به رادیواکتیو هستند پس هیچ وسیله ای را با خود از محل بیرون نیاورید، زیرا موجب گسترش آلودگی در مناطق دیگر می شوید (این مطلب را به

است. فشار هوای اطراف آن به 500000 atm می رسد، تشعشعات حرارتی نیز خیلی شدیدتر است. در ثانیه های اول وقتی از دور نظاره کنیم ظاهراً انفجار در سکوت مطلق توسعه می یابد، زیرا صدای انفجار کمی دیرتر شنیده می شود. پس از چند صدم ثانیه قطر گوی آتشین به ۲۰۰ متر و درجه حرارت به ۵ الی ۷ هزار درجه سانتی گراد خواهد رسید. پس از ۲۰ الی ۳۰ ثانیه گوی آتشین ۳۰۰ متر قطر پیدا کرده و امواج ضربه ای انفجار، تشکیل می شوند. بعد از ۵ الی ۶ دقیقه پس از بالا رفتن و سرد شدن، گوی، شکل ابر فارچی به خود می گیرد که قطر آن حدود ۲ تا ۳ کیلومتر و قطر ستون آن ۳۰۰ الی ۵۰۰ متر است و ارتفاع آن به ۱۲ کیلومتر می رسد. بالاخره باد و جریانهای ناشی از انفجار ابر را پراکنده کرده و در هوا نفوذ می کند به نقل از کتاب صدای انسان، خاطرات دکتر ناگای ساکن ناکازاکی که وی در مواجه شدن با ابر فارچی گفته بود: زخم بصورت مشت استخوان سوخته سفید درآمده بود که در ویرانه های خانه ام همه را جمع کردم همه آنها روی هم به اندازه یک بسته کوچک پستی وزن نداشت. دکتر ناگای نیز چند روز بعد از نوشتن این مطالب در اثر عوارض تشعشعات رادیواکتیو در گذشت ابر فارچی تشکیل شده در منطقه ناکازاکی را در شکل ۳ مشاهده می کنید.



شکل ۳- قارچ اتمی بمباران ناگاساکی ژاپن در ۱۹۴۵ حدود ۱۸ کیلومتر به هوا فوران کرد. (مرد چاق-پلوتونیومی)

### علائم بیماری پرتو

اشعه رادیواکتیو چیزی نیست که قابل دیدن باشد و یا بویی ندارد که آنرا حس کنید و یا علائم خاصی که سریعاً متوجه آن شوید، فقط بعد از مدتی علائم آن در موجودات زنده آشکار می شود. در انسان نیز پس از مدتی سرطانهای مختلفی مثل سرطان پوست، خون، ریه، نای، معده، روده و... آشکار می شود. بطور مثال: چنانچه میزان دریافت پرتوهای رادیواکتیو به بدن کم باشد (بین ۱۰۰ الی ۲۰۰ رونتگن (Roentgen)) فرد در هفته های دوم و سوم دچار آب مروارید چشم، ریزش مو، کم اشتها، کوفتگی عمومی، گلودرد، عدم علاقه به کار، رنگ پریدگی، خونریزی زیرپوستی، اسهال، لاغری و رشد سریع بیماریهای عفونی می گردد. جدول ۲ بیماری های حاصل از مواجه با پرتو برحسب میزان دوز را ارائه می دهد.

جدول ۲- اثرات دوزهای تابش حاد بر تمام بدن انسان

دوز (rem)	۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۵۰۰۰
استفراغ	هیچ	۵٪ تا ۵۰٪	۱۰۰٪ در ۳۰۰ رم	۱۰۰٪	۱۰۰٪
دوره زمان	هیچ	۳ ساعت	۲ ساعت	۱ ساعت	۳۰ دقیقه

شکل ۴- برچسب پکیج های حاوی منابع هسته ای خطرناک

#### مقابله بعد از کاهش آلودگی یا خروج از منطقه آلوده (Contaminated area)

بعد از کم شدن آلودگی یا خارج شدن از منطقه آلوده کلیه لباسها را با احتیاط بیرون آورده و درون یک کیسه پلاستیکی ریخته و سر آنرا ببندید. مواد آلوده را نسوزانید زیرا این کار فقط مواد رادیواکتیو را بوسیله آئروسول (Aerosol) (دود و خاکستر) در محیط پخش خواهد کرد. مواد آلوده به رادیواکتیو را دفن نکنید، زیرا ممکن است در محلی کاملاً ناصحیح دفن شده و در اثر این خطا اشخاصی را آلوده کنید (مواد دفن شده حتی بر روی گیاهان، حشرات و حیوانات هم اثر بسیار خطرناکی دارد). کلیه قسمتهای بدن بخصوص قسمتهای مودار بدن را رفع آلودگی (Decontamination) نموده و بهتر آن است که موها را کوتاه کنید و آنها را درون ظروف سر بسته بریزید. آبی که با آن خود را رفع آلودگی نموده اید را نباید در معرض تماس با موجودات زنده قرار دهید، حتی گیاهان و حیوانات را با این کار آلوده می کنید. شکل ۵ نحوه رفع آلودگی نیروهای امدادی و مردم را به تصویر کشیده است.



شکل ۵- نحوه رفع آلودگی نیروهای امدادی و مردم

پرتوهای رادیواکتیو می توانند از طریق آب آلوده وارد بدن ماهی ها و از طریق علوفه آلوده وارد گوشت دامها و بخصوص شیر آنها شده و پس از بیمار کردن آنها موجب بروز اختلالات خطرناک در انسانی که از این مواد غذایی مصرف می کند شود. ممانعت از چرای دام ها در مراتع آلوده و تغذیه آنها با علوفه و خوراک سالم به مدت حداقل دو تا سه هفته قبل از کشتار بسیار ضروری است. می توان با کمک متخصصین به غذای دام ها موادی با ایزوتوپهای مقاوم اضافه کرد تا از میزان جذب رادیواکتیو بدن و شیر دامها کاسته شود. سبزیجات بخش اعظم مواد رادیواکتیو محیط را جذب می کنند و با مصرف آن توسط دامها و یا حتی انسانها این مواد خطرناک وارد بدن انسانها می شود. بعد از انفجار نیروگاه اتمی چرنوبیل روسیه مردم شمال اروپا تا مدتها شیر و سبزی های خود را مصرف نمی کردند و بعد از حادثه نیروگاه ویندیسکال انگلستان مردم دهکده های اطراف، حدود دو میلیون لیتر شیر گرفته شده از حیوانات خود را به دریا ریختند. اولین باران ها بعد از انفجار اتمی یا نشت رادیواکتیو از نیروگاه ها، خطرناک است حتی از یک قطره آن هم دوری کنید. از قرصهای ید پایدار استفاده کنید، زیرا از جذب رادیواکتیو "در غده تیروئید و در نتیجه پرتوگیری داخلی جلوگیری می کند. یکی از راههای مناسب جمع آوری ذرات گرد و غبار از روی لباس و اشیاء استفاده از جاروی برقی با کیسه های

دیگران نیز یادآوری کنید). حتی ذرات گرد و غبار روی لباسها و بدن شما هم کاملاً آلوده هستند (خاکستر اتمی)، پس لباس خود را تکان ندهید و هنگامیکه آنها را تعویض می کنید کاملاً مواظب باشید که وارد دهان یا مجاری تنفسی شما یا دیگران نشود. هیچگونه آشامیدنی و یا خوراکی را تا خارج شدن از منطقه و کم شدن آلودگی محل مصرف نکنید. این مواد به راحتی ذرات پرتودار را به درون بدن برده و شما را بیمار می کنند. از تمام قسمتهای باز بدن خود کاملاً محافظت کنید زیرا تا مدتها در معرض تابش پرتوهای مرگ آور هسته ای آلفا  $\alpha$ ، بتا  $\beta$ ، گاما  $\gamma$ ، پروتون و نوترون و .. هستید، حتی یک کلاه و یا دستمال و لباس اضافی نیز بسیار مؤثر است از زخمها و یا سوختگی های خود شدیداً مراقبت کنید و روی آنها را سریعاً بپوشانید، زیرا یکی از راههای سریع انتقال پرتوهای رادیواکتیو به بدن و بروز آلودگی داخلی (Internal Contamination) هستند. برای جلوگیری از استنشاق خاکهای آلوده به رادیواکتیو در صورت موجود بودن حتماً ماسک گذاری کنید و در غیر اینصورت از دستمال یا پارچه خشک جلوی دهان و بینی استفاده کنید. دست به چشمان خود نمالید و در اسرع وقت با مقداری آب سالم چشم ها و دهان و بینی خود را بشوئید و با پارچه های تمیز خشک کنید، این کار کمک مؤثری به از بین بردن پرتوگیری داخلی بدن شما می کند. درون منطقه آلوده لباسهای خود را بیرون نیاورید زیرا با این کار جذب پرتو ها را به بدن خود سریعتر می کنید. پوشیدن لباسهای کاملاً سفید بسیار مؤثر و مفید است، زیرا بخش اعظمی از پرتوهای رادیواکتیو را منعکس می کنند.

[ به نقل از کتاب صدای انسان، خاطرات دکتر ناگای، ناکازاکی: بخش تیره کیمونوی زنان هیروشیما کاملاً سوخته و مانند فلزی داغ روی بدن آنها نقش بسته است، ولی با کمال تعجب قسمتهای سفید لباس آنها و پوست زیر آن سالم مانده است. نگارنده چند روز بعد از نوشتن این مطالب در اثر عوارض تشعشعات رادیو اکتیو در گذشت ]

بهترین مکان ماندن، محلی سقف دار است که شما را از ریزش خاکسترهای اتمی و تشعشعات رادیواکتیو حفظ کند، حتی یک تکه پارچه برزنتی سفید و یا یک چتر سفید یا یک ملحفه شما را از آلوده شدن به خاکسترهای اتمی حفظ می کند. هیچگاه به محل انفجار نزدیک نشوید و هر چه می توانید از آن محل دور شوید، زیرا مقدار دوز (dose) اشعه دریافتی بدن شما کمتر می شود. به تابلوها و علائم مخصوص منطقه آلوده توجه کرده و در این مکانها حتی برای مدت کوتاهی هم توقف نکنید. به توصیه ها و دستورات رادیو و یا گروههای تخصصی کاملاً گوش فرا دهید، زیرا آنها از مناطقی که تحت تأثیر بارش اتمی و یا خطرات احتمالی دیگر قرار دارند خبر داده و روشهای مناسب را آموزش می دهند. در شکل ۴ برچسب های درجه خطر پکیج های هسته ای را مشاهده می کنید.



استخوان	$3 \times 10^{-11}$	$4 \times 10^{-7}$	0.1	$^{226}\text{Ra}$
استخوان	$3 \times 10^{-10}$	$4 \times 10^{-6}$	1.0	$^{10}\text{Sr}$
استخوان	$2 \times 10^{-12}$	$10^{-4}$	0.04	$^{239}\text{Pu}$
تیروئید	$9 \times 10^{-9}$	$6 \times 10^{-5}$	0.3	$^{131}\text{I}$
کلیه	$7 \times 10^{-11}$	$5 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-3}$	U*
*مسمومیت شیمیایی خطر مربوط به پروتوزایی را تحت الشعاع قرار می دهد.				

جدول ۴- فاکتور وزنی پرتوها

جدول ۵- ضریب حساسیت یا جذب بافت ها

### تقسیم بندی منطقه انرژی سلاحهای اتمی

بر اثر یک انفجار اتمی، انرژی حاصل از انفجار به ۳ قسمت تقسیم می شود:

۱ - ۵۰٪ انرژی آن به موج انفجار که بسیار شدید تر از موج انفجار دیگر مواد منفجره است، تبدیل می شود و بیشترین تاثیر را بر روی ساختمانها و تأسیسات می گذارد.

۲ - ۳۵٪ انرژی به تشعشعات حرارتی تبدیل شده که اثرات مرگبار خود را روی تمامی موجودات زنده می گذارد.

۳ - ۱۵٪ انرژی باقیمانده ی این بمب ها به تشعشعات هسته ای تبدیل می گردد. در صورت اصابت این تشعشعات به بدن، سلولهای بدن تخریب شده و موجب ایجاد بیماری در بدن می شود

در ضمن حفاظت بدن در برابر این تشعشعات بسیار دشوار است. در بمبهای جدید هسته ای برای اینکه از اتلاف انرژی که بمب صرف کردن گودال می کند جلوگیری شود، سیستمی بکار برده شده که بمب پیش از رسیدن به زمین منفجر شود.

### تابش رادیواکتیو و هسته ای

پس از یک انفجار هسته ای، نسبت کمی از کل انرژی های آزاد شده بصورت پرتو های یونساز ظاهر می کنند ( البته این موضوع در مورد بمبهای نوترونی که تقریباً ۸۰٪ از انرژی خود را به صورت تابش رادیواکتیو آزاد می کنند، استثناء است).

در اثر انفجار، مقادیر زیادی از پرتوهای گاما، ذرات آلفا، بتا، نوترون و پوزیترون به اطراف انتشار می یابد. ذرات آلفا سنگین بوده، برد محدودی دارند بنابراین، یک ورق کاغذ یا پوست انسان برای توقف آنها کافی است و هیچ خطری در پی ندارد؛ ولی بلعیدن یا استنشاق آنها سبب ورود ذرات مولد تشعشع آلفا به بدن و ایجاد یک خطر بالقوه برای ایجاد سرطان خواهد شد.

پرتوهای بتا، قابلیت نفوذ بیشتری دارد و به پوشش محافظ مناسب جهت کاهش اثرات آن نیاز است. جدول ۶ میزان برد انواع پرتو ها در آب و هوا و جدول ۷ انواع بر هم کنش نوترون با ماده در بازه های مختلف انرژی را نشان می دهد .

نام پرتو	فاکتور وزنی (Wr)
X اشعه ایکس یا گاما	۱
بتا $\beta$	۱
N نوترون کند شده	۲-۵
N نوترون سریع	۵-۱۰
نوع بافت	ضریب حساسیت/جذب
یون های سنگین بیضه ها	0/25
پستان	0/15
مغز استخوان	0/12
ریه	0/12
تیروئید	0/3
بافت های دیگر	0/3

یکبار مصرف می باشد که بایستی با دقت این کار را انجام دهیم. استفاده از پمادهای ضد تشعشع نیز جهت جلوگیری از جذب پرتوهای خطرناک بسیار مفید می باشد  
دو راه کلی برای ورود پرتوهای رادیواکتیو به بدن وجود دارد:  
الف : پرتوگیری خارجی (External Exposure) از طریق پوست  
ب : پرتوگیری داخلی (Internal Contamination) از طریق تنفس هوا و یا مصرف آب و غذای پرتودار

### فاکتور وزنی پرتوها (Weight Factor)

با توجه به ماهیت و نوع تشعشع و میزان آلودگی ناشی از آن ، میزان اثر تابش روی بافت های مختلف بدن متفاوت است فلذا یک ضریب یا فاکتور وزنی برای هر نوع اشعه تعریف می شود که در واقع شدت اثر اشعه روی هر موضع است. همچنین هر بافت بدن در برابر تشعشع تاثیر پذیری خاصی را داراست برای مثال تاثیر آلفا در بدن خیلی خطرناک است (۱۰۰ برابر گاما و اشعه X) زیرا دو یون مثبت دارد و حجم هسته آن نیز بسیار بزرگ است که در ورود به بدن آنها را به سلولها داده و خود خنثی می شود، پرتوگیری هیچ گونه احساس جسمانی ندارد ( بجز در شدت های زیاد) محل تجمع برخی مواد رادیواکتیو وارد شده به بدن به صورت زیر بیان شده است :

۱ - پلوتونیوم Pu - استرانسیوم Sr - رادیوم Ra در استخوان

تجمع می کنند ( پلوتونیوم شدیداً سمی است)

۲ - اورانیوم U در کلیه ها تجمع می کند و سمی نیز می باشد

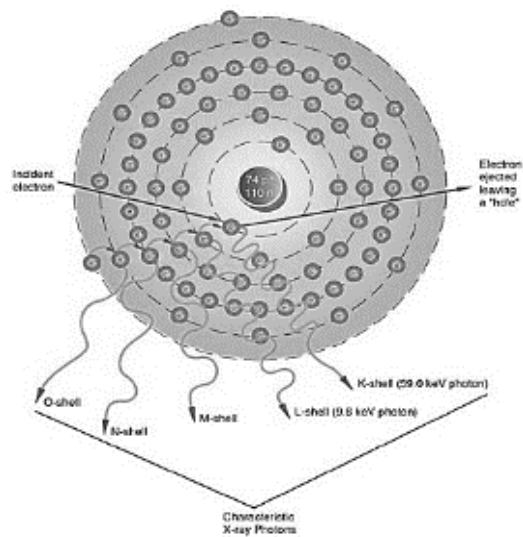
۳ - تریتیوم T ( آب سنگین رادیواکتیو ) در سراسر بدن پخش می شود.

۴ - ید رادیواکتیو در تیروئید تجمع می کند

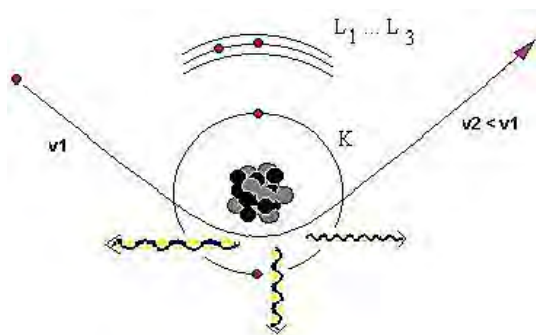
جدول ۳ راهنمای تراکم پرتوزایی و جداول ۴ و ۵ برتریب فاکتور وزنی و ضریب حساسیت یا جذب پرتو توسط بافت ها را نشان می دهند .

جدول ۳- راهنماهای تراکم پرتوزایی

عنصر	ماکزیم تراکم در بدن	RCG در آب	RCG در هوا	عنصر بحرانی
	$\mu\text{C}$	$\mu\text{C}/\text{cm}^3$	$\mu\text{C}/\text{cm}^3$	



شکل ۶- گذار یک الکترون از مدار بالاتر به پایین و ایجاد پرتو X مشخصه



Production of Bremsstrahlung

شکل ۷- ترمز ناگهانی الکترونیهای پرسرعت در هنگام عبور از کنار یک هسته سنگین و ایجاد اشعه X.

۳ - پرتو گاما (در رادیوتراپی و راکتورها و بمب اتم):

برای حفاظت در برابر این پرتو راههای زیر پیشنهاد می شود:

الف : استفاده از شیلد و محافظ های سربی (کیسه های دانه سربی)

ب : فاصله گرفتن از منبع تشعشع که میزان تشعشع به نسبت عکس مجذور فاصله از منبع کم می شود.

پ : با گذشت زمان نیز از شدت تشعشع کاسته می شود. شکل ۸ برد و بازه زمانی پرتوهای مختلف را در نموداری نشان داده است شکل ۹ برد حفاظت از پرتو های مختلف را نمایش داده است.

جدول ۶- میزان برد انواع پرتو ها در هوا و در آب

تشفشع	بار	دامنه انرژی	برد متوسط در هوا	برد در آب
$\alpha$	+2	3-9mev	3-9cm	25-45 $\mu$ m
$\beta^-$	-1	0-3mev	0-10m	0-1mm
$\beta^+$	+1	0-3mev	0-10m	0-1mm
N	0	0-10mev	1-100m	0-1m
$\chi$	0	10-200kev	1cm-20m	1mm-1m
$\gamma$	0	1kev-10mev	1cm-100m	1mm-10cm

جدول ۷- انواع برهم کنش های نوترون با ماده در بازه های مختلف انرژی

نوترون	بازه انرژی	برهم کنش
پرتو انرژی	$E > 10$ mev	کشسان
سریع	100 kev---10 mev	کشسان
متوسط	100 ev---10 kev	-----
کند	تقریبا 1 kev	جذب
حرارتی	0.025 ev	جذب
فوق حرارتی	تقریبا 1ev	-----

پرتوهای مختلف هسته ای دلیل ماهیت خود دارای راههای ممانعت از نفوذ خاص خود هستند. چند نمونه از ساده ترین راه های جلوگیری از نفوذ تشعشعات در زیر بیان شده است :

۱ - پرتو آلفا :

ساده ترین راه حفاظت با گرفتن یک ورق کاغذ جلو آن است. (برد پرتو آلفا حداکثر ۳-۹ سانتی متر است). لازم به ذکر است بیشترین خطر مربوط به این پرتو آلودگی داخلی آن است (۲۰ برابر خطرناک تر از پرتو گاما) که برای ممانعت از آن باید از ماسک یا سیستم های تنفسی استفاده کرده و نیز از استعمال مواد غذایی و آلوده به این پرتو به داخل بدن جلوگیری نمود.

۲ - پرتو بتا (از جنس الکترون سریع است):

ساده ترین راه حفاظت با گرفتن یک فویل (foil) آلومینیومی جلو منبع آن است. (برد پرتو بتا ۰-۱۰ متر است) برای مقابله با پرتو بتا هرگز نباید از محافظ های سربی استفاده کرد چراکه این عمل خود باعث ایجاد تشعشع X می شود شکل ۶ گذار یک الکترون از مدار بالاتر به پایین تر و ایجاد پرتو ایکس را نشان میدهد و شکل ۷ ترمز ناگهانی الکترون های پر سرعت در هنگام عبور از کنار یک هسته سنگین را به تصویر کشیده است .

استاندارد جدید (برای پرتوکاران)	۱ mrem میلی رم ۱۰ μSv میکروسیورت	۸ میلی رم
استاندارد جدید (برای عموم مردم)	۰.۱ mrem میلی رم ۱ μSv میکروسیورت	۰.۸ میلی رم

### تابش الکترومغناطیسی

پس از انفجار، یک موج قوی الکترومغناطیسی ایجاد می گردد که مدت کوتاهی وجود خواهد داشت. این موج، از نوع امواج رادیویی است و توسط تمامی آنتن ها، برق گیرها، خطوط تلفن، هواپیماها، تجهیزات الکترونیکی و مخابراتی و... جذب می شود. تمامی وسایل ارتباط جمعی، مخابرات، سیستمهای حمل و نقل، شبکه های رایانه و سیستمهای نظامی و اطلاع رسانی از کار می افتد. حتی مخاطرات پزشکی نیز وجود دارد؛ به این صورت که کلیه دستگاههای پزشکی که در آنها از وسایل الکترونیک استفاده شده است، مثل دستگاههای ونتیلاتور و مونیتورینگ، اتاقهای جراحی و مراقبتهای ویژه و نیز دستگاههای ضربان ساز از کار خواهد افتاد.

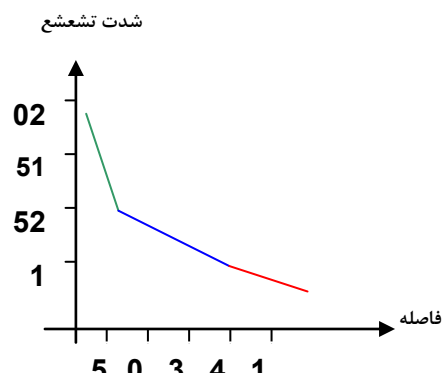
### نتیجه

یک انفجار اتمی نشانه ها، عوارض و اثراتی را با خود به همراه خواهد داشت این اثرات که بسیار مخرب بوده و امنیت و سلامت جوامع شهری و غیر شهری را بر هم می زند در برگیرنده جزئیات ذیل هستند:

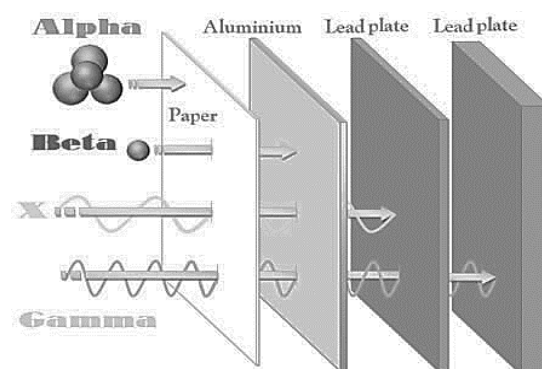
1. نور سفید خیره کننده
2. گرمای فوق العاده زیاد
3. موج انفجار فوق العاده قوی
4. تشعشعات رادیواکتیو
5. باران اتمی
6. خاکستر اتمی
7. زمستان اتمی

مراحل گسترش انفجار بدین صورت است: در لحظه انفجار که جرم بحرانی فرا می رسد ناگهان درجه حرارت به چند میلیون درجه می رسد و تشعشعات رادیواکتیو ساطع می شوند. پس از چند میکرو ثانیه گوی آتشی تشکیل می شود که شدیدتر از خورشید است و نور آن تا فاصله 100km قابل رؤیت است. فشار هوای اطراف آن به 500000 atm می رسد، تشعشعات حرارتی نیز خیلی شدیدتر است. در ثانیه های اول وقتی از دور نظاره کنیم ظاهراً انفجار در سکوت مطلق توسعه می یابد، زیرا صدای انفجار کمی دیرتر شنیده می شود. پس از چند صدم ثانیه قطر گوی آتشین به ۲۰۰ متر و درجه حرارت به ۵ الی ۷ هزار درجه سانتی گراد خواهد رسید. پس از ۲۰ الی ۳۰ ثانیه گوی آتشین ۳۰۰ متر قطر پیدا کرده و امواج ضربه ای انفجار، تشکیل می شوند. بعد از ۵ الی ۶ دقیقه پس از بالا رفتن و سرد شدن، گوی، شکل ابر قارچی به خود میگیرد که قطر آن حدود ۲ تا ۳ کیلومتر و قطر ستون آن ۳۰۰ الی ۵۰۰ متر است و ارتفاع آن به ۱۲ کیلومتر می رسد. بالاخره باد و جریانهای ناشی از انفجار ابر را پراکنده کرده و در هوا نفوذ می کند.

جدا از خطر انفجار بمب های اتمی، خطر نشت یا انفجار نیروگاه های هسته ای نیز وجود دارد. تقریباً پس از ۹۰ ثانیه بیشترین خطرات ناشی از تشعشع حرارتی و احتمال ریزش اجسام سنگین، تمام می شود و تا شروع



شکل ۸ - برد و حفاظ های چند پرتو با بازه های مختلف انرژی



شکل ۹ - برد و حفاظ های چند پرتو با بازه های مختلف انرژی

### محاسبه نرخ دوز (Dose Rate) دریافتی:

چنانچه یک فرد در محل حادثه هسته ای در فاصله ۲ متری از یک چشمه رادیواکتیو با شدت ۲۴۰ Gbq (گیگا بکرل) کار کند، این فرد می تواند یک ساعت در محل حادثه بماند و بیشتر از ۳۰ msv (میلی سیورت) پرتو دریافت نکند. جداول ۸ و ۹ بر ترتیب میزان دوز و مدت زمان مجاز حضور در منطقه را برای نیروهای امدادی، عموم مردم و پرتوکاران حرفه ای را نشان داده است.

$$\frac{Gbq}{2d^2} = \frac{240}{2 \times 2^2} = 30 \frac{Msv}{h} \quad (1)$$

جدول ۸ - استاندارد دوز و زمان مجاز حضور در منطقه آلوده

مقدار دوز دریافتی (توسط دوزیتر خوانده شده)	مدت زمان مجاز حضور در منطقه آلوده
+10 $\frac{msv}{hr}$	دقیقه ۱۵
+50 $\frac{msv}{hr}$	دقیقه ۵
+100 $\frac{msv}{hr}$	چنانچه قادر به حرکت در اطراف منطقه نیست خارج شود و بدون بررسی، در دفتر ثبت دوز دریافتی را بیشتر از +100 $\frac{msv}{hr}$ درج نماید

جدول ۹ - استاندارد دوز و زمان مجاز برای پرتوکاران و عموم مردم

در روز (Day)	در ساعت (Hour)	استاندارد و اپراتور
۲۰ میلی رم	۲.۵ mrem میلی رم ۲۵ μSv میکروسیورت	استاندارد قدیم (برای پرتوکاران)



۴. فولاد حفاظ مناسبی در برابر نوترون است
۵. مواد هیدروکربنی (به دلیل داشتن هیدروژن) جلو نوترون را می گیرند
۶. اسید بوریک جذب کننده شدید نوترون است (با 2000 ppm بوریک اسید می توان یک راکتور را فوراً خاموش کرد)

چشم در برابر پرتو گاما حساس نیست، اما در برابر نوترون حساس است و تعداد  $3 \times 10^9$  نوترون، باعث آب مروارید می شود، از اینرو در لحظه انفجار اتمی هرگز نباید به محل انفجار و نور سفید آن نگاه نکنید چون شبکیه را می سوزاند. چشماتنان را بسته و بازوان خود را جلوی آنها بگیرید.

بعد از انفجار هسته ای دقت کنید که تمام محیط و اشیاء اطراف شما آلوده به رادیواکتیو هستند پس هیچ وسیله ای را با خود از منطقه بیرون نیاورید، زیرا موجب گسترش آلودگی در مناطق دیگر می شوید.

از تمام قسمتهای باز بدن خود کاملاً محافظت کنید زیرا تا مدت‌ها در معرض تابش پرتوهای مرگ آور هسته ای آلفا  $\alpha$ ، بتا  $\beta$ ، گاما  $\gamma$ ، پروتون و نوترون و ... هستید، حتی یک کلاه و یا دستمال و لباس اضافی نیز بسیار مؤثر است.

از قرصهای ید پایدار استفاده کنید، زیرا از جذب ید رادیواکتیو در غده تیروئید و در نتیجه پرتوگیری داخلی جلوگیری می کند. لازم به یادآوری است که حفاظت کلی از بدن در برابر این تشعشعات بسیار دشوار است. در بمبهای جدید هسته ای برای اینکه از اتلاف انرژی که بمب صرف کندن گودال می کند جلوگیری شود، سیستمی بکار برده شده که بمب پیش از رسیدن به زمین منفجر شود.

#### مراجع

۱. کشاورز، امیرحسین، "امداد و نجات در بحران های رادیولوژیکی هسته ای"، چهارمین کنفرانس فرماندهی و کنترل ایران، دانشگاه صنعتی شریف، آبان و آذر ۱۳۸۹.
۲. کشاورز، امیرحسین، "دستورالعمل عملیات در حوادث رادیواکتیو"، جلد اول، ویرایش اول، تهران، مرکز نشر شهر، ۱۳۸۸.
۳. دکتر ناگای "صدای انسان"، خاطرات دکتر ناگای شاهد انفجار اتمی ۱۹۴۲ ساکن ناکازاکی
4. Herman Cember, PhD Professor Emeritus Northwestern University, Evanston, Illinois, Thomas E. Johnson, PhD Assistant Professor Department of Environmental and Radiological Health Sciences, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, "Introduction to Health Physics".
5. John. r. lamarsh, "Introduction to nuclear engineering", polytechnic institute of new York, USA.
6. T. solfanidis, "radiation analysis"

بارش اتمی می توانید به مأموریت خود ادامه دهید. ۵۰٪ انرژی انفجار، به موج انفجار که بسیار شدید تر از موج انفجار دیگر مواد منفجره است، تبدیل می شود و بیشترین تاثیر را بر روی ساختمانها و تأسیسات می گذارد. ۳۵٪ به تشعشعات حرارتی تبدیل شده که اثرات مرگبار خود را روی تمامی موجودات زنده می گذارد. ۱۵٪ انرژی باقیمانده به تشعشعات هسته ای تبدیل می گردد. در صورت اصابت این تشعشعات به بدن، سلولهای بدن تخریب شده و موجب ایجاد بیماری در بدن می شود.

پس از انفجار، یک موج قوی الکترومغناطیسی ایجاد می گردد که مدت کوتاهی وجود خواهد داشت. این موج، از نوع امواج رادیویی است و توسط تمامی آنتن ها، برق گیرها، خطوط تلفن، هواپیماها، تجهیزات الکترونیکی و مخابراتی و ... جذب می شود. تمامی وسایل ارتباط جمعی، مخابرات، سیستمهای حمل و نقل، شبکه های رایانه و سیستمهای نظامی و اطلاع رسانی از کار می افتد. حتی مخاطرات پزشکی نیز وجود دارد. اشعه رادیواکتیو چیزی نیست که قابل دیدن باشد و یا بویی ندارد که آنرا حس کنید و یا علائم خاصی که سریعاً متوجه آن شوید، فقط بعد از مدتی علائم آن در موجودات زنده آشکار می شود.

در انسان نیز پس از مدتی سرطانهای مختلفی مثل سرطان پوست، خون، ریه، نای، معده، روده و ... آشکار می شود. بطور مثال: چنانچه میزان دریافت پرتوهای رادیواکتیو به بدن کم باشد (بین ۱۰۰ الی ۲۰۰ رونتگن) فرد در هفته های دوم و سوم دچار آب مروارید چشم، ریزش مو، کم اشتها، کوفتگی عمومی، گلودرد، عدم علاقه به کار، رنگ پریدگی، خونریزی زیرپوستی، اسهال، لاغری و رشد سریع بیماریهای عفونی می گردد.

با توجه به ماهیت و نوع تشعشع و میزان آلودگی ناشی از آن، میزان اثر تابش روی بافت های مختلف بدن متفاوت است فلذا یک ضریب یا فاکتور وزنی برای هر نوع اشعه تعریف می شود که در واقع شدت اثر اشعه روی هر موضع است. همچنین هر بافت بدن در برابر تشعشع تاثیر پذیری خاصی را داراست برای مثال تاثیر آلفا در بدن خیلی خطرناک است (۱۰۰ برابر گاما و اشعه X) زیرا دو بون مثبت دارد و حجم هسته آن نیز بسیار بزرگ که در ورود به بدن آنها را به سلولها داده و خود خنثی می شود، پرتوگیری هیچ گونه احساس جسمانی ندارد (بجز در شدت های زیاد) پرتوهای مختلف هسته ای بدلیل ماهیت خود دارای راههای ممانعت از نفوذ خاص خود هستند. چند نمونه از ساده ترین راه های جلوگیری از نفوذ تشعشعات بصورت زیر بیان می شود:

□ پرتو آلفا:

ساده ترین راه حفاظت با گرفتن یک ورق کاغذ جلو آن است. (برد آن حداکثر ۳-۹ سانتی متر است)

□ پرتو بتا (از جنس الکترون):

ساده ترین راه حفاظت با گرفتن یک فویل (foil) آلومینیومی جلو منبع آن است. (برد آن ۰-۱۰ متر است)

نکته: استفاده از دیوارسربی برای بتا منجر به تولید اشعه X می شود

□ پرتو گاما و نوترون (در رادیوتراپی و راکتورها و بمب اتم):

۱. محافظ های سربی (ذوب شدن سرب در دمای ۶۲۲ درجه فارنهایت)

۲. فاصله گرفتن از منبع تشعشع میزان تشعشع به نسبت عکس مجذور فاصله ( $1/x^2$ ) از منبع کم می شود

۳. گذشت زمان نیز از شدت تشعشع کاسته می شود. (مدت زمان حضور و تعداد نفرات را در صحنه کم کنید)