

پرتوهای غیر یونساز

مقدمه

در سه دهه گذشته، استفاده از پرتوهای غیر یونساز در امور پزشکی، صنعت، مخابرات، آموزش و پژوهش و غیره بسیار افزایش یافته است و در نتیجه تعداد افرادی که همه روزه در محل کار و زندگی خود در معرض تابش اینگونه پرتوها قرار می گیرند رو به افزایش نهاده است. بررسی اثرات بیولوژیکی این پرتوها بر انسان و دیگر موجودات زنده و نتایج حاصل از پرتوگیری آنها و نهایتاً وضع مقرراتی برای استفاده صحیح و بی خطر یا کم خطر از اینگونه پرتوها مورد توجه بسیار می باشد که در ادامه در این خصوص اشاره خواهد شد.

تعاریف

موج متناوب: موجی است که شکل آن در مدت زمانهای معین عیناً تکرار می شود، نظیر امواج الکترومغناطیسی.

دوره تناوب (T): حداقل زمانی است که طول می کشد تا شکل موج عیناً تکرار شود.

بسامد (f): تعداد پریودهای موجود در یک ثانیه است.

$$f = 1/T$$

سرعت انتشار موج (v): مسافتی که موج در مدت یک ثانیه طی می کند. سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی در خلاء و هوا تقریباً برابر با 3×10^8 متر بر ثانیه است.

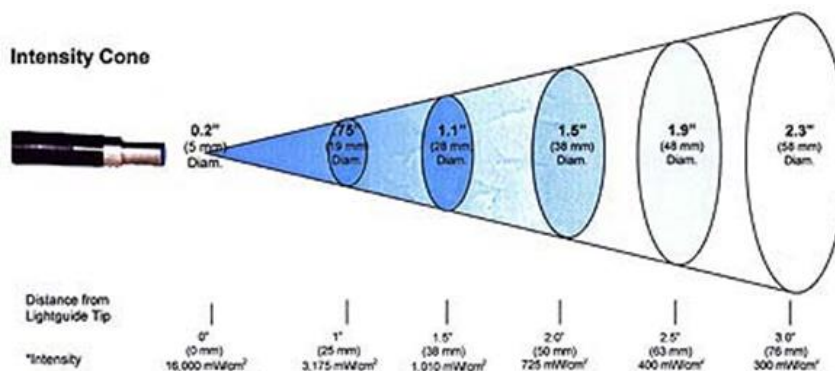
فوتون: بدون جرم، بدون بار الکتریکی، دارای انرژی. پرتوهای الکترومغناطیسی از فوتون تشکیل شده اند.

کوانتوم انرژی (E): انرژی پرتو الکترومغناطیسی با بسامد معین مضرب صحیحی از عدد خاصی است که کوانتوم انرژی یا انرژی هر فوتون آن پرتو خوانده می شود. انرژی هر فوتون پرتو الکترومغناطیسی با بسامد پرتو متناسب است و رابطه زیر برقرار است.

$$E = h \cdot f$$

$$h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

شدت پرتو (I): در هر نقطه از محیط، انرژی که در واحد زمان، از سطح عمود بر راستای انتشار پرتو می گذرد، شدت پرتو خوانده می شود. یکای شدت پرتو وات بر متر مربع (W/m^2) می باشد.



نحوه کاهش شدت پرتو با افزایش فاصله

پرتوهای غیر یونساز: پرتوهایی هستند که در بافت بدن انسان یونسازی نمی کنند. انرژی هر فوتون پرتو الکترومغناطیسی غیر یونساز از $12/4$ الکترون ولت کمتر است. (بنابراین بسامد آن از $3 \times 10^{15} \text{ Hz}$ کمتر و طول موج آن از 100 nm بیشتر است).

لازم به ذکر است که برای تعیین میزان خطرات ناشی از پرتوهای غیر یونساز در یک نقطه از محیط لازم است علاوه بر تعیین بسامد یا همان نوع پرتو (فرابنفش، فروسرخ، ...) شدت آن نیز در محل مورد نظر اندازه گیری شود. بنابراین هر قدر در یک نقطه شدت پرتو بالاتر باشد، انرژی جذب شده توسط بافت و اثر پرتو بر بافت در آن نقطه بیشتر خواهد بود.

از نقطه نظر حفاظت در برابر پرتوها، امواج مافوق صوت نیز به عنوان پرتوهای غیر یونساز در نظر گرفته می شود. باید توجه شود که امواج مافوق صوت امواج مکانیکی هستند و فقط در محیط های مادی منتشر می شوند، حال آنکه پرتوهای الکترومغناطیسی در خلاء نیز منتشر می شوند. با وجود تفاوت های مهم امواج مافوق صوت و سایر پرتوهای غیر یونساز اما به علت آنکه پرتوهای مافوق صوت نیز در برخورد به بافت های زنده یون ایجاد نمی کنند، این پرتوها نیز در زمره پرتوهای غیر یونساز قرار گرفته اند.

طبقه بندی پرتوهای غیر یونساز

نوع پرتو	نام اختصاری	طول موج
فرابنفش	UV	۱۰۰-۴۰۰nm
نور مرئی	VS	۴۰۰-۷۸۰nm
فروسرخ	IR	۷۸۰-۱۰ ^۶ nm
میکروویو	MW	۱-۱۰۰۰mm
رادیویی	RF	۱-۱۰۰۰m
بسامد کم	LF	۱-۱۰Km
بسامد بسیار کم	VLF	۱۰-۱۰۰۰Km
بسامد به شدت کم	ELF	<۱۰۰۰km
مافوق صوت	US	

پرتوهای فرابنفش، مرئی و فروسرخ را پرتوهای نوری می نامند. طول موج های داده شده در جدول فوق، طول موج پرتوها در خلأ و یا تقریباً در هوا می باشد. طول موج پرتوهای مافوق صوت بسته به محیط انتشار آنها، تغییرات زیادی دارد.

کاربردهای پرتوهای غیر یونساز

نوع پرتو	کاربردها
فرابنفش UV	تهیه ویتامین D، استریل کردن لوازم بهداشتی، معالجه امراض پوستی، پزشکی، صنعت چاپ و تکثیر و رنگرزی، دستگاه های ترک یابی، حشره کش های برقی، ضد عفونی آب، هوا و سطح، صنایع الکترونیک و غیره
فروسرخ IR	فیزیوتراپی، لامپ های فروسرخ کوره های حرارتی، فرهای فروسرخ، دستگاه های کنترل از راه دور، آشکارسازهای شعله
میکروویو و رادیویی (RF/MW)	فرهای میکروویو، ماشین های صنعتی، مخابرات، رادار، رادیو و تلویزیون، دیاترمی، پزشکی، MRI، تلفن همراه
بسامد به شدت کم (ELF)	انتقال و توزیع نیروی برق، کلیه وسایل برقی که از برق شهری استفاده می کنند
مافوق صوت (US)	سونوگرافی، دستگاه های سونار، پزشکی، وسایل صنعتی و اندازه گیری دستگاه های نشت یابی و ترکیابی و ضخامت سنجی

جذب پرتوهای الکترومغناطیسی غیر یونساز توسط بافت های زنده، در آنها گرما ایجاد می کند. اغلب اثرات بیولوژیکی حاصل از پرتوگیری با این پرتوها، نتیجه همین پدیده می باشد. لازم به ذکر است که اثراتی نیز مشاهده شده اند که نمی توان آنها را نتیجه گرمای ایجاد شده در بافت به شمار آورد. برخی از این اثرات ناشی از واکنش شیمیایی هستند و سازوکار برخی دیگر به صورت اختلال در سیستم عصبی می باشند. میزان نفوذ پرتوهای الکترومغناطیسی در بدن انسان در طول موج های مختلف یکسان نیست. پرتوهای نوری بیشتر در سطح پوست و لایه های اولیه جذب می شوند و نفوذ آنها در بدن کم است. عمق نفوذ پرتوهای میکروویو و رادیویی با کاهش بسامد یا افزایش طول موج، افزایش می یابد.

فقط پرتوهای الکترومغناطیسی مرئی توسط حس بینایی انسان درک می‌شود و انسان قادر به دریافت و احساس مستقیم سایر پرتوهای غیریونساز نیست، مگر آنکه شدت آنها آنقدر زیاد باشد که گرمای ایجاد شده در اثر جذب آنها در بدن، باعث گرم شدن بدن و احساس گرما گردد. پرتوگیری کنترل نشده و زیاد و عدم مراعات اصول و مقررات حفاظت در برابر پرتوهای غیریونساز می‌تواند اثرات سوء و زیانبار بر سلامت انسان بگذارد.

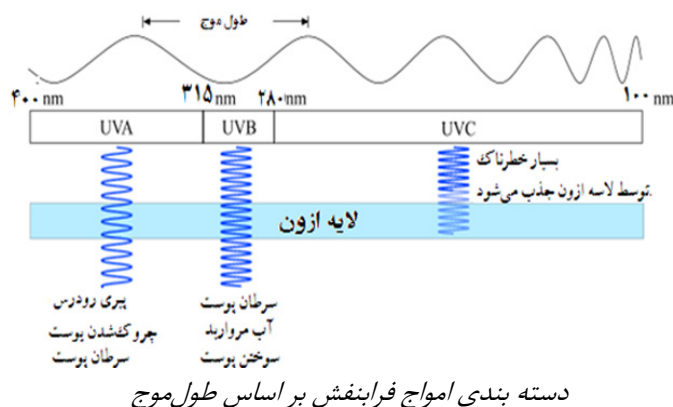
با توجه به این نتایج مشخص می‌شود که وجود قوانین، مقررات و اصولی جهت کنترل پرتوگیری افراد با پرتوهای غیریونساز ضروری است. از این رو استانداردها و اصول و مقررات ایمنی توسط سازمان‌های مختلف ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی تهیه شده است و جهت حفاظت کارکنان با پرتوها و عموم مردم، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در عین حال آشنایی کارکنانی که با پرتوهای غیریونساز کار می‌کنند با اثرات و نحوه کنترل آنها اهمیت زیادی دارد. بررسی کامل و دقیق و روش کنترل پرتوهای غیریونساز در این بحث مختصر نمی‌گنجد، لذا به شرح خلاصه‌ای در این موارد اکتفا شده است.

پرتوهای نور مرئی

نور مرئی بخشی از پرتوهای الکترومغناطیسی است که توسط چشم دیده می‌شود و اثرات بیولوژیکی آن (اثرات گرمایی و فتوشیمیایی) شناخته شده است. حدود این پرتو در استاندارد ملی ۸۵۶۷ ذکر شده است.

پرتوهای فرابنفش

پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موج ۱۰۰-۴۰۰ نانومتر پرتوهای فرابنفش UV خوانده می‌شوند. اثرات پرتوهای فرابنفش در طول موج‌های مختلف متفاوت است از این رو طبقه‌بندی‌های فرعی نیز برای این پرتوها وجود دارد. پرتوهای فرابنفش با طول موج ۱۰۰-۲۸۰ نانومتر پرتو فرابنفش دور خوانده می‌شود، از آنجا که این پرتوها توسط اغلب مواد از جمله اکسیژن هوا جذب می‌شوند لذا تنها در خلأ می‌توانند وجود داشته باشند، فرابنفش خلأ نیز نامیده می‌شوند. پرتوهای با طول موج ۲۸۰-۳۱۵ نانومتر پرتو فرابنفش دور و پرتوهای ۳۱۵-۴۰۰ نانومتر پرتوهای فرابنفش نزدیک خوانده می‌شوند.



مهمترین منابع تولید این پرتوها خورشید و انواع لامپ‌های فرابنفش است. کشتن میکروب‌ها توسط پرتوهای UVC بهتر از پرتوهای UVA و UVB صورت می‌گیرد به همین دلیل ناحیه UVC از طیف پرتوهای فرابنفش را ناحیه میکروب‌کشی می‌نامند. پدیده فلورسانس یعنی جذب نور فرابنفش توسط برخی مواد، ارسال نور مرئی یا نور با طول موج بلندتر از طول موج جذب شده، در ناحیه UVA صورت می‌گیرد. از این رو ناحیه UVA را ناحیه پدید فلورسانس می‌خوانند.

اثرات بیولوژیکی پرتوهای فرابنفش

پرتوهای فرابنفش یا از طریق ایجاد گرما و یا از طریق ایجاد واکنش فوتوشیمیایی بر بدن انسان اثر می‌گذارند. اغلب اثرات بیولوژیکی پرتوهای فرابنفش نتیجه واکنش‌های فوتوشیمیایی هستند. این واکنش‌ها زمانی روی می‌دهد که یک فوتون نوری، انرژی کوانتومی کافی

برای تبدیل یا تغییر یک مولکول به یک یا چند مولکول دیگر را داشته باشد. از جمله نتایج این واکنش‌ها در انسان، ایجاد ویتامین D با جذب پرتو فرابنفش در پوست بدن است.

پرتو فرابنفش از یک سو برای بدن انسان لازم است و کمبود آن باعث کمبود ویتامین D در بدن و ایجاد بیماری نرمی استخوان می‌شود و از سوی دیگر چنانچه مقدار پرتو دریافتی توسط انسان کنترل نشود، می‌تواند اثرات منفی انسان داشته باشد.

اثرات بیولوژیکی پرتوهای فرابنفش دو دسته هستند. یک دسته اثرات قطعی است یعنی در اثر جذب این پرتوها در بدن به مقدار معین، قطعاً ظاهر می‌شود. دسته دیگر اثرات احتمالی است یعنی با جذب پرتو فرابنفش در بدن احتمال وقوع آنها افزایش می‌یابد. مثلاً چنانچه به میزان معینی پرتو فرابنفش توسط پوست جذب شود، حالت آفتاب سوختگی و التهاب پوست حتماً ظاهر می‌شود، لیکن جذب این پرتو لزوماً به ابتلا به سرطان پوست منجر نمی‌گردد، بلکه احتمال ابتلا به آن را افزایش می‌دهد.

از آنجا که پرتو فرابنفش به میزان کمی در بدن انسان نفوذ می‌کند و بیشتر در پوست و چشم جذب می‌شود، اثرات بیولوژیکی آن بر انسان به اثرات پوست و چشم محدود می‌گردد. میزان نفوذ این پرتوها در پوست حدود ۰.۱-۱ میلی‌متر است. اثرات بیولوژیکی پرتوهای فرابنفش در جدول زیر خلاصه شده است.

اثرات بیولوژیکی پرتوهای فرابنفش

اثرات بیولوژیکی بر پوست	اثرات بیولوژیکی بر چشم
آفتاب سوختگی، تیره شدن رنگ پوست	ایجاد ورم ملتحمه
ایجاد شیارهای عمیق در پوست	ایجاد سوختگی شبکیه
ایجاد واکنش‌های حساسیت به نور	ایجاد آب مروارید
افزایش احتمال به سرطان پوست	

باید توجه کرد که حساسیت پوست افراد نسبت به پرتو UV متفاوت است. کسانی که رنگ پوست آنها روشن‌تر است حساسیت بیشتری نسبت به UV نشان می‌دهند. بعلاوه برخی از مواد شیمیایی و برخی از داروها نیز حساسیت افراد را نسبت به پرتو فرابنفش افزایش می‌دهند. افرادی که نسبت به نور حساسیت دارند نباید با پرتو UV کار کنند.

اثرات UVB و UVC بر چشم ممکن است بلافاصله بعد از پرتوگیری ظاهر نشود و بعد از یک یا چند ساعت بروز کند. اثرات این پرتوها معمولاً بعد از یک یا چند روز از بین می‌رود و مشکل دائمی ایجاد نمی‌کند.

چنانچه چشم شخص در معرض UVA قرار گیرد ممکن است مقداری از پرتو از قرنیه عبور کرده و توسط عدسی‌ها جذب شود و یا چنانچه پرتو شدید باشد ممکن است بخشی از آن به شبکیه برسد و جذب شود و بر بینایی اثر بگذارد. به همین دلیل قرارگرفتن مداوم در معرض پرتو UVA خطرناک است و ممکن است منجر به ابتلا به آب مروارید گردد.

حفاظت در برابر پرتوهای فرابنفش

در نظر گرفتن نکات زیر به منظور حفاظت در برابر پرتوهای فرابنفش بسیار مهم است.

- ✓ انواع شیشه، پرتوهای فرابنفش با طول‌موج‌های کمتر از ۳۰۰ نانومتر را به خوبی جذب می‌کنند. لذا به منظور حذف پرتوهای فرابنفش در محل کار افراد می‌توان از حفاظ‌های شیشه‌ای مناسب استفاده کرد.
- ✓ اغلب اجسامی که در برابر نور مرئی کدر هستند، مانع عبور پرتوهای فرابنفش می‌شوند، لذا می‌توان از آنها به عنوان حفاظ برای انواع پرتوهای فرابنفش و از جمله UVA استفاده کرد.
- ✓ در مواردی که شدت پرتوهای فرابنفش زیاد است (مثلاً در جوشکاری)، استفاده از عینک مخصوص ضروری است.
- ✓ استفاده از لباس‌های آستین بلند و کاملاً پوشیده برای کار با پرتوهای فرابنفش توصیه شده است.
- ✓ حدود مجاز پرتوهای فرابنفش در استاندارد ملی ۸۵۶۷ ذکر شده است. میزان پرتو در محل قرار گرفتن افراد نباید از این حدود بالاتر باشد.

پرتوهای فروسرخ

پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موج ۰.۷۸ تا ۱۰۰۰ میکرون، پرتوهای فروسرخ (IR) خوانده می شوند. این پرتوها به سه دسته فرعی تقسیم می شوند که عبارتند از :

IRA: 0.78-1.4 μm

IRB: 1.4-3 μm

IRC: 3-1000 μm

در برخی موارد پرتوهای فروسرخ با طول موج ۰.۷۸-۱.۵ میکرون را پرتوهای فروسرخ نزدیک و پرتوهای با طول موج های ۱.۵-۱۰۰۰ میکرون را پرتوهای فروسرخ دور می خوانند.

هر ماده ای که دمای آن بالاتر از صفر کلوین باشد پرتو فروسرخ ساطع می کند. منابع ایجاد پرتوهای فروسرخ طیف گسترده ای از طول موج های مختلف این پرتوها را ساطع می کنند. خورشید یکی از منابع مهم ایجاد پرتوهای فروسرخ است. لامپ های فروسرخ نیز از جمله منابع تولید این پرتوها هستند.

اثرات بیولوژیکی پرتوهای فروسرخ

مهم ترین اثرات بیولوژیکی پرتوهای فروسرخ، در اثر افزایش دمای بافت بعد از جذب این پرتوها روی می دهد. از آنجا که فوتون های این پرتو انرژی کمی دارند، نمی توانند تأثیرات فوتوشیمیایی روی بافت ها داشته باشند.

پرتوهای فروسرخ برخوردکننده با بدن انسان، عمدتاً توسط پوست و چشم جذب می شوند و نفوذ آنها در لایه های داخلی بدن بسیار کم است. حداکثر عمق نفوذ پرتوهای فروسرخ در پوست حدود ۳ میلیمتر است. اثرات بارز پرتو فروسرخ بر پوست ایجاد سوختگی و تیره شدن رنگ آن است. از آنجایی که در نور خورشید پرتو فروسرخ وجود دارد، بدن انسان طوری خلق شده است که قادر است برای مقابله با اثرات این پرتو عکس العمل مناسب نشان دهد. چنانچه چشم شخصی در برابر پرتو فروسرخ قرار گیرد، در اثر گرمای حاصله شخص به طور طبیعی چشمان خود را می بندد و در نتیجه پرتو توسط پلک ها جذب می شود و مقدار بسیار کمی از آن به چشم می رسد.

پرتو فروسرخ با طول موج کوتاه (نزدیک نور مرئی) و شدت زیاد می تواند به شبکه چشم رسیده روی آن اثر بگذارد، لذا این گونه پرتوهای فروسرخ خطرناک هستند. پرتوهای دارای طول موج های بلندتر از ۱۴۰۰ میلی متر اثری روی شبکه چشم نمی گذارند و توسط قرنیه و زجاجیه جذب می شوند لذا می توانند روی این قسمت های چشم اثر بگذارند و صدماتی به آنها وارد کنند.

چنانچه شخص در طولانی مدت در معرض پرتوهای فروسرخ قرار گیرد، بعد از چند سال ممکن است به آب مروارید مبتلا گردد یا بینایی او دچار ضایعه شود.

حفاظت در برابر پرتوهای فروسرخ

استاندارد ملی ۸۵۶۷ برای منابع پرتوهای فروسرخ حدودی را مشخص کرده است. بنابراین باید شدت پرتو از این حدود کمتر باشد. برای حفاظت در برابر پرتوهای فروسرخ در نظر گرفتن نکات زیر مهم است :

- ✓ اغلب پرتوهای فروسرخ توسط آب به خوبی جذب می شوند.
- ✓ انواع شیشه، پرتوهای فروسرخ با طول موج های بیشتر از ۴ میکرون را جذب می کند و شیشه های خاصی قادر به جذب پرتوهای فروسرخ با طول موج های ۱-۲ میکرون هستند.
- ✓ باید از تاباندن غیرضروری پرتو حتی المقدور جلوگیری شود.
- ✓ با افزایش فاصله نسبت به منبع ارسال کننده پرتو فروسرخ، شدت پرتو کاهش می یابد.
- ✓ استفاده از عینک مخصوص توسط افرادی که مرتباً در مجاورت سطوح داغ مانند فلزات ذوب شده، شیشه و غیره کار می کنند، توصیه می شود.

پرتوهای لیزر (تقویت نور بوسیله گسیل القائی تابش)^۱

لیزرها نوع بسیار خاصی از منابع نور هستند. پرتو لیزر با پرتو منابع معمولی نور، تفاوت‌های عمده‌ای دارند. از جمله این که پرتو لیزر معمولاً تک‌رنگ است حال آنکه پرتو منابع معمولی نور، مجموعه‌ای از طول‌موج‌ها را شامل می‌شود. بعلاوه پرتو لیزر معمولاً باریک و دارای واگرایی کم است و به همین دلیل در فواصل زیاد نسبت به منبع نور نیز ممکن است شدت پرتو بالا باشد حال آنکه در مورد منابع معمولی نور این چنین نیست و با دور شدن از منبع شدت نور کاهش می‌یابد. به دلیل این تفاوت‌ها و اختلافات فیزیکی موجود بین پرتو لیزر و پرتو نور عادی اندازه‌گیری پرتوهای لیزر و حفاظت در برابر آنها متفاوت است.

پارامتر	نور معمولی	نور لیزری
طول موج	مجموعه‌ای از طول موج‌ها (طیف)	تک طول موج (تک رنگ)
واگرایی پرتو	زیاد	کم
شدت پرتو با افزایش فاصله	کاهش می‌یابد	به علت واگرایی بسیار کم، چندان کاهش نمی‌یابد
مدت زمان لازم برای بروز اثر بیولوژیکی	طولانی	کوتاه مدت (آنی)
نوع اثرات بیولوژیکی	یکسان	

مقایسه نور معمولی و لیزر

مهمترین نکته در حفاظت در برابر پرتوهای لیزر توجه به عبارت زیر است:
نگاه کردن به پرتو لیزر یا تاباندن مستقیم آن به چشم افراد خطرناک است. بنابر این استفاده از عینک‌های مخصوص در حین کار با لیزر اهمیت ویژه‌ای دارد.
نکات حفاظتی زیادی در ارتباط با پرتوهای لیزر وجود دارد که در حین کار با لیزر باید مراعات شود. ارائه این نکات به تفصیل در این بحث نمی‌گنجد. در جدول زیر ضمن ارائه روش طبقه‌بندی لیزرها، به مهمترین نکات ایمنی مرتبط با هر دسته لیزر اکتفا شده است.

طبقه‌بندی لیزرها و نکات ایمنی کار با پرتو

کلاس لیزر	توان پرتو خروجی	نوع پرتو	میزان خطر	نکات ایمنی کار با پرتو
۱	صفر	-	بی خطر	این لیزرها بسته هستند و نکته ایمنی خاصی ندارند.
۲	کمتر از ۱mw	مرئی	کم خطر	نگاه کردن به پرتو یا تاباندن آن به چشم افراد خطرناک است.
۳ a	کمتر از ۵mw	مرئی	نسبتاً خطرناک	نگاه کردن به پرتو یا تاباندن آن به چشم افراد خطرناک است. نگاه کردن به پرتو با وسایل نوری مانند دوربین، تلسکوپ و غیره خطرناک است. استفاده از لیزر توسط افراد متفرقه ممنوع است. توجه به نکات ایمنی خاص این دسته لیزر قبل از کار با آن ضروری است.
۳ b	کمتر از ۵w	مرئی یا نامرئی	خطرناک	قرار گرفتن در برابر پرتو یا تاباندن آن به سمت افراد خطرناک است. استفاده از عینک محافظ مخصوص و محافظ پوست هنگام کار ضروری است. استفاده از لیزر توسط افراد متفرقه ممنوع است.

^۱ Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

کلاس لیزر	توان پرتو خروجی	نوع پرتو	میزان خطر	نکات ایمنی کار با پرتو
				توجه به نکات ایمنی خاص این دسته لیزر قبل از کار با آن ضروری است.
۴	بیشتر از ۵W/۰	مرئی یا نامرئی	بسیار خطرناک	قرار گرفتن در برابر پرتو یا انعکاس آن یا تاباندن آن به سمت افراد خطرناک است. استفاده از عینک محافظ مخصوص و محافظ پوست در محلی که لیزر روشن است، ضروری است. استفاده از لیزر توسط افراد متفرقه ممنوع است. توجه به نکات ایمنی خاص این دسته لیزر قبل از کار با آن ضروری است.

استفاده از لیزر توسط افراد متفرقه ممنوع است.

توجه به نکات ایمنی خاص این دسته لیزر قبل از کار با آن ضروری است.

امواج رادیویی و مایکروویو

نوع دیگری از پرتوهای غیر یونساز که امروزه بسیار مورد استفاده قرار گرفته است، پرتوهای الکترومغناطیسی با بسامدهای رادیویی (RF) و مایکروویو (MW) هستند. چنانچه این امواج در هوا یا محیطهای مادی منتشر شوند بخشی از انرژی آنها توسط محیط جذب می شود. انرژی جذب شده توسط محیط عمدتاً به گرما تبدیل می شود. اثرات کوتاه مدت پرتو رادیویی و مایکروویو نتیجه گرمای حاصله می باشد. چنانچه بدن انسان در مسیر امواج الکترومغناطیسی قرار گیرد همین پدیده روی می دهد. میزان انرژی جذب شده توسط بدن انسان به بسامد موج، وضعیت نسبی بدن و منبع فرستنده موج، ابعاد بدن، شرایط محیطی نظیر دمای محیط و غیره بستگی دارد.

اثرات بیولوژیکی پرتوهای RF/MW به چند دسته تقسیم می شوند:

- ✓ اثرات گرمایی
- ✓ اثرات مزمن بر سیستم عصبی
- ✓ سایر اثرات (مانند افزایش احتمال بروز سرطان)

اثرات گرمایی :

اثرات گرمایی به میزان جذب انرژی الکترومغناطیسی در واحد جرم بافت بستگی دارد. از این رو برای بررسی این اثرات، کمیتی به عنوان نرخ مخصوص جذب انرژی (SAR) به صورت زیر تعریف می شود.

$$\text{مقدار انرژی جذب شده در واحد جرم در واحد زمان} = \text{نرخ مخصوص جذب انرژی} = \text{SAR}$$

انرژی جذب شده ممکن است به صورت گرما در بافت ظاهر شود یا اثرات غیرحرارتی بر بافت بگذارد. بسیاری از اثرات کوتاه مدت بیولوژیکی امواج RF/MW بر انسان، نتیجه افزایش دمای بافت های بدن در اثر جذب انرژی الکترومغناطیسی می باشند. لیکن آثار بلندمدت بیولوژیکی امواج RF/MW بر انسان اثرات غیرحرارتی هستند.

امواج رادیویی در بسامد پایین به راحتی از موانع عبور پیدا می کنند (مانند رادیو موج FM که درون خانه نیز امواج دریافت می شود) در فرکانس میانی امواج به با تضعیف نسبی از پنجره و دیوار عبور پیدا می کنند (مانند امواج تلویزیونی باند بسامدی UHF لذا آنتن ها را در پشت بام قرار می دهند) در بسامدهای بالاتر از 3 GHz امواج در شیشه و دیوار جذب می شوند. در بدن نیز بسامدهای بالا (بیشتر از 3 GHz) انرژی مایکروویو عمدتاً توسط پوست جذب می شوند. حال آنکه در بسامدهای پایین تر، بخش مهمی از انرژی توسط اندام های داخلی بدن جذب می گردد. بافت های شفاف چشم ها به خصوص عدسی ها، سیستم عصبی و مرکزی بدن که تبادل گرمایی آنها با محیط دشوارتر صورت می گیرد، در برابر امواج RF/MW حساسیت بیشتری دارند. مغز انسان نسبت به تغییرات دما بسیار حساس است و تغییر جزئی در دمای بخش هایی از آن می تواند عامل بروز تغییرات مهم در اعمال و رفتار شخص گردد. این مسائل در بسامدهای حدود چند صد مگاهرتز بسیار مهم است.

بسیاری از اثرات بیولوژیکی حرارتی پرتوهای RF/MW بر انسان کاملاً شناخته شده‌اند و آزمایشات گوناگون ارتباط آنها با این پرتوها را به اثبات رسانده است. از جمله این اثرات می‌توان از ایجاد آب مروارید در چشم، بروز اختلال در سیستم تنظیم حرارت بدن را نام برد.

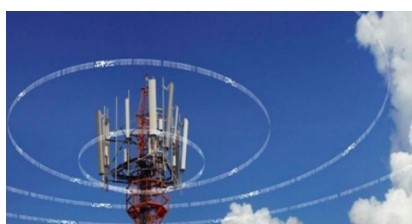
اثرات بر سیستم عصبی :

شامل تاثیر بر سیستم عصبی، قلب و عروق، سیستم ایمنی و ... (که در میدان‌های ضعیف‌تر و طولانی مدت حایز اهمیت هستند) این تاثیرات در استانداردهای آمریکا و ICNIRP دیده نشده است. مهمترین نتیجه‌ای که با انجام تحقیقات گوناگون در مورد امواج RF/MW به دست آمده است این است که چنانچه میزان پرتو دریافتی توسط انسان از حدود معینی کمتر باشد اثرات سوء و زیانباری بر سلامت او نخواهد گذاشت.

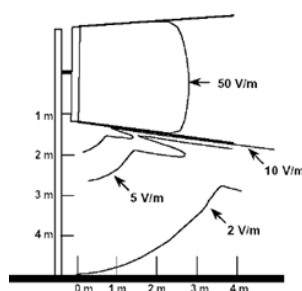
تفاوت مهم پرتوهای RF با پرتوهای نوری آن است که عمق نفوذ این پرتوها در بدن بیشتر است و اثرات آنها به خصوص در بسامدهای پایین‌تر به اثرات بر پوست و چشم محدود نمی‌شود.

سایر اثرات :

پرتوهای رادیویی و میکروویو و در سال ۲۰۱۱ در دسته B۲ به لحاظ پتانسیل بروز سرطان قرار گرفته است. در آوریل ۲۰۱۹، گروه مشاوران علمی آژانس بین‌المللی مطالعات سرطان، برنامه‌ای را برای سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴ برای بررسی مجدد دسته‌بندی‌های موجود تدوین کردند که در آن پرتوهای رادیویی و میکروویو در بالاترین اولویت جهت بررسی قرار دارند. با این حال، هنوز هم تعیین دقیق دسته‌بندی ریسک بروز سرطان، در خصوص پرتوهای رادیویی و میکروویو بسیار مشکل بوده و نیاز به بررسی بر روی چند میلیون نفر، که در معرض سایر عوامل خطر نباشند، دارد.



آنتن تلفن همراه و نحوه پخش موج



تغییرات شدت میدان یک آنتن تلفن همراه با توان ۲۰ وات نسبت به فاصله (ITU, FG-SSG, 2014)

حفاظت در برابر پرتوهای میکروویو و رادیویی

از سال ۱۹۸۱، اختلاف اساسی میان روش‌های اطمینان از ایمنی پرتوهای الکترومغناطیسی با توجه به تاثیرات بیولوژیک (گرمایی- غیرگرمایی)، نکات حقوقی (استانداردهای اجباری یا توصیه‌ای) و تجربیات کاربردی اعم از کنترل‌های رگولاتوری یا قضایی، رسماً آغاز گردید. از همان زمان، با توجه به اختلاف در روش‌ها و دیدگاه‌ها، در هر منطقه (شوروی و شرق اروپا، آمریکا و کشورهای اروپای غربی)،

جهت تدوین و اعمال مقررات، از دیدگاه خاص آن منطقه یا کشور استفاده گردیده است. این اختلاف در مقررات ملی و منطقه‌ای در زمینه ایمنی پرتوهای الکترومغناطیسی تاکنون باقی است. در طراحی تشکیلات RF/MW باید دقت کافی به عمل آید تا عموم مردم در میدان‌های غیرمجاز قرار نگیرند و نیز محل کارکنان در ناحیه‌هایی قرار گیرد که شدت میدان‌های الکترومغناطیسی در محل کار کارکنان کمتر از حدود داده شده برای این میدان‌ها باشد.

چنانچه برخی از کارکنان برای انجام امور خاص مانند بازرسی، تعمیر و یا سرویس ناچار شوند که وارد میدان‌های با شدت بالاتر از حد مطلق حدود فوق‌الذکر شوند، زمان قرارگرفتن آنها در میدان باید کنترل شود. برای این منظور روابط و جدول‌های خاصی وجود دارد که افراد مزبور باید از آنها اطلاع داشته باشند.

امواج الکترومغناطیسی با بسامد به شدت کم و امواج مافوق صوت

از آنجا که اثرات این امواج بر بدن نسبت به سایر پرتوهای غیریونساز کمتر است و نیز حفاظت در برابر آنها در موارد بسیار خاص ضرورت می‌یابد در این قسمت از بررسی دقیق آنها صرف‌نظر می‌شود. لیکن قابل ذکر است که حدود این پرتوها و مقررات حفاظت در برابر آنها در استاندارد ملی ۸۵۶۷ قید شده است.

اصول و مقررات کلی مرتبط با حفاظت در برابر پرتوهای غیریونساز

- ✓ عدم ارسال پرتوهای غیریونساز در موارد غیرضروری
- ✓ کاهش سطح پرتو تا حداقل ممکن در تمام موارد
- ✓ توجه به اصول و مقررات حفاظت در برابر پرتوهای غیریونساز موجود در محل کار
- ✓ آشنایی کلیه کارکنان با پرتوهای غیریونساز به خطرات بالقوه این پرتوها و خطرات احتمالی آنها در صورت عدم رعایت مقررات حفاظت در برابر پرتو
- ✓ استفاده از علائم خطر مناسب روی وسائل تولیدکننده یا استفاده‌کننده از پرتوهای غیریونساز و در محل استفاده از آنها و جلب توجه کارکنان به علائم و رعایت کلیه نکات ایمنی ذکر شده
- ✓ مشخص کردن ناحیه‌هایی که ورود به آنها برای عموم مردم با کارکنان ممنوع است و کنترل ورود به این نواحی
- ✓ توجه به دستورالعمل‌های مربوط به نحوه استفاده از دستگاه‌ها و تجهیزات
- ✓ تعمیر یا سرویس دستگاه‌های مولد پرتوهای غیریونساز توسط افرادی آگاه و مسئول
- ✓ مراجعه به پزشک در صورت پرتوگیری
- ✓ استفاده از وسائل حفاظت شخصی که استفاده از آنها الزامی است.