

مقدمه:

امروزه کاربرد منابع و تجهیزات پرتوزا در فناوریهای نوین صنعتی از جایگاه ویژه ای برخوردار بوده و همگام با توسعه این فناوریها رو به گسترش نیز می باشد.

از جمله پرتوهائی که در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند می توان به پرتوهای ایکس و گاما اشاره کرد. در پرتونگاری صنعتی از خواص نفوذ پذیری پرتوهای ایکس و گاما که تنها تفاوت آنها در منشاء تولیدشان می باشد استفاده می شود. طول موج پرتوهای گامای مورد استفاده در پرتونگاری صنعتی به مراتب کوتاهتر از پرتوهای ایکس تولیدی توسط دستگاههای معمول ایکس ساز صنعتی بوده، در نتیجه قدرت نفوذ آنها بیشتر می باشد.

با توجه به اختلاف قدرت نفوذپذیری پرتوهای ایکس و گاما کاربرد هریک از این دسته پرتوها در پرتونگاری صنعتی جایگاه ویژه ای دارد. از پرتوهای ایکس عمدتاً جهت پرتونگاری از مواد سبک و نازک و از پرتو گاما برای قطعات ضخیم و با چگالی بالا استفاده می شود.

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

مجموعه تهیه شده در مرحله بازنگری صفر می باشد، لذا مدیریتها/رؤسای محترم HSE می توانند پس از اجرای این دستورالعمل در صنعت نفت و در راستای بهبود روشها و برنامه های بهداشتی، پیشنهادات اصلاحی خود را از طریق مدیران HSE شرکت های اصلی ذیربط به اداره کل HSE وزارت نفت ارسال نمایند. اقدامات اصلاحی مرتبط در بازنگری آتی مدنظر قرار خواهد گرفت و شرح بازنگری در این قسمت درج خواهد شد.

لازم است موارد مطروحه در این مجموعه به صورت حداقل الزامات در نظر گرفته شود.

۱. هدف

هدف از تدوین این مجموعه، ارائه یک راهنما برای تحقق موارد ذیل است:
 الف) آشنائی با فرآیند پرتونگاری صنعتی
 ب) نیازمندیها و اصول حفاظت در برابر اشعه

۲. دامنه کاربرد

این دستورالعمل برای استفاده در کلیه زیرمجموعه‌های وزارت نفت شامل چهار شرکت اصلی، شرکتهای فرعی و تابعه و نیز عملیات پیمانکاری تدوین گردیده است.

۳. مراجع

۱. هرمان سمبر، مقدمه ای بر فیزیک بهداشت، ۱۳۷۹.
۲. مزدارانی حسین، دوزیمتری بیولوژیکی، ۱۳۸۲.
۳. سازمان انرژی اتمی، فیزیک بهداشت، ۱۳۸۲.
۴. سازمان انرژی اتمی، مجموعه قوانین و مقررات حفاظت در برابر اشعه

5. IAEA, Safety Series No:13.
6. IAEA, Tec Doc 1162.
7. IAEA, Tec Doc 1092.

۴. مسئولیتها

۴-۱. وظایف دارندگان پروانه ثبت، اشتغال و کارفرمایان

- دارندگان پروانه ثبت، اشتغال و کارفرمایان در رابطه با فعالیتهایی که باعث پرتوگیری عادی یا بالقوه می‌شوند، مسئول حفاظت کارکنان در برابر پرتوگیری شغلی و رعایت سایر مقررات حفاظت در برابر پرتو می‌باشند.

- دارندگان پروانه ثبت، اشتغال و کارفرمایان، موظف به رعایت مقررات حفاظت در برابر پرتو در رابطه با پرتوگیری شغلی از منابع طبیعی و مصنوعی مشمول حفاظت در برابر پرتو می‌باشند.

- دارندگان پروانه ثبت، اشتغال و کارفرمایان، در مورد کارکنانی که پرتوگیری شغلی می‌کنند یا احتمال پرتوگیری شغلی دارند باید اطمینان دهند که:

الف) پرتوگیری شغلی کارکنان از حدهای تعیین شده در جدول ۱ تجاوز نمی‌کند.

ب) حفاظت و ایمنی شغلی کارکنان براساس کلیات حفاظت در برابر پرتو بهینه است.

- ج) تصمیم‌گیری در ارتباط با معیارهای حفاظت و ایمنی شغلی ثبت شده و طبق دستورالعمل‌های واحد قانونی در دسترس افراد ذیربط یا نمایندگان آنها قرار می‌گیرد.
- د) سیاستها، دستورالعمل‌ها و تشکیلات سازمانی حفاظت و ایمنی جهت اجرای مقررات حفاظت در برابر پرتو وضع شده و طراحی و معیارهای فنی به منظور کنترل پرتوگیری شغلی در اولویت قرار دارند.
- ه) امکانات، تجهیزات و خدمات مناسب و کافی برای حفاظت و ایمنی تهیه شده و کیفیت و کمیت آنها متناسب با مقدار و احتمال پرتوگیری شغلی است.
- و) امکان انجام آزمایشهای پزشکی دوره‌ای فراهم شده است.
- ز) وسایل حفاظتی و پایش مناسب تهیه و ترتیب استفاده صحیح از آنها داده شده است.
- ح) جهت تأمین و آموزش نیروی انسانی مناسب و برگزاری دوره‌های بازآموزی در زمینه حفاظت و ایمنی برای حصول اطمینان از صلاحیت علمی و فنی آنها، اقدام لازم صورت گرفته است.
- ط) اطلاعات براساس مقررات حفاظت در برابر پرتو ثبت و نگهداری می‌شوند.
- ی) برای دستیابی به اجرای مؤثر دستورالعمل حفاظت در برابر پرتو ترتیبی اتخاذ شده است که همکاری و مشاوره با کارکنان یا نمایندگان آنها در زمینه حفاظت و ایمنی امکان‌پذیر می‌باشد.
- ک) شرایط لازم برای ترویج فرهنگ ایمنی فراهم شده است.

پرتوگیری جوانان بین ۱۶ تا ۱۸ سال	پرتوگیری مردم	پرتوگیری شغلی کارکنان	دز دریافتی
(میلی‌سیورت در سال)	(میلی‌سیورت در سال)	(میلی‌سیورت در سال)	
۶	۱**	۲۰*	دز مؤثر سالانه
۵۰	۱۵	۱۵۰	دز معادل عدسیهای چشم
۱۵۰	۵۰	۵۰۰	دز معادل برای اندامهای جانبی (دست و پا) و برای پوست***

جدول ۱- حد های مجاز پرتوگیری افراد

- دز مؤثر سالانه می‌تواند تا ۵۰ سیورت در سال افزایش یابد مشروط بر اینکه میانگین دز در ۵ سال متوالی از ۲۰ میلی‌سیورت تجاوز نکند .
- دز مؤثر سالانه می‌تواند تا ۵ میلی‌سیورت در سال افزایش یابد مشروط بر اینکه میانگین دز در ۵ سال متوالی از ۱ میلی‌سیورت تجاوز نکند .
- دز معادل پوست برابر میانگین دز در ۱ سانتیمتر مربع از پوست است که بیشترین پرتوگیری را دارد.

- دارندگان پروانه ثبت، اشتغال و کارفرمایان باید اطمینان دهند که پرتوگیری کارکنانی که به طور مستقیم با منبع سروکار ندارند یا در کار آنها از منبع استفاده نمی‌شود (بجز چشمه‌های طبیعی) از حد پرتوگیری مردم تجاوز نمی‌کند.

- دارندگان پروانه ثبت یا اشتغال به منظور استخدام افراد جدید، باید سابقه پرتوگیری قبلی و سایر اطلاعات مورد نیاز در حفاظت و ایمنی را از کارفرما و یا از فرد خود اشتغال، برای مطابقت دادن با این استاندارد دریافت نمایند.

۴-۲. وظایف کارکنان

الف) مقررات و دستورالعمل‌های حفاظت و ایمنی قابل اجرا که توسط دارندگان پروانه ثبت، اشتغال یا کارفرمایان مشخص شده‌اند را اجرا نمایند.

ب) از وسایل پایش، تجهیزات و لباسهای حفاظتی به طور صحیح استفاده کنند.

ج) با دارندگان پروانه ثبت، اشتغال یا کارفرمایان در زمینه حفاظت و ایمنی، برنامه‌های تعیین دز و آزمایشهای دوره‌ای پزشکی، براساس مقررات حفاظت در برابر پرتو همکاری نمایند.

د) اطلاعات مربوط به مسائل حفاظت و ایمنی خود و دیگران را در امور جاری و یا گذشته به دارنده پروانه ثبت، اشتغال یا کارفرمایان ارائه دهند.

ه) از اعمال خودسرانه که موجب شود خود یا سایرین در وضعیتی قرار گیرند که مغایر با مقررات استاندارد حفاظت در برابر پرتو باشد، اجتناب نمایند.

و) اطلاعات، دستورالعمل‌ها و آموزشهایی که در رابطه با حفاظت و ایمنی داده می‌شود و آنها را قادر می‌سازد تا براساس مقررات این استاندارد فعالیت نمایند، بپذیرند.

- دارندگان پروانه ثبت و اشتغال به عنوان یک پیش‌شرط برای بکارگیری کارکنان در عملیاتی که پرتوگیری یا احتمال پرتوگیری آنها از منبع خارج از کنترل دارنده پروانه وجود داشته باشد، باید اطلاعات مورد نیاز را در رابطه با حفاظت کارکنان براساس استاندارد حفاظت در برابر پرتو به کارفرما ارائه دهند تا کارفرما بتواند آنها را با سایر قوانین و مقررات اجرایی در ارتباط با خطرات محل کار مطابقت دهد.

۴-۳. شرایط کار

- شرایط کار باید مستقل از وقوع یا احتمال پرتوگیری شغلی کارکنان باشد، هرگز نباید مزایای خاص نظیر پرداخت پاداش ویژه، افزایش امتیاز ضریب حقوقی، پوشش بیمه‌های خاص، کاهش ساعت کار، مدت مرخصی، افزایش تعطیلات یا مزایای بازنشستگی به جای رعایت معیارهای حفاظت و ایمنی این استاندارد اعطاء یا استفاده گردد.

- کارکنان زن:

الف) کارکنان زن باید پس از آگاهی از بارداری، مراتب را به کارفرما اطلاع دهند تا در صورت لزوم نسبت به تغییر وضعیت کاری آنها اقدام شود.

ب) اظهار بارداری نباید دلیل بر برکناری از کار باشد. اما کارفرما باید شرایط کاری وی را طوری انتخاب کند که پرتوگیری جنین، از حد پرتوگیری افراد عادی تجاوز نکند.

- جوانان :

الف) افراد کمتر از ۱۶ سال نباید در معرض پرتوگیری شغلی قرار گیرند.

ب) افراد کمتر از ۱۸ سال مجاز به کار در ناحیه کنترل شده نمی باشند مگر برای اهداف آموزشی توأم با نظارت.

۵. شرح

۵-۱. آشنایی با فرایند پرتونگاری صنعتی

۵-۱-۱-۱-۵ اجزاء و تجهیزات مورد نیاز جهت پرتو نگاری

منظور از تجهیزات پرتونگاری، مجموعه ابزار، وسایل و تجهیزاتی است که همراه منبع پرتو و پرتونگار جهت انجام عملیات پرتونگاری و یا در موارد سوانح پرتوی استفاده می گردد. شناخت این تجهیزات و استفاده صحیح از آنها موجب کاهش پرتوگیری پرتوکاران به حداقل ممکن می شود. ذیلاً در خصوص بخش مهمی از این تجهیزات بحث خواهد شد.

۵-۱-۱-۱-۵-۱ باریکه ساز

محدود کردن دسته پرتوی که جهت انجام پرتو نگاری و خلق یک تصویر استفاده می گردد به کمترین مقدار قابل قبول به گونه ای که به کیفیت تصویر صدمه ای وارد ننماید، ضروری است. بدین منظور ایز محدود کننده های پرتو به نام باریکه ساز (کولیماتور) جهت مشخص نمودن ابعاد و شکل میدان تابش استفاده می شود. در دستگاه پرتو ایکس، باریکه ساز بین چشمه و نمونه قرار گرفته و زاویه خروجی پرتو قابل تنظیم می باشد و در دوربین پرتونگاری گاما، باریکه ساز در انتهای لوله هدایت نصب می گردد و قابل تعویض با باریکه سازهای دیگر جهت تغییر زاویه می باشد. ^۱ در شکل ۱ تصاویری از یک نوع باریکه ساز مورد استفاده در پرتو نگاری نشان داده شده است.

^۱ معمولاً برای ساخت این ابزار از عناصر سنگین به ویژه تنگستن و سرب استفاده می شود.

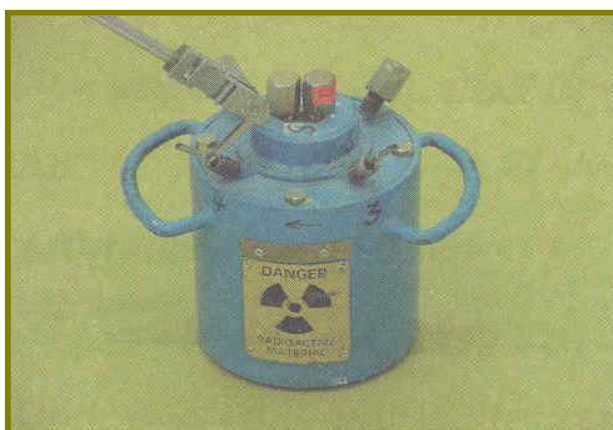


شکل ۱. تصاویری از یک نوع باریکس ساز مورد استفاده در پرتونگاری در سه زاویه مختلف

- از مزایای مهم باریکس سازها به ویژه در پرتونگاری با دوربین گاما می توان به موارد زیر اشاره کرد :
- کاهش قابل ملاحظه پرتوگیری پرتو نگار
 - کاهش پرتوهای پس پراکنده و در نتیجه افزایش کیفیت تصویر
 - ایجاد نیم سایه از معایب کاربرد این وسیله در دستگاه پرتو ایکس می باشد.

۵-۱-۱-۲- محفظه جابجائی چشمه

از این محفظه جهت مقابله با سوانح احتمالی به هنگام خروج چشمه از دوربین استفاده می گردد . وجود این وسیله به همراه تیم پرتو نگاری جهت استفاده در موارد ضروری و مقابله با سوانح احتمالی الزامی است . شکل (۲) یک نمونه از محفظه جابجائی چشمه را نشان می دهد.



شکل ۲- محفظه جابجائی چشمه

۵-۱-۱-۳- کیسه ساچمه سربی

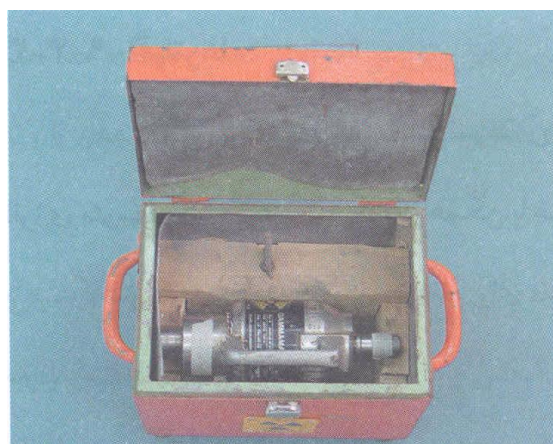
هنگام بیرون افتادن چشمه از دوربین و یا گیر کردن آن در لوله هدایت از کیسه ساچمه سربی جهت مهار موقت آن استفاده می شود . در شکل (۳) چگونگی استفاده از کیسه ساچمه سربی جهت حفاظ پرتوهای ناشی از منبع پرتوزا که در لوله هدایت گیر کرده است ، نشان داده شده است .



شکل ۳- استفاده از کیسه ساچمه سربی جهت حفاظ پرتوهای ناشی از منبع پرتوزا که در لوله هدایت گیر کرده است

۵-۱-۱-۴- جعبه حمل و نقل

از این وسیله جهت جابجائی دوربین استفاده می شود. بر روی جعبه حمل و نقل مشخصات دوربین و چشمه و علامت وجود ماده پرتوزا موجود می باشد. جعبه حمل و نقل از گم شدن چشمه و خرابی دوربین در اثر ضربه جلوگیری می کند. در شکل (۴) یک نمونه از این وسیله نشان داده شده است.

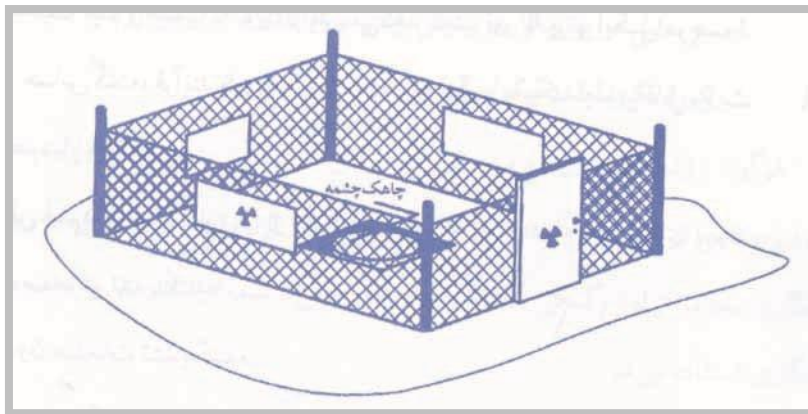


شکل ۴- نمونه ای از جعبه حمل و نقل دوربین پرتو نگاری



۵-۱-۱-۵- چاهک نگهداری چشمه

جهت نگهداری مناسب دوربین و چشمه از یک چاهک مناسب که دور از آسیب های محیطی باشد، استفاده می شود، میزان دز روی سطح چاهک نباید بیش از $5\mu\text{Sv/h}$ باشد. همچنین ضروریست چاهک به گونه ای محصور گردد که میزان دز در مرز محیط محصور شده بیش از $2.5\mu\text{Sv/h}$ نباشد. تجهیز چاهک و محصور کننده آن به در و قفل مناسب و علامت وجود مواد پرتوزا و اطلاعات لازم ضروری است (شکل ۵).



شکل ۵- چاهک نگهداری چشمه پرتوزا

۵-۱-۱-۶- فیلم های پرتونگاری و صفحات تشدید کننده

فیلم پرتونگاری یک فیلم عکاسی می باشد که هر دو طرف پایه آن با لایه حساس پوشانده شده است. ماده حساس به نور از لایه کریستال آیدوبرماید نقره می باشد. ناخالصی های موجود در ساختمان هالید نقره حساسیت فیلم را نسبت به نور افزایش می دهد تابش نور یا پرتو ایکس موجب ایجاد تصویر مخفی در ماده حساس گشته، فرآیند ظهور و ثبوت، تصویر فوق را به یک تصویر قابل رویت از متالیک نقره سیاه رنگ تبدیل می کند. بطور کلی فیلم های پرتونگاری را از نظر کاربرد می توان به دو دسته تقسیم بندی نمود:

- فیلم های با صفحات تشدید کننده

- فیلم های بدون صفحات تشدید کننده

صفحات تشدید کننده عمل تقویت پرتو ورودی و تسریع در ایجاد تصویر بر روی فیلم را به عهده دارند. این صفحات در دو یا یک طرف فیلم قرار می گیرند به گونه ای که لایه بالایی فیلم موجب تبدیل پرتو تابیده شده به فوتونهای نور مرئی یا ذرات باردار مانند الکترونها شده و لذا اثر فوتونهای اولیه را تشدید

می‌کند. از آن جایی که فیلم‌های پرتونگاری نسبت به نور مرئی و ذرات باردار حساسیت بیشتر دارند، بنابراین سریع‌تر موجب ایجاد تصویر شده و باعث کاهش زمان پرتودهی خواهند شد. از دیدگاه حفاظت در برابر اشعه، فیلم‌های با صفحات تشدید کننده به دلیل کاهش پرتوگیری پرتونگار، بر فیلم‌های بدون صفحات تشدید کننده ترجیح داده می‌شوند.

بطور معمول صفحات تشدید کننده‌ای که در پرتونگاری صنعتی بکار می‌روند از نوع سربی می‌باشند. از خواص این نوع صفحات، تبدیل پرتوهای ایکس و گاما به ذرات الکترون می‌باشد. چنانچه از صفحات تشدید کننده در دو طرف فیلم استفاده شود، لایه سربی پایین فیلم اثر تضعیف پرتوهای پراکنده را به همراه خواهد داشت و لذا موجب بالا رفتن کیفیت تصویر می‌شود. لایه پایین فیلم معمولاً ضخیم‌تر از لایه بالایی انتخاب می‌گردد.

۵-۱-۱-۵ - کاست فیلم

کاست‌های فیلم پرتونگاری محافظ فیلم در برابر ضربه، فشار و رطوبت و جلوگیری از رسیدن نور به فیلم می‌باشند. کاست‌ها از مواد انعطاف‌پذیر و یا از مواد سخت ساخته می‌شوند. کاست‌های انعطاف‌پذیر که از مواد PVC ساخته می‌شوند به راحتی روی قطعه‌های دارای انحناء نظیر لوله‌ها قرار می‌گیرند و به همین دلیل در پرتونگاری صنعتی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۵-۱-۱-۸ - گیره نگهدارنده نوک پرتودهی

هرگونه لرزشی که در ابزار نوک پرتودهی حاصل شود باعث پایین آمدن کیفیت تصویر به واسطه عدم وضوح ناشی از حرکت می‌گردد، لذا به منظور اجتناب از لرزش چشمه و خرابی تصویر و متعاقب آن پرتونگاری مجدد، از لوازم کمکی مانند گیره‌های مغناطیسی، تسمه‌ای، انبرکش و... در هنگام عملیات پرتونگاری استفاده می‌شود.

۵-۱-۱-۹ - علامت گذارهای سربی

به منظور تعیین موقعیت دقیق سرجوش‌ها و جهت بستن فیلم برای تعمیرات احتمالی ناشی از عیوب، بعد از تفسیر فیلم، مشخص نمودن پرتونگار، نام شرکت، نام پروژه، علائم مربوط به پرتودهی مجدد (RS)، علامت مربوط به شدت پرتوهای پراکنده (B)، علامت (F) مربوط به قرار گرفتن IQI به سمت فیلم، تاریخ و... از مشخص کننده‌های سربی استفاده می‌شود. در این میان استفاده از متر سربی جهت تعیین محل دقیق عیب و برطرف نمودن آن حائز اهمیت می‌باشد. ضروریست علامت‌گذارهای سربی تا حد ممکن به سمت فیلم قرار گیرد.

۵-۱-۱-۱۰ - شاخص کیفیت تصویر

از ابزار شاخص کیفیت تصویر (IQI) برای تعیین حساسیت یا کیفیت تصویر استفاده می‌شود. به عبارت دیگر این وسیله، شاخصی است که به طور غیر مستقیم توانایی آشکار شدن عیوب داخل نمونه بر روی تصویر را بصورت مقایسه‌ای نشان می‌دهد.

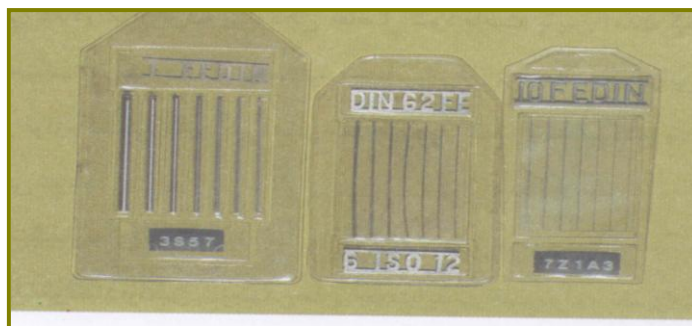
هنگام استفاده از IQI، رعایت موارد زیر توصیه می‌شود:

- IQI از جنس نمونه مورد آزمایش باشد.

- سیم‌های نازک IQI به سمت خارج دسته پرتو باشد.

- در صورت امکان در سمت چشمه قرار گیرد.

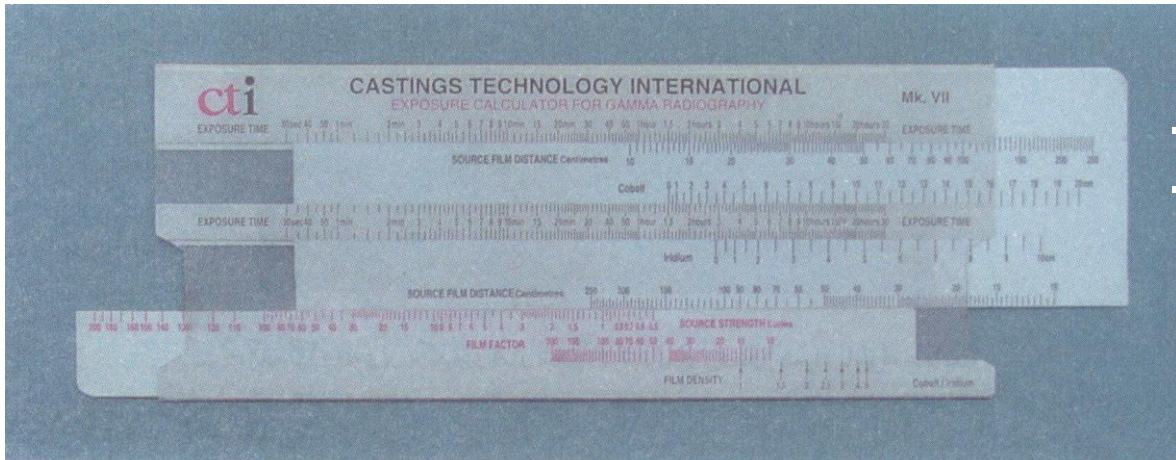
معمول‌ترین شاخص‌های کیفیت تصویر که در پرتونگاری مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از شاخص نوع سیمی، حفره‌ای و پله‌ای. در شکل ۶ شاخص نوع سیمی نشان داده شده است.



شکل ۶- تصاویری از شاخص کیفیت تصویر نوع سیمی در پرتونگاری صنعتی

۵-۱-۱-۱۱ - خط کش محاسبه

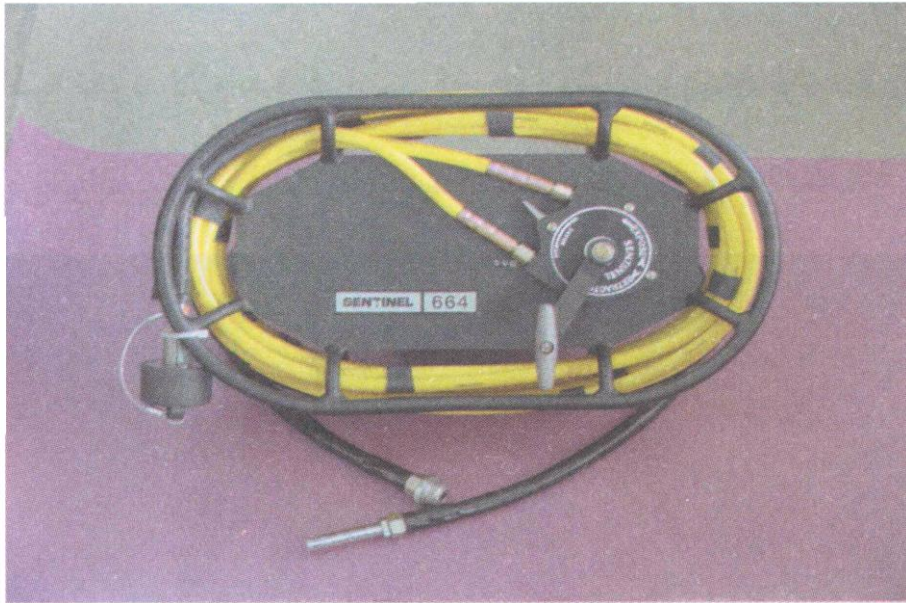
برای محاسبه زمان پرتودهی در پرتونگاری گاما علاوه بر فرمولهای مورد استفاده و نمودار، می‌توان از خط کش محاسبه نیز استفاده نمود. با در دست داشتن اطلاعات فنی شامل دانسیته نمونه، پرتو زایی چشمه، نوع فیلم، فاصله تا چشمه و ضخامت نمونه، می‌توان زمان پرتونگاری را به سادگی با استفاده از خط کش محاسبه نمود. لازم به ذکر است که برای محاسبه زمان پرتودهی در دستگاه پرتو ایکس از نمودار پرتودهی نیز می‌توان بهره گرفت (شکل ۷).



شکل ۷- تصویری از یک نمونه خط کش، جهت محاسبه زمان پرتودهی

۵-۱-۱-۱۲- دستگاه کنترل از راه دور

دستگاه کنترل از راه دور وسیله‌ای است که به کمک آن می‌توان چشمه را از فاصله نسبتاً دوری به سمت نوک پرتودهی هدایت نمود. این دستگاه شامل قسمت بدنه (چرخ دنده و دسته) و لوله کنترل از راه دور می‌باشد. کلیه دستگاههای فوق می‌بایست دارای مقداری خلاصی باشد تا بتوان از اتصال دقیق سیستم به مدار مطمئن شد. دستگاههای کنترل از راه دور در دو نوع پایه‌ای و شانه‌ای در طولهای مختلف در دسترس می‌باشد. سیستم پایه‌ای روی زمین قرار می‌گیرد. در سیستم شانه‌ای قاب نگهدارنده به کمک یکدست روی شانه، سینه، کمر و یا ران مستقر شده و با دست دیگر عملیات خارج کردن چشمه صورت می‌پذیرد. سیستم اخیر در مناطق ناهموار و در موقعیت‌های دشوار مناسب می‌باشد. بعضی از دستگاههای کنترل از راه دور مجهز به مترشمار یا شماره دور گردان می‌باشد که با کمک آنها می‌توان فاصله چشمه از دوربین و یا تعداد دورهای رفت و برگشت را اندازه‌گیری نمود. در غیر اینصورت پرتونگار می‌بایست تعداد دورهای رفت و برگشت را جهت اطمینان از قرار گرفتن چشمه در موقعیت ایمن شمارش نماید. تعداد دورهای رفت و برگشت به طول لوله هدایت بستگی دارد (شکل ۸).

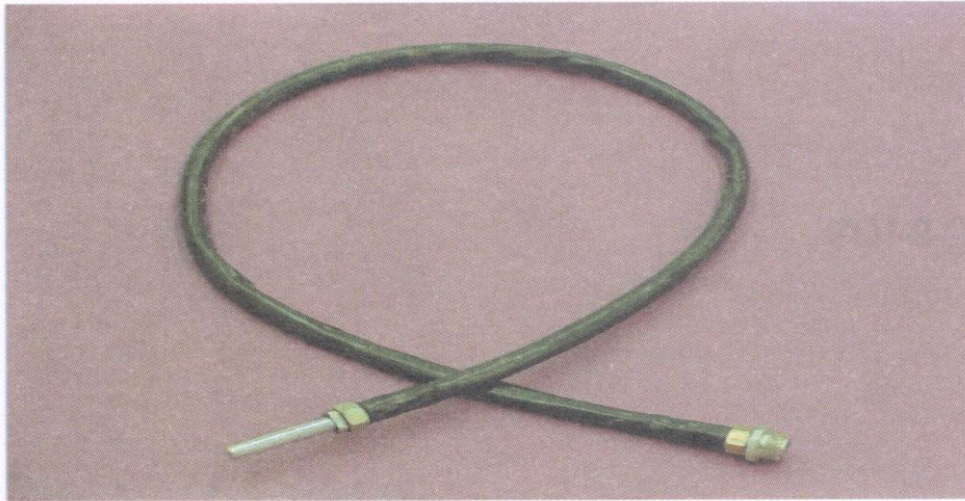


شکل ۸- تعداد دورهای رفت و برگشت به طول لوله هدایت بستگی دارد

۵-۱-۱-۱۳- لوله هدایت

لوله هدایت، لوله توخالی با ساختار ویژه‌ای است که ابتدای آن به دوربین وصل می‌شود و در انتهای آن نوک پرتودهی قرار دارد. طول لوله هدایت متنوع بوده و تعداد رفت و برگشت دستگاه کنترل از راه دور متناسب با طول این لوله تعیین می‌شود، به گونه‌ای که با تعویض لوله هدایت ممکن است تعداد دورهای رفت و برگشت کنترل از راه دور تغییر کند. در انتهای لوله هدایت نوک پرتودهی قرار دارد. در شکل ۹ یک نمونه لوله هدایت که همراه دستگاه کنترل از راه دور جهت هدایت چشمه به سمت نوک پرتودهی استفاده می‌شود، نشان داده شده است. برخی از ویژگی‌های لوله هدایت به شرح زیر می‌باشند:

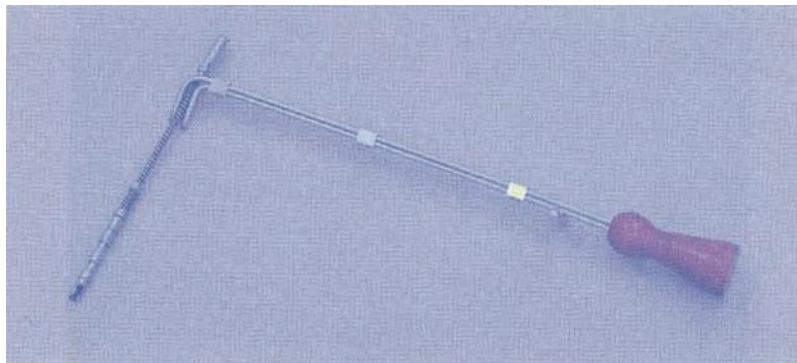
- دارای خاصیت کشسانی مناسب بوده و فاقد ترک، شکستگی و پارگی باشد.
- جهت سهولت در حرکت نگهدارنده چشمه، درون آن عاری از مواد زائد باشد.
- کاملاً سالم باشد به گونه‌ای که استقرار نگهدارنده چشمه در آن و برگشت به داخل دوربین به راحتی انجام پذیرد.
- جنس نوک پرتودهی از فلزات سبک انتخاب گردد.



شکل ۹- تصویری از یک نمونه لوله هدایت

۵-۱-۱-۱۴- انبرها

انبرها از جمله ابزاری هستند که با استفاده از آنها جهت مهار سوانح به خصوص هنگام بیرون افتادن چشمه از دوربین می توان پرتوگیری را تا حد قابل ملاحظه ای کاهش داد. وجود حداقل یک عدد انبر چشمه گیر هنگام انجام عملیات پرتونگاری با چشمه گاما ضروری است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. تصویری از یک نمونه انبر چشمه گیری جهت خارج نمودن نگهدارنده چشمه از لوله هدایت

۵-۱-۱-۱۵- فیلترها

همان گونه که اشاره شد، فیلتر نمودن روشی است که در آن به علت حذف پرتوهای کم انرژی، انرژی متوسط یک دسته پرتو ایکس ناهمگن با عبور از یک ماده جاذب افزایش می یابد. به علاوه فیلترها باعث کاهش شدت دسته پرتو می گردند. برای ساخت فیلترها از عناصری مانند قلع، مس، آلومینیوم و سرب استفاده می شود.

مزیت فیلترها به شرح ذیل می باشد:

- فیلترها در مجاورت دستگاه پرتو ایکس باعث کاهش دز جذبی می گردند.
- فیلترها موجب حذف فتون های کم انرژی شده، در نتیجه انرژی متوسط دسته پرتو را افزایش می دهند.
- فیلترها پرتوهای پراکنده را کاهش می دهند.

۵-۱-۱-۱۶- دوربین گاما

قدرت نفوذ پرتوهای گاما در مواقعی که قطعات مورد آزمایش ضخیم و با چگالی بالا بوده و خارج از محدوده توانایی دستگاههای معمول و موجود پرتوایکس می باشند از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند. معمولاً حساسیت فیلم های پرتونگاری، کاربرد چشمه های گاما را جهت پرتونگاری از فلزات سبک محدود می گرداند و لذا پرتونگاری با پرتوگاما برای عناصر سنگین توصیه می شود.

۵-۱-۱-۱۵- کپسول کردن چشمه ها

ابعاد چشمه های پرتوزای مورد استفاده در پرتونگاری صنعتی بسیار کوچک بوده و در کپسول های فلزی که عمدتاً استوانه ای نیز می باشند تولید می شوند. کپسول های استوانه ای معمولاً به گونه ای طراحی می شوند که قطر و ارتفاع آنها تقریباً یکسان باشد. بدین ترتیب کلیه سطوح از پرتو دهی تقریباً یکسانی برخوردار خواهند بود. معمولاً قطر چشمه های مختلف استوانه ای بین ۰/۵ تا ۲۰ میلی متر و ارتفاع آنها از ۰/۵ تا ۸ میلی متر متغیر است.

۵-۱-۱-۱۸- دستگاههای مولد پرتو ایکس

امروزه در صنعت از دستگاههای مولد پرتو ایکس برای پرتونگاری از قطعات حساس، آزمایش کیفیت جوش لوله ها، مخازن تحت فشار، قالب ها و غیره استفاده می گردد. دستگاههای ایکس کیفیت جوش لوله ها، مخازن تحت فشار، قالب ها و غیره استفاده می گردد. دستگاههای ایکس پرتونگاری صنعتی در انواع ثابت (نوع F)، قابل جابجایی (نوع M) و قابل حمل (نوع P) ساخته می شوند. ولتاژ معمول مورد استفاده در این چنین دستگاهها، از ۱۰۰ تا ۴۰۰ کیلو ولت متغیر می باشد. نوع دیگر تقسیم بندی دستگاههای مولد پرتو ایکس بر مبنای زاویه پرتو دهی آنها می باشد. بر این مبنای دستگاههای مولد پرتو ایکس به دو دسته کلی تک جهت و تمام جهت تقسیم می گردند. دستگاههای تک جهت دسته پرتو را در زاویه و جهتی خاص می تابانند، در حالی که دستگاههای تمام جهت می توانند در زاویه ۳۶۰ درجه حول محور اصلی دستگاه پرتو دهی نمایند.

۵-۱-۱-۱۹- محفظه دوربین

استفاده از چشمه های پرتوزا در قالب کپسول های مورد اشاره به لحاظ ایمنی توصیه نمی شود. بنابراین آنها را در محفظه هایی با طراحی ویژه که به دوربین گاما مشهور می باشند تعبیه می نمایند.

این محفظه معمولاً از فلزاتی با قابلیت جذب مناسب پرتو نظر سرب و تنگستن و یا اورانیوم تهی شده ساخته می‌شوند. تا زمانی که چشمه در داخل محفظه قرار دارد، با توجه به خاصیت بالای حفاظ گذاری بدنه محفظه (دوربین) خطر چندانی متوجه کاربران نخواهد بود. دوربین‌ها با توجه به نوع کاربرد آنها در طرح‌های متنوعی تولید می‌شوند. عمده ترین مواردی که در طراحی یک دوربین در نظر گرفته می‌شود عبارتند از:

- تسهیل و تسریع در بازگذاری و تعویض چشمه.
- استحکام مناسب محفظه چشمه در مقابل ضربه، تصادف و هر گونه حادثه‌ای.
- عدم تأثیر گردوغبار و آلودگی محیط در سازوکار محفظه.
- تسهیل در بازگرداندن چشمه به داخل محفظه در موارد اضطراری.
- پیش‌بینی نشانگر دقیق موقعیت چشمه.
- حداقل وزن ممکن (به ویژه در مواقعی که دوربین به صورت متحرک استفاده می‌شود).
- حداقل پرتوهای پراکنده (عرض باریکه پرتو نسبت به ابعاد قطعه و فیلم قابل تنظیم باشد).

۵-۱-۲- فرآیند پرتونگاری صنعتی

پرتونگاری عبارتست از روش بدست آوردن تصویر یک شیء بر روی یک فیلم عکاسی با استفاده از پرتوهای نافذ نظیر پرتوهای گاما، ایکس و نوترون. در این روش می‌توان اختلاف چگالی و ساختاری و همچنین ناخالصی‌های موجود روی قطعه مورد آزمایش را قابل رؤیت نمود. زیربنای این روش براساس ایجاد لکه‌های سیاه بر روی یک فیلم عکاسی می‌باشد.

چنانچه قطعه دارای نقاطی ناهمگون باشد، شدت پرتوهای عبوری از آن، متناسب با تفاوت‌های ساختاری تغییر کرده و اثرات متفاوتی بر روی فیلم خواهند گذاشت. هر چه چگالی یا ضخامت مواد موجود در سر راه پرتو کمتر باشد، میزان پرتو عبوری بیشتر و نتیجتاً اثر روی فیلم به صورت لکه‌های تیره تر (نسبت به مناطقی که میزان پرتو عبوری کمتر است) ظاهر می‌شود. با توجه به این تفاوت سیاه شدگی می‌توان در خصوص اختلاف ساختار داخلی نمونه مورد آزمایش و عیوب موجود در آن اظهار نظر نمود. بدیهی است هر چه اختلاف سیاه شدگی دو نقطه مجاور بیشتر باشد تشخیص عیوب آسانتر خواهد شد. بنابراین به کلیه تدابیری که در ایجاد یک تصویر با کیفیت مطلوب بیانجامد، روش پرتونگاری گفته می‌شود. که در ذیل به اصول پایه روش‌های پرتونگاری صنعتی پرداخته می‌شود.

۵-۱-۲-۱- اصول پایه پرتونگاری

آشنایی با دانش پایه روش پرتونگاری، در آشکارسازی عیوب و بوجود آوردن تصویب با کیفیت مطلوب بسیار موثر می‌باشد. عوامل منبع پرتوزا، فیلم و صفحات تشدید کننده، شرایط هندسی، شناخت و روش‌های کاهش پرتوهای پراکنده و نمونه مورد آزمایش و ... در ارتقاء کیفیت یا حساسیت تصویر حائز اهمیت می‌باشند.

۵-۱-۲-۱- منبع پرتوزا

منبع پرتوزا، از جمله عوامل مهمی است که در روش‌های پرتونگاری جهت بدست آوردن تصویری با وضوح بالا حائز اهمیت می‌باشد. انرژی پرتو و نوع آن با توجه به شرایط آزمایش انتخاب خواهد شد. انتخاب منبع پرتو در پرتونگاری صنعتی به جنس و ضخامت نمونه و همچنین میزان سطح بازرسی بستگی دارد. به عنوان یک قاعده کلی می‌توان کاهش انرژی را موجب افزایش وضوح تصویر دانست. در صورت استفاده از دستگاه پرتوایکس، جهت انتخاب بیشینه کیلوولتاژ می‌توان از منحنی‌های استاندارد استفاده نمود. در این گونه منحنی‌ها حداکثر اختلاف پتانسیل برای دستگاه پرتو ایکس نسبت به ضخامت‌های مختلف نمونه‌های سرب، فولاد، آهن، نیکل، مس و آلومینیوم ارائه شده است. در جدول ۲ انرژی و نوع منبع پرتو بر حسب ضخامت نمونه‌های مختلف برای بازرسی معمولی و بحرانی ارائه شده است (Ug عبارتست از عدم وضوح هندسی که در قسمت ۵-۱-۲-۱-۳ در این خصوص بحث شده است).

۵-۱-۲-۲- فیلم و صفحات تشدید کننده

انتخاب صحیح فیلم در یک عملیات پرتونگاری بسیار مهم بوده و به عوامل انرژی پرتو، جنس و ضخامت نمونه و میزان سطح بازرسی بستگی دارد. فیلم‌های پرتونگاری صنعتی بر حسب دانه‌بندی آنها یعنی ابعاد دانه‌های کریستال برومورنقره تقسیم‌بندی می‌شوند. فیلم‌های با دانه‌بندی ریز دارای سرعت کمتری (پاسخ فیلم به پرتو) می‌باشند. در پرتونگاری صنعتی به منظور کاهش زمان پرتو دهی، از ورقه‌های فلزی به نام صفحات تشدید کننده استفاده می‌شود. این صفحات موجب تشدید و تقویت پرتو تابیده شده بر فیلم می‌شوند. ضخامت صفحات به انرژی و نوع منبع پرتو و همچنین میزان سطح بازرسی بستگی دارد. هنگام استفاده از صفحات تشدید کننده رعایت موارد زیر موجب افزایش کیفیت تصویر فیلم خواهد شد:

- صفحات تشدید کننده کاملاً تمیز و یکنواخت و عاری از عیوب مکانیکی باشند.
- صفحات تشدید کننده در نزدیک‌ترین فاصله و چسبیده به سطح فیلم قرار گیرند.

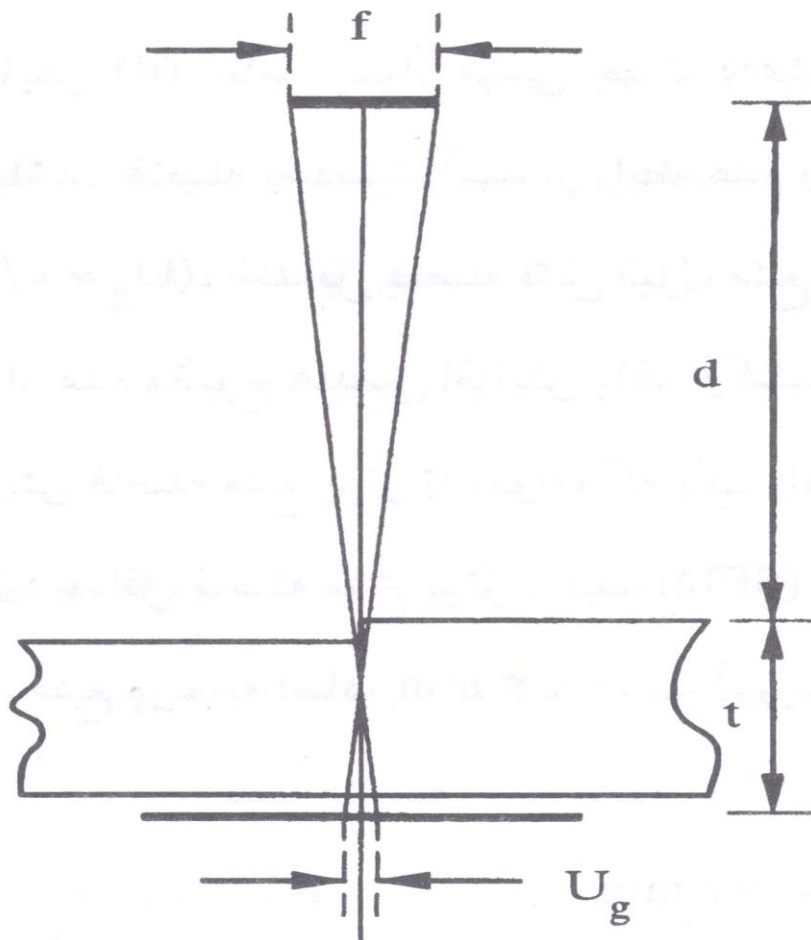
جدول ۲. انتخاب منبع پرتوزا در پرتونگاری صنعتی بر حسب ضخامت و نوع نمونه مورد آزمایش

پرتونگاری معمولی (Ug = ۰/۵)			
منبع پرتوزا	فولاد، آهن، نیکل و آلیاژهای آنها (mm)	مس و آلیاژهای آن (mm)	سرب و آلیاژهای آن (mm)
ایریدیم - ۱۹۲	۲۰-۱۰۰	۱۵-۹۰	۵-۴۰
کبالت - ۶۰	۴۰-۲۰۰	۲۰-۱۵۰	۱۵-۱۲۵
پرتوایکس از MeV ۱-۲	۵۰-۲۰۰	—	—
پرتو ایکس بیشتر از ۲ MeV	۵۰-۲۰۰	—	—
پرتونگاری دقیق (Ug = ۰/۲۵)			
منبع پرتوزا	فولاد، آهن، نیکل و آلیاژهای آنها (mm)	مس و آلیاژهای آن (mm)	سرب و آلیاژهای آن (mm)
ایریدیم - ۱۹۲	۴۰-۹۰	۳۵-۸۰	۱۵-۳۵
کبالت - ۶۰	۶۰-۱۵۰	۵۰-۱۳۵	۴۰-۱۰۰
پرتوایکس از MeV ۱-۲	۶۰-۱۵۰	—	—
پرتو ایکس بیشتر از ۲ MeV	۶۰ و بالاتر از آن	—	—

۵-۱-۲-۱-۳- شرایط هندسی

انتخاب صحیح شرایط هندسی و انتخاب مناسب اجزاء هندسی در روش پرتونگاری، جهت اجتناب از یک عدم وضوح هندسی نامطلوب بسیار حائز اهمیت می باشد. عدم وضوح هندسی (U_g) به عواملی نظیر اندازه قطر نقطه کانونی (F)، فاصله شیء تا منبع پرتو (d) و فاصله فیلم تا سطح بالایی نمونه به سمت منبع پرتو (t)، براساس رابطه زیر، بستگی دارد (شکل ۱۱):

$$U_g = \frac{f}{d} t$$



شکل ۱۱- چگونگی تشکیل نیم سایه ناشی از بزرگی نقطه کانونی

U_g ، برحسب سطح بازرسی به لحاظ حساسیت به دو دسته زیر تقسیم بندی می شود:

$U_g = 0/5$ ، برای بازرسی های معمولی

$U_g = 0/25$ ، برای بازرسی های دقیق

کاهش عدم وضوح هندسی با درک صحیح و کاربرد مناسب عوامل زیر میسر خواهد شد:

الف - اندازه نقطه کانونی: هر چه اندازه موثر نقطه کانونی (f) زیاد شود، عدم وضوح هندسی افزایش یافته، کیفیت تصویر کاهش می یابد. بنابراین برای بازرسی های دقیق و حساس استفاده از چشمه هایی با نقطه کانونی کوچک توصیه می شود. اندازه موثر نقطه کانونی توسط کارخانه سازنده آن و یا مرکز ارائه دهنده منبع پرتو در گواهینامه مربوطه مشخص می شود.

ب - فاصله فیلم تا نمونه: افزایش فاصله فیلم تا قطعه (t)، موجب افزایش عدم وضوح هندسی، همچنین بزرگنمایی در تصویر می گردد. بنابراین اجتناب از ایجاد فاصله بین نمونه و فیلم جهت افزایش کیفیت تصویر توصیه می گردد.

ج - فاصله منبع پرتو تا نمونه: در آزمایش های پرتونگاری، انتخاب صحیح فاصله منبع پرتو تا نمونه مورد آزمایش (d) عامل بسیار مهمی جهت کاهش عدم وضوح هندسی با در نظر گرفتن نوع بازرسی ($0/5$ و $Ug = 0/25$)، حداقل فاصله قابل قبول منبع پرتو تا قطعه مورد آزمایش می باشد. در صورت کاهش این مقدار عدم وضوح هندسی افزایش یافته و کیفیت تصویر کاهش می یابد. هر چه ضخامت جسم زیادتر باشد افزایش فاصله منبع پرتو تا نمونه، که یک راهکار عملی است، موجب بهبود کیفیت تصویر می شود.

۵-۱-۲-۱-۴- روش مهار پرتوهای پراکنده

پرتوهای پراکنده موجب حذف جزئیات تصویر گشته و کیفیت آن را کاهش می دهند. این مسئله به ویژه برای پرتوهای گاما و ایکس از ۱۵۰ تا ۴۰۰ کیلو الکترون ولت، بسیار حائز اهمیت می باشد. در رابطه استفاده از روش های عملی جهت به کمینه رساندن این پرتوها در روش های پرتونگاری ضروری است. از جمله تجهیزاتی که موجب کاهش پرتوهای پراکنده می شوند عبارتند از:

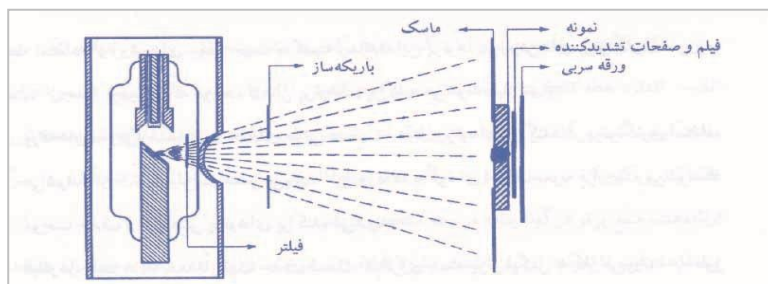
- **ورقه های سربی:** ضخامت ورقه های سربی که جهت حذف پرتوهای پراکنده در پرتونگاری استفاده می شوند، از ۱ تا ۴ میلیمتر متغیر می باشد. این ورقه ها به گونه ای اطراف نمونه قرار داده می شوند که موجب حذف و یا کاهش پرتوهای پراکنده می شوند.

- **فیلترها:** فیلترهای که عمدتاً جهت حذف قسمت کم انرژی دسته پرتو ایکس به کار می روند، به طور موثری پرتوهای پراکنده شده در داخل قطعه را نیز کاهش می دهند (در واقع یکی از منابع تولید پرتوهای پراکنده، قسمت کم انرژی دسته پرتو باشد).

- **صفحات تشدید کننده:** صفحات تشدید کننده سربی در پشت فیلم، به طور موثری پرتوهای پس پراکنده را کاهش می دهند.

- **ماسک‌ها:** جهت حفاظت نمونه‌هایی با شکل‌های منظم در مقابل پرتوهای پراکنده، از تکه ورقه‌های سربی و برای حفاظت نمونه‌هایی با شکل‌های غیرمنظم، از موادی مانند خمیر و خاک با چگالی زیاد و یا ساچمه‌های سربی و همچنین مایعات مخصوص مانند نمک سرب، تتراکلرایدکربن و ... در روش‌های پرتونگاری استفاده می‌گردد.

- **باریکه ساز:** استفاده از باریکه‌ساز برای حذف و یا کاهش پرتوهای پراکنده شده از دیواره‌های مجاور یا اجسام نزدیک به نمونه بسیار مفید می‌باشد. در این خصوص انتخاب باریکه‌ساز مناسب به لحاظ جنس، زاویه پرتودهی و شکل که با شرایط آزمایش سازگار باشد حائز اهمیت است. در شکل ۱۲ می‌توان چگونگی اعمال روش‌های فوق را جهت کاهش پرتوهای پراکنده مشاهده نمود.



شکل ۱۲- پیشگیری‌های لازم برای کاهش پرتوهای پراکنده

۵-۱-۲-۱-۵- نمونه مورد آزمایش

شکل، ابعاد جنس، چگالی و همچنین وضعیت ظاهری نمونه در حساسیت به دست آمده از تصویر پرتونگاری موثر می‌باشد. چنانچه منبع پرتوزای مورد استفاده در محدوده ضخامت گسترده‌ای قادر به پرتونگاری باشد، در این صورت کیفیت تصاویر نمونه‌های با ضخامت خیلی کم، پایین خواهد بود. همچنین افزایش اختلاف ضخامت و یا ناهنجاری ظاهری نمونه باعث افزایش اثر پراکندگی و در نتیجه کاهش کیفیت تصویر خواهند شد.

۵-۱-۲-۲-۱-۵- مقایسه منابع ایکس و گاما

- برخی از معایب و مزایای مولدهای ایکس و دوربین‌های گاما به شرح زیر می‌باشند:
- هزینه چشمه‌های پرتوزا در مقایسه با مولدهای ایکس کمتر است.
- دوربین‌های پرتونگاری از قابلیت حمل و جابجایی مناسبتری برخوردارند.
- چشمه‌های پرتوزا به علت کوچک بودن ابعاد، قادر به عبور از منافذ کوچک می‌باشند.
- دوربین‌ها به منبع تأمین انرژی نیاز ندارند.
- پرتوهای ناشی از دوربین‌ها دارای قابلیت نفوذ بالایی هستند.

- پرتوگیری از مولدهای ایکس قابل کنترل است.
- کیفیت تصویر در پرتونگاری با مولدهای ایکس بهتر از دوربین‌های گاما می‌باشد.
- قدرت نفوذ پرتوهای گامای ناشی از چشمه‌های پرتوزا قابل تغییر نیست.
- به کارگیری چشمه‌های با نیمه عمر کم موجب افزایش هزینه می‌شود.
- دوربین‌های گاما جهت ضخامت‌های زیاد و مولدهای ایکس جهت ضخامت‌های کم استفاده می‌شود.

۵-۱-۲-۳- چشمه‌های پرتوزای گاما

استفاده از پرتوهای گامای حاصل از هسته پرتوزای ^{226}Ra که در طبیعت یافت می‌شود، قبل از معرفی و تولید هسته‌های پرتوزای مصنوعی بسیار رایج بوده است. بزرگترین مزیت ^{226}Ra ، نیمه عمر بسیار طولانی آن (۱۵۹۰ سال) و همچنین بالا بودن بازدهی پرتودهی آن ($0.183\text{R.m}^2/\text{Ci.h}$) می‌باشد. اهم انرژی پرتوهای گامای حاصل از ^{226}Ra برابر 0.46 ، 1.12 و 1.56 مگا الکترون ولت می‌باشد که به لحاظ پرتونگاری صنعتی با پرتوهای ایکس تولید شده در محدوده 1000 K تا 2000 kV قابل مقایسه می‌باشند. محدوده کاربرد ^{226}Ra بین ۵ الی ۱۵ سانتیمتر فولاد است.

امروزه کاربرد این هسته پرتوزا در پرتونگاری صنعتی به دلیل هزینه بالای تولید آن تقریباً منسوخ شده است و از هسته‌های پرتوزای مصنوعی برای این منظور استفاده می‌شود. مشخصات انواع هسته‌های پرتوزای مصنوعی مورد استفاده در پرتونگاری صنعتی در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. مشخصات انواع هسته‌های پرتوزای مصنوعی مورد استفاده در پرتونگاری صنعتی

نوع هسته پرتوزا	شکل شیمیایی	چگالی چشمه تولید شده (g/cm^3)	انرژی پرتوگاما (MeV)	نیمه عمر	بازدهی پرتودهی ($\frac{R.m^2}{Ci.h}$)	نوع کاربرد	محدوده کاربرد (mm فولاد)	پرتو زایی ویژه کاربردی (Ci.g)
^{135}Cs	سولفات یا کلراید	۳/۵	۰/۶۶۲	۳۰ سال	۰/۳۳	پرتونگاری غیر مستمر (موردی)	۲۰-۱۰۰	۲۵
^{150}Tm	اکسید	۴ (پودر) ۵ (پولک)	۰/۰۸۴	۱۲۵ روز	۰/۰۰۲۵	قابل مقایسه با پرتوهای ایکس ۱۲۰ kV	۲/۵-۱۲	۱۵۰۰
^{60}Co	فلزی	۸/۹	۱/۱۵ ۱/۳۳	۵/۳ سال	۱/۳۲	قابل مقایسه با پرتوهای ایکس در حد مگا ولت	۵۰/۱۵۰	۳۰۰
^{192}Ir	فلزی	۲۲/۴	۰/۱۳ ۰/۲۹ ۰/۵۸ ۰/۶۰ ۰/۶۱	۵۴/۴ روز	۰/۴۸	قابل مقایسه با پرتوهای ایکس ۴۰۰ kV	۱۰-۵۰	۴۵۰
^{169}Yb	فلز غنی شده از ایزوتوپ ^{169}Y	به درجه غنای ایزوتوپ ^{169}Y بستگی دارد	۰/۰۶۳ ۰/۱۹۸ ۰/۱۵۵ ۰/۱۰۹	۳۱ روز	۰/۱۲۵	قابل مقایسه با پرتوهای ایکس فیلتر شده از $-۳۵۰ kV$ ۲۵۰	۳-۱۲	۲/۵-۳/۵ در ابعاد ۱-۱ mm
^{55}Se	فلزی		۰/۱۴ ۰/۲۵ ۰/۰۸ ۴	۱۲۱ روز	۰/۲	قابل مقایسه با پرتوهای ایکس فیلتر شده ۳۰۰ kV	۵-۳۰	

۵-۱-۲-۴- انواع دستگاههای مولد پرتو ایکس

مشخصات انواع دستگاههای مولد پرتو ایکس مورد استفاده در پرتونگاری صنعتی به شرح جدول ۴

می باشند.

جدول ۴. مشخصات انواع دستگاههای مولد پرتو ایکس

حداکثر ضخامت قابل بازرسی	R/min در یک متری		ابعاد نقطه کانونی (mm)	حداکثر جریان (mA)	وزن سر دستگاه (kg)	حداکثر ولتاژ (kV)	نام مولد
	Al	Fe					
۰/۵	-	۱۰	۱/۵ - ۱/۵	۳۰	۶	۵۰	HT قابل
۳	۰/۳	-	۱ - ۱	۲	۹	۸۰	نوع تانکی سبک وزن
۳/۵	۰/۴	۳۲	۳ - ۱	۵	۴۵	۱۰۰	فیلیپس میکروتانک
۴	۰/۵	۲۰	۱ - ۱/۵	۸	۴۵	۱۰۰	آندرکس (نوع تانکی)
۱۰/۵	۳/۵	۲/۴	۳ - ۱	۵	۴۵	۲۰۰	فیلیپس میکروتانک
۱۵	۶	۲۰	۵ - ۵	۱۰	۴۵۴	۲۵۰	بایمکس (نوع تانکی)
۲۲	۵/۵	۴۰	۴ - ۴	۵	۹۱	۳۰۰	زایفرت (HT قابل)
-	۵/۵	-	۲ - ۳	۶	۲۵۰	۳۰۰	کرالر
۲۵	۱۰	۵۰	۴ - ۴	۱۰	۳۵۰	۴۰۰	آزمایشگاهی (HT قابل)
۵۰	۱۲	۵۰	۵ - ۵	۳	۱۳۶۴	۱۰۰۰	مبدل تشدید G.E
-	۳۰	۳۵۰	۲/۵ - ۲/۵	۰/۳۵	۳۶۰۰	۳۰۰۰	واندوگراف
-	۳۰	۵۰۰	۲ (قطر)	-	۹۰۰	۴۰۰۰	لیناترون - ۴۰۰
-	۳۸	۲۰۰۰	۲ (قطر)	-	۹۹۰	۳۰۰۰	لیناترون - ۲۰۰۰A
-	۴۶	۶۰۰۰	۳ (قطر)	-	۳۹۰۰	۱۵۰۰۰	لیناترون - ۶۰۰۰
-	۵۰	۱۰۰	۰/۲ - ۰/۲	-	۲۰۰۰	۱۸۰۰۰	بتا ترون

۵-۲- برنامه ریزی جهت عملیات پرتو نگاری**۵-۲-۱- شناسائی خطرات**

- خطاهای انسانی

- خرابی تجهیزات

- سقوط دوربین

- مفقود شدن چشمه

۵-۲-۲- آنالیز خطرات**۵-۲-۱-۱- خطاهای انسانی**

در اثر سهل انگاری پرتونگار بدلائل زیر خطر پرتوگیری و آلودگی فردی و محیطی افزایش پیدا می کند.

- استفاده از فردی که آموزش حفاظت دربرابراشعه را ندیده است

- عدم استفاده از تجهیزات دزیمتری وحفاظتی توسط افراد

- خطاهای ناشی از خستگی

۵-۲-۱-۲- خرابی تجهیزات

مواردی که در صورت خرابی تجهیزات پرتونگار تحت پرتوگیری حاد و دریافت دز بیش از حد مجاز

ماکزیمم می شود عبارتند از :

- جداشدن هلدن فنراز محل اتصال هلدن

- شکسته شدن هلدن یا کپسول چشمه

- پارگی فنر

- جداشدن سرفنر

- خمیدگی شدید لوله هدایت یا وجود جسم خارجی داخل لوله هدایت

- له شدن لوله هدایت

- خرابی کرنک

- جداشدن لوله هدایت از دوربین

- جداشدن کرنک از دوربین

- خرابی قفلها وسیستم ایمنی دوربین

- خرابی تجهیزات مونیتورینگ

۵-۲-۱-۳- سقوط دوربین

سقوط دوربین می تواند منجر به مشکلات زیرگردد:

- عملکرد دوربین دچار اشکال گردد
- حفاظ دوربین آسیب ببیند
- هلدنر چشمه آزاد شود
- هلدنر آسیب ببیند و چشمه از کپسول خارج شود
- لوله هدایت آسیب ببیند و چشمه به دوربین باز نگردد

۵-۲-۱-۴- مفقود شدن چشمه

- سرقت چشمه یا دوربین
- گم شدن چشمه طی عملیات جابجایی و حمل دوربین
- کم شدن چشمه در نتیجه بیرون افتادن از لوله هدایت یا دوربین

۵-۲-۲-۳- دزیمتری پرتوکاران

با توجه به این که در پرتونگاری صنعتی از منابع پرتو نسبتاً قوی استفاده می گردد، هر لحظه امکان پرتوگیری قابل ملاحظه برای کارکنان و مردم وجود دارد. تاکنون سوانح متعددی در مراکز پرتونگاری صنعتی رخ داده است که منجر به پرتوگیری حاد افراد شده است.

متأسفانه در اغلب مراکز پرتونگاری صنعتی در شرایط عادی کار، پرتوگیری کارکنان بیشتر از سایر مراکز است. در ارتباط با فعالیت های پرتونگاری صنعتی، برای حفاظت کارکنان و مردم علاوه بر توصیه های کلی نکات ویژه ای وجود دارد که به صورت دستورالعمل ها و معیارهای حفاظت در برابر پرتو در پرتونگاری صنعتی مطرح می شوند. این دستورالعمل ها به گونه ای تنظیم شده اند که با رعایت آنها ضمن استفاده بهینه از منابع پرتو، پرتوگیری کارکنان در این مراکز همواره کمتر از حد دز بوده و موارد زیر به حداقل ممکن کاهش می یابد:

- پرتوگیری در شرایط عادی کار
 - احتمال بروز سانحه
 - تعداد افرادی که در صورت بروز سانحه در معرض پرتو قرار می گیرند.
 - دز دریافتی افراد در صورت بروز سانحه
- در این مبحث برخی از نکات حفاظت در برابر پرتو ویژه عملیات پرتونگاری صنعتی شامل ایمنی منابع پرتو و دستورالعمل های فنی و اداری و کنترل مونیترینگ مراکز پرتونگاری صنعتی شرح داده می شود.

۵-۲-۳-۱- دزیمتری فردی

عملیات منظمی را که برای مشخص نمودن میزان پرتوگیری افراد انجام میگیرد دزیمتری فردی می گویند. و به ابزار و وسایل مورد استفاده در این عملیات مونیتوراطلاق می شود. به همین دلیل دزیمتری فردی همان مونیتورینگ فردی میباشد.

هدف از دزیمتری پرتوکاران

- کنترل پرتوگیری افراد به منظور رعایت اصل حد دز

- کنترل شرایط ایمنی محیط کار با پرتو

- آگاهی از دز دریافتی پرسنل پرتوکار

برای دستیابی به اهداف فوق از دزیمترهای موجود استفاده میشود. عملیات مربوط به مونیتورینگ فردی باید به نحوی انجام پذیرد که تقریب قابل قبولی از دز موثر یا دز معادل را ارائه بدهد. اگر عملیات دزیمتری بصورت منظم انجام پذیرد ، علاوه بر دستیابی به هدف فوق امکان حصول به اهداف جانبی زیر نیز وجود دارد:

- کنترل مراکز کار با اشعه از نظر اجرای ضوابط حفاظت در برابر اشعه

- تشخیص سوانح پرتوگیری

- آگاهی از دز دریافتی در هنگام بروز حادثه

- دستیابی به اطلاعات لازم جهت بررسی های اپیدمیولوژی کار با پرتو

- لزوم اجرای عملیات مونیتورینگ فردی به شرایط کار بستگی دارد

- شرایط کار:

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

- ناحیه کنترل شده:

به محیطی اطلاق میگردد که کارکنان بطور مستقیم با منابع پرتو کارکنند، و در شرایط عادی احتمال پرتوگیری مستقیم از دستگاههای پرتوساز یا از مواد پرتوزا ، وجود داشته باشد. که مونیتورینگ فردی اینگونه افراد ضروری می باشد.

- ناحیه تحت نظارت:

به هر محیطی که خارج از ناحیه کنترل شده قرار داشته باشد، ناحیه تحت نظارت گویند. در ناحیه تحت نظارت معمولاً کارکنان با منابع پرتوکار نمیکنند ولی پرتوگیری آنها در اجرای نکات حفاظت در برابر اشعه امکان پذیر است. برای کنترل پرتوگیری در ناحیه تحت نظارت، باید اطراف نواحی کنترل شده از نظر شدت پرتو و یا انتشار مواد پرتوزا کنترل شود. بنابر این اجرای برنامه های دزیمتری فردی برای افراد تحت نظارت ضروری نبوده ولی میبایست محل کار و یا محیط تردد اینگونه افراد تحت مونیورینگ ایستگاهی و یا محیطی باشد. (با تشخیص متخصص فیزیک بهداشت).

- روشهای مونیورینگ (دزیمتری) فردی:

روشهای مخصوصی جهت اندازه گیری دز دریافت شده وجود دارد که توسط متخصص فیزیک بهداشت تنظیم و اجرا می گردد. که روشهای فوق را می توان با توجه به تقسیمات زیر انجام داد:

الف) مونیورینگ پرتوگیری خارجی:

اگر منبع پرتو در خارج از بدن قرار داشته باشد، پرتوگیری با استفاده از مونیورینگ پرتوگیری خارجی تعیین می شود که معمولاً در این روش از

۱- برانگیخته شدن مواد ترمولومینسانسی "THERMOLUMINESCENT"

۲- استفاده از دزیمترهای محیطی

۳- استفاده از سیستمهای دزیمتر فردی خود خوان (دیجیتالی) موجود در یک موسسه یا سازمان. بهره مند می شوند. عملاً غیر ممکن است که هر پرتوکاری یک سیستم پایش پرتو در محیط اطراف خود داشته باشد تا مقدار دز دریافتی و مقدار پرتوگیری را مشخص نماید. برای اینکه:

- بطور کامل "مشابه و قابل ملاحظه نرخ دز به انجام فعالیت و درگیری افراد با مواد رادیو اکتیو بستگی دارد.

- پرتوکاران ثابت نبوده و در اطراف محیط خود حرکت می نمایند. (البته استثناء نیز وجود دارد) جهت غلبه بر این مشکلات سازمان کنترل پرتو و ایمنی پرتو جهت جلوگیری از پرتوگیری تابش خارجی کارگران کارت TLD را مهیا نموده است.

- در روش فوق یک یا چند دزیمتر روی لباس افراد نصب می شود تا همواره هنگام کار با پرتو، پرتوگیری آنها ثبت شود. براساس نتایج دزیمتر (یا دزیمترها)، معادل دز دریافتی با کمک ضرائب تصحیح مناسب محاسبه میشود مانند استفاده از (TLD)

ب) مونیتورینگ پرتو داخلی:

اگر منبع پرتو در اثر استنشاق و یا بلع در داخل بدن قرار داشته باشد پرتوگیری با استفاده از روش دزیمتری داخلی تعیین میگردد. که برای کنترل و ارزیابی اینگونه پرتوها از سیستمهای دزیمتری فردی استفاده می شود.

۵-۲-۲-۲- دزیمتری محیطی

کنترل و اندازه گیری پرتوها در محیط های آلوده ، جمع آوری اطلاعات در رابطه با مدت و محل حضور افراد بر ای کنترل پرتوگیری افراد درگیر در محیط های آلوده و جلوگیری از خطرات ناشی از مواد پرتوزا و آلاینده را مونیتورینگ محیطی می نامند .

هدف از برنامه های مونیتورینگ:

- ارزیابی شرایط پرتوگیری افراد و محیط .
- شناسائی چشمه های پرتوزا بدلیل ایمن کردن افراد و محیط .
- اندازه گیری پیوسته و منظم تجهیزات حاوی مواد ویژه جهت جلوگیری از آلودگی فردی و محیطی.
- کنترل آلودگی سطحی ناشی از مواد رادیو اکتیو جهت جلوگیری از پرتوگیری افراد و آلودگی محیط.
- جلوگیری از افزایش دز بیش از حد مجاز در اجرای برنامه های ALARA.

۵-۲-۴- تدابیر کنترلی

مطالعات نشان داده است که خنثی سازی و از بین بردن چشمه پرتوزا بطور کامل عملی نیست، اما می توان با به کار بردن همزمان یکی دو روش از فنون سه گانه زیر پرتوگیری افراد را در برابر پرتوگیری خارجی تحت کنترل درآورد:

- ۱- به حداقل رساندن زمان پرتوگیری
- ۲- به حداکثر رساندن فاصله از چشمه پرتوزا
- ۳- حفاظ گذاری پیرامون چشمه پرتوزا

۵-۳- الزامات وضعیت سلامتی اپراتورها در عملیات پرتونگاری**۵-۳-۱- طبقه بندی نواحی****۵-۳-۱-۱- ناحیه کنترل شده**

- دارندگان پروانه ثبت و اشتغال، باید ناحیه‌ای را که به معیارهای حفاظتی ویژه یا مقررات ایمنی نیاز دارد، به منظور دستیابی به اهداف زیر به عنوان ناحیه کنترل شده مشخص نمایند:

- الف) کنترل پرتوگیری یا جلوگیری از پخش آلودگی در شرایط عادی کار
- ب) جلوگیری یا محدود کردن گستره پرتوگیری بالقوه

- دارندگان پروانه ثبت و اشتغال موظفند:

الف) نواحی کنترل شده را با موانع فیزیکی و در صورت عدم امکان با روشهای مناسب دیگر مشخص نمایند.

ب) اگر منبع گاهی مورد استفاده قرار گیرد یا محل آن جابجا شود، ناحیه کنترل شده را براساس محتملترین محل و مدت بکارگیری تعیین کنند.

ج) در ورودیها و سایر محل‌های مناسب در ناحیه کنترل شده، علائم هشدار دهنده (مانند نمونه پیشنهادی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) و دستورالعمل‌های مناسب نصب نمایند.

د) معیارهای حفاظت و ایمنی و حفاظت شغلی، شامل دستورالعمل‌ها و مقررات داخلی مناسب را برای ناحیه کنترل شده تهیه کنند.

ه) با توجه به مقدار و احتمال پرتوگیری قابل انتظار، برای ورود به ناحیه کنترل شده، محدودیت لازم را برقرار نمایند، نظیر: اجازه ورود یا ایجاد موانع فیزیکی شامل قفل و قفل‌های خودکار

و) در صورت نیاز، امکانات زیر را در محل‌های ورودی ناحیه کنترل شده فراهم آورند:

۱- تجهیزات و لباسهای حفاظتی

۲- تجهیزات پایش

۳- محل مناسب برای قرار دادن لباس کارکنان

ز) در صورت نیاز، امکانات زیر را در محل‌های خروجی ناحیه کنترل شده فراهم کنند:

۱- تجهیزات پایش آلودگی پوست و لباس

۲- تجهیزات پایش آلودگی اشیاء و موادی که از ناحیه خارج می‌گردند.

۳- امکانات شستشو یا استحمام

۴- محل مناسب برای قراردادن لباسها و تجهیزات آلوده

ح) به منظور اصلاح معیارهای حفاظتی، مقررات ایمنی و یا مرزهای ناحیه کنترل شده، شرایط را به صورت دوره‌ای مورد بررسی قرار دهند.

۵-۳-۱-۲- ناحیه تحت نظارت

- دارندگان پروانه ثبت و اشتغال باید هر ناحیه‌ای خارج از ناحیه کنترل شده را که بررسی پرتوگیری شغلی در آن ضروری است، به عنوان ناحیه تحت نظارت مشخص نمایند، اگرچه در این ناحیه معمولاً

اجرای مقررات ایمنی و اقدامات حفاظتی ویژه ضروری نمی‌باشد.

- دارندگان پروانه ثبت و اشتغال با توجه به ماهیت و گستردگی خطرات پرتو در ناحیه تحت

نظارت موظفند:

- الف) مرزهای ناحیه تحت نظارت را به نحوی مناسب مشخص نمایند.
- ب) در محل‌های ورود به ناحیه تحت نظارت علائم لازم را نصب کنند.
- ج) شرایط در ناحیه تحت نظارت را به طور دوره‌ای کنترل نمایند تا در صورت نیاز، معیارهای حفاظتی و مقررات ایمنی اعمال و یا مرزهای آن اصلاح گردد.

۵-۳-۲- مقررات داخلی و نظارت

- دارندگان پروانه ثبت، اشتغال و کارفرمایان موظفند:

- الف) مقررات و دستورالعمل‌های داخلی را جهت حصول اطمینان از حفاظت و ایمنی کارکنان و سایر افراد، به صورت مکتوب تهیه نمایند.
- ب) مقادیر آستانه بررسی یا سطح مجاز و همچنین روشهای اجرایی در صورت افزایش از این مقادیر را در مقررات و دستورالعمل‌های داخلی اعلام دارند.
- ج) کارکنان و سایر افراد مربوطه را با مقررات داخلی، دستورالعمل‌ها و معیارهای حفاظت و ایمنی آشنا سازند.
- د) بر کلیه اموری که منجر به پرتوگیری شغلی می‌گردد همواره نظارت کافی داشته و اطمینان حاصل نمایند که مقررات، دستورالعمل‌ها و معیارهای حفاظت و ایمنی رعایت می‌گردند.
- ه) مسئول فیزیک بهداشت معرفی نمایند.

- کارفرما با همکاری دارنده پروانه ثبت و اشتغال موظف است:

- الف) در مورد ریسک پرتوگیری شغلی اعم از پرتوگیری عادی یا پرتوگیری بالقوه، به کارکنان آگاهی لازم را بدهد و در مورد حفاظت و ایمنی، آموزش و دستورالعمل‌های لازم را ارائه نموده، اهمیت حفاظت و ایمنی در کار را گوشزد نماید.
- ب) اطلاعات زیر را به کارکنان زن در ناحیه کنترل شده یا ناحیه تحت نظارت بدهد:
 - ۱- ریسک پرتوگیری جنین
 - ۲- اهمیت آگاه کردن به موقع کارفرما از احتمال بارداری
 - ۳- ریسک جذب مواد پرتوزا توسط نوزاد به هنگام تغذیه با شیر مادر
 - ج) اطلاعات، دستورالعمل و آموزش مناسب را به کارکنانی که احتمالاً در برنامه‌های اورژانس همکاری خواهند داشت، ارائه دهد.

د) دوره‌های آموزشی کارکنان را ثبت نماید.

۵-۳-۳- وسایل حفاظتی کارکنان

- دارندگان پروانه ثبت، اشتغال و کارفرمایان باید اطمینان دهند که :
 - الف) کارکنان به وسایل حفاظتی مناسب، کافی و استاندارد برحسب مورد مجهز هستند، نظیر:
 - ۱- لباسهای حفاظتی
 - ۲- ماسکهای تنفسی که ویژگیهای حفاظتی آنها برای استفاده کننده مشخص باشد.
 - ۳- پیش‌بند و دستکش حفاظتی و حفاظ مناسب برای اعضاء بدن
 - ب) در صورت لزوم، دستورالعمل استفاده از ماسک تنفسی به کارکنان ارائه می‌گردد و ماسک و لباسهای مناسب در اختیار آنها قرار دارد.
 - ج) در عملیاتی که نیاز به وسایل حفاظتی ویژه دارد، این وسایل به کارکنانی اختصاص داده می‌شود که توانایی کاربرد آنها را با نظر پزشک داشته باشند.
 - د) کلیه وسایل حفاظتی در شرایط مناسب نگهداری و در فواصل زمانی لازم کنترل می‌گردند.
 - ه) وسایل حفاظتی مناسب برای استفاده در مداخله موجود می‌باشند.
 - و) به هنگام استفاده از وسایل حفاظتی، پرتوگیری اضافی ناشی از طولانی شدن مدت کار یا ناراحتی فرد استفاده کننده و ریسکهای غیر رادیولوژیکی در نظر گرفته می‌شود.

۵-۳-۴- پایش فردی

- کارفرما، دارندگان پروانه ثبت و اشتغال، مسئول ارزیابی پرتوگیری شغلی کارکنان براساس برنامه پایش فردی پیشنهادی واحد قانونی می‌باشند.
- برای کارکنانی که به طور عادی و یا موقت در منطقه کنترل شده کار می‌کنند و احتمال پرتوگیری شغلی قابل ملاحظه دارند، استفاده از دزیمتر فردی الزامی است.
- پرتوگیری شغلی کارکنانی که به طور عادی در منطقه تحت نظارت کار می‌کنند، باید براساس نتایج پایش محیط کار و اطلاعات در زمینه محل و مدت زمان پرتوگیری، با هماهنگی واحد قانونی تعیین گردد.
- ماهیت، تعداد دفعات و دقت پایش فردی با توجه به مقدار و تغییرات احتمالی پرتوگیری و مقدار و احتمال پرتوگیری بالقوه، توسط واحد قانونی تعیین می‌گردد.
- کارفرمایان باید کارکنانی که در معرض پرتوگیری داخلی هستند (حتی آنهایی که ماسک تنفسی دارند) را مشخص کنند و به منظور بررسی کارآیی سیستمهای حفاظتی، ارزیابی مقدار ورود مواد پرتوزا به بدن یا دز اجباری، برنامه مناسب پایش اجرا نمایند.

- در مواردی که پایش فردی امکان پذیر یا کافی نباشد، ارزیابی بر اساس نتایج پایش سایر کارکنان و یا بازرسی محل کار انجام می‌گیرد.
- در صورت پرتوگیری در سانحه، دز و توزیع آن در بدن باید تعیین گردد.
- در پرتوگیری اورژانس، برنامه پایش و یا ارزیابی دز فردی باید متناسب با شرایط اجرا گردد.
- نتایج پایش فردی باید در اختیار واحد قانونی قرار گیرد و جهت تفسیر و بررسی اثر آن بر سلامتی، به پرتویزشک یا ارگانهای مورد تأیید بهداشت حرفه‌ای ارائه گردد.

۵-۳-۵- پایش محل کار

- دارندگان پروانه ثبت و اشتغال باید برنامه پایش محل کار را بر اساس مقررات واحد قانونی و با نظارت متخصص و مسئول فیزیک بهداشت تهیه، اجرا و بازنگری نمایند.
- ماهیت و تعداد دفعات پایش محل کار باید:
 - الف) به گونه‌ای باشد که :
 - ۱- ارزیابی رادیولوژیکی در تمام نقاط محل کار امکان پذیر باشد.
 - ۲- ارزیابی پرتوگیری در نواحی کنترل شده و تحت نظارت امکان پذیر باشد.
 - ۳- امکان بررسی و تجدید نظر در طبقه‌بندی نواحی کنترل شده و تحت نظارت وجود داشته باشد.
 - ب) براساس سطح معادل دز محیطی و غلظت پرتوزایی و با توجه به تغییرات محتمل، مقدار و احتمال پرتوگیری بالقوه باشد.
- در برنامه پایش محل کار باید موارد زیر مشخص باشند:
 - الف) کمیته‌های مورد اندازه‌گیری
 - ب) زمان، محل و تعداد دفعات اندازه‌گیری
 - ج) مناسب ترین روشهای اندازه‌گیری و دستورالعمل آنها
 - د) آستانه‌های مرجع و اقدامات لازم در صورت افزایش از آنها
- دارندگان پروانه ثبت و اشتغال (در صورت نیاز با همکاری کارفرمایان) باید نتایج برنامه‌های پایش محل کار را ثبت و در اختیار کارکنان یا نمایندگان آنها قرار دهند.

۵-۳-۶- معاینات پزشکی

- دارندگان پروانه ثبت و اشتغال و کارفرمایان باید براساس مقررات قانون حفاظت در برابر اشعه برای معاینات پزشکی برنامه‌ریزی نمایند.

- اگر یک یا تعدادی از کارکنان، به کاری اشتغال یابند که پرتوگیری آنها از منابع خارج از کنترل کارفرما وجود داشته باشد، دارندگان پروانه ثبت و اشتغال مسئول منبع باید به عنوان شرط شروع کار، براساس مقررات قانون حفاظت در برابر اشعه، برنامه ویژه معاینات پزشکی را با همکاری کارفرما تهیه و اجرا نمایند.

- برنامه معاینات پزشکی باید:

الف) براساس اصول کلی بهداشت حرفه‌ای تنظیم گردد

ب) به گونه‌ای تنظیم گردد که از تناسب کارکنان با کار مورد نظر در بدو و در طول اشتغال، اطمینان حاصل گردد.

۵-۳-۵- سابقه

دارندگان پروانه ثبت، اشتغال و کارفرمایان باید سابقه پرتوگیری شغلی کارکنان ذکر شده در پایش فردی ثبت و بایگانی نمایند.

- اگر کارکنان، به کاری اشتغال یابند که پرتوگیری یا امکان پرتوگیری آنها از منابع خارج از کنترل کارفرما وجود داشته باشد، دارندگان پروانه ثبت یا اشتغال مسئول منبع باید سابقه پرتوگیری را در اختیار کارکنان و کارفرما قرار دهند.

- سابقه پرتوگیری باید شامل موارد زیر باشد:

الف) اطلاعات در رابطه با ماهیت کار که منجر به پرتوگیری شغلی می‌شود.

ب) اطلاعات در مورد دز، پرتوگیری و ورود مواد پرتوزا به بدن که از آستانه ثبت بیشتر هستند و داده‌هایی که دز براساس آنها ارزیابی شده است.

ج) اطلاعات راجع به تاریخ و زمان اشتغال، دز، پرتوگیری و ورود مواد پرتوزا به بدن برای هر یک از مشاغل، در مورد کارکنانی که با بیش از یک کارفرما کار می‌کنند.

د) سابقه دز، پرتوگیری یا ورود مواد پرتوزا به بدن در هنگام سوانح یا مداخله اورژانس که باید از دز، پرتوگیری یا ورود مواد پرتوزا به بدن در شرایط عادی کار متمایز باشد. گزارش بررسیهای مربوطه باید ضمیمه گردد.

- دارندگان پروانه ثبت، اشتغال و کارفرمایان موظفند:

الف) امکان دسترسی کارکنان به سوابق پرتوگیری مربوطه را فراهم نمایند.

ب) امکان دسترسی پرتوپزشک، واحد قانونی و کارفرمای مربوطه را به سوابق پرتوگیری فراهم سازند.

ج) امکان ارسال سوابق پرتوگیری کارکنان به کارفرمایان جدید را به هنگام تغییر شغل پیش‌بینی کنند.

د) وقتی یکی از کارکنان کار را ترک کند، در مورد سوابق پرتوگیری مربوطه با واحد قانونی هماهنگی نمایند.

ه) در رابطه با بندهای الف تا د، محرمانه بودن سابقه پرتوگیری را مورد توجه قرار دهند.

- اگر دارندگان پروانه ثبت، اشتغال یا کارفرمایان فعالیت توأم با پرتوگیری شغلی را قطع نمایند، باید در مورد سوابق پرتوگیری کارکنان، با واحد قانونی هماهنگی نمایند.
- پرونده پرتوگیری کارکنان باید در دوران کاری و بعد از آن حداقل تا سن ۵۵ سالگی، و سی سال پس از خاتمه کار با پرتو نگهداری شود.

۵-۳-۸- پسماندهای مواد پرتوزا

- دارندگان پروانه ثبت اشتغال موظفند:

- الف) اطمینان دهند که پرتوزایی و حجم پسماند حاصل از فعالیتهای پرتوی یا منابع، حداقل ممکن باشد و جمع‌آوری، جابجایی، آمایش، آماده‌سازی، حمل و نقل، انبار و دورریزی آنها براساس این استاندارد و استانداردهای بین‌المللی (IAEA- Safety Series No.111) باشد.
- ب) جداسازی و آمایش پسماندها را در صورت امکان با در نظر گرفتن شرایط دورریزی براساس نوع هسته‌های پرتوزا، نیمه عمر، غلظت، حجم و خواص فیزیکی و شیمیایی انجام دهند.

۵-۴-۱- ایمنی در عملیات پرتونگاری

۵-۴-۱- پرتونگاری در محیط‌های بسته

- رعایت موارد زیر هنگام عملیات پرتونگاری در محیط‌های بسته توصیه می‌شود:
- قبل از انجام پرتونگاری از اصول کار و عملکرد منبع پرتو، آگاهی کامل وجود داشته باشد.
- عملکرد کلیه تجهیزات پرتونگاری قبل از شروع عملیات پرتونگاری کنترل شوند.
- عملیات پرتونگاری با مجوز شخص مسئول انجام پذیرد.
- کلیه مراحل و عملیات پرتونگاری در دفاتر ثبت گردد.
- اندازه‌گیری شدت پرتو در اطراف اتاق بخصوص در محل اتصال در و پنجره انجام پذیرد.
- محوطه پرتونگاری از افراد غیر مجاز تخلیه گردد.
- اگر جهت پرتو به طرف زمین است، اطمینان حاصل گردد که طبقه زیر توسط افراد اشغال نشده باشد و یا حفاظ کف اتاق کافی باشد.
- کلیه تنظیم‌ها برای شرایط پرتو دهی قبل از بازکردن شاتر انجام گیرد.
- هنگام پرتونگاری درها بسته شود و مجدداً اطراف اتاق جهت حصول اطمینان دزیمتری شود.
- پس از اتمام کار کلیه تجهیزات به محل اولیه منتقل گردد.
- در مورد دستگاههای پرتوساز، دستگاه خاموش و علائم خطر و حفاظ‌های اضافی جمع‌آوری شود.

- تجهیزات از نظر آسیب دیدگی کنترل و در هر مورد نواقص فوراً برطرف گردد.

۵-۴-۲- پرتونگاری در محیط‌های باز

- رعایت موارد زیر هنگام پرتونگاری در محیط‌های باز توصیه می‌شود:
- مرزهای ایمنی با موانع مناسب نظیر طناب، محصور و علامت گذاری شود.
- علائم هشدار دهنده نوری در محل مناسب نصب گردند.
- تندی پرتودهی در مرزها تعیین و در صورت لزوم فاصله ایمنی اصلاح گردد.
- محوطه تحت نظارت در تمام مدت پرتونگاری مراقبت گردد تا از ورود افراد به ناحیه کنترل شده جلوگیری شود.
- هنگام پرتونگاری، از عوامل فاصله، حفاظ و زمان جهت کاهش پرتوگیری افراد استفاده شود.
- هنگام خاتمه عملیات کلیه علائم، طناب کشی‌ها و تجهیزات جمع‌آوری گردد.
- مسئول محل در جریان پایان عملیات قرار گیرد.

۵-۴-۳- ایمنی منابع (دستگاهها و تجهیزات) پرتونگاری

۵-۴-۳-۱- دستگاه پرتو ایکس

- بررسی کلیه نکات زیر و رفع هر گونه نقص قبل از به کارگیری دستگاه پرتو ایکس ضروریست:
- اجزاء دستگاه باید کاملاً سالم باشند.
- اجزاء تعویض شده دستگاه مطابق با نمونه استاندارد کارخانه سازنده طراحی و ساخته شده باشند.
- عوامل مؤثر در پرتودهی نظیر ولتاژ، شدت جریان و زمان، روی دستگاه مشخص باشند.
- دستگاه مجهز به باریکه‌ساز باشد.
- طول کابل متصل به سوئیچ پرتودهی حداقل ۲۰ متر باشد.
- سیستم کنترل دستگاه، دارای قفل و کلید باشد.
- در وضعیت قفل بتوان کلید را برداشت و عمل پرتودهی را غیرممکن ساخت.
- علامت خطر پرتو روی لامپ نصب باشد.
- حداکثر نشت پرتو در فاصله یک متری لامپ بیشتر از 1mSv نباشد.
- سیستم کنترل مجهز به علائم صوتی و نوری باشد به گونه‌ای که وضعیت پرتودهی با فعال شدن این علائم مشخص گردد.

۵-۴-۳-۲- دوربین پرتونگاری

بررسی کنترل کلیه نکات زیر و رفع هر گونه نقص و یا کمبود، قبل از به کارگیری دوربین پرتونگاری الزامی است:

- اجزاء دستگاه کاملاً سالم باشند.
- اجزاء تعویض شده مطابق با نمونه استاندارد کارخانه سازنده طراحی و ساخته شده باشند.
- دوربین دارای پلاک شناسایی باشد، به گونه‌ای که روی پلاک علامت خطر پرتو، شماره سریال دوربین، نام چشمه پرتوزا، حداکثر ظرفیت دوربین (برحسب کوری یا بکرل) درجه شده باشد.
- دوربین مجهز به قفل و کلید باشد.
- در وضعیت قفل، شاتر بسته باشد و بتوان کلید را برداشت.
- تجهیزات جانبی دوربین (شامل سیستم کنترل، فنر و کابل کنترل، کابل هدایت، اتصالات و نظایر آن) کاملاً سالم و بدون نقص باشند.
- حداکثر نشت پرتو در فاصله یک متری از دوربین بیش از $20 \mu\text{Sv/h}$ نباشد.
- حداکثر نشت پرتو در سطح دوربین بیش از 2mSv/h نباشد.
- دوربین در محلی دور از رطوبت نگهداری شود.
- درپوش‌های جلو و عقب دوربین بسته باشد.

۵-۴-۳-۳- رعایت ایمنی در حمل و نقل منابع پرتوزا

- رعایت موارد زیر جهت حمل و نقل منابع پرتوزا توصیه می‌شود:
- حمل مواد پرتوزا با هر وسیله نقلیه طبق ضوابط استاندارد حمل و نقل انجام گیرد.
 - کلیه چشمه‌های پرتوزا با خودرو نکات زیر رعایت گردد:
 - خودرو مجهز به علامت خطر پرتو باشد
 - جعبه حمل مجهز به علامت خطر پرتو بوده و نوع و میزان پرتوزایی چشمه و همچنین مشخصات و آدرس شرکت پرتونگاری روی آن نوشته شده باشد.
 - در داخل خودرو محل مناسبی برای ثابت نگهدارستن جعبه حمل در نظر گرفته شود. این محل، بهتر است به صورت یک جعبه فلزی با در قفل‌دار باشد.
 - سطح پرتو در اطراف خودرو از $5/5 \mu\text{Sv/h}$ تجاوز نکند.

- سطح پرتو در محل سرنشین یا راننده از $2/5 \mu\text{Sv/h}$ تجاوز نکند.
- دستورالعمل فوریت‌های پرتوی و تجهیزات مربوطه در اختیار سرنشینان خودرو قرار داده شود.
- هنگام ورود به محل پرتونگاری از مسئول مربوطه اجازه گرفته و اطلاعات اولیه شامل نوع و قدرت چشمه، مدل و شماره سریال دوربین، مشخصات اعضای تیم پرتونگاری، مشخصات تجهیزات ایمنی، مدت کار، نقشه و کروکی عملیات پرتونگاری در اختیار وی قرار داده شود.

۴-۴-۵- فاصله

با افزایش فاصله از یک چشمه پرتوزا، میزان پرتوگیری کاهش می‌یابد. این نکته، هنگامی که به صورت کمی بیان شود، به ابزار نیرومندی در خدمت ایمنی تابش مبدل می‌شود. برای یک چشمه نقطه‌ای، تغییرات آهنگ دز برحسب فاصله به صورت ساده قانون عکس مجذور، اعمال می‌شود.

$$\frac{D_1^*}{D_2^*} = \frac{(d_2)^2}{(d_1)^2}$$

که D_1^* آهنگ دز در فاصله d_1 و D_2^* آهنگ دز در فاصله d_2 می‌باشد.

۵-۴-۵- تجهیزات حفاظت فردی

تجهیز هر یک از پرتونگاران در ناحیه کنترل شده به دزیمترهای فردی و هشدار دهنده ضروریست. همچنین وجود حداقل یک آشکارساز محیطی مناسب با برچسب کالیبراسیون معتبر که خطای آن کمتر از $\pm 20\%$ باشد، در منطقه عملیات پرتونگاری، الزامی است. استفاده از آشکارساز به منظور اندازه‌گیری موارد زیر و ثبت نتایج آن در دفاتر مخصوص می‌باشد:

- کنترل و اندازه‌گیری آهنگ دز در محل نگهداری منابع پرتو
- اندازه‌گیری آهنگ دز در مرز نواحی کنترل شده و تحت نظارت هنگام پرتودهی
- اندازه‌گیری پرتو نشتی در سطح دوربین، در پشت حفاظها، محل اتصال دیوارها با در و پنجره در اتاق‌های پرتونگاری یا محل نگهداری منابع پرتو و اطراف کانال‌های هواکش و فاضلاب این اتاق‌ها. در صورتی که در یک اتاق بیش از یک دستگاه پرتوساز وجود داشته باشد هنگام اندازه‌گیری نشت باید منابع پرتو برای حداکثر شرایط پرتودهی کار نمایند.
- اندازه‌گیری آهنگ دز هنگام پرتودهی و در خاتمه پرتودهی
- اندازه‌گیری آهنگ دز در پشت پاراوان‌ها و محل کار اعضای تیم پرتونگاری.

- اندازه گیری آهنگ پرتو دهی هنگام برداشتن و یا برگرداندن چشمه از محل انبار در اطراف دوربین و کابل های هدایت چشمه.

- پیش گیری از بروز سوانح

اندازه گیری و کنترل میزان پرتو هنگام ورود به اتاق پرتونگاری که دستگاه پرتوساز آن خاموش است زیرا وجود پرتو پس از خاموش نمودن برخی از دستگاه های پرتوساز در ثانیه های اول محتمل می باشد. بنابراین توصیه می شود از ورود به اتاق پرتونگاری در این لحظات خودداری نموده و هنگام ورود از دزیمتر مناسب استفاده شود.

- استفاده از دستگاه کنترل آلودگی سطحی به مواد پرتوزا قبل از ورود به اتاق پرتونگاری که دستگاه پرتوساز گان خاموش است زیرا احتمال انجام واکنش های پرتوزایی برای دستگاه های پرتوساز که با ولتاژ بسیار بالا کار می کنند (نظیر شتاب دهنده ها) همواره وجود دارد.

- اندازه گیری و کنترل پرتوهای پراکنده ناشی از برخورد پرتوهای اولیه با هوا به هنگام بازرسی. شدت این پرتوها در ارتفاع هم سطح با دیواره حفاظ حداکثر است.

- اندازه گیری پرتونگاری کارکنان

از این گونه ابزارها جهت کنترل محیط به لحاظ وجود یا عدم وجود پرتو، وجود مواد پرتوزا، تعیین میزان دز دریافتی پرتوکاران بعد از هر پرتونگاری یا یک دوره چند ماهه و ... استفاده می شود. هر تیم پرتونگاری بدون تجهیز به این ابزارها، مجاز به انجام عملیات پرتونگاری می باید حداقل مجهز به یک دستگاه دزیمتر محیطی و هر پرتوکار حداقل مجهز به یک دزیمتر قرائت غیرمستقیم مانند دزیمتر فیلم بچ یا ترمولومینسانس و یک دزیمتر قرائت مستقیم نظیر دزیمتر قلمی باشد. ضمن آن که استفاده از ابزارهای هشدار دهنده پرتو نیز برای هر پرتوکار ضروری است.

۵-۵- آمادگی و واکنش در شرایط اضطراری

- ۱- پرتوکاران باید با عملکرد دوربین وملحقات آن بخوبی آشنا باشند.
- ۲- پرتوکاران باید به وسایل مونیترینگ، وسایل حفاظتی و ابزارهای اولیه مجهز باشند.
- ۳- هنگام سانحه شتاب نکنند و قبل از هرگونه اقدام جهت رفع سانحه برنامه ریزی کنند.
- ۴- هنگام برنامه ریزی راههای ممکن برای به حداقل رساندن پرتونگاری بررسی شود.
- ۵- پرتونگاری افراد قبل از اقدام برآورد گردد.

۵-۵-۱- وظایف افراد در پرتوگیری حاد (دستگاه اشعه ایکس)**- وظایف پرتونگار**

- ۱- خاموش نمودن دستگاه
- ۲- عدم تغییر شرایط پرتودهی
- ۳- اطلاع به مسئول مرکز و مسئول فیزیک بهداشت

- وظایف مسئول فیزیک بهداشت :

- ۱- جلوگیری از ادامه کار افراد پرتو دیده
- ۲- محاسبه میزان پرتوگیری فرد و مقایسه با برآورد واحد قانونی
- ۳- رسال دزیمترهای فردی به واحد قانونی
- ۴- کسب اطلاع از مراحل سانحه و تهیه گزارش
- ۵- اعزام افراد جهت انجام آزمایشها و معاینات پزشکی
- ۶- ارسال گزارش کامل سانحه به همراه نتایج آزمایشهای پزشکی و دزیمتری فردی به واحد قانونی
- ۵- اعزام افراد جهت انجام آزمایشها و معاینات پزشکی به واحد قانونی در صورت نیاز واحد قانونی
- ۸- ارائه اطلاعات به واحد قانونی

۵-۵-۲- وظایف افراد در پرتوگیری حاد (چشمه های پرتوزا)**- وظایف پرتونگار :**

- ۱- اندازه گیری آهنگ دز در اطراف ناحیه کنترل شده و علامت گذاری ناحیه جدید
- ۲- جلوگیری از ورود افراد به ناحیه جدید
- ۳- جمع آوری اطلاعات افراد پرتو دیده (نظیر اطلاعات فردی)
- ۴- برنامه ریزی جهت بازیابی چشمه و آماده نمودن وسایل لازم
- ۵- در جریان قراردادن مسئول ایمنی کارگاه یا مسئول سایت
- ۶- کاهش سطح پرتودهی توسط مواد مختلف نظیر بلوکهای بتونی
- ۵- انتقال سریع چشمه با رعایت توصیه های ایمنی و حفاظتی به داخل حفاظ
- ۸- تماس با مسئول فیزیک بهداشت کل و گروه های فوریتهای اضطراری در صورت احتمال گسترش

سانحه

- وظایف مسئول فیزیک بهداشت

- قبل از انتقال چشمه :

- ۱- کنترل وضعیت طناب علائم هشداردهنده و مرزها
- ۲- جلوگیری از ورود افراد به منطقه خطر
- ۳- بازگرداندن چشمه به داخل حفاظ

- بعد از انتقال چشمه :

- ۱- کنترل قفلها و محافظه چشمه
- ۲- جلوگیری از ادامه کار افراد پرتودیده
- ۳- ارسال دزیمترهای فردی به واحد قانونی
- ۴- کسب اطلاع از مراحل سانحه و تهیه گزارش
- ۵- اعزام افراد جهت انجام آزمایشها و معاینات پزشکی
- ۶- ارسال گزارش کامل سانحه به همراه نتایج آزمایشهای پزشکی و دزیمتری فردی به واحد قانونی
- ۵- اعزام افراد جهت انجام آزمایشها و معاینات پزشکی به واحد قانونی در صورت نیاز واحد قانونی

۵-۳-۵- پایش چشمه

بررسی نرخ دز محیطی در اطراف چشمه پرتوزا، ارائه اطلاعات به موقع به منظور تصمیم گیری در مورد آغاز اقدامات حفاظتی و بازگرداندن چشمه به وضعیت ایمن از اهداف پایش چشمه محسوب می شود.

شرح

پایش سوانحی که در آنها مواد هسته ای مفقود شده یا به سرقت رفته اند، مشکل تر است. پایش سوانح مرتبط با چشمه های گیرافتاده^۲، ساده تر از موارد دیگر می باشد. (نرخ دز پیرامون چشمه گیر افتاده ممکن است از مرتبه 1Sv/h بیشتر باشد). در چنین شرایطی استفاده از پایش گامای هوابرد بسیار مفید می باشد. با این وجود در بیشتر حالات چشمه ای که در داخل محافظه قرار دارد، دارای نرخ های دز پایینی است. این مسأله باید در انتخاب وسایل مورد استفاده، مد نظر قرار گیرد.

- مراحل انجام پایش و برداشتن چشمه مفقود شده

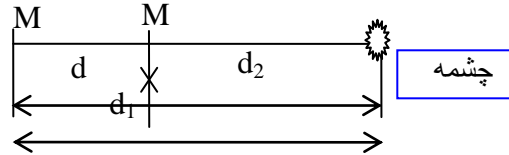
² Stuck

- ۱- شرایط اولیه حوادث را بررسی نمائید.
- ۲- دستگاه اندازه گیری را به منظور جلوگیری از آلودگی در داخل پلاستیک بیچید (غیر از پنجره آشکارساز در صورت موجود بودن).
- ۲- زنگ خطر دزیمترها (آستانه های عملیاتی) را تنظیم کنید.
- ۳- از وسایل حفاظت فردی مناسب استفاده کنید.
- ۴- دستگاه را قبل از ورود به ناحیه ای که در آن جا احتمال بالا بودن نرخ دز وجود دارد، روشن نمایید. (پایش چشمه)

نکته مهم:

- دستگاه اندازه گیری نرخ دز را در مقیاس مناسب استفاده کنید. در نقاطی که نرخ دز بالا بوده و یا امکان دسترسی فیزیکی وجود ندارد، از وسایل تلسکوپی استفاده نمایید.
- ۵- نرخ دز ناشی از چشمه را اندازه گیری نمایید. به فاصله دستگاه از چشمه توجه داشته و اگر اندازه گیری نرخ دز در فاصله نزدیک یا چسبیده به چشمه انجام می شود؛ این نکته را در گزارش نتایج درج نمایید.
 - ۶- نرخ دز را در میدان های حاوی هر دو پرتو گاما و بتا، در حالت پنجره باز و بسته اندازه گیری نمایید. این امر مقادیر نسبی نرخ های دز گاما و بتا را مشخص می نماید.
 - ۵- اگر به پرتوهای بتا یا آلفا مشکوک هستید، عمل پایش را نزدیک سطح چشمه انجام دهید. مراقب باشید دستگاه اندازه گیری آلوده نگردد.
 - ۸- در صورت قابل رؤیت نبودن چشمه، یکی از روش های زیر را به منظور تعیین موقعیت چشمه به کار بگیرید.
- ۸-۱) دستگاه را دور از بدن نگه داشته و آنقدر بچرخید تا کمترین میزان قرائت مشاهده شود (برای اغلب وسایل، کمترین میزان قرائت در حالتی است که پشت وسیله اندازه گیری به طرف چشمه قرار داشته و بدن در مقابل چشمه به عنوان حفاظ عمل نماید). برای تعیین موقعیت چشمه در حالتی که کمترین میزان قرائت مشاهده می شود، یک خط فرضی رسم کنید؛ به گونه ای که از مرکز بدن عبور کند، به این ترتیب جهت چشمه به صورت تقریبی مشخص می شود.
- ۸-۲) حلقه مربوط به نقاطی را که دارای نرخ دز یکسان می باشند، مشخص نمایید. فرض بر این است که چشمه در مرکز این حلقه قرار دارد.
- ۹- با استفاده از اندازه گیری میزان نرخ های دز در دو فاصله در خط دید و با استفاده از قانون عکس مجذور، تعیین یک برآورد تقریبی از فاصله امکان پذیر خواهد بود.

$$d_1 = \frac{d}{\left(1 - \sqrt{\frac{\dot{D}_1}{\dot{D}_2}}\right)}$$



در رابطه فوق:

d_1 : دورترین فاصله از چشمه (m)

d_2 : نزدیکترین فاصله به چشمه (m)

d : فاصله بین دو نقطه اندازه گیری M_1 و M_2

\dot{D}_1 : نرخ دز در نقطه اندازه گیری M_1

\dot{D}_2 : نرخ دز در نقطه اندازه گیری M_2

۱۰- با استفاده از یک انبر دسته بلند چشمه را برداشته و با نظارت مسئول فیزیک بهداشت در داخل یک حفاظ قرار دهید.

۱۱- در صورت سربسته بودن چشمه ها نیز احتمال آلودگی وجود دارد. به منظور اطمینان از عدم آلودگی، بعد از قرار دادن چشمه در حفاظ و بازگرداندن آن به ظرف مناسب، لازم است اندازه گیری دقیق انجام شود.

۱۲- در پایان عملیات، پایش افراد و وسایل (کنترل آلودگی) را انجام دهید.

۵-۶ برنامه آموزشی پرتوکاران

ردیف	موضوع آموزش	مدت آموزش (ساعت)
۱	خصوصیات اصلی مواد	۱
۲	انواع پرتو	۱
۳	مواد رادیو اکتیو	۲
۴	واکنش پرتو با مواد	۲
۵	چشمه های پرتو زا و سیستمهای تابش	۲
۶	اثرات بیولوژیکی پرتو	۲
۵	سیستمهای اندازه گیری و آشکارسازی پرتو	۲
۸	پایش پرتو	۲
۹	مانورهای آزمایشگاهی - تعویض چشمه و سیستمهای تابش	۲
۱۰	دستورالعملهای اضطراری	۲
۱۱	مانورهای آزمایشگاهی - بازیافت چشمه	۲
۱۲	مروری بر سوانح پرتونگاری	۱
۱۳	ذخیره سازی چشمه ها و سیستمهای تابش	۱
۱۴	بسته بندی و حمل و نقل چشمه ها و سیستمهای تابش	۱
۱۵	مانورهای آزمایشگاهی - بسته بندی و برچسب گذاری محموله	۱
۱۶	مانورهای آزمایشگاهی - بسته بندی و برچسب گذاری محموله	۱
۱۵	استانداردهای پرتو نگاری (کشوری)	۴
۱۸	تکنیکهای پرتو نگاری	۳
۱۹	استانداردهای ANSI	۲
۲۰	مروری بر آموزش	۲
۲۱	آزمون	۲
۲۲	نقد و بررسی	۱

۵-۷- معرفی روشهای تعیین دز پرتویی فردی

هدف اصلی از کاربرد دزیمترهای فردی اطلاع از میزان پرتوگیری پرتوکاران در یک فاصله زمانی مشخص و مقایسه نتایج حاصل با حدود توصیه شده می باشد. استفاده صحیح از این وسایل براساس دستورالعمل های موجود توصیه می شود. مهم ترین دزیمترهای فردی مورد استفاده در پرتونگاری صنعتی عبارتند از:

- دزیمتر فیلم بچ: این دزیمتر قادر است دز معادل ناشی از پرتوهای ایکس و گاما را در گستره $100 \mu\text{Sv}$ تا 18 mSv را اندازه گیری نماید و پاسخ به انرژی آن در محدوده 10 keV تا 3 MeV قابل قبول می باشد.

- دزیمتر ترمولومینسانس: این دزیمتر قادر است دز معادل ناشی از پرتوهای ایکس و گاما را در گستره $20 \mu\text{Sv}$ تا 20 Sv اندازه گیری نماید و پاسخ به انرژی آن در محدوده 10 keV تا $1/3 \text{ MeV}$ قابل قبول می باشد.



تصویری از دزیمتر ترمولومینسانس

- دزیمتر قرائت مستقیم: دزیمتر قرائت مستقیم یا دزیمتر جیبی جهت اندازه گیری دز جمعی طی دوره زمانی مورد استفاده قرار می گیرد. به عنوان مثال دزیمتر قلمی که غالباً در پرتونگاری صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد قادر است مجموع دز معادل جذب شده را در گستره 2 mSv - 0.5 mSv یا $0-5 \text{ mSv}$ اندازه گیری کند و پاسخ به انرژی آن در محدوده 30 keV تا $1/2 \text{ MeV}$ قابل قبول می باشد. در شکل زیر تصویری از دو نمونه دزیمتر قرائت مستقیم مورد استفاده در ایران نشان داده شده است.



۵-۸- معرفی روشهای تعیین دز پرتویی محیطی

دزیومتر محیطی

از یک دزیومتر محیطی که آشکارساز آن معمولاً از نوع گایگر-مولر می باشد جهت موارد زیر استفاده می شود:

- اندازه گیری آهنگ دز محیط، هنگام عملیات پرتونگاری
- اندازه گیری نشتی دوربین محتوی چشمه
- کنترل میزان نشتی انبار نگهداری چشمه
- تعیین نواحی کنترل شده و تحت نظارت
- اطمینان از قرار گرفتن چشمه در داخل دوربین بعد از انجام پرتونگاری
- بررسی های دزیمتری دوره ای
- استفاده در فوریت های پرتوی
- اندازه گیری میزان آلودگی محیط و تجهیزات به مواد پرتوزا
- در انتخاب دزیومتر محیطی مناسب لازم است موارد زیر در نظر گرفته شود:
 - پاسخ آن متناسب با نوع و انرژی پرتو باشد.
 - سالم و کالیبره باشد.
 - قابلیت اندازه گیری آهنگ دز معادل از $1\mu Sv/h$ تا $1 Sv/h$ را داشته باشد.
 - به سادگی قابل حمل باشد.



تصویر دو نمونه دزیومتر محیطی

۵-۹- مشخصات بسته بندی و حمل و نقل چشمه ها

۵-۹-۱- مشخصات بسته های پرتوزا

تهیه فهرست نیازمندی های مربوط به چگونگی حمل و نحوه برچسب زدن محموله های خطرناک، امری معمول و ضروری در زمینه تجارت حمل و نقل کالاهاست که باید اطلاعات ضروری مربوط به نوع محموله را نیز به همراه داشته باشد. اغلب محموله های مواد و چشمه های پرتوزا دارای بسته بندی ویژه و "بارنامه ای" هستند که در آن محتوا، مقدار و میزان فعالیت ماده پرتوزا مشخص شده است. این گونه برچسب ها و مجوزهای حمل، ارزش بالایی در ارزیابی و راهبرد مواد پرتوی خطرناک و وقوع سوانح در ضمن حمل و نقل دارند.

نکته قابل توجه، مراقبت کامل از نحوه حمل و حفاظت از مقادیر محدوده مواد پرتوزا در حین حمل و نقل عادی است.

- هرکدام از بسته های دارای برچسب "Radioactive"، پرتوزا بوده و دارای علائم طبقه بندی I، II و III (با عددهای قرمز رنگ) هستند که متناسب با نرخ های دز در سطح بسته یا نزدیک به سطح بسته می باشند.

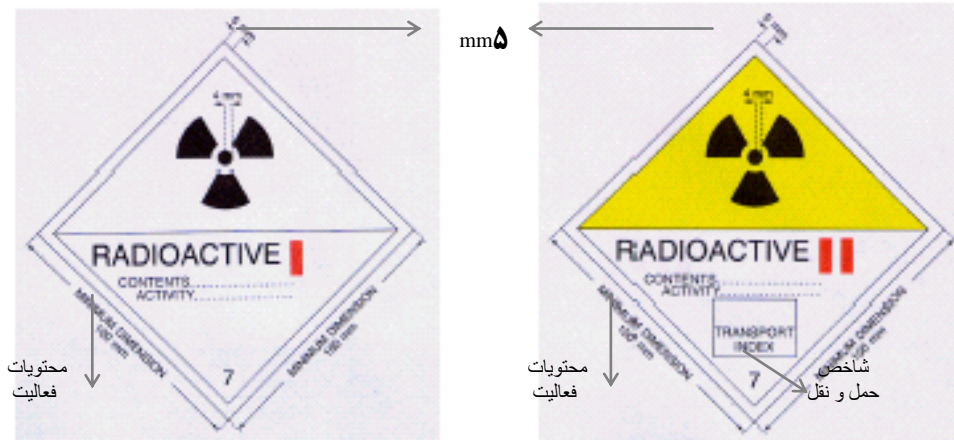
جدول برچسب بسته های حمل و نقل

طبقة بندی برچسب	حداکثر پرتو در سطح (mSv/h)	حداکثر پرتو در ارتفاع یک متر (mSv/h)
I - سفید white	۰/۰۰۵	---
II - زرد Yellow	۰/۵	۰/۰۱
III - زرد Yellow	۲	۰/۱

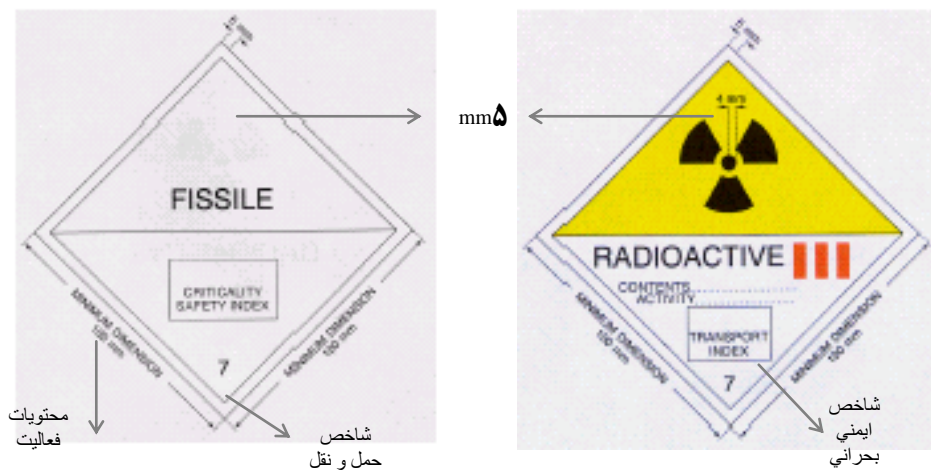
- اگر هنگام حمل تصادفی رخ داده ولی بسته ها سالم بمانند یا دچار صدمه جزئی شده و دز به میزان مشخص شده بر روی برچسب باشد، نیازی به انجام هیچ اقدام حفاظتی عمومی به منظور درخواست کمک از مراکز خدمات اضطراری وجود نخواهد داشت.

- برچسب I به رنگ سفید و برچسب های II و III نیمه سفید و نیمه زرد هستند (شکل «زیر»).

- اندازه برچسبها، ارتباطی با نوع طبقه بندی برچسب ندارد.



حداقل ابعاد ۱۰۰mm - ۱۰۰mm



برچسب های طبقه بندی برای محموله های رادیواکتیو

۵-۹-۲- جعبه حمل و نقل

ویژگی جعبه حمل و نقل دوربین به شرح زیر است :

- استحکام لازم جهت حمل دوربین
- امکانات لازم جهت ثابت نگهداشتن دوربین در داخل آن
- وجود قفل ایمنی
- وجود علائم خطر پرتو در چهار طرف آن
- وجود آدرس و مشخصات مالک دوربین و تلفنهای ضروری
- پیش بینی دستگیره مناسب جهت حمل

- ثبت اطلاعات مندرج بر روی پلاک دوربین، بر روی جعبه بطور مشخص و قابل رویت
- رعایت بیشینه آهنگ پرتو دهی در سطح جعبه به میزان $20 \mu\text{Sv/h}$ و در فاصله یک متری از آن به مقدار $10 \mu\text{Sv/h}$

۶. پیوست‌ها

پیوست ۱. تعاریف

- پرتونگاری

فرایندی که توسط آن تصویر یک شیء از طریق برخورد تابش یونساز پس از برهمکنش آن با شیء، گسیل آن از شیء، یا تراگسیل آن به درون شیء، بر روی یک صفحه، فیلم یا کاغذ عکاسی، ایجاد میشود.

- پرتو دهی

الف) در ارتباط با تابش ایکس و گاما در هوا، مجموع بارهای الکتریکی کلیه یونهای هم علامت ایجاد شده در هوا، هنگامی که همه الکترونها آزاد شده توسط فوتونها در یک عنصر حجمی کوچک مناسب هوا بطور کامل متوقف شوند، تقسیم بر جرم هوای آن عنصر حجمی، مقدار پرتو دهی معمولاً به رونتگن بیان می شود، لیکن، در سیستم بین المللی واحد پرتو دهی کولن بر کیلو گرم است، که در آن یک رونتگن دقیقاً برابر $10^{-4} \times 2/58$ کولن بر کیلو گرم می باشد.

ب) فرود تابش بر ماده جاندار یا بی جان، بطور اتفاقی یا عمد.

- پرتو نگاری گاما

دانش تهیه پرتو نگارها (رادیو گراف) با استفاده از پرتو های گاما

- پرتو گیری اضطراری

پرتو گیری که در حین شرایط اضطراری اتفاق می افتد. این نوع پرتو گیری شامل پرتو گیری های برنامه ریزی نشده در شرایط خاص و نیز پرتو گیری های برنامه ریزی شده ای که کارکنان اضطراری در حین عملیات مجاز به دریافت آن مقدار می باشند، می شود.

پرتو گیری بالقوه یا احتمالی

آن دسته از پرتو گیری هایی که هنوز رخ نداده ولی قابل انتظار هستند اما به علت برخی اتفاقات احتمالی مثل سوانح و یا اشتباه در دفع پسماندهای فعال رخ خواهند داد.

- پرتوگیری حاد

واژه توصیفی برای پرتوگیری که در یک زمان کوتاه روی می دهد.

- پرتوگیری شغلی

تمام پرتوگیری هایی که افراد شاغل در محل کار دریافت می کنند. البته این نوع پرتوگیری، پرتوگیری های خارجی ناشی از دیگر فعالیت ها و چشمه های پرتوی را دربر نمی گیرد.

- چشمه

هر عامل انتشار پرتوهای یونیزان، مواد پرتوزا یا مواد حاوی ذرات پرتوزا که بتواند باعث پرتوگیری شود. به عبارت دیگر به هر چیزی که پرتو تولید کند چشمه گفته می شود. برای مثال، مواد گسیلنده گاز رادون در محیط، دستگاه های استریل کننده با پرتو گاما به عنوان چشمه فعال در صنایع نگه دارنده غذایی، دستگاه های پرتو ایکس به عنوان چشمه فعال در تشخیص های پزشکی، نیروگاه های هسته ای به عنوان بخشی از منابع تولید برق با استفاده از واکنش شکافت هسته ای که ممکن است به عنوان یک چشمه (پس از تخلیه در محیط) یا مجموعه ای از چشمه ها (مثلاً برای حفاظت پرتوی شغلی) محسوب شوند. در موارد کلی، واژه چشمه و به خصوص چشمه سربسته اشاره به چشمه کوچک پرتوی دارد که در موارد پزشکی و صنعتی کاربرد دارند.

- چشمه سربسته

مواد پرتوزایی که همیشه در محفظه سربسته قرار داشته و کاملاً محدود و جامد هستند. اصطلاح "شکل ویژه مواد پرتوزا" به عنوان علامتی برای حمل مواد پرتوزا از لحاظ مفهوم بسیار شبیه به "چشمه سربسته" است.

- بازگشت چشمه به وضعیت اولیه

منظور برگرداندن چشمه به وضعیت اولیه آن است. در برخی سوانح (مثل مفقود شدن یا به سرقت رفتن) چشمه از وضعیت سربسته بودن (Sealed) و یا دارای حفاظ بودن (Shielded) خارج می شود باید بررسی کاملی پیرامون یافتن چشمه و برگرداندن آن به وضعیت اولیه انجام داد.

- پایش چشمه

اندازه گیری نرخ های دز خارجی به علت وجود چشمه پرتوزای نشت یافته (یا پرتوزایی مواد پرتوزا)

- دز

معیاری برای بیان دریافت یا جذب پرتو که بر حسب مورد، توسط کمیت هایی نظیر دز جذبی، دز معادل، دز مؤثر و دز اجباری به کار می رود. دز، واحد اندازه گیری انرژی انتقالی از پرتو به هدف می باشد. این واژه

به صورت عمومی در کنار سایر واژه‌ها ولی به طور خاص همراه با واژه‌های دیگر به صورت ترکیبی استفاده می‌شود.

- حد دز

مقدار دز مؤثر یا دز معادل افراد، ناشی از فعالیت پرتوی کنترل شده که نباید از آن تجاوز شود.

- دز حاد

دز دریافتی در یک مدت زمان کوتاه (به عنوان مثال چند روز) را دز حاد می‌نامند.

- سیورت

سیورت نام واحد دز معادل $[1Sv = 1J.Kg^{-1} (1Sv = 100 Rem)]$ می‌باشد.

- حدود کارکنان اضطراری

دز کل کارکنان که تمام تلاش‌ها برای جلوگیری از افزایش آن در طی اجرای خدمات اضطراری به کار گرفته می‌شوند.

- حفاظت

حفاظت در برابر پرتو (*radiation protection*) و حفاظت پرتوی (*radiological protection*) از نظر مفهوم کمی با هم متفاوت هستند. در اکثر موارد، منظور حفاظت در برابر خطرات پرتوی است. واژه حفاظت در برابر پرتو اغلب در موارد کنترل پرتوگیری شغلی در هنگام نصب تجهیزات هسته‌ای به کار می‌رود. در این گونه موارد پیش‌گیری و تخفیف سوانح از سویی و چگونگی کنترل تخلیه و مدیریت پسمان از سوی دیگر مورد توجه می‌باشد.

- حفاظت و ایمنی

عبارت است از انجام روش‌هایی با هدف "حفاظت افراد جامعه در برابر پرتوگیری از پرتو یون‌ساز یا مواد پرتوزا" و "ایمنی در برابر چشمه‌های پرتوی یا دستگاه‌هایی که در آن‌ها از این منابع استفاده شده است". هدف از انجام این روش‌ها پیش‌گیری از وقوع سوانح، تخفیف و کنترل عواقب ناشی از آن‌هاست.

- سانحه

هراتفاق غیرعمدی که در اثر اشتباه انسانی، نقص فنی تجهیزات و یا رویدادهای دیگر رخ دهد، به صورتی که پیامد یا احتمال پیامد آن‌ها از نقطه نظر حفاظتی و ایمنی قابل چشم‌پوشی نباشد.

- فیلم بچ

از انواع دزیمترهای فردی که آشکارساز آن فیلم رادیوگرافی می‌باشد.

- نرخ دز

اندازه گیری نرخ و مقدار انرژی انتقالی از پرتو به هدف را گویند. این واژه به طور خاص در ترکیب با واژه های دیگر اختصاصی می گردد. نظیر نرخ دز جذبی (*absorbed dose rate*) یا نرخ دز معادل (*equivalent dose rate*) در محیط.

پیوست ۲. چک لیستهای مربوط به پرتونگاری

صفحه	چک لیست ۱	تکمیل شده توسط:
	پرتونگاری	

تهیه شده توسط: _____ تاریخ: _____ زمان: _____

عنوان	تعداد	بلی	خیر	ملاحظات
دستگاههای بررسی پرتو				
دستگاه بررسی پرتوهای گاما در دامنه انرژی کم				
سیستم پایش یا کاوش گر تعیین آلودگی آلفا یا بتا				
چشمه آزمون برای وسایل پایش آلودگی				
دستگاه بررسی پرتوی گاما در دامنه انرژی متوسط				
دستگاه بررسی پرتوی گاما در دامنه انرژی بالا				
آشکارساز گاما با کاوش گر تلسکوپی				
چشمه استاندارد				
چشمه گاما				
منبع پرتو ایکس با انرژی (از mev تا mev)				
وسایل حفاظت فردی				
دزیمترهای خودخوان				
دزیمترهای دائمی				
لباس محافظ کامل بدن				
رو کفشی				
دستکشهای کتانی محکم و دستکشهای وینیلی				
ماسکهای محافظت از غبار				
کیت کمکهای اولیه				
باتری اضافی (برای وسایل و چراغ قوه)				
کیسه و ورقهای پلاستیکی				
ورقهای کاغذی				
نوار پلاستیکی و علائم هشدار				
نیازمندیهای اداری				
راهنمای بکارگیری وسایل پرتونگاری				
دستورالعملها				
زیردستی برای نوشتن				
قلمهای با جوهر ثابت				

				دسترسی یادداشت
				برچسب‌ها و علائم هشدار پرتوی
				نوار اندازه گیری (۵۰ متری)
				موارد مورد نیاز اضافی
				پاکت پلاستیکی
				دستمال کاغذی
				صابون و پاک کننده
				برس
				کیسه زباله
				علائم و برچسب‌های هشدار
				برچسب‌های خاص وسایل آلوده
				منبع تغذیه
				دستورالعمل‌های لازم برای ارائه به افراد آلوده
				وسایل رفع آلودگی
				دستورالعمل‌ها مربوط به رفع آلودگی افراد و تجهیزات
				مخزن آب

شماره:	چک لیست (۲)	کامل شده توسط:
نوع محل: کارخانه: (تولید) آزمایشگاه: (نوع) اداره: (شرح وظایف) مکان عمومی:	توضیحات مربوط به چشمه: رادونوکلید (ها) / فعالیت: نوع بسته: <input type="checkbox"/> کپسول <input type="checkbox"/> فویل <input type="checkbox"/> مدادی <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> سایر نوع باز: <input type="checkbox"/> مایع <input type="checkbox"/> گاز <input type="checkbox"/> جامد <input type="checkbox"/> پودر مشخصات مولد: kV <input type="checkbox"/> mA <input type="checkbox"/>	
ماهیت سانه اضطراری: <input type="checkbox"/> چشمه پیدا شده <input type="checkbox"/> آلودگی مشاهده شده <input type="checkbox"/> چشمه بدون حفاظ <input type="checkbox"/> چشمه صدمه دیده <input type="checkbox"/> چشمه مفقود شده <input type="checkbox"/> پخش مواد در آزمایشگاه <input type="checkbox"/> حمل و نقل <input type="checkbox"/> شرح فعالیت <input type="checkbox"/> قاچاق (حمل و نقل غیر قانونی) <input type="checkbox"/> سایر (ویژه) <input type="checkbox"/> ناشناخته	نوع وسیله: <input type="checkbox"/> تشخیصی / پرتو ایکس <input type="checkbox"/> تشخیص دامی / پرتو ایکس <input type="checkbox"/> درمان از دور <input type="checkbox"/> درمان از نزدیک <input type="checkbox"/> پزشکی هسته‌ای <input type="checkbox"/> سیستم بارزسی بسته <input type="checkbox"/> پرتونگاری گاما <input type="checkbox"/> پرتونگاری ایکس <input type="checkbox"/> سیستم پرتو دهی <input type="checkbox"/> ضخامت سنج	

	<input type="checkbox"/> سطح سنج <input type="checkbox"/> رطوبت / چگالی سنج
شرایط موجود: آیا دسترسی کنترل شده است؟ <input type="checkbox"/> بلی <input type="checkbox"/> خیر هرگونه اقدام لازم برای جلوگیری از پرتوگیری:	شرح کشف چشمه و سانحه:
خطرهای پرتوی (احتمالی): <input type="checkbox"/> دز پرتوی قابل اعتنا <input type="checkbox"/> خطرات ناشی از استنشاق <input type="checkbox"/> مناطق محدود آلوده شده <input type="checkbox"/> نشت در محیط <input type="checkbox"/> خطر بالقوه انتشار آلودگی	تغییر مکان: آخرین زمانی که چشمه در محل امن قرار داشته چه زمانی بوده است؟ مکان چشمه کجا بوده است؟ مالک چشمه:
اثرات پزشکی (تعداد، احتمالی): <input type="checkbox"/> مجروحین تعداد(احتمالی): _____ <input type="checkbox"/> فوت تعداد(احتمالی): _____ <input type="checkbox"/> افراد پرتودیده تعداد(احتمالی): _____ <input type="checkbox"/> افراد آلوده شده تعداد(احتمالی): _____	خطرات متعارف (احتمالی): <input type="checkbox"/> آتش سوزی <input type="checkbox"/> انفجارها <input type="checkbox"/> مواد شیمیایی <input type="checkbox"/> دود و کف <input type="checkbox"/> سایر (ویژه)
سایر اطلاعات (مثل: برچسب‌های حمل و نقل، اندازه‌گیری نرخ دز، آستانه‌ها و سطوح آلودگی، شرایط جوی)	چالش‌های پایش (احتمالی) <input type="checkbox"/> اتمسفر قابل انفجار <input type="checkbox"/> ضریب کاهش <input type="checkbox"/> سایر (ویژه) <input type="checkbox"/> حالت ساکن <input type="checkbox"/> آب

امضاء :

شماره:	کاربرگ	کامل شده توسط:
	برگه ثبت کنترل پرتوگیری	

تهیه شده توسط: _____ تاریخ: _____
 زمان: _____

پرتوکار: _____

شماره کارمندی: _____

جدول مربوط به نتایج دزیمتری فردی

نوع دزیمتر: _____ مدل: _____ شماره سریال: _____

موقعیت در زمان قرائت دز	مقادیر قرائت شده (mSv)	زمان قرائت	تاریخ قرائت

جدول مربوط به نرخ سنجش گر دز گاما

نوع وسیله: _____ مدل: _____ شماره سریال: _____

محل	نرخ دز (mSv/h)	زمان سپری شده (min)	دز انباشته تخمینی* (mSv)

ثبت دز مربوط به TLD یا فیلم بچ شماره TLD یا فیلم بچ: _____

مقادیر قرائت شده	جمع آوری شده		رسید	
	امضاء	تاریخ / ساعت	امضاء	تاریخ / ساعت
		/		/
		/		/
		/		/

– نکته: TLD یا فیلم بچ باید بلافاصله پس از ثبت در این برگه ارزیابی شود. به منظور کسب اطمینان از پاسخ سریع تجهیزات دزیمتری، باید در طی عملیات بازگشت، دزیمتری توسط افراد حمل شده و مورد استفاده قرار گیرد.

امضاء: _____

ملاحظات:

کار برگ مربوط به اشیاء آلوده



احتیاط
اشیاء آلوده شده



تاریخ _____ زمان: _____

نام: _____
(کارکنان اضطراری یا مالک چشمه)

نشانی _____

شماره تلفن: _____

حداکثر میزان پرتو بر روی سطح*	شرح اشیاء آلوده
نوع پرتو (CPS)	
	۱.
	۲.
	۳.

نام مسؤول: _____
(کارشناس پرتوی)

امضاء: _____
(کارشناس پرتوی)

شماره:	تکمیل شده توسط:
	جدول داده‌های پایش چشمه

تهیه شده توسط: _____ تاریخ: _____

نرخ دز گاما:

نوع وسیله: _____ مدل: _____ شماره سریال: _____

ملاحظات	نرخ دز (mSv/h)		فاصله از چشمه (m)
	$\beta+\gamma$	γ	

نرخ شمارش آلفا، بتا:

نوع وسیله: _____ مدل: _____ شماره سریال: _____

ملاحظات	نرخ دز (cps)		موقعیت
	$\beta+\gamma$	α	

γ = قرائت‌های با پنجره بسته

$\beta+\gamma$ = قرائت‌های با پنجره باز

احتیاط: در صورتی که وسیله دارای واحد SI نباشد، از ضریب تصحیح استفاده کنید: $1 \text{ R/h} \approx 10 \text{ mSv/h}$
 راهنمایی عملی: نتایج قرائت را در ۱۰ ضرب کرده و برای بیان نتیجه از جزء مرتبه سوم واحد "دز" استفاده کنید. به عنوان مثال: $2/5 \text{ mR/h}$ برابر است با $25 \mu\text{Sv/h}$

امضاء مسؤل گروه: _____

پیوست ۳. الزامات قانونی و کشوری

قانون حفاظت در برابر اشعه

۱- کلیات

ماده ۱- اهداف

با توجه به گسترش روز افزون کاربرد اشعه (پرتوها) در امور مختلف و ضرورت حفاظت کارکنان، مردم، نسلهای آینده و محیط در برابر اثرات زیان آور اشعه، مقررات ذیل تدوین گردیده است.

ماده ۲- تعریف

۱- اشعه یا پرتو شامل یونساز و غیر یونساز می باشد.

۲- منابع مولد اشعه به مواد پرتوزا (رادیو اکتیو) اعم از طبیعی و یا مصنوعی و یا مواد اشیاء حاوی آن و یا دستگاهها و تأسیسات مولد اشعه اطلاق می گردد.

۳- کار با اشعه هر گونه کار یا فعالیتی است که در ارتباط با منابع مولد اشعه انجام شود.

۴- واحد قانونی به مفهوم سازمان انرژی اتمی است.

۵- شخص مسئول شخص حقیقی است که برابر آئین نامه مربوط واجد صلاحیت علمی و فنی و شرایط لازم برای تصدی و نظارت بر کلیه امور مربوط به کار با اشعه در محدوده پروانه مربوطه باشد.

۶- مسئول فیزیک بهداشت شخص حقیقی است که برابر آئین نامه مربوطه واجد صلاحیت علمی و فنی و شرایط لازم برای تصدی مسئولیت حفاظت در برابر اشعه در محدوده پروانه مربوطه باشد.

ماده ۳- شمول مقررات

مقررات این قانون شامل کلیه امور مربوط به حفاظت در برابر اشعه در سطح کشور از جمله موارد زیر می باشد:

۱- منابع مولد اشعه

۲- کار با اشعه

۳- احداث، تأسیس، راه اندازی، بهره برداری، از کار اندازی و تصدی هر واحدی که در آن کار با اشعه انجام می شود.

۴- هر گونه فعالیت در رابطه با منابع مولد اشعه شامل واردات و صادرات، ترخیص، توزیع، تهیه، تولید، ساخت، تملیک، تحصیل، اکتشاف، استخراج، حمل و نقل، معاملات، پیمانکاری، نقل و انتقال، کاربرد و پسمانداری.

۵- حفاظت کارکنان، مردم و نسلهای آینده بطور کلی و محیط در برابر اثرات زیان آور اشعه

۲- پروانه و مسئولیتها

ماده ۴- انجام هر گونه فعالیت در ارتباط با موارد مندرج در بندهای ۱، ۲، ۳ و ۴ از ماده ۳، غیر از موارد مستثنی به موجب آئین نامه های مربوطه مستلزم اخذ پروانه کسب از واحد ذیربط و پروانه اشتغال از واحد قانونی می باشد.

تبصره - مجوز کار با اشعه در مورد موسسات پزشکی صرفاً برای متخصصین گروه پزشکی توسط کمیسیون مرکب از دو نفر متخصص امور حفاظت در برابر اشعه از واحد قانونی و دو نفر کارشناس از وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ورد بررسی و تأیید قرار گرفته و از طرف واحد قانونی داده خواهد شد. صدور پروانه نهایی تأسیس واحد کار با اشعه از سوی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی خواهد بود.

ماده ۵- دارنده پروانه کسب مکلف است حداقل یک فرد واجد شرایط به عنوان شخص مسئول و یک فرد واجد شرایط بعنوان مسئول فیزیک بهداشت را به واحد قانونی معرفی تا پروانه اشتغال بنام آنان اخذ گردد. تبصره- در موارد خاص (مانند واحدهای تشخیص با اشعه ایکس با فعالیت محدود) و طبق آئین نامه های مربوط، مسئولیت شخص حقیقی دارنده پروانه کسب، شخص مسئول و مسئول فیزیک بهداشت می تواند تماماً بعهده یک یا دو شخص حقیقی واجد شرایط باشد.

ماده ۶- دارنده پروانه اشتغال مکلف است منحصراً در محل و در حدود و شرایط مندرج در پروانه و دستورالعملهای مربوطه فعالیت نماید.

ماده ۵- هر گونه تغییر در وضعیت حقوقی دارنده پروانه کسب در ارتباط با منابع مولد اشعه و نیز هر گونه تغییر کمی و کیفی در ارتباط با منابع مزبور مستلزم اخذ مجوز از واحد قانونی است.

تبصره - در خصوص موسسات پزشکی پس از اخذ مجوز از واحد قانونی، صدور پروانه جدید از سوی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی خواهد بود.

ماده ۸- دارندگان پروانه و یا قائم مقام قانونی آنها و نیز کلیه افرادی که به لحاظ وظیفه شغلی با منابع مولد اشعه در ارتباط می باشند مکلفند موارد زیر را بلافاصله به واحد قانونی اطلاع دهند:

۱- تعلیق و یا تعطیل بهره برداری از منابع مولد اشعه.

۲- مفقود شدن و یا سرقت منابع مولد اشعه.

۳- هر گونه حادثه، اخلاص، عیب و یا تغییرات در رابطه با منابع مولد اشعه که احتمال افزایش مخاطرات بالقوه پرتوگیری افراد را در برداشته باشد.

۴- سوانح پرتوگیری و نیز پرتوگیری مشکوک افراد.

ماده ۹- کلیه افرادی که با کار با اشعه گمارده می شوند باید تحت معاینات و آزمایشهای پزشکی لازم قبل و بعد از استخدام و بصورت دوره ای طبق آئین نامه مربوطه قرار گرفته و مدارک لازم را در اختیار واحد قانونی قرار دهند.

ماده ۱۰- گماردن افراد زیر به کار با اشعه ممنوع است :

۱- افراد کمتر از ۱۸ سال سن غیر از موارد مستثنی به موجب آئین نامه مربوطه.
 ۲- افرادی که در نتیجه آزمایشات پزشکی مورد تأیید واحد قانونی کار با اشعه برای سلامتی آنان زیان آور تشخیص داده شده باشند.

ماده ۱۱- در انجام هرگونه فعالیت مربوط به موارد مندرج در ماده ۳ دارنده پروانه کسب ، شخص مسئول و مسئول فیزیک بهداشت مکلفند :

۱- کلیه مقررات ، استانداردها، آئین نامه ها و دستورالعملهای حفاظت در برابر اشعه را رعایت نمایند.
 ۲- کلیه تدابیر و تجهیزات حفاظتی لازم را طبق مقررات مربوط پیش بینی ، تأمین و به اجرا در آورند.
 ۳- از پرتوهای غیر ضروری اجتناب نمایند.

ماده ۱۲- کلیه افرادی که به کار با اشعه اشتغال دارند مکلفند وسائل حفاظت در برابر اشعه پیش بینی شده را شخصاً بکار گرفته و مقررات و دستورالعملهای مربوطه را به اجرا در آورند.

۳ - نظارت و بازرسی

ماده ۱۳- واحد قانونی در جهت حسن اجرای مقررات این قانون ، نظارت بر کلیه امور مندرج در ماده ۳ این قانون و بازرسی در زمینه های مزبور را بعهده دارد.

ماده ۱۴- دارنده پروانه کسب ، شخص مسئول و فیزیک بهداشت مکلفند توصیه ها و دستورالعملهای ابلاغ شده توسط واحد قانونی و بازرسین مربوطه را به اجرا در آورند.

ماده ۱۵- در مواردی که اجرای امور مربوط به مفاد ماده ۱۴ و یا حفاظت افراد و اموال در برابر اشعه مستلزم ارائه خدمات از طرف واحد قانونی باشد ، اشخاص ذینفع مکلفند بهاء خدمات ارائه شده را بر طبق تعرفه در آئین نامه مربوطه به حساب خزانه داری کل واریز نمایند.

تبصره - در مورد موسسات پزشکی که منجر به صرف هزینه یا ارائه خدمات توسط وزارت بهداشت ، درمان و آموزش پزشکی می شود آئین نامه مربوطه توسط وزارت بهداشت ، درمان و آموزش پزشکی تهیه می گردد.

ماده ۱۶- دارنده پروانه و یا هر شخصی که به نحوی از انحاء منابع مولد اشعه را برابر مفاد این قانون در اختیار و یا تحت نظر داشته و یا شخص مسئول و یا مسئول فیزیک بهداشت انجام وظیفه نماید مکلف است در حوزه فعالیت شغلی خود تسهیلات لازم برای اعمال نظارت و بازرسی واحد قانونی را فراهم نموده و اطلاعات و مدارک مورد نیاز را در اختیار واحد قانونی قرار دهد.

ماده ۱۵- واحد قانونی مکلف است در اجرای مقررات این قانون، در صورت وقوف بر وجود اشکالات یا تخلفاتی در کار با اشعه یا بهره برداری از منابع مولد اشعه پس از ابلاغ کتبی مدت دار به وزارت و یا موسسه مربوطه و در صورت عدم رعایت توصیه ها، دستور توقف و یا تعطیل بهره برداری از منابع مربوطه را صادر نموده و یا پروانه صادره را لغو نماید و در صورت لزوم یا اخذ مجوز لازم از مرجع ذیصلاح اقدام به لاک و مهر آن بنماید.

۴- جرایم و مجازاتها

ماده ۱۸- موارد زیر جرم محسوب و مرتکب حسب مورد با رعایت شرایط و امکانات خا طی و دفعات و مراتب تأدی ب از وعظ و توبیخ و تهدید و درجات تعزیر به مجازات مشروح ذیل محکوم خواهد شد:

۱- عدم استفاده از وسایل حفاظتی پیش بینی شده و همچنین عدم رعایت دستورالعملهای حفاظتی توسط کارکنان با اشعه جرم محسوب و متخلف به جریمه نقدی از ده هزار ریال تا صد و پنجاه هزار ریال محکوم خواهد شد .

۲- گماردن افراد بدون انجام آزمایشهای پزشکی لازم قبل از استخدام و یا بدون مراقبتها و آزمایشهای دوره ای پزشکی در مدت اشتغال بکار با اشعه جرم محسوب و متخلف به جریمه نقدی از ده هزار ریال تا پانصد هزار ریال محکوم خواهد شد.

۳- گماردن افرادی بکار با اشعه که به موجب ماده ۱۰ این قانون کار با اشعه برای آنان ممنوع اعلام شده است جرم محسوب و متخلف به جریمه نقدی از سی هزار ریال تا یک میلیون ریال محکوم خواهد شد .

۴- کوتاهی در اعلام موارد مذکور در مواد ۵، ۸، و ۹ این قانون توسط اشخاص نامبرده در موارد یادشده جرم محسوب و متخلف به جریمه نقدی از سی هزار ریال تا دو میلیون ریال محکوم خواهد شد .

۵- متخلف موارد زیر به جزای نقدی از سی هزار ریال تا پنج میلیون ریال و یا به حبس تعزیری از یک ماه تا شش ماه و یا به هر دو مجازات محکوم خواهد شد :

الف- بهره برداری از منابع مولد اشعه و یا کار با اشعه بدون اتخاذ تدابیر حفاظتی و تدارک تجهیزات حفاظتی توصیه شده توسط واحد قانونی .

ب- بهره برداری از منابع مولد اشعه و یا کار با اشعه بدون نظارت شخص مسئول فیزیک بهداشت .

ج- اخلال در امر نظارت و بازرسی واحد قانونی و ندادن اطلاعات لازم و یا ارائه اطلاعات ناقص و یا کذب به واحد قانونی و نیز هر اقدامی که موجب انحراف تشخیص واحد قانونی گردد.

۶- ایجاد اختلال در کار با اشعه و یا منابع مولد اشعه جرم محسوب و متخلف به جزای نقدی از پانصد هزار تا پانزده میلیون ریال و حبس تعزیری از یکماه تا سه سال و یا به هر دو مجازات محکوم خواهد شد .

۵- عدم رعایت حدود و شرایط مقرر در پروانه یا تغییر در شرایط مزبور جرم محسوب و متخلف به مجازات نقدی از یک میلیون ریال تا پنج میلیون ریال و یا به حبس تعزیری از شش ماه تا دو سال و یا به هر دو مجازات محکوم خواهد شد .

۸- نداشتن پروانه معتبر در مواردی که به موجب ماده ۴ این قانون داشتن پروانه الزامی اعلام گردیده است جرم محسوب و متخلف به مجازات نقدی از یک میلیون ریال تا ده میلیون ریال و یا به حبس تعزیری از شش ماه تا سه سال و یا به هر دو مجازات محکوم خواهد شد .

۹- بهره برداری از منابع مولد اشعه که توسط واحد قانونی به نحوی ممنوع اعلام شده است جرم محسوب و متخلف به مجازات نقدی از یک میلیون ریال تا پانزده میلیون ریال و یا به حبس تعزیری از شش ماه تا سه سال و یا به هر دو مجازات محکوم خواهد شد .

ماده ۱۹- در مواردی که جرائم موضوع این قانون به لحاظ انطباق با عناوین قانونی دیگر مستلزم مجازات شدیدتر باشد مقررات قانون مجازات اشد درباره مرتکب اعمال خواهد شد .

۵- مقررات ویژه

ماده ۲۰- به افرادی که به طور مستمر به کار با اشعه اشتغال داشته باشند ، مزایای زیر بر مبنای مقدار و شرایط بالقوه پرتو دهی محیط کار به تشخیص واحد قانونی و طبق آئین نامه های مربوطه تعلق می گیرد:

- ۱- کاهش ساعات کار هفتگی تا میزان ۲۵٪ ساعات کار مقرر برای سایر کارکنان .
- ۲- افزایش میزان مرخصی استحقاقی سالیانه تا یکماه در سال برای مدت اشتغال به کار با اشعه استفاده از مرخصی استحقاقی سالیانه در اینگونه موارد در طول هر سال اجباری است .
- ۳- افزایش مدت خدمت مورد قبول تا یک سال به ازاء هر یکسال کار با اشعه . حداکثر این افزایش تا ده سال و منحصرًا از نظر باز خرید ، باز نشستگی ، از کار افتادگی و تعیین حقوق وظیفه قابل احتساب می باشد .

۴- پرداخت تا پنجاه درصد حقوق و مزایا بعنوان فوق العاده کار با اشعه .
تبصره : در مورد بند ۲ این ماده بجاس استفاده از مرخصی فرد ذینفع می تواند درخواست اشتغال در محلی غیر از محیط کار با اشعه بنماید.

ماده ۲۱- وزارتخانه ها ، نهاد های انقلاب اسلامی ، موسسات ، سازمانها و شرکتهای دولتی و یا وابسته بهد دولت و موسساتی که شمول قانون بر آنها مستلزم ذکر نام است و نیز کلیه مأمورین انتظامی موظفند در اجرای این قانون با واحد قانونی همکاری نمایند .

ماده ۲۲- واحد قانونی مسئولیت حسن اجرای مقررات این قانون را بعهدہ داشته و مکلف است با بکار گماردن متخصصین واجد صلاحیت علمی و فنی و از طریق تهیه و تدوین ضوابط ، مقررات ، استانداردها و

دستورالعملهای لازم و بکارگیری امکانات تخصصی، آموزش و پژوهش و ارائه خدمات در سطح علمی پیشرفته روز تدابیر مقتضی را اتخاذ نماید.

ماده ۲۳- این قانون از تاریخ تصویب لازم الاجرا می باشد و از تاریخ مزبور کلیه قوانین و مقررات مغایر لغو و کان لم یکن تلقی می گردد. دولت مکلف است آئین نامه های مربوطه را بر اساس واحد قانونی تصویب و جهت اجراء ابلاغ نماید. کلیه اشخاص حقیقی و حقوقی مشمول این قانون مکلفند حداکثر ظرف شش ماه از تاریخ اجرای قانون وضعیت خود را با مقررات آن منطبق نمایند.

تبصره- در خصوص موسسات پزشکی کشور آئین نامه های مربوطه توسط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و واحد قانونی تهیه و تدوین و پس از تصویب هیأت وزیران قابل اجرا خواهد بود. قانون فوق مشتمل بر بیست و سه ماده و شش تبصره در جلسه علنی روز پنجشنبه مورخ ۱۳۶۸/۱/۲۰ مجلس شورای اسلامی تصویب و در تاریخ ۱۳۶۸/۱/۳۰ به تأیید شورای نگهبان رسیده است.

۶) آئین نامه اجرائی قانون حفاظت در برابر اشعه (مصوب ۱۳۶۹)

هیأت وزیران در جلسه مورخ ۱۳۶۹/۲/۲ بنا به پیشنهاد شماره ۳۰/۳۲۳۵۲ مورخ ۱۳۶۸/۹/۸ سازمان انرژی اتمی ایران آئین نامه اجرائی قانون حفاظت در برابر اشعه مصوب ۱۳۶۸ را به شرح زیر تصویب نمود.

ماده ۱-

این آئین نامه به منظور حسن اجرای قانون حفاظت در برابر اشعه مصوب ۱۳۶۸ تنظیم و تدوین گردیده است.

ماده ۲- تعاریف

- ۱- **قانون** در این آئین نامه به قانون حفاظت در برابر اشعه اطلاق می گردد.
- ۲- **پرتوهای یونساز** از نظر حفاظت در برابر اشعه به پرتوهائی مثل ایکس، گاما، بتا، نوترون، آلفا و ذرات اتم دیگر اطلاق می گردد که قادر به یونسازی در ماده می باشند.
- ۳- **پرتوهای غیر یونساز** از نظر حفاظت در برابر اشعه به پرتوهائی مثل ماوراءبنفش، مادون قرمز، میکروویو، لیزر، امواج رادیویی و نظایر آن اطلاق می گردد که قادر به یونسازی در ماده نمی باشند.
- ۴- **پروانه اشتغال** یک سند رسمی است که توسط واحد "قانونی" بر اساس مندرجات فصل دوم قانون، در رابطه با مفاد ماده ۳ آن و در صورت رعایت کلیه مقررات قانون و این آئین نامه و استانداردها، ضوابط و دستورالعملهای حفاظت در برابر اشعه غیر از مواردی که به موجب استانداردهای واحد قانونی مستثنی شده است، برای مدت سه سال صادر می گردد.

۵- دارنده پروانه اشتغال یک شخص است که پروانه را از واحد "قانونی" بر اساس مفاد فصل دوم قانون جهت اقدامات لازم مندرج در آن دریافت می‌دارد.

۶- شخص به هر شخص اعم از حقیقی یا حقوقی و یا نماینده رسمی و یا قائم مقام هریک از آنها اطلاق می‌گردد.

۵- پرتوکار به شخص حقیقی اطلاق می‌گردد که با منابع مولد اشعه بطور فیزیکی در ارتباط باشد که شامل پرتوکاران گروه الف و ب می‌گردد.

پرتوکار گروه الف: به شخص حقیقی اطلاق می‌گردد که در شرایطی کار میکند که دز سالیانه آن می‌تواند از $0/3$ حد دز معادل سالانه تجاوز نماید.

پرتوکار گروه ب: به شخص حقیقی اطلاق می‌گردد که در شرایطی کار میکند که معمولاً دز دریافتی سالانه او از $0/3$ حد دز معادل سالیانه تجاوز نمی‌نماید.

ماده ۳- انجام هرگونه فعالیت در ارتباط با مواد مندرج در بندهای ۲، ۳، ۴ و ۱ ماده ۳ قانون که قدرت منابع مولد اشعه آن پائین تر از استاندارد تعیین شده توسط واحد قانونی باشد نیاز به خذ پروانه اشتغال ندارد.

ماده ۴- مسئول فیزیک بهداشت باید دارای حداقل درجه دیپلم در یکی از رشته های علمی و فنی با سابقه کار موثر در رشته حفاظت در برابر اشعه و گذراندن دوره های آموزشی تخصصی با تشخیص واحد قانونی بوده و از صلاحیت جسمی و روحی کامل برخوردار باشد.

تبصره - در امور ویژه کار با اشعه مانند پرتودرمانی، پزشکی هسته ای، مراکز بزرگ رادیولوژی، مراکز هسته ای و دانشگاهها، حداقل تحصیلات مسئول فیزیک بهداشت درجه کارشناسی در رشته های علمی و فنی در رابطه با پرتوها خواهد بود.

ماده ۵- شخص مسئول لازم است در رشته مربوط به حوزه پروانه مورد درخواست دارای حداقل تحصیلات کارشناسی در یکی از رشته های علمی و فنی در رابطه با پرتوها و از صلاحیت جسمی و روحی کامل برخوردار باشد.

تبصره ۱- در شرایط ویژه و در امور غیر پزشکی و کمبود متخصص در رشته مربوطه، دارندگان مدرک تحصیلی حداقل دیپلم با حداقل ۶ سال سابقه موثر کار با اشعه و موفقیت در آزمونهای مربوطه با تشخیص واحد قانونی می‌توانند بعنوان شخص مسئول انجام وظیفه نمایند.

تبصره ۲- در امور تشخیص و درمان پزشکی شخص مسئول لازمست دارای درجه دکتری و تخصص در رابطه با پرتوها باشد.

ماده ۶- جهت صدور پروانه اشتغال باید اقدامات زیر بر حسب مورد توسط متقاضی دارنده پروانه کسب انجام شده و مدارک لازم حداقل دو ماه قبل از اقدام نسبت به مفاد ماده ۳ قانون به واحد قانونی ارائه گردد.

الف) طبق ماده ۵ (پنج) فصل دوم قانون، معرفی یک نفر بعنوان شخص مسئول و یک نفر بعنوان مسئول فیزیک بهداشت با سطح تحصیلی و تخصصی مذکور در مواد ۴ و ۵ این آئین نامه با ارائه مدارک تحصیلی و تخصصی و سوابق کار با اشعه.

ب) ارائه اطلاعات جامع طرح در رابطه با کار با اشعه که پروانه جهت آن درخواست شده است با توجیه و توصیف ضرورت انجام طرح و مزایای آن برای جامعه در مقایسه با سایر روشهای موجود بطوریکه پرتوگیری کارکنان و مردم جامعه به "هرچه کمتر موجه شدنی" کاهش یابد.

ج) ارائه گزارشهای علمی و فنی شامل نقشه های ساختمانی، تأسیسات، سیستم دفع فاضلاب و پسماند و غیره برحسب لازم.

د) ارائه گزارشهای فنی کامل وسائل، دستگاهها و تأسیساتی که جهت کار با اشعه مورد استفاده قرار می گیرند (بالصاق نقشه ها، کاتالوگ، محاسبات و غیره)

ه) ارائه فهرست کاملی از وسایل و تجهیزات ایمنی حفاظتی مورد استفاده در طرح.

و) در صورتیکه طرح مورد نظر امکان پرتو زائی محیط را دارد ارائه گزارش محیطی و طرح جامع تجهیزات مورد نیاز جهت جلوگیری از آلودگی محیط و سیستمهای اندازه گیری مربوط.

ز) ارائه دستورالعمل اورژانس به منظور مقابله با سوانح در شرایط اضطراری.

ح) ارائه مدارک تحصیلی و تجربی و باز آموزی و آموزش پرتوکاران و کارکنان مربوطه.

ط) ارائه موافقت اصولی وزارتخانه، سازمان و یا هر ارگان ذیربط.

تبصره- درخواست صدور پروانه هیچگونه تعهدی برای واحد قانونی جهت صدور پروانه در صورتیکه درخواست کننده دارای شرایط لازم و کافی نباشد ایجاد نمی نماید.

ماده ۵- دارنده پروانه اشتغال مکلف است دو ماه قبل از انقضاء مدت اعتبار پروانه درخواست تمدید نماید.

ماده ۸- وقتی مطابق مقررات این آئین نامه درخواست تمدید پروانه میگردد پروانه فعلی، در صورتیکه که قبلاً طبق مفاد ماده ۱۵ قانون به حالت تعلیق در نیامده و یا لغو نشده باشد، تا زمان تمدید و یا صدور پروانه جدید و یا لغو آن اعتبار خواهد داشت.

ماده ۹- در موارد خاص کار با اشعه با فعالیت محدود (از نظر تعداد منابع، انرژی، پرتو دهی و کاربرد) بر اساس استانداردهای واحد قانونی و در صورتیکه واحد قانونی تشخیص دهد که قوانین، مقررات، استانداردها و ضوابط و دستورالعملهای حفاظت در برابر اشعه می تواند به خوبی توسط یک یا دو شخص انجام پذیرد، یک یا دو شخص حقیقی واجد شرایط می توانند مسئولیت شخص حقیقی دارنده پروانه، شخص مسئول و مسئولیت فیزیک بهداشت را بعهده بگیرند.

ماده ۱۰- بطور کلی اخذ پروانه شامل ارسال درخواست کتبی با مدارک مورد نیاز، ثبت درخواست، بررسی درخواست، بازرسی، مجوز اولیه و مجوز بهره برداری است. گذراندن این مراحل با عنایت به پیچیدگی کار با اشعه از ضروریات علمی و فنی است.

ماده ۱۱- در موارد کار با اشعه بطور محدود و یا برای مدتی که از یکسال تجاوز نکند و یا در موارد خاص و بر حسب ضرورت با تشخیص واحد قانونی، بجای پروانه می تواند مجوز مدت دار با شرایط مندرج در آن صادر گردد.

ماده ۱۲- **شخص مسئول** مکلف است به پیامد های ناشی از عدم رعایت مفاد قانون و این آئین نامه آگاه بوده و مسئولیتهای مربوط را بپذیرد.

ماده ۱۳- **مسئول فیزیک بهداشت** مکلف است وظایف حفاظت در برابر اشعه فعالیت محدود پروانه را بعهده داشته و مسئولیتهای مربوطه را آگاهانه بپذیرد.

ماده ۱۴- **دارنده پروانه اشتغال**، شخص مسئول و پرتوکاران مکلفند دستورالعملها و توصیه های مسئول فیزیک بهداشت را بر اساس قوانین، مقررات، آئین نامه ها، استانداردها و توصیه های واحد قانونی پذیرفته و به اجراء در آورند و نیازهای مربوط به حفاظت اشخاص حوزه پروانه را در اختیار وی قرار دهند.

ماده ۱۵- طبق ماده ۹ قانون، دارنده پروانه اشتغال مکلف است کلیه افرادی را که بکار با اشعه گمارده می شوند، قبل و بعد از استخدام بصورت دوره ای در طول استخدام و یا در شرایط اضطراری، تحت معاینه ها و آزمایش های پزشکی لازم و آزمایشهای تخصصی قرار داده و مدارک مربوطه را در اختیار واحد قانونی قرار دهد.

تبصره ۱- آزمایش ها و معاینه های پزشکی اولیه نباید زودتر از یک ماه قبل از شروع کار با اشعه انجام شده باشد.

تبصره ۲- جهت هر شخص پرتوکار تحت پوشش پروانه لازمست یک پرونده شخصی که حاوی کلیه اطلاعات فردی از جمله سوابق پرتوگیری و نتایج آزمایشها و معاینه های پزشکی باشد تشکیل گردد.

تبصره ۳- در صورتیکه در هر مرحله بر اساس آزمایشها و معاینه های پزشکی تشخیص داده شد که ادامه کار با اشعه برای شخص زیان آور است لازم است توسط شخص مسئول و مسئول فیزیک بهداشت از ادامه کار با اشعه جلوگیری گردد.

تبصره ۴- از پرتوکاران گروه الف لازم است هر شش ماه یکبار و از پرتوکاران گروه ب حداکثر هر یکسال و از دو گروه در شرایط اضطراری آزمایش و معاینه های کامل پزشکی بر حسب تشخیص و توصیه " واحد قانونی " بعمل آید.

تبصره ۵- آزمایشها و معاینه های پزشکی لازم است بر اساس دستورالعمل واحد قانونی بعمل آید.

تبصره ۶- در صورتیکه یک پرتوکار محل کار خود را تغییر دهد لازمست سوابق کار با اشعه، پزشکی و پرتوگیری وی عیناً به محل کار جدید منتقل شود.

ماده ۱۶- دارنده پروانه اشتغال مکلف است در صورت بروز سانحه و یا پرتوگیری مشکوک هر شخص حقیقی ناشی از کار با اشعه حوزه پروانه خود را مورد آزمایشها و معاینه های پزشکی قرار داده و مراقبتهای پزشکی لازم را تا حصول اطمینان از سلامت وی ادامه دهد.

تبصره ۱- کلیه هزینه آزمایشها و معاینه های پزشکی قبل از استخدام و دوره ای و شرایط اضطراری بعهد دارنده پروانه اشتغال می باشد.

ماده ۱۵- اشخاص بین ۱۶ تا ۱۸ سال سن مشغول در دوره های آموزشی و پژوهشی می توانند فقط در گروه کاری (ب) مشروط بر اینکه قراین و مقررات و استانداردهای حفاظت در برابر اشعه را رعایت نمایند با کسب مجوز از واحد قانونی از مفاد بند یک ماده ۱۰ فصل دوم قانون مستثنی گردند.

ماده ۱۸- بهای خدمات ارائه شده از طرف واحد قانونی تا ارسال تعرفه جدید طبق تعرفه مصوب ۶۵/۳/۱۸ هیأت وزیران دریافت می گردد.

ماده ۱۹- بمنظور اجرای بند ۳ ماده ۲۰ مقررات ویژه قانون، موارد زیر لازم الاجرا است.

۱- خدمت و افزایش خدمت قابل احتساب افزایش خدمت به تأیید واحد قانونی می باشد.

۲- تشخیص نهائی سوابق کار با اشعه و احتساب افزایش خدمت به تأیید واحد قانونی می باشد.

۳- هرگاه شخصی بر طبق مقررات این آئین نامه بازنشسته و بعد معلوم شود که بر اساس تقلب و مدرک سازی به این استحقاق رسیده است از امتیاز بند ۳ ماده ۲۰ کلاً محروم و مکلف به پرداخت کلیه وجوهی است که به وی پرداخت شده و خسارات ناشی از آن از وی اخذ خواهد شد.

ماده ۲۰- احتساب سوابق کار با اشعه جهت باز خرید، بازنشستگی، ازکار افتادگی و تعیین حقوق به شرح زیر می باشد:

الف) کارکنان گروه (الف) به ازاء هر سال خدمت یکسال افزایش خدمت مورد قبول تا حداکثر ده سال.

ب) کارکنان گروه (ب) به ازاء هر سال خدمت شش ماه افزایش خدمت مورد قبول تا حداکثر پنج سال.

تبصره ۱- در مورد افرادی که قبل از تصویب قانون با تشخیص واحد قانونی بطور مستمر بکار با اشعه اشتغال داشته فقط بند ۳ ماده ۲۰ قانون لازم الاجرا است.

ماده ۲۱- هر شخص که بر اساس مفاد مقررات قانون و این آئین نامه بازنشسته می گردد، مجاز به اشتغال مجدد بکار با اشعه نخواهد بود.

ماده ۲۲- به منظور اجرای مفاد مندرج در ماده ۲۰ قانون (به استثنای بند ۳)، به افرادی که بطور مستمر به کار با اشعه اشتغال دارند بر حسب مورد مزایای زیر تعلق می گیرد و از تاریخ تصویب قانون (۱۳۶۸/۱/۲۰) لازم الاجرا است.

الف) به پرتوکاران گروه (الف) تا میزان حداکثر ۱۰۰٪ مزایای مندرج در بند های ۱، ۲ و ۴ ماده ۲۰ قانون طبق شرایط زیر :

- برحسب تجربه و تبحر در کار با اشعه تا ۲۰٪
- بر حسب داشتن گرایش هسته ای در دوران تحصیل و یا گذراندن دروس فیزیک بهداشت و یا فیزیک پزشکی یا دوره ای تخصصی حفاظت در برابر اشعه تا ۲۰٪
- بر حسب بکار بردن وسایل حفاظت در برابر اشعه فردی و وسایل حفاظتی مورد نیاز تا ۱۰٪
- برحسب شرایط کار حداکثر تا ۵۰٪
- باید توسط دارندگان پروانه اشتغال اعمال و پرداخت گردد.

ب) به پرتوکاران گروه (ب) تا میزان حداکثر ۶۰٪ مزایای مندرج در بند های ۱، ۲ و ۴ ماده ۲۰ قانون طبق شرایط زیر:

- برحسب تجربه و تبحر در کار با اشعه تا ۱۵٪
- بر حسب داشتن گرایش هسته ای در دوران تحصیل و یا گذراندن دروس فیزیک بهداشت و یا فیزیک پزشکی یا دوره ای تخصصی حفاظت در برابر اشعه تا ۱۰٪
- بر حسب بکار بردن وسایل حفاظت در برابر اشعه فردی و وسایل حفاظتی مورد نیاز تا ۱۰٪
- برحسب شرایط کار حداکثر تا ۲۵٪
- باید توسط دارندگان پروانه اشتغال اعمال و پرداخت گردد.

تبصره ۱- مزایای فوق در صورت تغییر شرایط این آئین نامه و یا شرایط کاری شخص لازم التعمیر است.

ماده ۲۳- با توجه به تغییرات سریع در دانش حفاظت در برابر اشعه، مقررات این آئین نامه می تواند هر دو سال یکبار و بر حسب ضرورت و اضطرار طبق تشخیص " واحد قانونی " و پس از تصویب دولت مورد تجدیدنظر قرار گیرد.