

((به نام خدا))

عنوان مقاله:

حفاظ های پلیمری به عنوان جایگزین سرب در برابر تشعشعات
الکترومغناطیس (به ویژه اشعه X)

شرکت دانش بنیان پارس فناور سروش

مولف: آقای مهندس امید محمدی

پاییز ۱۳۹۷

فهرست

۳	چکیده
۴	تاریخچه:
۵	طیف الکترومغناطیسی
۸	امواج الکترومغناطیس و انواع تشعشعات
۱۰	پرتو آلفا (α):
۱۰	پرتو بتا (β):
۱۰	اشعه گاما:
۱۰	اشعه X
۱۲	سایر پرتوهای پر انرژی:
۱۲	پرتو نوترون:
۱۲	پرتوهای الکترونی
۱۲	کاربرد تشعشعات یونساز
۱۲	کاربرد در پزشکی
۱۳	کاربرد در صنعت
۱۴	کاربرد در کشاورزی:
۱۴	مروری بر حفاظ گذاری
۱۵	فنون حفاظت در برابر تابش خارجی
۱۵	زمان:
۱۶	فاصله:
۱۶	حفاظ:
۱۶	مواد حفاظ
۱۹	تاریخچه حفاظ گذاری و سیر تحول آن
۲۰	حفاظ در برابر اشعه ایکس و گاما
۲۱	حفاظت در محدوده رادیولوژی در برابر پرتو ایکس و گاما
۲۵	مراجع

چکیده

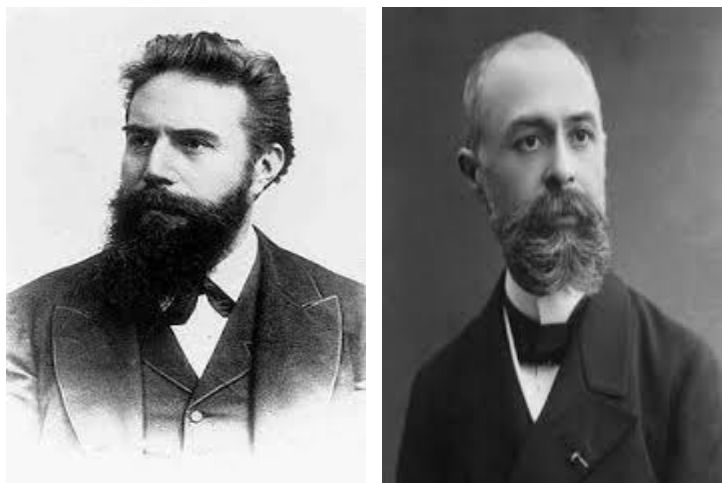
امروزه انسان در محاصره دهها وسیله مولد امواج الکترومغناطیسی قرار دارد، این امواج شامل امواج رادیویی، امواج ماکروویو، امواج فراقمرز، مرئی، فرو سرخ، اشعه ایکس و گاما می شود. از تشعشعات ایکس و گاما در پزشکی به طور مثال در سی تی اسکن، رادیولوژی، آنژیوگرافی، پزشکی هسته ای و ... استفاده می شود. در صنعت در ایست بازرسی و حراست نیز اشعه ایکس کاربرد دارد. در پزشکی و صنایع مربوط به تشعشعات، سرب همواره به عنوان یک انتخاب سنتی برای حفاظ گذاری در برابر پرتو ایکس و گاما مطرح بوده است، اما استفاده از سرب به عنوان یک حفاظ دارای معایبی است که می توان به این موارد اشاره کرد:

- ✓ سمی بودن سرب
- ✓ وزن زیاد سرب
- ✓ آسیب پذیر بودن سرب
- ✓ تغییر کیفیت آن بر اثر واکنش با عناصر محیطی
- ✓ مسائل مربوط به دفع بهداشتی سرب در محیط و ...

در این طرح تلاش شده است که کامپاند پلی الفینی طراحی و ساخته شود که جایگزینی برای سرب باشد و معایب سرب را نداشته باشد. در این گزارش راجع به انواع تشعشعات یونساز و غیر یونساز و کاربرد تشعشعات یونساز صحبت شده و آخرین پژوهش های مربوط توضیح داده شده است.

تاریخچه:

واژه‌ی تابش تا حدود سال ۱۹۰۰ برای توصیف امواج الکترومغناطیسی (مانند امواج رادیویی، مرئی، فرابنفش و ...) بکار برده می‌شد. در سال ۱۸۹۵، دانشمندی به نام ویلهلم رونتگن برای نخستین بار موفق به شناسایی پرتوهای ایکس شد. اندکی پس از کشف رونتگن، یک دانشمند فرانسوی به نام هنری بکرل تلاش‌هایی برای پی بردن به منشأ



پرتوهای ایکس^۱ انجام داد و به این نتیجه رسید که ماده‌ی اورانیوم می‌تواند اشعه یا پرتوی قدرتمندی از خود ساطع کند که به پرتوی گاما معروف شد. در نهایت این نوع از پرتوها نیز زیر چتر لفظ تابش قرار گرفتند.

با شناخت پرتوهای ایکس و گاما توسط بشر، استفاده از آنها به سرعت در زمینه‌های مختلف گسترش پیدا کرد به نحوی که امروزه شاهد استفاده گسترده از این نوع پرتوها در صنایع مختلف می‌باشیم،

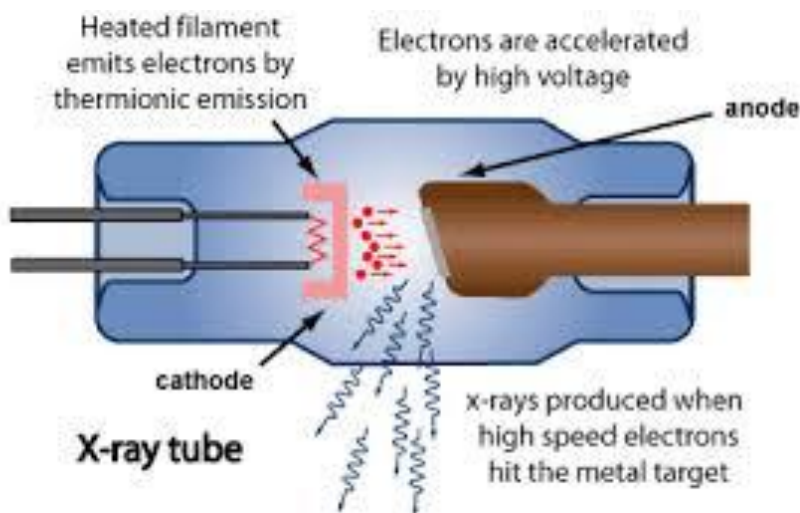
اما در عین کاربرد فراوان و سودمند استفاده از این نوع پرتوها، استفاده نادرست از پرتوهای ایکس و گاما و قرار گرفتن در معرض پرتو و افزایش دوز دریافتی بیش از حد آستانه مجاز، احتمال بروز برخی مشکلات و آسیب‌های جدی به سلول‌های بدن یا حتی مرگ سلولها را افزایش داده است.

اثرات حاد قرارگیری در معرض پرتو، نخستین بار در سال ۱۸۹۶ تشخیص داده شد، در هنگامی که فردی به نام نیکولا تسلا انگستان دستش را به طور عمد در معرض پرتوی ایکس قرارداد و گزارش کرد که این موضوع سبب سوختگی شده است. اگرچه در آن زمان او این اتفاق را به اوزون نسبت داد. همچنین اثرات ژنتیکی و افزایش ابتلا به سرطان در ارتباط با تابش، نخستین بار توسط هرمان جوزف در سال ۱۹۲۷ تشخیص داده شد. بنابراین به منظور تدوین استانداردهای پرتوگیری و تمرکز بر روی این چالش، کمیته‌های مختلفی در ادوار مختلف تاریخ از جمله IRPA, NCRP, ICRU, ICRP, به منظور سیاست‌گذاری در زمینه حفاظت پرتویی، تشکیل شدند. امواج الکترومگنتیک^۲ ایکس عموماً در زمینه مصارف پزشکی بخصوص رادیولوژی در محدوده انرژی ۲۰kv تا ۲۵mev کاربرد دارد. الکترون ولت واحد انرژی است که معادل انرژی بدست آمده از الکترون هنگام ایجاد اختلاف جریان ولتاژ است که این مقدار معادل 1.6×10^{-19} ژول است.

^۱ X-ray radiation
^۲ Electromagnetic

اشعه ایکس در بازه‌ی انرژی کاربردی در پزشکی جهت تشخیص در رادیولوژی و جهت درمان در رادیوتراپی کاربرد دارد.

اشعه ایکس زمانی که الکترون‌ها با سرعت از کاتد لوله منبع اشعه ایکس پرتاب شده و به آند تنگستنی برخورد کرده و متوقف می‌شود تولید می‌گردد.



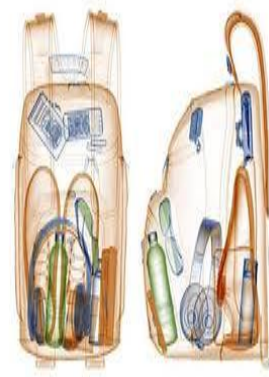
شکل ۱: تولید اشعه ایکس در داخل لوله اشعه ایکس

طیف الکترومغناطیسی

طیف الکترومغناطیسی، بازه وسیعی از امواج با کاربردهای متفاوت را شامل می‌گردد. این بازه طول موج‌های کمتر از 10^{15} متر تا طول موج‌هایی در مقیاس کیلومتر را در بر می‌گیرد. امواجی مانند پرتو گاما و پرتوهای X در ابتدا و سپس پرتوهای فرابنفش، نور مرئی و مادون قرمز و در انتهای طیف الکترومغناطیسی، امواج رادیویی وجود دارند.

بدیهی است که این محدوده وسیع، موجب می‌گردد استفاده از این امواج در جنبه‌های مختلف علوم و زندگی بشر مورد توجه قرار گیرد. در ادامه نمونه‌هایی از کاربردهای مختلف طیف الکترومغناطیسی آورده شده است.

✓ امواجی با طول موج کمتر از نانو متر به علت بسامد بالا کاربرد‌های صنعتی ویژه‌ایی دارند. پرتوهای گاما و پرتوهای ایکس از این دسته امواج محسوب می‌شوند. این محدوده از امواج بسامدی بیش از 10^{17} هرتز دارند.



مشاهده اجسام کیهانی

مشاهده پرتو نگاری در پزشکی

اشعه X نرم ویژه رادیولوژی

کنترل چمدانها

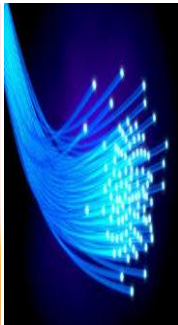
$\ll 1 \text{ \AA}$

$0.1-1 \text{ \AA}$

$0.1-10 \text{ \AA}$

$1-10 \text{ \AA}$

✓ امواجی با طول موج ۱ نانو متر تا ۱۰ میکرومتر شامل مادون قرمز، مرئی و ماورا بنفش می باشد. امواج الکترومغناطیسی در محدوده مذکور در دندان پزشکی، سولاریم، دستگاه های کنترل از راه دور، دید در شب نورهای مختلف رنگی و انتقال داده از طریق فیبرهای نوری استفاده میگردد. بسامد این امواج 10^{13} تا 10^{17} هرتز است.



نور مرئی

کنترل از راه دور

ارتباطات فیبر نوری

دید در شب

دندانپزشکی

اشعه خورشید

$425-750 \text{ THz}$

850 nm

$0.7-1.4 \mu\text{m}$

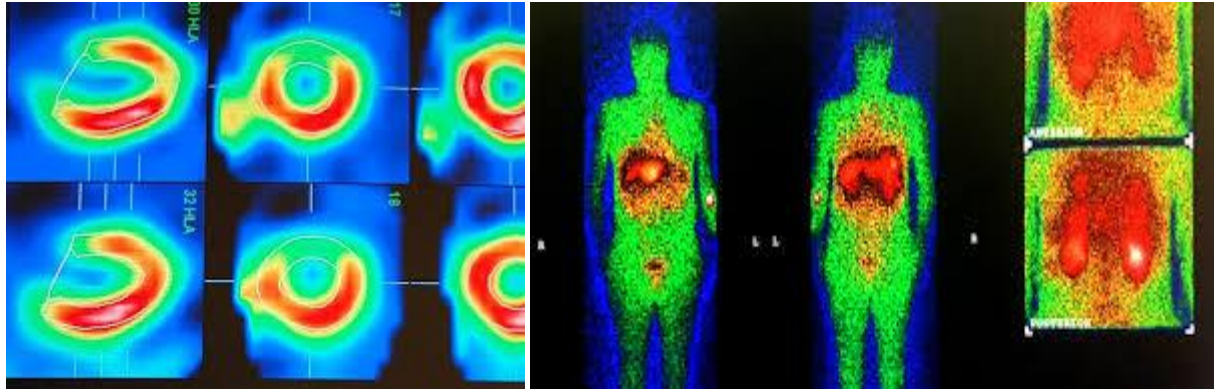
$0.7-10 \mu\text{m}$

$200-350 \text{ nm}$

$290-400 \text{ nm}$

$400-700 \text{ nm}$

✓ امواجی با طول موج ۱۰ میکرومتر تا ۱ میلی متر، مرز میان امواج نور مرئی و امواج مایکروویو می باشد. این دسته از امواج به سبب محدوده بسامدشان (در محدوده ۱ تراهرتز) موسوم به امواج تراهرتز هستند. همانطور که شکل نشان می دهد اساساً این طیف، در زمینه عکسبرداری از یاخته ها و موجودات زیستی و همچنین ردیابی اجسام استفاده می شود.



تصویر برداری زیستی

ردیاب

۱-۱۰ THz

۰.۲-۴.۰ THz

شکل ۲: کاربرد امواج تراهرتز با طول موج ۱۰ میکرومتر تا ۱ میلی متر

✓ امواجی با طول ۱ میلی متر تا ۱۰ سانتی متر عموماً به نام امواج ماکروویو^۳ یا ریز موج شناخته میشوند. امواج در دستگاه های پرکاربردی چون تلفن همراه مایکروفر و انواع رادارها استفاده می شود. این امواج بسامدی در محدوده ۱ تا ۱۰۰ گیگا هرتز دارد.



دستگاه فرستنده وایرلس

مایکروفر

رادار

تلفن همراه

۲.۴GHz

۲.۴GHz

۱-۱۰۰GHz

۹۰۰MHz-۲.۴GHz

شکل ۳: کاربرد امواج مایکروویو با طول موج ۱ میلی متر تا ۱۰ سانتی متر

^۳ Microwave

✓ امواجی با طول موج ۱۰ سانتی متر تا چند کیلومتر عموماً در کاربرد صدا و سیما و بی سیم مورد استفاده قرار میگیرند. بسامد این امواج از چند هرتز تا چند صد مگاهرتز گستردگی دارد. مجموع این امواج و امواج مایکروویو، امواج رادیویی نامید می شود.



رادیو AM

۶۰۰KHz-۱.۶MHz



امواج تلویزیونی

۵۴-۷۰۰MHz



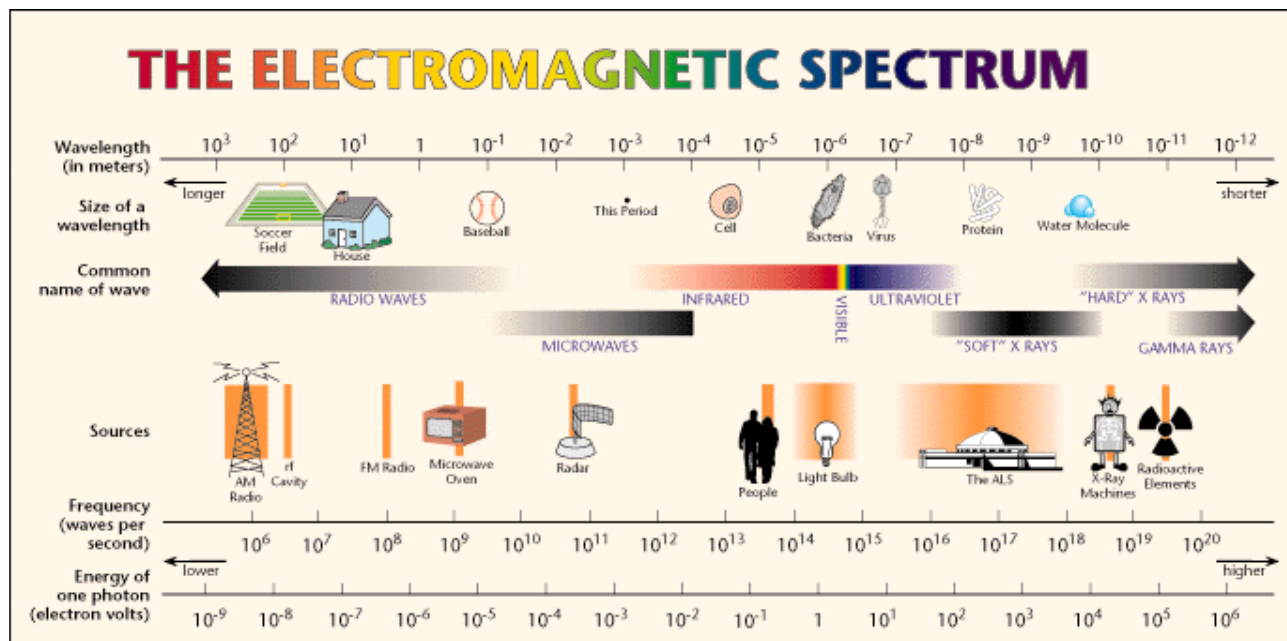
رادیو FM

۸۸-۱۰۸MHz

شکل ۴: کاربرد امواج مایکروویو با طول موج ۱۰ سانتی متر تا چند کیلومتر

امواج الکترومغناطیس و انواع تشعشعات

موج به زبان ساده تر عبارت است از لایه های انرژی که در مسیر مستقیم حرکت می کنند. در این لایه های میزان انرژی به تدریج از حداقل (اصطلاحاً دره موج) به حداکثر (اصطلاحاً قله موج) می رسد و دوباره به تدریج حداقل می شود. به فاصله بین دو قله موج طول موج گفته می شود. تفاوت رنگ هایی که دیده می شود در طول موج آنهاست. امروزه انسان در محاصره دهها وسیله مولد امواج الکترومغناطیسی قرارداد که دانشمندان تخمین می زنند انسان امروزی ۲۰۰ میلیون بار بیشتر از دوران پیش از صنعتی شدن تشعشعات الکترومغناطیس تجربه میکند. تمام وسایل ارتباطی که می بینیم اعم از تلفن همراه تلفن بیسیم و مایکروویو و بلوتوث و حتی گیرنده های رادیویی و تلویزیونی و نیز اسباب بازی های کنترلی بچه ها و ... برای ایجاد ارتباط با آنتن مرکزی خود امواج الکترومغناطیسی تولید می کند. اغلب اندازه گیری هایی که از فواصل متفاوت آنتن های زمینی انجام شده است نشان می دهد که قدرت موج و شدت فرکانس ارتباط مستقیم با سلامت افراد و محیط زیست دارند و بنا به اینکه چه قدرت و چه فرکانسی و طی چه مدت به بدن برخورد میکند آثار متفاوتی می تواند داشته باشد در شکل ۵ انواع موج های الکترومغناطیس آورده شده است که از سمت راست به چپ پرتو گاما، پرتو ایکس، فرابنفش، مرئی، فرورسرخ، ریز موج و رادیویی می باشد. از چپ به راست افزایش انرژی و افزایش فرکانس و کاهش طول موج رخ میدهد.



شکل ۵: امواج الکترو مغناطیس

پرتوها از نظر میزان انرژی به دو دسته ی یون ساز و غیر یون ساز تقسیم میشوند.

✓ پرتوهای غیر یونساز در برگیرنده ی پرتوهای ناشی از تجهیزات مخابراتی، تلفن همراه، اجاق های مایکروویو، پرتوهای مادون قرمز و همچنین پرتوهای ناشی از وسایل برقی خانگی مثل سشوار و ... هستند که انرژی کمی دارند.

✓ پرتوهای یون ساز به پرتوهای گفته میشود که موجب یونیزه شدن اتم ها می شوند. در عمل یونسازی، پرتو باعث میشود که اتم یک اکترنش را از دست بدهد و به صورت یون مثبت در بیاید (که در برخورد با بدن انسان باعث شکست پیوندهای شیمیایی بافت ها می شوند و گاه می توانند عوارض بسیار شدیدی در پی داشته باشند). پرتوهای یونساز ممکن است به صورت ذره یا موج الکترومغناطیس باشند. پرتوهای ذره ای خود به دو دسته پرتوهای با بار الکتریکی و پرتوهای بدون بار الکتریکی تقسیم می شوند. منشا اغلب پرتوهای یونساز هسته ناپایدار اتمهاست ولی ممکن است هنگام تاثیر متقابل پرتوها با ماده این نوع پرتوها نیز تولید شوند.

این پرتوها عبارتند از پرتوهای آلفا، بتا (پرتو الکترونی)، نوترون، X Ray و گاما.

پرتو آلفا (α): این پرتواز دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده است و با گرفتن دو الکترون به اتم پایدار هلیوم تبدیل میشود از آنجا که این ذره جرم زیادی دارد قدرت نفوذ کنندگی کمی داشته و به راحتی توسط یک برگ کاغذ متوقف میشود. این پرتو معمولا از هسته های سنگین ناپایدار خارج میشود. هسته ناپایداری که پرتو آلفا ساطع میکند به هسته ای که عدد اتمی آن دو واحد و عدد جرمی آن چهار واحد کمتر از اعداد اتمی و جرمی هسته مادر است تبدیل میشود. پس از خروج پرتو آلفا از هسته مقداری از جرم ماده ناپدید می شود. انرژی پرتو آلفا را میتوان به کمک اصل بقا انرژی و اندازه حرکت محاسبه کرد که معادل $5/3$ میلیون الکترون ولت خواهد بود.

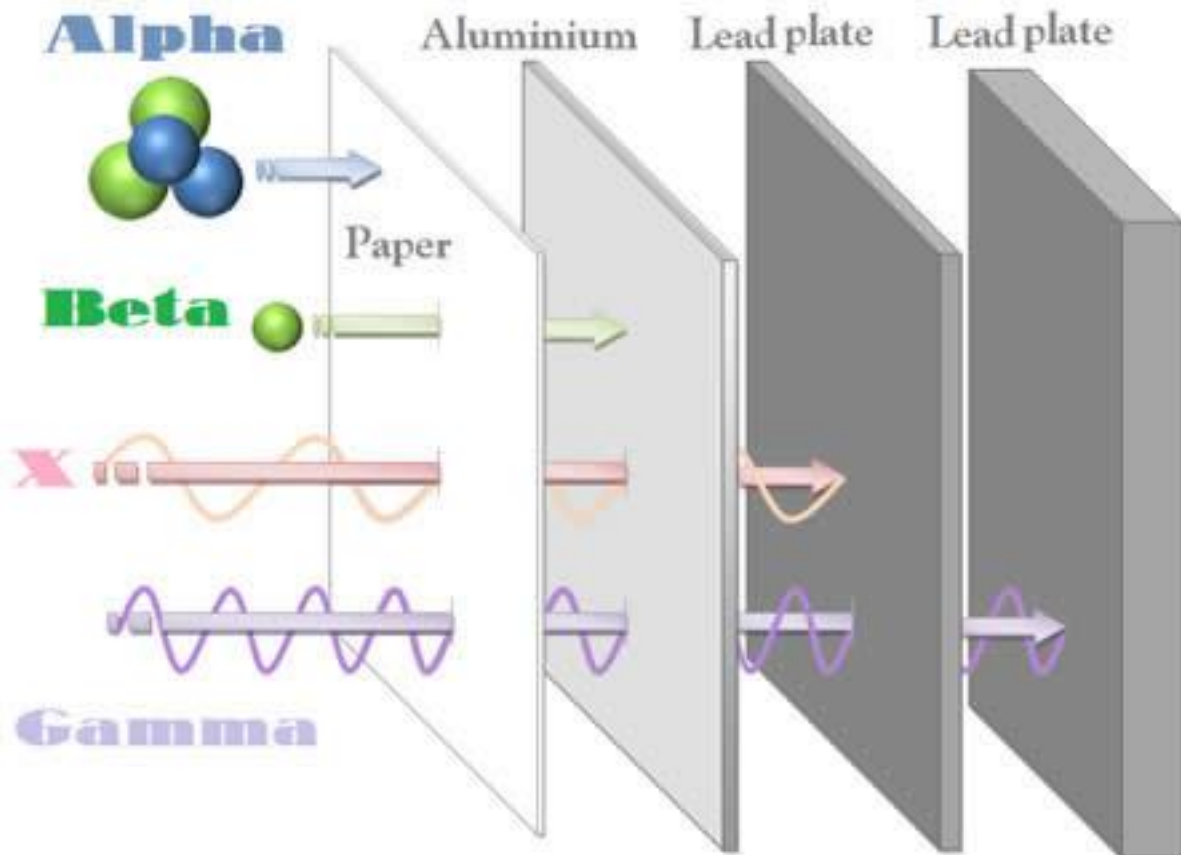
پرتو بتا (β): برای گسیل پرتوی بتا یک نوترون به پروتون تبدیل می شود و ذره بتا منتشر می شود و ذره بتا منتشر می شود. طیف اشعه بتا تک انرژی نبوده و یک طیف پیوسته با تمام مقادیر انرژی را داراست. جرم آن برابر با جرم الکترون و حامل یک بار الکتریکی منفی یا مثبت است. اگر بار آن منفی باشد آنرا نگاترون و اگر مثبت باشد آنرا پوزیترون می نامند. مقدار انرژی بیشترین تعداد پرتوهای بتایی که از یک نوع هسته خارج می شوند تقریبا برابر با یک سوم حداکثر انرژی این ذرات است. علت تفاوت در انرژی ذرات بتا این است که همراه با آنها، ذرات بسیار سبک و پرسرعت که بار الکتریکی ندارند و جرم آنها در حدود یک دوازدهم جرم الکترون است نیز از هسته خارج میشوند که به آنها نوترینو گفته میشود. قدرت نفوذ این اشعه $10+$ برابر آلفا بوده و در ورقه آلومینیومی با ضخامت 1mm به خوبی جذب میشود.

اشعه گاما: موج الکترومغناطیسی است که طبیعتی مانند نور مرئی دارد منتهی طول موج کوتاهتر دارد و از نشر هسته های ایزوتروپ رادیواکتیو طبیعی و یا مصنوعی به وجود می آید در واقع مکانیسم به این شکل است که یک هسته رادیواکتیو با نشر ذره ی آلفا یا بتا به یک حالت تهیج شده رفته و در هنگام بازگشت به حالت اولیه خود اشعه گاما تولید میکند.

اشعه X: هرگاه ولتاژ بسیار بالا برای شتاب دادن به الکترون ها توسط یک ژنراتور به کار رود و یک فلز سنگین آنها را متوقف کند اشعه ایکس تولید میگردد. که این اشعه از گوشت بدن آسانتر از استخوان عبور میکند و می تواند بر روی یک صفحه فلورسان اثری ثبت کند.

بنابراین به طور کلی پرتوهای یون ساز که برای فرایند تشعشعی به کار گرفته میشود عبارتند از اشعه ایکس و پرتوالکترونی و اشعه گاما که پرتوهای الکترونی و ایکس از شتاب دهنده های الکترونی و اشعه گاما از ایزوتوپ های رادیواکتیو تامین می شوند.

در شکل ۶ قدرت نفوذ پرتوهای آلفا و بتا و ایکس و گاما مقایسه شده است که همانطور که قبلا ذکر شد، پرتو آلفا با ورقه کاغذ متوقف میشود اما پرتو بتا از آن عبور میکند و توسط ورقه آلومینیومی متوقف می شود. پرتو ایکس از سرب با ضخامت کمتر و گاما از سرب با ضخامت بیشتر قدرت عبور کردن ندارند.



شکل ۶: مقایسه قدرت نفوذ آلفا و بتا و ایکس و گاما

باند فرکانسی X که به طور مثال در تجهیزات پزشکی مانند دستگاه های CT اسکن و رادیولوژی تولید میشود کارکنان بسیاری را تحت مواجهه قرار میدهد. عدم کنترل مواجهه با این امواج می تواند منجر به بروز اثرات زیان بار حرارتی و غیر حرارتی بر سلامت شاغلین در معرض تماس شود.

در تحقیقات گذشته افزایش معنی دار ابتلا به سرطان خون غیر لیمفوسیتیک و نیز افزایش اندک مقدار مرگ و میر در کارکنان با مواجهه با این امواج گزارش گردیده است. همچنین باند بسامدی X دارای اثرات زیان بار دیگری از جمله کاهش چگالی اسپرم، کاهش باروری مردان، آسیب به DNA اسپرم مردان تحت مواجهه با امواج رادار، سرطان مغز، آب مروارید و تحریک رشد سلول های سطانی است که لزوم توجه به سلامت شاغلین تحت مواجهه با این امواج را نشان میدهند.

کنترل های مهندسی بهترین رویکرد ایمنی برای حفاظت در برابر پرتوهای یونساز هستند و استفاده از حفاظ میتواند به مقدار قابل ملاحظه ایی مواجهه شغلی با این پرتوها را کاهش دهد. مطالعات قبلی عدم دانش کافی در خصوص شیوه های حفاظ گذاری و نیز فقدان پایش سلامتی کارکنان را گزارش داده اند.

سایر پرتوهای پرنرژی :

سایر پرتوهای پرنرژی مثل پرتو گاما، آلفا و بتا، پروتون، الکترون و نوترون در صنایع مختلفی چون پزشکی، هوافضا، انرژی هسته ای کاربرد دارند.

تمایز روشنی بین پرتوهای ایکس و پرتوهای گاما وجود ندارد. منشا تولید پرتوهای ایکس عموماً در اثر گذارهای اتمی مانند برانگیزش و یونش است، در حالیکه پرتوهای گاما در گذارهای هسته ای گسیل می شوند، هرچند که فوتونها از طریق تابش ترمزی ذرات باردار شتابدار نیز میتوانند گسیل شوند.

پرتو نوترون (N): ذره نوترونی از ذرات اساسی است. پرتو نوترون همان ذره نوترون انرژی دار است که در بعضی از واکنشهای هسته ای تولید میشود. ذره نوترون پایدار نیست و مثل یک هسته پرتوزا با نیمه عمر ۱۲ دقیقه با پخش ذره بتا به پروتون تبدیل میشود.

مواد رادیواکتیو دارای دو نوع زمان نیمه عمر هستند. زمان نیمه عمر فیزیکی و بیولوژیکی، زمان نیمه عمر فیزیکی مدت زمانیست که طول میکشد تا ماده به نصف اکتیویته خودش برسد و زمان نیمه عمر بیولوژیکی به مدت زمانی گفته میشود که نصف تشعشعاتی که وارد بافت بدن انسان شده است خارج شود.

مثلاً زمان نیمه عمر فیزیکی برای اتم کربن حدوداً ۵۶۰۰ سال است اما زمان نیمه عمر بیولوژیکی آن حدوداً ۱۰ روز است.

پرتوهای الکترونی (E): این پرتو همان پرتو بتای منفی (نگاترون) می باشد. اما این پرتوها توسط شتاب دهنده های مصنوعی تولید می شوند و به همین علت با کنترل شرایط کار دستگاه شتاب دهنده انواع متفاوتی از پرتوهای الکترونی با انرژی و شارهای متفاوت میتوان تولید کرد. که این شتاب دهنده ها به دو نوع مستقیم و غیر مستقیم تقسیم میشوند.

کاربرد تشعشعات یونساز

کاربرد در پزشکی

تشعشعات با انرژی بالا کاربردهای بسیاری در صنعت پزشکی دارند. معروفترین کاربرد در دستگاه اشعه ایکس است که برای تشخیص شکستگی استخوان یا تشخیص بیماری کاربرد دارد. مثال دیگر آن که در پزشکی هسته ایست که از ایزوتوپ های رادیواکتیو برای تشخیص و درمان بیماری هایی مثل سرطان استفاده میشود.



شکل ۷: دوربین گاما

دوربین گاما که در شکل ۷ نشان داده شده است، یکی از وسایل رایج در تشخیص بیماری است. اشعه سلولهای سرطانی را زودتر از سلول های سالم از میان می برد. اگر به یک غده سرطانی به اندازه لازم اشعه تابانده شود آن غده بی آنکه به سلول های دیگر صدمه وارد کند از میان می رود.

کاربرد اشعه ایکس از گاما بیش تر است. از اشعه گاما در تشخیص و درمان سرطان استفاده میکنند. با اینکه اشعه گاما به میزان زیاد ممکن است برای بدن خطرناک باشد، ولی گاه فایده بسیار دارد. از این اشعه میتوان برای درمان برخی بیماریهای سرطانی و ناراحتی های پوستی استفاده کرد. درمان به وسیله اشعه ایکس و گاما را رادیوتراپی می نامند. از مهمترین کاربردهای دیگر پرتو ایکس و گاما در پزشکی می توان به استریلیزاسیون تجهیزات پزشکی مانند سرنگ ها و دستکش های پزشکی اشاره کرد. زیرا این گونه ابزار را نمی توان با حرارت دادن و یا جوشاندن ضد عفونی کرد به این علت که فوراً خراب میشوند و پایداری پایینی در برابر حرارت های بالا دارند.

کاربرد در صنعت

برای بازرسی محصولات فلزی مختلف مانند آلومینیوم و فولاد که به صورت ریخته گری تهیه شده اند از اشعه ایکس استفاده می شود. عکس هایی که از این راه گرفته می شود حفره های ریز و شکستگیهای درون قطعه های فلزی را که از سطح دیده نمیشود آشکار میکند. در صنعت از اشعه گاما که از رادیوم و کبالت رادیواکتیو با قدرت زیاد تابش میشوند، برای پیدا کردن حفره های ریز و شکستگیهای قطعات فلزی و در واقع تشخیص ترکیب لوله و بررسی چاه های نفت استفاده میکنند.

در فرودگاه ها و جاهایی که بار مسافران را بازرسی میکنند برای پیدا کردن اسلحه و یا دیگر وسایل ممنوع چمدان ها و بارها را از برابر اشعه ایکس عبور میدهند.

باستان شناسان برای بررسی اشیاء کهنه ای که لایه کلفتی از گرد و خاک و مواد دیگر و زنگ زدگی آنها را پوشانده است از اشعه ایکس برای برداشتن این لایه ها بدون آسیب رسیدن به جسم استفاده میکنند.

همچنین برای شناختن تابلوهای قدیمی و اصیل که ممکن است نقاشی دیگری روی آنها را پوشانده باشد استفاده میکنند و اشعه ایکس مشخص میکند که آیا نقاشی اصل است و یا اینکه تغییراتی در آن ایجاد شده است.

از موارد کاربردی دیگر میتوان به اندازه گیری ضخامت توسط سنسورهایی با این مواد پرتوزا اشاره کرد.

کاربرد دیگر اشعه ایکس و گاما در صنعت شیشه برای تغییر رنگ شیشه ها می باشد.

از اشعه گاما می توان برای جوش دادن لاستیک نیز استفاده کرد.

کاربرد در کشاورزی:

به وسیله اشعه ایکس بذرهای اصلاح شده ایی از جو دو سر بدست می آورند که محصول بهتر و بیشتر میدهد و یا در زمین هایی که خاک کم قوت دارند نیز به خوبی رشد میکنند.

مروری بر حفاظ گذاری

سال هاست که پرتوهای یونیزه کننده به عنوان منابع انرژی شناخته شده اند و در عرصه های مختلف علمی و صنعتی به خدمت گرفته می شوند. استفاده از این پرتو ها در صنایع شیمیایی به ویژه صنایع پلیمری، پیشرفت شگرفی را در این زمینه ها بوجود آورده است چرا که به وسیله این تکنولوژی در راستای شبکه ایی کردن و گاهی تخریب کردن مواد، برخی از محدودیت های مربوط به فرایند های شیمیایی رفع می گردد. مطالعاتی در زمینه ی بررسی تأثیر پرتو های یونیزه کننده بر پلیمرها صورت گرفته و با توجه به حجم عظیم مصرف پلی الفینها و کوپلیمرها، این دسته از پلیمرها بیشتر مورد مطالعه قرار میگیرند.

همانطور که قبلاً اشاره شد یکی از عوامل زیان آور محیط کار پرتوهای یون ساز می باشد که می توانند سبب ایجاد آسیب های جدی و برگشت ناپذیر و غیر قابل درمان در نزد/فردی که به نحوی با پرتو سر و کار دارند و یا افرادی که جهت تشخیص و درمان مراجعه میکنند شود. تماس با مقدار بیش از حد مجاز پرتوهای یون ساز میتواند اثراتی روی دستگاه گوارش و سیستم اعصاب و دستگاه های خون ساز و در نهایت کل بدن بگذارد یا ممکن است آثار آن در نسل های بعدی ظاهر شود.

انسان همواره تحت تابش مقدار معینی تشعشع زمینه طبیعی از آغاز هستی خود تا کنون بوده است. اما از زمان کشف اشعه ایکس و رادیوایزوتوپ ها، انسان در معرض تابش پرتوهای ساخت بشر قرار گرفت. پس از کشف مواد رادیواکتیو و اشعه ایکس به تدریج فصل جدیدی در علوم پزشکی برای تشخیص و درمان بعضی از بیماری ها گشوده شد. کشف اشعه ایکس توسط رونگتن و تهیه و گزارش اولین تصویر و پرتونگاری در کمتر از ۳ ماه پس از آن، دنیای علم پزشکی را وارد مرحله جدیدی نمود.

پزشکان و جراحان قادر بودند تا اعماق بدن را توسط این پرتو ها ببینند بدون آنکه تدبیری برای حفاظت خود بیندیشند. آثاری چون ریزش مو ناراحتی های شدید پوستی بر اثر تابش گیری و خطرات بیولوژیکی شروع به خود نمایی کرد. چندی بعد نگرانی ها در مورد خطر استفاده از پرتو ها و احتمال آسیب بیولوژیکی ناشی از پرتو ها شروع شد. این نگرانی ها سبب شد تا معیارهایی برای سنجش خطر پرتو ها بیان شود و محدودیت هایی در استفاده از این پرتو ها اعمال شود. یکی از روشهای متداول در کاهش پرتوگیری افراد، استفاده از حفاظ های پرتویی انعطاف پذیر به علت قابلیت پوشش دادن بدن از کاربرد گسترده ای برخوردار هستند.

پرتوفاوری مشتمل بر استفاده از منابع پرتوزای طبیعی و مصنوعی با انرژی زیاد در مقیاس صنعتی است. مبنای پرتوفاوری عبارت است از توانایی پرتو دهی با انرژی بالا و ایجاد آنیون ها و کاتیون های واکنشگر و رادیکالهای آزاد در مواد.

کاربردهای صنعتی پرتوفاوری در ۱- پلاستیک ها و کامپوزیتها شامل پلیمریزاسیون، پیوند زدن، کراسلینک شدن و تخریب است. از کاربردهای عمده در زمینه پلاستیک ها می توان به کراسلینک عایق های سیم و کابل اشاره کرد. ۲- استریل کردن وسایل یکبار مصرف پزشکی کاربردهای پرتوفاوری بسیار رواج یافته و در حال افزایش است.

فنون حفاظت در برابر تابش خارجی

تابش خارجی عبارت است از تابشی که از ماشین های پرتو ایکس و دیگر دستگاه هایی که مشخصاً برای تولید تابش طراحی شده اند و همچنین از ایزوتوپ های پرتو زا، سرچشمه می گیرند. اگر خنثی سازی و از بین بردن چشمه تابش عملی نباشد، آنگاه می توان با استفاده از فنون زیر پرتو گیری افراد را در برابر تابش خارجی تحت کنترل قرار داد:

۱. به حداقل رساندن زمان پرتو گیری
۲. به حداکثر رساندن فاصله از چشمه تابش
۳. حفاظ گذاری

زمان: اگر چه بسیاری از اثرات زیست شناختی تابش به آهنگ دوز بستگی دارد و لی در موارد مربوط به کنترل محیط می توان رابطه مقابل را معتبر دانست

$$\text{دوز کل} = \text{زمان پرتو گیری} \times \text{آهنگ دوز}$$

بنابراین اگر لازم باشد که در میدان تابش نسبتاً شدید کار کنیم مانند وقتی که یک سیکلوترون پرتو زا شده در اثر جذب نوترون را تعمیر و یا وقتی که یک چشمه پرتو نگاری را دستکاری می کنیم، با محدود کردن زمان پرتو گیری می توان کار مورد نظر را طبق موازین ایمنی تابش انجام داد، بطوریکه حاضرب آهنگ دوز در زمان پرتو گیری از مقدار دوز مجاز بیشینه تجاوز نکند.

فاصله : بدیهی است که با افزایش فاصله از یک چشمه تابش، میزان پرتوگیری تابشی کاهش می یابد. چشمه تابشی را به سه شکل نقطه ایی، خطی و صفحه ایی در نظر میگیریم و میزان دوز حاصل از آنها را بر حسب فاصله محاسبه می کنیم.

برای یک چشمه نقطه ایی، تغییرات آهنگ دوز بر حسب فاصله بصورت ساده قانون عکس مجذور فاصله می باشد. در مورد یک چشمه تابش خطی، مانند لوله حامل پسماند مایعی آلوده، محاسبات تغییر آهنگ دوز بر حسب فاصله از لحاظ ریاضی پیچیدگی بیشتری دارد.

حفاظ:

مواد حفاظ

در این بخش به طور خلاصه به مشخصات و ترکیبات ضروری مواد حفاظ پرداخته می شود.

الف (مواد طبیعی

لازم است که مشخصات حفاظتی هوا و آب و خاک به عنوان طبیعی ترین مواد مد نظر قرار بگیرد.

ب (بتون

هزینه، چگالی، مقاومت فشاری، سهولت قرارگیری و تاثیر در تضعیف نوترون ها و پرتوهای گاما از عواملی است که باعث می گردد بتون ماده بسیار مطلوبی برای حفاظ سازی باشد. انواع بتون بر اساس نوع سنگدانه به دو دسته سیلیسی از جنس کوارتز و آهکی از جنس سنگ آهک طبقه بندی می شوند.

بتون چگالی بالا، بیشتر جهت تضعیف بکار می رود. فلزاتی مانند فولاد و سنگ معدن فلزی به این بتون جهت تقویت بهتر افزوده می شود. فولاد تقویت شده، مقاومت کششی ایجاد میکند و باعث افزایش چگالی بتون میشود.

ج) شیشه سربی

یکی دیگر از مواردیکه لزوماً استفاده ان در بخش هایی شامل دستگاه پرتو زا ضروری می نماید شیشه سربی است.

در اینجا جهت آشنایی محصول خلاصه ایی از ساخت آن ارائه می شود.

ابتدا سرب را در کوره های صنعتی بصورت مذاب درآورده سپس آن را درون مخازن پیستوله مانندی ریخته و با توجه به قطر و سایز مورد نظر میزان فشار و روزنه ی خروج عنصر را تنظیم میکنند تا آن را بصورت غبار و گرده خارج کنند. به حجم غبار سرب نیز " مش " گفته می شود بطور مثال برای تولید سرب ۰.۱ + با مش ۴۰۰ میزان فشار را تنظیم کرده سپس سرب را درون حوضچه های آب سرد اسپری میکند و تمام این گرده ها با همان اندازه و حجم سرد شده و بصورت خاک سرب در ته حوضچه جمع میگردد. بعد از جمع آوری خاک سرب سیلیس را در مخازن دیگر ذوب کرده آن را به داخل قالب های مورد نظر با قطر و اندازه مشخص هدایت می کند و دوباره گرده های سرب را که با اکسید سرب بی رنگ شده به گونه ایی در فضا پخش میکنند که بصورت یکنواخت و میزان مورد نظر در میان سیلیس ذوب شده قرار گیرد.

بدین ترتیب پس از سرد شدن سیلیس ، شیشه سربی با شفافیت بسیار بالا خواهیم داشت . البته این پروسه تولید در عین سادگی بیان بسیار پیچیده است و می بایست دقت عمل زیادی را در تولید آن بکار گرفت. از معروفترین کمپانی هایی که این کالا را با کیفیت بی نظیر در جهان تولید می کند کمپانی NIPON ژاپن را می توان نام برد. استفاده از این شیشه های سربی در بخش ها باعث می شود که علاوه بر توانایی عبور نور، جلوی عبور اشعه ایکس را بگیرد.

د) مواد فلزی حفاظ

شکی نیست که سرب در کنار بتون متداول ترین ماده حفاظ هستند. سرب دارای استحکام پایین نقطه ذوب پایین (۳۲۷ درجه سانتیگراد) و چگالی بالا (۱۱.۳۴ گرم بر سانتیمتر مکعب) است. برای ساخت حفاظ های سربی انعطاف پذیر معمولاً از موادی همچون لاستیک، پلیمرها یا الاستومرها (پلیمرهایی که دارای ویژگی های الاستیک هستند) بعنوان بستری برای جای گرفتن ذرات ریز سرب استفاده شده است.

حفاظ هایی سربی بطور گسترده در تضعیف تابش های گاما و ایکس بکار گرفته می شوند . با این وجود، بدلیل گوناگونی از جمله:

۱. سمی بودن بالای سرب،
۲. سنگینی
۳. شکننده بودن
۴. خطرات زیست محیطی

که به واسطه پرتو گیری بلند مدت سرب ایجاد می شود، تلاش ها به منظور جایگزینی این نوع حفاظ شروع شده است.

در سال ۱۹۲۰ (۲۵ سال پس از کشف پرتوهای X) بود که معیارهای ایمنی برای کار با مواد پرتوزا پیشنهاد شد. و در سال ۱۹۳۰ قوانینی جهت اطلاع از مقدار ماکسیمم سطوح مجاز پرتوگیری وضع شد. به مقدار تابش معمولاً با عنوان "دوز" اشاره میشود. نکته حائز اهمیت تشخیص تفاوت بین پرتوگیری و دوز دریافتی است. برای حفاظت شخصی، پرتوگیری مورد توجه قرار میگیرد، در حالیکه برای صدمات زیست شناختی (یا ساختمانی) دوز جذب شده حائز اهمیت است.

حداکثر پرتوگیری مجاز برای هر فرد را می توان بدون توجه به نوع تابش بر حسب rem بیان کرد.

$$\text{rem} = \text{QF} \times \text{راد}$$

پرتوگیری تابش به دو طریق صورت میگیرد:

۱. پرتوگیری خارج از بدن یا البسه بطور مستقیم از یک چشمه.

۲. پرتوگیری داخلی چشمه هایی که از طریق استنشاق، فروبردن و یا جذب وارد بدن شده اند.

پرتودهی یک سلول ممکن است باعث صدمه هسته سلول یا اجزای دیگر آن شود. در این صورت ممکن است که سلول از بین برود و یا کروموزوم های سلولی تغییر یابد و باعث تحول در سلول شود و این بدان معناست که این عیوب ممکن است به نسل های بعد منتقل شود. راهنمای حفاظت در مقابل تابش NCRP (راهنمای تابش برای پرتوگیری مجاز افراد) برای افرادی که به واسطه شغل خود در معرض تابش قرار میگیرند، به قرار زیر است:

۱. کل دوز دریافتی تمام بدن در طی سال ها باید حداکثر برابر $5(n-18)$ rem باشد که در آن n مساوی عمر شخص

است. باید توجه کرد که افراد کمتر از ۱۸ سال مجاز نیستند در محلی که در معرض تابش قرار دارد، کار کنند.

۲. دوز دریافتی نباید از ۵ rem در سال تجاوز نماید.

۳. همچنین ماکزیمم پرتوگیری بجز برای پوست، دست ها و ساعد نباید در مدت ۱۳ هفته از ۵ rem بیشتر باشد.

قسمت های خاصی از بدن میتوانند تابش بیشتری دریافت دارند، ولی راهنما معمولاً برای تمام بدن در نظر گرفته شده است.

در حال حاضر مسئله اساسی ایجاد حفاظت در مقابل

۱. اشعه گامای اولیه

۲. تابش ایجاد شده در نتیجه واکنش های n-p در حفاظ

۳. نوترون های سریع است.

حفاظ در ساده ترین شکل، متضمن ایجاد فاصله و قراردادن مواد بین اشعه و گیرنده تابش است.

اگر فاصله کافی بین شخص و چشمه وجود داشته باشد، شدت تابش به سطوح ایمن کاهش می یابد. با وجود این اگر ماده ای بین ما و چشمه قرار بگیرد می توان از امتیاز تضعیف ایجاد شده توسط ماده استفاده کرد.

با توجه به مطالب ذکر شده لزوم استفاده از تجهیزات حفاظتی در برابر تاثیرات مضر پرتوهای یونیزان روز بروز در حال افزایش است. در این راستا آژانس بین المللی انرژی اتمی IAEA با تدوین آیین نامه ها و راهکارهای اساسی در جهت استفاده درست و بی خطر از دستگاه ها و تجهیزات و منابع تولید کننده پرتوهای یونیزان و خطرناک کمک شایانی را در پیشگیری از اثرات پرتو ها به عمل آورده است.

همان طور که گفته شد جهت مهار کردن اشعه ای که در فضا انعکاس پیدا میکند باید سرعت آن را با استفاده از عناصری که دارای عدد جرمی بالایی است به حداقل برساند مانند عناصر طلا یا سرب که البته با توجه به مقرون به صرفه بودن بیشتر از سرب استفاده میشود و به همین جهت در بخش هایی از مراکز درمانی مانند بخش های رادیولوژی، آنژیو گرافی و اتاق عمل که مستقیماً با اشعه سروکار دارند برای حفظ امنیت اطرافیان در دیوارها و درب ها در اطراف دستگاه از سرب استفاده میشود. اما پزشکان یا تکنسینی که در داخل اتاق اشعه به سر می برند چه باید بکنند؟ مشخصاً عوامل حفاظتی ویژه ای برای این افراد طراحی گردیده است. مثلاً از پاراوای های سربی و همچنین روپوش ها و شیلدهای سربی جهت حفاظت در برابر اشعه استفاده میشود.

تاریخچه حفاظ گذاری و سیر تحول آن

سه دهه اول قرن بیستم دوره ای بود که خطرات ناشی از تابش یونیزان به تدریج شناخته شد و استفاده از مواد سنگین نظیر سرب به شکل ورق و آجر برای محافظت در برابر اشعه ایکس و گاما مورد استفاده قرار می گرفت البته در این دوره ی زمانی استفاده از اشعه فراگیر نبود و استفاده از آن محدود به کاربردهای پزشکی و مطالعات علمی اساسی می شد. سه دهه دوم قرن بیستم، دوره بسیار مهمی در تاریخچه حفاظ گذاری محسوب می شود زیرا که در این دوره با توسعه مفاهیم مکانیک کوانتومی و درک مبانی برهمکنش فوتون با ماده، گام بسیار بلندی از نظر تئوری در جهت طراحی حفاظ های مناسب برداشته شد. با انتشار نخستین گزارش در زمینه حفاظت در برابر تابش، توسط کمیته حفاظت در برابر پرتوهای ایکس بریتانیا در سال ۱۹۲۱، توجه پژوهشگران زیادی در دنیا به ایجاد حفاظ های مناسب که بتوانند استانداردهای اعلام شده را ارضا کند، معطوف گردید. اولین مواد مورد استفاده در جهت حفاظ گذاری، سرب و مواد طبیعی (چوب، بتون، آهن و غیره) بوده است که البته با گذشت زمان و لزوم ارضاء مقررات و استانداردهای موجود، به اشکال گوناگون و کاملاً ارتقاء یافته، امروزه نیز مورد توجه و استفاده قرار میگیرند. استفاده از فلزات و مواد سنگین دیگر مانند تنگستن، بیسموت، اورانیوم و غیره، هرچند که کارایی مناسبی از خود نشان می دهند، هنوز بطور جدی مورد استفاده قرار نمیگیرند. با ورود به حوزه مواد کامپوزیتی به منظور ساخت حفاظ های مناسب و با حداکثر کارایی در دهه های گذشته، شاهد اتفاق جدیدی در این حوزه هستیم بطوریکه این نسل از حفاظ ها توانسته اند با:

۱. حفظ کارایی

۲. بسیار سبک تر
۳. با آلودگی زیست محیطی کمتر
۴. بعضاً با قیمت های رقابتی در مقایسه با حفاظ های سربی

عرضه شوند.

حفاظ در برابر اشعه ایکس و گاما

حفاظ پرتو ایکس و گاما، یک مانع فیزیکی است که بین چشمه پرتو و شیء یا هدف مورد حفاظت قرار میگیرد تا میزان تابش پرتوها را در محل مورد حفاظت کاهش دهد. جهت حفاظت در برابر پرتو های ایکس و گاما ممکن است مواد گوناگونی نظیر سرب، تنگستن، بیسموط، قلع، اورانیوم و تمامی فلزاتی که عدد اتمی بالایی دارند استفاده شود. در طراحی متداول حفاظ معمولاً تابش های گاما، X و نوترون مد نظر قرار می گیرند. میزان تضعیف پرتو های گاما متناسب با جرم و عدد اتمی ماده حفاظ است.

یادآوری میگردد گاما پرتویی الکترومغناطیسی با بسامد بالا و در نتیجه انرژی بالا است. اشعه گاما پرتویی یونیزان است که برای سلامتی مضر است. پرتو گاما بطور معمول در نتیجه فروپاشی حالت های انرژی بالای هسته های اتم تولید می شود.

از اشعه گاما در تشخیص سرطان و فیزیوتراپی و همچنین در تشخیص ترکیدگی لوله و بررسی چاه های نفت به عنوان آزمون غیرمخرب استفاده می شود.

در دستگاه های پرتو پزشکی که تنها بخشی از بدن فرد باید پرتو دهی شود استفاده از حفاظ های سربی و قالب های بتونی که مستحکم و غیر قابل انعطاف هستند مشکلاتی ایجاد خواهند کرد. در نتیجه سعی میشود تا جاذب های غیر سربی انعطاف پذیر به منظور حفاظت در برابر پرتو های یون ساز پزشکی ساخته شود. در این بین کامپوزیت های یکی از مناسبترین و پرکاربردترین مواد برای ساخت حفاظ تابش های هسته ای گاما با خواص مکانیکی مورد نظر است. یک ماده کامپوزیت، ترکیبی فیزیکی در مقیاس میکروسکوپی است که از دو یا چند ماده مختلف بدست آمده است. در ساده ترین حالت یک کامپوزیت شامل یک پایه پلیمری و یک یا چند جزء بعنوان پر کننده است.

به منظور دست یابی به خواص حفاظتی در برابر پرتوهای X و گاما ضروری است یک پرکننده بطور یکنواخت در ماتریس پلیمری قرار گیرد، در حفاظ های کامپوزیتی، استفاده از ذرات ریزتر، و در حالت ایده آل نانومتری، بعنوان پرکننده می تواند موجب افزایش استحکام مکانیکی، افزایش ضریب تضعیف، افزایش مقاومت در فرایند پرتوگیری، افزایش انعطاف پذیری و کاهش وزن و حجم گردد. در توضیح این موارد اینکه، افزایش زیاد درصد فاز پرکننده باعث کاهش استحکام مکانیکی کامپوزیت می گردد و همین مسئله حداکثر درصد افزودنی را با محدودیت عملی مواجه میکند. از طرفی،

در شرایطی که نسبت وزنی پرکننده ثابت بماند، کوچک شدن اندازه ذرات پرکننده استحکام مکانیکی کامپوزیت را افزایش می دهد.

بر این اساس با استفاده از ذرات ریزتر بدون اینکه از حداقل استحکام لازم عدول کنیم امکان افزایش درصد وزنی پرکننده در حفاظ کامپوزیتی فراهم میشود که به معنی افزایش ضریب تضعیف جرمی کامپوزیت می باشد. در نتیجه برای تامین یک مقدار جذب مشخص می توان از مقدار ماده کمتری (هم از نظر وزنی و هم جرمی) برای ساخت حفاظ استفاده کرد. مزیت دیگر استفاده از نانو ذرات در حفاظ های کامپوزیتی به افزایش ضریب جذب خطی گاما در انرژی های پایین بدلیل افزایش در زاویه پراکندگی باز میگردد. افزایش مقاومت حفاظ در پرتوگیری و حفظ انعطاف پذیری پلیمر به دلیل توزیع یکنواخت تر استرس در کامپوزیت و کم شدن تمرکز استرس در نقاط مختلف آن موارد دیگری از فواید استفاده از پرکننده های نانومتری در ساخت حفاظ می باشند.

حفاظت در محدوده پزشکی در برابر پرتو ایکس و گاما

در بخش رادیولوژی تشخیصی برای حفاظت پرسنل و بیماران از پرتوهای غیر ضروری یونیزاسیون از حفاظ هایی استفاده می شود که حاوی فلز سرب می باشند سرب با داشتن عدد اتمی بالا جاذب خوبی برای پرتو های ایکس در محدوده رادیولوژی تشخیصی است اما سمی بودن این فلز بطور کامل مشخص است و همچنین اثرات مخرب زیستی دارد. خاصیت سمی بودن سرب باعث میشود که تاثیرات بسیار بدی بر کودکان و سالخوردگان داشته باشد و با آسیب رساندن به پیوند های عصبی بخصوص در کودکان موجب بیماری های خونی و مغزی میشود. همچنین تماس با سرب در زنان باردار می تواند منجر به سقط جنین، مرده زایی، زایمان زودرس و تولد نوزاد کم وزن و حتی ناقص شود.

همچنین سرب استفاده شده حالت خوردگی و شکنندگی به خود میگیرد و پس از مدتی قابل استفاده نمی باشد و بعلت سنگینی، عدم راحتی و غیرقابل شستشو بودن، کارایی چندانی نخواهد داشت. امروزه از حفاظ های ترکیبی متشکل از ترکیب یکنواختی از یک پرکننده و نانو با یک پلیمر بی اثر مانند پلی اتیلن استفاده میشود. با این روش، علاوه بر تضعیف موثر در برابر پرتو های ایکس و گاما دیگر سمیت و اثرات مخربی که بر روی پرسنل بیمارستانی و بیماران از طریق سرب ناشی میشود را نخواهد داشت و سبکی این کامپوزیت، عدم سمی بودن و امکان دریافت خصوصیات تضعیف مشابه با سرب از مزایای این کامپوزیت می باشد.

در مورد تجهیزات حفاظت پرتویی فردی دو عامل لازم است توجه شود؛ ۱- حداکثر تضعیف پرتو ۲ - حداقل وزن محصول. علاوه بر این جایگزین های سرب، در سال های اخیر فناوری نانو به موضوعی جذاب برای محققین تبدیل شده است. از این رو در تحقیقات زیادی نشان داده شده است که نانو ذرات در برابر اشعه ایکس با انرژی در محدوده کاربرد پزشکی keV ۱۵-۱۵۰ توانمند بوده اند. ارائه افزایش قابلیت جذب فوتون را به بزرگی مساحت سطح به حجم نانو ذرات نسبت داده اند.

به عبارت دیگر، هر چه اندازه ابعاد یک ماده کوچکتر میشود نسبت اتم های سطحی به کل اتم ها بیشتر میشود. از آنجاییکه اتم های سطحی تعیین کننده خواص مواد هستند، می توان نتیجه گرفت تاثیر اتم های سطحی در تعیین خواص مواد در ماده ای با ابعاد کوچکتر نسبت به مواد با ابعاد بزرگتر، خیلی بیشتر و مشهودتر است.

با وجود اینکه استفاده از عناصر پرتوزا در پزشکی، کشاورزی و داروسازی و همچنین استفاده از انرژی هسته ای برای تولید برق و مزایای بی نظیر آن در مقایسه با انرژی های فسیلی، جوامع را ناگزیر در مسیر استفاده از این منابع و این انرژی قرار داده است، لیکن عدم رعایت نکات ایمنی میتواند سبب ایجاد آسیب های جدی و برگشت ناپذیر و غیر قابل درمان در نزد افرادی که به نحوی با پرتو سروکار دارند و یا افرادی که جهت تشخیص و درمان مراجعه می کنند شود. بنابراین سازمان های ملی و بین المللی مسئول حفاظت پرتویی سعی کرده اند با توصیه ها و تعیین حدود دوزهای مجاز برای پرسنل و افراد جامعه، اثرات زیانبار پرتو را کاهش دهند. از زمان کشف اشعه ایکس تا کنون گزارش هایی مختلفی در خصوص روش های کاهش دوز بیماران و پرسنل توسط برخی از سازمان های ملی و بین المللی منتشر شده است [۱][۲][۳][۴][۵].

اما با وجود مقررات موجود در خصوص حفاظت بیماران، دوز موثر ژنتیکی جامعه ۱^۴ (GSD) بطور خطی در حال افزایش است. دوز موثر ژنتیکی جامعه، مقیاس تابش گیری ژنتیکی جامعه از پرتو های یونساز است و بار ژنتیکی جامعه را نشان می دهد. این مقیاس تابش گیری از تشعشع علی رغم محدود شدنش در حال افزایش است زیرا تعداد مراجعه کنندگان برای رادیوگرافی روز بروز فزونی میبرد [۶]. به هر حال جامعه نگران اشعه ایکس و دیگر اشکال تشعشع است. استفاده صحیح از وسایل حفاظتی و حفاظ های انعطاف پذیر غیررسمی و بادوام و رعایت مقررات حفاظت در برابر پرتو می تواند تا حد زیادی اثرات و آسیب ها را کاهش دهد. استفاده از موادی همچون کامپوزیت های پلیمری که ضمن ایجاد حفاظت مناسب د ارای مزایای گسترده ایی از جمله سبک بودن و عدم ایجاد خطرات جانبی از جمله سمیت (که خود ایجاد کننده بیماری های ثانویه هستند) و همچنین دارا بودن دوام بالا به دلیل عدم امکان تغییر در ساختار مولکولی و از دست دادن خصوصیات حفاظتی و بدتر از آن تبدیل شدن به سورس ثانویه پرتو می باشد، کمک شایانی در بالا بردن سطح کیفیت حفاظت در برابر اشعه می نماید [۷].

در برخی موارد ساده ترین راه برای کاهش میزان پرتو گیری افرادی که با پرتو کار میکنند، قراردادن یک حفاظ بین منبع تولید پرتو و فرد است. امروزه با پیشرفت تکنولوژی، استفاده از فناوری هسته ایی در زمینه های مختلف صنعتی، پزشکی و تحقیقاتی رو به افزایش است. این پرتو ها، قابلیت نفوذ بالایی در مواد دارند و در صورتیکه با حفاظ مناسبی تضعیف نشوند می توانند به انسان، موجودات زنده و دستگاه ها آسیب های جدی وارد سازند و خطرات زیست محیطی جبران ناپذیری را ایجاد نمایند. لذا طراحی و ساخت حفاظ پرتو های رادیو اکتیو برای حفاظت افرادی که به نحوی با این تشعشعات یون ساز سروکار دارند، یکی از مهمترین مسائل در حفاظت پرتویی می باشد. حفاظ پرتو رادیو اکتیو یک مانع فیزیکی است که بین یک چشمه یونیزاسیون رادیواکتیو و هدف مورد حفاظت، قرار داده میشود تا میزان تابش پرتو ها را در

^۴ Genetically Significant Dose

محل مورد حفاظت به مقدار مطلوب کاهش دهد. خصوصیات تضعیف کنندگی حفاظ ها، به مواد و عناصر تشکیل دهنده آنها مربوط می شود. در رادیولوژی سرب همواره به عنوان یک انتخاب سنتی برای حفاظ گذاری^۵ مطرح بوده است. از این رو سرب در حیطه های مختلفی از جمله ساخت حفاظ ها و پوشش های حفاظتی انعطاف پذیر مانند روپوش ها، دستکش ها، حفاظ های تیروئید و نیز نوارها و یا پرده های اطراف دستگاه رادیوسکوپی، شیلدینگ تاسیسات ورودی به اتاقهای کار با اشعه و عبور از موانع موجود در دیوارها و سقف ها و حتی در وسایلی همچون پرده های حفاظتی دستگاه های بازرسی چمدان های مسافران در فرودگا ها و نظایر آن کاربردهای گسترده ای دارند.

برای ساخت حفاظ های سربی انعطاف پذیر معمولاً از موادی همچون پلیمرها و الاستومرها بعنوان بستری برای جای گرفتن ذرات سرب استفاده شده است. این در حالی است که اخیراً با توجه به سمیت قابل توجه سرب، بحث لزوم عبور از حفاظ های انعطاف پذیر سربی به حفاظ های عاری از سرب توسط دانشمندان مطرح شده است. حفاظ های محتوی سرب دارای معایبی هستند که می توان به موارد زیر اشاره کرد [۱۳][۱۲][۱۱][۱۰][۹][۸]:

۱. سمیت سرب
۲. وزن زیاد حفاظ های ساخته شده از سرب و صعوبت مهار کردن حفاظ های سربی و خطرات ساختمانی و غیر قابل کنترلی که این وزن بالا، به طور مثال در شرایط بحرانی مثل زلزله ایجاد میکند.
۳. نبودن انعطاف پذیری و استحکام توام و کافی بخاطر خصوصیات فیزیکی سرب در مواردی همچون شیلدهای اتاق ها و شیلدهای فردی نقش بسیار کلیدی در کاهش میزان کارایی آنها داشته است.
۴. ترک خوردن در هنگام خمیدگی و یا تا شدن
۵. مسائل مربوط به دفع سرب در محیط

مسمومیت ناشی از سرب یک مسئله جهانی است. سرب عمدتاً از راه گوارش و تنفس وارد بدن میشود [۱۴]. بر طبق اطلاعات موجود، سرب در خون، استخوان ها، بافت های نرم، مو، ناخن، ترشحات پانکراس، صفرا، معده و بزاق ذخیره میشود. سرب برای جوانان و کودکان و نوزادان بویژه برای رشد ذهنی و سیستم عصبی ضرر دارد. سازمان بهداشت جهانی حد آستانه مجاز برای میزان سرب خون برای بالغین را ۲۰ تا ۳۰ میکروگرم در دسی لیتر خون ذکر کرده است. مقادیر بیش از این محدوده منجر به اثرات بیولوژیکی و تاثیر بر رشد سلولهای مغز استخوان میشود. آستانه مجاز سرب برای کودکان بین ۱۵ تا ۲۰ میکروگرم در دسی لیتر خون است و وجود سرب در غلظتی بیش از آن برای کودکان عوارض فیزیولوژیکی و بیولوژیکی بدنبال دارد. بسیاری از مردم منابع معمول سرب را می شناسند اما از خطرات مسمومیت با سرب آگاهی کافی ندارند [۱۹][۱۸][۱۷][۱۶][۱۵].

بعلاوه شواهدی وجود دارد که وزن زیاد ورق های سرب و ایجاد بار اضافی در ساختمان بیمارستان ضمن امکان بازشدگی درز بین ورق های سربی در طولانی مدت و نشت خاموش اشعه در هنگام بروز وقایع طبیعی مثل زلزله باعث

^۵Shielding

ایجاد سهولت در آوار شدن اتاق های کار با اشعه و مختل شدن خدمات رسانی میشود و همچنین وزن زیاد روپوش های سربی در رادیولوژیست ها و کاردیولوژیست ها در مدت طولانی باعث کمردرد و گردن درد میشود [۲۰]. تحمل وزن یک روپوش سربی به وزن ۶/۸ کیلوگرم می تواند فشاری معادل ۱۳۶ کیلوگرم بر هر اینچ مربع از دیسک بین مهره ای وارد کند [۲۱].

سرب در دامنه انرژی های پایین به خاطر برخوردای از عدد اتمی بالا $Z=82$ از مزیت خوبی برخوردار است. انتخاب یک پرکننده برای حفاظ سازی یا استفاده از حفاظ های ترکیبی و استفاده از آن در ماتریس پلیمری می تواند در عین برخورداری از تضعیفی مشابه با تضعیف سرب، تا حد قابل توجهی وزن حفاظها را کاهش دهد [۱۰]. با توجه به این مطالب لزوم طراحی و ساخت حفاظ های فاقد مواد سمی، سبک و دارای تضعیف فوتونی مناسب از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است و تحقیقات راجع به جایگزینی حفاظ های سربی با حفاظ های عاری از سرب توسط یکی از شرکت های دانش بنیان ایرانی همچنان ادامه دارد.

١. Rezaei Tavirani M. Biophysics Tehran, Andishe ye zohour publishing, ٢٠٠٨
٢. Ej H., Radiobiology for the Radiologist, ٥th edition Tehran, Tarbiat Modares university publishing, translated by Mozdarani H, ٢٠٠٢
٣. Mozdarani H., Biological Dosimetry. Tehran: Teb e Novin, ٢٠٠٣
٤. Cember H, Introduction to Health Physics Tehran, Markaze Nashre Daneshgahi publishing, ١٩٨٣
٥. Archer BR Recent History of the Shielding of Medical X-ray imaging facilities, Health Phys, ٥٧٩-٥٨٦, ٢٠٠٥
٦. Dowd S., Practical Radiation Protection and Applied Radiobiology. Tehran: Tarbiat Modares university, ٢٠٠٠
٧. Steyn P., and Uhrig F., "The role of protective lead clothing in reducing radiation exposure rates to personnel during equine bone scintigraphy," Vet. Radiol. Ultrasound, vol. ٤٦, no. ٦, pp. ٥٢٩-٥٣٢, ٢٠٠٥
٨. Christodoulou E., Goodsitt M., Larson S. C., Darner K. L., Satti J., and Chan H. P., "Evaluation of the transmitted exposure through lead equivalent aprons used in a radiology department, including the contribution from backscatter ," Med. Phys., vol. ٣٠, no. ٦, pp. ١٠٣٣-١٠٣٨, ٢٠٠٣
٩. Takano Y١ K. M., Okazaki K., Ono K., "Experimental and theoretical studies on radiation protective effect of a lighter non-lead protective apron," pp. ١٠٢٧-٣٢, ٢٠٠٥
١٠. McCaffrey J. P., Shen H., Downton B., and Mainegra-Hing E., "Radiation attenuation by lead and nonlead materials used in radiation shielding garments.," Med. Phys., vol. ٣٤, no. ٢, pp. ٥٣٠-٥٣٧ , ٢٠٠٧
١١. Schlattl H., Zankl M., Eder H. and Hoeschen C., "Shielding properties of lead-free protective clothing and their impact on radiation doses," Med. Phys., vol. ٣٤, no. ١١, p. ٤٢٧٠, ٢٠٠٧
١٢. Warren –Forward H., Cardew P., Smith B., Clack L., McWhirter K., Johnson S. and Wessel K., "A comparison of dose saving of lead and lightweight aprons for shielding of ^{٩٩}m-Techneium radiation," Radiat. Prot. Dosimetry, vol. ١٢٤, no. ٢, pp. ٨٩-٩٦, ٢٠٠٧
١٣. Yue K., Luo W., Dong X., Wang C., Wu G., Jiang M. and Zha Y., "A new lead-free radiation shielding material for radiotherapy," Radiat. Prot. Dosimetry, vol. ١٣٣, no. ٤, pp. ٢٥٦-٢٦٠, ٢٠٠٩

١٤. Martinez T.P., "Lead substitution and elimination study," Radioanal. Nucl. Chem., pp. ٣٩٧-٤٠٢, ٢٠٠١
١٥. Stretesky P. B. and Lynch M. J., "The relationship between lead exposure and homicide," Arch. Pediatr. Adolesc. Med., vol. ١٥٥, no. ٥, pp. ٥٧٩-٨٢, ٢٠٠١
١٦. Healey N., "Lead toxicity vulnerable subpopulations and emergency preparedness," Radiation Protection Dosimetry, vol. ١٣٤, no. ٣-٤. Pp. ١٤٣-١٥١, ٢٠٠٩
١٧. Rahman A. H. A., "Blood Lead Levels During Pregnancy and Pregnancy Outcome in Karachi Women," pp. ٥٢٩-٥٣٣, ٢٠٠٣
١٨. m Tozun B. S., A Unsal, "The Lead Exposure among Lead Workers," Iran. J. Public Health , ٢٠٠٩
١٩. Memon F., Vasandani G. S., "Effect of Low Blood Lead Levels on Anaemia Indicators and Creatinine Clearance Rate of Workers Occupationally Exposed to Lead," vol. ٥(٢), pp. ٣١-٣٣, ٢٠٠٩
٢٠. Moore B., VanSonnenberg E., Casola G. and Novelline R. A., "The relationship between back pain and lead apron use in radiologists," Am. J. Roentgenol., vol. ١٥٨, no. ١, pp. ١٩١-١٩٣, ١٩٩٢
٢١. Khalili TM, Abdel-Moty EM., "Guide to Prevent and Rehabilitation," Ergonomics New York Van Nostrand , ١٩٩٣
٢٢. Barlow A., "Radiation Processing of Polyethylene," Int. Radiat. Process. Meet., ١٩٧٨
٢٣. Markovic V., "Crosslinking Effects on Flow Irradiated Polyolefins," Mod. plast ١٩٧٩
٢٤. Burns N., "The Radiation Crosslinking of Ethylene Copolymers," ١٩٧٨
٢٥. McCaffrey J. P., Mainegra-Hing E. and Shen H., "Optimizing non-Pb radiation shielding materials using bilayers," Med. Phys., vol. ٣٦, no. ١٢, pp. ٥٥٨٦-٥٥٩٤, ٢٠٠٩
٢٦. Zuguchi M., Chida K., Taura M. Y., Ebata A. and Yamada S., "Usefulness of non-lead aprons in radiation protection for physicians performing interventional procedures," Radiat. Prot. Dosimetry, vol. ١٣١, no. ٤, pp. ٥٣١-٥٣٤, ٢٠٠٨
٢٧. Yusof M. R., Abdullah Y. and Samsu Z., " Study of the Effect of Boron Carbide Content in Concrete as Radiation Shielding Application," Adv. Mater. Res., vol. ٥٣٥-٥٣٧, pp. ١٨٧٧-١٨٨, ٢٠١٢
٢٨. Abdel-Aziz M. M., Gwaily S. E., Makarious A. S. and El-Sayed Abdo A., "Ethylene-propylene diene rubber / low density polyethylene / boron carbide composites as neutron shields," Polym. Degrad. Stab., vol. ٥٠, no. ٢, pp. ٢٣٥-٢٤٠, ١٩٩٥
٢٩. Huasi H., Wang Q., Qin J., " Study on Composite Material for shielding Mixed Neutron and Gamma-Rays," Nuclear science , vol.٥٥, No.٤, Agust ٢٠٠٨

۳۰. Kim J., Seo D., Miller W.,” Nano-W Dispersed Gamma Radiation Shielding Materials,” Advanced engineering Materials, ۲۰۱۴
۳۱. Week B., “ Radiation Bright New Future,” Special Report, ۱۹۷۷
۳۲. Mellberg R. S., Radiation Processing, Research Report No. ۶۱۸, SRI International, ۱۹۷۹
۳۳. Park S,” Enhanced Electromagnetic Interference Shielding through the use of Functionalized Carbon Nanotube-Reactive Polymer Composites,” TNANO-۰۰۰۱۳-۲۰۰۹
۳۴. Bekyarova E., Thostenson T.,” Functionalized signal-walled carbon nanotubes for carbon fiber-epoxy composites,” physical chemistry, vol.۱۱۱, pp.۱۷۸۶۰-۱۷۸۷۱, ۲۰۰۷
۳۵. Nichols J., Deck C.,’ Artificial introduction of defects into vertically aligned multiwall CNT ensembles: application to electrochemical sensors.’ Applied physics, vol. ۱۰۲, ۲۰۰۷
۳۶. Fujimori T., Tsuruoka Sh.,” Outstanding X-ray shielding effects of CNTs,” Department of physics, USA, ۲۰۱۱
۳۷. Dudley K.L., Novel Carbon Nanotube-Polystyrene Foam Composites for Electromagnetic Interference Shielding .” Nano Lett ۵, ۲۰۰۵
۳۸. Hubbel J.H., Seltzer S.M., NIST Standard Reference Database ۱۲۶, ۲۰۰۴
۳۹. McCaffrey J.P., “ Radiation shielding materials and radiation scatter effects for interventional radiology (IR) physicians
۴۰. Finnerty M., Brennan PC.,” Protective aprons in imaging departments: manufacturer stated lead equivalence values require validation.” Eur Radiol, ۱۴۷۷-۱۴۸۴, ۲۰۰۵
۴۱. Scuderi J., Brusovanik V.,” Evaluation of non-lead-based protective radiological material in spinal surgery,” The Spine Journal, ۵۷۷-۵۸۲, ۲۰۰۶

پایان