rchive of SID

نویسندگان
ندا رحمانی‌نسب[۱و۳*]
نرگس محمدی[۲و۳]
* nedarahmani61@yahoo.com

بررسی تاثیر امواج الکترو مغناطیس بر بافت بدن انسان، موجودات زنده و راه‌های محافظت از آن

چکیده

امواج الکترومغناطیسی چیست؟ چگونه آنها ایجاد شده و حرکت می‌کنند؟ چگونه می‌توانیم آنها را به‌طور گسترده‌ای درک کنیم و سازمان دهیم؟ خواص متفاوت رابطه آنها با اثرات الکتریکی و مغناطیسی چیست؟ در این مقاله سعی بر این است که با پاسخ به این پرسش‌ها تاثیر امواج الکترومغناطیس بر انسان و موجودات زنده را مورد بررسی قرار دهیم. در ابتدا انواع امواج الکترومغناطیسی از دید بازه فرکانسی دسته‌بندی شده و از لحاظ یونساز و غیر یونساز بودن مورد بررسی قرار می‌گیرند. سپس به اصول و مقررات کلی حفاظت در برابر پرتوها اشاره می‌شود.

واژه‌های کلیدی
امواج الکترومغناطیس، یونساز، غیر یونساز، حفاظت.

مقدمه

در اطراف هر جسم دارای بار الکتریکی، میدان الکتریکی وجود دارد که اثر آن به‌صورت نیروی الکتریکی وارد بر بارهای موجود در آن میدان ظاهر می‌شود. اگر بار الکتریکی با سرعت یکنواختی حرکت کند در آن نقطه علاوه بر میدان الکتریکی، یک میدان مغناطیسی نیز مشاهده می‌شود که واحد اندازه‌گیری آن تسلا است. بدین معنی که هر تغییر در میدان‌های الکتریکی، همیشه با تغییراتی در میدان‌های مغناطیسی همراه است و بالعکس. از اجتماع میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، پرتوهای الکترومغناطیسی تولید می‌شوند. در پرتوهای الکترومغناطیسی، دو میدان الکتریکی و مغناطیسی عمود بر جهت انتشار پرتو الکترومغناطیس هستند. در عین حال، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به‌طور عمود بر یکدیگر نوسان می‌کنند. بنابراین، میزان انرژی امواج الکترومغناطیسی به شدت به میدان‌های تشکیل دهنده آن بستگی دارد [۱].

www.SID.ir

Archive of SID

انواع امواج طیف الکترومغناطیسی

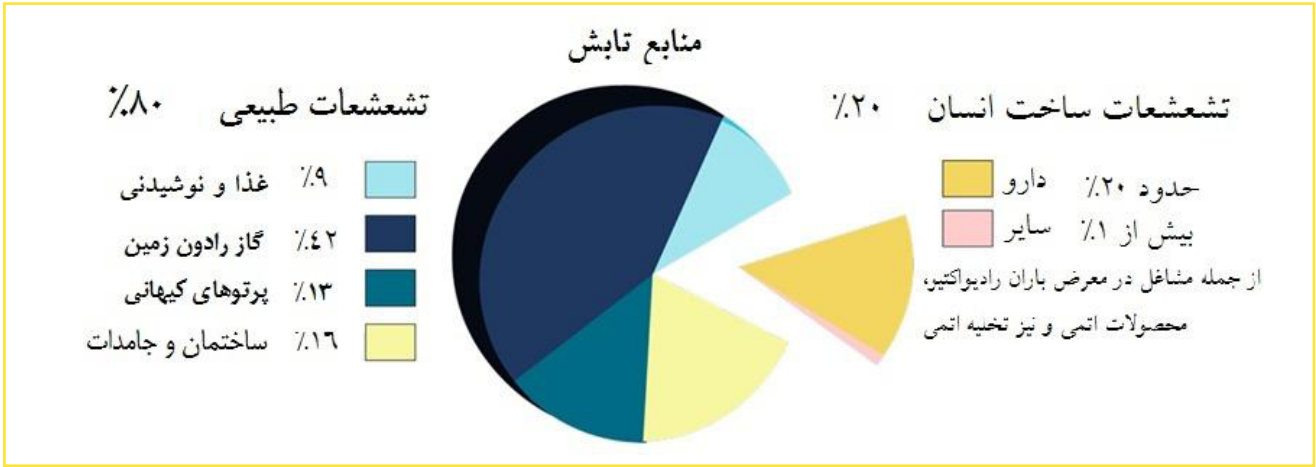
میدان‌های مغناطیسی به دو شکل میدان‌های متناوب (وابسته به فرکانس) و میدان‌های پایا در اثر منابع طبیعی و مصنوعی ایجاد می‌شود. زمین به‌عنوان یک منبع طبیعی با میدان مغناطیسی پایا بین ۲۵ الی ۶۵ میکرو تسلا احاطه شده‌است [۲]. نمایی از منابع تابش در شکل (۱) ذکر شده‌است.

پرتوهای الکترومغناطیسی می‌توانند از میان فضاهای خالی (خلأ) هم عبور کنند؛ تمامی شکل‌های تابش الکترومغناطیسی در طیف الکترومغناطیسی قرار می‌گیرند؛ طیفی که در آن تابش‌ها از پایین‌ترین سطح انرژی و بالاترین طول موج به بالاترین سطح انرژی و پایین‌ترین مقادیر طول موج مرتب شده‌اند. هر قدر که انرژی تابش‌ها بیشتر باشد، به‌طور طبیعی میزان قدرت آن هم بیشتر است و در نتیجه خطر آن نیز بیشتر خواهد بود. در شکل (۲) نمای کلی طیف الکترومغناطیسی نشان داده شده‌است.

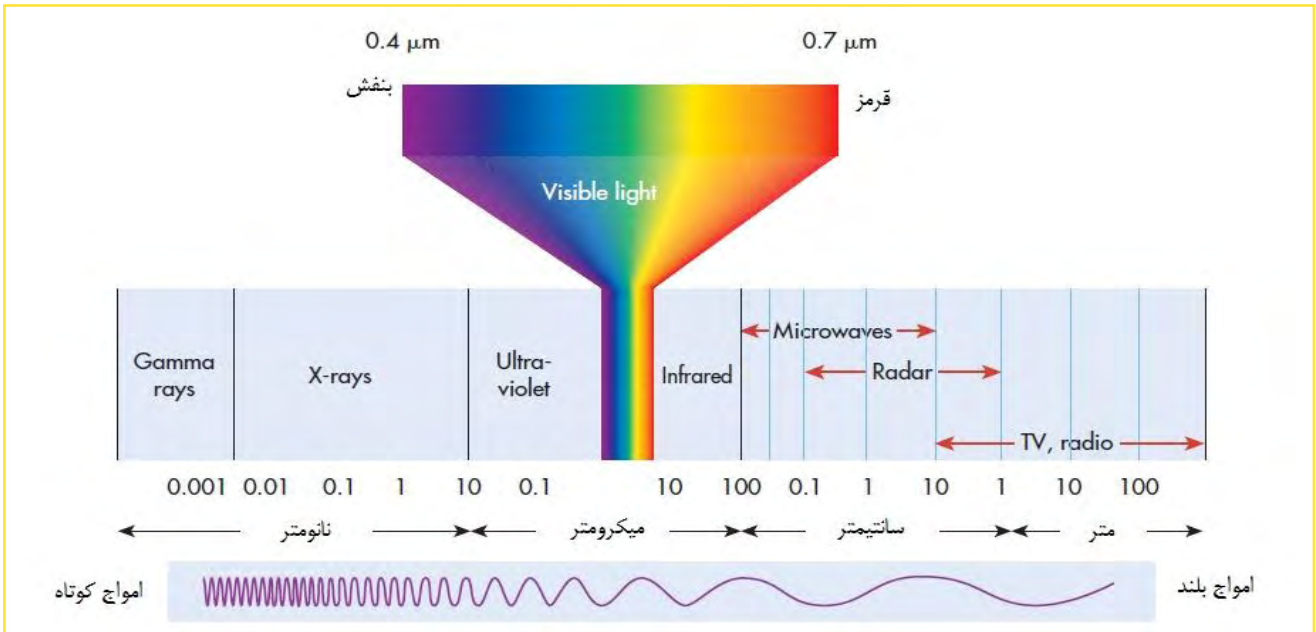
پرتوهای الکترومغناطیس براساس میزان انرژی و در نتیجه قدرت نفوذ در ماده، به دو گروه دسته‌بندی می‌شوند:

• پرتوهای یونیزان (یونساز)[۴]:

اگر مقدار انرژی پرتو در حدی باشد که در حین عبور از هوا، توانایی یونیزه کردن اتم‌های هوا را داشته باشد و یا درصورت برخورد با بافت زیستی، توان آسیب به باندهای شیمیایی بافت را داشته باشد یونساز محسوب می‌شود. از نظر انرژی، پرتوئی توان یونسازی را دارد که حداقل حاوی ۱۲/۴ الکترون ولت انرژی بوده و طول موج آن کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد. پرتوهای مجهول (ایکس) و گاما از پرتوهای یونیزان هستند.



شکل (۱): منابع تابش [۱].



شکل (۲): طیف امواج الکترومغناطیس (خط موجی در سمت راست این مفهوم را نشان می‌دهد که در فرکانس‌های بالاتر، انرژی بیشتر است) [۱].

www.SID.ir

Archive of SID

• **پرتوهای غیر یونیزان (غیر یونساز)[۵]:**

گونه‌ای از پرتوها هستند که انرژی کافی به‌منظور یونیزاسیون مواد را ندارند. این پرتوها امروزه کاربرد بسیار زیادی دارند. وقتی این پرتوها در هوا یا محیط مادی پراکنده می‌شوند، بخشی توسط محیط جذب شده و به‌طور عمده به گرما تبدیل می‌شود. این پرتوها شامل تشعشعاتی با طول موج بیشتر از ۱۰۰ نانومتر هستند. بدیهی است که انرژی هر الکترون پرتوهای غیر یونساز کمتر از ۱۲/۴ ولت بوده و شامل پرتو فرابنفش، پرتو نور مرئی، پرتو مادون قرمز، مایکروویو و پرتوهای رادیویی هستند [۳و۴].

منابع متداول پرتوهای الکترومغناطیس در آزمایشگاه و محیط‌زیست را می‌توان به‌صورت زیر ذکر کرد:

- انواع کنترل‌ها؛
- پرتو ماورای بنفش خورشید؛
- تجهیزات پزشکی از جمله دستگاه MRI، محرک‌های مختلف، الکترودهای جراحی؛
- انواع گیرنده و فرستنده‌های پزشکی، نظامی، رادیو و تلویزیون؛
- تجهیزات برقی آزمایشگاهی، خانگی و صنعتی؛
- صنایع نساجی، پلاستیک‌سازی، کاغذسازی، نگهداری مواد غذایی، چوب؛
- امواج ناوبری، ماهواره‌ها، تلفن، اینترنت و غیره [۵و۶]؛
- تجهیزات تولید و خطوط انتقال برق؛
- مدارهای الکتریکی در آزمایشگاه‌ها، منازل و اماکن عمومی؛
- دستگاه‌های امنیتی (مانند دستگاه‌های ضد سرقت)؛
- قطارهای الکتریکی؛
- کابل‌های تغذیه کننده تجهیزات آزمایشگاهی، تلویزیون و رادیو؛
- مخابرات و تجهیزات وابسته؛
- ارسال مجدد امواج [۷و۸].

اثرات امواج الکترومغناطیس

نیروی الکترومغناطیس مزایای بی‌شماری دارد که نمی‌توان بدون آنها کاری انجام داد. برای آشنایی با عواقب امواج الکترومغناطیس تحقیقاتی لازم است تا خطرات آن مشخص و استانداردهای ایمنی مناسب تعیین شود. چنین تحقیقی، بخشی از چارچوب اروپایی برنامه‌های تحقیق و فناوری توسعه است که شامل هشت پروژه بزرگ با عنوان برنامه پنجم فاز است که بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ انجام شد و تا سال ۲۰۰۶ ادامه داشت. بیشتر این پروژه‌های تحقیقاتی روی امواج الکترومغناطیس در خصوص تلفن‌های همراه و مربوط به سرطان است که کوچکترین اثرات احتمالی بر شنوایی، حافظه و رفتار را بررسی می‌کند.

تحقیقات در این زمینه به‌طور عمده بر سه نوع است:

• تحقیق این ویترو[۶] براساس تجربیات آزمایشگاهی با استفاده از مواد زیستی است، برای مثال، استفاده از مواد زیستی، سلول کشت؛

• تحقیق این ویوو[۷] که روی موجودات زنده اعمال می‌شود، مانند موش‌ها یا انسان‌ها.

• رویکردهای تجربی با تحقیق اپیدمیولوژیک[۸] تکمیل شده‌اند که از نظرسنجی و آمار برای بررسی رخداد بیماری و ارتباط آن با عوامل محیط زیستی استفاده می‌کند؛ به‌عنوان مثال، آیا یک سرطان خاص در افرادی که زندگی نزدیک به آنتن‌های ارتباطی دارند، شایع‌تر است [۹]. تعداد مطالعات آزمایشگاهی و اپیدمیولوژیک در خصوص اثرات میدان‌های مغناطیسی پایا بر افراد در مواجهه، محدود بوده و به دلیل مشکلات طراحی و حذف متغیرهای مداخله‌گر کمتر مورد توجه قرار گرفته است. اثرات مزمن یا طولانی مدت مواجهه با میدان‌های پایا شامل اثر بر سیستم تولید مثل و خطر بروز سرطان در افراد شاغل در صنایع تولید آلومینیوم، جوشکاری و مراکز تصویربرداری تشدید مغناطیسی در تعدادی از مطالعات گزارش شده‌است. علاوه براین، اثرات حاد احتمالی مواجهه با میدان‌های با شدت ۲ تسلا یا بالاتر شامل سرگیجه، سردرد، حالت تهوع، احساس مزه فلزی بیان شده که البته در میدان‌های مغناطیسی با شدت پائین مشاهده نشده‌است. مقادیر تماس شغلی مجاز مواجهه با میدان‌های مغناطیسی پایا توسط سازمان کنفرانس دولتی امریکا در حوزه بهداشت کارخانه‌های صنعتی[۹] برای تمام بدن ۶۰ میلی‌تسلا و برای دست‌ها و پاها ۶۰۰ میلی‌تسلا برای ۸ ساعت کاری و برای حد سقف نیز به ترتیب ۲ تسلا و ۲۰ تسلا برای تمام بدن و دست و پاها توصیه شده که به‌عنوان حد مجاز کشوری ایران پذیرفته شده‌است. حدود توصیه شده کمیته بین‌المللی حفاظت در مقابل تشعشات غیر یونساز نیز برای مواجهه ۸ ساعته ۰/۲ تسلا است. لازم به ذکر است مقادیر تعیین شده به‌عنوان راهنما به‌منظور کنترل مواجهه با میدان‌های مغناطیسی پایا استفاده می‌شود و نباید به‌عنوان مرز قطعی ایجاد اثرات و عوارض تلقی شود [۱۰].

تابش‌های الکترومغناطیس با استفاده از سه سازوکار اساسی در محیط‌زیست تاثیر می‌گذارند:

۱. جابه‌جایی بارهای آزاد (الکترون‌ها و یون‌ها)؛
۲. قطبش اتم‌ها و ملکول‌ها؛
۳. قطبش دیپل‌ها مانند آب.

تأثیر پرتوهای رادیو فرکانسی بر بافت‌های بدن می‌تواند به چند صورت نمایان شود:

• ایجاد گرما در بافت: ایجاد گرما در بافت باعث تخریب و آسیب آن می‌شود، اندام‌های حساس بدن به‌طور عمده عدسی چشم، دستگاه عصبی مرکزی و بیضه‌ها در مردان هستند. از عوارض دیگر نظیر سردرد، تحریکات عصبی، خستگی، عرق کردن، کم اشتهایی، ریزش آب از چشم، ریزش مو، ضعف شنوایی و در زنان بی نظمی‌های عادت ماهیانه. مایعات

www.SID.ir

فصلنامه تخصصی دانش آزمایشگاهی ایران
سال هفتم ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۸ ■ شماره پیاپی ۲۶
Archive of SID

بدن مانند الکترولیت‌ها عمل می‌کنند. وقتی که یک میدان الکتریکی متغیر با زمان از یک الکترولیت می‌گذرد، به دلیل این که فرکانس میدان اعمالی خیلی بالا (فرکانس رادیویی) است، منجر به حرکت رفت و برگشت یون‌ها در ابتدا به یک جهت و سپس در جهت مخالف می‌شود؛ بنابراین، پیش از آن که ذرات باردار فرصت حرکت پیدا کنند، جهت میدان مرتب تغییر کرده و موجب ارتعاش یون‌ها در محل خودشان می‌شود. این فرآیند در بدن تولید گرما می‌کند [۱۱].

- القای جریان الکتریکی: القای جریان الکتریکی در بافت‌های تحریک‌پذیر (عصب و عضله) باعث ایجاد اختلال در عملکرد طبیعی آنها می‌شود.
- تغییر در نقش طبیعی مولکول‌های موجود در اندام‌های بدن: بروز تغییراتی در فعالیت مغز (شامل کند شدن فرآیند آگاهی، کندی واکنش) و تغییر در اعمال قلب (از جمله کند شدن ضربان قلب) به این پرتوها نسبت داده شده‌است. از سوی دیگر تحقیقات روی زنان بارداری که در مواجهه با این میدان‌ها قرار دارند، نشان دهنده افزایش سقط جنین و ناقص‌الخلقگی در کودکان آنها است. برخی تغییرات زیستی ایجاد شده با پرتوهای رادیو فرکانسی می‌تواند منجر به ایجاد سرطان در اندام‌های بدن شود، به عبارت دیگر، این پرتوها خطر سرطان‌زایی دارند [۱۱و۹].

تأثیر پرتوهای رادیو فرکانسی (با فرکانس‌های پایین) بر کودکان می‌تواند باعث بروز انواع سرطان‌ها از جمله سرطان خون، سرطان سیستم عصبی و سرطان سیستم لنفاوی شود. برخی از تحقیقات اپیدمیولوژی نشان می‌دهد که میدان‌های مغناطیسی قوی می‌توانند خطر سرطان‌زایی در کودکان را افزایش دهند [۷].

یکی از قویترین شواهد مطالعات اپیدمیولوژیکی بیان می‌کند که احتمال بروز سرطان سینه در زنان شاغل در مشاغل الکتریکی (نصب کننده‌های تلفن، تعمیرکاران، کارگران خطوط انتقال و غیره) ۳۸ درصد بیشتر از زنانی است که در قسمت‌های غیر الکتریکی مشغول به کار هستند، این مطالعه نشان می‌دهد که بروز سرطان سینه می‌تواند با مواجهه میدان‌های مغناطیسی ارتباط داشته باشد. مطالعات جدید نیز حاکی از آن است که مرگ ناشی از سرطان سینه در زنان شاغل در حرفه‌های الکتریکی دو برابر بیشتر از زنان دیگر است [۷].

در مجموع عوارض بهداشتی و زیستی میدان‌های الکترومغناطیس را می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی کرد:

۱. افزایش دمای بدن؛
۲. افزایش ضربان قلب، تپش قلب و تشدید گردش خون و فشار بالا؛
۳. ضعف و خستگی و تار شدن دید چشم و آب مروارید زودرس؛
۴. تهوع، سرگیجه و سردرد به‌خصوص در ناحیه شقیقه، وزوز گوش؛
۵. سوزش پوست بالاخص در ناحیه آهیانه؛
۶. احساس ناخوشی و کسالت عمومی، بی‌خوابی، بدخوابی و خواب آلودگی هنگام کار؛
۷. تحمل ناپذیری و تندخویی؛
۸. دردهای عظلانی ستون فقرات و شانه‌ها، التهاب بین مهره‌های ستون فقرات و مفصل‌های لگن؛
۹. فشار در سینه و درد ناحیه پشت ریتین؛
۱۰. اختلال در سیستم‌های عصبی عضلانی؛
۱۱. کاهش قدرت یادگیری و افت تحصیلی، کاهش حافظه به‌خصوص حافظه کوتاه مدت؛
۱۲. کاهش قدرت جنسی و اختلال در باروری؛
۱۳. تغییر شکل پروتئین‌های خون، لوسمی (سرطان خون) و سرطان غدد بزاقی و سرطان سینه؛
۱۴. تغییرات DNA.

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 چگونگی استفاده از دستگاه‌ها و تجهیزات؛
- تعمیر یا سرویس دستگاه‌های مولد پرتوهای غیر یونساز توسط افراد مسئول؛
- مراجعه به پزشک درصورت پرتوگیری [۳].

اصول و مقررات کلی حفاظت در برابر پرتوهای یونساز

۱. به حداقل رساندن خطر
- کاهش زمان پرتوگیری؛
- افزایش فاصله از چشمه پرتوزا؛
- به کار بردن حفاظ مناسب.

۲. نصب موانع فیزیکی؛
۳. نصب تجهیزات اعلام خطر؛
۴. کاهش خطر خطای انسانی؛
۵. توسعه دستورالعمل‌ها؛
۶. آموزش، ایجاد انگیزه و نظارت بر پرسنل؛
۷. پذیرفتن خطرات باقیمانده [۱۲].

www.SID.ir

rchive of SID

نتیجه گیری

عمل حفاظت در برابر تابش، جنبه خاصی ازکنترل خطرات بهداشت محیط است که با استفاده امکانات فنی انجام می‌گیرد. در محیط صنعتی و آزمایشگاهی، به‌طور معمول سعی می‌شود که کانون خطر را به کلی از میان بردارند و اگر حذف کانون خطر به کلی امکان‌پذیر نباشد، سعی می‌شود آن را محصور کرده و بدین ترتیب از آسیب‌رسانی آن به فرد جلوگیری می‌کنند. در صورتی‌که هیچ‌کدام به‌طور کامل مقدور نباشد، با روش‌های گفته شده تلاش می‌شود تا ضمن انجام کار، میزان پرتوگیری افراد کمتر باشد. در مجموع، درصورت رعایت استانداردهای تعیین شده، از سوی امواج رادیویی و مایکروویو موجود در محیط‌های عمومی خطری متوجه انسان نیست. هر چند عوامل متعددی در عدم رعایت اصول حفاظت در برابر پرتو در کشور دخیل هستند، ولی به نظر می‌رسد عمده مشکلات به دو دلیل زیر می‌تواند باشد:

۱. عدم پایبندی پرتوکاران به رعایت اصول اخلاقی حفاظت در برابر پرتو؛
۲. عدم بازرسی و پیگیری مسئولین فیزیک بهداشت به‌منظور رعایت اصول حفاظتی توسط پرتوکاران و کنترل کیفی دستگاه‌ها.

در نهایت، پیشنهادات کلی برای حفاظت و پیشگیری در برابر پرتوهای الکترومغناطیس را می‌توان به شرح زیر نام برد:

۱. استفاده مداوم از عینک و نقاب‌های حفاظتی با درجات متناسب تیرگی؛
۲. استفاده از سپرهای حفاظتی در مسیر انتشار پرتو مانند استفاده از پرده‌های برزنتی یا ورق‌های بازتاب دهنده از جنس آلومینیوم؛
۳. افزایش فاصله با منبع تولید پرتو به‌منظور کاهش شدت پرتو براساس قانون عکس مجذور فاصله؛
۴. آموزش مخاطرات پرتو و چگونگی استفاده صحیح از وسایل حفاظتی فردی؛
۵. ایزوله نمودن منابع تولید کننده پرتوها از طریق محور نمودن موضع جوشکاری با استفاده از اتاقک یا دیواره‌هایی به ارتفاع مناسب؛
۶. فاصله گرفتن از منابع پرتوزا؛
۷. استفاده از حفاظ مناسب برای چشم‌ها؛
۸. کاهش زمان تماس با پرتو؛
۹. ایجاد تهویه مطبوع و مناسب و برقراری شرایط جوی مطلوب‌تر محیط کار؛
۱۰. استفاده از لباس‌ها و وسایل حفاظتی مناسب مثل بازتاب دهنده‌های آلومینیومی و لباس‌های مجهز به الیاف فلزی [۳و۱۲].

پی‌نوشت

۱. کارشناسی ارشد مهندسی مواد، پارک علم و فناوری همدان
۲. کارشناسی ارشد شیمی تجزیه، دانشگاه الزهرا
۳. عضو کارگروه تخصصی استاندارد و کالیبراسیون

4. Ionizing Radiation
5. Nonionizing Radiation
6. in vitro
7. in vivo
8. epidemiological
9. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)
10. Amplitude Modulation (AM)
11. Magnetic Resonance Imaging (MRI)
12. Radio frequency (RF)
13. Digital Enhance Cordless Telecommunications (DECT)
14. Wireless LAN (WLAN)

www.SID.ir

Archive of SID

پیوست

جدول (۱): نمونه‌هایی از اثرات میدان‌های الکتریک که ممکن است با فعالیت‌های کاری و تجهیزات در محدوده فرکانس‌های مختلف تولید شود.

دامنه میدان و فرکانس	اثرات	نمونه‌هایی از فعالیت‌ها و تجهیزات
میدان‌های مغناطیسی و برق ۱-۰ Hz	اثرات غیر مستقیم: جاذبه کنترل نشده از اشیاء فرومغناطیس، یعنی خطر آسیب رساندن به اجسام در یک میدان مغناطیسی بزرگ استاتیک که به مغناطیسی در محل کار جذب می‌شود و هر کسی را در راه هدف قرار می‌دهد.	اکسید نیتروژن
میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی با فرکانس پایین: ۱ Hz -۱۰ MHz	**اثرات غیر مستقیم:** تداخل با دستگاه‌های پزشکی فعال یا غیر فعال کاشته یا روی بدن (اطلاعات بیشتر در این راهنما ارائه شده‌است)، شوک الکتریکی، علت انفجار در دستگاه‌های الکتریکی–انفجاری به‌طور مثال، وقتی در مجاورت مواد انفجاری مورد استفاده قرار گیرد. جرقه‌های مسبب آتش‌سوزی یا انفجار در محیطی که سوخت، بخارات یا گازهای قابل اشتعال حضور دارند. اثرات حسی: تهوع، سرگیجه، طعم و مزه فلزی در دهان، سوسو زدن. احساسات (مغناطیس فسفون) در بینایی محیطی. اثرات سلامتی: تحریک عصبی. اثراتی بر سیستم عصبی مرکزی و محیطی بدن: سوزش، انقباض عضلانی، آریتمی قلبی. تماس با جریان‌های ناشی از تماس فرد با یک جسم هادی در EMF که یکی از آنها زمین است و دیگری نیست که می‌تواند منجر به شوک یا سوختگی شود	خطوط ولتاژ بالا تولید و توزیع برق جوش (قوس و نقطه) کوره‌های قوس الکتریکی گرمایش الکتریکی صنعتی (به‌عنوان مثال، کویل‌های بزرگ در اطراف محل جوش استفاده می‌شود) رادیو (AM)[11] ابزار دستی الکتریکی وسایل نقلیه الکتریکی (اتومبیل، قطار، تراموا، مترو) تصویربرداری رزونانس مغناطیسی[12](زمینه‌های چرخشی)
زمینه‌های فرکانس متوسط: ۱۰۰kHz-۱۰MHz	اثرات سلامتی هر دو فرکانس بالا و پایین را می‌توان در اینجا تجربه کرد.	جراحی دیاترمی: معالجه با استفاده از حرارت؛ سیستم‌های پخش و دستگاه‌ها؛ رادیو(AM)؛ دستگاه‌های ضد سرقت؛ سیستم‌های رادیو فرکانس نظامی و تحقیقاتی.
زمینه‌های فرکانس بالا: ۱۰۰kHz-۳۰۰GHz	**اثرات غیر مستقیم:** تداخل با دستگاه‌های پزشکی فعال یا غیر فعال کاشته یا روی بدن (اطلاعات بیشتر در این راهنما ارائه شده‌است)، شوک الکتریکی، علت انفجار در دستگاه‌های الکتریکی–انفجاری به‌طور مثال، وقتی در مجاورت مواد انفجاری مورد استفاده قرار بگیرد. جرقه‌های مسبب آتش‌سوزی یا انفجار در محیطی که سوخت، بخارات یا گازهای قابل اشتعال حضور دارند. اثرات حسی: جلوه‌های شنوایی مانند درک کلیک و وزوز ناشی از دستگاه‌های رادار پالسی. اثرات سلامتی: تنش حرارتی، اثرات گرمایشی که منجر به افزایش دمای مرکزی بدن یا گرمای اندام موضعی می‌شود (به‌عنوان مثال، زانو یا مچ پا). تماس با اجسام هادی می‌تواند منجر به ضربات فرکانس رادیویی[13] یا سوختگی بافت‌های عمقی شود.	پخش و تلویزیون آنتن؛ فرستنده رادار و رادیو؛ جراحی دیاترمی: معالجه با استفاده از حرارت؛ گرمایش دی الکتریک (به‌عنوان مثال، جوشکاری، جوشکاری پلاستیکی و یا خشک شدن مایکروویو)؛ سیستم‌های ضد سرقت.

www.SID.ir

rchive of SID

جدول (۲): منابع میدان فرکانس الکتریکی در سطوح پایین

ارتباطات بی‌سیم

- گوشی‌ها، (پایانه‌های ثابت، تلفن‌های همراه، ایستگاه‌های تلفن بی‌سیم[۱۳] و ماشین‌های فکس در محل کار.
- دستگاه‌های ارتباطی بی‌سیم (مانند Wi-Fi یا بلوتوث)، از جمله نقاط دسترسی شبکه بی‌سیم محلی[۱۴]: باید توجه ویژه‌ای به کارکنان با ایمپلنت‌های فعال داشته باشیم.

دفتر

- تجهیزات صوتی و تصویری: تلویزیون، دی وی دی و غیره؛
- تجهیزات ارتباطی و شبکه‌های سیمی؛
- کامپیوتر و تجهیزات فناوری اطلاعات؛
- فن‌های الکتریکی، بخاری‌ها؛
- تجهیزات اداری، به‌عنوان مثال، فتوکپی، پرینتر و غیره

ساختمان‌ها و زمین

- محل‌های کار در دسترس همگان که محدودیت‌های آن مطابق شورای ۵۱۹/۱۹۹۹ / EC۲ مشخص شده‌است؛
- دستگاه‌های هشدار دهنده؛
- تجهیزات گرمایش الکتریکی؛
- آنتن‌های پایه ایستگاه بیرونی اپراتور خارجی؛
- لوازم خانگی الکتریکی؛
- ابزار دستی و قابل حمل الکتریکی؛
- لوازم خانگی و حرفه‌ای؛ به‌عنوان مثال، ماشین لباسشویی / خشک کن، اجاق، توستر تا زمانی که شبکه بی‌سیم (WLAN) و بلوتوث شامل آنها نشود؛ درصورت شامل شدن باید توجه ویژه به کارکنان دارای ایمپلنت‌های فعال داشته باشیم؛
- روشنایی، از جمله چراغ‌های روی میز.

منبع برق

- خط هوایی در هر ولتاژ عبور از محل کار (مغناطیسی).
- خط هوایی در هر ولتاژ عبور از محل کار اگر محل مواجهه در داخل خانه باشد یا در صورتی که محل مواجهه خارج از منزل باشد اما نه به‌طور مستقیم زیر خط (الکتریکی).
- خط هوایی در ولتاژ بالا تا ۲۷۵ کیلوولت است.
- هر مدار الکتریکی یا نصب (از جمله کابل‌ها، باندها، تابلوها و ترانسفورماتورها)، جایی که کابل‌های جریان الکتریکی همراه با یکدیگر به هم متصل می‌شوند، به طوری که همیشه لمس می‌شوند یا تقریبا چنین است و هیچ ترتیبی غیر معمولی از زمین وجود ندارد که می‌تواند جریان‌های نامتعادل ایجاد کند.
- هر مدار الکتریکی یا نصب (از جمله کابل‌ها، باند، تابلو و ترانسفورماتور) جایی که کابل‌ها و یا باندهای حمل جریان الکتریکی جدا هستند و مقدار آن بخش معادل A ۱۰۰< (معادل ۲۳ کیلووات برای یک فاز ۲۳۰ ولت، ۶۹ کیلووات برای یک مدار سه فاز ۲۳۰ و یا ۱/۹ مگاوات برای یک مدار سه فاز ۱۱ کیلوولت) است.

صنعت نور

- تجهیزات پوششی و رنگ آمیزی؛
- تجهیزات کنترل شامل فرستنده رادیویی نیستند؛
- تجهیزات اندازه‌گیری و ابزار دقیق حاوی فرستنده‌های رادیویی نیستند.

متفرقه

- تجهیزات سازگار با بازار اروپا با توصیه شورای ۵۱۹/۱۹۹۹ / EC یا استانداردهای هماهنگ EMF؛
- شارژر باتری، طراحی شده به‌صورت جفت غیرهادی برای استفاده خانگی؛
- تجهیزات قابل حمل با باتری که فرکانس رادیویی ندارند؛
- فرستنده‌ها؛
- رمپ‌های هیدرولیک؛
- محل کار حاوی ابزار قابل حمل.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1] Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power, National Institute of Environmental Health Sciences, 2002

[2] World Health Organization (WHO).Static fields. Environmental Health Criteria 232. Geneva. 2006.

[۳] مرکز سلامت محیط کار وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، راهنما و دستورالعمل جامع بهداشت پرتوکاران (پرتوهای غیر یونساز)، ۱۳۹۱

[۴] منیژه کشتگری، یوسف امامی، امواج الکترومغناطیس: استانداردهاو چشم‌اندازها، همایش ملی مهندسی رایانه و مدیریت فناوری اطلاعات، ۱۳۹۳

[۵] سازمان حفاظت محیط زیست (کارفرما)، مرکز تحقیقات مخابرات ایران (مجری)، پروژه تحقیقاتی «تدوین سطوح استاندارد امواج الکترومغناطیس ناشی از موبایل»، ۱۳۸۳

[6] NIEHS REPORT on "Health Effects from Exposure to Power Line Frequency Electric and Magnetic Fields", 1999

[7] Gwendolyn BU, Ramnarine Singh B, Theodor LO.Handbook of environmental management and technology.2th ed.United states of America: 2000.' Anthony J. Swerdlow, Maria Feychting,Adele C Green, L eeka Kheifets, David A Savitz "mobile phones, brain tumors and the interphone study: where are we now?"Environ Health Perspect, vol.121, pp.1534-1538, 2011.

[8] WHO. (2012) Electromagnetic fields and public health: radars and human health. Available at: http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs 226/en/

[9] Health and electromagnetic fields, europian commission, community research, 2008

[۱۰] محسن علی‌آبادی، محمد علیایی، مرتضی نوروزی، مریم فرهادیان، مجتبی کمالی‌نیا، بررسی میزان مواجهه شغلی با میدان‌های مغناطیسی پایا و اثرات بهداشتی آن در تعدادی از مراکز تصویربرداری تشدید مغناطیسی، دو ماهنامه سلامت کار ایرانیان، ۱۳۹۲

[11] Gwendolyn BU, Ramnarine Singh B, Theodor LO.Handbook of environmental management and technology.2th ed.United states of America: 2000.

[۱۰] محمدابراهیم بیات‌پور-صالح فرهمند، حفاظت در برابر پرتوهای یونساز، ۱۳۹۲، https://pm.mcls.gov.ir

[13] The Control of Electromagnetic Fields at Work Regulations 2016, Health and Safety Executive 2016, Health and Safety Executive

www.SID.ir