

نکات ایمنی و توصیه های حفاظتی در برابر پرتوهای یونیزان و غیر یونیزان

۱- مقدمه:

کاربرد روز افزون پرتوهای یونساز و غیر یونساز در رشته های مختلف، صنایع، علوم پزشکی، کشاورزی، آموزش و پژوهش امری مفید، اجتناب ناپذیر و بعضاً منحصر به فرد است، معیذاً عدم رعایت نکات ایمنی به هنگام کار با پرتو ها می تواند خطرات جدی برای کارکنان، مردم، محیط زیست و حتی نسل های آینده به همراه داشته باشد. لذا تدوین و اعمال مقررات، ضوابط، آیین نامه ها، دستورالعمل ها و استانداردهای حفاظت در برابر اشعه، جهت استفاده بهینه از پرتوها در زمینه های گوناگون و کاهش هر چه بیشتر خطرات ناشی از اثرات آنها امری ضروری است. در این رابطه قانون حفاظت در برابر اشعه ایران در تاریخ بیستم فروردین ماه ۱۳۶۸ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید. در این قانون مسئولیت های سازمان انرژی اتمی ایران در زمینه برنامه ریزی و کنترل فعالیت های حفاظت در برابر اشعه اعم از یونساز و غیر یونساز مشخص شده است. نکات ایمنی و توصیه های حفاظتی در برابر پرتو در مراکز رادیولوژی و اشعه ماوراء بنفش و اشعه مادون قرمز مخاطرات پرتوهای یونساز و غیر یونساز بطور خلاصه جهت استفاده بشرح ذیل می باشد:

۲- پرتو چیست؟

پرتو یا تشعشع عبارت است از انرژی که به صورت امواج یا ذرات در خلاء یا در محیط مادی منتشر می شود. بطور ساده پرتوها را می توان انرژی عبوری تعریف کرد. برخی از پرتوها دارای جرم و بعضی فاقد آن می باشند و با توجه به میزان انرژی، دارای قدرت نفوذ در ماده هستند.

۳- انواع پرتو:

پرتوها به دو دسته پرتوهای یونیزان (یونساز) و پرتوهای غیر یونیزان (غیر یونساز) طبقه بندی می شوند. معمولاً وقتی همراه با واژه پرتو کلمه دیگری بکار نرود پرتوهای یونیزان مورد نظر می باشد.

۳-۱- پرتو یونساز:

پرتوهایی هستند که قادر به یونیزه کردن ماده و نسوج می باشند. کارکنان نیروگاههای اتمی، پرتوکاران رادیولوژی ها و... در معرض این پرتوها قرار دارند. پرتوهای یونیزان با عبور از محیط، تولید ذرات باردار منفی و مثبت می کنند. منابع مولد پرتوهای یونیزان می تواند مانند پرتو ایکس، حاصل از انرژی هسته ای و زباله های ساخت بشر باشد، یا می تواند مانند پرتوهای کیهانی حاصل از خورشید یا مواد رادیواکتیو پوخته زمین که بصورت ذره (تشعشع ذره ای) یا انرژی خالص بدون جرم و بار الکتریکی (پرتوهای الکترومغناطیسی) تابش می شوند زمینه طبیعی داشته باشند.

۳-۱-۱- انواع پرتوهای یونساز:

۱) ذرات آلفا: این ذرات که با حرف یونانی α نشان داده می شود به راحتی دیگر پرتوها از ماده عبور نمی کنند. ذره آلفا دارای جرم اتمی ۴ و دو بار الکتریکی مثبت است که در واقع یک اتم هلیوم دو بار یونیزه شده است. ذرات آلفا بوسیله عناصر رادیواکتیو سنگین منتشر می شود. ذرات آلفا قدرت یونسازی زیادی داشته ولی قدرت نفوذ آنها در بافت ها بسیار کم است و به آسانی بوسیله ضخامت

از چند صفحه کاغذ، یک لایه رطوبت و یا لایه شاخی پوست متوقف می شوند. این ذرات تنها وقتی خطرناک هستند که درون بدن قرار گیرند. بطور معمول دستگاههای پایش فردی نسبت به پرتوهای آلفا حساس نیستند.

۲) ذرات بتا: ذرات بتا با حرف یونانی β نشان داده می شوند و قدرت نفوذ بیشتری نسبت به ذرات α دارند و برای متوقف کردن آنها به چند میلیمتر آلومینیوم نیاز است. ذرات بتا الکترونیایی با بار مثبت و منفی می باشند که نگاترون (الکترون منفی) و پوزیترون (الکترون مثبت) نامیده می شوند.

۳) نوترون: نوترون ذره ای فاقد بار الکتریکی است. یکی از منابع این ذرات، راکتورهای هسته ای هستند که در آنها اورانیوم شکافته شده و نوترون و انرژی حرارتی آزاد می کنند. از این رو نوترونها را تنها می توان در مجاورت منابع تولید این ذرات در زمانی کمتر از یک ثانیه آشکار ساخت.

۴) پرتو ایکس و گاما: پرتوهای X و γ مانند نور مرئی امواج رادیویی و مایکروویو، امواج الکترومغناطیس می باشند و بخشی از طیف الکترومغناطیسی را تشکیل می دهند. با این وجود در میان موارد ذکر شده فقط پرتوهای X و γ هم پرتو یونیزان و هم امواج الکترومغناطیس محسوب می شوند. پرتوهای X و γ از بیشترین فرکانس در بین همه امواج الکترومغناطیس برخوردارند و بنابراین دارای کوتاهترین طول موج هستند از این رو بیشترین مقدار انرژی را حمل می کنند. پرتوهای X ، با شتاب الکترونها در ولتاژ بالا و برخورد به یک هدف فلزی، ترجیحاً با عدد اتمی بالا تولید می شوند. پرتوهای گاما از فعل و انفعالات درون هسته اتم و پرتوهای X از فعل و انفعالات خارج هسته اتم منشأ می گیرند.

۲-۱-۳- اثرات پرتوهای یونساز:

اثرات جسمی پرتوهای یونیزان از اختلالات جزئی و موقتی در بعضی از اعمال فیزیولوژیک گرفته تا خطرات جدی مانند کاهش عمر، کاهش مقاومت در مقابل بیماریها، کاهش قدرت تولید مثل، ایجاد کاتاراکت (آب مروارید)، سرطان خون و یا انواع دیگر سرطان، آسیب به جنین در حال رشد، متفاوت می باشد.

اثرات مستقیم و غیر مستقیم پرتوها: زمانی اثر مستقیم ناشی از پرتوها اتفاق می افتد که یک مولکول مستقیماً مورد تابش پرتو قرار گیرد. احتمالاً مهمترین مولکولهای سلول زنده، مولکولهای DNA می باشند. نتیجه نابودی مستقیم یک مولکول DNA این است که سلول قادر به تقسیم نبوده و فقط می تواند مدتی به زندگی ادامه دهد. اثر غیر مستقیم زمانی اتفاق می افتد که مولکولی مانند مولکول آب که اهمیت کمتری دارد، به یونها یا رادیکالهای فعال تجزیه شود. اگر این اجزای تجزیه شده با مولکولهای مهمی مانند DNA ترکیب شوند، باعث اختلال در عمل اصلی DNA شده و آسیب هایی مانند عوارض مستقیم ایجاد می شود.

اثرات زودرس و دیررس پرتوها: آسیب های زیست شناختی پرتوها، به اثرات زورس و دیررس تقسیم بندی شده اند. از جمله اثرات زودرس، که پس از تابش مقدار حاد پرتو بروز می کند، می توان اثر روی سلول و دستگاههای گوناگون مانند دستگاه خونساز، دستگاه گوارش و... نام برد. اثرات دیررس، ماهها و یا سالها پس از تابش مقدار زیاد و یا کم به وجود می آیند. از جمله این اثرات می توان سرطانزایی، ایجاد آب مروارید، اختلالات جنینی و کوتاه شدن عمر را نام برد.

۳-۱-۳- حفاظت در برابر اشعه یونساز:

منظور از حفاظت در برابر پرتوهای یونساز این است که اطمینان حاصل شود که مقدار جذب شده بوسیله هر فرد (غیر از بیماران) بیش از حداکثر مقدار مجاز نبوده و یا حداقل پرتوگیری ممکن و موجه باشد. در مسئله حفاظت سه عامل زیر بسیار مهم می باشد:

- ۱- زمان: می توان با اجرای روشهای مناسب مدت زمان پرتوگیری فرد را کاهش داد.
- ۲- فاصله: کاهش مقدار پرتو از منبع در یک نقطه معین با عکس مجذور فاصله از آن نقطه از منبع متناسب است.
- ۳- حفاظ: در بسیاری از موارد که استفاده از دو روش پیشین میسر نباشد بایستی از صفحات جاذب پرتو استفاده کرد و میزان تابش پرتو را به مقدار مجاز یعنی $0/1$ رم در هفته یا 5 رم در سال رسانید. معمولاً موادی از جنس سرب، بتون و... می باشند.

شورای حفاظت در برابر پرتوها، محدود کردن پرتوگیری را بر سه اصل استوار نموده است:

۱. هر آزمایش و عمل استفاده از پرتوهای یونساز در صورتی انجام پذیرد که نفع حاصل از آن مسلم و آشکار باشد.
۲. مقدار مجاز در هر مورد براساس حداقل پرتوگیری ممکن که منطقاً قابل قبول و مانع اجرای طرح نگردد، تعیین شود.
۳. مقدار معادل برای هر فرد از حداکثر مقدار مجاز تجاوز نکند.

۳-۱-۴- نسوج مقاوم به پرتو:

غضروف و نسج های استخوانی، عضلات یا بافت های عضلانی و بافت های عصبی

۳-۲- پرتو غیر یونساز:

پرتوهای غیر یونیزان (غیر یونساز) بخشی از پرتوهای الکترومغناطیسی هستند که انرژی آنها برای یونیزاسیون ماده کافی نمی باشد. طول موج این پرتوها بلندتر از 100 نانومتر می باشد.

۳-۲-۱- انواع پرتوهای غیر یونساز:

- پرتو فرابنفش از طول موج 100 تا 400 نانومتر
- پرتو مرئی (نور مرئی) 400 تا 750 نانومتر
- پرتو مادون قرمز 750 نانومتر تا 3 میلی متر
- پرتو مایکروویو 3 میلی متر یا 1 متر
- امواج با فرکانس رادیویی 1 متر تا 1 کیلومتر
- امواج با فرکانس کم، بسیار کم و بی نهایت کم از 1 کیلومتر تا بیش از 1000 کیلومتر

۳-۲-۱- اشعه ماوراء بنفش:

اشعه فرابنفش بخشی از طیف الکترومغناطیس است که در طیف بین نور مرئی و اشعه یونیزان (اشعه X و گاما) قرار می گیرد و طول موج آن بین 100 تا 400 نانومتر است.

اشعه UV را از نظر طول موج و تاثیرات بیولوژیکی به سه گروه تقسیم می کنند:

(۱) UVC (۱۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر)

(۲) UVB (۲۸۰ تا ۳۲۰ نانومتر)

(۳) UVA (۳۲۰ تا ۴۰۰ نانومتر)

باندهای A و B که طول موج بلندتر دارند بیشترین اثرات بیولوژیکی را ایجاد می کنند. طول موج های کوتاهتر از ۲۰۰ نانومتر از نظر بیولوژیکی غیرفعال هستند و فقط در محیط خلاء یا محیطهای بسته گازهای بی اثر می توانند وجود داشته باشند، چون در فاصله کوتاهی جذب می شوند. طول موج های ۲۰۰ تا ۲۹۰ نانومتر عمدتاً در لایه شاخی پوست یا قرنیه چشم جذب می شوند. در صورتی که طول موج های بلندتر می تواند بر درم عدسی و عنبیه چشم اثر بگذارند.

از منابع مهم تولید کننده اشعه UV خورشید است ولی بخش مهمی از این اشعه توسط لایه ازن استراتوسفر جذب می گردد و تخریب لایه ازن می تواند این اشعه خطرناک را که ازدیاد آن منجر به سرطان پوست می شود، به زمین بفرستد. منابع عمده دیگر تولید کننده اشعه UV عبارت است از لامپهای پرفشار یا کم فشار بخار جیوه، فلورسنت، دستگاههای جوشکاری، لوله های پلاسما، لیزر و... به مراتب بیشترین میزان آسیب ها از مشاغلی ناشی می شود که کارگران در تماس با نور خورشید هستند نظیر کشاورزان، کارگران ساختمانی و جاده سازی، نامه رسان ها، مأموران راهنمایی و رانندگی و کلیه افرادی که به اقتضای شغل خود در زیر آفتاب و فضای باز کار می کنند. بیشترین زمان انتشار انرژی UV از ساعت ۱۰ صبح تا ۳ بعدازظهر می باشد.

۲-۳- اثرات زیست شناختی پرتو فرابنفش:

عواملی که بر شدت آسیب اثر می گذارند شامل مدت مواجهه، شدت تابش، فاصله از منبع تشعشع و جهت فرد در معرض نسبت به منبع مولد می باشد. بازتاب UV از آب و برف یا سطوح محیطی دیگر می تواند بر شدت تماس بیفزاید.

به علت آنکه اشعه UV نفوذ نسبتاً ضعیفی دارد تنها اعضای که بر آنها اثر می گذارد، چشم و پوست است. آسیب چشمی به علت فعالیت حرارتی، تماس پر قدرت کوتاه مدت یا ضربانی است و آسیب پوستی بطور شایع از طریق واکنش های فتوشیمیایی از قبیل واکنش های سمی و افزایش حساسیتی حاصل از تماسهای کم قدرت ممتد یا پر قدرت کوتاه مدت است. اثرات حرارتی انعقاد پروتئینی و نکروز بافتی شروع سریعی دارند. اثرات تماسی مزمن شامل تسریع پیری پوست است که با از بین رفتن الاستیسیته، افزایش پیگمانتاسیون، چین و چروک پوست و تلانژکتازی مشخص می شود. سایر عوارض آن عبارتند از:

(۱) قرمزی پوست: موثرترین طول موج در ایجاد این عارضه طول موج ۲۹۶ نانومتر است که در ناحیه متوسط فرابنفش قرار دارد. علت ایجاد قرمزی گشاد شدن مویرگهای لایه درم در نتیجه آزاد شدن مواد مشابه هیستامین در اپیدرم می شود.

(۲) تیرگی پوست: معمولاً پس از قرمزی، تیرگی پوست ایجاد می شود. اما تیرگی بیشتر بوسیله پرتویی با طول موج ۳۰۰ تا ۳۶۰ نانومتر ایجاد می شود.

(۳) سرطان پوست: موارد زیادی از سرطان پوست در کسانی که به علل شغلی مدتهای طولانی در معرض تابش مستقیم آفتاب قرار داشته اند مانند کشاورزان، ماهیگیران و قایقرانان، مشاهده شده است. آزمایش روی حیوانات آزمایشگاهی به ویژه با طول موج کوتاه این مسئله را ثابت نموده است.

۴) التهاب ملتحمه و قرنیه: تابش پرتو فرابنفش به چشم به میزان زیاد باعث التهاب قرنیه و ملتحمه آن می گردد. بیناب طول موجهایی که ایجاد التهاب ملتحمه می کنند احتمالاً همان بیناب ایجاد کننده قرمزی می باشد. در حالی که بیناب مولد التهاب قرنیه به طور خفیف به طرف طول موج های کوتاه تر متمایل است. فعالیت حداکثر در ایجاد این عوارض در محدوده طول موج ۲۸۸ نانومتر می باشد. علائم حاصل از اثر پرتو پس از چند ساعت تابش ظاهر می گردد که عبارتند از: التهاب ملتحمه، نورترسی، درد چشم، التهاب پلک، اشک ریزش و احساس سوزش در چشم.

۳-۲-۳- حفاظت در برابر پرتو فرابنفش:

- آموزش: افراد در تماس با این پرتو باید آموزش لازم را در زمینه اثرات و خطرات آن فرا گیرند.
- فاصله از منبع پرتو: شدت پرتو با عکس مجذور فاصله از منبع کاهش می یابد.
- وسایل حفاظت فردی: باید از وسایل حفاظت فردی، به ویژه در هنگام جوشکاری، مانند نقاب صورت، عینک مخصوص، دستکش و پیش بند چرمی استفاده گردد و معمولاً استفاده از لباس فلانل بر هر نوع چرم آن برتری دارد. برای مشاغلی مانند کشاورزی و... استفاده از لباس پنبه ای پیشنهاد می شود.
- محصور نمودن: با ایجاد اکران مناسب (پرده)، به خصوص در محل جوشکاری، باید افراد دیگر را از پرتو محافظت نمود. می توان از پرده ای با جنس پلی وینیل کلراید استفاده نمود. چون رنگ پرده دارای اهمیتی ویژه است بنابراین رنگ پرده نباید بازتاب دهنده پرتو باشد و مناسبترین رنگ، رنگی است که در آن از اکسید زنگ و اکسید تیتانیم استفاده شده باشد. ماده حفاظتی دیگر برای محصور سازی، شیشه می باشد که موج خطرناک پرتو را جذب می کند که پیشنهاد می شود در قسمت سترون نمودن در بیمارستان ها از این ماده استفاده گردد.

۳-۲-۲- پرتو مادون قرمز:

پرتو مادون قرمز (فروسرخ) بخشی از طیف الکترومغناطیس است که در طیف بین پرتوهای رادیو فرکانس و نور مرئی قرار می گیرد و طول موج آن بین ۷۵۰ نانومتر تا ۳ میلیمتر است. این پرتو شامل سه طیف ۷۵۰-۱۴۰۰ نانومتر، ۱۴۰۰ تا ۳۰۰۰ نانومتر و ۳۰۰۰ تا ۳ میلیمتر می باشد. پرتوهای مادون قرمز از هر نوع شیئی که دمای آن بیش از صفر مطلق باشد ساطع می گردد. مواجهه های شغلی علاوه بر مشاغلی که ایجاد میکند کارگران در تماس با نور خورشید باشند، شامل فرآیندهایی است که در آنها انرژی حرارتی حاصل از پرتو مادون قرمز بکار می رود، نظیر فرآیندهای حرارتی، جوشکاری، شیشه سازی، کوره های آهنگری، ریخته گری، پخت و پز. کلیه کارگرانی که به اقتضای شغل خود مجبور به نگاه کردن مستمر به ماده مذاب و یا فلزات گداخته ای که از خود اشعه ساطع می کنند، می باشند نیز در معرض این اشعه می باشند.

۳-۲-۳- اثرات زیست شناختی پرتو مادون قرمز:

مهمترین اثر زیست شناختی پرتو مادون قرمز به علت افزایش دمای بافت، پس از جذب پرتو، می باشد. پرتو مادون قرمز به طور عمده به وسیله پوست و چشم جذب می گردد و نفوذ آنها در لایه های داخلی پوست بسیار کم است. حداکثر عمق نفوذ پرتو مادون قرمز در پوست سه میلیمتر است. از عوارض مهم پرتو مادون قرمز روی پوست، ایجاد سوختگی و تیرگی رنگ پوست می باشد. اثر این پرتو روی عدسی چشم باعث ایجاد آب مروارید شده که به اصطلاح آب مروارید شیشه سازان نامیده می شود. ولی در حال

حاضر این عارضه در کارگران ذوب فلز و کارگران کوره نیز مشاهده می گردد. علت ایجاد آب مروارید گرمای حاصل از این پرتو می باشد و چون عدسی چشم فاقد عروق خونی است به همین دلیل نمی تواند گرمای جذبی را دفع نموده و در نتیجه به تدریج آسیب می بیند. دوره کمون این عارضه را ۱۵ تا ۲۰ سال ذکر نموده اند. تابش پرتو به میزان زیاد روی چشم سبب سوختگی شبکیه می شود.

۴-۲-۳- کاربرد پرتو مادون قرمز:

پرتو مادون قرمز برای تشدید جریان خون موضعی، درمان آماس مفاصل، دردهای ماهیچه ای، بیماریهای عروقی، دررفتگی و محدودیت حرکات مفصلی استفاده می شود.

۵-۲-۳- پیشگیری از عوارض اشعه ماوراء بنفش و مادون قرمز:

- ایجاد فاصله بین منبع تولید اشعه و کارگر
- محصور کردن و حاجب گردانیدن اطراف منبع اشعه
- استفاده از وسایل حفاظت فردی مانند بکار بردن نقاب صورت بخصوص در مورد جوشکاری، استفاده از عینک مخصوص با لنز مرغوب (شیشه این عینکها، با توجه به اینکه اکسید برخی فلزات قادر به جذب تابش های حرارتی می باشند از ترکیباتی مانند بی کربنات سدیم، اکسید فریک واکسید فرووکربن ساخته شده است)، دستکش حفاظتی و پیشبند
- پوشاندن قسمت های باز بدن که در معرض تماس با اشعه هستند
- استفاده از کرمهای مخصوص ضد آفتاب
- آموزش و آگاهی لازم به کارگران
- شدت پرتو تابشی بیشتر از ۱۰ میلی وات بر سانتیمتر مربع نباشد.