



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی  
مرکز سلامت محیط و کار



دانشگاه علوم پزشکی تهران  
رژیم‌شناسی و تغذیه

راهنما و دستورالعمل جامع

# بهداشت پرتوکاران (پرتوهای غیر یونساز)



انزاصات، دستهبه العمل هها و اهنبه د ههاى رنصصصى صاىك اىصصم ص مءطه و كا

صلى الله عليه وسلم





جمهوری اسلامی ایران  
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی  
مرکز سلامت محیط و کار



دانشگاه علوم پزشکی تهران  
پژوهشگاه محیط زیست

# راهنما و دستورالعمل جامع بهداشت پرکاران (پرتوهای غمیریونسان)

الزامات، دستورالعمل ها و، نمودهای تخصصی مرکز سلامت محیط و کار

مرکز سلامت محیط و کار

پژوهشگاه محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران

تابستان ۱۳۹۱

- عنوان گایدلاین: راهنما و دستورالعمل جامع بهداشت پرتوکاران (پرتوهای غیر یونساز)

- کد الزامات: ۱-۰۸۰۳-۲۰۵۰۲۰۲

- تعداد صفحات: ۱۰۴

### مرکز سلامت محیط و کار:

تهران-خیابان حافظ تقاطع جمهوری- وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی- مرکز سلامت محیط و کار

تلفن: ۰۲۱-۶۶۷۰۷۶۳۶، دورنگار: ۰۲۱-۶۶۷۰۷۴۱۷

[www.markazsalamat.ir](http://www.markazsalamat.ir)

### پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران:

تهران - خیابان کارگر شمالی - نرسیده به بلوار کشاورز - پلاک ۱۵۴۷ طبقه هشتم

تلفن: ۰۲۱-۸۸۹۷۸۳۹۹، دورنگار: ۰۲۱-۸۸۹۷۸۳۹۸

<http://ier.tums.ac.ir>

### کمیته فنی تدوین راهنما

نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی / سمت	محل خدمت
دکتر عبدالرحمن بهرامی	استاد/ رئیس کمیته	دانشگاه علوم پزشکی همدان
دکتر نوشین راستکاری	استادیار/ عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست
دکتر آریتا بهبهانی نیا	استادیار	دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن
دکتر رضا عزتیان	کارشناس/ عضو کمیته	مرکز سلامت محیط و کار
مهندس فاضله کتابون مدیری	کارشناس/ دبیر کمیته	مرکز سلامت محیط و کار
مهندس فریده سیف آقایی	کارشناس/ عضو کمیته	مرکز سلامت محیط و کار
مهندس ندا بختیاری	کارشناس/ عضو کمیته	مرکز سلامت محیط و کار
مهندس لیلا یعقوبی	کارشناس/ عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست
مهندس فائزه ایزدپناه	کارشناس/ عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست

از سرکار خانم دکتر آریتا بهبهانی نیا که در تهیه این پیش نویس زحمات زیادی را متقبل شده اند صمیمانه سپاسگزاری می گردد.

## فهرست

۱	۱- مقدمه
۱	۲- اهداف
۲	۳- تابش های الکترومغناطیسی
۲	۴- پرتوها
۳	۴-۱ انواع پرتو
۴	۴-۱-۲ پرتوهای غیر یونساز
۵	۴-۲ اصول و مقررات کلی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یونساز
	۵- مشخصات و خصوصیات انواع پرتوهای
۵	غیر یونساز همراه با مشاغل در معرض
۵	۵-۱ پرتو فرو سرخ IR
۶	منبع طبیعی
۶	منبع مصنوعی
۹	۵-۱ پرتوهای مرئی Visible Radiation
۱۱	۵-۲-۲ منابع نور:
۱۲	۵-۳ پرتو فرابنفش UV
۱۹	۵-۳-۴ جذب پرتو فرابنفش
۲۰	۵-۳-۵ اندازه گیری پرتو فرابنفش
۲۰	۵-۳-۶ خواص فیزیکی پرتو فرابنفش
۲۱	۵-۳-۷ کاربرد پرتو فرابنفش
۲۱	۵-۳-۹ مشاغل در معرض uv
۲۱	۵-۳-۱۰ لوازم حفاظت فردی هنگام کار با پرتو ماوراء بنفش
۲۲	۵-۳-۱۱ عوامل مؤثر بر میزان پرتو UV عبارتند از:
۲۴	۵-۳-۱۲ شاخص جهانی پرتو uv

- ۲۸ ۱۳-۳-۵ دو مفهوم متفاوت از حفاظت در برابر خورشید پیشنهاد می شود
- ۲۸ ۱۴-۳-۵ نمایش گرافیکی UVI
- ۲۹ ۱۵-۳-۵ پیام‌های اضافی در مورد آفتاب سوختگی
- ۳۰ ۱۶-۳-۵ استفاده از رنگ‌ها جهت افزایش تفاوت‌ها
- ۳۲ ۱۷-۳-۵ حمایت تضمین شده رسانه‌ها
- ۳۳ ۱۸-۳-۵ استراتژی مفید
- ۳۳ ۱۹-۳-۵ پیام‌های حفاظتی در برابر خورشید
- ۳۴ ۲۰-۳-۵ پیام‌های مربوط به محیط زیست
- ۳۴ ۲۱-۳-۵ پیام‌هایی برای کودکان به عنوان گروه‌های ویژه در معرض خطر
- ۳۵ ۲۲-۳-۵ انواع مختلفی از پوشش‌های حفاظتی چشم
- ۲۳-۳-۵ پرتوها به عنوان یکی از عوامل زیان آور
- ۳۷ موجود در کارگاه جوشکاری
- ۳۸ ۴-۵ پرتوهای الکترومغناطیسی با فرکانسهای رادیویی و ماکروبوها
- ۳۸ ۱-۴-۵ تابش رادیو فرکانس
- ۴۰ ۵-۵ پرتوهای الکترومغناطیس به عنوان دسته ای از پرتوهای غیر یونیزان
- ۴۱ ۱-۵-۵ حفاظت در مقابل میدان مغناطیسی ثابت
- ۴۱ ۲-۵-۵ خطرات تشدید مغناطیس و دیگر میدانهای الکتریکی ساکن
- ۳-۵-۵ حفاظت در برابر خطرات میدانهای الکترو مغناطیسی
- ۴۲ با فرکانس فوق العاده کم
- ۴۴ ۶-۵ امواج رادیویی و پرتوهای ماکروبو
- ۴۴ ۱-۶-۵ میدانهای رادیویی و مایکروویو
- ۴۵ ۳-۶-۵ منابع محیطی
- ۴۵ ۴-۶-۵ تابش های شغلی

۴۵	۵-۶-۱۵ اثرات
۴۶	۵-۶-۶ طبقه بندی حفاظت
۵۱	۵-۷-۱- ایستگاه های آنتن تلفن همراه
۵۳	۵-۷-۱- مواجهه با امواج هنگام در اختیار داشتن تلفن همراه
۵۳	۵-۷-۲- روشهای کاهش مواجهه
	۵-۸- لیزر (Laser: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)
۵۴	(Radiation)
۵۴	۵-۸-۱ انواع لیزر
۵۵	۵-۸-۲ انواع کاربرد لیزر
۵۶	۵-۸-۳ تجهیزات لیزری
۵۷	۵-۸-۴ مخاطرات کاربرد لیزر
۵۷	۵-۸-۵ استاندارد کاربرد ایمن لیزرهای ۱۳۶ ANSI-Z
۵۷	۵-۸-۶ دستورالعمل های ایمنی لیزر برای کلاسهای مختلف
۵۸	۵-۸-۷ دستور العمل های حفاظتی عمومی
۵۸	۵-۸-۸ حداکثر تابش مجاز لیزر
۵۹	۵-۸-۹ بهداشت کار با اجاق مایکرو ویو
۶۰	۶- اثرات بهداشتی و بیولوژیکی پرتوهای غیر یونساز
۶۰	۶-۱ اثرات بیولوژیکی پرتوهای فرو سرخ
۶۱	۶-۲ اثرات بهداشتی و بیولوژیکی پرتوهای پرتو ماورابنفش
۶۱	۶-۲-۱ اثرات پوستی
۶۲	۶-۲-۲ اثرات چشمی
	۶-۳ اثرات بهداشتی و بیولوژیکی پرتوهای الکترومغناطیسی با
۶۴	فرکانسهای رادیویی و ماکروویوها
۶۵	۶-۴ اثرات بهداشتی و بیولوژیکی میدان های الکتریکی و مغناطیسی



- ۶۵ ۷- روش های حفاظت و پیشگیری در برابر پرتوهای غیر یونساز
- ۶۵ ۱-۷ پیشگیری و تدابیر حفاظتی در برابر پرتوهای فرو سرخ
- ۶۶ ۲-۷ پیشگیری و حفاظت در برابر پرتوهای فرابنفش
- ۶۶ ۱-۲-۷ آموزش
- ۶۶ ۲-۲-۷ فاصله از منبع پرتو
- ۶۶ ۳-۲-۷ وسایل حفاظت فردی
- ۶۶ ۴-۲-۷ محصور نمودن
- ۶۶ ۵-۲-۷ کرمهای ضد آفتاب
- ۳-۷ پیشنهادات کلی جهت حفاظت و پیشگیری در برابر پرتوهای غیر یونساز
- ۶۷ ۴-۷ حفاظت و پیشگیری در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی با فرکانسهای رادیویی و ماکروویوها
- ۶۷ ۱-۴-۷ مهم ترین تدابیری که برای حفاظت در برابر این پرتوها توصیه می شوند عبارتند از :
- ۶۷ ۲-۴-۷ حفاظت در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو - کنترل های مهندسی
- ۶۸ ۵-۷ پیشگیری از خطرات لیزرهای پزشکی
- ۷۰ ۱-۵-۷ خارج و داخل اتاق لیزر
- ۷۱ ۲-۵-۷ تجهیزات اتاق لیزر
- ۷۱ ۳-۵-۷ حفاظت بیمار
- ۷۱ ۴-۵-۷ حفاظت پرسنل
- ۷۱ ۶-۷ لزوم ارتقای فرهنگ عمومی در زمینه حفاظت در برابر پرتوها و امواج پیوسته ها
- ۷۲ ۱- تخمین مقدار آهنگ جذب انرژی و حدود آن

۷۴	پیوست ۲- تعیین ناحیه‌های میدان دور یا نزدیک و تخمین مقادیر شدت میدان یا چگالی توان
۸۵	پیوست ۳- اندازه‌گیری پرتوهای رادیویی و مایکروویو و ارزیابی نتایج اندازه‌گیری
۸۹	پیوست ۴- انواع علائم هشدار و خطر
۹۰	پیوست ۵- پرتو X
۹۰	پیوست ۶- مثال‌هایی از بررسی نتایج اندازه‌گیری شاغلین
۹۳	مراجع

## پیشگفتار

یکی از برنامه های مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی تدوین و انتشار رهنمودهای مربوط به حوزه ها و زمینه های مختلف بهداشت محیط و حرفه ای و سایر موضوعات مرتبط است که با بهره گیری از توان علمی و تجربی همکاران متعددی از سراسر کشور، انجام شده است. در این راستا سعی شده است ضمن بهره گیری از آخرین دستاوردهای علمی، از تجربه کارشناسان و متخصصین حوزه ستادی مرکز سلامت محیط و کار نیز استفاده شود و در مواردی که در کشور قوانین، مقررات و دستورالعمل های مدونی وجود دارد در تدوین و انتشار این رهنمودها مورد استناد قرار گیرد. تمام تلاش کمیته های فنی مسئول تدوین رهنمودها این بوده است که محصولی فاخر و شایسته ارائه نمایند تا بتواند توسط همکاران در سراسر کشور و کاربران سایر سازمان ها و دستگاههای اجرائی و بعضاً عموم مردم قابل استفاده باشد ولی به هر حال ممکن است دارای نواقص و کاستی هایی باشد که بدینوسیله از همه متخصصین، کارشناسان و صاحبان نظران ارجمند دعوت می شود با ارائه نظرات و پیشنهادات خود ما را در ارتقاء سطح علمی و نزدیکتر کردن هر چه بیشتر محتوای این رهنمودها به نیازهای روز جامعه یاری نمایند تا در ویراست های بعدی این رهنمودها بکار گرفته شود.

با توجه به دسترسی بیشتر کاربران این رهنمودها به اینترنت، تمام رهنمودهای تدوین شده بر روی تارگاہ های وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (وبدا)، معاونت بهداشتی، پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران و مرکز سلامت محیط و کار قرار خواهد گرفت و تنها نسخ بسیار محدودی از آنها به چاپ خواهد رسید تا علاوه بر صرفه جویی، طیف گسترده ای از کاربران به آن دسترسی مداوم داشته باشند.

اکنون که با یاری خداوند متعال در آستانه سی و چهارمین سال پیروزی انقلاب شکوهمند اسلامی این رهنمودها آماده انتشار می گردد، لازم است از زحمات کلیه دست اندرکاران تدوین و انتشار این رهنمودها صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم و پیشاپیش از کسانی که با ارائه پیشنهادات اصلاحی خود ما را در بهبود کیفیت این رهنمودها یاری خواهند نمود، صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

**دکتر کاظم ندافی**

رئیس مرکز سلامت محیط و کار

## ۱- مقدمه

پرتو یا تشعشع صورتی از انرژی است که به صورت امواج یا ذرات در خلأ یا در محیط مادی منتشر می‌شود. به طور ساده پرتوها را می‌توان انرژی عبوری تعریف کرد. برخی از پرتوها مانند پرتو  $\alpha$  دارای جرم و بعضی فاقد آن می‌باشند و با توجه به میزان انرژی، دارای قدرت نفوذ در ماده هستند. پرتوها به دو دسته پرتوهای یونیزان (یونساز) و پرتوهای غیر یونیزان (غیر یونساز) طبقه بندی می‌شوند. معمولاً وقتی همراه با واژه پرتو کلمه دیگری بکار نرود پرتوهای یونیزان مورد نظر می‌باشد. در صورت عدم توجه به کاربرد ایمن و بهداشتی پرتوها، تابش‌های نامبرده نیز جزء عوامل زیان آور محیط کار قرار می‌گیرند و پایش فردی و محیطی این عامل نیز به طور کامل از سوی قوانین و مقررات بهداشت حرفه ای و ایمنی در کار در کشورمان حمایت می‌شود و در مواد ۸۵، ۹۲، ۹۵ قانون کار و مواد ۸۸ و ۹۰ قانون تامین اجتماعی به صورت مستقیم و غیر مستقیم این حمایت‌ها وجود دارند. در کتاب آیین نامه‌های حفاظت و بهداشت کار یک فصل مجزا برای پرداختن به موضوع آیین نامه و مقررات حفاظت در مقابل خطر پرتوهای یونساز اختصاص یافته است. در این گفتار بر آنیم تا با جمع‌آوری بخشی از دانش مربوط به پرتوها که کارشناسان و دیگر دست‌اندرکاران ایمنی و بهداشت حرفه ای را در افزایش کارایی مورد نیاز در چگونگی بکارگیری آیین نامه‌ها و شیوه نامه‌های مربوطه یاری رسانند، درک کاملی از چگونگی تأثیر پذیری انسان و محیط زیست از مواجهه با تابش را دریابند. تلاش گردیده تا علاوه بر معرفی هر یک از تابش‌های شناخته شده ای که عرصه زندگی و کار را در بر گرفته، مثال‌هایی از جنبه‌های محیط زیستی و شغلی مواجهه با پرتوها که می‌توانند برای کارشناسان نیز به مانند سایر گروه‌های اجتماعی مفید فایده قرار گیرد، افزوده شود.

## ۲- اهداف

هدف از تدوین این دستورالعمل:

۱. جمع‌آوری مستندات در ارتباط با حفظ سلامتی شاغلین در مواجهه با پرتوها در محیط کار
۲. آشنایی شاغلین با اثرات و نحوه کنترل پرتوهای غیر یونساز
۳. آموزش و بازآموزی کارشناسان بهداشت حرفه ای با پرتوهای غیر یونساز
۴. ارائه روش‌های شناسایی، ارزیابی و کنترل اثرات بیولوژیکی پرتوهای غیر یونساز
۵. توجه و اهمیت دادن به مخاطرات شغلی بر اساس دستورالعمل‌های بهداشتی

### ۳ - تابش‌های الکترومغناطیسی

پرتوها در زندگی امروز کاربردهای وسیعی یافته است. در همین حال، با وجود استفاده گسترده‌ای که از وسایل پرتوزا میشود، کمتر نکات حفاظتی در برابر آن‌ها رعایت میشود. در حالی که قرار گرفتن در معرض منابع پرتوزا که طیف وسیعی از جمله وسایل منزل را شامل می‌شود، بدون رعایت نکات ایمنی از جمله حفظ فاصله، می‌تواند باعث ایجاد عوارض خطرناکی در بدن شود. یک اصل جدی حفاظتی آن است که در صورت امکان یا از این وسایل استفاده نشود یا در صورت ضرورت به مدت کم و با رعایت نکات ایمنی و مهتر از همه حفظ فاصله مورد استفاده قرار گیرد. پرتوهای غیر یونیزان دربرگیرنده پرتوهای ناشی از تجهیزات مخابراتی، تلفنهای همراه، سیستم‌های ضد عفونی کننده با پرتو ماوراء بنفش، منابع مولد لیزر، مایکروویوهای مخابراتی، اجاق‌های مایکروویو، پرتوهای فرو سرخ و همچنین پرتوهای ناشی از وسایل برقی خانگی مانند سشوار، جاروبرقی و لباس شویی میباشد. بسیاری از وسایل منزل مانند سشوار و ماشین لباس شویی امواج الکترومغناطیسی مضر از خود منتشر میکنند که شدت آن می‌تواند حتی از شدت امواج الکترومغناطیسی منتشر شده در زیر دکل‌های برق فشار قوی بیشتر باشد. این نکته در بسیاری از جوامع شناخته نشده است و لازم است به عنوان یک گام مهم، حفاظت در برابر پرتوها و پرتوزاها، در فرهنگ و زندگی روزانه نهادینه شود. زمانی که یک وسیله برقی خاموش بوده، ولی دو شاخه آن به پریز برق است، دارای میدان الکتریکی میباشد ولی به محض روشن شدن، میدان مغناطیسی نیز در اطراف آن ایجاد میشود. هر چه ولتاژ یک وسیله بیشتر باشد، میدان مغناطیسی آن شدیدتر است. میدان مغناطیسی باعث گرم شدن بافت‌هایی بدن میشود، هر چه بافت دارای رگ و جریان خون کمتری باشد، میزان افزایش دمای آن بیشتر است. به عنوان مثال چشم دارای رگ‌هایی خونی بسیار کمی است و به همین دلیل گاه دیده شده که قرار گرفتن در معرض پرتوهای الکترومغناطیسی شدید، مایع درون چشم را به جوش آورده است. بنابراین باید با دقت کافی از این وسایل استفاده کرد. (۱)

### ۴ - پرتوها

پرتو شکلی از انرژی است که در خلأ یا ماده منتشر می‌شود. برخی از انواع پرتوها دارای جرم و برخی دیگر فاقد جرم هستند و با توجه به انرژی دارای قدرت نفوذ در مواد هستند. هر چند تعاریف مختلفی در عرصه، حسب کاربرد می‌شود که برای تعریف در نظر گرفته شده است، بکار برده میشود، اما به خاطر خواهیم داشت که پرتوها تنها از نقطه نظر ویژگی‌های موجی نظیر طول موج یا بسامد متفاوت

از یکدیگرند. اینجا نیازی نیست تا بر اساس ویژگی‌های موجی - ذره ای تفاوت رفتارهای پرتورا مورد توجه قرار دهیم، تنها کافی است بدانیم گاه با ذرات مانندی به نام فوتون سر و کار داریم و گاه با امواجی به نام الکترومغناطیس، در هر حال همه آنها پرتو هستند. در نگاهی دیگر که به تأثیر پذیری بافت‌هایی زنده از مواجهه با پرتوها کمک می‌کند، یک تقسیم بندی، پرتوها را به صورت کلی به دو دسته یون ساز و غیر یونساز تقسیم بندی میکند.

#### ۴-۱ انواع پرتو

##### ۳-۱ - اپرتوهای یونساز

پرتوهای یونساز یا یونیزان، با عبور از محیط، تولید ذرات باردار منفی و مثبت میکنند. منابع مولد پرتوهای یونیزان می‌توانند مانند پرتو  $\alpha$ ، حاصل از انرژی هسته ای و زباله های ساخت بشر باشد، یا می‌توانند مانند پرتوهای کیهانی حاصل از خورشید یا مواد رادیواکتیو پوسه زمین که به صورت ذره (تشعشع ذره ای) یا انرژی خالص بدون جرم و بار الکتریکی (پرتوهای الکترومغناطیسی) تابش میشوند زمینه طبیعی داشته باشند.

##### ۴-۱-۱-۱ ذرات آلفا

این ذرات که با حرف یونانی  $\alpha$  نشان داده میشود به راحتی دیگر پرتوها از ماده عبور نمیکنند. 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 به وسیله عناصر رادیواکتیو سنگین منتشر میشود. ذرات آلفا قدرت یونسازی زیادی داشته ولی قدرت نفوذ آن در بافتها بسیار کم است و به آسانی به وسیله ضخامتی از چند صفحه کاغذ، یک لایه رطوبت و یا لایه شاخی پوست متوقف میشوند. این ذرات تنها وقتی خطرناک هستند که درون بدن قرار گیرند. به طور معمول دستگاه‌هایی پایش فردی نسبت به پرتوهای آلفا حساس نیستند.

##### ۴-۱-۱-۱-۱ ذرات بتا

ذرات بتا با حرف یونانی  $\beta$  نشان داده میشوند و قدرت نفوذ بیشتری نسبت به ذرات  $\alpha$  دارند و برای متوقف کردن آنها به چند میلی متر آلومینیوم نیاز است. ذرات بتا الکترونیایی با بار مثبت و منفی میباشند که نگاترون (الکترون منفی) و پوزیترون (الکترون مثبت) نامیده میشوند.

### ۱-۱-۱-۲ نوترون

نوترون ذره ای با جرم حدود  $U1$  ( $U$ : جرم اتمی واحد که برابر یک دوازدهم جرم اتم کربن ۱۲ است) و فاقد بار الکتریکی است. یکی از منابع این ذرات، رآکتورهای هسته‌ای هستند که در آنها اورانیم شکافته شده و نوترون و انرژی حرارتی آزاد میکند. از این رو نوترون‌ها را تنها می‌توان در مجاورت منابع تولید این ذرات در زمانی کمتر از یک ثانیه آشکار ساخت.

### ۱-۱-۱-۳ پرتو X و گاما

پرتوهای X و  $\gamma$  مانند نور مرئی امواج رادیویی و میکروویو، امواج الکترومغناطیس میباشند و بخشی از طیف الکترومغناطیسی را تشکیل میدهند. با این وجود در میان موارد ذکر شده فقط پرتوهای X و  $\gamma$  هم پرتو یونیزان و هم امواج الکترومغناطیس محسوب میشوند. پرتوهای X و  $\gamma$  از بیشترین فرکانس در بین همه امواج الکترومغناطیس برخوردارند و بنابراین دارای کوتاه‌ترین طول موج هستند از این رو بیشترین مقدار انرژی را حمل میکنند. پرتوهای X، با شتاب الکترون‌ها در ولتاژ بالا و برخورد به یک هدف فلزی، ترجیحاً با عدد اتمی بالا تولید میشوند. پرتوهای گاما از فعل و انفعالات درون هسته اتم و پرتوهای X از فعل و انفعالات خارج هسته اتم منشأ میگیرند.

### ۴-۱-۲ پرتوهای غیر یونساز

پرتوهای غیر یون ساز پرتوهایی هستند که انرژی کافی برای یونیزه کردن اتم‌ها و شکستن پیوندهای شیمیایی ندارند. این پرتوها شامل: فرا بنفش، نور مرئی، فرو سرخ، امواج میکروویو، امواج رادیویی و ... میباشند. پرتوهای اخیر می‌توانند صرفاً باعث تغییر در انرژی ارتعاشی و گردشی مولکولهای بافت‌هایی زیستی گردند و از این طریق سبب تغییرات مولکولی یا رهاسازی انرژی (به صورت گرما) شوند. طیف فرکانس‌های پرتوهای غیر یونیزان بین ۰ تا ۱۰۱۵ هرتز است.

پرتوهای غیر یونیزان حائز اهمیت به لحاظ عوارض بیولوژیک عبارتند از:

۱- پرتو فرا بنفش با طول موج ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر

۲- نور مرئی با طول موج ۴۰۰ تا ۷۶۰ نانومتر

۳- پرتو مادون قرمز با طول موج ۷۶۰ تا ۱ میلی متر

۴- تابش RF با طول موج بیش از ۱ میلی متر

برخی از کاربردهای پرتوهای غیر یونساز:

پرتوهای فرابنفش: صنعت چاپ و تکثیر، رنگرزی، پزشکی، حشره کش‌های برقی ...  
 پرتوهای مادون قرمز: فرهای مادون قرمز، آشکارسازهای شعله، دستگاه‌هایی کنترل از راه دور، جوشکاری، شیشه سازی...  
 پرتوهای میکروویو و رادیویی: رادیو، تلویزیون، رادار، پزشکی، فرهای میکروویو، تلفن همراه...

#### ۴- ۲ اصول و مقررات کلی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یونساز

- عدم ارسال پرتوهای غیر یونساز در موارد غیر ضروری
- کاهش سطح پرتو تا حداقل ممکن در تمام موارد
- توجه به مقررات حفاظت در برابر پرتوهای غیر یونساز
- آشنایی کلیه کارکنان با پرتوهای غیر یونساز و خطرات احتمالی آنها
- استفاده از علائم خطر مناسب روی وسایل تولید کننده یا استفاده کننده از پرتوهای غیر یونساز
- مشخص کردن ناحیه‌هایی که ورود به آنها برای عموم مردم ممنوع است
- توجه به دستورالعمل‌های مربوط به نحوه استفاده از دستگاه‌ها و تجهیزات
- تعمیر یا سرویس دستگاه‌هایی مولد پرتوهای غیر یونساز توسط افراد مسئول
- مراجعه به پزشک در صورت پرتوگیری (۲ و ۳)

### ۵ - مشخصات و خصوصیات انواع پرتوهای غیر یونساز همراه با مشاغل در معرض

#### ۵-۱ پرتو فرو سرخ IR<sup>1</sup>

پرتو فرو سرخ بخشی از طیف یا بیناب الکترومغناطیس است که در گستره طیف امواج بین پرتوهای رادیو فرکانس و نور مرئی قرار می‌گیرد و طول موج آن بین ۷۵۰ نانومتر تا ۳ میلیم تر است. این پرتو شامل سه طیف:

A (۷۵۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر) B (۱۴۰۰ تا ۳۰۰۰ نانومتر) C (۳۰۰ نانومتر تا ۳ میلی متر)  
 می‌باشد. پرتوهای فرو سرخ از هر نوع شیشی که دمای آن بیش از صفر مطلق باشد، منتشر می‌گردند. مواجهه‌های شغلی علاوه بر فرآیندهایی که در آنها انرژی حرارتی حاصل از پرتو فرو سرخ تولید و یا بکار میرود، نظیر فرآیندهای حرارتی، جوشکاری، شیشه سازی، پخت و پز و ... که در محیط کار



و ناشی از کاربرد وسایل پرتوزا است، در محیط‌هایی باز و مواجهه کارگران با نور خورشید را نیز در بر می‌گیرد. منطقه پرتو فرو سرخ بین طول موج‌هایی ۰/۸ میکرومتر (که حد نور مرئی است) و ۳۴۳ میکرومتر قرار دارد. در پرتو فرو سرخ طول موج‌هایی کوتاه‌تر از ۱/۵ میکرومتر از پوست می‌گذرند و بقیه جذب شده و تولید حرارت می‌کنند. پرتو فرو سرخ را به دو قسمت تقسیم می‌کنند: طول موج‌هایی بین ۰/۸ میکرومتر تا ۴ میکرومتر.

طول موج‌های بلندتر از ۴ میکرومتر که اغلب به وسیله مواد جذب می‌شوند، مخصوص طول موج‌های بلندتر از ۱۰ میکرومتر به وسیله هوا کاملاً جذب می‌شوند.

### ۵-۱-۱ اجذب پرتو فرو سرخ

آب یکی از مواد جاذب پرتو فرو سرخ است. محلول نمک طعام در حدود ۲۰ برابر آب خالص پرتو را جذب می‌کند. شیشه معمولی برای پرتو فرو سرخ بلند به کلی غیر قابل نفوذ است و استفاده از آن در ساختن گلخانه‌ها برای حفظ گل‌ها از سرما به سبب همین خاصیت است.

### ۵-۱-۲ منابع پرتو فرو سرخ

محیط کار میزبان انواع مخاطرات IR است، از جمله هر دو مواجهه کوتاه مدت و بلند مدت با پرتوهای فرو سرخ که در بر دارنده خطرات بهداشتی واقعی است. نمونه‌هایی از فعالیتهایی که پرتو مادون قرمز را تولید می‌کنند شامل جوشکاری، برش، عملیات کوره، عملیات ریختن، ریخته‌گری، غوطه‌وری گرم، glassblowing و لیزر با شدت بالا هستند. سایر منابع نظیر اصلاح پوشش فلزات curing of coatings، شکل‌گیری پلاستیک، بازپخت، جوش پلاستیک و خشک شدن چاپ کمتر رایج هستند.

#### منبع طبیعی

بزرگ‌ترین منبع طبیعی پرتو فرو سرخ، خورشید است. مقداری از نور آفتاب که به ما می‌رسد، دارای پرتو فرو سرخ کوتاه است، زیرا پرتوهای فرو سرخ بلند آن در طبقات هوا جذب شده‌اند.

#### منبع مصنوعی

اجسام ملتهب: بهترین منبع مصنوعی برای پرتو فرو سرخ، اجسام ملتهب می‌باشند که طول موج آنها بر حسب درجه حرارت تغییر می‌کند. اگر بخواهیم پرتو فرو سرخ تنها داشته باشیم، باید نور این قبیل منابع مصنوعی را به وسیله شیشه‌هایی که در ترکیب آن‌ها لید و یا اکسید منگنز دو (MnO) وجود

دارد، صاف کنیم. این نوع صافی‌ها طیف مرئی را جذب می‌کند و فقط پرتو فرو سرخ کوتاه را عبور می‌دهند. عبور جریان الکتریکی از مقاومت‌ها: روش دیگر که سهل و عملی است، عبور جریان الکتریکی از مقاومت‌های فلزی است، بطوری که این مقاومت‌ها سرخ می‌شوند. این مقاومت‌ها غالباً از آلیاژهای آهن و نیکل ساخته شده‌اند.

چراغ با مفتول زغال: چراغ‌هایی که مفتول آنها از زغال چوب ساخته شده است، نیز به نسبت زیاد تولید کننده پرتو فرو سرخ بشمار می‌آیند. در این چراغ‌ها نسبت پرتو کوتاه بین ۱ میکرومتر و ۷ میکرومتر خیلی کم، ولی نسبت پرتو فرو سرخ بلند آن زیاد است. چراغ بخار جیوه: چراغ بخار جیوه نیز، پرتو فرو سرخ با طول موج کوتاه بین ۰/۹۲ میکرومتر و ۱/۳ میکرومتر تولید می‌کند، ولی نسبت پرتو حاصله نسبت به سایر منابع کمتر است.

### ۵-۱-۳ اندازه گیری پرتو فرو سرخ

برای اندازه گیری پرتو فرو سرخ از جذب انرژی حرارتی آن استفاده می‌نمایند، یعنی این پرتو را به جسمی می‌تابانند که بتواند کلیه انرژی را جذب کند و سپس مقدار حرارتی را که در جسم مورد اشاره تولید گشته، اندازه میگیرند.

پیل ترموالکتریکی: وسیله دقیق دیگر برای اندازه گیری پرتو فرو سرخ، استفاده از پیل ترموالکتریکی می‌باشد که در آن انرژی حرارتی تبدیل به انرژی الکتریکی می‌شود و به سهولت قابل اندازه گیری است.

سوزن ترموالکتریکی: برای اندازه گیری درجه حرارت در داخل نسوج زنده از دستگاهی به نام سوزن ترموالکتریکی استفاده می‌کنند.

### ۵-۱-۴ کاربرد پرتو فرو سرخ

ترموگرافی و فیزیوتراپی، طیف سنجی، کوره های حرارتی، فرهای مادون قرمز، لامپ‌هایی مادون قرمز... پرتو فرو سرخ برای تشدید جریان خون موضعی، درمان آماس مفاصل، دردهای ماهیچه ای، بیماری‌های عروقی، دررفتگی و محدودیت حرکات مفصلی استفاده میشود.

### ۵-۱-۵ استاندارد مربوط به پرتوهای فرو سرخ

مقادیر حد تماس شغلی توصیه شده مربوط به IR: در استاندارد ایران برای پرتو IR به صورت

جداگانه استاندارد موجود میباشد که دارای دو بخش است یکی برای حفاظت از شبکه و دیگری برای حفاظت از قرنیه و عدسی که برای تماس شغلی، ما این استاندارد را مد نظر قرار میدهیم. برای اجتناب از صدمات قرنیه و عدسی، پرتوگیری از پرتو فرو سرخ در محیط‌هایی خیلی گرم در مدت زمان طولانی (مثل ۱۰۰۰ ثانیه و بالاتر) باید به ۱۰ میلی وات بر سانتیمتر محدود شود.

### ۵-۱-۶ پرتو مادون قرمز (IR)

حدود تماس شغلی ارائه شده در این بخش به مقادیری از پرتوهای مادون قرمز نزدیک اشاره دارد که چنانچه تقریباً کلیه شاغلین با آن مواجهه داشته باشند اثرات: استلویی بر سلامتی آنان عارض نشود. مقادیر مزبور به عنوان راهنما در کنترل مواجهه افراد به کار می‌رود و نباید به عنوان مرز قطعی بین حد ایمن و خطر تلقی گردد. حدود تماس شغلی برای پرتوگیری شغلی چشم‌ها برای پرتوهای مادون قرمز نزدیک در مواجهات ۸ ساعته در هر روز کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الف. حفاظت قرنیه و عدسی

برای اجتناب از صدمات قرنیه و اثرات تأخیری احتمالی بر عدسی چشم (بیماری آب مروارید)، تابندگی کلی مادون قرمز در محیط‌هایی گرم بر اساس معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$E_{IR - only} [W / cm^2] = \sum \frac{1000}{770} E_{\lambda} \cdot \Delta \lambda$$

پرتوگیری ناشی از اشعه مادون قرمز ( $3000 < nm < 30000$  طول موج  $< 770 nm$  در مدت زمان‌های طولانی (۱۰۰۰ ثانیه و بیشتر) باید به  $(E < 0.01 W/cm^2)$  محدود شود و برای پرتوگیری در مدت زمان (t) کمتر از ۱۰۰۰ ثانیه (۱۷ دقیقه) میزان پرتوگیری مجاز از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$E_{IR - only} (W / cm^2) \leq 1.8t^{-0.75}$$

ب. حفاظت شبکه

برای لامپ حرارتی مادون قرمز یا هر منبع مادون قرمز نزدیک (Near IR) که خارج از طیف نور مرئی قرار دارد (با درخشندگی کمتر از  $10^{-2} cd^2$ )، مقدار تابندگی مؤثر کلی مادون قرمز. ( $770 nm < \lambda < 1400 nm$ ) که به چشم می‌رسد بر اساس معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$L_{NIR} = \sum_{770}^{1400} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta \lambda$$

- برای پرتوگیری در مدت زمان طولانی‌تر از ۸۱۰ ثانیه در روز، میزان پرتوگیری مجاز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$L_{NIR} [W / (cm^2 sr)] \leq \frac{0.6}{\alpha}$$

این حد بر اساس قطر مردمک ۷mm و زاویه میدان دید آشکار ساز ۰۱۱rad تعیین شده است.

- برای پرتوگیری کمتر از ۸۱۰ ثانیه میزان پرتوگیری مجاز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$L_{N/R} [W / (cm^2 sr)] \leq \frac{3.2}{\alpha.t^{1/4}}$$

## ۵-۱ پرتوهای مرئی Visible Radiation

پرتوهای مرئی یا دیدگانی را بیشتر با نام روشنایی می‌شناسیم. دسته‌ای از امواج که در گستره پرتوهای الکترومغناطیس طول موج آن‌ها در فاصله ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر قرار دارد. پرتوها تنها از نقطه نظر ویژگی‌های موجی متفاوت از یکدیگر می‌باشند. طول موج پرتوهای دیدگانی در گستره‌ای است که توسط چشم غیر مسلح قابل دیدن است. به دلیل واکنش طبیعی انسان در برابر این پرتوها چنانچه شدت آن‌ها بسیار بالا نباشد اثر منفی روی انسان نمی‌گذارد. از جمله کاربردهای گسترده شناسایی نور مرئی، استفاده از آن در طراحی روشنایی محیط‌هایی کار و زندگی است. فعالیت‌های فیزیولوژیک و روانی بدن، به طور خودآگاه و ناخودآگاه متأثر از میزان روشنایی است و طراحی صحیح روشنایی علاوه بر تا مین و ارتقای سلامتی از نظر فاکتورهای مربوطه به بهبود راندمان و بهره‌وری در کار می‌انجامد.

### ۲-۱-۲ اهمیت نور مرئی در بهداشت حرفه‌ای

ناراحتی‌های چشمی اکثراً در ساعات کار اتفاق افتاده و ناشی از علل گوناگون می‌باشد. این صدمات ممکن است ناشی از ازدیاد نور، کمبود نور، پرتاب ذرات، تأثیر مواد سمی، پرتو ایکس یا سایر تابش یونیزان و غیر یونیزان و حرارت باشد.

### ۲-۱-۲-۱ تأثیر روشنایی بر روی بینایی کارگران

چشم: همان قدر که عضو خارق‌العاده و شگفت‌انگیز است بهمان اندازه نیز ظریف و بی‌پناه و آسیب‌پذیر می‌باشد. بنابراین در هنگام کار یا هر جای دیگری باید از آن محافظت نمود. ناراحتی‌های چشمی اکثراً در ساعات کار اتفاق افتاده و ناشی از علل گوناگون می‌باشد. این صدمات ممکن است

- ناشی از ازدیاد نور، کمبود نور، پرتاب ذرات، تأثیر مواد سمی، اشعه ایکس یا سایر تشعشعات یونیزان و حرارت باشد. تا مین نور کافی و مناسب در محل کار موجب می شود که:
- میل و رغبت به کار در کارگر افزایش یابد.
  - دقت عمل در کار بیشتر شود.
  - راندمان و نتیجه کار افزوده گردد.
  - کار بهتر، راحت تر و دقیق تر انجام شود.
  - از میزان حوادث حین کار کاسته گردد.
  - سلامت چشم و قدرت بینایی کارگر محفوظ مانده و خستگی اعصاب کمتر شود.

#### ۲-۲-۱-۲ تا مین نور کافی و مناسب در محیط‌هایی

در محیط‌های کاری با نور مناسب امکان بروز هر نوع حادثه نیز کاهش می‌یابد. نور مناسب از طریق استفاده از نور طبیعی و مصنوعی و یا هر دو تا مین می‌گردد. این نور می‌بایست دارای روشنایی کافی بوده، خیره کننده نباشد و به طور یکسان پخش شده باشد. عواملی که عوارض ناشی از کمبود یا ازدیاد نور را تشدید می‌کند: خستگی فکری، خستگی چشمی، سن

#### ۲-۲-۱-۳ عوارض ناشی از ازدیاد نور

خیرگی، مهم‌ترین عارضه ناشی از ازدیاد نور است. این حالت در اثر برخورد مستقیم نور به چشم و یا انعکاس شعاع تابش نور از سطوح شفاف به چشم به وجود می‌آید. علائم خیرگی با احساس ناراحتی و درد در چشم، کم شدن حس بینایی، ترس از نور و ریزش اشک پدید می‌آید. مثلاً زمانی که منبع نور به طور مستقیم در میدان دید کارگر قرار گیرد باعث بروز خیرگی می‌شود برای جلوگیری از بروز این مشکل منابع روشنایی بایستی به فواصل مناسبی نسبت به هم نصب شود.

#### ۲-۲-۱-۴ عوارض ناشی از کمبود نور

در کارگاه‌هایی که نور مناسب و کافی وجود نداشته باشد به خصوص در مورد کارهای ظریف و دقیق باعث اختلال و کاهش بینایی خواهد شد. این عوارض شامل فشار در چشم، سردرد، سرگیجه خستگی، بی میلی نسبت به کار و نیستاکموس حرفه‌ای می‌باشد. (بیماری نیستاکموس سبب بروز حرکات غیر طبیعی در چشم می‌شود)

بیماری نیستاگموس: اگر کمبود نور به مدت طولانی ادامه داشته باشد این عارضه به وجود می آید. در بیماری نیستاگموس کارگران معمولاً وقت خروج از معدن متوجه این عارضه می گردند. بدین ترتیب که به مدت چند لحظه احساس می کنند که اشیاء جلوی چشمتان می لرزد. این عارضه ممکن است یک یا هر دو چشم را گرفتار سازد. تا مین روشنایی در معادن سبب محو سریع نیستاگموس معدنچیان می گردد.

### ۵-۲-۲ منابع نور:

برای روشنایی کارگاه‌ها از دو منبع نور طبیعی (نور خورشید) و نور مصنوعی (الکتریکی) می توان استفاده نمود.

### ۵-۲-۲-۱ روشنایی طبیعی

- نور آفتاب سالم‌ترین و ارزان‌ترین وسیله روشنایی و یکی از منابع مهم تا مین انرژی نورانی می باشد. به منظور استفاده بهتر و صحیح‌تر از روشنایی روز بایستی به نکات زیر توجه نمود:
- \* در صورتی که کارگاه یا محل کار بزرگ باشد و پنجره‌های آن برای رساندن نور به همه قسمت‌ها کافی نباشد باید در قسمت‌هایی از سقف از پوشش شیشه‌ای استفاده شود.
- \* برای جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید در تابستان بهتر است بالای پنجره‌ها سایبان داشته باشد.
- \* برای استفاده بیشتر از نور آفتاب باید سقف کارگاه و دیگر سطوح منعکس کننده نور به رنگ روشن بوده تا نور را بهتر منعکس کند.
- \* برای اینکه نور کافی به محل کار برسد بایستی با توجه به نوع کار، تابش نور و آفتابی بودن محل مجموع سطوح پنجره‌ها و یا سقف شیشه‌ای کارگاه متناسب با مساحت کف کارگاه باشد. (۶)

### ۵-۲-۲-۲ روشنایی مصنوعی

- در طرح روشنایی مصنوعی برای محیط کار این نکات باید مورد توجه قرار گیرد:
- نور حاصله از منابع روشنایی باید تا حد امکان به روشنایی روز نزدیک باشد.
- سقف و قسمت بالایی دیوارها معمولاً به منظور افزایش راندمان روشنایی وارده از پنجره‌ها به رنگ روشن و قسمت پایین دیوارها برای ایجاد شرایط آسایش به رنگ تیره رنگ آمیزی می شوند.
- مقدار نور حاصله از منابع روشنایی باید ثابت و به اندازه کافی بوده و بر کلیه سطوح محیط کار

- به طور یکنواخت توزیع شود تا از به وجود آمدن سایه و زوایای تاریک جلوگیری شود.
- تعمیر و سرویس به موقع منابع روشنایی
  - تمیز و پاک نمودن نورگیرها به طور مرتب
  - در مورد میزان نور برای کارگاه‌های مختلف ارقام زیر می‌توانند راهنمای مناسبی باشد:

جدول ۱ - میزان روشنایی مطلوب در محل کار

محل کار	میزان روشنایی مطلوب بر حسب لوکس
کارهای بزرگ	۸۰-۱۰۰
کارهای ظریف	۱۵۰-۲۵۰
کارهای بسیار ظریف	۵۰۰-۱۰۰۰

\* لوکس: واحد اندازه‌گیری روشنایی در محیط کار را می‌گویند که به وسیله دستگاه لوکسمتر اندازه‌گیری میشود. (۵۴)

### ۵-۳ پرتو فرابنفش UV<sup>۱</sup>

پرتو فرابنفش بخشی از طیف الکترومغناطیس است که در طیف بین نور مرئی و پرتو یونیزان (پرتو X و گاما) قرار می‌گیرد و طول موج آن بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر است. پرتو UV را از نظر طول موج و تأثیرات بیولوژیکی به سه گروه تقسیم می‌کنند:

۱ UV<sub>C</sub> (۱۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر) (۲ UV<sub>B</sub> (۲۸۰ تا ۳۲۰ نانومتر) (۳ UV<sub>A</sub> (۳۲۰ تا ۴۰۰ نانومتر)  
 باندهای A و B که طول موج بلندتر هستند بیشترین اثرات بیولوژیکی را ایجاد می‌کنند. طول موج‌های کوتاه‌تر از ۲۰۰ نانومتر از نظر بیولوژیکی غیر فعال هستند و فقط در محیط خلأ یا محیط‌های بسته گازهای بی اثر می‌توانند وجود داشته باشند، چون در فاصله کوتاهی جذب می‌شوند. طول موج‌های ۲۰۰ تا ۲۹۰ نانومتر عمده‌تاً در لایه شاخی پوست یا قرنیه چشم جذب می‌شوند. در صورتی که طول موج‌های بلندتر می‌توانند بر درم عدسی و عنبیه چشم اثر بگذارند.

### ۵-۳-۱ منابع پرتو فرابنفش

از منابع مهم تولید کننده پرتو UV خورشید است ولی بخش مهمی از این پرتو توسط لایه ازن

1- Ultra Violet

استراتوسفر جذب می‌گردد و تخریب لایه ازن می‌تواند این پرتو خطرناک را که ازدیاد آن منجر به سرطان پوست می‌شود، به زمین بفرستد. منابع عمده دیگر تولید کننده پرتو UV عبارت است از لامپ‌های پرفشار یا کم فشار بخار جیوه، فلورسنت، دستگاه‌های جوشکاری، لوله‌های پلاسما، لیزر و ... می‌باشند. به مراتب بیشترین میزان آسیب‌ها از مشاعلی ناشی می‌شود که کارگران در تماس با نور خورشید هستند و بیشترین زمان انتشار انرژی UV از ساعت ۱۰ صبح تا ۳ بعد از ظهر می‌باشد. عواملی که بر شدت آسیب اثر می‌گذارند شامل مدت مواجهه، شدت تابش، فاصله از منبع تشعشع و جهت فرد در معرض نسبت به منبع مولد می‌باشد. بازتاب UV از آب و برف یا سطوح محیطی دیگر می‌تواند بر شدت تماس بیفزاید. منابع پرتو فرابنفش خیلی زیاد است. تعدادی از آن‌ها عبارتند از:

- **قوس الکتریکی زغال:** نسبت پرتو فرابنفش در قوس الکتریکی زغال نسبتاً کم است، ولی اگر اکسیدهای فلزی به الکترودهای زغالی اضافه کنند، مقدار این پرتو افزایش می‌یابد. برای این کار الکترودهایی می‌سازند که در آن‌ها یک غلاف زغالی دور اکسید فلزی را گرفته است. قوس‌هایی که الکترود آن‌ها از فلز خالص ساخته شده باشند، نیز به نسبت زیاد پرتو فرابنفش دارند.

- **چراغ‌های بخار جیوه:** مهم‌ترین و متداول‌ترین منابع پرتو فرابنفش چراغ‌های بخار جیوه هستند که با مصرف کم نیروی الکتریکی، مقدار زیادی پرتو فرابنفش تولید می‌کنند. قسمت اساسی لامپ از لوله‌ای از جنس کوارتز ساخته شده است که در دو طرف آن دارای دو مخزن جیوه است. از نظر طول موج نیز منابع به صورت زیر می‌باشند:

**فرا بنفش با طول موج بلند یا فرا بنفش A:** این پرتو بین طول موج‌های ۰/۳۹ و ۰/۳۱۵ میکرومتر قرار دارد. نسبت این پرتو در نور آفتاب، قوس الکتریکی زغال و چراغ‌های الکتریکی معمولی زیاد است. **فرا بنفش با طول موج متوسط یا فرا بنفش B:** این پرتو بین طول موج‌های ۰/۲۹ و ۰/۳۱۵ میکرومتر است. این پرتو در نور چراغ بخار جیوه و قوسهای الکتریکی با الکترودهای فلزی وجود دارد، تأثیر آن‌ها در پوست شدید است.

**فرا بنفش با طول موج کوتاه یا فرا بنفش C:** این پرتو شامل طول موج‌های کوتاه‌تر از ۰/۲۸ میکرومتر است و فقط در قوس الکتریکی جیوه وجود دارد.

### ۵- ۳- ۲ استاندارد های پرتوهای فرا بنفش:

مقادیر حد تماس شغلی توصیه شده مربوط به: مقادیر حد تماس برای پرتو گیری شغلی ناشی از تابش فرا بنفش که بر چشم و پوست می‌تابد در حالی که مقادیر چگالی شار معلوم بوده و زمان



پرتوگیری نیز کنترل شده است به صورت زیر می باشد:

- برای ناحیه طیفی فرابنفش نزدیک (۳۲۰ - ۴۰۰ نانومتر) چگالی کل شار تابشی که بدون حفاظ بر چشم می تابد برای مدت زمان بیش از ۱۰۰۰ ثانیه (حدوداً ۱۶ دقیقه) نباید از ۱ میلی وات بر سانتیمتر مربع تجاوز کند و همچنین برای مدت زمان و پرتوگیری کمتر از ۱۰۰۰ ثانیه نیز میزان دوز جذب شده نباید از  $J^2/cm^2$  بیشتر شود. البته قابل ذکر است که دستگاه مورد استفاده برای اندازه گیری میزان پرتو UV تابشی حداکثر سنجش را در طول موج ۳۶۵ نانومتر انجام می دهد که مطابق دفترچه حدود مجاز تماس شغلی حد مجاز تماس آن  $2/7 \times 10^{25} \text{ j/m}$  می باشد.

### ۵-۳-۳ پرتو فرابنفش UV

#### مقادیر حد تماس شغلی

مقادیر حد تماس شغلی پرتوهای فرابنفش (UV) در ناحیه طیفی بین ۱۸۰ و ۴۰۰ نانومتر نشان دهنده شرایطی است که تحت آن شرایط شاغلین ممکن است به طور مکرر پرتوگیری نمایند بدون آنکه اثرات نامطلوبی نظیر اریتما (سرخ پوست) و فوتوکراتیت<sup>۱</sup> (Photokeratitis) بر سلامتی آنان عارض شود. این مقادیر برای پرتوگیری چشم یا پوست از منابع تابشی ملتهب و فلورسنت، تخلیه بخار و گاز، قوس های جوشکاری و تابش خورشیدی کاربرد دارد، ولی برای لیزرهای تابش کننده فرابنفش مورد استفاده قرار نمی گیرد (به حد تماس شغلی لیزرها مراجعه شود).

مقادیر TLV جهت پرتوگیری از منابع تابشی پیوسته که طول زمان پرتوگیری ۰/۱ ثانیه یا بیشتر است، مورد استفاده قرار می گیرد. برای کاربرد این مقادیر منابع مورد نظر باید تحت زاویه کوچک تر از ۸۰ درجه نسبت به دکتور اندازه گیری (نسبت به فرد پرتو گرفته) قرار داشته باشند، در منابعی که این زاویه بزرگ تر است لازم است اندازه گیری تحت زاویه ۸۰ درجه انجام گیرد.

مقادیر تعیین شده برای افراد حساس به نور که پرتوگیری فرابنفش دارند و یا افرادی که همراه با پرتوگیری در تماس با عوامل حساس کننده به نور قرار گرفته اند کاربرد ندارد (به تذکر شماره ۳ توجه شود).

مقادیر پرتوگیری تعیین شده برای افراد با چشمان بدون عدسی<sup>۲</sup> (افرادی که در اثر عمل جراحی آب مروارید عدسی چشم آنها بیرون آورده شده است) استفاده نمی شود. در این زمینه به حدود تماس شغلی پرتوهای مادون قرمز نزدیک مراجعه شود.

۱- التهاب قرنیه چشم در مواجهه با پرتو فرابنفش

مقادیر تعیین شده باید به منزله راهنمایی جهت کنترل پرتوگیری از منابع تابشی فرابنفش به کار رود و نباید به عنوان مرز مشخصی بین ایمنی و خطر تلقی گردد. (۷)

### مقادیر توصیه شده:

مقادیر حدود تماس برای پرتوگیری شغلی از تابش فرابنفش که بر چشم یا پوست می‌تابد در حالی که مقادیر چگالی شار تابشی (تابندگی) معلوم بوده و زمان پرتوگیری نیز کنترل شده است به ترتیب زیر می‌باشد:

#### منابع باند پهن پرتو فرابنفش (nm ۴۰۰-۱۸۰) - آسیب قرنیه ای:

۱- اولین قدم در ارزیابی منابع باند پهن ماوراء بنفش تعیین چگالی شار تابشی مؤثر است ( $E_{eff}$ ).  $E_{eff}$  (چگالی شار تابشی) را می‌توانن مستقیماً به وسیله یک دستگاه سنجش پرتو فرابنفش که دارای پاسخ طیفی است (به تفکیک طول موج) اندازه‌گیری نمود که از مقادیر اثربخشی طیفی نسبی مندرج در جدول ۱ و شکل ۱ پیروی می‌نماید. این اندازه‌گیری‌ها را می‌توانن با مقادیر جدول ۲ مقایسه نمود.  $E_{eff}$  را نیز می‌توانن از طریق زیر محاسبه نمود:

۲- برای تعیین برای منبعی با باند پهن که قله (Peak) آن در طول موج ۲۷۰ nm قرار دارد، از رابطه

$$E_{eff} = \sum_{180}^{400} E_{\lambda} \times S(\lambda) \times \Delta\lambda$$

ذیل می‌توان استفاده نمود:  
در این رابطه:

$E_{eff}$ : چگالی شار تابشی مؤثر نسبت به منبع تک رنگی با طول موج ۲۷۰ nm بر حسب  $W/cm^2$   
 $E_{\lambda}$ : چگالی شار تابشی طیفی با طول موج  $\lambda$  بر حسب  $(W/(cm \cdot nm))$ ، میزان انرژی اندازه‌گیری شده با دستگاه در یک طول موج)  
 $S(\lambda)$ : اثربخشی طیفی نسبی (بدون واحد)، از جدول بدست می‌آید.

$\Delta\lambda$ : پهنای باند بر حسب نانومتر

۳- جدول ۳، مقادیر حدود تماس شغلی را برای تابندگی مؤثر به ازای زمان‌های مواجهه مختلف روزانه نشان می‌دهد.

۴- برای پرتوگیری روزانه بر اساس  $E_{eff}$ ، دوز جذب شده به  $0.03 J/cm^2$  محدود می‌شود.

$$\sqrt{(mW/cm^2)} \geq E_{UV.A} (mW/cm^2)$$

۵- حداکثر زمان پرتوگیری مجاز برای منابع تابشی UV که بر پوست و چشم بدون حفاظ می تابند، از رابطه ذیل بدست می آید: که در این رابطه:

$$t_{\max} = 0.003/E_{\text{eff}}$$

$t_{\max}$  = حداکثر زمان پرتوگیری مجاز بر حسب ثانیه

$E_{\text{eff}}$  = تابندگی مؤثر نسبت به یک منبع تک رنگ در طول موج ۲۷۰ nm بر حسب  $W/cm^2$

توجه:  $1 W = 1 \text{ j/sec}$

**منابع UV-A پرتو فرابنفش (۳۱۵-۴۰۰ nm) = آسیب عدسی و شبکیه چشم:**

تابندگی ( $E_{UV-A}$ ) بر حسب، را می توان با استفاده از یک دستگاه سنجش پرتو فرابنفش که نسبت به تابش طیف UV-A حساس است اندازه گیری نمود. پرتوگیری چشم بدون حفاظ از پرتوهای فرابنفش نباید از مقادیر ذیل فراتر رود:

الف. برای مواجهات روزانه ( $t_{\text{exp}}$ ) کمتر از  $1000 \text{ mJ/cm}^2$  (۱۷ دقیقه)، مطابق معادله ذیل، دوز

جذب شده به  $1000 \text{ mJ/cm}^2$  محدود می شود:  $1000 (\text{mJ/cm}^2) \geq E_{UV-A} (\text{mW/cm}^2) \cdot t_{\text{exp}} (\text{S})$

ب. برای مواجهات روزانه ۱۰۰۰ ثانیه و بیشتر، مطابق معادله ذیل، دوز جذب شده به محدود می شود:

$$\sqrt{(\text{mW/cm}^2)} \geq E_{UV-A} (\text{mW/cm}^2)$$

**منابع ماوراء بنفش با باند باریک:**

منابع با باند باریک منبعی هستند که تابش آن‌ها صرفاً در یک طول موج یا در باند باریکی از طول موج‌ها (برای مثال ۱۰-۵ نانومتر) اتفاق می افتد. با قرار دادن طول موج مرکزی ( $\lambda$ ) در جدول ۱ می توان حد تماس شغلی ۸ ساعته را بر حسب  $J/m^2$  یا  $\text{mJ/cm}^2$  تعیین نمود. حدود تماس شغلی باند باریک، برای حفاظت در برابر هر دو مواجهه قرنیهای و شبکیهای مناسب است. حد دوز می توانند برای دورههای کاری با مدت زمان طولانیتر یا کوتاه تر نیز تنظیم شود. حد دوز حدود تماس شغلی برای پرتوگیری روزانه ( $t_{\text{exp}}$ ) در منبعی با باند باریک را می توان در قالب معادله ۱ و با استفاده از حساسیت طیفی ( $S(\lambda)$ ) که از جدول ۱ به دست می آید و تابندگی فیلتر نشده ( $E\lambda$ ) بر حسب  $W/m^2$  یا  $\text{mW/cm}^2$  بیان نمود:

$$4 (J/m^2) \geq E_{\lambda} (W/m^2) S_{\lambda} \cdot t_{\text{exp}} (\text{S}) \quad 1-1$$

$$3 (\text{mJ/cm}^2) \geq E_{\lambda} (\text{mW/cm}^2) S_{\lambda} \cdot t_{\text{exp}} (\text{S}) \quad 1-2$$

حداکثر زمان مواجهه بر حسب ثانیه برای منبعی با باند باریک را می توان از معادله زیر و با استفاده از

حد تماس شغلی طول موج مورد نظر و تابندگی فیلتر نشده تعیین نمود (نکته: واحدهای انرژی و سطح باید هم خوانی داشته باشند).

$$t_{\max} [S] = \frac{TLV_{\lambda}}{E_{\lambda}}$$

جدول ۱- حد تماس شغلی پرتوهای فرابنفش و اثربخشی طیفی نسبی

S(λ) اثربخشی طیفی نسبی	(TLV)		طول موج (nm)
	(mJ/cm <sup>2</sup> )*	(J/m <sup>2</sup> )*	
۰/۰۱۲	۲۵۰	۲۵۰۰	۱۸۰
۰/۰۱۹	۱۶۰	۱۶۰۰	۱۹۰
۰/۰۳۰	۱۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰
۰/۰۵۱	۵۹	۵۹۰	۲۰۵
۰/۰۷۵	۴۰	۴۰۰	۲۱۰
۰/۰۹۵	۳۲	۳۲۰	۲۱۵
۰/۱۲۰	۲۵	۲۵۰	۲۲۰
۰/۱۵۰	۲۰	۲۰۰	۲۲۵
۰/۱۹۰	۱۶	۱۶۰	۲۳۰
۰/۲۴۰	۱۳	۱۳۰	۲۳۵
۰/۳۰۰	۱۰	۱۰۰	۲۴۰
۰/۳۶۰	۸/۳	۸۳	۲۴۵
۰/۴۳۰	۷/۰	۷۰	۲۵۰
۰/۵۰۰	۰/۶	۶۰	<sup>Δ</sup> ۲۵۴
۰/۵۲۰	۵/۸	۵۸	۲۵۵
۰/۶۵۰	۴/۶	۴۶	۲۶۰
۰/۸۱۰	۳/۷	۳۷	۲۶۵
۱/۰۰۰	۳/۰	۳۰	۲۷۰
۰/۹۶۰	۳/۱	۳۱	۲۷۵
۰/۸۸۰	۳/۴	۳۴	<sup>Δ</sup> ۲۸۰
۰/۷۷۰	۳/۹	۳۹	۲۸۵
۰/۶۴۰	۴/۷	۴۷	۲۹۰
۰/۵۴۰	۵/۶	۵۶	۲۹۵
۰/۴۶۰	۶/۵	۶۵	<sup>Δ</sup> ۲۹۷
۰/۳۰۰	۱۰	۱۰۰	۳۰۰

۱- طول موج‌های انتخابی نماینده ای از طول موج‌ها هستند، سایر طول موج‌ها باید بینابین مقادیر فوق میان یابی شوند.

$$(1\text{mJ}/\text{cm}^2=10\text{J}/\text{m}^2)^*$$

$\Delta$  طول موج تابشی از لامپ تخلیه جیوه

S( $\lambda$ ) اثر بخشی طیفی نسبی	(TLV)		طول موج (nm)
	( $\text{mJ}/\text{cm}^2$ )	( $\text{J}/\text{m}^2$ )	
۰/۱۲۰	۲۵	۲۵۰	۳۰۳
۰/۰۶۰	۵۰	۵۰۰	۳۰۵
۰/۰۲۶	۱۲۰	۱۲۰۰	۳۰۸
۰/۰۱۵	۲۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰
۰/۰۰۶	۵۰۰	۵۰۰۰	۳۱۳
۰/۰۰۳	$1/10 \times 10^2$	$1/10 \times 10^3$	۳۱۵
۰/۰۰۲۴	$1/3 \times 10^2$	$1/3 \times 10^3$	۳۱۶
۰/۰۰۲۰	$1/5 \times 10^2$	$1/5 \times 10^3$	۳۱۷
۰/۰۰۱۶	$1/9 \times 10^2$	$1/9 \times 10^3$	۳۱۸
۰/۰۰۱۲	$2/5 \times 10^2$	$2/5 \times 10^3$	۳۱۹
۰/۰۰۱۰	$2/9 \times 10^2$	$2/9 \times 10^3$	۳۲۰
۰/۰۰۰۶۷	$4/5 \times 10^2$	$4/5 \times 10^3$	۳۲۲
۰/۰۰۰۵۴	$5/6 \times 10^2$	$5/6 \times 10^3$	۳۲۳
۰/۰۰۰۵۰	$6/10 \times 10^2$	$6/10 \times 10^3$	۳۲۵
۰/۰۰۰۴۴	$6/8 \times 10^2$	$6/8 \times 10^3$	۳۲۸
۰/۰۰۰۴۱	$7/3 \times 10^2$	$7/3 \times 10^3$	۳۳۰
۰/۰۰۰۳۷	$8/1 \times 10^2$	$8/1 \times 10^3$	۳۳۳
۰/۰۰۰۳۴	$8/8 \times 10^2$	$8/8 \times 10^3$	۳۳۵
۰/۰۰۰۲۸	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^4$	۳۴۰
۰/۰۰۰۲۴	$1/3 \times 10^3$	$1/3 \times 10^4$	۳۴۵
۰/۰۰۰۲۰	$1/5 \times 10^3$	$1/5 \times 10^4$	۳۵۰
۰/۰۰۰۱۶	$1/9 \times 10^3$	$1/9 \times 10^4$	۳۵۵
۰/۰۰۰۱۳	$2/3 \times 10^3$	$2/3 \times 10^4$	۳۶۰
۰/۰۰۰۱۱	$2/7 \times 10^3$	$2/7 \times 10^4$	۳۶۵
۰/۰۰۰۰۹۳	$3/2 \times 10^3$	$3/2 \times 10^4$	۳۷۰
۰/۰۰۰۰۷۷	$3/9 \times 10^3$	$3/9 \times 10^4$	۳۷۵
۰/۰۰۰۰۶۴	$4/7 \times 10^3$	$4/7 \times 10^4$	۳۸۰
۰/۰۰۰۰۵۳	$5/7 \times 10^3$	$5/7 \times 10^4$	۳۸۵
۰/۰۰۰۰۴۴	$6/8 \times 10^3$	$6/8 \times 10^4$	۳۹۰
۰/۰۰۰۰۳۶	$8/3 \times 10^3$	$8/3 \times 10^4$	۳۹۵
۰/۰۰۰۰۳۰	$1/10 \times 10^4$	$1/10 \times 10^5$	۴۰۰

جدول ۲ - مدت مواجهه با پرتوهای UV در ناحیه طیفی اکتینیک بر حسب تابندگی مؤثر

طول زمان پرتوگیری در روز کاری	تابندگی مؤثر، $E_{eff}$ (mW/cm <sup>2</sup> )
۸Hrs	۰/۰۰۰۱
۴Hrs	۰/۰۰۰۲
۲Hrs	۰/۰۰۰۴
۱Hrs	۰/۰۰۰۸
۳۰ min	۰/۰۰۱۷
۱۵ min	۰/۰۰۳۳
۱۰ min	۰/۰۰۵
۵ min	۰/۰۱
۱ min	۰/۰۵
۳۰ sec	۰/۱
۱۰ sec	۰/۳
۱ sec	۳
۰/۵ sec	۶
۰/۱ sec	۳۰

### ۵-۳-۴ جذب پرتو فرابنفش

از شیشه معمولی فقط پرتو فرابنفش A عبور می‌کند. در صنعت شیشه‌هایی با ترکیبات مخصوص می‌سازند که طول موج ۰/۲۶ یعنی فرابنفش B و A و قسمتی از C را نیز عبور دهد.

- شفافیت کوارتز خیلی بیشتر از شیشه است و فقط طول موج‌های کوتاه‌تر از ۰/۱۸ میکرومتر در آن جذب می‌شود. به همین سبب حباب‌های چراغ‌هایی مولد پرتو فرابنفش را از کوارتز تهیه می‌کنند.

- آب خالص برای پرتو فرابنفش، شفاف‌ترین مایعات است و طبقات نازک آن امواج بلندتر از ۰/۲ میکرومتر را از خود عبور می‌دهند.

- گازها معمولاً برای پرتو فرابنفش، شفاف هستند و طول موج‌های بلندتر از ۰/۱۸ میکرومتر از لایه‌های نازک هوا به خوبی عبور می‌کنند.

### ۵-۳-۵ اندازه گیری پرتو فرابنفش

اساس اندازه گیری پرتو فرابنفش متکی به خواص فیزیکی و شیمیایی آن است. وسایلی که برای اندازه گیری پرتو فرابنفش وجود دارد، اکتی نومتر<sup>۱</sup> نامیده می شود و به سه دسته تقسیم می شود:

- **پیل ترموالکتریک:** جسمی را که کلیه پرتو را جذب می کند، در معرض تابش پرتو قرار داده و حرارت حاصله را اندازه گیری می کنند.

- **اکتی نومتر فیزیکی:** مهم ترین این نوع اکتی نومترها سلول فوتوالکتریک<sup>۲</sup> است که از یک حباب از جنس کوارتز که به خوبی تخلیه شده است، تشکیل شده و نیز شامل دو الکترود است.

- **اکتی نومتر شیمیایی:** املاح نقره در اثر تابش پرتو فرابنفش احیا شده و چون نقره آن آزاد می گردد، املاح سیاه رنگ می شود. اکتی نومتری که متکی به خاصیت فوق است، اکتی نومتر بوردیپه<sup>۳</sup> است.

### ۵-۳-۶ خواص فیزیکی پرتو فرابنفش

- **خاصیت فوتوالکتریک:** اگر پرتو فرابنفش به فلزات بتابد، از آن ها الکترون جدا می کند، ولی جدا شدن الکترون در کلیه فلزات به یک اندازه نیست حساسیت کادمیوم بیش از همه می باشد. مقدار الکترونی که از فلز جدا می شود، متناسب با مقدار انرژی پرتوی است که به آن می تابد.

- **خاصیت فلوئورسانس:** یکی از خواص مهم و جالب پرتو فرابنفش خاصیت فلوئورسانس آن می باشد. اگر در مقابل پرتو فرابنفش و یا یک چراغ بخار جیوه، اجسامی از قبیل گچ و کولوفان<sup>۴</sup> و محلول سالیسیلات دو سود یا آنتی پیرین و یا بعضی از سنگ های معدنی را قرار دهند، ملاحظه می شود که هر یک به نسبت جذب پرتو به رنگ های مختلف درخشندگی پیدا می کنند. این خاصیت نیز بستگی به طول موج و شدت جذب پرتو دارد. بعضی اجسام در مقابل پرتو فرابنفش با موج بلند این خاصیت را ندارند و به عکس در مقابل پرتو فرابنفش با موج کوتاه خاصیت فلوئورسانس پیدا می کند.

- **خاصیت فوتو شیمیایی:** پرتو فرابنفش باعث تعداد زیادی فعل و انفعالات شیمیایی می شود و این خاصیت در پرتو با موج کوتاه  $0/3$  میکرومتر شدیدتر است. از جمله مانند نور مرئی که املاح نقره را تجزیه و فلز آن ها را آزاد می سازد و این خاصیت در پرتو با موج کوتاه بیشتر است. مدت ها برای اندازه گیری مقدار پرتو فرابنفش از این خاصیت استفاده می کردند.

- 1- Actinometer
- 2- Photoelectric
- 3- Bordier
- 4- Colophan

**۵-۳-۷ کاربرد پرتو فرابنفش**

- برای ضد عفونی کردن آب‌ها
- تحریک پذیری شدید روی اعضای حسی سطحی
- تخریب نسوج
- تخریب باکتری‌ها
- تهیه ویتامین D
- معالجه امراض پوستی

**۵-۳-۸ فاکتورهای موثر در شدت اثرات ناشی از مواجهه پرتو ماورای بنفش**

- مدت مواجهه شدن با پرتو
- شدت پرتو
- فاصله از منبع تولید پرتو
- میزان آگاهی فرد در معرض نسبت به منبع و سطح انتشار پرتو
- انعکاس از آب و برف باعث افزایش شدت تماس می‌شود.

**۵-۳-۹ مشاغل در معرض UV:**

- نور طبیعی خورشید: کشاورزان - باغبانان - ماهیگیران - کارگران راه آهن - پلیس - پرسنل نظامی
- کارگران ساختمان سازی و ...
- (بیشتر آسیب‌های ناشی از UV در این گروه واسطه مواجهه با نور خورشید در ساعات پیک ۱۰ صبح تا ۳ بعد از ظهر رخ می‌دهد)
- جوشکاری (Arc Welding), (/برش با شعله (Torch Cutting): جوشکاران - کارگران خط لوله - برشکاران لوله و ...
- UV میکروبی کش: پزشکان - پرستاران - دندان پزشکان - تکنسین‌های آزمایشگاه - آرایشگران و ...
- پروسه‌های خشک کردن و Curing: چاپگران - نقاشان - لیتوگرافیان - کارگران پلاستیک و ...

**۵-۳-۱۰ لوازم حفاظت فردی هنگام کار با پرتو ماوراء بنفش:**

- عینک مخصوص (جوشکاری)



- لباس کار (لباس‌های آستین بلند و کاملاً پوشیده)
- دستکش
- کفش
- حفاظ‌های شیشه‌ای
- کاهش شدت پرتو با افزایش فاصله نسبت به منبع ارسال کننده پرتو

### ۵-۳-۱۱ عوامل مؤثر بر میزان پرتو UV عبارتند از:

- میزان فاصله خورشید از زمین:
- هر چه خورشید در مکان بلند تری و فاصله دورتری از سطح زمین قرار گیرد، میزان پرتو UV ناشی از آن بیشتر می‌باشد. بنابراین شدت پرتو UV با تغییرات روز و سال متغیر است. در خارج از نواحی گرمسیری حداکثر پرتو UV وقتی است که خورشید در بالاترین ارتفاع قرار داشته که حدود ظهر (ظهر آفتابی) در ماه‌های تابستان است.

### - عرض جغرافیایی:

- هر چه به مناطق استوایی نزدیک‌تر شویم بر شدت پرتو UV افزوده می‌شود.

### - پوشش ابر:

- در آسمان‌های بدون ابر، پرتو UV در حداکثر میزان خود است اما در هنگام آسمان ابری نیز میزان پرتو UV می‌تواند بالا باشد. پراکنندگی پرتوها همانند بازتاب آن از سطوح مختلف دارای اثرات یکسانی نبوده و بنابراین میزان پرتو UV کل افزایش می‌یابد.

### - ارتفاع:

- در ارتفاعات بالا، اتمسفر رقیق شده و میزان UV کمتری جذب می‌کند. با افزایش هر ۱۰۰۰ M ارتفاع میزان پرتو UV از ۱۰٪ به ۱۲٪ می‌رسد.

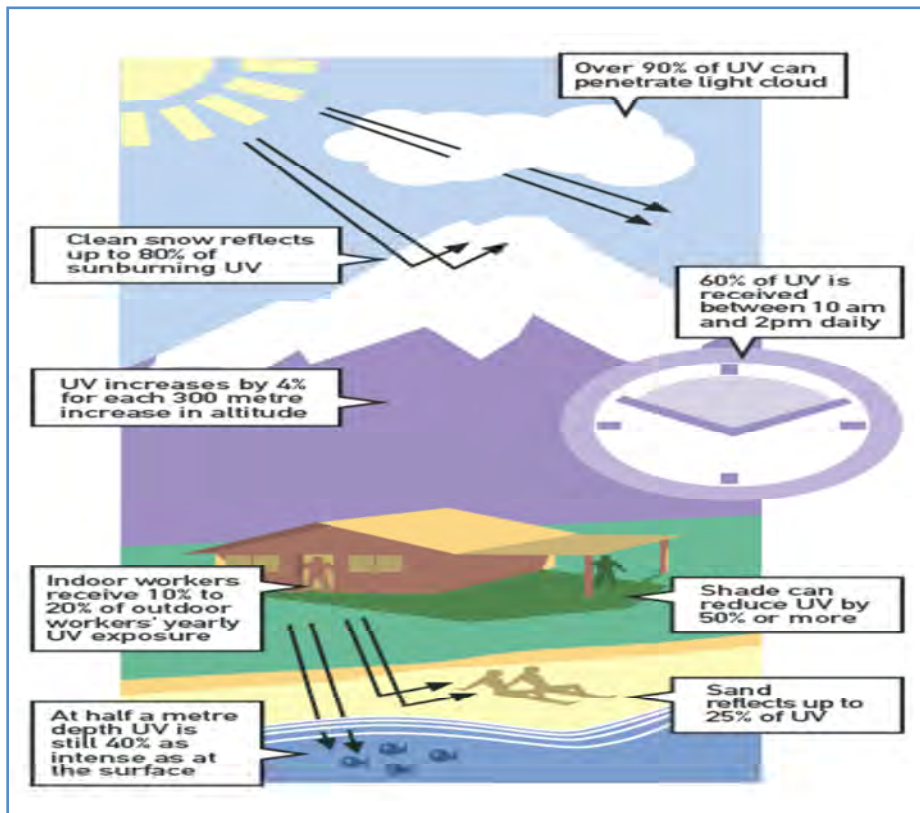
### - ازن:

- لایه ازن مقداری از پرتوهای UV را که به سطح زمین می‌رسد می‌تواند جذب کند. میزان ازن در طول

سال و یا حتی در طول روز متغیر است. (۴ و ۵)

### - بازتاب توسط زمین:

پرتوهای UV، توسط سطوح مختلف و به اندازه های مختلف بازتاب و پراکنده می شود. به عبارت دیگر، برف تازه ۸۰٪، سواحل خشک شنی ۱۵٪ و موج دریا ۲۵٪ پرتو UV را بازتاب می کند. مقادیر کم پرتو UV برای افراد مفید بوده و جهت تولید ویتامین D ضروری می باشد. همچنین پرتو UV جهت درمان بسیاری از بیماری ها که شامل نرمی استخوان، پسوریازیس (داء الصدف) و آگزما می باشد بکار می رود. این مسئله باید تحت نظر پزشک بوده و فواید درمان در مقابل خطرات در معرض بودگی پرتو UV باید مورد قضاوت و مقایسه قرار گیرد. در معرض بودن طولانی انسان در برابر پرتوهای UV خورشیدی می تواند سبب اثرات بهداشتی حاد و مزمن بر روی پوست، چشم و سیستم ایمنی گردد. آفتاب سوختگی و برنزه شدن از شایع ترین اثرات حاد شناخته شده ناشی از در معرض بودن بیش از حد UV است. در دراز مدت، پرتوهای UV سبب تغییرات غیر قابل برگشت در سلول ها، بافت های فیبری و رگ های خونی می شود که سبب پیری زودرس پوست خواهد شد. همچنین پرتوهای UV می تواند سبب واکنش های حرارت زا در چشم نظیر فتوکرومیک<sup>۱</sup> شود.



### ۵-۳-۱۲ شاخص جهانی پرتو UV

UVI، مقیاسی از شدت پرتو UV موجود در سطح زمین است که مطابق میزان اثرات پرتو روی پوست بدن می‌باشد به عبارت دیگر شاخص جهانی پرتو UV (UVI) میزان پرتو UV خورشیدی بر روی سطح زمین را توصیف می‌کند. در مقادیر موجود در محدوده شاخص هر چه از صفر به سمت بالاتر برویم، پتانسیل آسیب به پوست و چشم افزایش یافته و نیز درمان بیشتری برای آسیب مورد نیاز خواهد بود.

میزان پرتو UV و در نتیجه مقادیر شاخص در طول روز متفاوت است. در هنگام گزارش UVI، بیشترین توجه به بیشترین میزان پرتو UV که در طول روز دریافت می‌شود، می‌باشد. این مورد، در موقع یک دوره ۴ ساعته حوالی ظهر آفتابی اتفاق می‌افتد. بسته به موقعیت جغرافیایی و اینکه آیا زمان حفاظت در برابر خورشید رسیده باشد، ظهر آفتابی بین ظهر محلی و ساعت ۲ بعد از ظهر می‌باشد.

رسانه‌ها معمولاً حداکثر میزان پرتو UV روز بعد را پیش بینی می‌کنند. در بسیاری از کشورها UVI همراه با پیش بینی وضع هوا در روز نامه‌ها، تلویزیون و رادیو گزارش می‌شود، اما این گزارش معمولاً در ماه‌های تابستان انجام می‌شود.

– گزارش مقادیر UVI

– گزارشات UVI باید، حداکثر مقدار روزانه پرتو را نشان دهد. هنگام گزارش یا پیش بینی حداکثر روزانه از مقدار متوسط ۳۰ دقیقه ای باید استفاده شود. در جایی که مشاهدات پیوسته در دسترس باشد، میانگین ۱۰-۵ دقیقه ای برای نشان دادن تغییرات کوتاه مدت مفید است. – باید به صورت مقدار ساده ای که عدد صحیح کل مقدار است، نمایش داده شود. – اما، هنگامی که نوع پوشش ابر متفاوت است، UVI باید به صورت محدوده ای از مقادیر ارائه شود.

– پیش بینی‌ها در مورد UVI باید بر اساس اثرات ابرها بر میزان عبور پرتو UV از اتمسفر باشد. – برنامه‌هایی که به اثرات ابرها مرتبط نیستند، باید در پیش بینی‌های خود، هوای تمیز یا بدون ابر را اعلام کنند.

مقادیر UVI در طبقه بندی‌های در معرض بودگی (جدول ۱) جمع آوری شده است. ادارات یا سرویس‌های رسانه ای ملی مرتبط با هواشناسی، ممکن است برای گزارشات خود از طبقه بندی در معرض بودگی، مقادیر یا محدوده‌های UVI، و یا هر دو استفاده کنند.

جدول ۱: طبقه بندی در معرض بودگی پرتو UV

محدوده UVI	طبقه بندی در معرض بودگی
۲ >	کم
۳-۵	متوسط
۶-۷	زیاد
۸-۱۰	خیلی زیاد
>۱۱	بیش از حد

پذیرش UVI به عنوان اطلاعات مفید روزانه توسط جامعه، هدف نهایی می‌باشد. جهت دستیابی به این هدف، پیام‌ها باید ساده و به راحتی قابل فهم باشد. گزارش کردن UVI که مطابق با دریافت

کننده (شنونده) است به مردم اجازه خواهد داد که پیشنهادات را به کار برده و UVI را به عنوان خط مشی رفتارهای حفاظتی در برابر خورشید بپذیرند. از دیدگاه بهداشتی، این مسئله مهم است که اکثر افراد آسیب پذیر جامعه را بتوان محافظت کرد. بر اساس یافته‌ها که بیش از ۹۰٪ موارد سرطان پوست غیر تومری در پوست‌های نوع I و II (جدول ۲) رخ می‌دهد، بهترین پیام‌های حفاظتی پایه ای که مرتبط با UVI است باید روی افراد بوز که استعداد بیشتری به سوختگی دارند، متمرکز شود. کودکان که به طور خاصی نسبت به پرتو UV حساس تر هستند نیاز به حفاظت‌هایی ویژه دارند. با اینکه مواقع وقوع سرطان پوست در افراد دارای پوست‌های تیره کمتر است، اما آن‌ها نیز با این وجود مستعد آسیب‌های ناشی از پرتو UV به خصوص اثرات بر روی چشم و سیستم ایمنی هستند. پیام‌های مکمل در سطوح ملی و منطقه‌ای، نیازهای خاص افراد زیرگروهی را که مشخصات آن‌ها گفته شد، در برمی‌گیرد. این مسئله باید در تفاوت‌های اقلیمی و فرهنگی، پذیرش خطرات پرتو UV در جامعه و مرحله آموزش حفاظت در برابر خورشید، دخالت داده شود.

جدول ۲: طبقه بندی انواع پوست‌ها

پرتو شدن بعد از آفتاب گیری	سوختگی در آفتاب	طبقه بندی نوع پوست
به ندرت	همیشه	I
گاهی اوقات	معمولاً	II دارای رنگدانه کم
معمولاً	گاهی اوقات	III دارای رنگدانه معمولی
همیشه	به ندرت	IV
	به طور طبیعی پوست قهوه ای	V پوشیده از رنگدانه
	به طور طبیعی پوست مشکی	VI

اساس پیام حفاظتی در برابر خورشید

- در معرض بودگی خود را در ساعات وسط روز کم کنید.
- به دنبال سایبان باشید.
- از لباس‌های محافظ استفاده کنید.



- از کلاه لبه دار پهن جهت حفاظت چشم‌ها، صورت و گردن استفاده کنید.
- چشم‌ها را به وسیله عینک‌های آفتابی دور بسته یا دارای قاب کناری محافظت کنید.



- استفاده از عینک‌های آفتابی دارای طیف گسترده یا فاکتور حفاظت در برابر خورشید (SPF) +۱۵ به طور گسترده
- ممانعت از استفاده از بسترهای برنزه کننده
- حفاظت از کودکان و نوجوانان: سایه‌بان، لباس‌ها و کلاه‌ها که بهترین محافظ‌ها هستند - حفاظت از قسمت‌هایی از بدن را که در معرض خورشید قرار دارند مانند صورت و دست‌ها را فراهم می‌کنند.
- حفاظ‌های خورشیدی نباید در مدت طولانی در معرض بودگی استفاده شود. (۶)

### ۵-۳-۱۳ دو مفهوم متفاوت از حفاظت در برابر خورشید پیشنهاد می‌شود:

واکنش دو تایی به همراه مقدار آستانه مشخص شده UVI که بیشتر از حفاظت‌های خورشیدی پیشنهاد شده است، یا واکنش درجه بندی شده همراه با افزایش مقادیر UVI که شامل استفاده متوالی از شاخص‌هایی متفاوت حفاظت خورشیدی است.

برای مورد دوم، مبنای علمی کمی وجود دارد: اگر حفاظت خورشیدی مورد نیاز باشد باید شامل تمام وسایل حفاظتی که شامل لباس، عینک‌هایی آفتابی، سایه بان و حفاظ‌های خورشیدی می‌گردد، باشد (شکل ۱). علاوه بر این، نوع طبقه بندی شده وقتی اهمیت دارد که حفاظت‌های خورشیدی بیشتری در مقادیر بالاتر پرتو UV مورد نیاز باشد.

حتی برای افراد حساس دارای پوست خیلی روشن، میزان خطر آسیب‌هایی کوتاه مدت و بلند مدت UV، پایین تر از  $UVI=3$  محدود است و تحت شرایط نرمال، شاخص‌های حفاظتی مورد نیاز نمی‌باشد. بالاتر از حد آستانه ۳، حفاظت ضروری بوده و این پیام باید در مقادیر  $UVI=8$  و بالاتر تقویت شود.



شکل ۲: نمای پیشنهاد شده برای حفاظت در برابر خورشید همراه با پیام با صدای کوتاه

### ۵-۳-۱۴ نمایش گرافیکی UVI

نمایش گرافیکی UVI به صورت استاندارد، سبب تقویت استحکام گزارش UVI در اخبار و گزارشات وضع هوا می‌شود و سبب افزایش درک مفهوم UVI توسط مردم نیز می‌شود. وسایل آماده شده برای گزارش‌ها، سبب افزایش موفقیت درک از طریق رسانه‌ها شده و وجود بیش از یک

حق انتخاب، به رسانه های مختلف این امکان را می دهد که از عهده محدودیت های تکنیکی برآیند. بسته اشکال می توانند از سایت اینترنتی پروژه جهانی:

<http://WWW.WHO.int/UV/،Who،UV>

دانلود شود که شامل Logo، آیکون های مختلف برای گزارش UVI، آیکون های حفاظتی خورشیدی و کدهای رنگی برای مقادیر مختلف UVI می باشد.



شکل ۳: نمونه هایی از تصاویر گرافیکی UVI

### ۵-۳-۱۵ پیام های اضافی در مورد آفتاب سوختگی

طرح اساسی برای گزارش UVI و حفاظت در برابر خورشید به وسیله استفاده از پیام مکمل در سطوح ملی و منطقه ای بسط و گسترش یافته است. پیام مربوط به پرنزه شدن توسط آفتاب، حفاظت در برابر خورشید و عدم توانایی مردم در مورد درک UVI، زمینه پیام پایه ای را فراهم می کند و در تمام زمینه ها می توانند استفاده شود.



پیام بر پایه زیست محیطی، فعالیت یا گروه‌هایی در معرض خطر، می‌توانند به طور خاص به شرایط منطقه ای آب و هوا یا شرایط ویژه محیط زیست یا اجتماع کشور مورد نظر، مرتبط شود. ضمیمه E، مثال‌هایی از پیام‌های مکمل حفاظتی خورشید را در کشورهای استرالیا، کانادا و فرانسه را لیست کرده است.

گروه‌های هدف شامل بچه‌ها و افراد جوان می‌باشد، چون در معرض بودگی مکرر در برابر پرتو UV و سابقه سوختگی آفتاب در دوران کودکی و نوجوانی به عنوان عوامل خطرزا مهم سرطان پوست به خصوص تومور بدخیم پنهان کشنده می‌باشد. همچنین پیام‌های مکمل می‌توانند جهت اصلاح تصورات غلط در مورد پرتو UV و اثرات بهداشتی آن‌ها، استفاده شود. (جدول ۳).

جدول ۳- پیام‌های مکمل که می‌توانند جهت اصلاح تصورات غلط در مورد پرتو UV و اثرات بهداشتی آن‌ها، استفاده شود.

غلط	درست
برنزه شدن در برابر آفتاب بی خطر است	برنزه شدن واکنش دفاعی بدن در برابر آسیب‌هایی ناشی از UV می‌باشد
در روزهای ابری احتمال آفتاب سوختگی وجود ندارد	بیش از ۸۰٪ پرتو UV خورشیدی می‌تواند از پوشش ابر عبور کند. تیرگی اتمسفر حتی در معرض بودگی پرتو UV را افزایش نیز می‌دهد.
برنزه شدن بدن را در مقابل خورشید محافظت می‌کند	برنزه شده تیره بر روی پوست بور فقط حفاظت محدودی برابر SPF ۱/۴ موجب می‌شود.
در زمانی که در آفتاب هستید احتمال آفتاب سوختگی وجود ندارد	آب به مقدار کمی سبب حفاظت در برابر UV شده و بازتاب‌های پرتو از آن در معرض بودگی پرتو UV را افزایش می‌دهد.

### ۵-۳-۱۶ استفاده از رنگ‌ها جهت افزایش تفاوت‌ها

رنگ‌های خاص باید جهت نشان دادن UVI خورشیدی استفاده شوند. این رنگ‌ها بر پایه علمی نبوده اما ابزاری هستند که نمایش UVI را جذابتر می‌کنند. رنگ‌هایی کدگذاری شده، ایجاد تفاوت بین مناطق جغرافیایی دارای مقادیر کم و زیاد UV را راحت تر کرده و رنگ‌های پایه برای هر طبقه بندی، تعریف شده است.

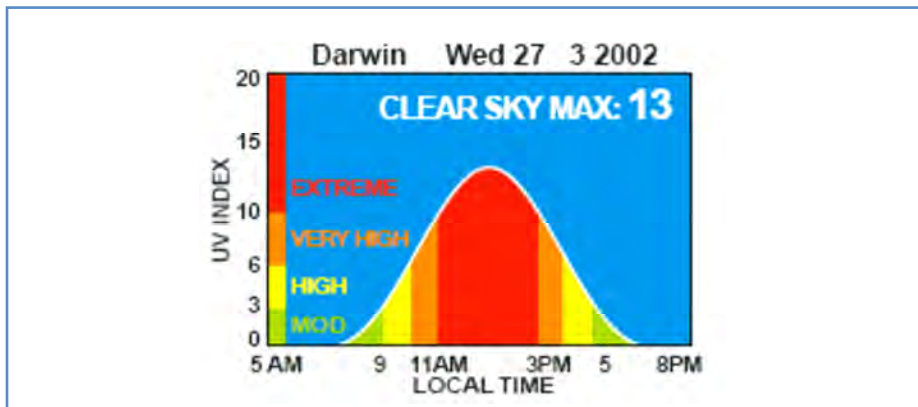
جدول ۴- نمایش UVI کد رنگ ها بین المللی

UV INDEX 1	UV INDEX 2	UV INDEX 3	UV INDEX 4	UV INDEX 5	UV INDEX 6	UV INDEX 7	UV INDEX 8	UV INDEX 9	UV INDEX 10	UV INDEX 11+
Low (1,2)		Moderate (3,4,5)			High (6,7)		Very high (8,9,10)			Extreme (11+)
Green PMS 375		Yellow PMS 102			Orange PMS 151		Red PMS 032			Purple PMS 265

هر رنگ مربوط به طبقه بندی می‌توانند درجه بندی شود تا سبب ایجاد تمایز در سطوح ملی مقادیری که اغلب در یک طبقه بندی در طول ماه‌های تابستان باقی مانده است، شود. همه رسانه‌ها توانایی تابعیت از تمایز رنگ‌ها، در نمایشهای خود را ندارند. به طور کلی رسانه‌های دیداری از نقشه‌های استاندارد استفاده می‌کنند و تغییرات در رنگ‌ها به دلیل محدودیت‌های تکنیکی در آن امکان پذیر نیست. همین طور رسانه‌های مطبوعاتی سیاه و سفید (روزنامه‌ها) نیز نمی‌توانند از طرح‌های رنگی توصیه شده استفاده کنند.

- مشخص کردن ساعات خطرناک

در کشورهایی که دارای میزان پرتو UV بالا بوده و آگاهی مردم نسبت به پرتو UV و حفاظت در برابر خورشید گسترده است، مفهوم‌های پیشرفته تری جهت ایجاد تمایز به کار برده می‌شود. این مسئله در استرالیا در سال ۲۰۰۰ آغاز شد. این خط مشی بر روی ساعاتی از روز که میزان UVI بالاتر از حد آستانه است متمرکز شده است. در حالی که در یک روز میزان UVI به بالای عدد ۳، برای مدت کمتر از ۳۰ دقیقه برسد، در روز دیگر ممکن است برای چندین ساعت روی عدد ۳ باقی بماند. اطلاع دادن به مردم، باید بر نیاز آن‌ها برای قبول کردن کارهای حفاظتی در برابر خورشید در طول این ساعات تأکید داشته باشد (شکل ۵).



نمایش گرافیکی ساعات خطرناک تابش UVI

### ۵-۳-۱۷ حمایت تضمین شده رسانه‌ها

رسانه‌ها باید در مورد گزارش کردن UVI به همراه اطلاعات روزانه هواشناسی، تشویق شوند، در نتیجه مردم شروع به پذیرش این مسئله، به عنوان بخش مهمی از اطلاعات به همراه اخبار و گزارش وضع هوا می‌کنند. تلویزیون، رادیو و رسانه‌های انتشاری واسطه مهمی برای آگاهی دادن به جامعه در مورد خطرات پرتو UV و نیاز به قبول وسایل حفاظتی می‌باشند. آن‌ها می‌توانند از برنامه‌های ملی و منطقه‌ای به وسیله تأکید بر نکات مهم بهداشتی حمایت کرده و نیز می‌توانند تحقیقات را به وسیله آشنا کردن مردم با نتایج اثرات بهداشتی یا وسایل حفاظتی آشنا برای مردم، ترویج کنند. برای تضمین علاقه مداوم در زمینه آگاهی دادن، برای توسعه پیشرونده کوتاه مدت، پیام واضح که مناسب واسطه‌های خاص است، مهم خواهد بود.

### نقش نویسندگان منطقه‌ای و آژانس‌های بهداشتی

- تقویت فعالیتهای دارای نوآوری در مورد حفاظت در برابر خورشید نظیر برنامه‌های مربوط به مد که از طراحی‌ها و پارچه‌های حفاظتی در برابر UV استفاده کنند و پروژه‌های عملی و مسابقات.

- تشویق تغییر در رفتار از طریق دستورهای نشان دار و فعالیتهای آموزشی در جامعه و وسایل تفریحی و خدماتی
- اصلاح در محیط فیزیکی و تقویت توجه به سایبانها در تأسیسات شهری و اماکن عمومی. این مورد می‌تواند شامل برنامه‌هایی در مدارس و مهد کودک‌ها شود، توزیع بروشور در ساختمانهای عمومی بانکها، مراکز خرید و مراکز درمانی، و نمایشگاههای وسایل حفاظتی خورشید که با مشارکت متخصصین بهداشتی در عرضه و غربال موارد سرطان پوست می‌باشد.

### ۵- ۳- ۱۸ استراتژی مفید:

- ایجاد کنفرانسهای مطبوعاتی در ابتدای زمانهای بحرانی نظیر اواخر بهار، که متخصصان بهداشتی برای ملاقاتها فراهم شوند.
- سازماندهی سمینارهای کوتاه برای روزنامه نگاران جهت آموزش در مورد مشکلات مواجهه بیش از حد پرتو UV و انتشار پیام کلیدی حفاظتی خورشید.
- استفاده از ابزارهای اطلاع رسانی برای کنفرانسهای مطبوعاتی جهت پررنگ کردن کارهای کلیدی، همانند مطبوعات که پیام ساده و واضح ایجاد می کنند.
- استفاده از داستانهای جالب جهت گسترش پیامها. برای تقویت UVI نیاز به هدایت در مسیر مثبت و جذاب می باشد. کلمات کلیدی شامل نجات، حفاظت و کمک است.

### ۵- ۳- ۱۹ پیامهای حفاظتی در برابر خورشید

- از عینک‌هایی آفتابی، کلاه‌های لبه دار پهن و لباس‌هایی محافظ استفاده کرده و اغلب از محافظ‌های خورشید با  $spf + 15$  برای محافظت خودتان استفاده کنید.
- به کار بردن محافظهای آفتاب وسیله ای برای طولانی تر ماندن زیر آفتاب نیست بلکه برای کاهش اثرات ناشی از در معرض بودگی است.
- استفاده از مواد دارویی و شیمیایی خاص مثل عطرها و خوشبو کننده ها می تواند پوست را حساس کرده و سبب سوختگی در آفتاب شود. برای توصیه های بیشتر به داروساز مراجعه کنید.
- در معرض بودگی آفتاب، خطر سرطان پوست را افزایش داده، باعث سریعتر شدن پیری پوست و آسیب به چشمان می شود. از خود مراقبت کنید.
- سایبانها یکی از بهترین مدافعان در برابر پرتوهای خورشید هستند. سعی کنید در طول ساعات وسط روز و هنگامی که میزان پرتو UV حداکثر است، سایبانهای پیدا کنید.
- استفاده از البسه حفاظتی یکی از ساده ترین شکل‌های حفاظت از پرتو UV است که میزان محافظت آن بسته به میزان نفوذ UV از آن‌ها فرق می کند.
- منسوجات تیره رنگ میزان جذب UV را افزایش می دهند.
- منسوجات دارای بافت ریز باعث افزایش جذب UV می شود.
- تغییرات upf (فاکتور حفاظت در برابر UV) برای منسوجات خشک و مرطوب نوع نخی ثابت می باشد در صورتی که کلیه نمونه هاموقعی که مرطوب هستند میزان upf آن‌ها کاهش می یابد.

• تغییر در upf هابین انواع مرطوب و خشک برای نوع نخی - پلی استری نسبت به نخی بیشتر می باشد و افزایش جزیی upf برای منسوجات مرطوب وجود دارد در حالی که برای سایرین کاهش نشان می دهد.



### ۵-۳-۲۰ پیام‌های مربوط به محیط زیست

- موقعیتهای خطرناک را تشخیص دهید. اگر سایه شما کم و یا در معرض بودگی تان طولانی است از پوست خود محافظت کنید.
- مراقب باشید. بسیاری از پرتوهای UV می توانند از میان ابرها عبور کند.
- در کوهستانها، میزان پرتو UV به ازای افزایش هر ۱۰۰۰ متر ارتفاع، تقریباً ۱۰٪ افزایش می یابد.
- انعکاس توسط برف می توانند مقدار پرتو UV که شما در معرض آن هستید را دو برابر کند.
- برف تازه می توانند میزان پرتو UV که شما در معرض آن هستید را دو برابر کند. پس از عینک آفتابی و محافظهای آفتابی استفاده کنید.

### ۵-۳-۲۱ پیام‌هایی برای کودکان به عنوان گروه‌های ویژه در معرض خطر

- در معرض بودگی زیاد در دوران کودکی میزان خطر سرطان پوست را در دوران بزرگسالی افزایش داده و می توانند سبب آسیب‌های جدی به چشم شود.
- همه کودکان زیر ۱۵ سال دارای پوست و چشمان حساس هستند. از آن‌ها محافظت کرده و مثالهای خوبی برایشان بیاورید.
- خورشید قویتر شده، و کودکان در معرض پرتوهای آن در هنگام ناهار و استراحت، آسیب پذیر هستند. کودکان خود را تشویق کنید تا از وسایل حفاظتی خورشیدی استفاده نموده و در سایه استراحت کنند.
- بیشترین در معرض بودگی دوران زندگی ما در برابر پرتو UV تا سن زیر ۱۸ سال رخ می دهد.

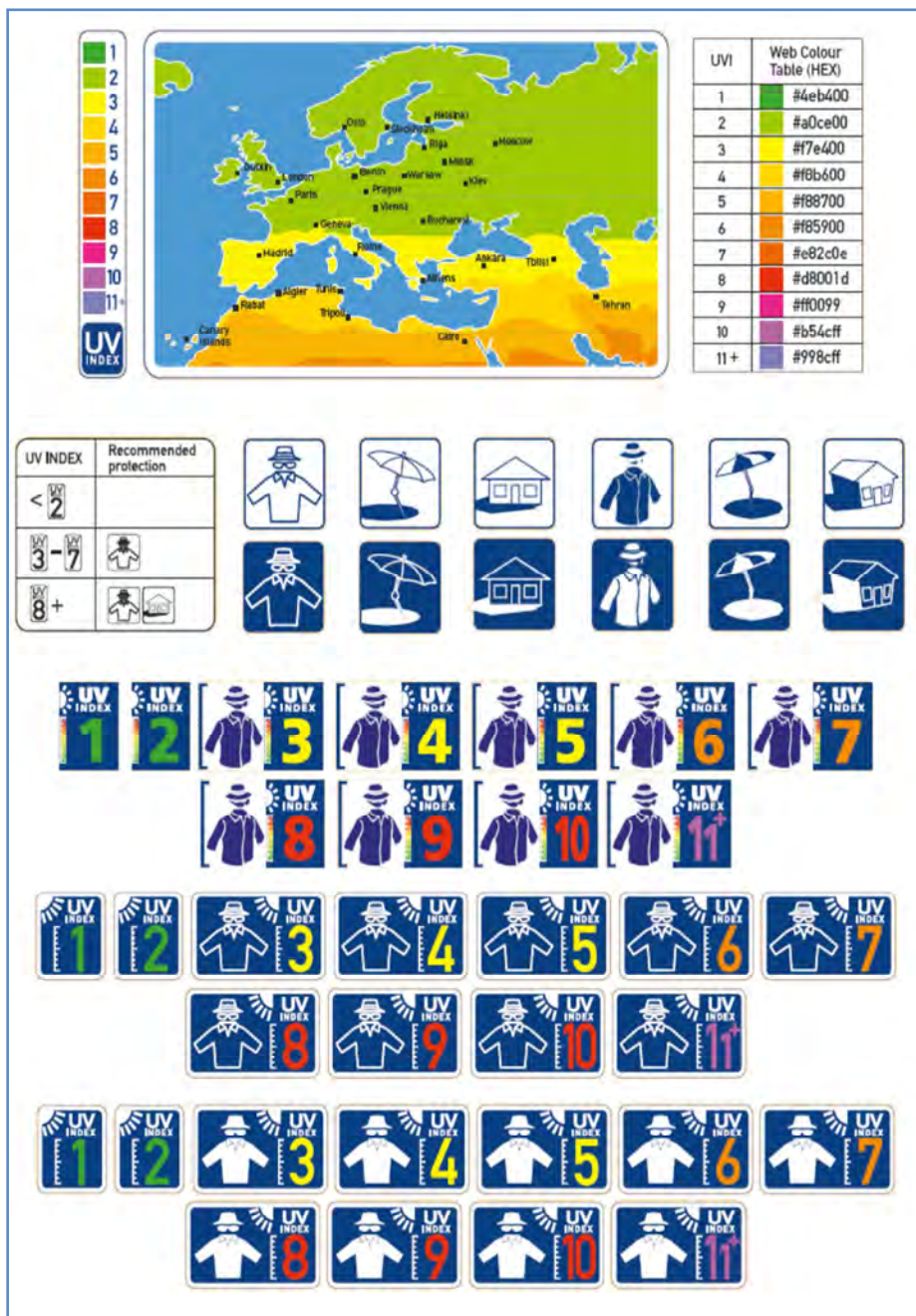
- از کودکان خود، محافظت کنید تا پوست آن‌ها در طول زندگی سالمتر و جواتر بماند.
- والدین از کودکانشان در برابر آفتاب محافظت می‌کنند. به آن‌ها در مورد نحوه جلوگیری از در معرض بودگی آفتاب و مراحل صحیح حفاظت در برابر خورشید آموزش دهید.
- استفاده از کرمهای آرایشی مناسب در برابر UV
- کرمهای پوست جذب کننده محتوی بنزوفنولها، پ-آمینوبنزوئیک اسید
- کرمهای پوست ممانعت کننده حاوی دی اکسید تیتانیوم، اکسیدروی



### ۵-۳-۲۲ انواع مختلفی از پوششهای حفاظتی چشم

- عینک‌های کاملاً انعطاف پذیر با تهویه منظم
- عینک‌های ماسکی با بدنه سفت و بالشکک دار برای کیپ شدن
- عینک با چهار چوب فلزی و حفاظ پهلویی
- عینک با چهار چوب پلاستیکی و حفاظهای پهلویی
- عینک‌های ماسکی جوشکاری، نوع روی عینکی و عدسیهای تیره رنگ
- حفاظ صورتی با پنجره پلاستیکی یا توری دار
- ماسک جوشکاری (۸)

ارائه گرافیکی شاخص UV



### ۵-۳-۲۳ پرتوها به عنوان یکی از عوامل زیانآور موجود در کارگاه جوشکاری:

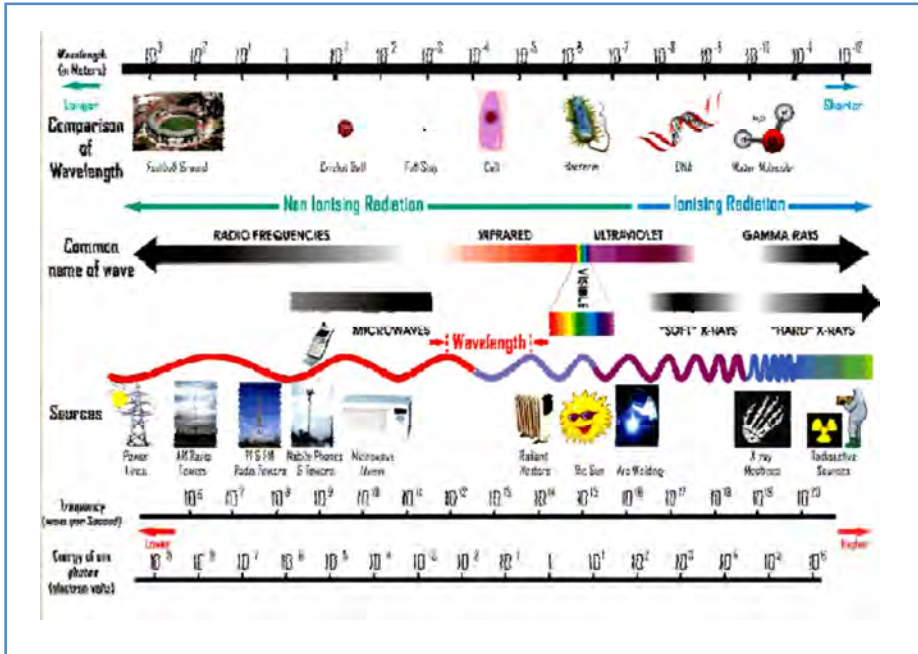
فرآیند جوشکاری از جمله گسترده ترین و در عین حال ساده ترین فعالیت ها در محیط‌هایی صنعتی است که البته مجموعه ای از عوامل زیان آور را همراه خود دارد. در کار جوشکاری ابزار و وسایلی استفاده می شود که در صورت عدم رعایت موازین ایمنی باعث بروز مشکلاتی می گردد. عمده ترین عوامل زیان آوری که در رابطه با این حرفه وجود دارد عبارتند از:

- ۱- انواع پرتوهای ناشی از جوشکاری
- ۲- سر و صدای محیط کار
- ۳- دود و گازهای ناشی از جوشکاری
- ۴- حرکات و وضعیت‌های نامناسب بدن در حین کار

### ۵-۳-۲۳-۱ پرتوهای ناشی از جوشکاری

نور مرئی همان نور طبیعی و نور مصنوعی ناشی از لامپ‌ها می باشد که نه تنها نقش مهمی در رویت اشیا و جلوگیری از برخورد با آنها دارد بلکه بر اساس آخرین تحقیقات نقش بسیار مهمی در افزایش بازدهی و جلوگیری از خستگی ناشی از کار دارد. در بین پرتوها، پرتو ماوراء بنفش (UV) ناشی از نقطه جوش و فرو سرخ (IR) ناشی از التهاب فلز گداخته خطر بیشتری دارند. تابش پرتو حاصل از جوشکاری به خصوص دستگاه‌های جوش الکتریکی بر چشم سبب ناراحتی چشم با علائم سرخی، ریزش اشک، خارش و ترس از نور، ورم ملتحمه، خیرگی و آب مروارید می گردد. روش پیشگیری: در مورد جوشکاران بایستی از عینکها و یا سپرهای حفاظتی شیشه‌های آن قادر به جذب پرتو ماوراء بنفش و فرو سرخ می باشند استفاده شود.





طیف پرتوهای الکترو مغناطیسی

#### ۴-۵ پرتوهای الکترومغناطیسی با فرکانسهای رادیویی و ماکروویوها

#### ۴-۵-۱ تابش رادیو فرکانس:

تابش رادیو فرکانس (Radio frequency radiation, RF) و مایکروویو (Micro Wave radiation) دسته ای از گروه پرتوهای غیر یونیزان را تشکیل می دهند که دارای فرکانس در محدوده ۳ کیلوهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز (GHz) می باشند. مواجهه با این تابش می تواند شغلی و یا غیر شغلی باشد.

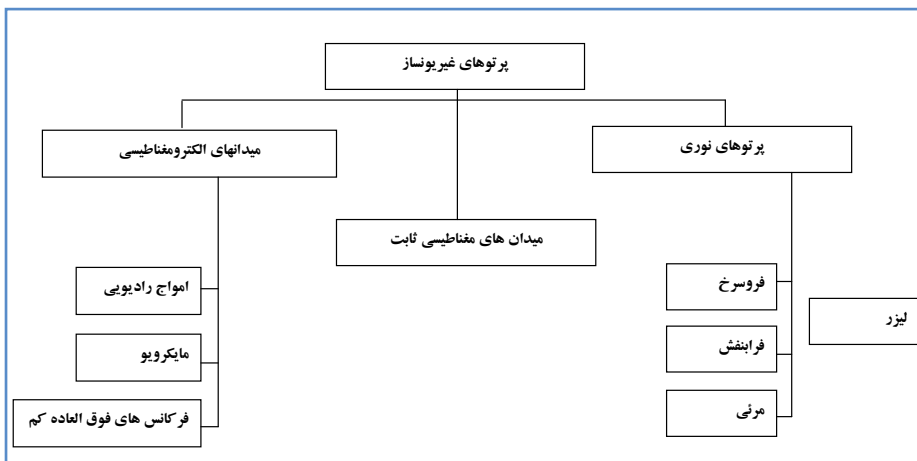
#### ۴-۵-۱-۱ مشاغل مرتبط با این تابش

مواجهه با این تابش می تواند شغلی و یا غیر شغلی باشد. مواجهات شغلی عبارتند از: خشک کن ها، دستگاه های چسب، صنعت پلاستیک، استریل کننده ها، کار در کنار سیستم های ارتباطی (رادیو و تلویزیون، کنترل ترافیک از راه دور، بیسیم رادار)، صنایع نظامی (شامل سیستم های جنگ الکترونیک) و نیز کار در کنار ترانسسمیترهای مایکروویو می باشد. مواجهات غیر شغلی، مشتمل بر

اجاق های مایکروویو خانگی، رادیو تلویزیون، تلفن همراه و ... می گردد. شرایط شغلی موجود در برخی از حرف نظامی، آن را به یکی از پر مواجهه ترین مشاغل تبدیل نموده است. کار در کنار رادار، استفاده از بیسیم های ارتباطی، کار در کنار تسهیلات مجهز به ارتباطات راداری، ردیابی اطلاعات سری و مقوله نوین جنگ الکترونیک جزء اصلی ترین انواع تماس با تابش RF و مایکروویو می باشد که بسته به نوع بهره برداری و توان نظامی، میزان انرژی، فرکانس و طول موج تابش متفاوت است.

#### ۵-۴-۱-۲ مهم ترین تدابیری که برای حفاظت در برابر این پرتوها توصیه می شوند عبارتند از :

- فاصله گرفتن از منابع پرتوزا
  - استفاده از حفاظ مناسب برای چشم ها
  - کاهش زمان تماس با پرتو
  - ایجاد تهویه مطبوع و مناسب و برقراری شرایط جوی مطلوب تر محیط کار
  - استفاده از لباس ها و وسایل حفاظتی مناسب مثل بازتاب دهنده های آلومینیومی و لباس های مجهز به الیاف فلزی (۶ و ۷)
- همه این پرتوها تابع قوانین فیزیکی مشابهی هستند. معمولاً برای پرتوهای نوری، طول موج و برای میدان های الکترومغناطیسی، فرکانس ذکر می شود



پرتوهای غیر یونساز الکترومغناطیسی

## ۵-۵ پرتوهای الکترومغناطیس به عنوان دسته ای از پرتوهای غیر یونیزان:

میدان های الکتریکی و مغناطیسی طبیعی و مصنوعی قادر به منتشر نمودن امواج و یا به بیانی پرتوهای الکترومغناطیس می باشند. کاربرد روزافزون تاسیسات و تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی هر روز بیش از پیش به مواجهه روزافزون انسان ها در محیط کار و زندگی با این امواج گردیده که بی شک سلامتی وی را تحت تأثیر قرار داده و یا خواهد داد

میدان های الکترومغناطیس، این میدانها شامل: میدانهای الکترومغناطیسی با فرکانس فوق العاده کم (ELF) و امواج رادیویی و مایکروویو (EMF)

میدان مغناطیس ثابت: کره زمین مهم ترین منبع تولید کننده میدان مغناطیسی ثابت است. کابلهای برق و ژنراتورهای DC (مترو)، راکتورهای هسته ای، شتابدهنده های ذرات، جداکننده های ایزوتوپها و اسپکترومترهای NMR

(Nuclear Magnetic Resonance) مهم ترین منابع مصنوعی تولید کننده های میدان مغناطیسی ثابت هستند. در مراکز ساخت آهن رباهای دائم و مراکز تولید مواد مغناطیسی نیز میدان مغناطیسی ثابت وجود دارد.

برای پرتوهای غیر یونساز واحد فیزیکی مورد استفاده شدت پرتو (وات بر سانتی متر مربع) در فرکانسهای بالاتر از ۳ مگاهرتز واحد SAR (Specific Absorbtion Rate) بر حسب وات بر کیلوگرم استفاده می شود.

### الف- میدانهای الکتریکی

- اختلاف پتانسیل دو سر سیم باعث ایجاد جریان الکتریکی در سیم شده و میدان الکتریکی نیز در اطراف سیم ایجاد می کند

- هر چه ولتاژ بیشتر باشد میدان الکتریکی قویتری تولید می شود

- با توجه به اینکه در غیاب جریان الکتریکی اختلاف پتانسیل می توانند وجود داشته باشد، لازم نیست که حتما وسیله برقی روشن باشد تا در اطراف آن میدان الکتریکی وجود داشته باشد.

### ب- میدانهای مغناطیسی

میدان مغناطیسی فقط در صورتی که جریان الکتریسته وجود داشته باشد پدید می آید در صورت وجود جریان هر دو میدان الکتریکی و مغناطیسی تواما وجود دارند.

هر چه جریان بیشتر باشد میدان مغناطیسی قویتر است

در انتقال و توزیع برق ولتاژهای بالا و در وسائل خانگی ولتاژهای نسبتاً کم بکار می رود

با تغییر توان برق مصرفی، شدت جریان تغییر می‌کند ولی ولتاژ برق ثابت می‌ماند و مسائل برقی که با برق شهر کار می‌کند از مهم‌ترین منابع تولید کننده میدانهای الکتریکی و مغناطیسی می‌باشند.

در اطراف خطوط انتقال هوایی با افزایش فاصله از سیم مرکزی شدت میدان الکتریکی به سرعت کاهش می‌یابد.

میدان مغناطیسی کابل های برق فشار قوی زیر زمینی یا هوایی که جریانهای الکتریکی یکسانی دارند توزیع های بسیار متفاوتی دارند. میدان ناشی از خطوط انتقال زیر زمینی درست در بالای کابل قوی است و با افزایش فاصله از کابل به سرعت کاهش می‌یابد.

شدت میدان مغناطیسی با افزایش فاصله از دستگاه برقی به شدت کاهش می‌یابد.

خطوط انتقال محلی و خطوط سیم کشی داخل منازل باعث افزایش میدان مغناطیسی در داخل منازل می‌شود.

#### ۵-۵-۱ حفاظت درمقابل میدان مغناطیسی ثابت:

- افرادی که دارای ضربان ساز مصنوعی قلب هستند نباید در میدان قوی تر از ۰/۵ میلی تسلا قرار گیرند.
- قرار گرفتن افرادی که در بدن آنها پروتزهای فلزی وجود دارد، در میدان های مغناطیسی می‌توانند خطرناک باشد.
- افرادی که در بدن آنها قطعات الکترونیکی وجود دارد، باید احتیاط کند.
- در میدانهای مغناطیسی قوی تر از ۳ میلی تسلا خطر جابجا شدن و پرش وسائل فرومغناطیس وجود دارد و پرش وسائل فلزی و نوک تیز می‌توانند بسیار خطرناک باشد.

#### ۵-۵-۲ خطرات تشدید مغناطیس و دیگر میدانهای الکتریکی ساکن

میدان مغناطیسی ساکن در زمین که انسان دائما با آنها در تماس است در حدود ۰/۵۶ می‌باشند - تعداد کمی در فرایندهای صنعتی می‌توانند موضوع اصلی باشند که میدانهای الکتریکی آنها بیشتر از ۱۰۰ گوس می‌باشند در زمانی که تصویر برداری با استفاده از تشدید مغناطیسی ممکن است به طور مختصر در معرض بیش از ۲۰۰۰۰ گوس قرار گیرد. بررسی MRI و میدانهای الکتریکی ساکن ممکن است در هر جایی دیگر تشخیص داده شوند. اثرات کاردیآک (مربوط به قلب)، اثرات تناسلی و اثرات بر روی جنین، جهش زایی (موتاسیون) یا سیتوژنیک و اثرات بر روی سیستم ایمنی می‌باشد.

یک مقایسه در مورد آزمایشات تناسلی زنانه که در کسانی که قابلیت MRI را دارند در مقایسه با کسانی که در دیگر مشاغل استخدام شده اند نشان می‌دهد که میزان وقوع، نوزاد نارس، نازایی، کم بودن وزن در مورد زایمان بیشتر است - چندین مطالعه دیگر در مورد میدانهای مغناطیسی ساکن در مورد کارگران در معرض تماس انجام گرفته است - کارگران در معرض بیشتر میدانهای مغناطیسی ساکن در اتاقهای الکترولیز CHLORALKALIPLANT دامنه تغییرات میدان مغناطیسی از ۴۰ گوس تا ۲۹۰ گوس مورد مطالعه بودند. برای کارگرانی که در این اتاق‌ها برای مدت کمتر از ۵ سال کار می‌کردند میزان وقوع سرطان مرگبار برای آنها در حدود ۵/۶۰۳ بود در حالی که متوسط آن ۸ می‌باشد. MARSH و همکارانش بر روی سلامتی ۳۲۰ نفر از کارگران نزدیک به سلولهای الکترولیز مطالعه کردند و اثرات عمده بر روی سلامتی آنها تشخیص داده نشد. MIHHAM در مورد افزایش لوسمی مرگ بار در کارگرانی که با صنعت آلومینیوم سوکار دارند گزارش داد. اما چهار مورد گزارش دیگر افزایش معنی داری را نشان ندادند. هم چنین یک مطالعه دیگر نتایج منفی را در مورد سرطان مرگبار مغز در ارتباط با کارگران فرایندهای الکترولیز گزارش داد.

### ۵-۵-۳ حفاظت در برابر خطرات میدانهای الکترو مغناطیسی با فرکانس فوق العاده کم

- به وسیله حفاظ مناسب (مخصوصا فلزی) می‌توان شدت میدان الکتریکی را کاهش داد
- میدانهای مغناطیسی از اغلب مواد عبور می‌کنند لذا میدانهای مغناطیسی خطوط زیر زمینی به اندازه میدان الکتریکی ناشی از آنها تضعیف نمی‌شوند
- جریانهای القایی در وسایل و اشیا می‌توانند ایجاد شوک یا سوختگی کند
- در میدانهای الکترو مغناطیسی عایق‌های الکتریکی موجب کاهش جریان الکتریسیته بین بدن و زمین می‌شود
- با پوشیدن کفش جریان الکتریسیته بین بدن و زمین به حدود نصف کاهش می‌یابد.

### ۵-۵-۳-۱ مواد حفاظتی میدانهای الکتریکی و مغناطیسی

مواد حفاظتی میدانهای الکتریکی عبارتند از: نقره، مس، طلا، آلومینیم، برنج، برنز، قلع، سرب و پلیمرهای هدایتی می‌باشند. این مواد با هم ترکیب و مخلوط شده پلاستیک‌های Electroless Plated (مس یا نیکل)، پلاستیک‌های کامپوزیت و رنگ‌های هادی را تشکیک می‌دهند. مواد

حفاظتی در برابر میدان مغناطیسی عبارتند از آهن، بعضی از انواع فولاد زنگ نزن و آلیاژهای آهن - کبالت و آهن - نیکل -

### ۵-۳-۲ مقررات کار در میدانهای الکترو مغناطیس با فرکانس فوق العاده کم

- در ایران کاربرد برق با فرکانس فوق العاده کم باید به گونه ای باشد که شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی در محل کار افراد و نیز محللهای غیر شغلی و عمومی از حدود مجاز تجاوز نکند.  
- برای کابلهای فشار قوی در سال ۱۳۴۲ حریمی تعیین شده است. در حریم درجه یک و دو کابل های برق هیچ گونه ساختمان سازی صورت نگیرد. در حریم دو کشاورزی و راه سازی بلا مانع است.

#### حریم کابل های فشار قوی

ولتاژ به کیلوولت	فاصله حریم درجه یک بر حسب متر	فاصله حریم درجه دو بر حسب متر
۱ تا ۲۰	۳	۵
۳۳	۵	۱۵
۶۳	۱۳	۲۰
۱۳۲	۱۵	۳۰
۲۳۰	۱۷	۴۰
۴۰۰ تا ۵۰۰	۲۰	۵۰
۷۵۰	۲۵	۶۰

در آمریکا حداقل فاصله تا خطوط انتقال برق ۷۶۵ کیلو ولت، ۳۵۰ فوت (تقریباً ۱۰۰ متر) می باشد.  
(حریم درجه ۱)



میدان های رادیویی و میکروویو

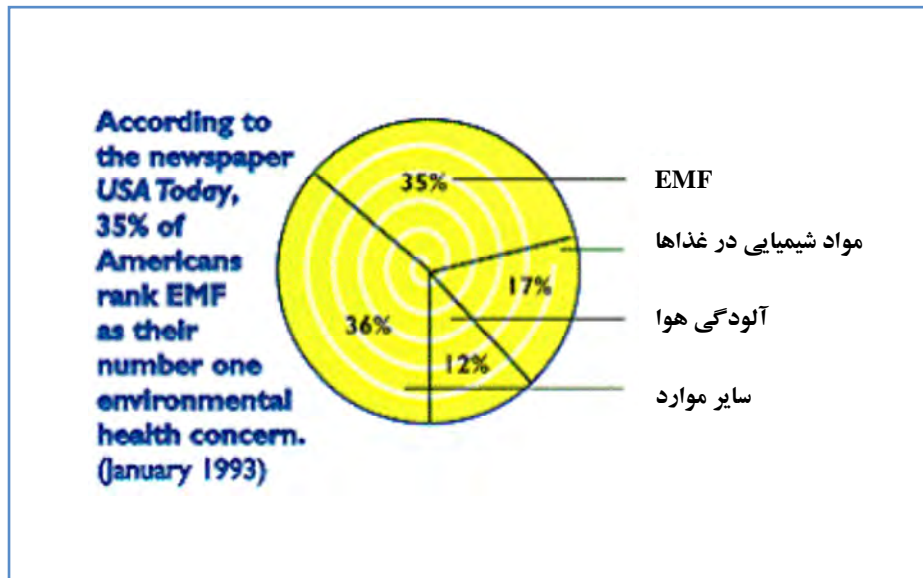


### ۵-۶ امواج رادیویی و پرتوهای ماکروویو

امواج رادیویی RR رنج آن‌ها در حدود ۳ کیلو هرتز تا ۳۰۰ کیلو هرتز می‌باشد که شامل میکروویو و که بسامد آن‌ها تقریباً از ۳۰۰ مگا هرتز تا ۳۰۰ گیگا هرتز می‌باشد میکروویو و RF در بسیاری از صنایع دیده می‌شود مانند فرایندهای پلاستیک سازی، استریلیزاسیون - رادیو - تلویزیون و انتقال میکروویو و -رادارها بزرگ‌ترین مصرف کننده استفاده شده به وسیله میکروویو آون ها می‌باشند.

### ۵-۶-۱ میدانهای رادیویی و مایکروویو

این میدانها شامل میدانهای الکتریکی و مغناطیسی هستند با فرکانس ۳۰۰ کیلو هرتز الی ۳۰۰ گیگا هرتز هستند این میدانها همیشه تواما وجود دارند و میدانهای الکترو مغناطیسی (EMF) خوانده می‌شوند. ضرورت توجه به EMF



### ۵-۶-۲ منابع باز و بسته

**منابع باز:** منابعی هستند که پرتو را مستقیماً به محیط اطراف ارسال می‌کنند نظیر انواع آنتن‌های مخابراتی و موبایل، رادار، تلفن همراه

**منابع بسته:** منابعی هستند که ارسال پرتو آن‌ها به محیط عمدی نیست، اما هنگام کار در اطراف

آن‌ها پرتوهای رادیویی و مایکروویو وجود دارند نظیر فرهای مایکروویو، دستگاهی جوش یا ذوب رادیویی و...

### ۵-۶-۳ منابع محیطی:

منابع پرتوان که دارای شدت ۱ وات بر متر مربع در فاصله ۱۰۰ متری از منبع می‌باشند شامل:

- فرستنده های رادیویی
  - فرستنده های UHF و VHF
  - رادارهای کنترل ترافیک هوایی
  - رادارهای جوی
  - سیستم های ارتباطی نظیر ترمینالهای زمینی ارتباطات ماهواره ای
- منابع کم توان که دارای شدت ۱۰ وات بر متر مربع یا کمتر در فاصله ۱۰ متری از منبع می‌باشند شامل:
- سیستم هایی بر پایه میکروویو که در ارتباطات تلفنی، تلویزیونهای کابلی و اجاقهای مایکروویو مورد استفاده قرار می‌گیرند.

### ۵-۶-۴ تابش های شغلی

- در فعالیتهای صنعتی امواج رادیویی برای گرم کردن مواد دی الکتریک مورد استفاده قرار می‌گیرند نظیر خشک کردن پلاستیک ها
- کارکنان مربوط به سیستم های ارتباطی و رادار در برابر میدان هایی با شدت کم قرار می‌گیرند.
- کارکنان اتاقهای فرستنده های رادیویی و محلهای نزدیک به پایه برجهای فرستنده معمولاً در برابر شدت میدان کمتر از ۱ وات بر متر مربع قرار دارند ولی کارکنان برجهای تلویزیونی FM می‌توانند در معرض میدانهای با شدت بالا قرار گیرند.

### ۵-۶-۵ اثرات

**اثرات حرارتی:** اولین مکانیسم برخوردی این دسته از پرتوها با ماده ایجاد تحریک در چرخش و یا نوسان مولکولی (همچون آب) است که باعث افزایش گرمای بافت می‌شود. (قسمتهای تحت تأثیر بیشتر، اعصاب مرکزی، چشم و پوست)

**اثرات غیر حرارتی:** در این صورت ساختار مولکولی مستقیماً با مکانیسم های اثر مولکولی، عدم

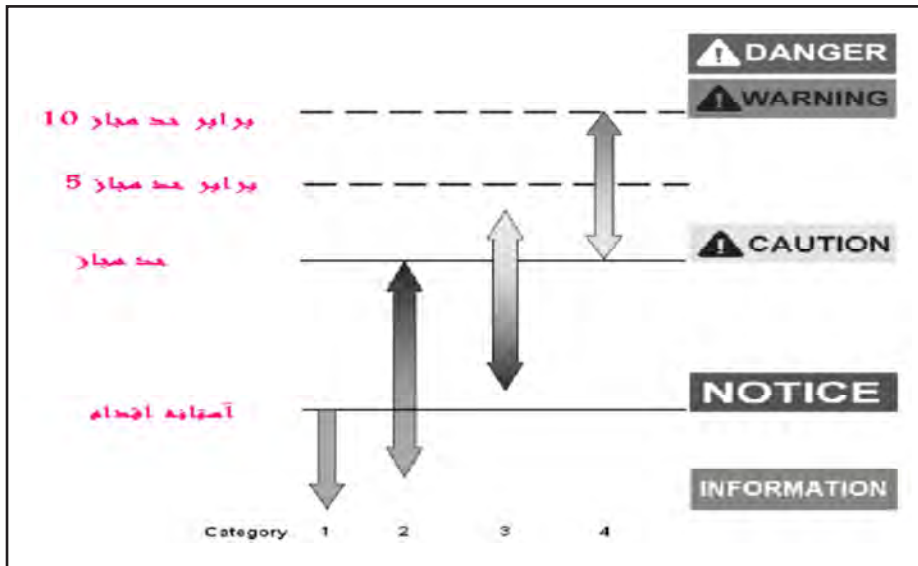


توازن و اثر میدانهای الکتریکی و مغناطیسی تحت تأثیر قرار گرفته و باعث تغییرات سلولی می شود. بر اساس استاندارد OSHA برای کار ۴۰ ساعت در هفته حد مجاز ۱۰ میلی وات بر سانتیمتر مربع و برای کار طولانی مدت ۱ میلی وات بر سانتی متر مربع می باشد.

### ۵-۶-۶ طبقه بندی حفاظت

RFSP این عبارت به کلیه بر نامه های حفاظت در برابر امواج رادیویی اطلاق می شود. RFSO این عبارت به کلیه کارکنان و ماموران حفاظت در برابر امواج رادیویی اطلاق می شود. RFSP با توجه به شرایط پرتو دهی ۴ طبقه را به عنوان استاندارد برای هر فعالیت مشخص نموده است: طبقه اول: این طبقه در شرایطی در نظر گرفته می شود که ویژگیهای بهره برداری از منابع سبب تجاوز RF از حدود مجاز خود نشود. طبقه دوم: این طبقه در شرایطی در نظر گرفته می شود که ویژگیهای بهره برداری از منابع سبب تخطی از میزان فعالیت مجاز شود اما این مسئله بر روی میزان پرتو دهی مجاز در مناطق قابل دسترسی تأثیری نداشته باشد. طبقه سوم: این در شرایطی لحاظ خواهد شد که امکان تجاوز از حدود مجاز پرتو دهی در مناطق قابل دسترسی در صورت استفاده از کنترلهای ملایم عملی نمی باشد. طبقه چهارم: این طبقه در شرایطی لحاظ خواهد شد که پرتو دهی در مناطق قابل دسترسی از میزان مجاز خود تجاوز نماید.

## طبقه بندی حفاظت



Category 4	Category 3	Category 2	Category 1	RFSP Elements
				۱- اجرائی و اداری
*	*	X	-	۱-۱ سیاست
*	*	X	-	۱-۲ برنامه سرپرستی
*	*	X	-	۱-۳ نگهداری اسناد و مدارک
*	*	X	-	۱-۴ کارگران مشمول
X	X	X	-	۱-۵ کمیته ایمنی امواج رادیویی
-	X	X	-	۱-۶ آماده سازی برای تجهیزات منابع RF

Category 4	Category 3	Category 2	Category 1	RFSP Elements
۲- اطلاعات مربوط به خطرات بالقوه امواج رادیویی				
*	*	X	-	۲-۱ فهرستی از منابع RF و موقعیت های پرتودهی بر طبق طبقه بندی RFSP
*	*	X	-	۲-۲ تخمین میزان پرتودهی
۳- کنترلها				
۳-۱ کنترلهای مهندسی				
-	Y	X	-	۳-۱-۱ شکل و ترتیب تجهیزات
*	Y	X	-	۳-۱-۲ مانعهای فیزیکی

Category 4	Category 3	Category 2	Category 1	RFSP Elements
۳-۲ کنترلهای اجرایی				
*	*	*	-	۳-۲-۱ استفاده از نشانه ها
*	X	-	-	۳-۲-۲ تمرینات ایمنی کار
*	X	-	-	۳-۲-۳ استفاده از برنامه های قفلهای خارجی
-	X	-	-	۳-۲-۴ کنترل قدرت منابع
-	X	*	-	۳-۲-۵ میانگین زمان
*	*	X	-	۳-۲-۶ پایش کارکنان و یا مناطق

Category 4	Category 3	Category 2	Category 1	RFSP Elements
۴- تجهیزات حفاظت شخصی				
X	X	-	-	۴-۱ انتخاب PPE مناسب
X	X	-	-	۴-۲ نگهداری و بازرسی
۵- آگاهی ها و شناخت				

#### موجبر زیر فرکانس قطع (WBC)

موج بر یک لوله فلزی توخالی است (دایره ای، مستطیلی، یا مربعی) که برای محدود کردن و انتشار امواج و الکترو مغناطیس در جهت خاص بکار می رود. هنگامی که طول موج بیش از عرض موجبر باشد میزان تضعیف متناسب با نسبت طول به عرض است. بنابراین، طول کردن یا کاهش عرض موجبر میزان تضعیف را افزایش می دهد. در نتیجه نشت از شکاف از شکاف کاهش یافته و اثربخشی حفاظتی بهبود می یابد. اگر طول موج بزرگتر از دو برابر عرض یک موجبر مستطیلی c b باشد. امواج به صورت نمائی در موج بر کاهش می یابند.



#### ۵-۶-۴-۴ لباس های حفاظتی

- ماده اولیه این لباسها پشم یا نایلون است که با فلزات هادی مانند نقره و یا با نخهای ضد زنگ بافته می شود.

- اگر رشته های فلزی در جهت عمود قرار گیرد حساسیت قطبی از خود نشان می دهند یعنی اثر بخشی حفاظتی هنگامی که بردار میدان الکتریکی به موازات رشته ها است بیشترین مقدار می باشد.
- طرح بهینه شبکه هنگامی است که رشته ها موقعیت های عمودی و افقی را اشغال می کنند.
- از این لباسها باید به احتیاط استفاده کرد زیرا مقاومت شان در مقابل شعله کم است و احتمال جرقه زدن و تشکیل امواج ساکن وجود دارد.
- احتمال نشت در قسمت باز شدن لباس مثل ناحیه زیپ بیشتر است.

#### ۵-۶-۴-۵ کنترلهای اداری و فنی

- دقت در خرید منابع و ساییل مورد نظر
- کنترل زمان پرتو گیری
- افزایش فاصله بلن منبع و کارگران
- محدود کردن ورود به اتاق تشعشع
- قرار دادن علائم آگاهی دهنده (۱۰ و ۹)

#### ۵-۶-۴-۶ حفاظت (فرهای میکروویو)

- با توجه به حفاظهای اطراف، معمولاً شدت این میدانها کم است و معمولاً خطری برای انسان ندارد البته در صورتی که فر سالم و استاندارد باشد.
- این امواج ضعیف برای کسانی که از ضربان ساز قلب یا تجهیزات الکترونیکی در بدن استفاده می کنند می توانند مضر باشد.
- تعمیر فر توسط افراد غیر متخصص می توانند به این افراد صدمه برساند.
- بعد از تعمیر فر باید پرتوهای اطراف توسط دستگاه های ویژه اندازه گیری شود.
- اگر درب فر کاملاً بسته نشود می توانند به کاربر صدمه بزنند.
- فرها دارای مگنوترون بوده که انرژی الکتریکی را به امواج با فرکانس بالای میکروویو تبدیل می کنند.
- بر اساس استاندارد این فرها دارای فرکانس های ۲۴۵۰ و ۹۱۵ مگاهرتز می باشند.
- امواج مایکروویو از کاغذ، پلاستیک، شیشه، و سایر مواد شفاف عبور کرده و توسط غیر فلزات همچون آب، بافت های انسانی و غذا جذب، پخش و یا عبور می کنند در نتیجه ظروف فلزی یا حاوی

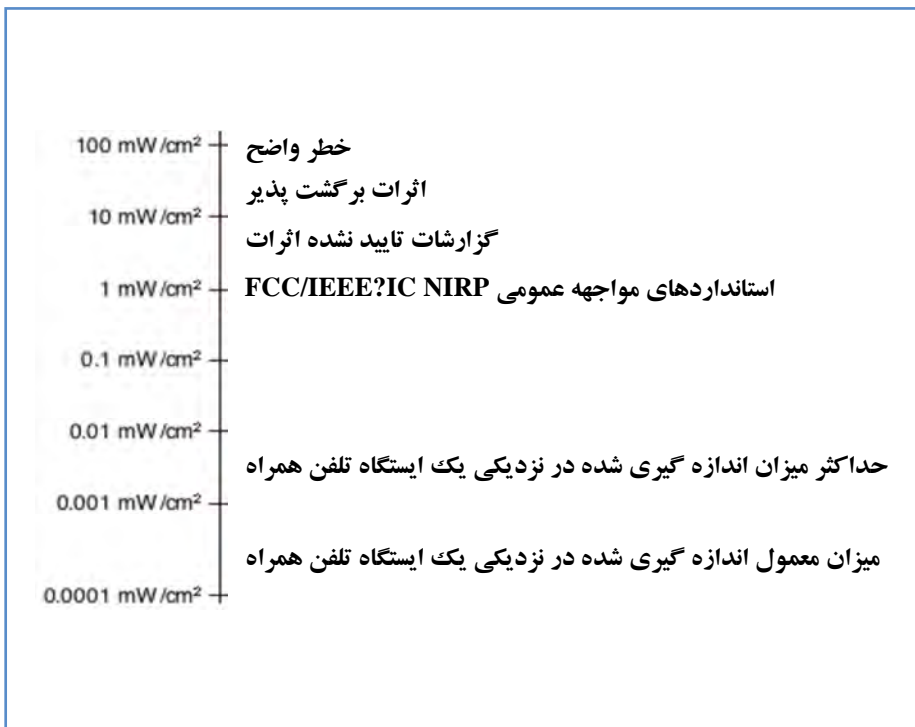
فلز نباید درون فر قرار گیرد چون به مگنوترن صدمه می زند  
چربی و اجسام فلزی روی در می توانند اجازه نشست به ماکروفر دهد به این ترتیب نظافت ضروری  
است.

- یک دستگاه چگالی سنج جهت پایش مورد استفاده قرار گیرد.
- دو قفل ایمنی به منظور قطع عملکرد فر در زمان باز بودن در ضروری است.

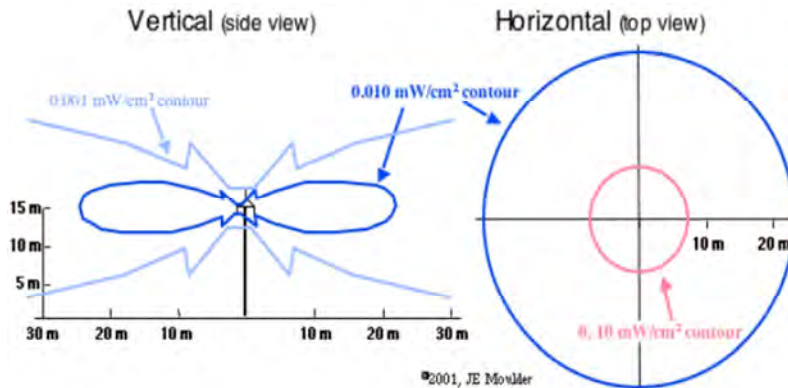
### ۵-۷- ایستگاههای آنتن تلفن همراه

مطالعات انجام شده در فرانسه، اسپانیا، مصر و استرالیا تأثیراتی از قبیل سردرد، خواب پریشی و کاهش  
حافظه را در افرادی که در نزدیکی آنتن های موبایل زندگی می کردند نشان داد (البته هنوز نتایج  
قطعی بدست نیامده و تحقیقات بیشتری در حال انجام است)

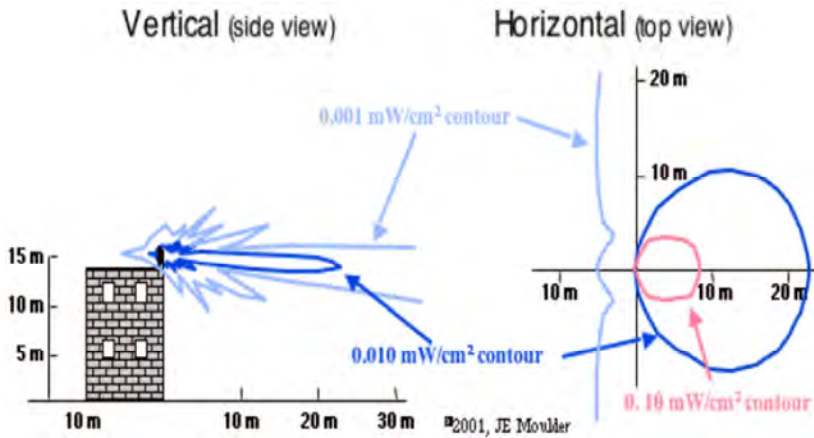
استانداردهای ایستگاه ثابت تلفن همراه



چگالی توان انرژی امواج منتشره از آنتن های BTS در فواصل مختلف



چگالی توان انرژی امواج منتشره از آنتن های BTS در فواصل مختلف



سرطان زا بودن این امواج اثبات نشده است. ولی سایر تاثیرات آن مثل تاثیرات گرمایی و غیر گرمایی آن در انسان نیز مشاهده شده است.

### ۵-۲-۱ مواجهه با امواج هنگام در اختیار داشتن تلفن همراه

- تلفن همراه در زمان خاموش بودن حتی اگر ۳۰ سانتیمتر هم از شخص فاصله داشته باشد امواج الکترو مغناطیسی موبایل به بدن وی برخورد می نماید.
- وقتی که شخص با موبایل حرکت می کند، جاهایی که آنتن ها آن ها را کمتر پوشش می دهند گوشی سعی بیشتری برای به دست آوردن آنتن می کند و این موضوع بسیار خطرناک است.
- به افرادی مشکل قلبی دارند سفارش می شود که موبایل را دور از خود نگه دارند و آن را در جیب بغلشان نگذارند
- خانم های باردار باید حداقل ۲ متر از موبایل دورتر باشند.
- زمان ارسال عکس میزان مواجهه بیشتر است.

**Sar Level** - : اتحادیه اروپا حداکثر SAR (Specific Absorbtion Rate) مجاز را ۲ وات بر کیلوگرم و امریکا ۱/۶ وات بر کیلوگرم تعیین کرده است هرچه میزان Sar یک گوشی کمتر باشد صدمه آن به سلامت کاربر کمتر است مقدار Sar ربطی به قدرت آنتن دهی گوشی موبایل ندارد.

### ۵-۲-۲ روشهای کاهش مواجهه

- میدان اطراف گوشی موبایل بسیار کم است ولی به علت نزدیکی به سر احتمال خطر برای کودکان زیر ۱۶ سال، به علت نازکتر بودن استخوان جمجمه آن ها، وجود دارد.
- کوتاه کردن زمان مکالمات
- استفاده از سیستم هندزفری
- استفاده از SMS
- اجتناب از مکالمه در مکانهای با آنتن دهی پایین
- تماس با موبایل بهتر است در محط خارج باشد و در صورت تماس در داخل کنار پنجره باشد
- اجتناب از تماسهای غیر ضروری و دور نگه داشتن موبایل از بدن
- خاموش نمودن موبایل در زمان عدم استفاده به ویژه در شب ها و مکانهای بدون آنتن
- محدود نمودن استفاده از موبایل در دوران بارداری (۱۱)



## طیف پرتوهای فرکانس رادیویی

موج	طول موج (متر)	فرکانس	انرژی فوتون (ev)
ELF	$10^6 - 10^7$	۳-۳۰۰ هرتز	$10^{-12} - 10^{-13}$
ULF	$10^5 - 10^6$	۳۰۰-۳۰۰۰ هرتز	$10^{-11} - 10^{-12}$
VLF	$10^4 - 10^7$	۳-۳۰۰ هرتز	$10^{-10} - 10^{-11}$
LF	$10^3 - 10^4$	۳-۳۰۰ هرتز	$10^{-9} - 10^{-10}$
MF	$10^2 - 10^3$	۳-۳۰۰ هرتز	$10^{-8} - 10^{-9}$
HF	$10^1 - 10^2$	۳-۳۰۰ هرتز	$10^{-7} - 10^{-8}$
VHF	۱-۱۰	۳-۳۰۰ هرتز	$10^{-6} - 10^{-7}$
UHF	$10^{-1} - 10^1$	۳-۳۰۰ هرتز	$10^{-5} - 10^{-6}$
SHF	$10^{-2} - 10^{-1}$	۳-۳۰۰ هرتز	$10^{-4} - 10^{-5}$
EHF	$10^{-3} - 10^{-2}$	۳-۳۰۰ هرتز	$10^{-3} - 10^{-4}$

**۵-۸ لیزر (Laser: Light Amplification by Stimulated Emission Radiation)**

انیشیتین تابش تحریکی را در سال ۱۹۱۷ پیشنهاد نمود و پدیده تابش القایی که عامل تقویت در نوسان مولکولی می‌باشد را معرفی نمود با توجه به تئوری فوق اولین وسیله ای که ساخته شد یک تقویت کننده پرتو بود. با استفاده از دستگاه فوق و تقویت ارتعاشات مولکولی آمونیاک (ماکروویو) پرتو لیزر ایجاد شد. سپس با استفاده از یاقوت لیزر و پس از آن لیزر گازی با استفاده هلیوم و نئون توسط دانشمندان ساخته شد.

**۵-۸-۱ انواع لیزر**

لیزرها از نظر طول موج و عملکرد در طبقه بندی‌های مختلفی قرار می‌گیرند که عبارتند از:

**۵-۸-۱-۱ انواع لیزر از نظر طول موج**

لیزرهایی که طول موج بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر دارند (لیزرهای ماورابنفش)

لیزرهایی که طول موج بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر دارند (لیزرهای مرئی)  
لیزرهایی که طول موج بین ۷۰۰ تا ۱۰۶۰۰ نانومتر دارند (لیزرهای مادون قرمز)

### ۵-۸-۱-۲ انواع لیزر از نظر عملکرد

موج پیوسته (CW)

موج تپی

موج سوییچ

### ۵-۸-۲ انواع کاربرد لیزر:

پزشکی، صنعت، شیمی، نظامی، محیطی، ارتباطات و سیستم های اطلاعاتی و...

### ۵-۸-۲-۱ انواع کاربرد لیزر در پزشکی

جراحی مغز، اورولوژی، درمان سردردهای میگرنی، ترمیم مفاصل، درمان سینوزیت، درمان واریس،  
درمان آفت دهانی، جراحی مینیسک زانو، طب سوزنی لیزری در درمان فلج مغزی اطفال، درمان  
سرطان تیروئید، چشم پزشکی نظیر جوش دادن شبکیه چشم

انواع لیزرهای مورد استفاده در پزشکی

نوع موج	طول موج	نوع لیزر
CW	۴۴۸ و ۵۱۴	آرگون سبز-آبی
CW	۵۱۴	آرگون سبز
pulsed	۵۶۸	کریپتون زرد
CW	۶۴۷	کریپتون قرمز
pulsed	۶۹۴	یاقوت
CW	۵۳۲	یاگ لیزر با فرکانس دوپل
pulsed	۱۰۶۴	یاگ لیزر
CW	۱۰۶۰۰	کربن دی اکسید
CW	۹۰۰-۴۰۰	معمولاً به شکل محلول مایع Dye laser

### ۵-۸-۲-۲ موارد استفاده از لیزر در پوست:

جراحی پلاستیک، درمان التهاب‌های عمیق، درمان ترک‌های پوست، رفع خالکوبی، بهبود سریع زخم‌های دیابتی، بستر و عرقی، درمان فرورفتگی‌های ناشی از آکنه و زگیلهای ویروسی، درمان ضایعات مربوط به عروق پوست مانند ماه گرفتگی، درمان ضایعات رنگدانه ای مانند لکه‌های ناشی از آفتاب، جوانسازی پوست و از بین بردن چین و چروک، از بین بردن موهای زائد.

### ۵-۸-۲-۲ کاربرد لیزر در صنعت:

برش‌های لیزری، علامت گذاری سطوح، مقاوم سازی سطوح فلزی، نشانه گذاری و حکاکی، تراشکاری، پاکسازی سطوح، جوشکاری از میکروالکترونیک تا کشتی سازی، برش اجزای الکترونیک، برش شیشه، سوخت گیری هواپیما، تعیین مسیر مته زنی در معدن

### ۵-۸-۲-۳ کاربرد نظامی لیزر

بمب لیزری، تفنگ لیزری، ردیاب لیزری، فاصله یاب لیزری، سلاح‌های هدایت انرژی

### ۵-۸-۲-۴ کاربردهای محیطی

بررسی آلودگی، اندازه گیری دبی سیال، بررسی میزان تصفیه فاضلاب، تعیین میزان توکسین های محیطی، دستگاه‌های کنترل کیفیت مایعات و گازها، پیش بینی و اندازه گیری میزان آسموگ و ازن فتوشیمیایی.

### ۵-۸-۲-۵ کاربرد لیزر در شیمی

جداسازی ایزوتوپها، غنی سازی اورانیوم، بدست آوردن اطلاعات درباره مولکولهای چند اتمی، بررسی جزئیات فرآیند احتراق شعله، تشخیص و ایجاد تغییرات شعله ای بر گشت پذیر

### ۵-۸-۳ تجهیزات لیزری:

سیستم نمایش لیزری، تقویت کننده های فیبری، ترانزیستورهای خطوط ارتباطی فیبرهای نوری، نوشتن و خواندن اطلاعات در حافظه نوری کامپیوترها، سیستم های نوری لیزری برای ثبت ذخیره و پردازش اطلاعات، تکنولوژی حفاری نفت و گاز، اندازه گیری فاصله بین زمین و ماه

### ۵-۸-۴ مخاطرات کاربرد لیزر

- خطرات لیزر به دو عامل طول موج و توان خروجی لیزر بستگی دارد.
- لیزرهای با طول موج نزدیک به امواج رادیویی بر چشم (قرنیه، عدسی و شبکیه) اثر می‌گذارند.
- احتمال سرطان پوست و چروک‌های زودرس وجود دارد.
- بروز اختلالات تنفسی برای اپراتور
- سوختگی پوست
- خطرات الکتریکی نظیر برق گرفتگی، انفجار و آتش سوزی

### ۵-۸-۵ استاندارد کاربرد ایمن لیزرهای ANSI-Z ۱۳۶

مطابق این استاندارد لیزرها به کلاس تقسیم می‌شوند و با افزایش شماره کلاس خطرات احتمالی ناشی از تابش لیزر افزایش می‌یابد:

**کلاس ۱:** ماکزیمم سطح تابش در محدوده مرئی برابر ۰/۴ میلی وات است خطری متوجه انسان نمی‌سازد لیزرها مورد استفاده در کامپیوترها و چاپگرها و DVD Player

**کلاس ۲:** توان خروجی ۱ میلی وات در حالت طول موج پیوسته، مشاهده پرتو بیش از ۰/۲۵ ثانیه خطرناک است، خیره شدن به پرتو بیش از ۱۰۰۰ ثانیه خطر ساز است. شامل لیزرهای کم توان با تشعشعات مرئی مانند اسکنر سوپرمارکت‌ها

**کلاس ۳A:** تابش مرئی با توان کمتر از ۵ میلی وات در حالت طول موج پیوسته، واکنش طبیعی پلک زدن سبب حفاظت چشم می‌شود اما به هر حال از خیره شدن به پرتو باید اجتناب نمود مانند اشاره گرهای لیزری

**کلاس ۳B:** توان خروجی آن ۵۰۰ میلی وات در حالت پیوسته، هرگونه مشاهده پرتو به صورت مستقیم یا غیر مستقیم می‌تواند سبب آسیب به چشم شود. اما اگر این پرتوها از طریق پدیده پخش شدگی به چشم ما رسیده باشند خطر ساز نیستند.

**کلاس ۴:** توان بالاتر از ۵۰۰ میلی وات، هرگونه تابش مستقیم یا بازتاب حاصله یا پخش شده پرتوی این لیزرها به چشم یا پوست خطرناک است. کار با این لیزرها مستلزم نهایت دقت است.

### ۵-۸-۶ دستورالعمل‌های ایمنی لیزر برای کلاسهای مختلف

**کلاس ۱:** دستورالعمل خاصی وجود ندارد

**کلاس ۲:** باید دارای برچسب‌های اخطار دهنده باشند، نباید به طور پیوسته به پرتو لیزر خیره شد، نباید لیزر را بدون هدف به طرف چشم افراد نشانه گرفت.

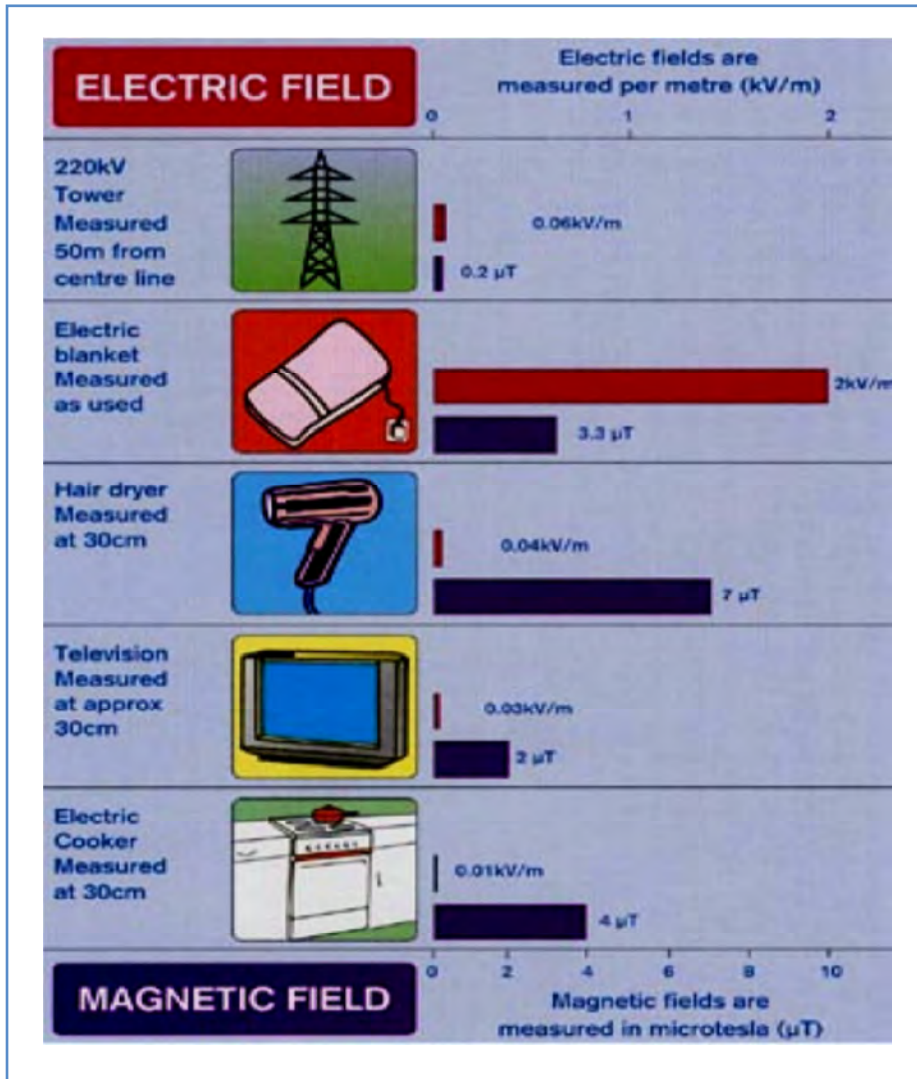
**کلاس ۳:** دارای برچسب‌های اخطار دهنده باشند، نباید لیزر را به طرف چشم نشانه گرفت، استفاده از عینک‌های ایمنی در حین کار، بکارگیری یک چراغ هشدار دهنده یا بوق، که نشان دهد لیزر در حال کار است، عدم مشاهده پرتو لیزری به طور مستقیم توسط دوربین و تلسکوپ بدون فیلترهای ایمنی، خارج کردن اشیاء با قابلیت انعکاس پرتو از مسیر پرتوی لیزر، تنها افرا آگاه و مجرب مجاز به استفاده از این نوع لیزر هستند.

### ۵-۸-۷ دستورالعمل‌های حفاظتی عمومی

- هرگز مستقیم به پرتو نگاه نشود
- استفاده از عینک‌های محافظ چشم
- استفاده از عینک‌های مربوط به هر طول موج خاصی از لیزر
- استفاده از مینیمم توان لیزر
- عدم خروج چشمه پرتوی لیزر از محیط کار
- دور کردن اشیاء غیر ضروری نظیر ساعت

### ۵-۸-۸ حداکثر تابش مجاز لیزر

حداکثر تابش مجاز لیزر بر بافت بدون آنکه دچار صدمه یا تغییر بیولوژیکی شود تابعی است از مدت زمان تابش، پهنای پالس لیزر، طول موج و آهنگ تکرار لیزر



### ۵-۸-۹ بهداشت کار با اجاق میکروویو

در این دستگاه ها یک مولد موج مایکروویو وجود دارد که ۳ هزار مگا هرتز فرکانس تولید می کند. این فرکانس باعث تحرک شدید ملکول های آب می شود، این تحرک اصطکاک بسیار زیادی تولید می کند و این اصطکاک باعث تولید گرمای بسیار زیاد و حرارت بالایی می شود، بنابراین ماده غذایی در این درجه حرارت می پزد. غذاها و مایعات درون مایکروفر با این که دمایشان به بیش از

۱۰۰ درجه می‌رسد، اما نمی‌جوشد اما اگر ظرف محتوی غذا یا مایع تکان بخورد، مانند یک انفجار تمام محتویات داغ آن به اطراف پراکنده می‌شود. بنابراین تا زمانی که مایکروفر روشن است ظروف داخل آن را تکان ندهید. از طرف دیگر حتماً منفذی برای خروج گرما از مواد غذایی ایجاد کنید، تا حد امکان زمانی که مایکروفر روشن است، نگذارید کودکان در جلوی آن بایستند و خودتان هم حداقل ۵۰ سانتی متر فاصله با دستگاه را رعایت کنید. غذای پخته شده درون مایکروفر را ۳۰ ثانیه پس از خروج، مصرف کنید. همچنین پیش از خوردن حتماً غذا را هم بزیند اطراف و داخل فر را همیشه تمیز نگه دارید، چون هر نوع کثیفی می‌تواند باعث نشت امواج مایکروویو شود. ظروف فلزی درون دستگاه نگذارید و سنجاق‌های فلزی را نیز از روی غذا یا هر ماده پختنی بردارید، زیرا هنگام روشن شدن مایکروفر، این سنجاق‌ها مانند آنتن عمل می‌کند و پرتو را می‌تاباند و حتی می‌تواند تولید جرقه کند. سنجش میزان پرتو تابش شده از دستگاه‌ها (چگالی سنجی) نقش بزرگی در شناسایی روش‌های ایجاد شرایط بهداشتی دارد.

## ۶- اثرات بهداشتی و بیولوژیکی پرتوهای غیر یونساز

### ۶-۱ اثرات بیولوژیکی پرتوهای فرو سرخ

این پرتو در ردیف فرکانسی پائین تراز امواج مرئی و پرتو حرارتی قرار دارد. اجسام می‌توانند با دریافت حرارت طیف متفاوتی از این امواج را منتشر نمایند. در بعضی مشاغل چون صنایع شیشه به خصوص بلورسازی، ذوب فلزات، آهنگری و جوشکاری پرتو فرو سرخ تولید می‌گردد.

- پرتو فرو سرخ سبب گرم شدن پوست و نسوج سلولی زیر جلدی می‌شود.
- پرتو فرو سرخ ممکن است در پوست، سوختگی‌های نسبتاً شدیدی ایجاد نماید.
- اگر پرتو فرو سرخ را به مقدار مناسب بکار برند، در نتیجه اتساع رگ‌های زیر پوست، سبب تسهیل اعمال فیزیولوژیک پوست می‌شود و حتی از راه عکس‌العمل پوستی در بهبودی حال عمومی نیز می‌تواند موثر واقع شود.
- این پرتو خاصیت تسکین درد را نیز دارد که علت آن همان اتساع عروق و بهتر انجام گرفتن عمل دفع سموم و تغذیه بافتها است.

- پرتو فرو سرخ به طور عمده به وسیله پوست و چشم جذب می‌گردد و نفوذ آن‌ها در لایه‌های داخلی پوست بسیار کم است. حداکثر عمق نفوذ پرتو فرو سرخ در پوست سه میلیمتر است.
- اثر این پرتو روی عدسی چشم باعث ایجاد آب مروارید شده که به اصطلاح آب مروارید شیشه

سازان نامیده می‌شود. ولی در حال حاضر این عارضه در کارگران ذوب فلز و کارگران کوره نیز مشاهده می‌گردد. علت ایجاد آب مروارید گرمای حاصل از این پرتو می‌باشد و چون عدسی چشم فاقد عروق خونی است به همین دلیل نمی‌تواند گرمای جذبی را دفع نموده و در نتیجه بتدریج آسیب می‌بیند. دوره کمون این عارضه را ۱۵ تا ۲۰ سال ذکر نموده‌اند. تابش پرتو به میزان زیاد روی چشم سبب سوختگی شبکیه می‌شود.

- نگاه کردن مستمر به شیشه مذاب و یا فلزات گداخته و انجام جوشکاری بدون رعایت موازین پیشگیری موجب تماس چشم با پرتو می‌گردد که نتیجه آن بالا رفتن درجه حرارت نسج عدسی چشم بوده و موجب بیماری آب مروارید یا کاتارکت می‌گردد. آب مروارید به کدورت عدسی چشم اطلاق می‌گردد که در این حالت عدسی شفاف که به طور عادی قابل رویت نیست به شکل مروارید سفید رنگی دیده می‌شود و بینائی را شدیداً مختل می‌کند برای پیشگیری از این امر لازم است کلیه کارگران در معرض خطر از عینک‌های ایمنی مخصوصی که شیشه آن قادر به جذب پرتو فرو سرخ هستند استفاده نمایند.

اثرات این پرتو روی پوست شامل سوختگی حاد پوستی، عروقی، مویرگی، و افزایش رنگ دانه‌های پوست است.

## ۶-۲ اثرات بهداشتی و بیولوژیکی پرتوهای پرتو ماورابنفش

به علت آنکه پرتو UV نفوذ نسبتاً ضعیفی دارد تنها اعضای که بر آنها اثر می‌گذارد چشم و پوست است. آسیب چشمی به علت فعالیت حرارتی تماس پر قدرت کوتاه مدت یا ضربانی است و آسیب پوستی به طور شایع از طریق واکنش‌های فتوشیمیایی از قبیل واکنش‌های سمی و افزایش حساسیتی حاصل از تماس‌های کم قدرت ممتد یا پر قدرت کوتاه مدت است. اثرات حرارتی انعقاد پروتئینی و نکرورز 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 تلائز کتازی مشخص می‌شود.

## ۶-۲-۱ اثرات پوستی

**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 می‌شود.



### ۶-۲-۱-۱ تیرگی پوست

معمولاً پس از قرمزی، تیرگی پوست ایجاد می‌شود. اما تیرگی بیشتر به وسیله پرتویی با طول موج ۳۰۰ تا ۳۶۰ نانومتر ایجاد می‌شود.

### ۶-۲-۲-۲ سرطان پوست

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

### ۶-۲-۱-۳ آفتاب سوختگی

تیره شدن رنگ پوست، ایجاد شیارهای عمیق در پوست، ایجاد و اکنشه‌های حساسیت به نور

### ۶-۲-۱-۴ برنزه (قهوه ای) شدن پوست

لکه لکه شدن پوست، بور شدن موها و ایجاد چین چروک، همه این‌ها نشانه‌های آسیب پوستی است و ممکن است منجر به آسیب‌های شدید پوستی و حتی سرطان پوست شود که در میان سرطانهای پوستی سرطان ملانوما باعث مرگ شده که خوشبختانه خیلی به ندرت اتفاق می‌افتد. به طور کلی این آسیب‌ها ناشی از تأثیر پرتو ماورای بنفش بر روی DNA است. UV-A بیش از UV-B به عمق پوست نفوذ می‌کند با این حال تا کنون گمان بر این بود که تنها UV-B مضر است اما تحقیقات جدید انجام شده فرضیه‌های جدیدی را در مرگ بار بودن UV-A مطرح می‌کنند چون این فوتونها به وسیله DNA جذب شده و می‌توانند مثل UV-B باعث ایجاد جهش در DNA شوند.

### ۶-۲-۲ اثرات چشمی

چشم انسان به اندازه محل دور زدن خود، در داخل فرورفتگی قرار دارد و توسط برآمدگی ابرو، ابروها و مژگان محافظت شده است. نور زیاد سبب تنگی مردمک شده و سبب رفلکس نیم باز شدن چشم به منظور کاهش نفوذ پرتوهای خورشید به چشم می‌شود. اما میزان اثر این فعالیت دفاعی طبیعی که چشم را از خطرات پرتو UV محافظت می‌کند، فقط محدود به شرایط شدت نور نظیر استفاده از بسترهای آفتابگیری یا بازتاب شدید نور از شن، آب و برف می‌باشد.

اثرات حاد در معرض بودگی پرتو UV شامل فتوکراتیتیس و ورم ملتحمه می‌باشد. این واکنش‌های سوزاننده با آفتاب سوختگی شبیه پوست بسیار حساس کره چشم و پلک قابل مقایسه بوده و معمولاً در مدت چندین ساعت در معرض بودگی وجود ندارد. شکلهای شدید فتوکراتیتیس شامل قوسی شدن چشم و کوری برف می‌باشد.

### ۶-۲-۱ آب مروارید

علت عمده کوری در دنیا می‌باشد. پروتئین‌های عدسی چشم، سبب از هم باز شدن، در گیر شدن و تجمع رنگدانه‌ها شده که سبب تاری عدسی شده و در دنیا نهایت منجر به کوری می‌شود. با این وجود آب مروارید در درجات مختلف در اغلب افراد با توجه به سن، در معرض بودگی خورشید، در معرض بودگی خاص نسبت به  $UV_B$  به عنوان عوامل خطرزا اصلی گسترش آب مروارید می‌باشند.

### ۶-۲-۲ التهاب ملتحمه و قرنيه

تابش پرتو فرابنفش به چشم به میزان زیاد باعث التهاب قرنيه و ملتحمه آن می‌گردد. بیناب طول موج‌هایی که ایجاد التهاب ملتحمه می‌کنند احتمالاً همان بیناب ایجاد کننده قرمزی می‌باشد. در حالی که بیناب مولد التهاب قرنيه به طور خفیف به طرف طول موج‌های کوتاه‌تر متمایل است. فعالیت حداکثر در ایجاد این عوارض در محدوده طول موج ۲۸۸ نانومتر می‌باشد. علائم حاصل از اثر پرتو پس از چند ساعت تابش ظاهر می‌گردد که عبارتند از: التهاب ملتحمه، نورترسی، درد چشم، التهاب پلک، اشک ریزش و احساس سوزش در چشم.

### ۶-۲-۳ تخریب سیاهی چشم

این تخریب باعث اختلال در دید می‌شود و با آسیب دیدن مرکز شبکیه چشم به وجود می‌آید. این اختلال به شکل تشکیل نقطه تاریک در دید و کدر شدن یا بهم ریختگی تصویر می‌گردد. این آسیب بسیاری از فعالیت‌های روزانه مثل مطالعه و رانندگی را بسیار سخت می‌کند.

### ۶-۲-۴ آب مروارید

قرار گرفتن در معرض تابش شدید UV-B در چند سال می‌تواند باعث به وجود آمدن این بیماری شود. این بیماری به شکل پوشاندن عدسی چشم خود را ظاهر می‌کند.

### ۶-۲-۲-۵ سوختگی یا برف کوری

چنانچه چشم در معرض تابش شدید پرتو فرا بنفش قرار بگیرد مثل به هنگام راه رفتن در برف بدون محافظت کردن از چشم، آنگاه چشم به شکل موقت دچار سوختگی یا همان برف کوری شده که این حال گرچه موقتی است ولی دردناک است و در این حالت سطح چشم شما یا همان قرنیه ملتهب شده است. اولین علایم این ناراحتی به شکل سوزش چشم خود را نشان می دهد اما تأثیر کامل آن حدود ۸ ساعت پس از سوختگی خود را به طور کامل نشان خواهد داد که در این مرحله چشم قرمز شده و به نظر می رسد که روی چشم اتو گذاشته اند این حالت به مرور پس از حدود ۳۶ ساعت از بین می رود. برای سرعت بخشیدن به درمان و کاهش درد، روی چشم ها، باید دستمالی سرد و خیس قرار داد و اصطلاحاً کمپرس انجام شود و همچنین می توانن برای کم شدن درد از داروهای خوراکی مسکن مثل بروفن استفاده نمود. سعی شود تا جای ممکن چشم را تا بهبودی بسته نگه داشت تا با برخورد مجدد نور ملتهب نشود. این آسیب هیچ عوارض بعدی نخواهد داشت و پس از گذشت زمان بهبودی حاصل می شود.

### ۶-۲-۲-۶ گل مژه

توده ای غیر طبیعی و عموماً غیر سرطانی در گوشه چشم نزدیک به بینی رشد می کند. گل مژه ممکن است روی قرنیه نیز تشکیل شود. گل مژه دید را محدود می کند و گاهی برای برداشتن آن نیاز به عمل جراحی است.

### ۶-۲-۲-۷ سرطان

تکرار قرار گرفتن در معرض پرتو ماورای بنفش شدید می تواند منجر به سرطان در پلک و پوست شود.

- افزایش خطر ابتلا به بیماری های عفونی و کاهش تأثیر واکسیناسیون

### ۶-۳ اثرات بهداشتی و بیولوژیکی پرتوهای الکترومغناطیسی با فرکانسهای رادیویی و ماکروویوها

عوارض ناشی از این تابش در انسان بیشتر ناشی از تغییر درجه حرارت در بافت ها و سلول هاست. لیکن در مطالعات جدیدتر اثرات غیرحرارتی کانون توجه بوده است. به طور کلی بیشترین عوارض

مطرح شده در تحقیقات عبارتند از تأثیر بر سیستم تولید مثل، تغییرات هماتولوژیک و هماتوپوئیک جهش زایی (mutagenicity) سوماتیک و کار سینوزنی سیتی و نیز اختلالات غیراختصاصی عصبی - رفتاری.

## ۶-۴ اثرات بهداشتی و بیولوژیکی میدان های الکتریکی و مغناطیسی

- تغییر در یون و پروتون در طول غشای سلولی
- دخالت در در سنتز DNA و انتقال و پذیرش RNA
- تأثیر بر سلول، هورمون، آنزیم، در نتیجه اثر بر فرایند رشد سلول
- تأثیر بر روی محرک های ایمنی سلول
- تأثیر بر سلول های سرطانی
- اثرات جنینی و نقص های مادرزادی در اثر تماس زیاد با امواج رادیویی و مایکروویو در کارگران در ایستگاه های الکتریکی
- اثر میدان های الکتریکی بر روی سیستم گردش خون
- مشاهده کروموزوم های شکسته شده در لنفوسیت های کارگران در ایستگاه های الکتریکی
- مشاهده سرطان و لوسمی در کودکانی که منازل آن ها با خطوط جریان الکتریکی و ایستگاه های الکتریکی نزدیک است
- مشاهده نمونه هایی از سرطان مغز و لوسمی در اثر تماس زیاد با EMF در کارگران در مشاغل الکتریکی و الکترونیکی (۱۲)

## ۷- روش های حفاظت و پیشگیری در برابر پرتوهای غیر یونساز

### ۷-۱ پیشگیری و تدابیر حفاظتی در برابر پرتوهای فرو سرخ

- ۱ - با افزایش فاصله نسبت به منبع ارسال کننده پرتو مادون قرمز، شدت پرتو کاهش می یابد.
- ۲ - آموزش و آگاهی لازم به کارگران.
- ۳ - جدا کردن منبع تابش و محصور سازی.
- ۴ - استفاده از وسایل حفاظت فردی نظیر عینک مخصوص توسط افرادی که مرتباً در مجاورت سطوح داغ مانند فلزات ذوب شده، شیشه... کار می کنند.
- ۵ - به دلیل اینکه شیشه معمولی پرتو فرو سرخ با طول موج بیشتر از چهار میکرون را جذب می کند،

استفاده از آن سودمند است.

۶- شدت پرتو تابشی بیشتر از ۱۰ میلی وات بر سانتی متر مربع نباشد.

## ۲-۷ پیشگیری و حفاظت در برابر پرتوهای فرابنفش

### ۲-۷-۱ آموزش

افراد در تماس با این پرتو باید آموزش لازم را در زمینه اثرات و خطرات آن فرا گیرند.

### ۲-۷-۲ فاصله از منبع پرتو

شدت پرتو با عکس مجذور فاصله از منبع کاهش می‌یابد.

### ۲-۷-۳ 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 می‌شود.

### ۲-۷-۴ محصور نمودن

با ایجاد اکران مناسب (پرده)، به خصوص در محل جوشکاری، باید افراد دیگر را از پرتو محافظت نمود. می‌توان 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 می‌باشد که موج خطرناک پرتو را جذب می‌کند که پیشنهاد می‌شود در قسمت سترون نمودن در بیمارستان‌ها از این ماده استفاده گردد. در مورد جوشکاران بایستی از عینکها و یا سپرهای حفاظتی شیشه‌های آن قادر به جذب پرتو ماوراء بنفش و فرو سرخ می‌باشند استفاده شود.

### ۲-۷-۵ کرمهای ضد آفتاب

برخی کرمها با استفاده از ترکیبهای شیمیایی مثل اکسی بنزن پرتو ماورای بنفش را جذب کرده مانع رسیدن آن به پوست می‌شوند. برخی از کرمها نیز نور را منعکس می‌کنند که در ترکیب آن‌ها موادی

چون اکسید تیتانیوم یا اکسید روی وجود دارد. کرم‌هایی هم هستند که به صورت ترکیبی از هر دو روش استفاده می‌کنند. فاکتور محافظت کرم‌ها با SPF<sup>۱</sup> مشخص می‌شود. SPF کرم‌ها می‌توانند عددی از ۲ تا بالای ۶۰ هم باشد.

- نکته مهم دیگر تا حد امکان در ساعات ۱۰ صبح تا ۴ بعد از ظهر در مناطقی که تابش آفتاب در حد خطرناک تعریف شده است، در معرض آفتاب قرار نگیرند یا حداقل در سایه باشند؛ هرچند در سایه هم بدن به میزان ۵۰ درصد پرتوگیری دارد. حضور در فضاهای پوشیده نیز چون بدن فقط ۱۰ درصد پرتوگیری دارد، مناسب است.

### ۳-۷ پیشنهاد کلی جهت حفاظت و پیشگیری در برابر پرتوهای غیر یونساز

- § استفاده مداوم از عینک و نقاب‌های حفاظتی با درجات متناسب تیرگی
- § استفاده از سپرهای حفاظتی در مسیر انتشار پرتو مانند استفاده از پرده‌های برزنتی یا ورق‌های باز تاب دهنده از جنس آلومینیوم
- § افزایش فاصله با منبع تولید پرتو منظور کاهش شدت پرتو بر اساس قانون عکس مجذور فاصله
- § آموزش مخاطرات پرتو و نحوه صحیح استفاده از وسایل حفاظتی فردی
- § ایزوله نمودن منابع تولید کننده پرتوهای از طریق محور نمودن موضع جوشکاری توسط اتاقک یا دیواره‌هایی به ارتفاع مناسب
- § کارگرانی که به ناراحتی‌های چشمی دچار هستند با نظر پزشک صنعتی اجازه انجام عملیات جوشکاری را دارند. (۱۳ و ۱۴)

### ۴-۷ حفاظت و پیشگیری در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی با فرکانسهای رادیویی

#### و ماکروویوها

۴-۷-۱ مهم‌ترین تدابیری که برای حفاظت در برابر این پرتوها توصیه می‌شوند عبارتند از :

- فاصله گرفتن از منابع پرتوزا
- استفاده از حفاظ مناسب برای چشم‌ها
- کاهش زمان تماس با پرتو

1- Sun Protection Factor

- ایجاد تهویه مطبوع و مناسب و برقراری شرایط جوی مطلوب تر محیط کار
- استفاده از لباس ها و وسایل حفاظتی مناسب مثل بازتاب دهنده های آلومینیومی و لباس های مجهز به الیاف فلزی

## ۷-۴-۲- حفاظت در برابر پرتوهای رادیویی و مایکروویو - کنترل های مهندسی

### ۷-۴-۲-۱- قسمتی از اصول کنترل مهندسی شامل

- قفل کردن
- حفاظ گذاری
- محصور کردن
- اتصال به زمین wave guide
- طراحی خوب شامل قفل های Fail-Safe، آشکارسازهای تشخیص نشت، آثر صوتی و تصویری می باشد
- قفل های محدود کننده باید روی آنتن نصب شود تا از پرتو تابانی در زوایایی که برای کارکنان خطرناک است جلوگیری شود
- نگهداری و تعمیرات باید به گونه ای برنامه ریزی شود تا سیستم ایمنی به طور دوره ای مورد ارزیابی قرار گیرد.

### ۷-۴-۲-۲- حفاظ گذاری

- مکانیسم حفاظت در برابر مایکروویو شامل بازتاب، جذب (تضعیف) و بازتاب داخلی می باشد.
- بازتاب در نتیجه عدم تطابق امپدانس در مرز دو محیط به وجود می آید و معمولاً مستقل از ضخامت بازتاب دهنده است.
- عاملی به نام اثر بخشی حفاظ (SE-shielding efficiency) برای تعیین اثر بخشی ماده حفاظتی ناشی از بازتاب، جذب و بازتاب داخلی بکار برده می شود.
- SE - بر حسب دسی بل بیان شده و SE خوب تا عالی در اثر کاهش ۶۰ الی ۱۰۰ دسی بل می باشد.

### ۷-۴-۲-۳- محفظه ها

- محفظه ها برای کاهش نشت و نفوذ میدان های RF بکار برده می شوند در طراحی یک محفظه دقت

خاص باید بکار برد تا ماده حفاظتی مناسب، مواد برای درز بندی، پانل ها، فلائز، ورقه های پوششی، درها، تهویه، کابل های رابط انتخاب شود و اتصال به زمین نیز انجام گیرد.

#### ۷-۴-۲-۴- لباس های حفاظتی

- ماده اولیه این لباسها پشم یا نایلون است که با فلزات هادی مانند نقره و یا با نخهای ضد زنگ بافته می شود.
- اگر رشته های فلزی در جهت عمود قرار گیرد حساسیت قطبی از خود نشان می دهند، یعنی اثر بخشی حفاظتی هنگامی که بردار میدان الکتریکی به موازات رشته ها است بیشترین مقدار می باشد.
- طرح بهینه شبکیه هنگامی است که رشته ها موقعیت های عمودی و افقی را اشغال می کنند.
- از این لباسها باید به احتیاط استفاده کرد زیرا مقاومت شان در مقابل شعله کم است و احتمال جرقه زدن و تشکیل امواج ساکن وجود دارد.
- احتمال نشت در قسمت قابل باز شدن لباس مثل ناحیه زیپ بیشتر است.

#### ۷-۴-۲-۵- کنترل های اداری و فنی

- دقت در خرید منابع و سایل مورد نظر
- کنترل زمان پرتو گیری
- افزایش فاصله میان منبع و کارگران
- محدود کردن ورود به اتاق تشعشع
- قرار دادن علائم آگاهی دهنده

#### ۷-۴-۲-۶- حفاظت (فرهای میکروویو)

- با توجه به حفاظ های اطراف، معمولاً شدت این میدانها کم است و اغلب خطری برای انسان ندارد.
- البته در صورتی که فر سالم و استاندارد باشد.
- این امواج ضعیف برای کسانی که از ضربان ساز قلب یا تجهیزات الکترونیکی در بدن استفاده می کنند، می توانند مضر باشد.
- تعمیر فر توسط افراد غیر متخصص می توانند به این افراد صدمه برساند.
- بعد از تعمیر فر باید پرتوهای اطراف توسط دستگاه های ویژه اندازه گیری شود.



- اگر درب فر کاملاً بسته نشود می‌توانند به کاربر صدمه بزنند.
- فرها دارای مگنوترون بوده که انرژی الکتریکی را به امواج با فرکانس بسالای میکروویو تبدیل می‌کنند.
- بر اساس استاندارد این فرها دارای فرکانس های ۲۴۵۰ و ۹۱۵ مگاهرتز می‌باشند.
- امواج مایکروویو از کاغذ، پلاستیک، شیشه، و سایر مواد شفاف عبور کرده و توسط فلزات همچون آب، بافت‌های انسانی و غذا جذب، پخش و یا عبور می‌کنند در نتیجه ظروف فلزی یا حاوی فلز نباید درون فر قرار گیرد، چون به مگنوترون صدمه می‌زند.
- چربی و اجسام فلزی روی در می‌توانند اجازه نشت به ماکروفر دهد. به این ترتیب، نظافت ضروری است
- یک دستگاه چگالی سنج جهت پایش مورد استفاده قرار گیرد.
- دو قفل ایمنی به منظور قطع عملکرد فر در زمان باز بودن درب آن ضروری است.

## ۷-۵ پیشگیری از خطرات لیزرهای پزشکی

- آموزش افراد
- جلوگیری از ورود اشخاص به قسمت کنترل و محل کاربری لیزر
- نصب علائم احتیاط در مکان های ورودی اتاق های اپراتوری لیزر

## ۷-۵-۱ خارج و داخل اتاق لیزر

- نصب علامت مشخص کننده احتمال وجود خطر
- عینک‌های محافظ
- نصب قفل اتوماتیک بر درب ورودی اتاق
- نصب پرده مناسب بر روی پنجره ها
- نصب علامت هشدار دهنده در محل دریچه خروجی پرتو
- همراه نداشتن لوازم فلزی یا براق برای مسئولین و بیماران
- استفاده از پریسکوپ برای تغییر ارتفاع پرتوی تابشی
- محکم کردن لیزر و ابزارهای مربوط به کار

### ۷-۵-۲ تجهیزات اتاق لیزر

- خارج نگه داشتن وسایل اتاق از مسیر پرتو
- استفاده از آینه محدب و یا ابزارهای صیقلی برای تغییر جهت پرتوی لیزر
- استفاده از میله های نازک فلزی یا کوارتزی که در برابر لیزر تغییر شکل ندهند.

### ۷-۵-۳ حفاظت بیمار

- عینک های محافظ
- تمیز کردن اتاق
- استفاده از اسفنج مرطوب
- مرطوب کردن نواحی مناسب روپوش جراح
- حفاظت درون نای با لوله های سیلیکون و لاستیک قرمز

### ۷-۵-۴ حفاظت پرسنل

- آشنایی با خطرات ناشی از تابش پرتوی لیزر
- به کارگیری روشهای حفاظت از چشم بسته به نوع سیستم هدایتی پرتو
- استفاده از مکانیزم باز و بسته کردن مسیر نور (شاتر) با سیستم لیزر

### ۷-۶ لزوم ارتقای فرهنگ عمومی در زمینه حفاظت در برابر پرتوها و امواج

- شناساندن ویژگی های مخاطره آمیز پرتوها و مواجهه ناایمن با آن برای گروه های شغلی و به ویژه جنسی در سطح عمومی
- ارائه هشدار های لازم در خصوص مواجهه با پرتوها در زندگی روزمره به ویژه در مورد عوارض امواج الکترومغناطیسی وسایل منزل
- توجه دادن به ضرورت به روز رسانی اطلاعات کارشناسان و مردم عادی مربوط به مواجهه با پرتوها (۱۵ و ۱۶)

## پیوست ها

### پیوست ۱ - تخمین مقدار آهنگ جذب انرژی و حدود آن

ارزیابی آهنگ جذب انرژی برای بررسی مطابقت یا حدود آن معمولاً یا محاسبه انجام میشود. قابل ذکر است که بین شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی داخل بدن، یا بین آهنگ جذب انرژی و شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی خارج از بدن رابطه ساده‌ای برقرار نیست.

تعیین آهنگ جذب انرژی برای انسان هنگام پرتوگیری در میدان نزدیک بسیار دشوار است و تنها با استفاده از شبیه سازی بدن انسان در شرایط آزمایشگاهی امکانپذیر است به این منظور هم روش محاسباتی و هم روش اندازهگیری وجود دارد.

در استفاده از هر یک از این روشها دقت تعیین نتیجه باید قابل قبول باشد. روشهای محاسباتی پیچیده برای محاسبه آهنگ جذب انرژی موجود است که معمولاً برای استفاده در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو مناسب نیست.

نرمافزارهایی نیز برای تخمین آهنگ جذب انرژی در میدانهای رادیویی و مایکروویو نوشته شده است و قابل استفاده است. روشها خاصی نیز برای اندازهگیری آهنگ جذب انرژی موجود است که از بین آنها دو روش متداول تر است البته این روشها برای حیوانات آزمایشگاهی و مدل مصنوعی بدن انسان (فانتوم) قابل استفاده است.

در روش اول، با استفاده از دماسنج، افزایش دمای فانتوم در اثر جذب انرژی از میدان رادیویی اندازهگیری می شود و سپس با استفاده از فرمول زیر، آهنگ جذب انرژی محاسبه می شود.

$$SAR = \frac{C\Delta T}{\Delta t} \quad (21)$$

که در آن:

$\Delta T$  = تغییر دمای فانتوم به درجه سلسیوس:

$\Delta t$  = مدت زمان تغییر دما به ثانیه و

ظرفیت گرمایی ویژه ماده تشکیل دهنده فانتوم به ژول بر کیلوگرم درجه سلسیوس است.

این روش در صورتی که تغییرات دما نسبت به زمان خطی است، مناسب است. به عبارت دیگر این روش برای اندازهگیری آهنگ جذب انرژی موضعی، در میدانهای قوی مناسب است یعنی در شرایطی که با پرتوگیری، تغییر دمای بافت چندان تحت تأثیر مبادله گرما با محیط نیست و اثر

پرتوگیری خیلی بیشتر است.

در روش دوم با استفاده از یک پروب میدان الکتریکی داخل فانتوم اندازه‌گیری می‌شود و سپس با استفاده از فرمول زیر آهنگ جذب انرژی محاسبه می‌شود:

$$SAR = \sigma \frac{E^2}{\rho} \quad \text{همان معادله (۲)}$$

که در آن:

$\sigma$  = هدایت بافت بر حسب زیمنس بر متر:

$E$  = شدت مؤثر میدان الکتریکی در بافت بر حسب ولت بر متر و

$\rho$  = چگالی جرمی بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب است.

این روش برای اندازه‌گیری آهنگ جذب انرژی در جزء کوچکی از بدن مناسب است همچنین برای اندازه‌گیری آهنگ جذب انرژیهای کم به کار می‌رود یعنی شرایطی که در اثر جذب انرژی از میدان، تغییر دمای قابل اندازه‌گیری در بافت روی ندهد. تجهیزات اندازه‌گیری آهنگ جذب انرژی با این روش متشکل از یک پروب اندازه‌گیری میدان داخل فانتوم و یک سیستم کامپیوتری جهت قراردادن پروب در محل دقیق مورد نظر است.

۱- الف حدود آهنگ جذب انرژی برای پرتوکاران میدان های رادیویی

در فرکانس های بین ۲۰۰ کیلو هرتز و ۱۰ گیگا هرتز، آهنگ جذب انرژی نباید از حدود تعیین شده برای آن بیشتر شود یعنی مقادیر چگالی توان و شدت میدان باید به گونه ای باشد که حد آهنگ جذب انرژی رعایت شود.

برای مواردی که فاصله شخص از منبع پرتو کمتر از ۰/۲ متر است، بهتر است آهنگ جذب انرژی تعیین شود. چنانچه در مواردی تعیین آهنگ جذب انرژی از لحاظ فنی غیر ممکن باشد، اندازه گیری شدت میدان و یا چگالی توان کفایت می کند. حد آهنگ جذب انرژی برای پرتوکاران میدان های رادیویی مطابق جدول ۵ است.

جدول ۵ - حد آهنگ جذب انرژی برای پرتوکاران میدان های مایکروویو و رادیویی

شرایط	حدود SAR (W/Kg)
میانگین SAR تمام جرم بدن	۰/۴
میانگین SAR برای هر گرم از سر و گردن	۸
میانگین SAR برای ۱۰ گرم از دست ها و پاها	۲۰

بهبتر است در صورت امکان کنترل شود که مقدار متوسط آهنگ جذب انرژی برای چشم ها از ۰/۴ وات بر کیلوگرم تجاوز نکند. این توصیه تا هنگامی که دانشمندان اطلاعات علمی و مستدل کافی جدیدی در مورد اثرات پرتوگیری رادیویی بر روی چشم ارائه کنند معتبر می باشد.

#### ۱- ب حدود آهنگ جذب انرژی برای مردم

در فرکانس های بین ۳۰۰ کیلو هرتز و ۱۰ گیگا هرتز، آهنگ جذب انرژی نباید از حدود تعیین شده برای آن بیشتر شود یعنی مقادیر چگالی توان و شدت میدان باید به گونه ای باشد که حد آهنگ جذب انرژی رعایت شود.

برای مواردی که فاصله شخص از منبع پرتو کمتر از ۰/۲ متر است. بهتر است آهنگ جذب انرژی تعیین شود. چنانچه در مواردی تعیین آهنگ جذب انرژی از لحاظ فنی غیرممکن باشد، اندازه گیری شدت میدان و یا چگالی توان کفایت می کند. حدود آهنگ جذب انرژی برای پرتوگیری مردم مطابق جدول ۶ است.

جدول ۶ - حدود آهنگ جذب انرژی در پرتوگیری مردم در میدان های مایکروویو و رادیویی

شرایط	حدود SAR (W/Kg)
میانگین SAR تمام جرم بدن	۰/۰۸
میانگین SAR برای هر گرم از سر و گردن	۱/۶
میانگین SAR برای ۱۰ گرم از دست ها و پاها	۴

بهبتر است در صورت امکان کنترل شود که مقدار متوسط آهنگ جذب انرژی برای چشم ها از ۰/۲ وات بر کیلوگرم تجاوز نکند. این توصیه تا هنگامی که دانشمندان اطلاعات علمی و مستدل کافی جدیدی در مورد اثرات پرتوگیری امواج رادیویی بر روی چشم ارائه کنند معتبر می باشد.

#### پیوست ۲ - تعیین ناحیه های میدان دور یا نزدیک و تخمین مقادیر شدت میدان یا چگالی توان

در تخمین مقادیر شدت میدانهای الکتریکی یا مغناطیسی یا چگالی توان چند عامل مؤثر است. این عوامل عبارتند از:

- قرار گرفتن در ناحیه میدان دور یا ناحیه میدان نزدیک
  - استفاده از مدولاسیون پالسی یا عدم استفاده از آن
  - استفاده از آنتن ثابت یا آنتن گردان
- در ادامه این مبحث تأثیر هر یک از این عوامل در محاسبات بررسی می شود.

## ۲- الف نواحی میدان دور و نزدیک

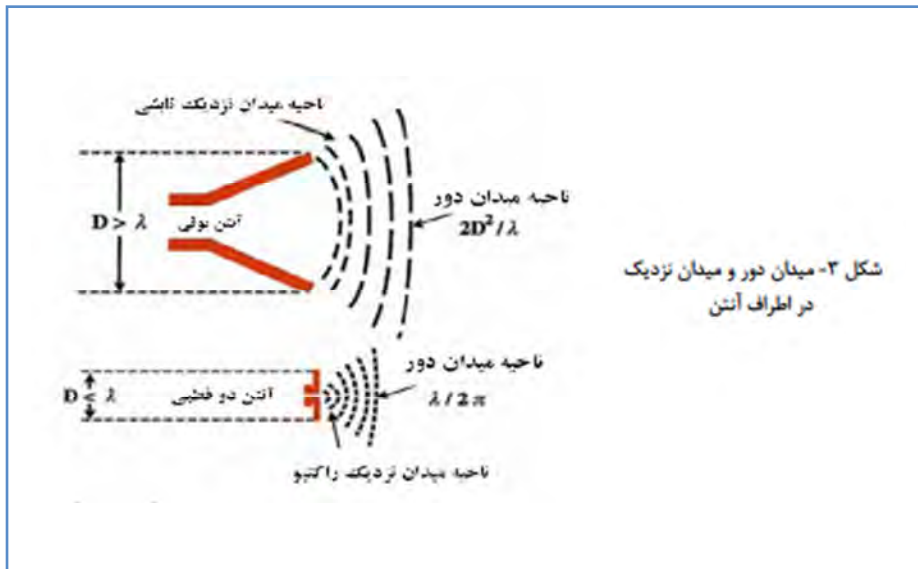
دستگاههای رادیویی ممکن است ویژگی های کاملاً متفاوتی داشته باشند. به منظور ارزیابی پرتوگیری اشخاص و حفاظت در مقابل پرتوگیریهای خطرناک دستگاههای رادیویی به سه دسته زیر تقسیم می شوند:

الف. آنتنهای کوچک، به معنای آنتنهایی که ابعاد آنها کمتر از طول موج پرتو ثابتی است.

ب. آنتنهای بزرگ، به معنای آنتنهایی که ابعاد آنها بیشتر از طول موج پرتو تابشی است.

ج. منابعی که تولید میدانهای نشتی میکنند، مانند گرمکنندههای دیالکتریک رادیویی، گرمکنندههای القایی رادیویی، اجزای رادار (به جز آنتن).

فضای اطراف یک آنتن معمولاً به دو ناحیه تقسیم می شود: ناحیه میدان نزدیک و ناحیه میدان دور (شکل ۳):



ناحیه میدان نزدیک خود به دو منطقه تقسیم می شود که عبارتند از: ناحیه میدان نزدیک راکتیو (reactive) و ناحیه میدان نزدیک تابشی (radiating). درست در کنار آنتن ناحیه‌ای که در آن میدان القایی (reactive) وجود دارد به عنوان ناحیه میدان نزدیک راکتیو شناخته می شود. قسمت اعظم انرژی الکترومغناطیسی در این ناحیه تابش نمی شود بلکه ذخیره می شود. در فواصل خیلی کم از آنتن میدان نزدیک راکتیو به طور قابل ملاحظه‌ای با افزایش فاصله کاهش میابد. در فواصل کمی بیشتر میدان نزدیک تابشی غالب است. در ناحیه میدان نزدیک تابشی، انرژی منتشر میشود. در این ناحیه موج تخت وجود ندارد. بعد از میدان نزدیک تابشی، ناحیه میدان دور قرار دارد که در آن شدت میدان یا عکس فاصله تغییر میکند.

## ۲- الف- ۱- تعیین شدت میدان نزدیک و میدان دور برای آنتنهای کوچک

آنتنی که بزرگترین بعد آن از طول موج تابشی کوچکتر باشد به عنوان آنتن کوچک شناخته میشود. رزوناتورهای دو قطبی (resonant dipoles). آنتنهای yagi و log-periodic مثالهایی از این نوع آنتن هستند. شعاع میدان نزدیک راکتیو آنتنهای کوچک، از کنار آنتن از فرمول زیر به دست می آید:

$$R_S = \frac{\lambda}{2\pi} \quad (22)$$

که در آن:

$R_S$  = شعاع ناحیه میدان نزدیک راکتیو و

$\lambda$  = طول موج تابشی است.

فرمول کلی برای تخمین شدت میدان در ناحیه میدان نزدیک آنتنهای کوچک وجود ندارد. البته برای برخی از آنها مانند آنتنهای دیپل یا مونوپل فرمولهای خاصی وجود دارد. لذا به طور کلی برای اغلب آنتنهای کوچک، تخمین پرتوگیری (در ناحیه میدان نزدیک) با استفاده از محاسبات بسیار پیچیده است. اندازه‌گیری در این ناحیه تنها روش عملی برای تعیین شرایط پرتوگیری است.

## ۳- الف- ۲- تعیین شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی در نواحی میدان نزدیک و

### میدان دور برای آنتنهای بزرگ

آنتنهایی که بزرگترین بعد آنها از طول موج تابش آنها بزرگتر است به عنوان آنتنهای بزرگ شناخته

میشوند. مثال هایی از این نوع آنتن عبارتند از، آنتنهای بوقی، آنتنهای بشقابی و ... در این نوع آنتنها، ناحیه میدان نزدیک متشکل از دو ناحیه است. ابتدا ناحیه میدان نزدیک راکتیو است که شعاع آن از فرمول ۲۳ به دست میآید و به دنبال آن ناحیه میدان نزدیک تابشی قرار دارد. در میدان نزدیک تابشی، شدت میدان لزوماً با فاصله از آنتن کاهش نمییابد. و ممکن است به صورت نوسانی رفتار کند.

برای آنتنهای بزرگ، شعاع ناحیه میدان نزدیک نسبت به آنتن از فرمول زیر تخمین زده میشود:

$$R_f = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (23)$$

که در آن:

$R_f$  = فاصله ای که میدان دور از آن جا شروع می شود:

$D$  = بزرگترین بعد آنتن و

$\lambda$  = طول موج تابشی است.

در این فاصله، بیشترین اختلاف فاز امواج الکترومغناطیسی که از نقاط مختلف روی آنتن میآیند ۲۲/۵ درجه است.

در عمل شعاع میدان نزدیک آنتنهای بزرگ (مثلاً آنتن های بشقابی)، به جای فرمول ۲۳ از فرمول زیر محاسبه میشود:

$$R_f = 0.5 \frac{D^2}{\lambda} \quad (24)$$

که در آن:

$R_f$  = فاصله ای که میدان دور از آن جا شروع می شود:

$D$  = بزرگترین بعد آنتن و

$\lambda$  = طول موج تابشی است.

بیشترین مقدار چگالی توان آنتن های بوقی و آنتنهای بشقابی برای فواصل کمتر از  $R_f$  یا در ناحیه میدان نزدیک یا فرمول زیر تخمین زده می شود:

$$W_w = 4 \frac{P_r}{\lambda} \quad (25)$$

که در آن:



$W_m$  = بیشترین مقدار چگالی توان بر حسب وات بر مترمربع:

$p_r$  = توان خالص ارسال شده روی آنتن بر حسب وات و

$A$  = مساحت فیزیکی دهانه (aperture) آنتن بر حسب متر مربع است.

تقریباً در انتهای ناحیه میدان نزدیک تابشی و در میدان دور، فرمول‌های زیر بین شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی و چگالی توان برقرار است:

$$\frac{E}{H} = \eta \quad (26)$$

$$W = \frac{W^2}{\eta} = H^2 \eta \quad (27)$$

که در آنها:

$E$  = شدت میدان الکتریکی بر وات بر متر  $\left(\frac{V}{m}\right)$

$H$  = شدت میدان مغناطیسی به آمپر بر متر  $\left(\frac{A}{m}\right)$

$W$  = چگالی توان به وات بر مترمربع  $\left(\frac{W}{m^2}\right)$  و

$\eta$  = امپدانس مشخصه محیط است  $\eta$  برای فضای آزاد مساوی ۳۷۷ اهم است.

در ناحیه میدان نزدیک، چگالی توان ( $W$ ) روی محور باریکه اصلی با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$W = \frac{P_r G}{(4\pi r^2)} \quad (28)$$

که در آن:

$r$  = فاصله از آنتن به متر:

$p_r$  = توان ارسال شده روی آنتن به وات و

$G$  = بهره آنتن است.

از فرمول ۲۸ میتوان برای تخمین چگالی توان در فاصله‌های بیشتر از (فرمول ۲۳ یا ۲۴) استفاده کرد. برای فواصل تقریباً مساوی در میدان دور، مقدار به دست آمده برای چگالی توان کمی بیشتر از مقدار واقعی چگالی توان است. البته تفاوت آن با مقدار واقعی از ۰/۸ دسی بل یا ۲۰٪ مقدار واقعی بیشتر نیست. بهره آنتن با معادله زیر به ابعاد آنتن مرتبط می‌شود:

$$G = \frac{4xA_2}{\lambda^2} \quad (29)$$

که در آن:

$$EA = A_1 = \text{سطح مؤثر آنتن}$$

$A =$  مساحت دهانه فیزیکی آنتن به متر مربع:

$E =$  بازده آنتن (معمولاً  $0.75 < E < 0.95$ ) (antenna efficiency) و

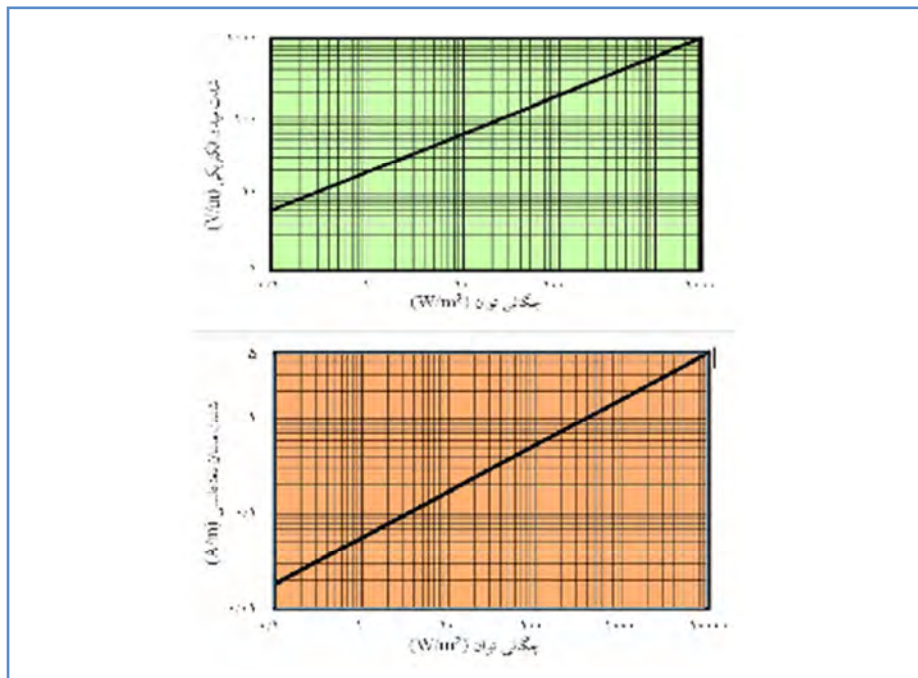
$\lambda =$  طول موج به متر است.

برای تعیین شدت میدان الکتریکی و شدت میدان مغناطیسی و چگالی توان در میدان دور میتوان از فرمولهای (۲۷ و ۲۸) استفاده کرد.

منحنی های شکل (۴) شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی را در خلاء یا تقریباً هوا بر حسب چگالی توان نشان داده است.

معادلات (۲۶ الی ۲۸) برای تخمین چگالی توان و شدت میدان در ناحیه میدان دور در بدترین شرایط

شکل ۴ - منحنیهای شدت میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی بر حسب چگالی توان



در جایی که بیشترین بهره توان اعمال شده است، به کار می رود. اغلب امکان پیش بینی ماگزیم شدت میدان درون و اطراف سایت ممکن نیست زیرا میدان های رادیویی و مایکروویو می توانند جذب، منعکس یا پراشیده شوند، لذا تنها راه تعیین مقدار واقعی آنها، اندازه گیری است.

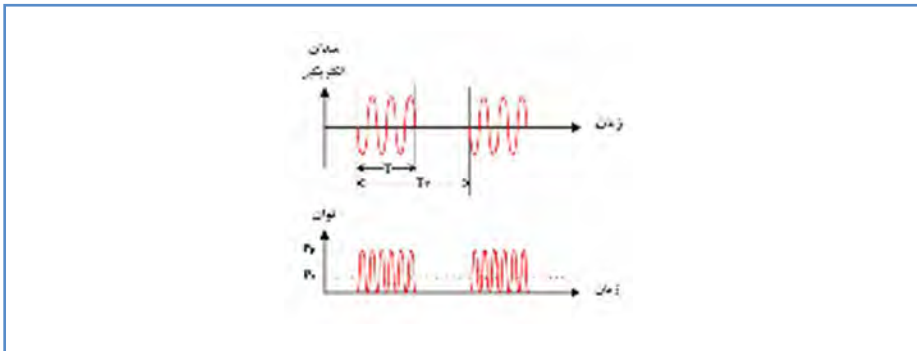
## ۲- الف- ۳- منابع مولد میدان های نشتی

در مورد پرتوهای نشتی اطراف دستگاههای رادیویی، هیچ روشی برای تخمین شدت میدان و یا نوع میدان نزدیک وجود ندارد.

## ۲- ب- مدولاسیون پالسی

یک موج با مدولاسیون پالسی در شکل (۵)، نشان داده شده است. اغلب امواج تابشی رادارها مانند شکل ۵ است.

شکل ۵ - موج یا مدولاسیون پالسی



ضریب اشغال (duty factor) به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$F = \frac{T}{T_r} = T \cdot f_p \quad (30)$$

که در آن:

$F_p$  = فرکانس تکرار پالس،

$T =$  عرض پالس به ثانیه و  
 $T_r =$  دوره یا پریود پالس ها به ثانیه است.  
 فرکانس تکرار پالس برابر است با:

$$f_f = \frac{1}{r_r} \quad (۳۱)$$

توان متوسط برای یک موج پالس با فرمول زیر محاسبه می شود:

$$P_a = P_p F \quad (۳۲)$$

که در آن:  
 $P_p =$  ماگزیمم توان به وات و  
 $F =$  ضریب اشغال است.  
 همچنین چگالی توان متوسط از فرمول زیر به دست می آید:

$$W_a = W_p F \quad (۳۳)$$

که در آن:  
 $W_p =$  ماگزیمم چگالی توان به وات بر متر مربع و  
 $F =$  فاکتور اشغال است.

## ۲ - ج آنتن های جاروب کننده (گردان)

برای تخمین چگالی توان مؤثر یک آنتن گردان از یک نقطه ثابت، چگالی توان مؤثر آنتن از همان نقطه در شرایطی که آنتن ثابت است اندازه گیری میشود و سپس از فرمول ۳۴ استفاده میشود.

$$W_m = KW_2 \quad (۳۴)$$

که در آن:  
 $W_m =$  چگالی توان مؤثر برای آنتن متحرک بر حسب وات بر متر مربع:

$K$  = ضریب کاهش مربوط به گردش آنتن و  
 $W_2$  = چگالی مؤثر توان اندازه‌گیری شده روی محور بیم برای آنتن ثابت در فاصله مورد نظر بر  
 حسب وات بر متر مربع است.  
 ضریب  $K$  در ناحیه میدان نزدیک از فرمول زیر به دست می‌آید.

$$K = \frac{a}{R_\Phi} \quad (35)$$

$$R_\Phi = r\Phi \quad (36)$$

که در آنها:

$a$  = بعدی از آنتن که در صفحه جاروب قرار دارد به متر:

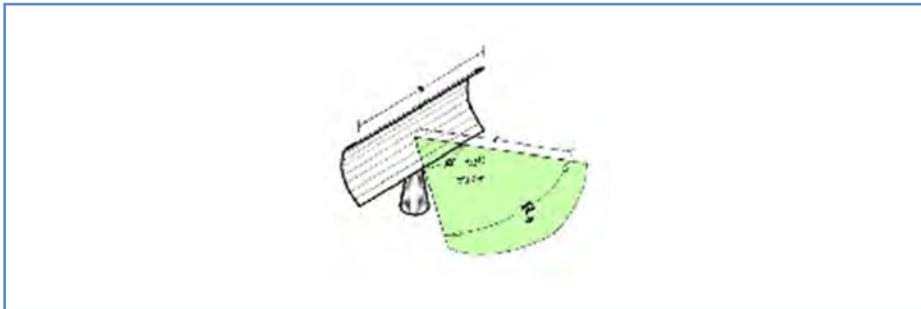
$r$  = فاصله از آنتن:

$R_\Phi$  = محیط قطاع جاروب شده توسط آنتن در فاصله مشخص ( $r$ ) بر حسب متر و

$\Phi$  = زاویه جاروب به رادیان است (شکل ۶)

ضریب  $K$  در ناحیه میدان دور از فرمول زیر به دست می‌آید:

شکل ۶ - آنتن گردان



$$K = \text{dB}^2 \text{ پهنای باریکه} \quad (37)$$

زاویه جاروب

۲- چند مثال از تخمین مقادیر شدت میدان

مثال ۱: محاسبه کمترین فاصله ای که پرتوگیری‌ها کمتر از حد است.

یک آنتن سهمی گون یا قطر ۰/۵ متر، فرکانس ۱۲۰۰ مگاهرتز با  $P_r \cdot G = W_50$  در ناحیه ای که مردم

در آن تردد می کنند، نصب می شود. کمترین فاصله از آنتن برای اینکه پرتوگیری کمتر از حدود پرتوگیری مردم باشد چقدر است؟

حد چگالی توان برای مردم از جدول ۳ به دست می آید.  

$$W_{imi} = \frac{f}{200} = \frac{1200}{200} = 6 \frac{W}{m^2}$$
 با استفاده از فرمول ۲۸ و قرارداد  $W_{imi}$  به جای  $W$ ، کمترین فاصله از آنتن برای این که پرتوگیری کمتر از حدود پرتوگیری مردم باشد به دست می آید.

$$r_{min} = \left[ \frac{P_r \cdot G}{(4\pi W_{ine})} \right]^{0.5} = \left[ \frac{50}{4 * 3 / 14 * 6} \right]^{0.3} = 0.814m$$

برای اطمینان از اینکه فاصله فوق در ناحیه میدان دور است به صورت زیر عمل می شود:

ابتدا طول موج تعیین می شود.  

$$\lambda = \frac{300}{f} = \frac{300}{1200} = 0.25m$$
 از آنجایی که بعد آنتن از طول موج بیشتر است، آنتن بزرگ محسوب می شود، بنابراین شروع ناحیه میدان دور با استفاده از معادله ۲۴ به صورت زیر به دست می آید:  

$$R_f = \frac{.5D^2}{\lambda} = \frac{.5(.5)^2}{.25} = .5m$$
 مثال ۲: حداکثر چگالی توان در مقابل آنتن یک رادار در ناحیه میدان نزدیک با مشخصات زیر تقریباً چقدر است؟

فرکانس رادار  $f = ۲ \text{ GHz}$

حداکثر توان فرستنده  $P_p = ۱MW$

عرض پالس  $T = ۳\mu s$

فرکانس تکرار پالس  $f_p = ۴۰۰Hz$

قطر آنتن  $D = \Delta m$

مراحل محاسبه حداکثر چگالی توان به شرح زیر است:

با استفاده از معادله ۲۴:  $R_f = \frac{.5D^2}{\lambda} = ۴۱۷m$  فاصله شروع میدان دور

با استفاده از معادله ۳۰:  $A = \frac{\pi D^2}{۴} = ۱۹/۶۳m^2$  ضریب اشغال

با استفاده از معادله ۳۲:  $F = Tf_p = ۱/۲KW$  میانگین توان منتقل شده به آنتن

۱/۲ کیلو وات همان توان ارسالی روی آنتن یا  $P_r$  است.

با استفاده از معادله ۲۵:

باید از پرتوگیری افراد در میدان نزدیک این آنتن ممانعت شود یا زمان قرار گرفتن شخص در این میدان محدود شود، زیرا چگالی توان به دست آمده از حد پرتوگیری مردم در این فرکانس یعنی  $1 \frac{W}{m^2}$  و نیز حد پرتوگیری شغلی یعنی  $5 \frac{W}{m^2}$  بیشتر است. مثال ۳: چگالی توان مؤثر را در فاصله ۱۰ و ۳۰ متری از یک آنتن گردان با مشخصات زیر به دست آورید:

۱۰۰ =  $\frac{W}{m^2}$  چگالی توان در فاصله ۱۰ متری آنتن در حالی که آنت ثابت است.

۲۰ =  $\frac{W}{m^2}$  چگالی توان در فاصله ۱۰ متری آنتن، در حالی که آنتن ثابت است.

۲۰ m = فاصله شروع میدان دور

رادیان  $2 = a = 360^\circ = \phi$  زاویه گردش آنتن

ارتفاع ۱۰/۱۶ سانتیمتر و پهنای ۲ متر (a,b) ابعاد دهانه آنتن

$1/23^\circ$  افقی و  $25^\circ$  عمودی، پهنای بیم

محاسبات:

۱- فاصله ۱۰ متری در ناحیه میدان نزدیک است، در این مکان:

محیط قطاع جاروب شده  $R_\phi = 2\pi \times 10$  m با استفاده از معادله ۳۶:

محیط قطاع جاروب شده

ضریب کاهش مربوط به گردش آنتن  $K = \frac{a}{R_\phi} = \frac{2}{2\pi \times 10} = \frac{1}{10\pi}$  با استفاده از معادله ۳۵:

ضریب کاهش مربوط به گردش آنتن

چگالی مؤثر توان وقتی که آنتن  $W_m = KW_2 = \frac{1}{10\pi} \times 100 = 3/2 \frac{W}{m^2}$  با استفاده از معادله ۳۴:

میچرخد

۲- فاصله ۳۰ متری در ناحیه میدان دور است:

با استفاده از معادله ۳۷:

$$K = \frac{2db}{\text{پهنای بیم زاویه جاروب}} = \frac{1/23^\circ}{36^\circ}$$

با استفاده از معادله ۳۴:

$$K_m = KW_n = \left( \frac{1/23}{36} \right) (2.0) = 0.7 \frac{W}{m^2} \quad \text{چگالی مؤثر پرتو وقتی که آنتن می چرخد.}$$

### پیوست ۳ - اندازه‌گیری پرتوهای رادیویی و مایکروویو و ارزیابی نتایج اندازه‌گیری

در اندازه‌گیری پرتوهای مایکروویو و رادیویی، بسته به شرایط میدان مورد اندازه‌گیری باید دستگاه اندازه‌گیری مناسب و صحیح انتخاب شود. همچنین هنگام اندازه‌گیری باید نکات و ویژه‌های رعایت شود. پس از اندازه‌گیری ارزیابی مقادیر صورت می‌گیرد و نتیجه‌گیری انجام می‌شود.

۳- الف اندازه‌گیری شدت میدان الکتریکی با شدت میدان مغناطیسی یا چگالی توان

۳- الف ۱۰ - ویژگی‌های اصلی دستگاه اندازه‌گیری

- محیط اطراف یک دستگاه رادیویی به دو ناحیه میدان نزدیک و میدان دور تقسیم می‌شود. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه به پیوست ۲ مراجعه شود. در بسیاری از بازسیها، شدت پرتو در ناحیه میدان نزدیک اندازه‌گیری می‌شود. در اندازه‌گیری میدان نزدیک یک آنتن یا در فواصل نزدیک نسبت به دستگاه رادیویی باید هر دو میدان الکتریکی و مغناطیسی را اندازه‌گیری کرد. چنانچه برای اندازه‌گیری میدان مغناطیسی در فرکانس‌های خاصی، دستگاه اندازه‌گیری موجود نباشد الزاماً باید به اندازه‌گیری شدت میدان مغناطیسی و یا چگالی توان کافی است.

- بسیاری از دستگاه‌های اندازه‌گیری بر حسب چگالی توان مدرج شده اند اما در واقع یکی از کمیت‌های شدت میدان الکتریکی یا شدت میدان مغناطیسی را اندازه‌گیری میکنند. در میدان نزدیک چگالی توان برای ارزیابی میزان پرتوگیری قابل استفاده نیست بلکه در این شرایط باید با مراجعه به راهنمای دستگاه مورد استفاده مقدار شدت میدان الکتریکی یا شدت میدان مغناطیسی تعیین شود.

- چنانچه محدوده فرکانسی دستگاه اندازه‌گیری، از پهنای فرکانسی میدان رادیویی مورد اندازه‌گیری



کوچکتر باشد برای اندازه‌گیری میدان باید از چند دستگاه اندازه‌گیری استفاده شود به نحوی که اندازه‌گیری در تمام محدوده فرکانسی میدان انجام شود.

- گاهی پرتوهای تابش شده از چند دستگاه رادیویی همزمان در یک محیط وجود دارد و در این شرایط تعیین شدت میدان و چگالی توان در ارتباط با هر منبع کار دشواری است. لذا باید از دستگاه (یا دستگاه‌های) اندازه‌گیری استفاده شود که کل محدوده فرکانسی را پوشش دهد.

- اغلب، جهت‌دارهای میدانهای الکترومغناطیسی در میدانهای رادیویی مورد بررسی مشخص نیست لذا باید از دستگاه اندازه‌گیری با آشکارساز سه جهته استفاده شود. چنانچه آشکارساز دستگاه اندازه‌گیری یک جهته باشد، باید اندازه‌گیری در سه جهت دو به دو عمود بر هم انجام شود و سپس با استفاده از محاسبات زیر شدت میدان یا چگالی توان در یک نقطه محاسبه گردد.

$$E = [E_1^2 + E_2^2 + E_3^2]^{\frac{1}{2}} \quad (38)$$

$$H = [H_1^2 + H_2^2 + H_3^2]^{\frac{1}{2}} \quad (39) \quad \text{یا}$$

$$W = W_1 + W_2 + W_3 \quad (40) \quad \text{یا}$$

که در آنها:

$W, H, E$  = شدت میدان الکتریکی کل، شدت میدان مغناطیسی کل و چگالی توان کل و  
 $W_1, H_1, E_1$  = مقدار شدت میدان الکتریکی یا شدت میدان مغناطیسی یا چگالی توان در هر جهت است.

- در اندازه‌گیری میدان‌های پالسی یا با مدولاسیون فرکانس یا دامنه، باید دقت شود که دستگاه اندازه‌گیری انتخاب شده توانایی اندازه‌گیری چنین میدان‌هایی را داشته باشد.  
 - هر دستگاه اندازه‌گیری باید حداقل هر سال یکبار کالیبره شود (پیوست ۷) و صحت عملکرد آن نیز مرتب کنترل شود.

- به دلیل محدودیت‌های دستگاه‌های اندازه‌گیری، اندازه‌گیری پرتوهای اطراف دستگاه‌های رادیویی با آنتن گردان باید در حالتی انجام شود که آنتن آنها ثابت شده است و آنگاه با استفاده از روش مطرح شده در پیوست ۲ شدت میدان در شرایطی که آنتن می‌چرخد محاسبه شود.  
 - برای اندازه‌گیری میدان نزدیک باید از دستگاه اندازه‌گیری مناسب برای این امر استفاده شود و

ضمناً بسیار دقت شود که اشیاء و اشخاص حاضر در محیط سبب تخریب میدان موجود نشوند. مثلاً قرائت گر دستگاه اندازه گیری یا کسانی که در اندازه گیری حضور دارند می توانند سبب تخریب میدان و تغییر مقدار واقعی آن شوند.

### ۳- الف- ۲- میانگینگیری فضایی

در بازرسی از میدانهای رادیویی، در مکانهای تردد مردم، بیشترین شدت میدان باید مشخص شود. حتی در میدان دور آنتنها، شدت میدان در سطحی به اندازه سطح مقطع بدن انسان میتواند یکنواخت نباشد و در نقاط مختلف تفاوتهایی مشاهده شود زیرا انعکاسات از سطوح و زمین میتواند روی مقدار میدان تأثیر بگذارد، لذا میانگینگیری فضایی در اغلب موارد باید انجام شود.

اغلب پرتوگیری افراد هنگام کار در میدانهای رادیویی، در میدان نزدیک و در جایی که میدان یکنواخت نیست روی می دهد. روش اندازه گیری و به دست آوردن میانگین فضایی شدت میدان در چنین شرایطی به شرح زیر است:

الف. در ناحیه استقرار هر فرد جایی که میدان در آنجا بیشینه است مشخص شود.

ب. مستطیلی با عرض ۰/۳۵ متر و ارتفاع ۱/۲۵ متر تقریباً در فاصله یک متر از سطح زمین در نظر گرفته شود به نحوی که نقطه به دست آمده در قسمت (الف) روی آن مستطیل قرار گیرد. در این مستطیل به جز نقطه فوق چند نقطه دیگر به صورت ماتریسی و تقریباً با فواصل یکسان از هم در نظر گرفته شود (شکل ۳)

ج. شدت میدان در تمام نقاط در نظر گرفته شده در قسمت (ب) اندازه گیری شود.

د. میانگین فضایی شدت میدان، با استفاده از اعداد به دست آمده در قسمت (ب)، با فرمول زیر محاسبه شود.

$$F = \left[ \frac{1}{n} \sum_{|\pi|} F_{\pi}^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (40)$$

که در آن:

$F$  = میانگین فضایی شدت میدان مورد اندازه گیری (E یا H)

$F_{\pi}$  = شدت میدان در نقطه ۱ ام (شکل ۲) و

$n$  = تعداد نقاط اندازه گیری است.

اندازه گیری جریان های تماسی و القایی

در میدان نزدیک بهتر است علاوه بر اندازه گیری شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی، جریان های تماسی و القایی نیز اندازه گیری شود.

### ۳-ب-۱- اندازه گیری جریان تماسی

میدان های رادیویی می توانند در اجسام فلزی غیر متصل به زمین یا اجسام فلزی که اتصال ضعیفی به زمین دارند مانند ماشین ها، واگن ها، اتوبوس ها یا توری های فلزی، پتانسیل الکتریکی متناوب ایجاد کند. در اثر تماس با این وسایل جریان الکتریکی با فرکانس رادیویی بین بدن شخص و زمین برقرار می شود. شدت جریان به شکل و اندازه شی و فرکانس و شدت میدان و همبطور امیدانس بدن شخص بستگی دارد. امیدانس بدن شخص نیز به قد و وزن و ساختار بافت بدن او و نوع تماس او با شی (سطح تماس، محل تماس، خشک یا مرطوب بودن پوست) و نیز نوع کفشی که پوشیده است بستگی دارد. امیدانس بدن در فرکانس های مختلف میدان های رادیویی متفاوت است. چنانچه جریان بیشتر می تواند دردناک باشد و سبب آسیب دیدن شخص (مثل سوختگیهای موضعی، اشکال در سیستم تنفس، مشکلات قلبی) شود. در فرکانس های کمتر از ۱۰۰ کیلوهرتز حس کردن جریان به صورت حس سوزش و خارش در نوک انگشتان یا دست یا قسمتی است که با شی تماس دارد. در فرکانس های بیشتر احساس گرما نیز روی می دهد. شدت آستانه جریان برای احساس درد در شرایط مختلف اندازه گیری شده است.

عبور جریانهای تماسی کمتر از حدود مشخص شده در بند ۵-۱-۴ از بدن پرتوکاران میدانهای رادیویی و مایکروویو، ممکن است احساس شود ولی دردناک نیست. زنان به دلیل حساسیت بیشتر شدت جریانهای کمتری را میتوانند احساس کنند. معمولاً شدت جریانهای کمتر از حدود مشخص شده در بند ۵-۱-۴ احساس نمیشود. برای تعیین حد شدت جریان برای کودکان از برونیابی نتایج بزرگسالان استفاده شده است. برای ارزیابی جریان تسمی و مطابقت آن با حدود مشخص شده در بندهای ۵-۱-۴ و ۵-۲-۴ باید از دستگاههای مخصوص اندازه گیری این جریانها که انواع تجاری آن موجود است، استفاده شود.

برای تعیین شدت جریان تماسی، مدارهای الکترونیکی خاصی که امیدانس آنها مساوی امیدانس بدن انسان است، با اشیاء رسانایی که در میدان رادیویی دارای انرژی پتانسیل شدهاند و به زمین وصل نیستند، تماس داده میشوند.

### ۳-ب-۲- اندازه گیری جریان القایی

در میدان رادیویی حتی در صورت عدم تماس شخص با اشیاء فزی، جریان القایی میتواند در بدن شخص ایجاد شود. جریان القایی در دو یا از دو طریق قابل اندازه‌گیری است. در یک روش با استفاده از یک کوپل مخصوص جریان القایی در بدن اندازه‌گیری میشود. در روش دیگر از دو صفحه رسانای موازی که سطح آنها عایق بدنی شده است و یکی از آنها روی دیگری قرار دارد استفاده میشود. دو صفحه روی سطح مسطحی قرار میگیرد و شخص یا آنتنی که معادل بدن شخص عمل میکند روی صفحه بالایی قرار میگیرد. مقاومتی با اندوکتانس کم بین دو صفحه موازی قرار دارد و جریان گذرنده از این مقاومت در اثر وجود اختلاف پتانسیل بین دو صفحه موازی، مقدار جریان القایی را تعیین میکند. برای اندازه‌گیری جریان القایی و مطابقت با حدود آن باید از دستگاههای مخصوص اندازه‌گیری جریان القایی استفاده شود. شخص یا آنتنی که به جای او به کار میرود باید روی صفحه دستگاه اندازه‌گیری جریان القایی قرار گیرد و اندازه‌گیری انجام شود.

#### پیوست ۴ - انواع علائم هشدار و خطر

در مراکز کار با پرتوهای مایکروویو و رادیویی بسته به میزان خطرناکی دستگاه یا موقعیت، سه نوع علائم هشدار به کار میرود. اندازه علائم باید با شرایط استفاده آن متناسب باشد به گونهای که به راحتی قابل رؤیت باشد. ویژگی های این سه نوع علامت هشدار به شرح زیر است.

• علامت «احتیاط» به رنگ سیاه و روی زمینه زرد است.

این علامت معمولاً برای تعیین مرز نواحی به کار نمی رود، اما روی دستگاه رادیویی نصب می شود. این علامت معمولاً جزو برچسب همه دستگاههای رادیویی است، به عنوان مثال روی فرهای مایکروویو نصب می شود.

• علامت «هشدار» به رنگ سیاه و روی زمینه نارنجی است.

• علامت «خطر» به رنگ سیاه و روی زمینه قرمز است.

علامتهای هشدار و خطر ریسک خطر بالاتر را نشان میدهند و برای مرزبندی نواحی به کار می روند.

شکل ۷ - علائم احتیاط، هشدار و خطر



### پیوست ۵ - پرتو X

عموماً همه سیستمهای با توان بالا که فرستنده یا تقویتکننده آنها با ولتاژ بالا (بیشتر از ۲۰ کیلو ولت) کار میکنند قابلیت تولید اشعه را دارند. نظر به اینکه دستگاههای رادیویی با توان بالا نیاز به تغذیه با ولتاژ بالا دارند، چنانچه براساس اطلاعات ارائه شده توسط سازنده دستگاه و یا با هر روش دیگری مشخص شود که دستگاهی اشعه ایکس تولید میکند رعایت موارد زیر ضروری است:

- بازرسی لازم جهت حصول اطمینان از کارآیی حفاظ ایکس دستگاههای رادیویی انجام شود؛  
- در شرایطی که حفاظ ایکس نصب شده است، پرتوی ایکس اطراف دستگاه اندازهگیری شود و نتایج حاصل با حدود ذکر شده در استانداردهای مربوطه مقایسه شود. انجام این اندازهگیری و ارزیابی نتیجه باید توسط شخص صلاحیتداری که گواهینامه دوره مقدماتی حفاظت در برابر اشعه را دارد صورت گیرد؛

- دستگاههایی که برای اندازهگیری پرتوهای یونساز در میدانهای رادیویی به کار میروند نباید نسبت به پرتوهای الکترومغناطیسی در فرکانسهای رادیویی و مایکروویو حساس باشد و این پرتوها نباید تأثیری بر قرائت آنها داشته باشد. و روش بازرسی در ارتباط با پرتوی ایکس و ثبت نتایج و ارزیابی آنها باید در مرکز نگهداری شود.

### پیوست ۶ - مثال هایی از بررسی نتایج اندازه گیری شاغلین

مثال ۱: مقادیر متوسط شدت مؤثر میدان الکتریکی در فرکانسهای مختلف برای یک پرتوکار میدان رادیویی، مطابق جدول زیر فرض میشود. حد شدت مؤثر میدان الکتریکی برای هر فرکانس نیز تعیین شده است و  $R_f$  (فرمول ۸) برای هر مورد در همان سطر جدول آمده است.

فرکانس به MHz	متوسط E اندازه گیری شده به $\frac{V}{m}$	حد E در همان فرکانس به $\frac{V}{m}$	$R_f$
۲۰	۳۰	۶۱	۰/۲۴
۹۰	۴۰	۶۱	۰/۴۳
۱۵۰	۵۰	۶۱	۰/۶۷
۱۳۰۰	۶۰	$2\sqrt{f} = 10.8$	۰/۳۰۸

از آنجایی که  $R_f = 1/64$  (فرمول ۷) از یک بیشتر است کار کردن شخص در میدان فوق با دریافت انواع فرکانس های ذکر شده مجاز نیست.

مثال ۲: شخصی که در میدان رادیویی کار میکند در معرض سه نوع میدان رادیویی با فرکانسهای مختلف قرار می گیرد. نتایج اندازه گیریهای انجام شده در فرکانسهای مختلف و محاسبات مربوطه در جدول زیر آمده است.

فرکانس به MHz	نتیجه اندازه گیری مقادیر متوسط	حد در همان فرکانس	$R_f$ (فرمول های ۸ و ۹)
۲۷	$H = 0.1 \frac{A}{m}$	$0.16 \frac{A}{m}$	$\left(\frac{0.1}{0.16}\right)^2$
۹۱۵	$E = 25 \frac{V}{m}$	$90.7 \frac{V}{m}$	$\left(\frac{25}{90.7}\right)^2$
۱۰۰۰۰	$S = 2 \frac{W}{m^2}$	$5 \frac{W}{m^2}$	$\frac{2}{5} = 0.4$

نظر به اینکه  $\sum R_f = 0.499$  (فرمول ۷) کمتر از یک است، کار کردن شخص در میدان فوق به مدت ۸ ساعت در روز بلامانع است.

## پیوست ۷ - روش های کالیبره کردن دستگاه های اندازه گیری پرتوهای مایکروویو و رادیویی

اغلب دستگاههای اندازه گیری پرتوهای رادیویی و مایکروویو باید حداقل یک بار در سال کالیبره شوند. البته در صورتی که دستگاه وارد میدانهای بسیار قوی شود لازم است پس از اندازه گیری و قبل از انجام اندازه گیری بعدی توسط آن دستگاه، دستگاه کالیبره شود. به این منظور سه روش اصلی وجود دارد که بسته به دقت مورد نیاز و امکانات موجود میتوان یکی از آنها را به کار برد.

### ۷ - الف روش میدان در فضای آزاد

در این روش، میدان رادیویی و مایکروویو در محیطی بدون انعکاس ایجاد میشود. شرایط ایجاد میدان باید به گونهای باشد که مقادیر شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی در ناحیه معینی از آن دقیقاً محاسبه شود. آنگاه پروب دستگاهی که باید کالیبره شود در آن ناحیه قرار میگیرد و از مقایسه قرائت دستگاه اندازه گیری با مقدار واقعی شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی، ضریب کالیبراسیون پروب به دست میآید. این روش در محدوده فرکانسی ۵۰۰ مگاهرتز الی ۴۰ گیگاهرتز قابل استفاده است و معمولاً از دقت خوبی برخوردار است. لیکن تجهیزات لازم برای ایجاد فضای بدون انعکاس اغلب بسیار پرهزینه می باشد.

## ۲- ب روش کالیبره کردن یا موجبر

در این روش با استفاده از تجهیزات موجبری و یک مولد موج رادیویی و مایکروویو، میدان الکتریکی و مغناطیسی مشخص داخل موجبر ایجاد میشود و پروب دستگاه مورد نظر از طریق حفرهای داخل موجبر قرار میگردد. از مقایسه قرائت دستگاه با مقدار شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی محاسبه شده در موجبر، ضریب کالیبراسیون به دست میآید. این روش برای فرکانسهای کمتر از ۲/۶ گیگاهرتز قابل استفاده است و معمولاً خطای آن بیشتر از روش میدان در فضای آزاد است ولی هزینه کمتری دارد.

## ۲- ج روش پروب استاندارد

در محلی که میدان دور وجود دارد، به کمک یک پروب استاندارد و کالیبره شده، شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی اندازهگیری میشود. آنگاه پروب دستگاهی که قرار است کالیبره شود، به جای پروب قبلی قرار میگردد و از مقایسه قرائت دستگاهها، ضریب کالیبراسیون دستگاه مورد نظر تعیین میشود. این روش در همه فرکانسها قابل استفاده است. روشی بسیار ساده و کم هزینه است. البته بسته به شرایط کار ممکن است خطای کالیبراسیون خیلی کم نباشد اما اغلب میتوان به گونه ای عمل کرد که خطا در محدوده قابل قبول باشد.

## مراجع

۱. چوبینه، علیرضا و امیرزاده فرید، کلیات بهداشت حرفه ای، انتشارات کوشا مهر، شیراز، ۱۳۷۸
۲. حلم سرشت پریش و دل پیشه اسماعیل، بهداشت کار، انتشارات چهر، تهران، ۱۳۶۸
۳. عقیلی نژادماشاء... و مصطفایی مسعود، طب کار و بیماری‌های شغلی، جلد اول، انتشارات ارجمند، تهران ۱۳۷۹
۴. فروهرمجد فرهاد، ایمنی پرتوی در پزشکی هسته ای، چاپ دوم، انتشارات شهید، ۱۳۸۵
۵. غیائی نژاد مهدی، کاتوزی مهران، حفاظت در برابر پرتو، انتشارات شرکت سایان، ۱۳۸۹
۶. شوشتریان سید محمد، مسعود، بهداشت پرتوها، انتشارات اشراقیه، ۱۳۸۵
7. <http://www.aeoi.org.ir/Portal/Home>
8. <http://www.doe.ir>
9. International Commission on Non -ionizing Radiation Protection. Guidelines on Limits of Exposure to Broad -Band Incoherent optical Radiation Health physics. Volume 73, Number 3, 1997
10. Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 3 kHz to 300 GHz - Safety code 6, Canada, 1999
11. International Commission on Non -ionizing Radiation Protection Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields. Health Physics Volume 66, Number 1994
12. International Commission on Non -ionizing Radiation Protection (IC-NIRP). Guidelines for Limiting Exposure to Time -Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz). Health Physics Volume 74, Number 4, 1998.
13. International Commission on Non -ionizing Radiation Protection. Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation). Health Physics Volume 87, Number 2, 2004.
14. International Commission on Non -ionizing Radiation Protection. Interim Guidelines on Limits of Human exposure to Airborne Ultrasound. Health Phys-



ics Volume 46, Number 42, 1984.

15. International Non -ionizing Radition Committee of the International Radiation Protection Association (IRPA/INIRC). Proposed Change to the IRPA 1985 Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet

16. International Commission on Non -ionizing Radiation Protection. Review of Concepts, Quantities, Units and Terminology for Nonionizing Radiation Protection. Health Physics. Volume 49, Number 6, 1985.

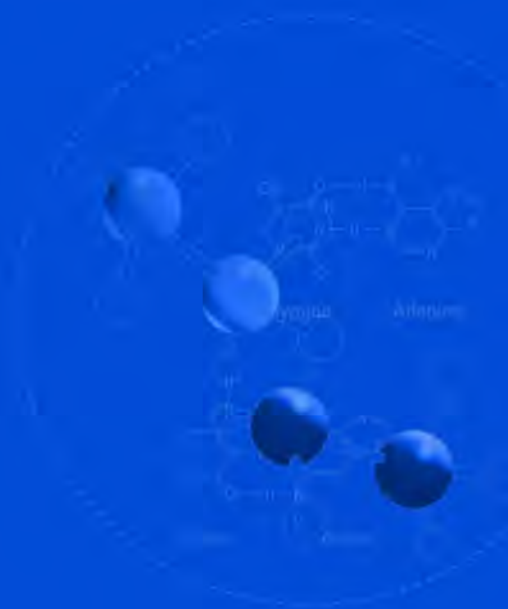


Tehran University of Medical Sciences  
Institute for Environmental Research



Islamic Republic of Iran  
Ministry of Health and Medical Education  
Environmental and Occupational Health Center

# *A Guide to Occupational Health in Radiation Workers*



2050202-0803-1

Summer2012