

بخش هشتم

پرتوهای یونساز

تعاریف

مواد رادیواکتیو

به موادی گفته می‌شود که در طبیعت دارای اتم‌های ناپایدار هستند. یعنی اتم‌های آنها خودبه‌خود به اتم‌های پایدارتر تبدیل می‌شوند.

اتم

کوچکترین جزء سازنده جسم و مواد موجود در طبیعت را اتم گویند. مواد یا اجسام از تعداد زیادی اتم تشکیل شده‌اند.

ساختمان اتم

اتم از دو قسمت تشکیل شده است؛ هسته و الکترون.

۱- هسته

بخش مرکزی اتم را هسته گویند و دارای دو بخش است؛ پروتون‌ها (دارای بار مثبت) و نوترون‌ها (دارای بار خنثی). اتم از لحاظ الکتریکی خنثی است.

۲- الکترون

دارای بار منفی است و در طبقات مختلف به دور هسته به صورت ابر الکترونی می‌چرخد. تعداد پروتون‌ها و الکترون‌های هر اتم با هم برابر است.

عدد جرمی (جرم اتمی)

به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم، عدد جرمی گویند.

عدد اتمی

تعداد پروتون‌ها (یا تعداد الکترون‌ها) در یک اتم را عدد اتمی گویند. عدد اتمی ویژگی‌های شیمیایی اتم و نوع عنصر را مشخص می‌کند.

ایزوتوپ

به اتم‌هایی که دارای عدد اتمی مساوی ولی جرم اتمی متفاوتی باشند، می‌گویند. یعنی یک عنصر می‌تواند تعداد پروتون‌های ثابت ولی تعداد نوترون‌های متفاوتی داشته باشد. این نوع اتم‌ها منبع انرژی می‌باشند و این قبیل ایزوتوپ‌ها را رادیواکتیو می‌نامند. به عبارت دیگر، عناصری که هسته اتم آنها ناپایدار است و به تدریج شکسته شده و ذراتی از آنها به خارج پرتاب می‌گردد را رادیواکتیو گویند و این خاصیت یعنی صادر کردن اشعه را، خاصیت رادیواکتیو (یونساز) می‌نامند. اجسام رادیواکتیو سه نوع اشعه آلفا، بتا و گاما از خود منتشر می‌سازند.

۱- اشعه آلفا

این اشعه دارای بار مثبت است و از هسته اتم هلیوم تشکیل شده است. دارای قدرت یونیزاسیون شدید بوده و برد آن کم می‌باشد.

۲- اشعه بتا

این اشعه شامل یک الکترون است که از هسته سرچشمه گرفته و دارای سرعت زیادی است و بار الکتریکی منفی دارد. قدرت یونیزاسیون آن از ذرات آلفا کمتر ولی قدرت نفوذ آن از آلفا بیشتر است.

۳- اشعه گاما

این پرتو وابسته به دسته‌ای از پرتوهاست، که الکترومغناطیس نامیده می‌شوند. این نوع تابش شامل کوانتا یا بسته‌هایی از انرژی است که به صورت موج منتشر می‌شوند. از جنس اشعه ایکس است. قدرت یونیزاسیون آن ضعیف ولی قدرت نفوذ آن بیشتر از ذرات آلفا و بتا است.

نیمه عمر

مدت زمانی که طول می‌کشد تا نیمی از هسته‌های یک ماده رادیواکتیو تجزیه شده یا اکتیویته آن به نصف کاهش یابد را نیمه عمر فیزیکی گویند.

نیمه عمر بیولوژیکی

مدت زمانی که طول می‌کشد تا نیمی از اتم‌های یک عنصر (رادیواکتیو یا غیررادیواکتیو) که به نحوی وارد بدن شده است، از آن خارج شود را، نیمه عمر بیولوژیکی گویند. نیمه عمر بیولوژیکی ارتباطی با نیمه عمر فیزیکی ندارد. مثلاً نیمه عمر فیزیکی کربن ۱۴ تقریباً ۵۷۳۰ سال است در حالی که نیمه عمر بیولوژیکی آن در تمام بدن فقط ۱۰ روز است.

اشعه ایکس

این اشعه به طور مصنوعی با ایجاد عدم تعادل هسته‌های پایدار تولید می‌شود و از جنس اشعه الکترومغناطیس و شبیه

پرتو گاما است، اما تفاوت اساسی در نحوه پیدایش آنها دارد. پرتو گاما از تغییرات هسته‌ای ولی پرتو ایکس از دگرگونی الکترون‌های مدار اتم به وجود می‌آید. اثرات اشعه ایکس و گاما را با هیچ ضخامتی نمی‌توان کاملاً مسدود کرد.

ضخامت نیم‌جذبی

ضخامتی را که بتواند اشعه را تا نصف مقدار آن کاهش دهد، لایه نیم‌جذبی گویند.

ضخامت یک‌دهم جذبی

ضخامتی را که بتواند مقدار انرژی اشعه را تا یک‌دهم کاهش دهد، یک‌دهم جذبی می‌گویند.

جدول ۱: قدرت نفوذ پرتوهای شایع در محیط‌زیست

نوع پرتو	هوا	بافت‌ها	سرب
ذرات آلفا	۴ سانتی‌متر	۰/۰۵ میلی‌متر	صفر
ذرات بتا	۳۰۰-۶ سانتی‌متر	۴-۰/۰۶ میلی‌متر	۰/۰۰۵-۰/۳ میلی‌متر
پرتو گاما	۴۰۰ متر	۵۰ سانتی‌متر	۴۰ میلی‌متر
پرتو ایکس	۱۲۰-۲۴۰ متر	۳۰-۱۵ سانتی‌متر	۰/۳ میلی‌متر

منابع پرتوزا

۱- منابع طبیعی

الف) پرتوهای کیهانی

از فضای خارج از جو زمین ساطع می‌شوند، که جزء پرتوهای یونساز طبیعی به‌شمار می‌روند. میزان آنها که به سطح زمین می‌رسند ناچیز است و اثرات مشهودی بر موجودات زنده ندارند و در ارتفاعات مسکونی مقدار تأثیر آنها در هر سال نزدیک به ۳۵ میلی‌راد است. در ارتفاعات بیش از ۲۰ کیلومتر، تابش پرتوهای کیهانی اهمیت می‌یابد؛ مثلاً یک خلبان جت تجاری در هر سال نزدیک به ۳۰۰ میلی‌راد دریافت می‌کند.

ب) پرتوهای زیست‌محیطی

- **پرتوهای زمینی:** از عناصر پرتوزا مانند توریم، اورانیوم و رادیوم که در محیط‌زیست انسان وجود دارند، منتشر می‌شوند. هر انسان در سال نزدیک به ۵۰ میلی‌راد پرتو از خاک و سنگ دریافت می‌کند و در مناطقی که سنگ‌های اورانیوم‌دار وجود دارد تا ۲۰۰۰ میلی‌راد در سال می‌رسد.
- **پرتوهای جوی:** مقداری پرتوهای خارجی از گازه‌های پرتوزای رادون و تورون در جو تشکیل می‌شود که ناچیز است و در حدود ۲ میلی‌راد در سال است.
- **پرتوهای درونی:** انسان در معرض پرتوهای درونی خود نیز هست، که مثلاً از مواد پرتوزای انبار شده در بافت‌های بدن ایجاد می‌شوند. این مواد شامل اورانیوم، توریم، ایزوتوپ‌های پتاسیم ۴۰ و کربن ۱۴ می‌باشد. مقدار آن در سال نزدیک به ۲۵ میلی‌راد است.

۲- منابع مصنوعی

الف) پرتوهای ایکس

مهم‌ترین منبع محسوب می‌شوند. بیماران و متخصصان و تکنیسین‌های پرتوشناسی، دو گروهی هستند که بیشترین تماس را دارند. مقدار پرتویی که به پوست بیمار از یک فیلم پرتونگاری می‌رسد بین دو صدم تا سه صدم است.

ب) ریزش باران پرتوزا

انفجارات هسته‌ای مقدار بسیار زیادی انرژی به شکل گرما، روشنایی و پرتوهای یونساز و بسیاری مواد پرتوزا را آزاد می‌کنند که مهم‌ترین آنها شامل کربن ۱۴، استرانسیم ۹۰ (نیمه عمر ۲۸ سال) و سزیوم ۱۳۷ (نیمه عمر ۱۳۷ سال) می‌باشد. این مواد پرتوزای آزاد شده در فضا تا سال‌ها پس از انفجار هسته‌ای بر زمین می‌ریزند و به علت جریان‌های هوا، ذرات نامبرده تقریباً بر سر همه نژادهای انسانی می‌بارند.

کمیت‌های تابش و واحدها

واحدهایی که با آنها کمیت انرژی پرتوها اندازه‌گیری می‌شود عبارتند از:

۱- الکترون‌ولت (eV)

کیلو الکترون‌ولت (keV) و مگا الکترون‌ولت (MeV).

۲- واحد اکسپوژر (Exposure)

مقداری از پرتوی ایکس و گاما است که بتواند در یک کیلوگرم هوای خالص معادل یک کولمب (شارژ الکتریکی) الکتریسیته مثبت و منفی ایجاد کند.

۳- واحد رونتگن

مقداری از پرتو ایکس یا گاما است، که می‌تواند در یک سانتی‌متر مکعب هوای خشک در شرایط استاندارد (صفر درجه حرارت و ۷۶ سانتی‌متر جیوه) معادل یک واحد الکترواستاتیک یون مثبت یا منفی ایجاد کند.

اکسپوژر $10^{-4} \times 2/5 = 1$ رونتگن

۴- واحد کوری

فعالیت چشمه رادیواکتیوی است که در یک ثانیه 3.7×10^{10} تجزیه داشته باشد. واحدهای کوچکتر آن میلی‌کوری، میکروکوری، نانوکوری و پیکوکوری است.

۵- واحد بکرل (Bq)

عبارت است از واحد رادیواکتیویته‌ای که در هر ثانیه معادل یک تجزیه داشته باشد. دیگر واحدهای آن کیلوبکرل، مگابکرل، گیگابکرل و ترابکرل است.

بکرل $10^{10} \times 3.7 = 1$ کوری

۶- واحد راد (Rad)

معادل جذب ۱۰۰ ارگ انرژی در یک گرم ماده است.

۷- واحد گری (Gray) (دز جذب شده)

در سیستم SI از واحد گری که معادل جذب یک ژول انرژی بر کیلوگرم است، استفاده می‌شود.

$$\text{راد } 1 = 100 \text{ گری}$$

۸- واحد سیورت Sievert (دز معادل)

تأثیر پرتوها در محیط به نوع پرتو و انرژی آنها بستگی دارد. پس برای مقایسه باید دز جذب شده را در فاکتور کیفی Quality Factor (QF) ضرب کرد. این فاکتور برحسب نوع و انرژی پرتوها می‌تواند مقادیر مختلفی داشته باشد.

جدول ۲: فاکتور کیفی تأثیر پرتوها

نوع تابش	Quality Factor(QF)
ایکس	۱
گاما	۱
بتا	۱
آلفا	۱-۱۰

علاوه بر فاکتور کیفیت، اثرات بیولوژیکی پرتوها به نوع توزیع پرتو در ماده نیز بستگی دارد. بنابراین باید فاکتور دیگری به نام Distribution Factor (DF) در نظر گرفته شود. از این رو کمیته‌ای را تعریف کرده‌اند که بتواند فاکتور کیفی و بیولوژیکی را منظور نماید، که از واحدی به نام سیورت با علامت اختصاری (Sv) که برای نمایش دادن دز جذب شده در بدن انسان به کار می‌رود، استفاده کند.

دز معادل در سیستم SI سیورت (Sv) است که به جای واحد قدیمی Rem استفاده می‌شود.

$$Sv = Gy \cdot QF \cdot DF \cdot N$$

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem}$$

Sv: دز معادل.

Gy: دز جذب شده.

QF: فاکتور کیفی.

DF: فاکتور بیولوژیکی.

N: ضریب فاکتور تغییردهنده دیگر.

حد مجاز پرتوگیری: Maximum Permissible Dose (M.P.D)

پرتوگیری مجاز عبارت است از مقدار پرتو دریافتی که اگر بدن شخص (شامل عادی و در معرض) به طور مداوم و یا در مدت معینی آن را جذب کند، هیچ‌گونه اثر سوئی بر اعضا و دستگاه‌های بدن او وارد نشود. بعضی از اعضای بدن نسبت به اعضای دیگر در مقابل اشعه حساسیت بیشتری دارند.

جدول ۳: حد مجاز برای بعضی از اعضای بدن

عضو	افراد عادی (سیورت در سال)	شاغلان (سیورت در ۱۳ هفته)	شاغلان (سیورت در سال)
غدد تناسلی و مغز استخوان (مغز قرمز)	۰/۰۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵
پوست، تیروئید و استخوان	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۳
دست‌ها، بازوان، پاها و قوزک‌ها	۰/۰۷۵	۰/۳۸	۰/۷۵

جدول ۴: پرتوگیری متوسط سالیانه انسان از منابع مختلف

منبع	دز متوسط سالیانه برحسب $\frac{Sv}{y}$	درصد
تابش‌های طبیعی	1×10^{-3}	۶۵
تشخیص پزشکی	5×10^{-4}	۳۳
فروریزه‌های رادیواکتیو	1×10^{-5}	۰/۷
تابش‌های شغلی	8×10^{-6}	۰/۵
پسمانده‌های رادیواکتیو	2×10^{-6}	۰/۰۱۵
ساعت‌های شب‌نگ رادیوم‌دار، مسافرت با هواپیما، تلویزیون	8×10^{-6}	۰/۵

اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونساز

برخورد پرتوهای یونساز با بدن انسان باعث اثرات بیولوژیکی زیانباری می‌شود که ممکن است بعدها علایم کلینیکی را نشان دهد. این تأثیرات به عوامل زیادی بستگی دارد؛ به طور مثال اینکه چه قسمتی از بدن در معرض تابش قرار بگیرد دارای اهمیت خاصی است. هرچه شدت تابش بیشتر باشد اثرات بیولوژیکی آن بیشتر است و مدت زمان تابش و مداوم و منقطع بودن آن، حاد یا مزمن بودن آن، اثرات متفاوتی دارد.

ضایعات آنها به دو دسته تقسیم می‌شود:

۱. اثرات جسمی؛ که در خود شخصی که مورد تابش قرار گرفته ظاهر می‌شود.
۲. اثرات ژنتیکی؛ در نسل‌های بعدی به علت ضایعات وارده به سلول‌های زایشی، اعضای تناسلی و گنادها در شخص مورد تابش ظاهر می‌شود.

۱- اثرات جسمی تابش و عوارض حاد آن

سلول‌های خون، سیستم لنفاوی، طحال، غدد تناسلی و چشم حساسیت بیشتری در مقابل مواد پرتوزا دارند و در عوض بافت‌های عصبی، قلب و مغز حساسیت کمتری دارند.

از عوارض مزمن پرتوها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- آسیب از نظر باروری: پرتوگیری حدود ۲۵۰ راد باعث کاهش اسپرم، حدود ۲۵۰۰ راد باعث ناباروری موقت و در شدت‌های بالاتر به عقیمی دائمی در مردان منجر می‌شود. در حدود ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ راد فعالیت تخمدان‌ها در زنان متوقف می‌شود و یائسگی موقت ایجاد می‌شود؛
- ایجاد آب مروارید در انسان: پرتوگیری چشم منجر به آسیب یا تیرگی عدسی چشم و ایجاد آب مروارید می‌شود.

دوره پنهان آن ۶ ماه تا چندین سال است؛

- **ضایعات پوستی:** از اولین عوارض قابل تشخیص عارضه پوستی است؛ پوست بدن سریعاً آسیب می‌بیند. تابش در حدود ۲۰۰ تا ۴۰۰ راد به مدت یک ساعت، تولید قرمزی در پوست می‌کند و پوست، خشک شده و ریزش مو عارض می‌گردد. نازک شدن و ورقه‌ورقه شدن پوست، تغییر رنگ پوست، از بین رفتن خطوط سر انگشت، عفونت و سرانجام سرطان از عوارض آن هستند؛
- **اثر بر دستگاه تنفسی:** بافت‌های ریه بر اثر تابش، سخت شده و علامت آن سرفه و تنگی نفس در بیمار است؛
- **اثر بر استخوان‌ها:** تابش شدید به سلول‌های استخوان و رگ‌های خونی آنها صدمه زده و باعث خرابی مغز استخوان می‌شود. سلول‌های استخوان عناصر پرتوزایی مثل استرانسیم ۸۹ و ۹۰ و پلوتونیم را به خود جذب کرده و تحت تابش مداوم پرتوهای حاصل از آنها قرار می‌گیرند؛
- **اثر بر سیستم عصبی:** تابش شدید و کوتاه‌مدت، به رگ‌های خونی مغز و ستون فقرات شدیداً آسیب می‌رساند؛
- **اثر پرتوها بر جنین:** اثرات تابش روی جنین اگر در نیمه دوم دوره حاملگی باشد، می‌تواند بر روی رشد سلول‌های جنین تأثیر گذاشته و به عنوان نمونه سیستم گردش خون، دستگاه گوارش و سیستم عصبی به وضع غیرعادی رشد کنند. که باعث ناقص به دنیا آمدن نوزاد می‌گردد. ولی اگر پرتوگیری تا قبل از ماه چهارم حاملگی باشد معمولاً منجر به مرگ جنین می‌شود.

۲- اثرات ژنتیکی تابش و عوارض حاد آن

تابش پرتوها ممکن است منجر به پارگی رشته کروموزوم‌ها شود، که ممکن است پس از ترمیم دوباره به صورت اول درنیاید. ضمناً تابش روی ژن‌ها تولید جهش (موتاسیون) می‌کند. ۹۸٪ جهش‌ها نامطلوبند. براساس شواهد، شاغلان در معرض پرتوهای یونساز، دارای عمر متوسط کمتری نسبت به افراد عادی هستند. با حفاظت صحیح در مورد این دسته از شاغلان می‌توان این اثرات را به نحو قابل توجهی کاهش داد.

۳- تقسیم‌بندی اثرات بیولوژیکی

اثرات ناشی از پرتوگیری با پرتوهای یونساز به دو دسته تقسیم می‌گردند.

✓ اثرات احتمالی (Stochastic Effects)؛

✓ اثرات قطعی (Non-Stochastic Effects).

الف) اثرات احتمالی

اثرات احتمالی اثراتی هستند که احتمال وقوع آنها با افزایش دز دریافتی بیشتر می‌شود. این اثرات همان‌گونه که از نامشان پیداست به صورت تصادفی پدیدار گشته و حتی ممکن است در شخصی که در معرض تابش پرتوها قرار نگرفته نیز مشاهده شوند. مثلاً اگر شخصی پرتوگیری نکرده باشد احتمال بروز سرطان خون (لوسمی) در وی صفر نیست اما با افزایش پرتوگیری احتمال بروز سرطان خون افزایش می‌یابد. برای بروز این اثرات معمولاً این آستانه دز وجود ندارد و براساس مطالعات و بررسی‌های انجام شده مشخص شده که وقوع بیماری‌های بدخیمی مانند لوسمی ممکن است سال‌ها پس از پرتوگیری ظاهر شوند. اثرات جهش‌زایی نیز از اثرات احتمالی پرتوها محسوب شده و حتی ممکن است در نسل‌های بعد هم ظاهر شود. به نظر می‌رسد ناهنجاری‌های ناشی از این جهش‌ها بیشتر در نسل اول یا دوم فرد پرتودیده

مشاهده می‌شود.

منحنی احتمالی بروز این اثرات به صورت تابعی خطی از دز می‌باشد. با توجه به این منحنی حتی برخورد یک فوتون اشعه گاما نیز ممکن است باعث بروز سرطان گردد. در واقع اصل هرچه کمتر مواجه‌شدنی ALARA با توجه به خطی بودن منحنی، پاسخ دز اثرات احتمالی وضع شده است.

به طور کلی ویژگی‌های اثرات احتمالی را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

- ✓ آستانه دز برای بروز این اثرات وجود ندارد؛
- ✓ احتمال بروز این اثرات با افزایش دز بیشتر می‌گردد؛
- ✓ تندی دز ارتباطی با بروز اثرات احتمالی ندارد.

ب) اثرات قطعی

اثرات قطعی زمانی ظاهر می‌شود که میزان پرتوگیری فرد از حد آستانه بیشتر باشد. این اثرات بر هر عضو یا بافت به گونه خاصی تأثیر می‌گذارند؛ به عنوان مثال اثر آن بر پوست به صورت سرخی و التهاب پوست (اریتما)، در چشم به صورت آب مروارید و در غدد تناسلی آسیب سلولی منجر به نابوری، ایجاد می‌کند. در بسیاری از موارد برای بروز یک اثر به یک حداقل دز و یا دز آستانه نیاز است. اگر فردی دز بالاتری از آستانه دریافت کند ظهور اثر آن در زمان نسبتاً کوتاهی رخ داده و اثر آن نمایان‌تر و بیشتر خواهد شد، اما اگر دز دریافتی کمتر از دز آستانه باشد بسیاری از اثرات ایجاد شده موقت و گذرا بوده و سپس بافت و یا اندام موردنظر به شرایط نرمال بازمی‌گردد.

ویژگی‌های اثرات قطعی به صورت خلاصه عبارتند از:

- ✓ قبل از بروز یک اثر مشخص مقدار دز بایستی از آستانه معین تجاوز کند؛
- ✓ هرچه مقدار دز بیشتر باشد اثر آن بیشتر نمایان خواهد بود.

۴- اثرات عمومی پرتوهای یونساز بر سلول

به طور کلی پرتوها به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم بر سلول اثر می‌گذارند.

الف) اثرات مستقیم

- ✓ ایجاد وقفه در تقسیم سلولی؛
- ✓ جهش (موتاسیون) ژنی؛
- ✓ شکست کروموزومی یا تغییر ترکیب و ساختمان کروموزوم‌های آسیب‌دیده که منجر به تولید سلول‌های غیرطبیعی می‌گردد؛
- ✓ مرگ سلولی که علت آن از دست دادن اعمال اختصاصی و به هم خوردن نسبت ترکیبات داخلی سلول و همچنین نداشتن ظرفیت برای تولید مواد جدید می‌باشد.

ب) اثرات غیرمستقیم

از آثار غیرمستقیم پرتوها اثر رادیوم شیمیایی آن بر سلول است که موجب تغییر در اجزای شیمیایی سلول و تولید مولکول‌های یونیزه می‌گردد.

اثراتی که پس از پرتوگیری با پرتوهای یونساز در انسان ظاهر می‌شوند، به لحاظ زمان بروز اثرات یکسان نیستند. این اثرات ممکن است زودرس یا تأخیری باشند؛ اگر پرتوگیری با دز زیاد در مدت زمان بسیار کم رخ دهد، پرتوگیری حاد و اثرات ناشی از آن را اثرات زودرس می‌نامند؛ مانند سرخی پوست (اریتما). چنانچه پرتوگیری در درازمدت با دز کم رخ دهد، اثرات آن ممکن است در درازمدت مشاهده گردد که در این صورت آن را پرتوگیری مزمن و اثر ناشی از آن را اثر تأخیری می‌نامند؛ نظیر بروز سرطان در افراد پرتودیده.

• اثرات زودرس پرتوها:

✓ اثرات پوستی: این اثرات بر روی پوست به سه شکل زیر ظاهر می‌شوند:

۱. **سرخی ملایم پوست (اریتما):** در این حالت در ناحیه پرتودیده پوست سرخی ملایمی ایجاد می‌شود که شبیه سوختی ناشی از آفتاب است این حالت بعد از دریافت دزی حدود ۴ گری ایجاد شده و در مدت ۷ روز برطرف می‌شود.

۲. **اثر تاول مرطوب:** این اثر به صورت التهاب و سرخی شدید پوست است که منجر به تولید تاول می‌گردد، این حالت را می‌توان به سوختگی درجه دو پوست تشبیه نمود. چنین حالتی در نتیجه دریافت در بالای ۵ گری ایجاد می‌شود. بازبایی و ترمیم در این حالت بسیار کند بوده و حدود ۶ هفته به طول می‌انجامد.

۳. **مرگ سلولی:** این اثر وضعیت بسیار شدید و دردناک آزرده‌گی پوست است با دزی حدود ۱۵ گری یا بیشتر ایجاد می‌شود. این حالت بسیار شبیه به سوختگی درجه ۳ پوست است و التهاب و ترمیم آن به سختی صورت گرفته و بهبودی کامل ممکن است تا چند سال به طول بیانجامد.

✓ **اثر بر روی عناصر خونی:** دریافت دزی در حدود ۰/۲۵ گری منجر به کاهش گلبول‌های سفید و دز بالاتر از ۰/۵ گری به کاهش پلاکت‌های خون منجر می‌گردد. در دز ۲ گری فعالیت مغز استخوان کاهش یافته و در ۴ یا ۶ گری توقف کامل فعالیت مغز استخوان رخ می‌دهد.

✓ **اثر بر روی سلول‌های جنسی:** برخورد پرتو به سلول‌های جنسی در انسان باعث کاهش تعداد آنها و احتمالاً سبب عقیمی کامل می‌گردد.

✓ **اثر بر جنین:** اثرات پرتو بر روی جنین به سن جنین بستگی دارد؛ هرچه جنین جوان‌تر باشد میزان تأثیرگذاری پرتو بر آن بیشتر خواهد بود و این اثر به ویژه در چهار هفته اول رشد جنین محسوس است. این اثرات می‌تواند موجب سقط جنین، عقب‌ماندگی ذهنی، لوسمی، ناهنجاری کلیه، ناهنجاری‌های اسکلتی، کوتاهی قد و... گردد. در برخی موارد سقط جنین ممکن است در اثر بهم خوردن تعادل هورمونی ناشی از پرتوگیری رخ دهد. اعضای مختلف جنین به خصوص سلسله اعصاب مرکزی چشم و... بیشتر از افراد بالغ به پرتو حساس هستند که می‌توان آن را به توسعه سریع و فعالیت متابولیکی جنین مربوط دانست.

در شرایطی که تمام بدن تحت تأثیر پرتو با دز بالا قرار می‌گیرد ممکن است اثرات ذکر شده به هریک از اعضای بدن تقریباً متفاوت بوده و در بعضی اعضا شدید و در برخی ممکن است خفیف‌تر باشد. اگر دز دریافتی تمام بدن کمتر از حدود ۰/۲۵ گری باشد ممکن است اثر بالینی مشاهده نشده و تنها با انجام آزمایش‌های اختصاصی از جمله بررسی‌های کروموزومی قابل تشخیص باشد.

در دز حدود ۱ گری، در فرد پرتودیده علایم بالینی مشاهده می‌شود که این علایم در دزهای مختلف در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۵: علایم پرتوگیری در دزهای مختلف

نوع علامت	محدوده دز (گری)
بی‌اشتهایی	۰/۶-۳/۱
تهوع	۱/۲-۱/۷
استفراغ	۱/۷-۲/۷
اسهال	۲/۴-۳

• اثرات تأخیری پرتوها:

اثرات تأخیری اغلب به شکل‌های زیر ظاهر می‌شوند:

✓ **اثرات ژنتیکی:** عوامل مختلفی مانند عوامل شیمیایی و عوامل فیزیکی و پرتوها می‌توانند موجب بهم خوردن ترکیبات DNA شوند که این اختلال در محتوای اطلاعاتی سلول‌های بدن بی‌نظمی ایجاد می‌نماید. همچنین این تغییرات در DNA می‌تواند موجب جهش (موتاسیون) گردد که در این صورت امکان بروز نارسایی‌های ژنتیکی متعددی در آینده وجود دارد.

✓ **اثرات سرطان‌زایی:** بروز انواع مختلف سرطان به خصوص سرطان تیروئید و سرطان ریه از جمله اثرات تأخیری پرتوها می‌باشند.

حفاظت در برابر پرتوهای یونساز

بدن انسان از دو طریق تحت تأثیر تابش‌های رادیواکتیو قرار دارد؛ خارج بدن، داخل بدن.

۱- پرتوگیری خارجی

بخشی از آن پرتوهای طبیعی مانند تابش‌های کیهانی یا منابع زمینی (منابع اورانیوم، رادیوم و...) است که بدن در تمام مدت عمر آنها را دریافت می‌کند. بخش دیگر آن از منابع مصنوعی پرتوزاست. مانند فروریزه‌های مواد رادیواکتیو در فضا که در اثر آزمایش‌های هسته‌ای، درست کار نکردن تأسیسات اتمی و یا ناشی از وقوع حادثه در این مراکز است. همچنین پرتوگیری ناشی از منابع دفن پسماندها و نیز پرتوگیری‌های پزشکی تشخیصی جزء این گروه هستند.

در پرتوگیری خارجی به طور کلی به سه عامل باید توجه کرد:

- **مدت زمان در معرض تابش:** هرچه مدت زمان پرتوگیری کمتر باشد بدن دز کمتری را دریافت می‌کند. بنابراین در مورد کار با چشمه‌های پرتوزا توصیه می‌شود که سرعت کار افزایش یابد تا زمان تحت تابش بودن کاهش یابد؛
- **فاصله از منبع تابش:** تأثیر تابش نسبت عکس با مجذور فاصله دارد، یعنی اگر فاصله را دو برابر کنیم تأثیر تابش به یک‌چهارم کاهش می‌یابد؛
- **وجود مانع یا حائل:** مانع، ارتباط مستقیم با نوع تابش دارد. مثلاً نگهداری چشمه آلفا در ظروف سربسته مانع

انتشار آن به خارج می‌گردد و در مورد اشعه بتا با استفاده از رعایت فاصله (۳ متر) و استفاده از ورقه‌های آلومینیومی به قطر چند میلی‌متر می‌توان از نفوذ آن جلوگیری کرد.

اشعه ایکس

این اشعه از جنس الکترومغناطیس است. تأثیر آن در بدن بستگی به انرژی آن دارد. اشعه گاما نیز از جنس اشعه ایکس است ولی از نظر منشأ تولید با آن تفاوت دارد. این دو اشعه جذب ماده می‌شوند و میزان جذب آنها بستگی به شدت اشعه، مدت زمان تابش و جنس ماده محافظت‌کننده دارد. زمان پرتوگیری باید در حدود $\frac{1}{6}$ ثانیه باشد.

جدول ۶: میزان کاهش شدت اشعه ایکس برحسب ضخامت لایه سرب

درصد کاهش اشعه ایکس			ضخامت لایه سرب برحسب میلی‌متر
۱۰۰ کیلووات	۷۵ کیلووات	۵۰ کیلووات	
۵۱	۶۶	۹۷	۰/۲۵
۷۵	۸۸	۹۹/۹	۰/۵
۹۴/۴	۹۷/۷	۹۹/۹	۱

پرتونگاری

وقتی از ساختمان درون یک جسم به وسیله اشعه ایکس و گاما تصویری گرفته و آن را روی یک فیلم ثابت کنند، به این عمل پرتونگاری می‌گویند.

توموگرافی

یک سری برش از یک جسم تحت تابش گرفته و اطلاعات به دست آمده توسط کامپیوتر آنالیز می‌شود، که در این حالت به آن سی‌تی‌اسکن گویند.

علاوه بر رعایت مدت زمان و فاصله از منبع تابش و استفاده از مانع به خصوص برای پرتوکاران، رعایت نکات زیر هنگام در معرض قرارگیری پرتوها لازم است:

۱. از به‌کارگیری افراد زیر ۱۸ سال در این اماکن خودداری شود؛
۲. از به‌کارگیری کسانی که دچار اختلالات متابولیکی، بیماری‌های پوستی، بیماری‌های دستگاه خون‌ساز و امراض عفونی هستند، در این محیط‌ها جداً خودداری شود؛
۳. حساسیت کودکان و جنین به پرتوهای یونساز ۱۰ برابر افراد بالغ می‌باشد. لذا افراد زیر ۱۸ سال و زنان باردار هرگز نباید به اندازه افراد بالغ و عادی در معرض پرتو قرار گیرند؛
۴. پرتوکارانی که بیش از ۰/۳ دز مجاز سالانه را دریافت می‌کنند، باید مورد معاینات پزشکی قرار گیرند؛
۵. آزمایش‌های پزشکی شاغلان باید حداقل سالی یکبار، و کسانی که در منطقه تابش قرار دارند هر ۶ ماه یکبار تمدید شود؛

۶. به پرتوکاران آموزش‌های لازم در مورد بهداشت پرتوهای یونساز داده شود؛
۷. از خوردن و یا نوشیدن مواد غذایی در این محیط‌ها خودداری شود؛
۸. تمام کارکنان باید از وسایل اندازه‌گیری پرتوها مانند دزیمتر جیبی یا فیلم بچ استفاده نمایند؛
۹. از وسایل حفاظت فردی مناسب مانند پیش‌بند، عینک و دستکش استفاده شود.

پرتوکار

به شخصی حقیقی اطلاق می‌گردد که با منابع مولد اشعه به طور فیزیکی در ارتباط باشد که شامل پرتوکاران گروه الف و ب می‌گردد.

۱. پرتوکار گروه الف: به شخصی حقیقی اطلاق می‌گردد که در شرایطی کار می‌کند که دز سالانه آن می‌تواند از ۰/۳ حد دز معادل سالانه تجاوز نماید؛

۲. پرتوکار گروه ب: به شخصی حقیقی اطلاق می‌گردد که در شرایطی کار می‌کند که معمولاً دز دریافتی سالانه وی از ۰/۳ حد دز معادل سالانه تجاوز نمی‌نماید

پرتوگیری (Exposure)

عمل یا شرایط قرار دادن یا قرار گرفتن در معرض تابش پرتو و پرتوگیری می‌تواند شامل پرتوگیری خارجی (از منابع خارج از بدن) یا پرتوگیری داخلی (از منابع داخل بدن) باشد. پرتوگیری را می‌توان به صورت پرتوگیری عادی یا پرتوگیری بالقوه و یا به صورت پرتوگیری شغلی، پزشکی و مردم، و در شرایط مداخله به صورت پرتوگیری اورژانس یا ممتد طبقه‌بندی نمود. عبارت پرتوگیری در دزیمتری پرتوها برای بیان میزان یونسازی توسط پرتوها در هوا نیز به کار می‌رود.

۱- پرتوگیری بالقوه

پرتوگیری که در شرایط عادی انتظار آن نمی‌رود ولی ممکن است در اثر وقوع سانحه در منبع و یا پیامد وقایع محتمل نظیر نقص فنی تجهیزات یا اشتباه انسانی رخ دهد.

۲- پرتوگیری پزشکی

پرتوگیری بیمار به واسطه تشخیص یا درمان در پزشکی و دندانپزشکی و همچنین پرتوگیری افرادی (به استثنای کارکنان) که داوطلب مراقبت یا پرستاری از بیمار هستند و یا پرتوگیری افرادی که داوطلب شرکت در برنامه‌های تحقیقاتی پزشکی می‌باشند.

۳- پرتوگیری شغلی

پرتوگیری کارکنان به هنگام کار به جز مواردی که خارج از شمول باشند.

پرتوگیری طبیعی (Natural Exposure)

پرتوگیری ناشی از منابع طبیعی.

پرتوگیری عادی (Normal Exposure)

پرتوگیری قابل انتظار در شرایط عادی کار با منابع یا تأسیسات، با در نظر گرفتن پرتوگیری‌های ناشی از سوانح جزئی قابل کنترل.

حد

مقداری از یک کمیت است که در بعضی از شرایط و یا فعالیت‌های مشخص به کار رفته و نباید از آن تجاوز گردد.

دز محدودشده

محدودیت اعمال شده همراه با آینده‌نگری در زمینه دز فردی ناشی از یک منبع که جهت بهینه‌سازی حفاظت و ایمنی منبع در نظر گرفته می‌شود. دز محدود شده برای پرتوگیری شغلی، مقدار دز فردی از یک منبع می‌باشد که انتخاب روش‌های بهینه‌سازی را محدود شده برای پرتوگیری مردم حداکثر دز سالانه مردم از یک منبع کنترل شده است که باید هنگام طراحی و کاربرد منبع رعایت شود. دز محدود شده برای دز سالانه گروه بحرانی ناشی از کاربرد قابل پیش‌بینی منبع کنترل شده و با در نظر گرفتن کلیه مسیرهای پرتوگیری به کار می‌رود. دز محدود شده برای هر منبع تضمینی است که مجموع دزهای گروه بحرانی از تمام منابع کنترل شده کمتر از حد دز باشد. برای پرتوگیری پزشکی مقادیر دز محدود شده باید به عنوان سطح راهنما در نظر گرفته شوند، لیکن در بهینه‌سازی حفاظت افرادی که در تحقیقات پزشکی پرتوگیری می‌کنند و یا افرادی غیر از کارکنان که در پرستاری بیمار کمک می‌کنند به کار نمی‌رود.

گروه بحرانی

گروهی از افراد جامعه که پرتوگیری آنها از منبع و مسیر پرتوگیری مشخص به طور منطقی همگن باشد. این گروه شاخصی از افرادی است که بیشترین دز مؤثر یا دز معادل را از طریق مسیر پرتوگیری مشخص و از منبع معینی دریافت می‌کنند.

منبع

هر عامل انتشار پرتوهای یونساز مواد پرتوزا یا مواد حاوی ذرات پرتوزا که بتواند باعث پرتوگیری شود. به عنوان مثال موادی که گاز رادون تولید می‌کنند، منابع محیطی هستند. تأسیسات پرتودهی گاما منبعی برای فعالیت پرتوی جهت نگهداری مواد غذایی است. دستگاه ایکس‌ساز می‌تواند منبعی برای فعالیت پرتوی رادیولوژی تشخیصی باشد و نیروگاه هسته‌ای منبعی برای فعالیت پرتوی تولید برق با انرژی هسته‌ای است.

آستانه اقدام (Action Level)

مقداری از آهنگ دز یا غلظت پرتوزایی است که اگر در شرایط پرتوگیری ممتد یا پرتوگیری اورژانس از آن تجاوز شود، اقدامات چاره‌ساز یا حفاظتی باید انجام پذیرد.

آستانه بررسی (Investigation Level)

مقداری از یک کمیت مانند دز مؤثر، ورود مواد پرتوزا به بدن یا آلودگی در واحد سطح یا حجم است که برای مقادیر بیشتر از آن باید بررسی لازم انجام گیرد.

آستانه ثبت (Recording Level)

مقداری از دز، پرتوگیری یا ورود مواد پرتوزا به بدن است که توسط واحد قانونی تعیین می‌گردد و اگر میزان دز، پرتوگیری و یا ورود مواد پرتوزا به بدن افراد بیش از آن باشد، مقادیر مربوطه باید در گزارش پرتوگیری هر فرد منعکس گردند.

آستانه مداخله (Intervention Level)

مقداری از دز قابل پیشگیری است که اگر در مواقع پرتوگیری اورژانس یا ممتد از آن تجاوز شود، اقدامات چاره‌ساز یا حفاظتی ضروری است.

آستانه مرجع (Reference Level)

شامل آستانه اقدام، آستانه مداخله، آستانه ثبت و آستانه بررسی است. این آستانه‌ها را می‌توان برای کمیت‌های مشخص در فعالیت‌های حفاظت در برابر اشعه تعیین کرد.

آسیب (Detriment)

کلیه صدمات ناشی از پرتوگیری گروهی از مردم و نسل‌های بعدی آنها از منبع.

آلودگی (Contamination)

وجود ناخواسته مواد پرتوزا درون یا روی یک ماده یا بدن انسان یا هر جای دیگر که می‌تواند زیان‌آور باشد.

اثرات احتمالی (Stochastic Effects of Radiation)

اثراتی از پرتو که برای بروز آنها معمولاً آستانه دز وجود ندارد. احتمال بروز این اثرات متناسب با دز می‌باشد ولی شدت آنها مستقل از دز است.

اثر قطعی (Deterministic Effect)

اثر پرتو که برای ایجاد آن عموماً حد آستانه دز وجود دارد و برای دزهای بالاتر از حد آستانه، شدت اثر با افزایش دز زیاد می‌شود.

اقدام چاره‌ساز (Remedial Action)

عملیاتی که در صورت افزایش از آستانه اقدام، جهت کاهش دز انجام می‌گیرد. در شرایط مداخله شامل پرتوگیری ممتد نیز می‌باشد.

اقدام حفاظتی (Protective Action)

مداخله به منظور جلوگیری و یا کاهش دز دریافتی توسط افراد در شرایط پرتوگیری ممتد و یا اورژانس.

پرتوساز (Radiation Generator)

دستگاه مولد پرتو شامل پرتو ایکس، نوترون‌ها، الکترون‌ها و سایر ذرات باردار که در صنایع، پزشکی و یا علوم به کار برده می‌شود.

پرتوهای یونساز (Ionizing Radiation)

از دیدگاه حفاظت در برابر اشعه، به پرتوهایی اطلاق می‌گردد که بتوانند در مواد بیولوژیکی یونسازی نمایند.

چشمه بسته (Sealed Source)

ماده پرتوزایی که درون یک محفظه مسدود جای گرفته، یا ذرات آن کاملاً به هم متصل و جامد باشند، به طوری که در اثر فرسایش یا اشتباهات قابل پیش‌بینی، مواد پرتوزا در کاربرد موردنظر نشت کنند.

چشمه باز (Unsealed Source)

مواد پرتوزایی که تعریف چشمه بسته برای آنها صدق نکند.

حد (Limit)

مقداری از یک کمیت است که در بعضی از شرایط و یا فعالیت‌های مشخص به کار رفته و نباید از آن تجاوز گردد.

حد دز (Dose Limit)

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

حد سالانه ورود مواد پرتوزا به بدن (ALI) Annual Limit on Intake

میزان ورود هسته پرتوزای مشخص به بدن شخص استاندارد از راههای تنفس، بلع و پوست در طول سال که منجر به دز اجباری برابر با حد دز مربوطه گردد. ALI برحسب یکای پرتوزایی بیان می‌شود.

دوز (Dose)

معیاری برای بیان دریافت یا جذب پرتو که برحسب مورد، توسط کمیت‌هایی نظیر دز جذبی، دز عضو، دز معادل، دز مؤثر، دز معادل اجباری یا دز مؤثر اجباری به کار می‌رود.

فعالیت پرتوی (Practice)

هرگونه فعالیت بشری که منجر به افزایش منابع یا مسیرهای پرتوگیری یا تعداد افراد پرتودیده شود، یا با تغییر مسیرهای پرتوگیری از منابع موجود، باعث افزایش پرتوگیری یا احتمال پرتوگیری افراد و یا تعداد افراد پرتودیده گردد.

مداخله (Intervention)

هر اقدامی که برای کاهش یا پیشگیری از وقوع یا احتمال پرتوگیری از منابعی که در فعالیت پرتوی کنترل شده نباشند، یا در اثر وقوع سانحه غیر قابل کنترل باشند، انجام پذیرد.

مسیرهای پرتوگیری (Exposure Pathways)

مسیرهایی که انسان از طریق آنها پرتوگیری می‌کند.

منابع طبیعی (Natural Sources)

منابع پرتوزایی که به طور طبیعی موجودند، نظیر پرتوهای کیهانی و عناصر پرتوزای پوسته زمین.

منبع (Source)

هر عامل انتشار پرتوهای یونساز، مواد پرتوزا یا مواد حاوی ذرات پرتوزا که بتواند باعث پرتوگیری شود. به عنوان مثال، موادی که گاز رادون تولید می‌کنند منابع محیطی هستند. تأسیسات پرتودهی گاما منبعی برای فعالیت پرتوی جهت نگهداری مواد غذایی است. دستگاه ایکس‌ساز می‌تواند منبعی برای فعالیت پرتوی رادیولوژی تشخیصی باشد و نیروگاه هسته‌ای منبعی برای فعالیت پرتوی تولید برق با انرژی هسته‌ای است. همچنین مجموعه تأسیسات مختلف در یک محل، در صورت لزوم، یک منبع تلقی می‌شود.

مواد پرتوزای رهاشده (Radioactive Discharges)

مواد پرتوزای ناشی از منابع موجود در فعالیت پرتوی که به صورت گاز، آئروسول‌ها، مایعات یا جامدات و به منظور رقیق‌سازی و پراکندگی به محیط‌زیست راه می‌یابند.

مانیتورینگ (Monitoring)

اندازه‌گیری میزان دز یا آلودگی به منظور ارزیابی یا کنترل پرتوگیری از پرتوها یا مواد پرتوزا و تفسیر نتایج آن.

حفاظ

ماده‌ای است که به منظور کاهش اشعه به مقدار مورد نیاز بین چشمه و یا افراد یا تجهیزات و یا سایر اشیاء قرار داده می‌شود.

چشمه باز

به چشمه بدون پوشش ویژه اطلاق می‌گردد، که در شرایط عادی کار امکان نشت یا پخش آن در محیط کار و زیست وجود داشته باشد.

چشمه بسته

به چشمه بدون پوشش ویژه و با مقاومت کافی اطلاق می‌گردد که در شرایط عادی کار امکان نشت یا پخش آن در محیط کار و زیست وجود نداشته باشد.

مقررات

به کارگیری و حفاظت در برابر پرتوهای یونساز

۱- حدود مواجهه با پرتوهای یونساز

کمیته تعیین مقادیر حد تماس شغلی عوامل فیزیکی، مقادیر پیشنهادی کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوها (International Commission of Radiation Protection=ICRP) را به عنوان استاندارد مواجهه برای پرتوگیری شغلی پذیرفته است.

(مقادیر دوز مؤثر و دوز معادل سالانه برای اعضای مختلف بدن منطبق بر استانداردهای پایه حفاظت در برابر اشعه مصوبه اسفند ماه ۱۳۷۹ سازمان انرژی اتمی ایران می‌باشد) پرتوهای یونساز شامل ذرات باردار (مانند ذرات آلفا و بتا که از مواد رادیواکتیو ساطع می‌شوند و همچنین ذرات نوترون (که از واکنش‌های هسته‌ای در رآکتورها و شتاب‌دهنده‌ها تابش می‌شود) و پرتوهای الکترومغناطیس (مانند پرتو گاما تابش شده از مواد پرتوزا و پرتوهای ایکس تابش شده از شتاب‌دهنده‌های الکترون و همچنین دستگاه‌های مولد پرتو ایکس) با انرژی بیش از ۱۲/۴ الکترون ولت (eV) بوده که معادل طول موجی تقریباً کمتر از ۱۰۰ نانومتر می‌باشند.

اساس حفاظت در برابر پرتو، اجتناب از پرتوگیری غیرضروری است. ICRP اصول حفاظت در برابر پرتو را به شرح زیر تعیین نموده است:

الف) توجیه کاربرد پرتوها: کاربرد پرتوها زمانی توجیه‌پذیر است که برتری مزایای استفاده از پرتوها در مقایسه با مضار پرتوگیری افراد و یا جامعه با دلایل مشخص آشکار باشد.

ب) استفاده بهینه: هرگونه پرتوگیری باید به طور منطقی کاهش یابد یا به عبارتی هرچه کمتر مواجه‌شدنی باشد (AS Low As Reasonably Achievable-ALARA) و شرایط اقتصادی و اجتماعی منظور گردد.

پ) حد دوز فردی: پرتوهای تابشی از منابع مختلف نباید بیش از دوز تعیین شده در جدول (۷) باشد.

ت) خط مشی حد پرتوگیری شغلی در جدول (۷) براساس توصیه ICRP باشد.

ث) براساس اصل ALARA، پرتوگیری شغلی افراد بایستی به مراتب کمتر از مقادیر مجاز تعیین شده باشد.

جدول ۷: مقادیر توصیه شده برای مواجهه با پرتوهای یونساز

مقدار توصیه شده	نوع پرتوگیری
	دوز مؤثر:
۵۰ mSv (میلی سیورت) (milliSievert)	الف) در هر سال (فقط در یک سال)
۲۰ mSv (میلی سیورت) در سال	ب) میانگین دوره ۵ ساله
	دوز معادل سالانه برای:
۱۵۰ میلی سیورت	الف) عدسی چشم
۵۰۰ میلی سیورت	ب) پوست
۵۰۰ میلی سیورت	ج) دستها و پاها
	پرتوگیری جنین وقتی حاملگی مشخص شده است:
۰/۵ میلی سیورت	دوز معادل ماهانه*
۲ میلی سیورت (برای زمان حاملگی)	دوز سطحی (ناحیه تحتانی شکم بانوان)
$\frac{1}{۲۰}$ حد سالانه پرتوگیری داخلی (ALI)	پرتوگیری داخلی
۴ ماه کاری (WLM) در سال	دختران رادون (Radon Daughters)

* مجموع پرتوگیری داخلی و خارجی به استثناء مقادیر ناشی از منابع طبیعی براساس توصیه‌های (NCRP)

10 mSv = 1 rem

ALI=Annual Limit on Intake

WLM=Working Level Months

NCRP=National Council on Radiation Protection and Measurements

مقادیر حد تماس شغلی با پرتوهای یونساز و مدت مواجهه با آن به شرایطی اشاره دارد که به نظر می‌رسد چنانچه کلیه شاغلان به طور مکرر در مواجهه با این مقادیر قرار گیرند، عوارضی در آنان ظاهر نشود.

ماده ۱- شرکت باید اطمینان حاصل نماید که هیچ‌یک از کارکنان در معرض پرتوگیری بیش از حدود مواجهه مشخص شده و معرفی شده در استاندارد مواجهه نمی‌باشند.

ماده ۲- شرکت باید از حفاظت کارکنان پرتوکار و مردم با رعایت اصول پایه حفاظت در برابر اشعه، توجیه‌پذیری و بهینه‌سازی و حدود دز، اطمینان حاصل نماید.

ماده ۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که دز دریافتی کارکنان پرتوکار و مردم از حدود دز مندرج در جدول (۷) کمتر باشد. حدود دز، مرز بین دزهای غیر قابل قبول و احتمالاً قابل قبول را نشان می‌دهد. دزهای دریافتی باید تا آنجا که منطقی شدنی است با در نظر گرفتن عوامل اقتصادی و اجتماعی کاهش یابد.

ماده ۴- ضروری است که شرکت بدانند در بسیاری از شرایط، محدود کردن آهنگ دز در محل حضور کارکنان پرتوکار به گونه‌ای که باعث شود پرتوگیری آنان از حدود دز مردم تجاوز نکند (مثلاً ۲۰ میکروسیورت در هفته) قابل حصول است. لذا براساس اصل بهینه‌سازی باید این امر صورت پذیرد، در صورتی که دز مؤثر دریافتی کارکنان پرتوکار از ۵ میلی سیورت در سال و یا از یک‌چهارم حدود مربوط به عدسی‌های چشم، دست‌ها و پاها و پوست تجاوز نماید دلایل این امر به دقت مورد بررسی قرار گیرد.

ماده ۵- شرکت باید اطمینان دهد افراد بین ۱۶ تا ۱۸ سال به کار با اشعه گمارده نمی‌شوند و اگر در دوره‌های آموزشی

حضور دارند، پرتوگیری آنها از حدود تعیین شده زیر تجاوز ننماید:

۱. دز مؤثر ۶ میلی‌سیورت در یک سال؛
۲. دز معادل برای عدسی‌های چشم ۵۰ میلی‌سیورت در یک سال؛
۳. دز معادل برای دست، پا و پوست معادل ۱۵۰ میلی‌سیورت در یک سال.

۲- اندازه‌گیری و ارزیابی پرتوهای یونساز

ماده ۶- شرکت باید بداند که یکی از موارد اساسی در بازرسی و کنترل پرتوگیری افراد، استفاده از روش‌ها و همچنین دستگاه‌هایی است که می‌توان به وسیله آنها تا جای ممکن در اسرع وقت و به طور صحیح از میزان پرتو دریافتی افراد اطلاع پیدا کرد.

ماده ۷- شرکت باید اطمینان حاصل کند که تمام کسانی که با پرتوهای یونساز سروکار دارند، مجهز به وسایل و دستگاه‌های مناسب باشند، تا بتوان مقدار پرتوگیری در قسمت‌های مختلف بدن را حدوداً اندازه‌گیری نمود؛ برای تشخیص و اندازه‌گیری این پرتوها از خاصیت یونسازی آنها استفاده می‌شود.

ماده ۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که کارکنان اطلاع دارند که پرتوهایی که از خود ذرات آلفا و بتا (ذرات باردار) ساطع می‌کنند، ضمن عبور از اجسام در مسیر خود یونسازی می‌نمایند.

تبصره ۱: اشعه گاما و ایکس ضمن عبور از محیط بر اثر پدیده فتوالکتریک، الکترون‌ها را از اتم جدا کرده و آنها را در جهتی پرتاب می‌کنند که در اثر این عمل یا انرژی فوتون از بین رفته و یا به فوتون کم‌انرژی‌تری تبدیل می‌شود، که منجر به یونسازی می‌شوند.

ماده ۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برای اندازه‌گیری و ارزیابی پرتوهای یونساز، به شناخت کامل نسبت به روش‌های اندازه‌گیری، خصوصیات محیط کار و چگونگی مواجهه کارکنان اهمیت داده می‌شود. مهم‌ترین نکاتی که باید قبل از اقدام به اندازه‌گیری و ارزیابی در نظر گرفته شود عبارتند از:

۱. تعیین هدف اندازه‌گیری؛
۲. گردآوری اطلاعات دقیق از کارگاه؛
۳. گردآوری اطلاعات نحوه مواجهه کارکنان؛
۴. تعیین روش مناسب اندازه‌گیری؛
۵. انتخاب وسیله مناسب اندازه‌گیری؛
۶. کالیبراسیون؛
۷. شناخت استاندارد مواجهه کارکنان.

ماده ۱۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند که قبل از اقدام به اندازه‌گیری هدف کار معلوم شده است. برای دستیابی به هر هدف، روش، دستگاه و نحوه ارزیابی متفاوت می‌باشد.

تبصره ۲: اندازه‌گیری صنعتی؛ برای اندازه‌گیری یک دستگاه معین برای اهداف عیب‌یاب یا بازرسی فنی.

تبصره ۳: اندازه‌گیری محیطی؛ به منظور تعیین میزان پرتوهای یونساز در سطح کارگاه یا معین نمودن منابع اصلی تولید

پرتوهای یونساز.

تبصره ۴: اندازه‌گیری فردی؛ برای مشخص نمودن میزان مواجهه کارکنان.

تبصره ۵: اندازه‌گیری به منظور تعیین روش و چگونگی کنترل پرتوهای یونساز.

ماده ۱۱- وسایل اندازه‌گیری؛ شرکت باید اطمینان حاصل کند که در اندازه‌گیری پرتوهای یونساز با توجه به نوع پرتو از دستگاه‌های زیر استفاده می‌گردد:

۱. دزیمر جیبی؛ این دستگاه برای اندازه‌گیری پرتوهای گاما و ایکس که شخص در مدت معینی در معرض آن قرار گرفته است، به کار می‌رود. استفاده از آن آسان بوده و در مقابل رطوبت نباید قرار گیرد.

۲. دکتورهای گازی؛ یک دکتور گازی، محفظه‌ای است پر از گاز که دو الکتروود در آن قرار گرفته است. اشعه وارد آن شده و در مسیر خود گاز را یونیزه می‌کند. گاز مورد استفاده گاز آرگون مخلوط با ۱۰٪ متان یا دی‌اکسیدکربن است.

۳. کنتور سنتیلاسیون؛ اگر اشعه به یک ماده فلورسان برخورد نماید آن را نورانی می‌کند. در کنتورهای سنتیلاسیون معمولاً از کریستال‌های معدنی که خاصیت فلورسانس دارند استفاده می‌شود.

۴. فیلم بچ؛ از قدیمی‌ترین و ساده‌ترین وسایل دزیمتری فردی است. از یک قالب پلاستیکی که روی آن چند فیلتر فلزی با جنس و دانسیته‌های مختلف تعبیه شده، تشکیل شده است. درون قالب نیز یک فیلم حساس که روی آن را با لایه‌ای از برمور نقره و ژلاتین پوشانده‌اند قرار داده شده است. پس از ظهور فیلم، آن را با یک سری فیلم‌های استاندارد، مقایسه و میزان پرتوگیری را مشخص می‌کنند. این دزیمتری به صورت ماهانه و یا سه ماه یکبار انجام می‌شود. برای پرتوهای ایکس و گاما بین انرژی‌های ۲۰ keV و ۲ MeV و پرتو بتا با انرژی بیشتر از ۲۵۰ keV و نوترون‌های کند کمتر از ۱ keV به کار می‌رود.

ماده ۱۲- کالیبراسیون؛ شرکت باید اطمینان حاصل کند که قبل از هر بار اندازه‌گیری به صحت و دقت کار دکتور پرتوهای یونساز توجه می‌شود. دقت دستگاه به نوع و مشخصات آن بستگی دارد. بنابراین در هنگام استفاده باید دستگاه با دقت مناسب را انتخاب نمود. ولی برای اطمینان از صحت کار دستگاه باید قبل از اقدام به اندازه‌گیری، آن را با وسیله‌ای استاندارد (کالیبراتور) کالیبره نمود. از آنجا که عوامل متعددی در کار دستگاه مؤثر می‌باشند، لازم است برای هر بار استفاده از دستگاه قبلاً از کالیبره بودن آن اطمینان حاصل شود.

ماده ۱۳- گردآوری اطلاعات؛ ضروری است شرکت توجه کند که اولین مرحله از فرایند اندازه‌گیری و ارزیابی پرتوهای یونساز، جمع‌آوری اطلاعات لازم از محیط کار و نحوه مواجهه کارکنان می‌باشد. در این مرحله:

تبصره ۶: نقشه ساده محیط کار که دارای مقیاس و محل نصب دستگاه‌ها، خصوصاً دستگاه‌های مولد پرتوهای یونساز است، ترسیم گردد.

تبصره ۷: اطلاعات مربوط به محل تردد و توقف شاغلان معلوم شود.

تبصره ۸: ساعات مواجهه هر گروه از کارکنان با پرتوهای یونساز مشخص گردد.

تبصره ۹: اوقات تغییر شیفت معلوم گردد.

تبصره ۱۰: اطلاعات مدیریت مانند اضافه‌کاری، کار گردشی و مرخصی‌ها ثبت گردد.

تبصره ۱۱: در صورت لزوم (اهداف کنترل پرتوهای یونساز) مشخصات فنی سازه‌های بنای کارگاه، مشخصات حفاظت سطوح داخلی به فهرست اطلاعات اضافه گردد.

ماده ۱۴- شرکت باید توجه کند که تعیین، تعداد و محل ایستگاههای اندازه‌گیری در هر کارگاه بستگی به هدف اندازه‌گیری دارد.

ماده ۱۵- روش‌های اندازه‌گیری؛ شرکت باید اطمینان حاصل کند که براساس اهداف اندازه‌گیری و ارزیابی، یکی از روش‌های زیر انتخاب گردد:

۱. اندازه‌گیری و ارزیابی محیطی؛ هدف مشخص نمودن میزان پرتوهای یونساز و محدوده‌های خطر در کارگاه و همچنین تعیین منابع اصلی پرتوهای یونساز برای کنترل آن می‌باشد؛

۲. اندازه‌گیری به منظور ارزیابی مواجهه کارکنان؛ برای نیل به این هدف براساس شرایط کار، ویژگی‌های مواجهه شاغل با پرتوهای یونساز و عوامل مرتبط دیگر از یکی از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

✓ اندازه‌گیری مواجهه کارکنان با پرتوهای یونساز ناشی از یک منبع؛

✓ اندازه‌گیری مواجهه کارکنان در مدت‌های معین با پرتوهای یونساز؛

✓ اندازه‌گیری مواجهه کارکنان در مدت‌های نامعین با پرتوهای یونساز.

ماده ۱۶- تهیه نقشه ناحیه‌بندی؛ شرکت باید توجه کند که مشخص نمودن نواحی مختلف کارگاه براساس محدوده‌های تعیین شده میزان پرتوهای یونساز، با توجه به مساحت و امکانات کارگاهها، تعداد معین و محدودی ناحیه انتخاب می‌گردد.

ماده ۱۷- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در اندازه‌گیری به منظور تعیین حدود مواجهه شاغلان، اندازه‌گیری صرفاً در محل‌های توقف یا تردد آنها انجام می‌گیرد. در ارزیابی مواجهه کارکنان با پرتوهای یونساز، میزان پرتو و تعیین مدت زمان مواجهه برای هر شاغل به طور مجزا می‌باشد.

ماده ۱۸- در تمام محیط‌های کاری که کارکنان در مواجهه با پرتوهای یونساز هستند، شرکت باید اطمینان حاصل کند که میزان پرتوهای یونساز، اندازه‌گیری شده است.

ماده ۱۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند که اندازه‌گیری میزان پرتوهای یونساز، مطابق با یک روش استاندارد انجام شده است.

ماده ۲۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند که کارشناس بهداشت کار/صنعتی منابع تولید پرتوهای یونساز را شناسایی کرده و اقدامات پیشگیرانه را توصیه نموده است.

ماده ۲۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که اندازه‌گیری‌ها، ارزیابی و پیشنهادات مستند شده و به شیوه صحیح نگهداری می‌گردند.

ماده ۲۲- شرکت باید اطمینان حاصل کند که اگر در محیط کار نوسازی، تعمیر یا تغییری ایجاد شود، یا تجهیزات جدیدی به محیط کار افزوده شود و یا فرایندی در محیط کار اصلاح گردد به نحوی که بر میزان پرتوهای یونساز، تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته باشد، پرتوهای یونساز مجدداً اندازه‌گیری می‌شود.

ماده ۲۳- شرکت باید اطمینان حاصل نماید که تمام نواحی دارای پرتوهای یونساز، حداقل سالی یکبار اندازه‌گیری شده باشد.

۳- مانیتورینگ فردی

- ماده ۲۴- شرکت، کارفرما، فرد خوداشتغال و دارندگان پروانه ثبت و اشتغال، مسئول ارزیابی پرتوگیری شغلی کارکنان براساس برنامه مانیتورینگ فردی پیشنهادی واحد قانونی می‌باشند.
- ماده ۲۵- برای کارکنانی که به طور عادی و یا موقت در منطقه کنترل شده کار می‌کنند و احتمال پرتوگیری شغلی قابل ملاحظه‌ای دارند، استفاده از دزیمتر فردی الزامی است. شرکت امکانات لازم را باید فراهم نماید.
- ماده ۲۶- پرتوگیری شغلی کارکنانی که به طور عادی در منطقه تحت نظارت کار می‌کنند، براساس نتایج مانیتورینگ محیط کار و اطلاعات در زمینه محل و مدت زمان پرتوگیری، با هماهنگی شرکت با واحد قانونی باید تعیین گردد.
- ماده ۲۷- ضروری است که شرکت بداند که ماهیت، تعداد دفعات و دقت مانیتورینگ فردی با توجه به مقدار و تغییرات احتمالی پرتوگیری و مقدار و احتمال پرتوگیری بالقوه، توسط واحد قانونی تعیین می‌گردد.
- ماده ۲۸- شرکت و کارفرمایان باید کارکنانی را که در معرض پرتوگیری داخلی هستند (حتی آنهایی که ماسک تنفسی دارند) مشخص کنند و به منظور بررسی کارایی سیستم‌های حفاظتی، ارزیابی مقدار ورود مواد پرتوزا به بدن یا دز اجباری، برنامه مناسب مانیتورینگ را اجرا نمایند.
- ماده ۲۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند، در مواردی که مانیتورینگ فردی امکان‌پذیر یا کافی نباشد، ارزیابی براساس نتایج مانیتورینگ سایر کارکنان و یا بازرسی محل کار انجام می‌گیرد.
- ماده ۳۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در صورت پرتوگیری در سانحه، دز و توزیع آن در بدن تعیین می‌گردد.
- ماده ۳۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در پرتوگیری اورژانس، برنامه مانیتورینگ و یا ارزیابی دز فردی متناسب با شرایط اجرا می‌گردد.
- ماده ۳۲- شرکت باید اطمینان حاصل کند که نتایج مانیتورینگ فردی در اختیار واحد قانونی قرار می‌گیرد و جهت تفسیر و بررسی اثر آن بر سلامتی، به پرتوپزشک یا ارگان‌های مورد تأیید بهداشت حرفه‌ای ارائه می‌گردد.

۴- مانیتورینگ محل کار

- ماده ۳۳- شرکت و دارندگان پروانه ثبت و اشتغال باید برنامه مانیتورینگ محل کار را براساس مقررات واحد قانونی و با نظارت متخصص و مسئول فیزیک بهداشت تهیه، اجرا و بازنگری نمایند.
- ماده ۳۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که ماهیت و تعداد دفعات مانیتورینگ محل کار به گونه‌ای باشد که:
۱. ارزیابی رادیولوژیکی در تمام نقاط محل کار امکان‌پذیر باشد؛
 ۲. ارزیابی پرتوگیری در نواحی کنترل شده و تحت نظارت امکان‌پذیر باشد؛
 ۳. امکان بررسی و تجدیدنظر در طبقه‌بندی نواحی کنترل شده و تحت نظارت وجود داشته باشد؛
 ۴. براساس سطح معادل دز محیطی و غلظت پرتوزایی و با توجه به تغییرات محتمل، مقدار و احتمال پرتوگیری بالقوه باشد.
- ماده ۳۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در برنامه مانیتورینگ محل کار موارد زیر مشخص باشند:
۱. کمیت‌های مورد اندازه‌گیری؛

۲. زمان، محل و تعداد دفعات اندازه‌گیری؛

۳. مناسب‌ترین روش‌های اندازه‌گیری و دستورالعمل آنها؛

۴. آستانه‌های مرجع و اقدامات لازم در صورت افزایش آنها.

ماده ۳۶- شرکت و دارندگان پروانه ثبت و اشتغال (در صورت نیاز با همکاری کارفرمایان) باید نتایج برنامه‌های مانیتورینگ محل کار را ثبت و در اختیار کارکنان یا نمایندگان آنها قرار دهند.

۵- تجهیزات و مدارک مانیتورینگ

ماده ۳۷- لازم است شرکت و دارنده پروانه کسب نسبت به ارائه فهرست کلیه دزیمترهای فردی و محیطی خود مطابق مقررات "فرم درخواست پروانه اشتغال در پرتونگاری صنعتی" اقدام نماید. ذکر کلیه اطلاعات خواسته شده شامل نوع کاربرد هر دستگاه، محدوده دز یا آهنگ دز قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه، نوع و محدوده انرژی پرتوهای که دستگاه قادر به اندازه‌گیری آنها می‌باشد و آخرین تاریخ کالیبراسیون به انضمام ارائه گواهی کالیبراسیون برای دزیمترهای محیطی و دزیمترهای قرائت مستقیم فردی و یک نسخه از قرارداد دزیمتر ترمولومینسانس یا فیلم بچ ضروری است.

۶- مدارک محل کار

ماده ۳۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در صورتی که پرتونگاری در یک محل ثابت انجام می‌پذیرد، ارائه اطلاعات زیر در رابطه با مشخصات محل نصب به واحد قانونی ضروری است و انجام می‌پذیرد:

۱. نقشه محل نصب و محوطه اطراف آن با ذکر جزئیات؛

۲. ضخامت و جنس مصالح به‌کار گرفته شده در دیوارها، کف و سقف؛

۳. محل نصب پنجره‌ها و همچنین مسیرهای لوله‌های آب و گاز و فاضلاب و کانال‌ها و هواکش‌ها (در صورتی که از داخل دیوارها عبور کرده باشد)؛

۴. جزئیات سیستم‌های ایمنی و ابزارهای کنترل از راه دور که جهت محل مربوطه در نظر گرفته شده است، نظیر قفل اتوماتیک درب ورودی، قفل ایمنی پرتودهی، علائم هشداردهنده صوتی یا نوری که نشان‌دهنده پرتودهی باشند و...؛

۵. مشخص کردن مرزهای ناحیه کنترل شده و تحت نظارت بر روی نقشه؛

۶. مفروضات به‌کار گرفته شده جهت محاسبه حفاظ‌ها نظیر بار کار، فاکتور اشغال، فاکتور استفاده و... .

ماده ۳۹- شرکت و دارنده پروانه کسب در صورت درخواست استفاده از چشمه‌های پرتوزا، باید یک انبار ثابت برای نگهداری مواد پرتوزا و دوربین‌های پرتونگاری در نظر بگیرد و اطلاعات زیر را در رابطه با این محل به واحد قانونی اعلام دارد:

۱. آدرس دقیق محل انبار، نقشه محل و محوطه اطراف آن با ذکر جزئیات؛

۲. حداکثر ظرفیت انبار برای نگهداری مواد پرتوزا و دوربین‌های پرتونگاری؛

۳. ابعاد، ضخامت و جنس مصالح به‌کار گرفته شده؛

۴. مشخصات حصار یا حریم در نظر گرفته شده جهت پیشگیری از سرقت یا دسترسی افراد غیرمجاز به چشمه‌ها؛

۵. مشخص کردن مرزهای ناحیه کنترل شده و تحت نظارت بر روی نقشه؛

۶. محاسبات به کار گرفته شده برای حفاظ سازی.

تبصره ۱۲: محل نگهداری دائم نمی تواند در ساختمان هایی که دارای واحد یا واحدهای مسکونی باشند قرار داشته باشد.

ماده ۴۰- شرکت و دارندگان پروانه در صورت درخواست پرتونگاری با چشمه های پرتوزا در محل های مختلف، لازم است در هر محل جدید یک انبار موقت برای نگهداری چشمه و دوربین پرتونگاری در نظر بگیرند.

ماده ۴۱- شرکت و دارندگان پروانه موظفند حداکثر پرتوگیری قابل انتظار کارکنان و مردم را در شرایط عادی کار، پیش بینی و به واحد قانونی اعلام دارد.

۷- دستورالعمل ها

ماده ۴۲- هرگونه عملیات مرتبط با پرتونگاری توسط شرکت و یا دارندگان پروانه کسب می بایست براساس دستورالعمل های از پیش تدوین شده که به تأیید واحد قانونی رسیده باشد انجام گیرد. این دستورالعمل ها قابل ارائه در یک مجموعه یا به صورت مجموعه های جداگانه می باشند. این دستورالعمل ها شامل موارد زیر هستند:

۷-۱- دستورالعمل مانیتورینگ فردی

دارنده پروانه کسب می بایست نسبت به ارائه اطلاعات زیر در این دستورالعمل اقدام نماید:

الف) جزئیات طریقه استفاده نظیر زمان استفاده، محل نصب بر روی بدن، نحوه نگهداری و...؛

ب) معرفی آستانه بررسی افراد برای دوره های زمانی گوناگون شامل روز، هفته، ماه، فصل و سال؛

پ) دوره های زمانی قرائت، نحوه ثبت و ارائه نمونه فرم یا کتابچه ثبت دز؛

ت) اقدامات پیش بینی شده در برخورد با دزهای دریافتی که از آستانه های بررسی تجاوز می نماید و ارائه راهکارهای کوتاه مدت و بلندمدت از قبیل معرفی پرتوکار جهت آزمایش های پزشکی، معافیت های دوره ای از کار با پرتو، جستجو و بررسی جهت شناسایی علل وقوع این موارد و اقدامات چاره ساز در جهت جلوگیری از تکرار آنها.

۷-۲- دستورالعمل مانیتورینگ محیطی

مانیتورینگ محیطی ابزار کسب اطلاعات لازم جهت ارزیابی و حصول اطمینان از عدم پرتوگیری غیرمجاز پرتوکاران و مردم عادی ناشی از نگهداری، حمل و نقل مواد پرتوزا، عملیات پرتونگاری و سوانح احتمالی می باشد. ارائه برنامه مانیتورینگ محیطی مناسب شامل این موارد ضروری است:

الف) روش های حصول اطمینان از صحت عملکرد دزیمتر محیطی شامل روش و دوره زمانی کنترل؛

ب) معرفی آستانه های اقدام جهت نقاط حائز اهمیت نظیر تجهیزات پرتونگاری، محل نصب، محل نگهداری ثابت و موقت، وسایل حمل و نقل، محل پرتونگاری و همچنین آستانه های اقدام جهت آلودگی احتمالی تجهیزات پرتونگاری و محل انجام تعمیرات؛

پ) دوره های زمانی قرائت، نحوه ثبت و ارائه نمونه فرم یا کتابچه ثبت؛

ت) اقدامات پیش بینی شده در صورت مشاهده تجاوز آهنگ دز از آستانه های اقدام و ارائه راهکارهای لازم جهت

کاهش دز به سطوح موردنظر در هر مورد. تصحیح مرزبندی‌ها و حفاظ‌گذاری‌ها و انجام تعمیرات یا ارسال تجهیزات به واحد قانونی می‌تواند از جمله این اقدامات باشد.

۳-۷- دستورالعمل فوریت‌های پرتویی

با توجه به احتمال بروز سانحه در مراحل مختلف از قبیل نگهداری، حمل و نقل و کاربرد منابع پرتوزا ناشی از بروز خطاهای انسانی یا نقص در تجهیزات مربوطه و مخاطرات فراوان ناشی از این سوانح لازم است تا شرکت و دارنده پروانه آمادگی لازم جهت مقابله با سانحه را داشته باشد. به این منظور تیم پرتونگاری می‌بایست مجهز به کلیه تجهیزات مقابله با سانحه از قبیل انبر چشمه‌گیر، کیسه ساچمه‌سربی یا وسایل حفاظ‌سازی، جعبه‌سازی، ترانزیت کانتینر، وسایل ارتباطی و... بوده و همچنین دستورالعمل مقابله با سوانح را به همراه داشته و کلیه افراد تیم نسبت به آن آگاهی و مطالعه داشته باشند. دستورالعمل مقابله با سوانح می‌بایست دربردارنده کلیه قسمت‌های زیر باشد:

۱-۳-۷- روش مقابله با سوانح مختلف

دستورالعمل باید با در نظر گرفتن کلیه حالات محتمل بروز سانحه نسبت به ارائه روش‌های مؤثر کنترل هر یک اقدام نماید. این روش‌ها می‌بایست شامل جزئیات لازم از قبیل نحوه برنامه‌ریزی تیم پرتونگاری جهت مقابله با سانحه، تعیین و محصور نمودن نواحی تحت کنترل و نظارت و اقدامات لازم در راستای رفع سانحه به وجود آمده، باشد.

۲-۳-۷- اقدامات پس از رفع حادثه

لازم است دستورالعمل شامل کلیه موارد ذیل باشد:

الف) نمونه فرم‌های ثبت نتایج پرتونگاری کلیه افرادی که به نحوی در معرض سانحه قرار گرفته‌اند و گزارش مشروح سانحه؛

ب) اقدامات در نظر گرفته شده جهت حصول اطمینان از میزان صدمات احتمالی ناشی از سانحه برای کلیه افرادی که در معرض سانحه قرار گرفته‌اند از قبیل انجام آزمایش‌های پزشکی؛

پ) بررسی دلایل بروز سانحه و راهکارهای جلوگیری از تکرار موارد مشابه.

۴-۷- دستورالعمل حمل و نقل

حمل و نقل کلیه منابع پرتوزا در هر مرکز پرتونگاری باید تحت ضوابط و شرایط خاصی صورت پذیرد. بدین منظور لازم است دستورالعمل حمل و نقل این منابع به روش‌های دستی، با اتومبیل و سایر وسایل حمل و نقل توسط شرکت و یا دارنده پروانه به واحد قانونی ارائه گردد. دستورالعمل مربوطه بایستی حداقل شامل مواردی از قبیل نحوه بسته‌بندی منابع، الصاق مشخصات شرکت و یا دارنده پروانه کسب و گیرنده کالا، نحوه حصول اطمینان از رعایت آستانه‌های اقدام در مجاورت بسته یا اتومبیل، ضوابط اداری و تجهیزات حمل و نقل باشد.

۵-۷- دستورالعمل اجرایی

انجام هرگونه عملیات پرتونگاری با توجه به شرایط متفاوت محلی، زمان اجرا، حجم عملیات و شرایط فنی کار، مستلزم تدوین دستورالعمل اجرایی خاص خود می‌باشد. این دستورالعمل‌ها در ارائه روش‌های پرتونگاری کاملاً متفاوت بوده ولی در ارائه ساختار اجرایی عملیات پرتونگاری و آنچه که به مسائل ایمنی مرتبط می‌گردد نسبتاً مشابه می‌باشند. بنابراین لازم است تا شرکت و یا دارنده پروانه کسب نسبت به ارائه یک دستورالعمل جامع اجرایی که در آن کلیه مسائل مرتبط با

اجرای ایمن عملیات پرتونگاری لحاظ شده باشد، اقدام نماید. انتخاب تیم و تجهیزات پرتونگاری، هماهنگی و اخذ مجوز از کارفرما، ترتیب راهاندازی تجهیزات و اجرای عملیات، نحوه صحیح قرار دادن منبع پرتوزا در حالت پرتودهی، نحوه حصول اطمینان از قرار گرفتن منبع پرتوزا در حالت ایمن پس از هر پرتودهی و هرگونه تدابیر لازم دیگر در جهت کاهش پرتوگیری پرتوکاران و ردم عادی به حداقل ممکن از جمله موارد مهمی می‌باشد که طرح آنها در دستورالعمل اجرایی الزامی است.

۸- مقررات اداری

ماده ۴۳- شرکت و یا دارنده پروانه کسب موظف است شرح وظایف، اختیارات و مسئولیت پرتونگاران و کلیه افرادی که با توجه به ماهیت شغلی خود به نحوی در امور پرتونگاری صنعتی مؤثر هستند را با ذکر نام و عنوان (یا سمت) و آخرین مدرک تحصیلی و تخصصی و همچنین سلسله مراتب آنها به واحد قانونی اعلام دارد به طوری که نکات زیر در شرح وظایف، اختیارات و مسئولیت‌های افراد معرفی شده در ارتباط با اجرای برنامه‌های حفاظت در برابر اشعه مشخص شده باشد.

۱. انتخاب و عزل و نصب پرسنل؛
۲. تهیه تجهیزات و انتخاب آن جهت عملیات پرتونگاری؛
۳. جلوگیری از کار نایمن؛
۴. آموزش پرسنل؛
۵. کنترل و ثبت مدارک؛
۶. تشخیص و رفع مشکلات مؤثر در ایمنی؛
۷. برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل مانیتورینگ افراد و محل کار؛
۸. برنامه‌ریزی جهت انجام آزمایش‌های پزشکی؛
۹. تعیین نواحی کنترل شده و تحت نظارت؛
۱۰. حمل و نقل؛
۱۱. نگهداری و کنترل چشمه‌ها؛
۱۲. برنامه‌ریزی جهت عملیات پرتونگاری.

۹- قواعد کار در مراکز پرتودرمانی

ماده ۴۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند، سازمان بهداری صنعت نفت که از سازمان‌های تابعه شرکت می‌باشد، موظف به اجرای مقررات حفاظت و ایمنی در مراکز پرتودرمانی بوده و کلیه وسایل، تجهیزات و امکانات لازم جهت اجرای مقررات حفاظت و ایمنی را تهیه و در اختیار مسئولان و سایر پرتوکاران قرار می‌دهد.

ماده ۴۵- کلیه افراد حقیقی و حقوقی شامل بیمارستان‌ها، سازمان‌ها، نهادها، مؤسسات، واحدها و مراکز اعم از خصوصی و دولتی که دارای پروانه تأسیس مرکز پرتودرمانی از وزارت بهداشت و درمان و آموزش پزشکی می‌باشند، مشمول این مقررات می‌گردند.

۱۰- مسئولیت‌های اجرای کنترل کیفی در مرکز پرتودرمانی

ماده ۴۶- ضروری است شرکت توجه کند که جهت اجرای یک برنامه کنترل کیفی، مسئولیت‌ها و وظایفی که هر گروه از پرتوکاران بر عهده دارند را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱. فیزیسیست مسئولیت کنترل کیفی خطاهای دزیمتری و همچنین محاسبات دز و دزیمتری Vivoin را بر عهده دارد؛
۲. فیزیسیست و رادیوتراپیست مسئولیت کنترل کیفی خطاهای دزیمتری در تجهیزات تله‌تراپی را بر عهده دارند. کار مشترک آنها شامل کنترل کیفی خطاهای طراحی درمان می‌شود که در رابطه با جمع‌آوری از بیمار (تعیین حجم هدف، اعضای بحرانی و...) می‌باشد.

۳. وظیفه مشترک رادیوتراپیست و تکنسین، قرار دادن صحیح بیمار بر روی تخت درمان براساس محل علامت‌گذاری شده بر روی بدن بیمار می‌باشد که منجر به کنترل کیفی خطاهای مهندسی می‌شود.

۴. فیزیسیست و رادیوتراپیست و تکنسین، مشترکاً مسئولیت کنترل کیفی خطاهای طراحی درمان را که به بازبینی و ثبت اطلاعات مربوطه به بیمار می‌شود، بر عهده دارند.

ماده ۴۷- ضروری است شرکت توجه کند که هدف از انجام اعمال فوق ایجاد برنامه‌ای جهت کنترل دز بیمار در تشخیص و اجرا می‌باشد. جهت به کار بردن عملیات کنترل برای سلامتی کارکنان می‌توان وظایف افراد مختلف در رادیوتراپی را به صورت زیر خلاصه کرد (مطابق برنامه ۱۹۸۸ WHO):

۱. فیزیسیست مسئولیت کنترل تجهیزات و حفاظت (شامل فوتون‌ها و نوترون‌ها) و همچنین اخطار به کارکنان در مورد اشعه (فوتون‌ها، ذرات باردار، آلودگی نوترون و آلودگی رادیواکتیو) را دارا می‌باشد.

۲. فیزیسیست و تکنسین مشترکاً مسئولیت کنترل کیفی سیستم‌های ایتترلاک مکانیکی و الکتریکی (شامل درها، لامپ‌ها، کلیدهای اضطراری، وسایل درمانی بیمار)، دز خروجی از حجم هدف و مقدار اشعه درمانی داده شده به بیمار را بر عهده دارند.

۳. فیزیسیست و تکنسین جهت حفاظت بیمار، باید دز خروجی از حجم هدف و مقدار اشعه درمانی داده شده به بیمار را مورد کنترل قرار دهند.

۴. به طور کلی فیزیسیست‌ها و رادیوتراپیست‌ها و تکنسین‌ها باید خود را ملزم کنند که درمان بیماران براساس استاندارد ملی و بین‌المللی معتبر انجام گردد. مشکل اساسی در هر مرحله از انجام برنامه، اطمینان از کیفیت در یک مرکز پرتودرمانی این است که وقتی که یک وظیفه مشخص در کنترل کیفی چه از نظر کلینیکی و چه از نظر فیزیکی تعیین گردید، باید از نظر عملی نیز به آن تحقق بخشید. بنابراین رؤس وظایف در یک مرکز رادیوتراپی باید شامل تأکید بر اجرای برنامه کنترل کیفی، کالیبره کردن و ثبت اطلاعات موجود در مورد بیمار باشد که به طور صحیح انجام شود و بتوان این اطلاعات را برای مدت قابل توجهی نگهداری کرد. انجام این روند برای پیگیری بازرسی و جلوگیری از اعتراضات احتمالی ضروری است.

ماده ۴۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند وقتی که یک مرکز رادیوتراپی تأسیس می‌شود، بسیار مهم است که مسئول رادیوتراپی وظیفه مشخصی از مسئولیت‌های کنترل کیفی را به افراد این تشکیلات می‌دهد. در این صورت تیمی که از تجویز درمانی صحیح آنها اطمینان داریم، با دقت و کیفیت مطلوب درمانی به وجود می‌آیند.

۱. سرپرست رادیوتراپی و دیگر افراد مسئول در رادیوتراپی باید کارکنان را در انجام محاسبات در تمام سطوح پرتوگیری تشویق کنند و خطاها را در عمل کاهش دهند.

۲. بسته به شرایط محلی و ملی، خط‌مشی و امکانات، ممکن است مراکز رادیوتراپی در درجه‌ها و خصوصیات و همچنین شغل ویژه کارکنان در محل‌های مختلف اختلاف داشته باشند.

۳. در مجموع باید یک یا چند رادیوتراپیست و همچنین یک یا چند متخصص فیزیکی، پزشکی و رادیولوژی آموزش دیده (یا کارکنان مشابه) و کارشناس فنی آموزش دیده در رادیوتراپی (به طور نیمه‌وقت) وجود داشته باشند.

۴. وقتی که کارکنان آموزش دیده با این سه گروه شغلی در دسترس قرار گرفت باید مسئولیت‌های برنامه اطمینان از کیفیت، بین آنها تقسیم شود.

ماده ۴۹- ضروری است شرکت توجه کند که از مهم‌ترین اجزای یک برنامه کنترل کیفی در مراکز رادیوتراپی، کنترل دز بیمار می‌باشد. این عمل باید با کنترل در دقت و صحت روال دزیمتری، موردنظر قرار گیرد (کالیبره کردن دستگاه دزیمتری و خروجی دستگاه با ارجاع به یک استاندارد ملی و بین‌المللی باید انجام شود). این کنترل باید در شکل هندسی و تنظیم دستگاه و تعیین آناتومی بیمار نیز انجام گیرد و همچنین درک صحیحی از منابع خطا در طراحی درمان به منظور کاهش خطاها نیز ضروری است. اینها همه مثال‌های خوبی برای تعیین وظایفی که یک تیم فعال باید بر عهده داشته باشد و همچنین دلیلی برای نیاز مسئول رادیوتراپی به افراد با مهارت‌های خاص در رادیوتراپی است.

ماده ۵۰- یکی دیگر از اجزاء مهم برنامه کنترل کیفی، سلامتی بیمار است. تکنسین رادیوتراپی به عنوان کسی که وضعیت بیمار را در روی تخت درمان و همچنین وضعیت‌های وسایل نگهدارنده و گوه‌ها را تعیین می‌کند و در واقع اجرای طرح درمان را بر عهده دارد، نقش مهمی در سلامتی بیمار بازی می‌کند. به حداقل رساندن دز در نقاط خارج از حجم هدف دوباره باید توسط گروه مسئول انجام شود که این عمل احتیاج به بیان حدود دز برای اعضای حساس بدن توسط رادیوتراپیست و همچنین بیان چگونگی طراحی درمان توسط فیزیسیست و رادیوتراپیست، طراحی بلوک‌های حفاظتی توسط فیزیسیست و نهایتاً تجویزات فوق توسط کارشناس فنی رادیوتراپی دارد.

ماده ۵۱- باید توجه داشت که وظیفه نهایی کنترل کیفی به سلامتی کارکنان مربوط می‌شود. این مرحله برای سرپرست رادیوتراپی، پیچیده‌تر از دیگر مراحل می‌باشد. اما در این مرحله رادیوتراپیست باید نماینده مسئول داشته باشد و براساس کار تکنیکی کارکنان جوابگو باشد.

ماده ۵۲- باید توجه داشت، سایر کارکنان رادیوتراپی که بسته به شرایط محلی تعداد و کیفیت کاریشان تفاوت دارد، ممکن است باعث پیچیدگی بیشتر در انجام برنامه تعیین کنترل شوند. به عنوان مثال مسئولان دزیمتری پزشکی اغلب محاسبات طراحی درمان دز را برای ناحیه کاری انجام می‌دهند در حالی که مهندسان فقط مسئولیت نگهداری دستگاه‌های درمانی را بر عهده دارند. اما در این مورد نمی‌توان فرض کرد که چنین کارکنانی در سطح وسیع در اختیار می‌باشند. علاوه بر این پیشنهاد می‌شود که برای انجام یک برنامه کنترل کیفی باید چند نوع مهارت فردی خاص در تشکیلات رادیوتراپی وجود داشته باشد و کارکنان دیگر قسمت‌ها ممکن است نقش ثانویه در اجرای این برنامه داشته باشند.

۱۱- تعبیر نتایج درمان

ماده ۵۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که نتیجه نهایی رادیوتراپی، به گونه‌ای برای گروه بیماران به کار می‌رود که با پارامترهای تندی بازگشت، تندی پیچیدگی و تندی تکرار براساس آنچه توسط سازمان جهانی بهداشت تعریف شده است، توصیف می‌شوند (WHO ۱۹۷۹). نتایج باید به طریقی بیان شده باشند که:

۱. اطلاعات کافی راجع به گروه بیماران؛
۲. درمان‌های به کار رفته (تمام روش‌ها) و روش‌های استفاده شده اندازه‌گیری خروجی را در دسترس قرار دهد؛
۳. روش‌های تحلیل به کار رفته باید توضیح داده شوند؛
۴. روند پیگیری نتایج درمان باید به گونه‌ای باشد که کاملاً مطمئن باشد که حتی چند بیمار هم طی این پیگیری از قلم نیافتاده‌اند چرا که ممکن است در اثر عدم پیگیری نتیجه‌ای خلاف نتیجه واقعی حاصل شود.

۱۲- دستگاه‌ها و تجهیزات پرتودرمانی

۱-۱۲- ملاحظات عمومی

ماده ۵۴- هیچ دستگاه پرتودرمانی نباید برای درمان بیماران به کار رود، مگر آنکه خصوصیات زیر را دارا باشد:

۱. دارای تمام مشخصات کارخانه سازنده متناسب با نوع استفاده از دستگاه باشد؛
۲. هرگونه نقص در مورد مشخصات دستگاه به کارخانه سازنده گزارش شود و اطمینان حاصل گردد که این نقص، باعث بروز خطرات مهمی در رابطه با پرتوگیری نمی‌شود؛
۳. پرتودهی باید توسط یک دستگاه اتوماتیک و پس از زمان یا دز جذبی مشخص، متوقف شود؛
۴. یک وسیله هشداردهنده مناسب بر روی صفحه کنترل دستگاه پرتودرمانی، باید وضعیت روشن یا خاموش بودن دستگاه را به وضوح نشان دهد؛
۵. تایمر کنترل‌کننده زمان درمان، در زمان‌های بیشتر از ۱۰۰ ثانیه، باید حداکثر ۱٪ خطا و برای زمان‌های کمتر از آن، حداکثر یک ثانیه خطا داشته باشد. در صورت وجود خطای بیشتر از یک ثانیه، محاسبات زمان درمان باید تصحیح گردد.

۱۲-۲- دستگاه‌های اشعه ایکس زیر ۳۰۰ kV

الف) سر دستگاه باید به اندازه کافی حفاظ داشته به طوری که نرخ دز تابش ناشی در فاصله یک متری از نقطه کانونی از $10 \frac{mGy}{hr}$ و در فاصله ۵ سانتی‌تر از سر دستگاه، از $300 \frac{mGy}{hr}$ بیشتر نباشد؛

ب) دستگاه‌ها باید دارای ایتترلاک یا سیستم‌های دیگری باشد که از پرتودهی در مواردی که ترکیب فیلتر و kV صحیح نمی‌باشد، جلوگیری کند؛

پ) پرتو ناشی از مخروط‌ها، اپلیکاتورها یا دیافراگم‌ها نباید بیشتر از ۲٪ پرتو مفید باشد.

۱۲-۳- دستگاه‌های اشعه ایکس درمانی کمتر از ۵۰ kV

این دستگاه‌های درمانی باید کلیه خصوصیات بند ۲ را داشته باشند. نرخ دز تابش ناشی نباید بیشتر از $1 \frac{mGy}{hr}$ در فاصله ۵ سانتی‌متری از سر دستگاه باشد.

۱۲-۴- دستگاه‌های درمانی با الکترون و اشعه ایکس مگاولتاژ (شتاب‌دهنده خطی)

الف) صفحه کنترل دستگاه درمانی باید به وضوح و بدون ابهام، تمام پارامترهای ماشین که بر روی دز جذبی بیمار تأثیر می‌گذارند، شامل گوه‌ها و فیلترها را نشان دهد. همچنین باید دارای ایترلاک‌ها برای جلوگیری از پرتودهی در مواردی که ناهماهنگی بین پارامترهای تنظیم شده با پارامترهای موجود بر روی دستگاه وجود دارد، باشد؛

ب) این دستگاه‌ها باید با دو سیستم مانیتورینگ دز تجهیز شده باشند، که هرکدام به طور مستقل قادرند ادامه پرتودهی را متوقف کنند. آنها باید به گونه‌ای طراحی گردند که احتمال خراب شدن همزمان آنها وجود نداشته باشد. اگر مانیتور اولیه خراب شود، مانیتور ثانویه باید ادامه درمان را پس از گذشت زمان دریافت معادل 0.4 گری دز در فاصله نرمال درمان، متوقف کند؛

پ) نرخ دز که منجر به تابش نشی (شامل نوترون‌ها) در خارج از حداکثر باریکه مفید در یک سطح دایره‌ای به شعاع 2 متر در فاصله نرمال درمان می‌شود، نباید از 0.2% نرخ دز در محور مرکزی در همین فاصله بیشتر باشد؛
ت) خارج از سطح تعریف شده بالا، نرخ گرمای تابش نشی (شامل نوترون‌ها) در فاصله یک متری از مسیر الکترون‌ها بین منبع تولیدشان و هدف یا پنجره الکترون نباید از 0.5% نرخ دز در محور مرکزی پرتو در فاصله نرمال درمان، افزایش یابد؛

ث) دستگاه‌های محدودکننده قابل تنظیم باریکه برای فوتون‌ها، باید پرتو را در ناحیه حفاظ به گونه‌ای تضعیف کنند که دز جذبی محور باریکه در فاصله نرمال درمان از 2% افزایش نیابد؛

ج) دستگاه‌های محدودکننده قابل تنظیم یا قابل تعویض برای الکترون‌ها باید پرتو را در ناحیه حفاظ به گونه‌ای تضعیف کنند که در فاصله نرمال درمان از مقادیر زیر افزایش نیابد:

✓ 2% دز جذبی محور مرکزی، متوسط در ناحیه محدود شده بین 4 سانتی‌متر خارج از منحنی دز 50% و حداکثر میدان تابش اشعه؛

✓ 10% دز جذبی محور مرکزی، متوسط در ناحیه محدود شده بین 2 سانتی‌متر خارج از منحنی دز 50% و حداکثر میدان تابش اشعه.

چ) نرخ معادل دز از نوترون‌ها در داخل ناحیه پرتو اولیه نباید از 1% نرخ معادل دز پرتو اولیه بیشتر باشد. شتاب‌دهنده‌های خطی الکترون باید دارای استاندارد IEC601-2-1 باشند. روش‌های استفاده شده برای تست تطابق با استاندارد IEC و همچنین با دیگر بندهای این بخش باید با IEC601-2-1 تطابق داشته باشد.

۱۲-۵- دستگاه‌های درمان از راه دور با چشمه‌های بسته

الف) این دستگاه‌ها باید با دو سیستم مانیتورینگ دز تجهیز شده باشند که هرکدام به طور مستقل قادرند ادامه پرتودهی را متوقف کنند. آنها باید به گونه‌ای طراحی گردند که احتمال خراب شدن همزمان آنها وجود نداشته باشد. اگر مانیتور اولیه خراب شود، مانیتور ثانویه باید ادامه درمان را پس از گذشت زمان دریافت معادل 0.4 گری دز در فاصله نرمال درمان، متوقف کند؛

ب) در وضعیت خاموش، نرخ نشی سر دستگاه نباید از $20 \frac{mGy}{hr}$ در فاصله یک متری از چشمه و $200 \frac{mGy}{hr}$ در فاصله 5 سانتی‌متر از سطح سر دستگاه، افزایش یابد؛

پ) در وضعیت روشن، نرخ دز که منجر به نشستی پرتو خارج از حداکثر باریکه مفید در یک سطح دو متر عمود بر محور باریکه در فاصله نرمال درمان می‌شود، نباید از 0.2% نرخ گرمای هوا در محور مرکزی در همین فاصله افزایش یابد؛

ت) خارج از محدوده تعریف شده بالا، نرخ گرمای تابش نشستی در یک متری از چشمه پرتوزا نباید از 0.5% نرخ گرمای هوا در محور مرکزی باریکه پرتو در فاصله نرمال درمان افزایش یابد؛

ث) دستگاه‌های محدودکننده قابل تنظیم، باید پرتو را در ناحیه‌ای که حفاظت می‌کنند، به گونه‌ای محدود کنند که در فاصله نرمال درمان، از 2% دز جذبی محور مرکزی در همین فاصله، افزایش یابد؛

ج) مکانیسم پرتودهی در زمانی که خطایی در سیستم کنترل یا منبع تغذیه به وقوع می‌پیوندد، باید به طور اتوماتیک به وضعیت خاموش برگردد و تا زمانی که دوباره کلید روشن کردن دستگاه فعال نشده است، در وضعیت خاموش بماند. وجود اکتیویته بیشتر از 2 kBq بر روی سطح، نشان‌دهنده وجود نشستی در سطح می‌باشد و دستگاه باید فوراً متوقف شود؛

چ) دستگاه‌های تله‌تراپی باید با استاندارد IEC-601-2-11 (1987) تطابق داشته باشد.

۱۲-۶- دستگاه‌های براکی‌تراپی

هر دستگاه براکی‌تراپی Remote After Loading باید شرایط زیر را دارا باشد:

الف) برای محل قرار گرفتن چشمه نسبت به اپلیکاتور دقتی بیشتر از $\pm 2\text{ mm}$ داشته باشد؛

ب) برای زمان مشخص شده جهت درمان دقتی بیشتر از 2% داشته باشد؛

پ) دارای سیستم عیب‌یاب اتوماتیک باشد که به وسیله یک روش مستقل از سیستم کنترل چشمه، وضعیت پرتودهی یا عدم پرتودهی چشمه را به وضوح هم بر روی صفحه کنترل و هم در اتاق درمان نمایش دهد؛

ت) دارای دو تایمر اتوماتیک باشد که به طور مستقل بتوانند پس از پایان زمان تنظیم شده برای درمان، ادامه درمان را متوقف کنند؛

ث) یک کلید قطع اضطراری جهت قطع فوری ادامه پرتودهی در موارد اورژانس هم در داخل اتاق درمان و هم داخل اتاق کنترل وجود داشته باشد.

۱۲-۷- سیمولاتورهای درمانی

الف) یک سیمولاتور درمانی باید تمام قواعد مربوط به دستگاه‌های پرتوتشخیصی را دارا باشد؛

ب) طراحی یک شبیه‌ساز درمان باید شامل امکانات زیر باشد:

✓ هر وضعیت هندسی، ابعاد و جهت میدان تابش اشعه که در یک درمان ایزوستریک می‌تواند دوباره توسط یک سیمولاتور تولید شود؛

✓ تخت سیمولاتور باید دارای همان طراحی تخت درمان می‌باشد و دارای وسایل ثابت نگهدارنده تخت باشد؛

✓ سیستم تقاطع لیزرها باید به همان شکل که در اتاق درمان می‌باشند، طراحی شوند؛

✓ باید قابلیت سینی نگهدارنده را داشته باشد تا امکان تولید همان شکل بلوک‌ها که برای درمان به‌کار می‌رود را فراهم آورد؛

✓ دقت مکانیکی حرکت گانتری، تخت و میدان تابش اشعه، حداقل معادل مشخصات دستگاه درمان باشد.

۱۲-۸- سی تی اسکن ها

الف) در صورت امکان باید یک سی تی اسکن به عملیات پرتودرمانی اختصاص داده شود.

ب) اگر یک سی تی اسکن برای طراحی درمان مورد استفاده قرار گیرد، باید دارای خصوصیات زیر باشند:

✓ قطر حفره گانتری ≤ 70 سانتی متر؛

✓ تخت و امکانات جانبی دیگر باید خصوصیات مشخصه دستگاه درمان را دارا باشند؛

✓ دقت حرکت تخت بیشتر از ± 1 mm باشد؛

✓ قابلیت تکرار مجدد اسکن بهتر از ± 1 mm باشد؛

✓ قابلیت رزولوشن تشخیصی را داشته باشد؛

✓ برای تعیین دانسیته الکترون دقت بیشتر از $\pm 2\%$ با دقت تفکیک فضایی بهتر از ± 2 mm را داشته باشد.

۱۲-۹- تجهیزات جانبی

در کنار دستگاه‌های مولد پرتو تهیه کلیه ابزارهای جانبی زیر به منظور بالا بردن سطوح کمی و کیفی درمان الزامی است.

۱۲-۹-۱- اصلاح کننده تابش

این وسایل را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

الف) گوه‌ها (Wedges):

گوه‌ها معمولاً در هنگام خرید دستگاه‌های تله‌تراپی توسط شرکت سازنده ارائه می‌گردند. آنچه باید در این زمینه مورد توجه قرار گیرد اطمینان از کامل بودن سری گوه‌ها در هنگام تحویل دستگاه است. چرا که ناقص بودن سری گوه‌ها ممکن است فیزیسیست را در هنگام طراحی درمان با محدودیت مواجه کند؛

ب) پرسپکس ساده و مشبک و سری کامل بلوک‌های سری:

این وسایل نیز در هنگام خرید توسط شرکت سازنده ارائه می‌گردند و فقط باید به کامل بودن آنها توجه شود؛

ج) سایر وسایل کمکی:

منظور وسایلی همچون کلیه اشکال ثابت نگهدارنده‌ها جهت جلوگیری از حرکت غیرارادی بیمار در حین درمان، گوه‌های زیر بیمار جهت صاف کردن سطح بدن بیمار در درمان مانند Breast، تخته CSI و... می‌باشد.

۱۲-۹-۲- ابزارهای دزیمتری

کلیه بخش‌های رادیوتراپی ملزم هستند به منظور اندازه‌گیری خروجی دستگاه ضرایب تضعیف گوه‌ها و پرسپکس‌ها و تحقیق خطی بودن تایمر و مانیتورینگ اطاق تابش و اطاق کنترل، ابزارهای دزیمتری لازم را تهیه کنند. حداقل این وسایل عبارتند از:

الف) دزیمترهای محیطی و میدان تابش؛

ب) فانтом آب؛

پ) فشارسنج و دماسنج دقیق آزمایشگاهی.

۱۲-۹-۳- سیستم‌های طراحی درمان

نرم‌افزارهای طراحی درمان ابزارهایی هستند که توزیع دز را در تمام نقاط تابش نشان می‌دهند و به وسیله آنها می‌توان دز ارگان‌های حساس اطراف تومور را کنترل کرد و همچنین از یکنواختی دز در حجم هدف مطمئن شد. تهیه این نرم‌افزارها در رادیوتراپی و به ویژه در براکی‌تراپی الزامی است.

۱۲-۱۰- تأسیسات لازم برای اشعه ایکس کمتر از ۵۰۰ kV

الف) برای اشعه گرنز که ولتاژ کمتر از ۲۰ کیلوولت دارد، حفاظ ویژه لازم نیست ولی به جز بیمار، افراد دیگر و همچنین اپراتور نباید در داخل اتاق درمان باشند و نباید با اشعه تضعیف نشده پرتوگیری شوند؛
ب) برای درمان سطحی در ولتاژهای ۴۰ کیلوولت تا ۵۰ کیلوولت، اتاق‌ها باید دارای حفاظ ساختمانی باشند. احتیاجی نیست که اتاق کنترل خارج از اتاق درمان باشد. فقط یک صفحه محافظ برای حفاظت از اپراتور کافی می‌باشد. در طی درمان بیمار باید از داخل یک پنجره محافظ و یا با دید غیرمستقیم تحت نظر باشد؛
پ) برای درمان عمقی (ارتوولتاژ) در ولتاژهای ۱۵۰ کیلوولت تا ۵۰۰ کیلوولت، اتاق کنترل باید خارج از اتاق درمان نباشد و ایترلاک درب اتاق درمان تعبیه شده باشد. در تمام موارد برای حفاظ اولیه باید ضرایب کاربرد (U) حداقل ۰/۰۶ به کار برده شود.

۱۲-۱۱- تأسیسات لازم برای اشعه ایکس بالاتر از ۵۰۰ kV (مگاولتاژ یا سوپرولتاژ)

الف) حفاظ‌های اولیه برای تأسیسات مگاولتاژ اغلب چند ده سانتی‌متر بتن یا معادل آن می‌باشد. بنابراین برای اطمینان از طراحی اقتصادی حفاظ، دقت در محل تأسیس اتاق، ضریب کاربرد (U) و جهت تابش اشعه الزامی است؛
ب) در جهت تابش باریکه اشعه، حفاظ اولیه مورد نیاز است که می‌توان علاوه بر در نظر گرفتن درصد اصلی تابش اشعه، مقداری نیز به عنوان حاشیه ایمنی در نظر گرفت. در طراحی حفاظ اولیه باید امکان تغییرات در آینده را در نظر گرفت که در نتیجه باعث افزایش مقدار ضریب کاربرد (U) می‌شود. ضریب کاربرد (U) نباید کمتر از ۱/۱۶ در نظر گرفته شود؛

پ) وقتی که اتاقی زیر اتاق درمان قرار دارد باید امکان پرتودهی به سمت کف اتاق درمان در نظر گرفته شود؛
ت) وقتی که الکترون‌ها دقیقاً روی هدف تنظیم نشوند، ممکن است که به تمام قسمت‌های دیگر دستگاه برخورد کنند که در این حالت امکان افزایش در تابش اشعه ناشی به وجود می‌آید. این امکان در طراحی حفاظ و در تجهیزات تصویربرداری باید در نظر گرفته شود؛

ث) اغلب، درمان بیشتر از پنجاه بیمار با یک ماشین درمان در مدت ۸ ساعت در روز مشکل است؛

ج) اگر تمهیدات ویژه - همانند درمان همزمان دو بیمار در دو اتاق مجاور - برای افزایش بار کاری انجام پذیرد، حفاظ باید متناسب با آن افزایش یابد؛

چ) اگر برای افزایش بهره‌وری، از دستگاه درمان بیشتر از یک شیفت کاری استفاده شود، حفاظ اضافی بیشتری برای ناحیه کنترل شده مورد نیاز نیست، مگر اینکه بار کاری در هر شیفت افزایش یابد؛

ح) اتاق کنترل باید خارج از اتاق درمان باشد؛

خ) ایترلاک‌ها و لامپ‌های خطر باید تعبیه شده باشند؛

د) خروجی الکترون ممکن است آنقدر زیاد باشد که چنانچه شخصی به طور اتفاقی در هنگام روشن بودن دستگاه داخل اتاق مانده باشد، طی درمان پرتوگیری فوق‌العاده زیادی دریافت کند که این خطر می‌تواند با زدن کلید قطع اضطراری در شرایط حساس کاهش یابد و با فشار این کلید پرتودهی خاتمه می‌یابد. جزئیات بیشتر در مورد این مطلب در گزارش NCRP آمده است. (۱۹۷۶، NCRP۵۱)

۱۲-۱۲- تأسیسات لازم برای گام‌تراپی (تله‌تراپی)

Co رادیوایزوتوپی است که دارای فوتون‌های با انرژی حدود $1/25 \text{ MeV}$ می‌باشد و برای درمان با اشعه گاما به‌کار می‌رود. توضیحات داده شده در مورد دستگاه‌های مگاولتاژ با اندکی افزایش محدود می‌تواند به‌کار رود.

توضیحات در مورد جزئیات طراحی تجهیزات درمانی اشعه گاما را می‌توان در گزارش‌های NCRP یافت. (۱۹۶۸، NCRP۳۳). در طراحی حفاظ باید مسائل زیر مدنظر قرار گیرد:

الف) کلیه جهاتی که امکان تابش پرتوهای اولیه وجود دارد؛

ب) تابش اشعه نشتی اتاق درمان در هنگام پرتودهی؛

پ) تضعیف اشعه مفید و تابش اشعه پراکنده به وسیله Beam Stopper، در صورتی که وجود داشته باشد؛

ت) حداقل زاویه‌ای که تابش اشعه بدون تضعیف از محور ایزوستر پراکنده می‌شود، در صورتی که وجود داشته باشد؛

ث) فاصله چشمه تا مرکز چرخش برای دستگاه‌های ایزوستر.

در دستگاه‌های درمانی با اشعه گاما، محافظی در مقابل تابش اشعه وجود دارد (Beam Stopper) که از نفوذ اشعه جلوگیری می‌کند. این محافظ در مقابل تابش اشعه می‌تواند باعث کاهش تجهیزات ساختمانی حفاظ شوند. نشتی این محافظ تابش اشعه وقتی که چشمه روشن باشد نباید بیشتر از $1/0.1\%$ مفید اشعه باشد. همچنین این حفاظ باید با همین ضریب، تابش اشعه پراکنده بیشتر از 30° درجه نیز وجود داشته باشد. در طراحی حفاظ در مقابل تابش اشعه باید فرض شود که هیچ تضعیف‌کننده‌ای وجود ندارد. (۱۹۶۸، NCRP۳۳)

بعضی از تجهیزات درمانی با اشعه گاما دارای محافظ در مقابل تابش اشعه می‌باشد که حایل اشعه (Counter Weight) مفید نمی‌باشد و بنابراین هیچ کاهش قابل توجهی در تجهیزات حفاظ ساختمانی به وجود نمی‌آید.

۱۲-۱۳- تأسیسات لازم برای براکی‌تراپی

الف) اتاق کنترل باید خارج از اتاق درمان باشد و ایترلاک درب اتاق درمان تعبیه شده باشد؛

ب) برای کلیه حفاظ‌ها باید ضرایب کاربرد (U) برابر ۱ در نظر گرفته شود؛

پ) اتاق‌ها باید دارای حفاظ ساختمانی از جنس بتن یا معادل آن از سرب باشند؛

ت) وقتی که اتاقی زیر اتاق درمان قرار دارد باید امکان پرتودهی به سمت کف اتاق درمان در نظر گرفته شود؛

ث) چنانچه دو بیمار همزمان درمان می‌شوند، باید محافظ سربی مناسبی بین آنها قرار داشته باشد.

برای درمان‌های براکی‌تراپی دستی باید علاوه بر موارد فوق موارد زیر را جهت به‌کارگیری و ذخیره‌سازی چشمه‌های

بسته نیز رعایت کرد:

✓ دو اتاق مجزا با حفاظ مناسب جهت آماده‌سازی و انبار چشمه‌ها تهیه گردد و فقط پرتوکاران آموزش دیده مجوز

- به مانی‌تورینگ فردی مناسب وارد این اتاق‌ها شوند؛
- ✓ اتاق آماده‌سازی تا حد امکان به اتاق انبار چشمه‌ها نزدیک باشد؛
- ✓ اتاق‌های آماده‌سازی و انبار چشمه‌ها باید دارای یک دستشویی مناسب با درپوشی باشند که از ورود چشمه‌ها به داخل فاضلاب جلوگیری کند؛
- ✓ قفل ایمنی مناسب بر روی درب اتاق‌ها نصب گردد؛
- ✓ علائم خطر اشعه بر روی درب اتاق‌ها نصب گردد؛
- ✓ محل آماده‌سازی چشمه‌ها باید توسط یک شیشه سربی مناسب احاطه گردیده و قابل رؤیت باشد؛
- ✓ کلیه وسایل مورد نیاز جهت حمل و نقل چشمه‌ها نظیر انبر بلند، کانتینر سربی و... در دسترس باشند؛
- ✓ هر چشمه رادیواکتیو دارای برچسب مخصوص شامل نوع ماده پرتوزا و فعالیت آن باشد؛
- ✓ یک دزیمتر محیطی در محل کار موجود باشد؛
- ✓ بین بیمار با پرستاران، همراهان و ملاقات‌کنندگان یک حفاظ مناسب قرار بگیرد؛
- ✓ یک دزیمتر محیطی هشداردهنده در جلوی درب اتاق درمان جهت کنترل وضعیت چشمه‌ها در داخل بدن بیمار وجود داشته باشد.

۱۳- پرتوگیری شغلی

۱۳-۱- دز محدود شده (Dose Constraint)

دز محدود شده برای پرتوگیری شغلی به صورت زیر تعریف می‌شود:

”محدودیتی است که به منظور بهینه‌سازی حفاظت و ایمنی برای پرتوگیری از هر دستگاه پرتوساز اعمال می‌گردد.“

لذا برای تعیین دز محدود شده پرتوکاران، باید پرتوگیری پرسنلی را که در دو رادیوتراپی مختلف در دو شیفت کار می‌کند، یا پرتوکاران باردار که در یک مرکز پرتودرمانی کار می‌کنند و یا پرستاران بخش پرتودرمانی را در نظر داشت. هنگام بهینه‌سازی در مرحله طراحی حفاظ برای هر چشمه پرتوزا، می‌توان دز محدود شده را به کار برد. دز دریافتی تخمینی برای هر پرتوکار باید با دز محدود شده مناسب مقایسه گردیده و اندازه‌گیری‌های حفاظتی لازم برای تأیید دزهای کمتر از دز محدود شده انجام گیرد.

۱۳-۲- سطوح بررسی (Investigation Levels)

سطح بررسی به صورت زیر تعریف می‌شود:

”مقادیری از دز دریافتی پرتوکاران در مدت زمانی مشخص می‌باشد که هرگاه دز پرتوکار از آن مقادیر تجاوز کند باید تا زمانی که علت آن بررسی و رفع نشده است از ادامه فعالیت وی خودداری شود.“

سطوح بررسی، عامل هشداردهنده برای نیاز به بازبینی دستورالعمل‌ها و امور اجرایی و بررسی اینک، چه چیزهایی در سیستم طبق روال عادی کار نمی‌کنند و یا چه موقع عملکرد صحیح ندارند، می‌باشد. یک کمیت مناسب برای استفاده به عنوان سطح بررسی، دز مؤثر ماهانه می‌باشد، اما برای براکی‌تراپی دستی، دز دست‌های پرتوکاران را می‌توان به عنوان

کمیت سطح بررسی مورد استفاده قرار داد. همچنین براساس نوع کار خاص یا وظایف مرتبط دیگر، می‌توان سطوح بررسی دیگری را در نظر گرفت.

برای اشخاصی که فقط با شتاب‌دهنده‌های خطی، یا براکی‌تراپی کنترل از راه دور کار می‌کنند، سطح بررسی ماهانه دز مؤثر 0.2 mSv و برای کارکنان تله‌تراپی با کبالت 60 ، پرستاران براکی‌تراپی و اشخاصی که چشمه‌های براکی‌تراپی را جابه‌جا و یا جاگذاری می‌کنند، سطح بررسی ماهانه دز مؤثر 0.4 mSv باید استفاده شود. سطوح بررسی دو ماهه و سالانه را برای هرگونه فعالیت پرتویی می‌توان طبق جدول (۸) بیان نمود.

جدول ۸: مقادیر آستانه‌های بررسی

آستانه بررسی			دوره زمانی مانیتورینگ
دز دست یا پوست mSv	دز چشم mSv	دز مؤثر mSv	
۱۵۰	۵۰	۵	سال
۳۰	۱۰	۱	دو ماه

۱۳-۳- کارکنان باردار

ماده ۵۵- پرتوکاران زن، باید متوجه حاملگی خود باشند و آگاه باشند که در صورت نیاز، شرایط کار خود را اصلاح نمایند. البته حاملگی دلیلی بر توقف ادامه کار پرتوکاران زن نمی‌باشد، ولی کارفرما در مورد پرتوکاران زن حامله باید شرایط را به گونه‌ای فراهم کند که مطمئن شود پرتوگیری جنین یا رحم در سطح پرتوکاری افراد عادی جامعه می‌باشد. در براکی‌تراپی دستی، ممکن است تحت شرایط نرمال کاری نیز دریافتی جنین از حدود دز تعیین شده برای مردم بیشتر باشد.

۱۳-۴- طبقه‌بندی نواحی

ماده ۵۶- شرکت نواحی موجود در یک مرکز پرتودرمانی را می‌تواند به دو ناحیه کنترل شده و تحت نظارت طبقه‌بندی کند:

۱۳-۴-۱- ناحیه کنترل شده

ناحیه‌ای است که اندازه‌گیری‌های ویژه و نظارت‌های حفاظتی، به منظور کنترل پرتوگیری و جلوگیری از "پرتوگیری بالقوه" در این ناحیه لازم است.

ماده ۵۷- ضروری است که شرکت بدانند، در مراکز پرتودرمانی، نواحی که نیاز به اندازه‌گیری ویژه دارند (نواحی کنترل شده)، شامل تمام اتاق‌های پرتودرمانی و براکی‌تراپی کنترل از راه دور، انبار چشمه‌های رادیواکتیو و نواحی که با چشمه‌های بدون حفاظ کار می‌کنند و اتاق سیمولاتور می‌شود. نواحی کنترل شده، ترجیحاً باید توسط مرزهای فیزیکی نظیر دیوارها یا سطوح فیزیکی دیگر و با علامت ناحیه تابش اشعه مشخص گردند.

ماده ۵۸- در مورد اتاق کنترل که صفحه کنترل دستگاه پرتودرمانی در آن قرار دارد، به دلیل اینکه می‌توان با طراحی حفاظ مناسب، میزان دز را به مقدار قابل توجهی کاهش داد، این نواحی را تحت نظر گیرد ولی باید مقررات نواحی کنترل شده، نظیر نیاز به اندازه‌گیری ویژه و برخی محدودیت‌ها برای ورود افراد غیرمرتبط را که می‌تواند باعث پرتوگیری این افراد و

یا پرت شدن حواس اپراتور و در نتیجه بروز سانحه احتمالی گردد، اعمال کرد.

۱۳-۴-۲- ناحیه تحت نظارت

ناحیه‌ای است که به‌رغم اینکه اندازه‌گیری‌های حفاظتی ویژه و نظارت‌های حفاظتی عموماً مورد نیاز نیست، ولی باید تحت نظارت قرار داشته باشند.

ماده ۵۹- شرکت باید بداند در مراکز پرتودرمانی، نواحی تحت نظارت شامل نواحی اطراف اتاق بیماران براکی‌تراپی یا نواحی اطراف کانتینرهای چشمه‌های رادیواکتیو یا نواحی که با چشمه بدون حفاظ کار می‌کنند، می‌باشد. همچنین نواحی که نیاز به بازبینی منظم شرایط رادیولوژیکی برای تشخیص اینکه آیا بعضی از موارد دستورالعمل‌ها رعایت نمی‌شوند، می‌تواند جزو نواحی تحت نظارت باشد.

ماده ۶۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در تمام نواحی که به عنوان ناحیه کنترل شده و یا تحت نظارت طراحی نشده‌اند، سطوح دز دریافتی افراد غیرپرتوکار، همانند سطوح حفاظتی برای افراد عادی باشد.

۱۳-۵- قوانین و نظارت‌های محلی

ماده ۶۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که مدیریت یک مرکز پرتودرمانی، قوانینی برای کلیه افراد پرتوکار در مراکز پرتودرمانی تهیه و تدوین کند و مطمئن گردد که مسئولان بر نحوه انجام وظایف افراد نظارت می‌کنند.

۱۳-۶- وسایل و تجهیزات حفاظتی

ماده ۶۲- کلیه مراکز پرتودرمانی باید دارای وسایل و تجهیزات ایمنی کامل و مناسب باشند که میزان پرتوگیری شغلی را به مقادیر مجاز کاهش دهند. شرایط تجهیزات و تأسیسات حفاظتی لازم برای دستگاه‌های مختلف در این مستند عنوان گردیده است.

۱۳-۷- مانیتورینگ فردی و ارزیابی پرتوگیری

ماده ۶۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که هدف از مانیتورینگ و ارزیابی دز، گرفتن اطلاعات پرتوگیری واقعی کارکنان و تأیید شرایط مناسب کار پرتوکاران می‌باشد.

ماده ۶۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که هرکدام از پرتوکاران به‌طور جداگانه، دارای مانیتورینگ فردی باشند. افرادی که در یک مرکز پرتودرمانی نیاز به مانیتورینگ فردی دارند، می‌توانند شامل رادیوتراپیست‌ها، فیزیسیست‌ها، مسئولان فیزیک بهداشت، تکنسین‌های رادیوتراپی، جاگذارنده چشمه‌ها، مسئولان نگهداری و هر پرستار یا هر شخص دیگری که مدتی از زمان خود را با بیماران که حاوی چشمه براکی‌تراپی می‌باشند، می‌گذارند.

ماده ۶۴- شرکت باید بداند که به وسیله مانیتورینگ به غیر از اندازه‌گیری دز، می‌توان ارزیابی و تفسیر نتایج را نیز انجام داد. دزهای فردی دریافتی از منابع خارجی، معمولاً با وسایل مانیتورینگ فردی نظیر TLD یا فیلم بچ که اغلب در جلوی بدن و بالای سینه نصب می‌شود، تعیین می‌گردد. فرض می‌شود که تمام بدن به‌طور یکنواخت پرتوگیری می‌کند ولی در مواردی که احتمال پرتوگیری دست‌ها نظیر لمس کردن چشمه‌های براکی‌تراپی وجود دارد، بهتر است از دزیمترهای انگشتی نیز استفاده شود.

ماده ۶۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند که دزیمترهای فردی در یک مرکز پرتودرمانی، باید حداکثر ماهانه ارزیابی شوند. تأخیر در زمان ارزیابی یک دزیمتر می‌تواند منجر به از دست دادن اطلاعات ذخیره شود.

ماده ۶۶- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در صورت مفقود شدن دزیمتر فردی یکی از پرتوکاران، یک ارزیابی تخمینی از دز دریافتی شخص انجام شده و در پرونده پرتوکار ثبت و بایگانی می‌گردد.

ماده ۶۷- شرکت باید اطمینان حاصل کند که کلیه مانیتورینگ‌های فردی قبل از استفاده کالیبره شده باشند. در صورت افزایش دز پرتوکاران از سطوح بررسی باید طبق دستورالعمل‌های تهیه شده، اقدامات لازم صورت پذیرد. حدود دز پرتوگیری شغلی پرتوکاران را می‌توان طبق جدول (۹) بیان نمود.

جدول ۹: حد دز پرتوگیری شغلی پرتوکاران

حد دز سالیانه ($\frac{mSv}{y}$)	
۵۰	دز مؤثر
۲۰	میانگین دز مؤثر در ۵ سال متوالی
۱۵۰	دز معادل در عدسی چشم
۵۰۰	دز معادل در پوست

۱۳-۸- تحقیق و پیگیری

ماده ۶۸- چنانچه حادثه‌ای در یک مرکز پرتودرمانی به وقوع بپیوندد که باعث پرتوگیری غیرعادی پرتوکار یا بیمار گردد، بلافاصله باید تحقیق اولیه پس از حادثه انجام گرفته و یک گزارش مکتوب نیز تهیه گردد که علت حادثه را مشخص کند و ارزیابی در مورد پرتوگیری افراد درگیر در حادثه نیز انجام پذیرد.

ماده ۶۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند که پس از حادثه، واحد مربوطه آموزش‌ها، اصلاحات و پیشنهادات برای جلوگیری از بروز حوادث مشابه را تهیه کرده و این گزارش‌ها هرچه سریع‌تر به واحد قانونی و سایر افراد مرتبط ارسال گردد.

ماده ۷۰- ضروری است که شرکت توجه کند بعضی از مواردی را که می‌توان به عنوان حادثه در نظر گرفت، شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. دز فردی مؤثر سالانه از سطوح بررسی افزایش یابد؛
۲. پارامترهای کنترل کیفی دوره‌ای، به طور واضح از دامنه نرمال خطا خارج باشد؛
۳. هرگونه نقص دستگاه یا خطا که پتانسیل به وجود آوردن حادثه را دارد مثلاً چشمه در انتهای درمان به طور اتوماتیک به محل حفاظ بازنگردد؛
۴. تغییر غیرعادی در شرایط کار پرتوکار یا شرایط دستگاه مثلاً بار کاری با نشتی سر دستگاه افزایش یابد.

۱۳-۹- مانیتورینگ محل کار

ماده ۷۱- مانیتورینگ محل کار باید به گونه‌ای باشد که ارزیابی دقیقی از شرایط رادیولوژیکی، در تمام محل کار انجام پذیرد. همچنین باید با مانیتورینگ بتوان مرزهای نواحی کنترل شده و تحت نظارت را بازبینی نمود و ارزیابی پرتوگیری در نواحی کنترل شده و تحت نظارت انجام شود.

ماده ۷۲- برنامه مانیتورینگ باید شامل کمیت‌های لازم برای اندازه‌گیری، محل‌های اندازه‌گیری، دوره زمانی اندازه‌گیری‌ها، روش‌های اندازه‌گیری، سطوح مرجع و فعالیت‌های لازم که در صورت افزایش از این سطوح باید انجام شود، باشد.

ماده ۷۳- بلافاصله پس از نصب یک دستگاه پرتودرمانی جدید و یا بعد از جاگذاری چشمه‌های تله‌تراپی و یا براکی‌تراپی کنترل از راه دور، باید مانیتورینگ انجام شود. این مانیتورینگ باید شامل اندازه‌گیری نشستی از دستگاه و مانیتورینگ فضای اطراف اتاق درمان باشد.

ماده ۷۴- میزان سطوح پرتوگیری در اتاق‌های تله‌تراپی و درمان با دز بالا، باید توسط دزیمتر محیطی اندازه‌گیری شود.

ماده ۷۵- در عملیات براکی‌تراپی نیز باید بلافاصله پس از کاشت چشمه‌ها، میزان آهنگ پرتوگیری در اطراف بیمار انجام پذیرد. پس از خروج چشمه‌ها از داخل بدن بیمار، باید یک بازرسی مجدد انجام گیرد تا مطمئن شویم که کلیه چشمه‌ها از بدن بیمار خارج شده‌اند و به داخل کانتینر بازگشته‌اند.

ماده ۷۶- کلیه بسته‌های حاوی چشمه‌های رادیواکتیو، قبل از استفاده توسط دارنده پروانه باید مانیتور شوند.

ماده ۷۷- کلیه دزیمترهای محیطی که برای مانیتورینگ محل کار استفاده می‌شوند، باید توسط یک آزمایشگاه استاندارد دزیمتری کالیبره شوند.

۱۳-۱۰- حفاظت پزشکی

ماده ۷۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که کلیه تمهیدات و توافق‌نامه‌ها جهت مطابقت حفاظت پزشکی کارکنان براساس پیشنهادات واحد قانونی، تهیه می‌گردد. هدف اولیه از حفاظت پزشکی، ارزیابی اولیه از شرایط کاری مستخدمان می‌باشد.

ماده ۷۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند که تطابق شرایط کار با پرتو محیط کار، با وضعیت جسمانی پرتوکار و شرایط عمومی کارکنان و با در نظر گرفتن کلیه شرایط و جزئیات پرتوها در محیط کار، مدنظر قرار می‌گیرد.

ماده ۸۰- باید توجه داشت که اصولاً حفاظت پزشکی خاصی برای پرتوکاران در مراکز پرتودرمانی مورد نیاز نمی‌باشد ولی در مواردی که کارکنان دزهای بالاتر از حدود دز دریافت می‌نمایند، باید بررسی‌های ویژه شامل دزیمتری بیولوژیکی و تشخیص درمان صورت پذیرد.

ماده ۸۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که توصیه‌های ویژه برای کارکنان خاص نظیر زنانی که ممکن است حامله و یا در حال شیردهی باشند، یا کارکنان خاصی که بیش از حد پرتوگیری نموده‌اند و یا در مورد پرتوگیری واقعی‌شان مشکوک هستند، موجود می‌باشد.

۱۳-۱۱- ثبت و بایگانی

ماده ۸۲- شرکت باید اطمینان حاصل کند که پرتوگیری هرکدام از پرتوکاران در پرونده پرتوکار ثبت و بایگانی می‌گردد. اطلاعات ثبت شده ماهیت کلی محیط کار پرتوکار، دز دریافتی و داده‌هایی را شامل می‌شود که براساس آنها ارزیابی دز انجام پذیرفته است.

ماده ۸۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برای پرتوکارانی که در استخدام چند کارفرما می‌باشند، اطلاعات در مورد روز استخدام با هر کارفرما، دزهای دریافتی در هر محل استخدامی، هرگونه دزی که در اثر مداخله اورژانسی یا بروز سانحه در پرونده این پرتوکار ثبت شده، مشخص گردیده است و براساس آنها دزهای دریافتی این فرد تخمین زده شود.

ماده ۸۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که کلیه اطلاعات ثبت شده درخصوص هر پرتوکار، به اطلاع وی رسانده می شود.

۱۴- توجهات تکمیلی

۱-۱۴- اورژانس

۱-۱-۱۴- پتانسیل پرتوگیری

ماده ۸۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در یک مرکز پرتودرمانی، یک ارزیابی ایمنی از چشمه‌ها وجود داشته باشد. ارزیابی ایمنی شامل اشکالات احتمالی که ممکن است به وقوع بپیوندد، چگونگی جلوگیری از وقوع آنها و چگونگی کاهش شدت حادثه در صورتی که اتفاق بیافتد، می باشد.

ماده ۸۶- ضروری است شرکت توجه داشته باشد که ارزیابی ایمنی عمومی برای انواع دستگاه‌ها به یک شکل بیان می شود. تجربه نشان می دهد که به منظور داشتن یک برنامه ایمنی مناسب برای چشمه‌ها، هماهنگی بین مراکز پرتودرمانی و سازندگان چشمه بسیار مفید است و شرکت باید اطمینان حاصل کند که این هماهنگی صورت می گیرد.

ماده ۸۷- شرکت باید اطمینان حاصل کند که به طور کلی، درس‌هایی که از حوادث و سوانح گزارش شده به دست آمده است، توسط واحد قانونی به مراکز پرتودرمانی اطلاع داده می شود.

ماده ۸۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که به منظور اطمینان از ارزیابی ایمنی، تمام جوانب در نظر گرفته می شود و فقط به حوادثی که در گذشته به وقوع پیوسته، اکتفا نمی گردد بلکه باید کلیه حوادث محتمل براساس استفاده از تکنیک‌های سیستماتیک نظیر خطا یا نوع حادثه و تکنیک‌های ارزیابی ایمنی احتمالی در نظر گرفته می شوند. ارزیابی ایمنی باید تعیین گردد. همچنین حوادثی که تاکنون به وقوع نپیوسته است نیز باید در نظر گرفته شوند.

ماده ۸۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در موارد زیر، ارزیابی ایمنی با سند و مدرک باشد و توسط یک فرد باتجربه بازرینی و اصلاح شده باشد:

۱. اصلاح چشمه‌های پرتوزا یا تأسیسات آنها در هنگام ساخت آنها؛

۲. تجارب عملی یا اطلاعات به دست آمده نشان می دهد که ارزیابی ایمنی باید بازرینی شود؛

۳. تکنیک‌های اصلاحی جهت بهبود کیفیت ارزیابی ایمنی مورد نیاز باشد.

۱۴-۱-۲- جلوگیری از حادثه

ماده ۹۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند که اندازه‌گیری‌های لازم برای برآمدن از عهده حوادث تعریف شده و ارزیابی قابلیت سیستم‌های ایمنی (شامل روش‌های عملی و اجرایی و تجهیزات و طراحی تأسیسات) انجام می شود.

ماده ۹۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که تجارب عملی و درس‌هایی که از حوادث آموخته شده و خطاهای موجود در آموزش، نگهداری و برنامه‌های کنترل کیفی با یکدیگر تلفیق می شود.

۱۴-۱-۳- کاهش عواقب حادثه (طرح اورژانس)

ماده ۹۲- شرکت باید اطمینان حاصل کند که براساس برنامه ارزیابی ایمنی، در مواقع بروز حادثه عکس‌العمل‌های لازم برای مهار حادثه و جلوگیری از گسترش آن مشخص می باشد.

ماده ۹۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که مسئولیت کلیه افراد مشخص گردیده و پرسنل، تمرین‌های دوره‌ای برای مهار حادثه و کاهش اثرات آن را دیده باشند. دستورالعمل‌ها باید مختصر، مفید و روشن بوده و در معرض دید قرار گیرند.

ماده ۹۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که چنانچه در حین تعویض چشمه‌های تله‌تراپی و براکی‌تراپی کنترل از راه دور حادثه‌ای رخ دهد، فقط کارکنان آموزش دیده و تأیید شده قانونی نسبت به مهار حادثه اقدام می‌نمایند. اگر شرکت کارکنان رادیوتراپی در هر مرحله مورد نیاز باشد، دامنه فعالیت آنها فقط به اپراتوری صفحه کنترل محدود شود و مسئولیت‌های آنها باید به طور واضح بیان گردد.

بیشترین موارد اورژانس که ممکن است به وقوع بپیوندد، در زیر آمده است.

۱۴-۱-۴- گم شدن چشمه‌های رادیوتراپی

ماده ۹۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در این قبیل حوادث، هرچه سریع‌تر نوع و فعالیت چشمه گمشده و اینکه آخرین بار چه زمانی، در کجا و توسط چه کسی استفاده شده است، مشخص می‌گردد. همچنین باید ورود و خروج افراد در ناحیه‌ای که چشمه آخرین بار استفاده شده و یا احتمال دارد چشمه در آن ناحیه گم شده باشد، جلوگیری شده و کلیه افراد داخل این ناحیه از نظر همراه نداشتن احتمالی چشمه بررسی شوند. جستجو باید با آشکارسازهای تابش بسیار حساس انجام شود.

۱۴-۱-۵- گیر کردن چشمه‌ها

ماده ۹۶- ضروری است شرکت توجه کند که دستورالعمل اورژانس باید کوتاه و روشن باشد و در صورت نیاز با شکل و بدون توضیح اضافی مشخص گردد.

۱۴-۱-۶- دستگاه‌های درمانی خارج از بدن

ماده ۹۷- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برای این مواقع دستورالعمل اورژانس در مرکز پرتودرمانی موجود باشد. به طور کلی در اولین مرحله باید سعی شود با دکمه قطع اضطراری، برای بازگرداندن چشمه به داخل حفاظ اقدام گردد. اگر این عمل فوراً موفقیت‌آمیز نباشد و بیمار بر روی تخت درمان قرار داشته باشد، باید سریعاً بیمار را از ناحیه پرتودهی خارج نموده و از ورود افراد به این ناحیه جلوگیری شود. تأکید می‌شود که از پرتوگیری از میدان تابش اصلی جداً خودداری گردد. پس از آن مسئول فیزیک بهداشت باید توجهات لازم را اعمال نموده و وضعیت موجود را تحت کنترل قرار دهد.

۱۴-۱-۷- دستگاه‌های براکی‌تراپی از راه دور

ماده ۹۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که یک کانتینر اورژانس در اتاق درمان و همچنین یک کیت اورژانس شامل انبرهای بلند برای انجام عملیات دستی بر روی تیوب‌های هدایت‌کننده چشمه یا اپلیکاتورها برای مواقعی که بازگشت چشمه به داخل کانتینر دچار اشکال می‌شود، در مرکز پرتودرمانی موجود باشد. کانتینر اورژانس باید نزدیک بیمار باشد و به اندازه‌ای بزرگ باشد که اپلیکاتورهای مورد استفاده برای بیمار را بتوان داخل آن قرار داد.

براساس استاندارد TECDOC1040 آژانس، براکی‌تراپی HDR، یک تکنیک درمانی با ریسک بالا می‌باشد و دقت و مراقبت ویژه نیاز دارد. در انجام عملیات اورژانس، سرعت عمل (در حد دقیقه) بسیار مهم است و حضور پزشک

متخصص و فیزیسیست آموزش دیده در کلیه مراحل انجام عملیات اورژانس، ضروری است. معمولاً سازندگان دستگاه‌ها، روش‌های اورژانس را برای مواقعی که چشمه برای بازگشت به وضعیت ایمن مشکل پیدا می‌کند، پیشنهاد می‌کنند. فرض می‌شود که یکنواختی اپلیکاتورها حفظ می‌شود. این روش‌ها، ویژه دستگاه‌های براکی‌تراپی (afterloading) بوده و عموماً شامل موارد زیر می‌باشند. در هر مرحله فرض می‌شود که اگر اقدام قبلی در بازگرداندن چشمه مؤثر نبوده، فعالیت‌های بعدی مورد نیاز است.

موارد عمومی به صورت زیر است:

۱. مشاهده پیغام خطا یا علایم اورژانس بر روی صفحه کنترل (هشدارهای صوتی یا نوری)؛
۲. سعی در بازگرداندن چشمه از روی صفحه کنترل (به عنوان مثال کلید قطع اضطراری را فشار دهید)؛
۳. ورود به اتاق با یک دزیمتر محیطی پرتابل (درب را باز کرده تا ایتترلاک عمل کرده و چشمه بازگردد)؛
۴. مانیتور کردن سطوح پرتو در اتاق؛
۵. بازگشت از حالت بارگذاری ثانویه (به وسیله فشار دادن کلید قطع اضطراری بر روی دستگاه بارگذاری ثانویه از راه دور)؛
۶. بازگرداندن دستی چشمه (با استفاده از یک سیستم بازگرداننده دستی)؛
۷. بازرسی بیمار و بارگذاری ثانویه (تأیید وضعیت ایمن چشمه)؛
۸. خروج اپلیکاتور از بدن بیمار و قرار دادن آن در داخل کانتینر اورژانس؛
۹. بازرسی بیمار و کانتینر اورژانس (برای تأیید اینکه چشمه داخل بدن بیمار باقی نمانده و تمام چشمه‌ها در کانتینر می‌باشند)؛
۱۰. خروج بیمار از اتاق (با مانیتورینگ بعدی).

۱۴-۱-۸- آلودگی

ماده ۹۹- ضروری است شرکت توجه کند که احتمال آلودگی در اثر حادثه در یک مرکز پرتودرمانی بسیار کم می‌باشد. فقط در مورد Ra-226 و پودر Cs-137، این احتمال وجود دارد. در این قبیل حوادث بسیار مهم است که از ورود افراد به ناحیه آلوده جلوگیری به عمل آمده و افرادی که در ناحیه آلوده بوده‌اند، برای مانیتورینگ باقی بمانند و در صورت نیاز رفع آلودگی شوند. اگر پنجره یا تهویه وجود دارد، باید فوراً بسته شود. باید امکاناتی موجود باشد که با شخص مسئول حفاظت در برابر اشعه در مورد این حادثه تماس حاصل گردد.

۱۴-۱-۹- حوادث بیرون از محدوده مرکز پرتودرمانی

ماده ۱۰۰- شرکت باید توجه کند که در صورت از بین رفتن حفاظت چشمه‌های تله‌تراپی که استفاده نمی‌شوند امکان وقوع حادثه وسیع در خارج از محدوده مرکز پرتودرمانی وجود دارد. در این موارد عملیات اورژانس باید توسط سازمان‌های مرتبط ملی انجام شود. حضور مسئولان رادیوتراپی در طرح‌های ملی اورژانس نیز ضروری می‌باشد.

۱۴-۲- آموزش پرتوکاران

ماده ۱۰۱- شرکت باید به آموزش توجه خاص نماید، چون در یک مرکز پرتودرمانی، تجهیزاتی وجود دارد که امکان جذب دز زیاد و حتی مرگ را در پی دارد، لذا از نظر حفاظت و ایمنی دارای خطرات بالقوه زیاد می‌باشد. بنابراین باید

کلیه افرادی که در مرکز پرتودرمانی فعالیت می‌کنند، دارای آموزش‌های مناسب با مدارک تحصیلی و کارایی مناسب با فعالیت تخصصی خود باشند. همواره یک فرد به عنوان مسئول فیزیک بهداشت باید در مرکز حضور داشته باشد و در زمان‌های عدم حضور نیز به راحتی قابل دسترس باشد تا در صورت لزوم و بروز حادثه بتوان با وی تماس گرفت. کارکنان باید آموزش‌های لازم جهت چگونگی کار و نصب مانیتورینگ‌های فردی را ببینند. آموزش‌های مداوم در تمام زمان‌ها برای پرتوکاران مفید و ضروری می‌باشند و باید آموزش‌های ضمن خدمت برای آنها نیز در نظر گرفته شود. آموزش‌ها عموماً باید شامل موارد زیر باشند:

۱. تفسیر نتایج حاصل از مانیتورینگ فردی؛

۲. خطرات مرتبط با پرتوگیری افراد؛

۳. مقایسه خطرات پرتوگیری با سایر خطرات؛

۴. حدود دز برای انواع پرتوگیری‌های شغلی و مردم.

اصولاً وجود افراد دارای آموزش و تبحر کافی باعث می‌گردد که احتمال بروز حادثه کاهش یابد و بسیار عاقلانه است برای هر دستگاه درمانی حداقل یک فرد آموزش دیده با تجربه مفید وجود داشته باشد.

۱۴-۳- ثبت و بایگانی اسناد و مدارک

ماده ۱۰۲- شرکت باید اطمینان حاصل کند که کلیه اندازه‌گیری‌ها و حوادثی که در یک مرکز پرتودرمانی انجام می‌پذیرد، ثبت و به عنوان مدرک بایگانی می‌گردد. این موارد می‌تواند نتایج دزیمتر فردی پرتوکاران، مانیتورینگ محل کار، مانیتورینگ محل رفت‌وآمد عمومی، گزارش حوادث و سوانح که منجر به پرتوگیری غیرعادی هر فرد مانند بیمار، پرتوکار یا افراد عمومی می‌گردد و کلیه مواردی که می‌توان در آینده با استناد به آنها، برنامه حفاظت و ایمنی را گسترش داد، شامل شود. همچنین کلیه خصوصیات درمان مریض شامل نام و سن بیمار، روز شروع درمان، میزان دز درمانی تجویز شده، تعداد جلسات درمان، پرتوهای درمانی، تکنیک درمان، فاصله چشمه تا پوست، ابعاد میزان تابشی و... باید ثبت گردیده و نتایج درمان ارزیابی و گزارش آن تهیه شده و همراه با کلیه موارد فوق در پرونده بیمار بایگانی و نگهداری گردد.

۱۴-۴- حفاظت در هنگام حمل و نقل مواد رادیواکتیو

ماده ۱۰۳- شرکت باید توجه کند که کلیه نقل و انتقالات چشمه‌های پرتودرمانی خارجی و براکی‌تراپی از راه دور از هنگام تحویل در کشور تا زمان تعویض کامل چشمه به عهده استفاده‌کننده می‌باشد و چشمه‌های براکی‌تراپی دستی که مستقیماً به بیمارستان منتقل می‌شود نیز باید تحت نظارت استفاده‌کننده حمل شود و کلیه موارد حفاظت و ایمنی در هنگام حمل و نقل آنها باید رعایت گردد. کلیه نقل و انتقالات باید با هماهنگی فرد خاصی در مرکز پرتودرمانی انجام شود. این فرد باید مطابق با الزامات قانون و مقررات IAEA برای حمل و نقل ایمن مواد رادیواکتیو و همچنین براساس قوانین ملی موجود برای تمام فعالیت‌های مرتبط با حمل و نقل چشمه‌های رادیواکتیو، عمل کند. در مورد رادیوتراپی، این موارد فقط شامل چشمه‌های تله‌تراپی و براکی‌تراپی می‌شود و چشمه‌های باز را دربر نمی‌گیرد.

۱۴-۴-۱- دریافت مواد رادیواکتیو

ماده ۱۰۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که قبل از بارگیری چشمه‌های رادیواکتیو، هماهنگی‌های لازم با سازنده چشمه جهت دریافت اطلاعات مفید در مورد هر بسته یا کانستینر به شرح زیر انجام می‌گیرد:

۱. نوع چشمه، تعداد و فعالیت چشمه‌ها؛
 ۲. چگونگی تست‌های اجرایی و ساختار چشمه‌ها شامل تست‌های نشتی؛
 ۳. فرم ویژه تأیید گواهینامه در جاهایی که مورد نیاز است؛
 ۴. مشخصات بسته یا کانتینر حاوی چشمه؛
 ۵. گواهی تأیید نوع A یا B بسته‌ها، یا اعلام مطابقت با IAEA ST-1 برای دیگر بسته‌ها؛
 ۶. جزئیات هرگونه هماهنگی خاص مورد نیاز، شامل تأییدهای چندجانبه در جاهایی که مورد نیاز است؛
 ۷. یک کپی از مدرک حمل و نقل (که قبل از بسته‌بندی توسط فکس یا e-mail ارسال می‌گردد).
- در صورتی که کلیه مراحل فوق توسط سازنده مشخص نگردیده و یا رضایت‌خس نباشند، نباید با بسته‌بندی محموله موافقت کرد. مسیر حمل بسته باید با موافقت سازنده و استفاده‌کننده تعیین گردد. برای موارد زیر در جاهایی که نیاز است باید هماهنگی لازم صورت پذیرد:

۱. برای چشمه‌های تله‌تراپی وسایل حمل و نقل ویژه نظیر جرثقیل، بالابر مکانیکی و... طی تغییر یک شکل از حمل به شکل دیگر یا بین وسایل نقلیه، مورد نیاز است؛
۲. بررسی نرخ دز بسته یا کانتینر؛
۳. بررسی علائم صحیح حمل و نقل که به کانتینر یا بسته چسبیده می‌شوند و در صورت مخدوش یا ناخوانا شدن روی بسته باید علامت جدید چسبانده شود؛
۴. محدود شدن با کنترل‌های مرزی؛
۵. ایمنی مرسوله در حین حمل و نقل، مخصوصاً در هنگام توقف‌های شبانه.

۱۴-۴-۲- بسته‌بندی مواد رادیواکتیو

ماده ۱۰۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند که پس از دریافت مرسوله مواد رادیواکتیو، بسته یا کانتینر به سازنده چشمه بازگردانده می‌شود. در مورد چشمه‌های تله‌تراپی یا چشمه‌های براکی‌تراپی کنترل از راه دور، غالباً بسته‌های مواد رادیواکتیو استفاده می‌شوند.

۱۴-۴-۳- بسته‌های خالی

ماده ۱۰۶- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برای بسته‌های خالی که به مبدأ بازگردانده می‌شوند، موارد زیر اجرا می‌گردد:

۱. نرخ دز و مانیتورینگ آلودگی هم در داخل و هم در خارج بسته یا کانتینر برای اطمینان از اینکه هیچ ماده رادیواکتیوی داخل بسته موجود نمی‌باشد، باید اندازه‌گیری شود و بنابراین مانند یک بسته یا کانتینر خالی با آن رفتار گردد؛
۲. کلیه علائم حمل و نقل مرتبط با وجود چشمه‌ها در بسته یا کانتینر کنده شود؛
۳. بسته یا چشمه را برای اطمینان از اینکه در وضعیت خوب قرار دارد، امتحان کرده و سپس به طور ایمن آن را مطابق با روش ارائه شده توسط سازنده چشمه ببندید؛
۴. یک علامت در خارج بسته یا کانتینر با مضمون "EXPECTED PACKAGE-EMPTY PACKAGE UN 2908"

”RADIOACTIVE“ بچسباند؛

۵. مدارک حمل و نقل را کامل کنید؛

۶. با سازنده تماس گرفته و در مورد مسیر حمل کانتینر در هر مرحله از سفر، به توافق برسید. به سازنده، روز بسته‌بندی را اطلاع دهید.

۱۴-۴-۴- بازگرداندن چشمه‌های استفاده‌شده

ماده ۱۰۷- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برای بازگرداندن چشمه‌های استفاده‌شده، اطلاعات زیر برای هر بسته یا کانتینر به سازنده داده می‌شود:

۱. نوع چشمه، تعداد و فعالیت چشمه‌ها؛
 ۲. چگونگی ساختار چشمه‌ها شامل تست‌های نشی؛
 ۳. فرم ویژه تأیید گواهی‌نامه در جاهایی که مورد نیاز است؛
 ۴. مشخصات بسته یا کانتینر حاوی چشمه؛
 ۵. گواهی تأیید نوع A یا B بسته‌ها، یا اعلام مطابقت با IAEA ST-1 برای دیگر بسته‌ها؛
 ۶. جزئیات هرگونه هماهنگی خاص مورد نیاز، شامل تأییدیه‌های چندجانبه در جاهایی که مورد نیاز است؛
 ۷. یک کپی از مدارک حمل و نقل (که قبل از بسته‌بندی توسط فکس یا e-mail ارسال می‌گردد).
- قبل از تأیید بسته‌بندی، نباید مرسوله به مبدأ بازگردانده شود. فرستنده و گیرنده باید در مورد مسیر حمل چشمه و مسئولیت‌ها در هر مرحله از سفر به توافق برسند. تا هنگام رسیدن محموله به آدرس گیرنده، فرستنده مسئول حمل و نقل بسته می‌باشد. سایر هماهنگی‌ها براساس قوانین و مقررات واحد قانونی باید انجام شود. به منظور آماده‌سازی مرسوله برای بسته‌بندی، فرستنده باید اقدامات زیر را اجرا نماید:
۱. چشمه‌ها را داخل بسته باز کنید و مشخصات گیرنده شامل شماره سریال‌ها و اطلاعاتی که باید وارد گواهی‌نامه حمل و نقل شود، بازبینی نمایید؛
 ۲. بسته یا چشمه را برای اطمینان از اینکه در وضعیت خوب قرار دارد، امتحان کرده و سپس به طور ایمن آن را مطابق با روش ارائه شده توسط سازنده چشمه ببندید؛
 ۳. نرخ دز و مانیتورینگ آلودگی خارج از بسته یا کانتینر برای اطمینان از اینکه هیچ ماده رادیواکتیو اضافی داخل بسته موجود نمی‌باشد، باید اندازه‌گیری شود و بنابراین برای حمل مناسب است؛
 ۴. مانیتورینگ نرخ دز بسته یا کانتینر را انجام داده و علامت‌های حمل و نقل مناسب را بچسباند؛
 ۵. از استفاده از علائم حمل و نقل مرتبط با چشمه‌های موجود قبلی بر روی بسته یا کانتینر دریافت شده، خودداری کنید؛
 ۶. گواهی‌نامه حمل و نقل را کامل کنید.

هماهنگی‌های لازم برای موارد زیر در صورت نیاز انجام شود:

۱. وسایل جابه‌جایی ویژه مورد نیاز نظیر جرثقیل، بالابر مکانیکی و... طی تغییر یک شکل از حمل به شکل دیگر بین وسایل نقلیه، مورد نیاز است؛

۲. مطمئن شوید که بسته یا کانتینر به صورت ایمن داخل وسیله حمل و نقل قرار گرفته و وسیله حمل و نقل دارای
علایم صحیح می‌باشند؛

۳. با کنترل روی مرزها، کانتینر را محدود کنید؛

۴. ایمنی مرسوله در حین حمل و نقل، مخصوصاً در هنگام توقف‌های شبانه یا تأخیر را تأمین کنید.

۱۴-۴-۵- مدیریت دفع پسماندهای رادیواکتیو

ماده ۱۰۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که مدیریت دفع پسماندهای رادیواکتیو بر مبنای به حداقل رسانیدن خطرات ناشی از آنها می‌باشد و از ورود آنها به خارج و تحت تابش قرار دادن افراد جامعه بیش از آنچه استانداردها تعیین کرده‌اند جلوگیری نماید.

ماده ۱۰۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند که حمل و نقل، نگهداری و ذخیره مواد پرتوزا، طبق مقررات ایمنی بوده و استانداردهای حفاظت در برابر پرتوها از هر نظر در مورد آنها رعایت می‌شود.

ماده ۱۱۰- شرکت باید توجه کند که مواد پرتوزا چنانچه به طور صحیح تهیه و بسته‌بندی نشوند دارای خطرات پرتودهی و آلودگی بوده و سبب پرتوگیری افراد می‌شوند.

ماده ۱۱۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که قبل از هرگونه اقدام نسبت به دفع پسماندهای رادیواکتیو، عملیات، انعقاد، رسوب، تعویض یون، تبخیر، تغلیظ، جامدسازی و... جهت کاهش پرتوزایی پسماندهای رادیواکتیو را انجام داده، سپس بسته‌بندی و دفع می‌گردد.

ماده ۱۱۲- شرکت باید دقت کند که بسته‌بندی پسماندهای رادیواکتیو، باید شامل یک لایه حفاظتی باشد تا در شرایط عادی و بروز حوادث جزئی، پرتو تابشی از درون بسته را به میزان لازم کاهش دهد، تا جابه‌جایی و ترابری آن از خطر مصون بماند.

ماده ۱۱۳- شرکت باید توجه کند که پسماندهای خطرناک رادیواکتیو را باید دفع کرد، به طوری که افراد جامعه تحت تابش بیش از آنچه استاندارد تعیین کرده است قرار نگیرند و حصارهایی بین آنها و افراد جامعه قرار گیرد.
ماده ۱۱۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که حصارهای ذکر شده در ماده ۱۱۳ دو نقش زیر را ایفا می‌کنند:

۱. در کوتاه‌مدت مانع پرتوگیری افراد جامعه شوند؛

۲. در درازمدت بتوان از نفوذ و انتقال آنها به خارج جلوگیری نمود، به طوری که با گذشت زمان پرتوزایی آنها به حدی برسد که خطری برای بشر نداشته باشند.

ماده ۱۱۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند که از دو روش زیر برای دفن پسماندها استفاده می‌شود که شامل:

۱. دفن در زمین؛

۲. دفن در اقیانوس‌ها.

که هر دو روش از لحاظ ایمنی قابل قبول شناخته شده‌اند. ولی دفن در زمین پذیرفته‌تر است.

ماده ۱۱۶- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برای دفن پسماندها موارد زیر رعایت می‌گردد:

۱. هنگام دفن، پسماندها را در قالب‌هایی از نوع بتون یا قیر ریخته که به عنوان اولین عایق‌سازی است؛

۲. سپس آن را با پوشش‌های فلزی یا بتونی می‌پوشانند (دومین عایق‌سازی). نوع قالب بستگی به نوع پسماندها و

میزان پرتوزایی آنها دارد.

ماده ۱۱۷- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در دفن مواد رادیواکتیو به مسأله حفاظت در مقابل آب‌های سطحی و عمقی توجه می‌گردد. یعنی در مکانی عایق و غیر قابل نفوذ (خاک رسی) دفن شوند. به طوری که سطح آب‌های زیرزمینی بسیار پایین‌تر از محل نگهداری آنها باشد. معادن متروکه نمک مکان‌های بسیار خوبی برای این کار محسوب می‌شوند، زیرا ظرفیت تبادل یونی بالایی دارند و چنانچه نقصی در فنون نگهداری مواد زائد رادیواکتیو پیش آید، یون‌های رادیواکتیو را در خود نگاه می‌دارند، تا به نقطه اشباع برسند و از آن پس مواد رادیواکتیو می‌توانند به اطراف مهاجرت نمایند.

۱۴-۴-۶- رفع آلودگی مواد پرتوزا

ماده ۱۱۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که رفع آلودگی مواد پرتوزا از محیط انجام می‌گیرد. حذف مواد رادیواکتیو از محیط، اعم از آب، هوا، خاک، اشخاص و اشیایی که به نحوی بر اثر حوادث، حالت‌های اضطراری، نقص قوانین ایمنی، بد کار کردن دستگاه‌ها در مراکز هسته‌ای، تحقیقاتی، پزشکی و صنعتی دچار آلودگی گردیده‌اند را رفع آلودگی گویند، که به طرق فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی انجام می‌گیرد.

تبصره ۱۳: در روش فیزیکی برای رفع آلودگی مواد پرتوزا، از تبخیر، رقیق کردن یا تصفیه آن ماده یا استفاده از ماورای صوت در مواردی که آلودگی با ایزوتوپ‌های کوتاه عمر انجام شده باشد، استفاده می‌گردد.

تبصره ۱۴: در روش مکانیکی از پاک کردن آلودگی به کمک برس کردن یا استفاده از هوای فشرده یا شستن با آب و... استفاده می‌شود.

تبصره ۱۵: در روش شیمیایی از محلول‌های اسیدی، قلیایی و رزین‌های مبادله‌کننده استفاده می‌شود. مواد رفع‌کننده آلودگی، ترکیبات شیمیایی ویژه‌ای هستند که قادرند وابستگی بین یون‌های رادیواکتیو و سطحی که لازم است از این مواد پاک شود را، از بین ببرند. این ترکیبات، مواد آلوده‌کننده را به حالت محلول دفع کرده و مانع رسوب مجدد آنها در سطح مزبور می‌شوند.

تبصره ۱۶: روش بیولوژیکی بر پایه جذب سطحی مواد آلی یا کلوئیدی آلوده به مواد رادیواکتیو توسط باکتری‌ها بنا شده است.

۱۵- برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز

ماده ۱۱۹- چنانچه مواجهه با پرتوهای یونساز وجود داشته باشد، شرکت باید یک برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز ایجاد کند.

تبصره ۱۷: شرکت باید یکی از کارکنان متخصص و مطلع را به عنوان مسئول، برای نظارت بر اجرای صحیح برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز انتخاب کند.

تبصره ۱۸: شرکت باید برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز را مدون کرده و آن را به روز نگهداری نماید.

تبصره ۱۹: برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز باید شامل روش‌ها و دستورالعمل‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه شغلی افراد با پرتوهای یونساز باشد.

تبصره ۲۰: برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز، باید شامل انواع روش‌های استفاده شده برای کنترل پرتوهای

یونساز باشد.

تبصره ۲۱: در برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز باید تهیه نقشه برای اندازه‌گیری محل و محدوده امکان مواجهه با پرتوهای یونساز مدنظر قرار گیرد.

تبصره ۲۲: در برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز، مشخص نمودن محل‌های خطرناک با علائم هشداردهنده باید گنجانده شود.

تبصره ۲۳: در برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز، آموزش کارکنان درباره مخاطرات مواجهه به خصوص بیش از حد مجاز با پرتوهای یونساز و استفاده صحیح از وسایل حفاظتی و به‌کارگیری اقدامات کنترلی گنجانده شده و الزامی گردد.

تبصره ۲۴: در برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز، انجام آزمایش‌های دوره‌ای و موردی باید گنجانده شود.
تبصره ۲۵: بازنگری برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز، باید زمان‌بندی گردد و مطابق آن اقدامات لازم به عمل آید.

تبصره ۲۶: کلیه مستندات برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز باید ایجاد شده و به شیوه صحیح نگهداری شوند.

ماده ۱۲۰- شرکت باید هر سه سال یکبار برنامه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز را بازنگری نماید.

۱۵-۱- آزمایش‌ها و معاینات پزشکی کارکنانی که با پرتوهای یونساز مواجهه دارند.

ماده ۱۲۱- شرکت باید در معاینات دوره‌ای کارکنان انجام آزمایش‌های تخصصی و معاینات پزشکی کارکنانی که با پرتوهای یونساز مواجهه دارند را الزامی نماید.

ماده ۱۲۲- شرکت باید کارکنانی را که در مواجهه با پرتوهای یونساز قرار دارند شناسایی نماید و مطابق برنامه تحت مراقبت‌های خاص قرار دهد و حداقل فواصل آزمایش‌های تخصصی و معاینات پزشکی را برای آنها در نظرگیرد.

ماده ۱۲۳- شرکت مکلف است کلیه افرادی را که به کار با اشعه گمارده می‌شوند قبل و بعد از استخدام و به صورت دوره‌ای در طول استخدام و یا در شرایط اضطراری تحت معاینه و آزمایش‌های پزشکی لازم و آزمایش‌های تخصصی قرار داده و مدارک مربوطه را در اختیار واحد قانونی قرار دهد.

تبصره ۲۷: آزمایش و معاینه‌های پزشکی اولیه نباید زودتر از یک ماه قبل از شروع به کار با اشعه انجام شده باشد.

تبصره ۲۸: شرکت باید برای هر شخص پرتوکار تحت پوشش پروانه، یک پرونده شخصی که حاوی کلیه اطلاعات فردی از جمله سوابق پرتوگیری و نتایج آزمایش‌ها و معاینه‌های پزشکی باشد تشکیل دهد.

تبصره ۲۹: در صورتی که در هر مرحله براساس آزمایش‌ها و معاینه‌های پزشکی تشخیص داده شد که ادامه کار با اشعه برای شخص زیان‌آور است، لازم است توسط شخص مسئول فیزیک بهداشت از ادامه کار وی با اشعه جلوگیری گردد.

تبصره ۳۰: از پرتوکاران گروه (الف) لازم است حداکثر هر شش ماه یکبار و از پرتوکاران گروه (ب) حداکثر هر یک سال یکبار و از هر دو گروه در شرایط اضطراری آزمایش و معاینه‌های کامل پزشکی برحسب تشخیص و توصیه واحد قانونی به عمل آید.

تبصره ۳۱: آزمایش‌ها و معاینه‌های پزشکی لازم است براساس دستورالعمل واحد قانونی به عمل آید.

تبصره ۳۲: در صورتی که یک پرتوکار محل کار خود را تغییر دهد لازم است سوابق کار با اشعه پزشکی و پرتوگیری وی عیناً به محل کار جدید منتقل شود.

ماده ۱۲۴- شرکت 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 معاینه‌های پزشکی قرار داده و مراقبت‌های پزشکی لازم را تا حصول اطمینان از سلامت وی ادامه دهد.

تبصره ۳۳: کلیه هزینه آزمایش‌ها و معاینه‌های پزشکی قبل از استخدام و دوره‌ای و شرایط اضطراری به عهده شرکت (دارنده پروانه اشتغال) است.

ماده ۱۲۵- شرکت باید براساس مقررات قانون حفاظت در برابر اشعه برای معاینات پزشکی برنامه‌ریزی نماید.
ماده ۱۲۶- اگر یک یا تعدادی از کارکنان به کاری اشتغال یابند که پرتوگیری یا امکان پرتوگیری آنها از منابع خارج از کنترل شرکت وجود داشته باشد، شرکت باید به عنوان مسئول منبع و به عنوان شرط شروع کار، براساس مقررات قانون حفاظت در برابر اشعه، برنامه ویژه معاینات پزشکی را تهیه و اجرا نمایند.

ماده ۱۲۷- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برنامه معاینات پزشکی براساس اصول کلی بهداشت حرفه‌ای تنظیم می‌گردد، و به گونه‌ای تنظیم می‌شود که از تناسب کارکنان با کار موردنظر در بدو و در طول اشتغال اطمینان حاصل گردد.
ماده ۱۲۸- گماردن افراد بدون انجام آزمایش‌های پزشکی لازم قبل از استخدام و یا بدون مراقبت‌ها و آزمایش‌های دوره‌ای پزشکی در مدت اشتغال به کار با اشعه جرم محسوب می‌شود و شرکت باید از آن خودداری نماید.

ماده ۱۲۹- گماردن افرادی به کار با اشعه که به موجب قانون، کار با اشعه برای آنان ممنوع اعلام شده است جرم محسوب می‌شود و شرکت باید از آن خودداری نماید.

۱۶- سابقه

ماده ۱۳۰- شرکت باید سابقه پرتوگیری شغلی کارکنانی را که در مواجهه با پرتوهای یونساز هستند، ثبت و بایگانی نمایند.
ماده ۱۳۱- اگر کارکنان به کاری اشتغال یابند که پرتوگیری یا امکان پرتوگیری آنها از منبع 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.

ماده ۱۳۲- شرکت باید اطمینان حاصل کند که سابقه پرتوگیری شامل موارد زیر باشد:

تبصره ۳۴: اطلاعات در رابطه با ماهیت کار که منجر به پرتوگیری شغلی می‌شود.

تبصره ۳۵: 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.

تبصره ۳۶: اطلاعات راجع به تاریخ و زمان اشتغال دز پرتوگیری و ورود مواد پرتوزا به بدن برای هریک از مشاغل، در مورد کارکنانی که با بیش از یک کارفرما کار می‌کنند.

تبصره ۳۷: 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.

ماده ۱۳۳- شرکت موظف است:

تبصره ۳۸: امکان دسترسی کارکنان به سوابق پرتوگیری مربوطه را فراهم نماید.
تبصره ۳۹: امکان دسترسی پرتویزشک، واحد قانونی و کارفرمای مربوطه را به سوابق پرتوگیری فراهم سازد.
تبصره ۴۰: وقتی یکی از کارکنان کار را ترک کند، در مورد سوابق پرتوگیری مربوطه با واحد قانونی هماهنگی نماید.
تبصره ۴۱: شرکت باید، محرمانه بودن سابقه پرتوگیری را مورد توجه قرار دهد.
تبصره ۴۲: 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.
تبصره ۴۳: پرونده پرتوگیری کارکنان باید در دوران کاری و بعد از آن حداقل تا سن ۷۵ سالگی و سی سال پس از خاتمه کار با پرتو نگهداری شود.

هنگامی که آخرین ارزیابی نشان دهد که ادامه اقدامات حفاظتی توجیه پذیر نیست اقدامات را می توان خاتمه داد.
ماده ۱۳۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که آزمایش های تخصصی و معاینات پزشکی توسط فرد آگاه و باصلاحیت انجام می شود.

ماده ۱۳۵- ضروری است شرکت توجه کند که نتایج آزمایش ها و معاینات فرد محرمانه بوده و بدون اجازه مکتوب وی در اختیار افراد بدون صلاحیت نباید قرار گیرد.

ماده ۱۳۶- شرکت باید اطمینان حاصل کند که نتایج آزمایش های به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد و مطابق آن اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه به عمل می آید.

۱۷- برنامه تضمین کیفیت مربوط به حفاظت در برابر اشعه

ماده ۱۳۷- شرکت باید اطمینان حاصل کند که دارندگان پروانه مراکز پزشکی که دستگاه اشعه ایکس را جهت تشخیص بر روی انسان به کار می برند دارای یک برنامه تضمین کیفیت مدون می باشند.

ماده ۱۳۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که هدف برنامه تضمین کیفیت، اطمینان از دقت و صحت آزمایش ها و به حداقل رساندن پرتوگیری ها و هزینه و خسارت وارده به بیماران و جامعه می باشد.

ماده ۱۳۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برنامه تضمین کیفیت شامل آزمایش های دوره ای منظم و روش های اجرایی آنها برای حصول و اطمینان از اجرای اهداف و ضوابط این مدارک می باشد. برنامه تضمین کیفیت باید توسط مسئول فیزیک بهداشت جهت اطمینان از مطابقت با ضوابط این مدرک تأیید گردد. برنامه باید شامل تست های مربوط به فرایند ظهور و ثبوت و تاریکخانه باشد. اندازه گیری های آهنگ دز شامل برنامه تضمین کیفیت نمی شود.

ماده ۱۴۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برحسب پیچیدگی و بزرگی مرکز، ساختار، مسئولیت ها و سبک گزارش به خوبی تعریف شده باشد. کارکنان باید نتایج آزمایش ها را پیوسته بازنگری کنند چرا که مسئول ارائه به مسئول بالاتر می باشند. هر تست خارج از محدوده استاندارد و غیرنرمال باید فوراً به شخص مسئول و یا دارنده پروانه کتباً گزارش تا نسبت به رفع ایراد اقدام شود. کارکنان نیز مسئول اجرا و انجام برنامه نسبت به کارکنان تحت پوشش می باشند.

ماده ۱۴۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که روش های اجرای برنامه تضمین کیفیت به عنوان یک برنامه و مقررات

کاری جهت اجرا تدوین می‌گردد.

ماده ۱۴۲- شرکت باید اطمینان حاصل کند که کلیه دستگاه‌ها در فواصل زمانی معین مورد آزمایش‌هایی قرار می‌گیرند تا از مطابقت با مقادیر استاندارد و از صحت و عملکرد دستگاه‌ها اطمینان حاصل شود. روش و فواصل زمانی هر تست باید مشخص و مورد تأیید مسئول فیزیک بهداشت باشد. نتایج اندازه‌گیری‌ها باید در فرم‌های مخصوص ثبت شوند و به محض مشاهده هرگونه ایراد در نتایج به دست آمده باید ثبت و گزارش شود.

ماده ۱۴۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که بر روی دستگاه‌های نو تست‌های پذیرش دستگاه انجام می‌شود تا:

۱. از مطابقت با مشخصات کارخانه سازنده اطمینان حاصل شود؛

۲. از مطابقت با ضوابط این مدرک اطمینان حاصل شود؛

۳. یک بانک اطلاعاتی پایه و مقدماتی برای آزمایش‌های کنترل بعدی ایجاد گردد.

ماده ۱۴۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که جداول کلیه آزمایش‌ها و مقادیر استاندارد کنترل هریک از آنها تدوین می‌گردد. در صورتی که مقدار اندازه‌گیری شده در یکی از آزمایش‌ها خارج از حدود کنترلی باشد باید اقدام مقتضی جهت تصحیح آن صورت پذیرد.

ماده ۱۴۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند که بعد از تصحیح پارامتر فوق آزمایش‌های مربوطه مجدداً انجام و نسبت به منطبق شدن مقدار به دست آمده با مقادیر استاندارد کنترل، اطمینان حاصل شود.

ماده ۱۴۶- شرکت باید اطمینان حاصل کند که فرکانس انجام آزمایش‌ها برای شرایط عادی و همچنین متعاقب تصحیح پارامترهای مورد خطا مشخص می‌شوند.

ماده ۱۴۷- ضروری است شرکت توجه کند تا در صورت امکان برنامه تضمین کیفیت با NCRP 99 یا برنامه تدوین شده از طرف واحد قانونی مطابقت داشته باشد.

ماده ۱۴۸- ضروری است شرکت توجه کند تا در صورت امکان برای برنامه تضمین کیفیت دستگاه سی‌تی‌اسکن از توصیه‌های داده شده در استاندارد IEC 1223-2-6 استفاده شود.

۱۸- کنترل پرتوهای یونساز

کنترل پرتوهای یونساز، برای کنترل اثرات آن و سلامتی کارکنان بوده و شامل روش‌های کنترل مدیریتی (کنترل زمان مواجهه و پایش سلامتی) و کنترل فنی است.

ماده ۱۴۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند که روش‌های عمومی کنترل فنی، خود را به یکی از سه روش زیر انجام می‌دهد:

۱. کنترل مبتنی بر سازه؛

۲. کنترل مبتنی بر دفاع (حفاظت)؛

۳. حفاظت فردی.

۱۸-۱- کنترل مبتنی بر سازه

ماده ۱۵۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند که چنانچه از روش کنترل مبتنی بر سازه استفاده می‌نماید، مهندس کنترل

مراحل زیر را مدنظر قرار دهد:

۱. کنترل در منبع تولید پرتو؛

۲. کنترل در مسیر انتشار پرتو؛

۳. حفاظت پرسنل از طریق پناهگاه‌سازی.

۱۸-۱-۱- کنترل در منبع تولید پرتو

ماده ۱۵۱- شرکت کنترل پرتو را باید اصولاً از طراحی دستگاه شروع نماید. در عمل می‌تواند از روش‌ها و دستگاه‌هایی استفاده کند که دارای منابع تولید پرتو ضعیف‌تری باشند و یا وسایل کنترل پرتو قبلاً بر روی دستگاه نصب شده باشند.

ماده ۱۵۲- شرکت باید نوع صحیح دستگاه را متناسب با فرایند کار (خدمت یا تولید) درست انتخاب نماید.

ماده ۱۵۳- شرکت در هنگام طراحی پروسه کاری (خدمت یا تولید) و انتخاب نوع دستگاه، باید مشخصات پرتو هر دستگاه و پرتوهای مجموع دستگاه‌ها در یک کارگاه را مدنظر قرار دهد و در مرحله احداث صنعت یا خدمات پزشکی، مشخصات پرتوهای دستگاه‌ها را بررسی نماید.

ماده ۱۵۴- از آنجا که نشر پرتو با طول عمر دستگاه افزایش می‌یابد، لذا شرکت باید اقدامات زیر را که دارای اهمیت است انجام دهد:

۱. نگهداری صحیح دستگاه؛

۲. سرویس کاری به موقع؛

۳. تنظیم قطعات؛

۴. تعویض قطعات فرسوده.

ماده ۱۵۵- شرکت باید نسبت به محل و نحوه استقرار دستگاه توجه نماید، زیرا محل نصب دستگاه و موقعیت قرارگیری آن از اهمیت بالایی برخوردار است.

ماده ۱۵۶- از آنجا که هر جا منبع تولید پرتو یونساز باشد امکان نشر آن نیز وجود دارد، شرکت برای کنترل این پرتوها باید از نصب نامناسب دستگاه و یا کاربرد ناصحیح منبع اجتناب نماید.

ماده ۱۵۷- شرکت باید نسبت به نصب کاهش‌دهنده‌های پرتو بر روی دستگاه اقدام نماید. برای برخی دستگاه‌ها می‌توان از وسایلی که نقش کاهش‌دهنده در نشر پرتو را دارند استفاده نمود.

ماده ۱۵۸- تغییر در اجزا و کار دستگاه و یا منبع تولید؛ شرکت با مطالعه دقیق و فنی بر روی اجزا و کار دستگاه برخی از فرایندهای آن را با تغییر در اجزا باید اصلاح نماید. مثلاً تغییر در جنس قطعات نمونه‌ای از این روش‌ها می‌باشد.

ماده ۱۵۹- محصور کردن دستگاه؛ شرکت می‌تواند بخشی از دستگاه یا تمام آن را با پوشش یا محفظه‌ای ایزوله نماید و مانع از نشر گردد.

۱۸-۱-۲- کنترل در مسیر انتشار

اگر کنترل پرتو یونساز در منبع میسر یا مؤثر نباشد، می‌توان آن را در مسیر انتشار کنترل کرد یا از انتقال و انتشار آن جلوگیری نمود. این روش مبتنی بر جذب پرتو و ایزولاسیون آن می‌باشد.

الف) مجزا نمودن منابع اصلی تولید پرتو از سایر منابع؛

ب) جداسازی بخش‌های امکان مواجهه با پرتو از سایر بخش‌های کارگاه؛

ماده ۱۶۰- دیوارکشی اطراف دستگاه باعث ایزوله کردن آن از سایر منابع شده و در کنترل انتشار پرتو نقش دارد. دیوارها باید تاسقف ادامه داشته و پوششی از مواد جاذب و لایه‌های مانع نشر پرتو متناسب با نیاز داشته باشد.

پ) کنترل پرتو مبتنی بر جذب آن؛

ماده ۱۶۱- شرکت می‌تواند در این روش از جاذب‌های سربی، آلومینیمی و... مناسب استفاده کند تا مانع نشر پرتو گردد.

ت) کنترل مبتنی بر ایزولاسیون پرتو؛

ماده ۱۶۲- در این روش از موانع به گونه‌ای استفاده می‌شود که از انتقال پرتو از یک کارگاه به کارگاه دیگر، یا از یک قسمت کارگاه به قسمت دیگر و یا از یک بخش دستگاه به بخش دیگر جلوگیری شود.

ث) ایجاد پناهگاه برای شاغل؛

ماده ۱۶۳- در جایی که نیاز مبرم و دائم به وجود شخصی در کنار منابع تولید پرتو نیست این روش می‌تواند به عنوان یکی از راه‌حل‌های مؤثر به کار رود.

۱۸-۱-۳- حفاظت پرسنل از طریق پناهگاه‌سازی

ایجاد پناهگاه یا محفظه‌سازی برای شاغل یک روش معمول و مؤثر کنترل پرتو است.

ماده ۱۶۴- اگر امکان اجرای موارد کنترل در منبع و یا مسیر انتشار نباشد و نیز برای دستیابی به نتیجه بهتر در مکان‌هایی که لزوم کنترل در مجاورت دستگاه محرز نیست، همچنین در مواردی که فرایند کار می‌تواند از فاصله دورتری هدایت گردد، از اتاقک‌های کنترل استفاده می‌شود.

ماده ۱۶۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند که طراحی پناهگاه به گونه‌ای باشد که کلیه لوازم و ابزار کنترل پروسه در آن پیش‌بینی شده باشد.

۱۸-۲- حفاظت فردی

ماده ۱۶۶- شرکت باید بداند که حفاظت فردی آخرین راه برای کنترل پرتو است و حفاظت فردی در برابر پرتو، همواره به عنوان یک راه‌حل کمکی می‌باشد.

ماده ۱۶۷- حفاظت فردی ترجیحاً برای کارکنان و یا مراجعه‌کنندگان (بیمار و یا همراه وی) که بیشترین مواجهه را دارند یا در زمانی که سیستم‌های کنترل پرتو به طور موقت از کار افتاده‌اند مجاز شمرده می‌شود.

ماده ۱۶۸- شرکت باید به مشکلاتی که مانع ادامه همکاری شاغل در طرح کنترل پرتو ناشی از استفاده از وسایل حفاظت فردی می‌گردد توجه نماید.

ماده ۱۶۹- شرکت باید در انتخاب وسایل حفاظت فردی کمال دقت را معمول دارد.

ماده ۱۷۰- در انتخاب وسایل حفاظت فردی علاوه بر کیفیت و راحتی، شرکت باید دقت نماید که وسیله تناسب کافی با شرایط محیط از نظر کاهش پرتو را داشته باشد.

ماده ۱۷۱- در انتخاب وسایل حفاظت فردی، شرکت باید دقت نماید که جنس مواد به کار رفته برای وسیله حفاظت از نوعی باشد که ایجاد حساسیت در پوست ننماید.

ماده ۱۷۲- شرکت باید آموزش‌های لازم جهت استفاده مطلوب از وسایل حفاظت فردی را به کارکنان داده باشد و

دوره‌های بازآموزی را برقرار نماید.

ماده ۱۷۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برای هر موردی که حفاظ توصیه شده باشد، در انتخاب حفاظ:

۱. ارزیابی دقیقی از مواجهه شاغل با پرتو قبلاً انجام شده باشد؛

۲. شاغل با چه سطحی از خطر و چه محدوده‌هایی از پرتو مواجهه دارد.

ماده ۱۷۴- ضروری است توجه شود که تشخیص قطعی کارایی حفاظ‌ها از نظر افت انتقال پرتو فقط با تست فنی میسر است در غیر این صورت استاندارد بودن و داشتن جدول یا نمودار مشخصات فنی ضروری است.

ماده ۱۷۵- حفاظ علاوه بر داشتن شاخص مناسب افت کلی انتقال، باید کارایی کافی برای کاهش پرتو را که در آنالیز پرتو مشخص شده داشته باشد.

ماده ۱۷۶- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برای کاربرد مؤثر حفاظ به پرتوهایی که بیشترین مواجهه شاغل با آنها است توجه می‌شود.

ماده ۱۷۷- شرکت نسبت به ارزیابی کیفی حفاظ‌ها می‌تواند اقدام کند و در آن صورت می‌توان تصمیم گرفت که حفاظ قابلیت لازم را با توجه به ارزیابی مواجهه شاغل دارد یا خیر.

تبصره ۴۴: راه منطقی و مطمئن برای آزمون کارایی یک حفاظ پرتو، آزمایش آن در شرایط محیط کار است.

تبصره ۴۵: راه ساده برای تست حفاظ پرتو در محل کار، این است که در محل کار شاغل، ابتدا میزان پرتو اندازه‌گیری شود و در همانجا مجدداً با حفاظ سنسور را احاطه نمایند. تفاضل اندازه‌گیری در این دو حالت برآوردی از کارایی حفاظ خواهد بود.

ماده ۱۷۸- استفاده از حفاظ در محل کار باید مرتب و دائمی باشد.

ماده ۱۷۹- کارکنان غیر پرتوکار و مردم نباید در هنگام پرتودهی در اتاق پرتوی ایکس حضور داشته باشند مگر اینکه حضور الزامی باشد.

ماده ۱۸۰- در غیاب همراهان بیمار (به استثنای خانم‌های باردار) استفاده از کارکنان غیرپرتوکار برای کمک به بیمار در هنگام پرتونگاری قابل قبول است اما در این صورت باید از تمامی وسایل حفاظتی استفاده نماید و روش‌هایی به کار برده شود تا دز دریافتی آنان کمینه شود. باید دقت نمود که از یکی از کارکنان همیشه استفاده نشود و خانم‌های باردار نیز نباید هیچ‌گاه این نقش را بر عهده گیرند.

۱۹- روش‌های کاهش پرتوگیری

هدف، کاهش پرتوگیری افرادی است که به نوعی با پرتوها سروکار دارند مانند کسانی که از کمیت‌سنج‌ها به عنوان منابع پرتو استفاده می‌کنند و یا افرادی که در نگهداری و تعمیر یا نصب و جایگزینی چشمه‌ها در دستگاه‌های مذکور دخالت دارند.

ماده ۱۸۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که به طور کلی برای حفاظت افراد در برابر پرتوگیری خارجی و کاهش خطرات آن روش‌های زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱. افزایش فاصله بین منبع پرتو و افرادی که در معرض آن قرار دارند (عامل فاصله)؛

۲. ایجاد حفاظ مناسب بین منبع پرتو و افرادی که در معرض آن قرار دارند (عامل حفاظ)؛

۳. به حداقل رساندن زمان پرتوگیری افراد (عامل زمان).

۱۹-۱- عامل فاصله

ماده ۱۸۲- باید توجه داشت که با افزایش فاصله از منبع پرتو، آهنگ دز چشمه کاهش می‌یابد. اگر اندازه منبع پرتو کوچک باشد (مانند کمیت‌سنج‌ها)، آهنگ دز متناسب با عکس مجذور فاصله کاهش می‌یابد. استفاده از این قانون در کاهش دز دریافتی از منابع پرتو بسیار مفید خواهد بود.

به این ترتیب ملاحظه می‌شود که ضخامت محل نگهداری چشمه و یا کانتینر آن بدون در نظر گرفتن این نکته که مواد تشکیل‌دهنده آن از مواد ویژه حفاظ‌سازی تشکیل شده است یا نه، از نقشی تعیین‌کننده در مقدار پرتوهای منتشره در نقاط مختلف سطح آن برخوردار است.

ماده ۱۸۳- باید توجه کرد، حتی با افزایش فاصله (بدون حفاظ‌گذاری) و با قراردادن منبع پرتو در درون محفظه‌ای از قبیل یک چارچوب یا حصار فلزی می‌توان در برخی موارد آهنگ دز را در سطح حصار تا حد لازم براساس ضوابط این دستورالعمل کاهش داد بدون آنکه الزامی به استفاده از حفاظ‌سازی باشد.

ماده ۱۸۴- شرکت می‌تواند در صورت لزوم با استفاده از ابزاری دسته بلند برای جابه‌جایی منابع پرتو، مانع از نزدیک شدن دست‌ها و بدن به منبع پرتو و در نتیجه مانع پرتوگیری آنها شود.

ماده ۱۸۵- باید توجه داشت که در مجموع، حفظ فاصله مناسب از منبع چشمه اغلب مقرون‌به‌صرفه‌ترین روش کاهش پرتوگیری است.

۱۹-۲- عامل حفاظ

ماده ۱۸۶- شرکت باید توجه کند که برای حفاظ‌گذاری مناسب در برابر هر نوع پرتو، موارد خاصی وجود دارد که به گونه آشکاری پرتوها را جذب و یا آنها را تضعیف می‌کنند که در نهایت منجر به کاهش میزان پرتو می‌شود.

ماده ۱۸۷- شرکت باید توجه کند که برای حفاظ‌گذاری در برابر پرتوهای گاما موادی که دارای عدد اتمی بزرگ هستند، مفیدتر و مؤثرترند. به این ترتیب سرب، تنگستن و اورانیوم تهی شده در ساخت کانتینرهای این‌گونه چشمه‌ها به‌کار می‌روند.

ماده ۱۸۸- ضروری است توجه شود، در مواردی که محدودیت حجم و وزن برای حفاظ وجود ندارد استفاده از مواد دارای عدد اتمی پایین‌تر از قبیل سیمان، کاملاً توجیه‌پذیر خواهد بود.

ماده ۱۸۹- شرکت باید توجه کند که برای حفاظ‌گذاری پرتوهای بتا، استفاده از موادی که دارای عدد اتمی کمتر هستند، مانند ورقه‌های شیشه‌ای فلزی و پرسپکس ارجحیت دارند؛ مثلاً پرسپکس اگر طوری قرار داده شود که بتواند پرتوهای بتا را جذب کند می‌تواند موجب کاهش شدت تابش تولید شده گردد. این‌گونه مواد باید در برابر مقادیر بالای پرتودهی مقاوم باشند.

۱۹-۳- عامل زمان

ماده ۱۹۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند در صورتی که میزان پرتودهی در محل حضور افراد بیش از حد دز تعیین شده در این دستورالعمل باشد زمان پرتوگیری افراد بایستی به نحوی کاهش یابد که دز دریافتی توسط هر فرد بیش از حد

تعیین شده نباشد.

۱۹-۴- روش‌های تکمیلی کنترل پرتوگیری

ماده ۱۹۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که به عنوان تکمیل روش‌های ذکر شده کاهش پرتو که قبلاً به آن اشاره شد، بایستی موارد زیر مورد توجه قرار بگیرد:

۱. نمایش علائم هشدار در صورت وجود مواد رادیواکتیو؛

۲. به حداقل رساندن جابه‌جایی مواد رادیواکتیو.

۱۹-۵- مانیتورینگ پرتو

ماده ۱۹۲- شرکت باید اطمینان حاصل کند که روش‌های کنترل پرتو دهی با در نظر گرفتن شرایط کاری تنظیم می‌شود اما اغلب بهتر است دز دریافتی کارکنان در طول یک دوره کنترل شود. این روش‌ها می‌تواند به عنوان یک کنترل دوره‌ای در درازمدت صورت گیرد که شامل:

۱. مانیتورینگ منظم مقادیر پرتوها در محیط‌های مورد نظر؛

۲. استفاده از مانیتورهای فردی، مانند فیلم بچ و دزیمترهای قرائت مستقیم فردی که میزان دز دریافتی پرتوکار را در محیط کار اندازه می‌گیرد.

باید خاطر نشان ساخت که استفاده از مانیتورهایی که متناسب با نوع پرتو طراحی شده‌اند و در فواصل زمانی مناسب کالیبره می‌گردند برای اخذ نتایج قابل اطمینان دارای اهمیت می‌باشند.

۲۰- حفاظت کارکنان پرتوکار

ماده ۱۹۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که فقط افرادی که حضور آنان برای کمک به بیمار ضروری است و یا برای مقاصد آموزشی حضور دارند، می‌توانند در هنگام پرتوگیری در اتاق حضور داشته باشند.

ماده ۱۹۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که حفاظ‌های متحرک یا قابل تنظیم یا ثابت در محل حضور کارکنان در حین پرتو دهی وجود داشته باشد.

ماده ۱۹۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند که کارکنان غیرپرتوکار و افراد عادی نباید در هنگام پرتو دهی در اتاق دستگاه اشعه ایکس حضور داشته باشند مگر اینکه حضور الزامی باشد.

ماده ۱۹۶- در غیاب همراهان بیمار، استفاده از کارکنان غیرپرتوکار برای کمک به بیمار در هنگام پرتونگاری قابل قبول است اما در این صورت باید از تمامی وسایل حفاظتی استفاده نمایند و روش‌هایی به کار برده شود تا دز دریافتی آنان کمینه شود. باید دقت نمود که از یکی از این کارکنان همیشه استفاده نشود و خانم‌های باردار نیز هیچ‌گاه نباید این نقش را به عهده گیرند.

۲۰-۱- پرتونگاری معمولی

ماده ۱۹۷- شرکت باید اطمینان حاصل کند که روش‌هایی اتخاذ می‌گردد تا اطمینان حاصل شود که آهنگ دز در اتاق قابل کنترل به گونه‌ای کنترل شده است که پرتوگیری شغلی به میزان قابل ملاحظه‌ای از حدود دز کمتر است. این امر معمولاً با حفاظ‌گذاری اتاق کنترل امکان‌پذیر است.

ماده ۱۹۸- کارکنانی که با دستگاه‌های ایکس قابل حمل و متحرک کار می‌کنند باید از روپوش سربی که حداقل معادل ۰/۲۵ میلی‌متر سرب باشد استفاده نمایند. روپوش‌ها و دستکش‌های سربی اضافی باید همیشه برای دستگاه‌های ایکس قابل حمل و متحرک در دسترس باشد تا در مواقعی که نیاز است بیمار ثابت نگهداشته شود یا به هر علت دیگری که بیمار نیاز به همراه دارد مورد استفاده قرار گیرد.

۲۰-۲- فلوروسکوپي

ماده ۱۹۹- کارکنانی که لازم است در مجاورت بیمار در هنگام فلوروسکوپي قرار گیرند تا آنجایی که منطقاً شدنی است در مقابل پرتوهای پراکنده محافظت شوند.

ماده ۲۰۰- فلوروسکوپيست (کارشناس فلوروسکوپي) و هیچ شخص دیگری نباید در برابر پرتوهای اولیه و تضعیف نشده قرار گیرند.

ماده ۲۰۱- فلوروسکوپي فقط باید توسط افرادی انجام گیرد که در زمینه این روش دوره تخصصی ویژه گذرانده‌اند. این امر هم در مورد دستگاه‌های فلوروسکوپي ثابت و هم متحرک با تشدیدکننده تصویر باید رعایت گردد.

ماده ۲۰۲- افرادی که حضور آنان الزامی نیست نباید در اتاق فلوروسکوپي حضور داشته باشند.

ماده ۲۰۳- فلوروسکوپيست یا هر فرد دیگری هنگام پرتودهی در اتاق فلوروسکوپي حضور داشته باشد باید از روپوش سربی که حداقل معادل ۰/۲۵ میلی‌متر و ترجیحاً ۰/۵ میلی‌متر سرب باشد، استفاده نمایند.

ماده ۲۰۴- افرادی که لازم است در هنگام پرتودهی در اتاق فلوروسکوپي حضور داشته باشند نباید بیش از مقداری که لازم است به بیمار نزدیک شوند.

ماده ۲۰۵- برای افرادی که ممکن است از قسمت‌های پشت و یا بغلی بدنشان پرتوهای پراکنده دریافت نمایند باید از روپوش‌های سربی دوطرفه استفاده نمایند.

ماده ۲۰۶- در صورت امکان باید فلوروسکوپيستی که لازم است با دست جهت معاینه، بیمار را لمس کند باید از دستکش سربی که حداقل معادل ۰/۵ میلی‌متر سرب باشد استفاده نماید.

ماده ۲۰۷- در مواقعی که مدار پرتوهای پراکنده زیاد است مانند آنژیوگرافی قلبی که لازم است افرادی در کنار بیمار قرار گیرند در صورتی که نتوان از حفاظ ثابت دیگری استفاده کرد می‌توانند از عینک‌های سربی و حفاظ ثابت دیگری استفاده کرد. می‌توانند از عینک‌های سربی و حفاظ تیروئید استفاده کنند.

۲۰-۳- رادیولوژی

ماده ۲۰۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که مقادیر فاکتورهای تکنیک پرتودهی که می‌توانند در دز بیمار مؤثر باشند باید به نحوی انتخاب شوند که کیفیت مورد نیاز تصاویر تشخیصی را با کمترین دز تابش بیمار ایجاد نمایند به ویژه:

۱. میدان اشعه ایکس باید به ناحیه کلینیکی مورد علاقه محدود شود و در هیچ حالتی از سطح مقطع مؤثر کاست و یا دریافت‌کننده تصویر تجاوز نکند؛

۲. برای کاهش دز بیمار می‌توان از فیلتر صافی در هر جا که عملی باشد استفاده شود؛

۳. بالاترین کیلوولتاژ متناسب با کیفیت تصویر مورد نیاز باید انتخاب شود؛

۴. سریع‌ترین ترکیب فیلم - اسکرین متناسب با کیفیت تصویر مورد نیاز باید انتخاب شود؛

۵. ماگزیمم (حداکثر) فاصله عملی کانون تا فیلم با توجه به محدودیت‌های دستگاه اشعه ایکس و اتاق پرتودهی باید استفاده شود؛

۶. گرید صرفاً باید در مواقعی استفاده شود که احتمال وجود پرتوهای پراکنده در سطح غیر قابل قبول است؛

۷. به منظور اطمینان از عملکرد بهینه پروسور فیلم باید این سیستم به عنوان بخشی از برنامه تضمین کیفیت مورد پایش و بازرسی قرار گیرد؛

۸. هر جا که گناد در میدان دسته پرتو اولیه و یا خیلی نزدیک به دسته پرتو اولیه قرار گیرد و همچنین هر جا که محدودسازی دسته پرتو اولیه امکان‌پذیر نباشد، گناد باید توسط حفاظ پوشانده شود مگر آنکه این حفاظ سبب تار شدن تصویر و از بین رفتن اطلاعات تشخیصی شود. حفاظ سربی در شکل‌های مناسب بریده و در محل بافت و یا نزدیک به آن بر روی دیافراگم میدان نوری قرار گیرد (حفاظ چتری). این حفاظ نباید کمتر از ۰/۵ میلی‌متر معادل سرب باشد. همچنین حفاظ‌گذاری نباید به نحوی انجام شود که در وضعیت محدودسازی تغییر ایجاد کند.

۹. در رادیوگرافی دیجیتالی به دلیل اینکه از فیلم استفاده نمی‌شود باید دستگاه به نحوی تنظیم شود که اطلاعات تشخیصی با کیفیت مورد نیاز و با کمترین دز تابش بیمار به دست آید. این نوع فرایند با لکه‌های کوانتومی محدود می‌شود.

ماده ۲۰۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند که زمان پرتودهی و میدان کولیماتور و تعداد تصاویر در آزمایش‌های متداول در حداقل مقدار ممکن نگه داشته می‌شود به طوری که حداقل اطلاعات تشخیصی مورد نیاز به دست آید.

ماده ۲۱۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند که اپراتور بیمار را در خلال عملیات پرتودهی تحت نظارت خود داشته باشد و از خاتمه پرتودهی به نحو صحیح اطمینان حاصل کند.

۲۱- اتاق رادیوگرافی و تجهیزات حفاظتی کمکی

موانع حفاظتی استاندارد عبارتند از:

الف) حفاظ در برابر پرتوهای اولیه:

ماده ۲۱۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که موانع حفاظتی در برابر پرتوهای اولیه باید حداقل با ضخامت ۲ میلی‌متر سرب با خطای قابل قبول $\pm 10\%$ باشند.

ماده ۲۱۲- شرکت باید اطمینان حاصل کند که موانع حفاظتی در برابر پرتوهای اولیه باید حداقل از هر طرف ۳۰ سانتی‌متر بزرگتر از اندازه میدان تابشی باشد.

ماده ۲۱۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که معادل سربی که (در ماده ۲۱۱) توضیح داده شد برای حداکثر کیلوولتاژ محاسبه و اجرا شده باشد. ماده به کار گرفته شده برای حفاظ‌سازی دارای ساختار کاملاً یکنواخت باشد.

ب) حفاظ در برابر پرتوهای ثانویه:

ماده ۲۱۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که موانع حفاظتی در برابر پرتوهای ثانویه باید حداقل با ضخامت معادل یک میلی‌متر سرب با خطای قابل قبول $\pm 10\%$ باشند.

ماده ۲۱۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند که معادل سربی که (در ماده ۲۱۴) توضیح داده شده باید برای حداکثر کیلوولتاژ

محاسبه و اجرا شده باشد. ماده به کار گرفته شده برای حفاظسازی دارای ساختار کاملاً یکنواخت باشد.

ماده ۲۱۶- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برای اتاق ماموگرافی مانع لازم در برابر پرتوهای ثانویه نباید از دو لایه گچ به ضخامت ۹ میلی متر که بر دو طرف دیوار کشیده شده و یا معادل آن کمتر باشد. همچنین درب اتاق باید دارای ساختاری تو پر بوده یا از حدود ۱۸ میلی متر گچ کمتر نباشد.

ماده ۲۱۷- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برای دستگاه‌های ماموگرافی متحرک مانع لازم در برابر پرتوهای ثانویه از معادل ۲ میلی متر آلومینیوم نباید کمتر باشد.

۲۲- استانداردهای حفاظ اتاق اشعه ایکس

ماده ۲۱۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در مجاورت اتاق کنترل تمام اتاق‌های اشعه ایکس در صورت امکان یک پلاک وجود داشته باشد به نحوی که مشخصات حفاظها شامل ابعاد جنس و معادل سرب مواد به کار رفته در دیوارهای اتاق و موانع حفاظتی اتاق کنترل و پنجره روی آن ذکر شده باشد.

ماده ۲۱۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در اتاق اشعه ایکس مقررات فعالیت پرتو (مقررات عمومی شامل ضوابط و اظهارنامه) در نظر گرفته می‌شود اگر حفاظ آن یکی از موارد زیر باشد:

۱. تمام سقف‌ها، کف‌ها و دیوارها و موانع حفاظتی مربوط به اتاق اشعه ایکس باید منطبق با ضوابط حفاظ در برابر پرتوهای ثانویه باشند و هر سقف، کف دیوار و یا قسمتی از آنها که در مقابل پرتوهای اولیه قرار می‌گیرد باید برای ساخت آنها ضوابط مربوط به حفاظ در برابر پرتوی اولیه را لحاظ نمود؛

۲. وقتی که یک دیوار بین دو اشعه ایکس مشترک باشند:

✓ باید ضوابط مانع ثانویه را برابر نماید؛

✓ اگر دیوار نسبت به هر دستگاه به عنوان مانع اولیه باشد باید ضوابط مربوط به مانع اولیه نسبت به همان دستگاه یا در صورت کارکرد همزمان نسبت به دو دستگاه برآورد گردد.

۳. باید یک مانع ثانویه در قسمت میز کنترل برای حفاظت اپراتور ساخته شود. همچنین باید پنجره‌ای که معادل سرب آن برابر مانع ثانویه است برای رؤیت بیمار وجود داشته باشد.

تبصره ۴۶: در بعضی از مواقع که بار کاری دستگاه پایین است و موقعیت اپراتور نسبت به دستگاه خیلی دور است حفاظ می‌تواند با نظارت و مشورت مسئول فیزیک بهداشت و تأیید واحد قانونی مقدار کمتری در نظر گرفته شود.

۲۲-۱- جنس موانع حفاظتی

۲۲-۱-۱- موانع حفاظتی در برابر پرتوهای اولیه

یک مانع اولیه مورد قبول می‌تواند یکی از موارد زیر باشد:

الف) ورقه سربی با ضخامت ۲ میلی متر؛ ورقه سربی مذکور می‌تواند بین دو ورقه چوب و یا زیر یک لایه گچ و یا پشت یک لایه تزئینی قرار گیرد؛

ب) بتون، بلوک بتونی توپر و یا بلوک بتونی که با شن و ماسه و ملات پر شده باشد و ضخامت آنها از ۱۵۰ میلی متر کمتر نباشد؛

پ) بلوک‌های آجری دو لایه؛ که ضخامت آنها از ۱۵۰ میلی‌متر کمتر نباشد؛
ت) هر جنس دیواری با ضخامت معادل ۲ میلی‌متر سرب با خطای ± 0.2 میلی‌متر.

۲-۱-۲۲- موانع حفاظتی در برابر پرتوهای ثانویه

الف) یک مانع ثانویه مورد قبول در رادیوگرافی معمولی می‌تواند یکی از موارد زیر باشد:
✓ هر مانع اولیه؛

✓ ورقه سربی با ضخامت یک میلی‌متر؛

✓ مصالح ساختمانی مانند بتون، بلوک بتونی توپر و یا بلوک بتونی که با شن و ماسه و ملات پر که حداقل ضخامت معادل یک میلی‌متر سرب با خطای ± 0.2 میلی‌متر داشته باشد؛

✓ شیشه سربی با حداقل ضخامت معادل 1 ± 0.2 میلی‌متر سرب؛

✓ شیشه مسطح معادل حداقل یک میلی‌متر سرب (به طور معمول شیشه فوق حداقل ۱۰ سانتی‌متر ضخامت دارد).

ب) یک مانع حفاظتی در برابر پرتوهای ثانویه مورد قبول در ماموگرافی می‌تواند یکی از موارد زیر باشد:

✓ دو لایه گچ (Gypsum Plasterboard) که ضخامت هر یک از آنها ۹ میلی‌متر است؛

✓ آلومینیوم با حداقل ضخامت ۲ میلی‌متر.

ماده ۲۲۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند که موادی به غیر از موارد ذکر شده در بخش ۲۲ قبل از اینکه به عنوان حفاظ به کار رود باید جهت حصول اطمینان با مشورت و تأیید مسئول فیزیک بهداشت و واحد قانونی طراحی و سپس به کار گرفته شود.

ماده ۲۲۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که دارنده پروانه، قبل از ساخت اتاق جدید و تغییرات در اتاق‌های قدیمی، شرح جزئیات حفاظ و موقعیت اتاق‌ها و تأییدیه مسئول فیزیک بهداشت را به همراه فرم مربوطه جهت بررسی و اخذ مجوز لازم به واحد قانونی ارسال گردد.

۲-۲۲- تجهیزات حفاظتی در اتاق اشعه ایکس

ماده ۲۲۲- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برای هر یک از اتاق‌های رادیوگرافی که برای مقاصد مختلف به کار می‌رود، تجهیزات حفاظتی مناسب به تعداد لازم و کافی مانند روپوش، دستکش و عینک و... تهیه می‌گردد.

ماده ۲۲۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که دارنده پروانه، تجهیزات حفاظتی سربی مورد استفاده خود را هر سال جهت اطمینان از سلامت عملکردشان مورد تست کنترل کیفی قرار می‌دهد.

ماده ۲۲۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که، برچسب معادل سرب تجهیزات حفاظتی، به طور مشخص و واضح بر روی آنها نصب می‌شود.

ماده ۲۲۵- در مواقعی که میزان پرتوهای پراکنده بالاست، استفاده از عینک و حفاظ تیروئید که می‌تواند باعث کاهش پرتوگیری شود، توصیه می‌گردد.

۲-۲۳- اقدامات حفاظتی مورد نیاز

ماده ۲۲۶- شرکت باید اطمینان حاصل کند که جزئیات ضوابط موردنظر در این مجموعه شامل موارد ذیل رعایت می‌گردد:

۱. تعیین مسئولیت برای اجرای کلیه روش‌های ایمن و نگهداری تجهیزات ایمنی؛
۲. طراحی، ساخت و آزمایش منابع پرتویی که در سنجشگرها به کار می‌رود؛
۳. طراحی، ساخت، آزمایش و نگهداری کانتینرهای سنجشگرها؛
۴. جاگذاری و نصب سنجشگرها و موانع حفاظتی مرتبط و سایر روش‌های حفاظتی؛
۵. در نظر گرفتن محل مناسب برای سنجشگرهای نصب نشده؛
۶. استفاده از وسایل مانیتورینگ فردی برای ارزیابی دز فردی و استفاده از دستگاه‌های مناسب محیطی برای ارزیابی پتانسیل خطر ناشی از پرتوگیری؛
۷. تنظیم روش‌های مناسب ایمنی شامل قواعد کاری، برنامه‌های اورژانس و برنامه‌های حسابرسی منابع پرتو؛
۸. آموزش‌های مناسب برای پرسنل استفاده‌کننده و پرسنل نگهداری سنجشگرها در شروع کار و در حین خدمت؛
۹. در نظر گرفتن برچسب و پلاکاردهای هشداردهنده؛
۱۰. ثبت و نگهداری کلیه اطلاعات مرتبط.

۲۲-۴- وسایل حفاظتی کارکنان

ماده ۲۲۷- شرکت و دارندگان پروانه ثبت، اشتغال و کارفرمایان باید اطمینان حاصل نمایند که کارکنان به وسایل حفاظتی مناسب، کافی و استاندارد برحسب مورد مجهز هستند، نظیر:

۱. لباس‌های حفاظتی؛
۲. ماسک‌های تنفسی که ویژگی‌های حفاظتی آنها برای استفاده‌کننده مشخص باشد؛
۳. پیش‌بند و دستکش حفاظتی و حفاظ مناسب برای اعضاء بدن؛
۴. در صورت لزوم، دستورالعمل استفاده از ماسک تنفسی به کارکنان ارائه می‌گردد و ماسک و لباس‌های مناسب در اختیار آنها قرار دارد؛
۵. 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؛
۶. کلیه وسایل حفاظتی در شرایط مناسب نگهداری و در فواصل زمانی لازم کنترل می‌گردند؛
۷. وسایل حفاظتی مناسب برای استفاده در مداخله موجود می‌باشند؛
۸. به هنگام استفاده از وسایل حفاظتی، پرتوگیری اضافی ناشی از طولانی شدن مدت کار یا ناراحتی فرد استفاده‌کننده و ریسک‌های غیرادیولوژیکی در نظر گرفته می‌شود؛
۹. دارندگان پروانه ثبت و اشتغال باید با انجام اقدامات حفاظت و ایمنی، نیاز به کنترل اداری و به‌کارگیری وسایل حفاظتی فردی را در شرایط عادی کار به حداقل برسانند.

۲۳- همکاری بین دارندگان پروانه ثبت اشتغال و کارفرمایان

ماده ۲۲۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند، در صورتی که کارکنان با منبعی که تحت کنترل کارفرما نیست کار می‌کنند، دارندگان پروانه ثبت یا اشتغال مسئول منبع باید با کارفرما تبادل نظر نموده و در صورت نیاز، در زمینه اقدامات حفاظتی و

مقررات ایمنی همکاری نمایند.

ماده ۲۲۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند که دارندگان پروانه ثبت یا اشتغال در صورت لزوم باید با کارفرما در موارد زیر همکاری نمایند:

۱. وضع و کاربرد محدودیت‌های خاص پرتوگیری یا نظایر آن برای کارکنان تحت پوشش کارفرما، به طوری که حداقل به خوبی اقدامات حفاظتی و مقررات ایمنی کارکنان تحت پوشش دارندگان پروانه ثبت یا اشتغال باشد؛
۲. بررسی و تعیین دز دریافتی کارکنان تحت پوشش کارفرما؛
۳. مشخص و مکتوب کردن مسئولیت‌های کارفرما و دارندگان پروانه ثبت یا اشتغال در زمینه حفاظت و ایمنی شغلی.

۲۴- حفاظت کارکنانی که در عملیات مداخله شرکت دارند؛

ماده ۲۳۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند که پرتوگیری کارکنانی که در عملیات مداخله شرکت دارند، نباید از حداکثر دز سالانه پرتوگیری شغلی تجاوز کند مگر:

۱. برای جلوگیری از مرگ یا آسیب شدید؛
۲. برای پیشگیری از دریافت دز جمعی قابل ملاحظه؛
۳. برای جلوگیری از گسترش فاجعه.

در چنین شرایطی باید سعی شود که پرتوگیری شغلی کارکنان از دو برابر حداکثر حد دز سالانه کمتر باشد. به استثنای عملیات جلوگیری از مرگ، که در این صورت به منظور جلوگیری از اثرات قطعی باید سعی شود که پرتوگیری کارکنان از ده برابر حداکثر حد دز سالانه کمتر باشد. همچنین کارکنان در صورتی می‌توانند در عملیاتی با امکان پرتوگیری حدود ده برابر حداکثر حد دز سالانه یا بیشتر شرکت نمایند که سود عملیات به وضوح از ریسک آنها بیشتر باشد.

ماده ۲۳۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند کارکنانی که در عملیات مداخله شرکت دارند، با امکان پرتوگیری بیشتر از حداکثر حد دز سالانه، باید با آگاهی کامل از ریسک عملیات، داوطلب بوده و تا حد امکان از آموزش لازم برخوردار باشند.

ماده ۲۳۲- شرکت باید اطمینان حاصل کند که شخص قانونی مسئول اجرای مقررات مذکور، در برنامه اورژانس مشخص باشد.

ماده ۲۳۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که پس از خاتمه مرحله اورژانس مداخله کارکنانی که در عملیات بازسازی مانند تعمیرات ساختمان‌ها و تأسیسات، دورریزی پسماندها یا رفع آلودگی محل سانحه و اطراف آن شرکت می‌کنند باید تحت پوشش مقررات پرتوگیری شغلی قرار گیرند.

ماده ۲۳۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که کلیه اقدامات لازم و کافی برای حفاظت کارکنان به هنگام مداخله اورژانس انجام می‌گیرد و دز دریافتی آنها در مدت مداخله اورژانس، ارزیابی و ثبت شود. پس از پایان مداخله باید دز دریافتی و ریسک متعاقب آن به اطلاع کارکنان مربوطه برسد.

ماده ۲۳۵- کارکنان نمی‌توانند به علت پرتوگیری در شرایط اورژانس از ادامه کار با پرتو اجتناب ورزند، لیکن اگر یکی از کارکنان در اورژانس بیش از ده برابر حداکثر حد دز سالانه پرتوگیری کرده باشد و یا درخواست عدم کار با پرتو نمایند،

در این صورت باید پزشک متخصص جهت ادامه کار اظهار نظر نمایند.

۲۵- پرتوگیری شغلی

۲۵-۱- مسئولیت‌ها

ماده ۲۳۶- در رابطه با فعالیت‌هایی که باعث پرتوگیری عادی یا بالقوه می‌شوند، شرکت مسئول حفاظت کارکنان در برابر پرتوگیری شغلی و رعایت مقررات و استانداردهای وضع شده از طرف سازمان انرژی اتمی و این مقررات می‌باشد.

ماده ۲۳۷- در رابطه با پرتوگیری شغلی از منابع طبیعی و مصنوعی، شرکت موظف به رعایت مقررات و استانداردهای وضع شده از طرف سازمان انرژی اتمی و این مقررات می‌باشد.

ماده ۲۳۸- در مورد کارکنانی که پرتوگیری شغلی می‌کنند یا احتمال پرتوگیری شغلی دارند، شرکت باید اطمینان حاصل نماید که:

۱. پرتوگیری شغلی کارکنان از حدود مجاز تعیین شده تجاوز نمی‌کند؛
۲. حفاظت و ایمنی شغلی کارکنان براساس کلیات این مقررات و استانداردها بهینه است؛
۳. تصمیم‌گیری در ارتباط با اقدامات حفاظتی و ایمنی شغلی ثبت شده و طبق دستورالعمل‌های واحد قانونی در دسترس افراد ذیربط یا نمایندگان آنها قرار می‌گیرد؛
۴. سیاست‌ها، دستورالعمل‌ها و تشکیلات سازمانی حفاظت و ایمنی جهت اجرای مقررات این استاندارد وضع شده و طراحی و اقدامات فنی به منظور کنترل پرتوگیری شغلی در اولویت قرار دارند؛
۵. 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؛
۶. امکان انجام آزمایش‌های پزشکی دوره‌ای فراهم شده است؛
۷. وسایل حفاظتی و مانیتورینگ مناسب تهیه و ترتیب استفاده صحیح از آنها داده شده است؛
۸. 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؛
۹. اطلاعات براساس مقررات این استاندارد ثبت و نگهداری می‌شوند؛
۱۰. برای دستیابی به اجرای مؤثر استاندارد، ترتیبی اتخاذ شده است که همکاری و مشاوره با کارکنان یا نمایندگان آنها در زمینه حفاظت و ایمنی امکان‌پذیر می‌باشد؛
۱۱. شرایط لازم برای ترویج فرهنگ ایمنی فراهم شده است.

ماده ۲۳۹- شرکت باید اطمینان حاصل نماید که پرتوگیری کارکنانی که به طور مستقیم با منبع سروکار ندارند یا در کار آنها از منبع استفاده نمی‌شود (به جز چشمه‌های طبیعی) از حد پرتوگیری افراد عادی تجاوز نمی‌کند.

ماده ۲۴۰- شرکت 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 خوداشتغال، برای مطابقت دادن با مفاد این مقررات و استاندارد دریافت نمایند.

ماده ۲۴۱- اگر کارکنان به گونه‌ای با منبع سروکار داشته باشند که منبع تحت کنترل کارفرما نباشد، در این صورت شرکت که مسئول منبع می‌باشد موظفند است، اقدامات زیر را انجام دهد:

۱. اطلاعات مربوط به حفاظت کارکنان براساس مفاد این مقررات و استاندارد را به کارفرما اعلام نمایند.

۲. در صورتی که کارفرما از قبل، هنگام یا بعد از کار نیاز به اطلاعات اضافی جهت تطبیق شرایط کار با این استاندارد را داشته باشد، اطلاعات امکان‌پذیر را شرکت به وی ارائه دهد.

ماده ۲۴۲- شرکت باید با مدیریت صحیح اطمینان حاصل کند که کارکنان، حفاظت و ایمنی را مکمل برنامه بهداشتی و ایمنی حرفه‌ای خود دانسته و مسئولیت حفاظت خود و دیگران در مقابل پرتوها و ایمنی منابع را بر عهده دارند.

ماده ۲۴۳- شرکت موظف است امکانات و تسهیلات لازم را برای مطابقت شرایط کارکنان با مقررات این استاندارد فراهم سازد.

۲۵-۲- وظایف کارکنان

ماده ۲۴۴- کارکنان موظفند مقررات و دستورالعمل‌های حفاظت و ایمنی قابل اجرا که توسط شرکت و یا کارفرمایان مشخص شده‌اند را اجرا نمایند.

ماده ۲۴۵- کارکنان موظفند از وسایل مانیتورینگ، تجهیزات و لباس‌های حفاظتی به طور صحیح استفاده کنند.

ماده ۲۴۶- کارکنان موظفند با نمایندگان شرکت، دارندگان پروانه ثبت، اشتغال یا کارفرمایان در زمینه حفاظت و ایمنی، برای تعیین دز و آزمایش‌های دوره‌ای پزشکی، براساس مفاد این مقررات و استاندارد همکاری نمایند.

ماده ۲۴۷- کارکنان موظفند، اطلاعات مربوط به مسائل حفاظت و ایمنی خود و دیگران را در مورد زمان جاری و یا گذشته به شرکت یا نمایندگان آن و یا کارفرمایان ارائه دهند.

ماده ۲۴۸- کارکنان موظفند از اعمال خودسرانه که موجب شود خود یا سایرین در وضعیتی قرار گیرند که مغایر با مفاد این مقررات و استاندارد باشد، اجتناب نمایند.

ماده ۲۴۹- کارکنان موظفند 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.

ماده ۲۵۰- کارکنان و یا هریک از آنان موظفند اگر به هر دلیلی تشخیص دهند که شرایطی مغایر با این استاندارد می‌باشد، لازم است گزارش مورد نیاز را در اسرع وقت تهیه نموده و آن را در اختیار شرکت و یا نماینده آن یا کارفرما قرار دهند.

ماده ۲۵۱- شرکت و یا نماینده آن و کارفرمایان موظفند گزارش‌های دریافتی از کارکنان مبنی بر تشخیص شرایط مغایر با این استاندارد را ثبت و جهت رفع آن اقدام لازم را به عمل آورند.

ماده ۲۵۲- دارندگان پروانه ثبت اشتغال به عنوان یک پیش شرط برای به‌کارگیری کارکنان در عملیاتی که پرتوگیری یا احتمال پرتوگیری آنها از منبع خارج از کنترل دارند پروانه وجود داشته باشد، باید اطلاعات مورد نیاز را در رابطه با حفاظت کارکنان براساس این استاندارد به شرکت (کارفرما) ارائه دهند تا شرکت یا کارفرما بتواند آنها را با سایر قوانین و مقررات اجرایی در ارتباط با خطرات محل کار مطابقت دهد.

ماده ۲۵۳- هیچ‌یک از مفاد این مقررات و استاندارد نباید به گونه‌ای تفسیر شود که کارفرما از رعایت قوانین و مقررات مرتبط با خطرات محل کار شامل خطر پرتوهای منابع طبیعی غیرمرتبط با کار چشم‌پوشی نمایند.

۲۵-۳- مسئولیت‌های کارکنان

شرکت باید اطمینان حاصل کند که هریک از کارکنان نسبت به رعایت موارد زیر دقت می‌نمایند:

ماده ۲۵۴- هرگونه عیب جدی را که بر روی تجهیزات مشاهده کند یا احتمال دهد که این عیب ممکن است منجر به

پرتوگیری یا افزایش آهنگ دز گردد به مسئول فیزیک بهداشت گزارش نماید.

ماده ۲۵۵- با علایم و هشدارها که در نواحی کار نمایش داده شده‌اند آشنا گردد و از آنها تبعیت نماید و کلیه دستورات لازم در رابطه با حفاظت و ایمنی خود و دیگران را رعایت نماید.

ماده ۲۵۶- از سهل‌انگاری و بی‌دقتی در حین انجام کار که منجر به بروز خطرات پرتوی برای او یا دیگران می‌گردد پرهیز نماید.

ماده ۲۵۷- از تجهیزات و وسایلی که به منظور ارزیابی پرتوگیری فردی توسط واحد قانونی ارائه می‌گردد به نحو مناسب و مطابق با توصیه‌های واحد قانونی استفاده نماید.

۲۶- شرایط کار

ماده ۲۵۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که 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 انجام اقدامات حفاظت و ایمنی این استاندارد اعطا یا استاندارد گردد.

۲۶-۱- کارکنان زن

ماده ۲۵۹- پرتوکاران زن، باید متوجه حاملگی خود باشند و آگاه باشند که در صورت نیاز، شرایط کار خود را اصلاح نمایند.

ماده ۲۶۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند که کارکنان زن پس از آگاهی از بارداری، مراتب را به کارفرما اطلاع می‌دهند تا در صورت لزوم نسبت به تغییر وضعیت کاری آنها اقدام شود.

ماده ۲۶۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که اظهار بارداری کارکنان زن، نباید دلیل بر برکناری از کار باشد اما کارفرما باید شرایط کاری وی را طوری انتخاب کند که مطمئن گردد پرتوگیری جنین یا رحم، از حد پرتوگیری افراد عادی تجاوز نکند.

۲۶-۲- تغییر محل کار

ماده ۲۶۲- اگر بنا به تشخیص واحد قانونی و یا براساس آزمایش‌های پزشکی مشروحه در این استاندارد، ادامه کار با پرتو برای سلامتی کارکنان زیان‌آور باشد کارفرما موظف است برای پیدا کردن کار مناسب، هرگونه تلاش منطقی را به عمل آورد.

۲۶-۳- جوانان

ماده ۲۶۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که افراد کمتر از ۱۶ سال نباید در معرض پرتوگیری شغلی قرار گیرند.

ماده ۲۶۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که افراد کمتر از ۱۸ سال مجاز به کار در ناحیه کنترل شده نمی‌باشند مگر برای اهداف آموزشی توأم با نظارت.

۲۷- ضوابط داخلی و نظارت

ماده ۲۶۵- شرکت و دارندگان پروانه ثبت، اشتغال و کارفرمایان موظفند:

۱. ضوابط و دستورالعمل‌های داخلی را جهت حصول اطمینان از حفاظت و ایمنی کارکنان و سایر افراد به صورت مکتوب تهیه نمایند؛

۲. مقادیر آستانه بررسی یا سطح مجاز و همچنین روش‌های اجرایی در صورت افزایش از این مقادیر را در مقررات و دستورالعمل‌های داخلی اعلام دارند؛

۳. کارکنان و سایر افراد مربوطه را با ضوابط داخلی دستورالعمل‌ها و اقدامات حفاظت و ایمنی آشنا سازند؛

۴. اطمینان حاصل نمایند که بر کلیه کارهایی که همراه با پرتوگیری شغلی هستند، همواره نظارت کافی وجود دارد و ضوابط و دستورالعمل‌ها رعایت شده و اقدامات حفاظتی و ایمنی انجام می‌پذیرند؛

۵. مسئول فیزیک بهداشت را معرفی نمایند.

ماده ۲۶۶-کارفرما با همکاری دارنده پروانه ثبت و اشتغال موظف است:

۱. 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 و اهمیت حفاظت و ایمنی در کار را گوشزد نمایند؛

۲. اطلاعات زیر را به کارکنان زن که موظف به ورود به ناحیه کنترل شده یا ناحیه تحت نظارت هستند، ارائه دهد:

✓ ریسک ناشی از پرتوگیری در دوران بارداری برای جنین؛

✓ اهمیت آگاه کردن به موقع کارفرما از احتمال بارداری.

✓ اطلاعات، دستورالعمل‌ها و آموزش‌های مناسب را به کارکنانی که احتمالاً در برنامه‌های اورژانس همکاری خواهد داشت ارائه دهد؛

✓ سوابق مربوط به آموزش کارکنان را نگهداری نمایند.