



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization



استاندارد ملی ایران
۸۵۶۷
تجدیدنظر سوم
۱۴۰۳

INSO

8567

3rd Revision

2024

پرتوهای غیر یونساز – حدود پرتوگیری

Non-ionizing radiation-
Exposure limits

ICS: 13.220

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وبگاه: <http://www.inso.gov.ir>

Iran National Standards Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.gov.ir

Website: <http://www.inso.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیردولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی نامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
«پرتوهای غیریونساز – حدود پرتوگیری»

رئیس:

فرویدین، دلنواز

(کارشناسی ارشد مهندسی برق، مخابرات)

دبیر:

طلاری، نادر

(کارشناسی ارشد مهندسی برق، مخابرات)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

پروانه، عباس

(کارشناسی ارشد، بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار)

پورمؤید، نسرین

(کارشناسی ارشد، مهندس برق، کنترل)

جواهری، محمدرضا

(کارشناسی ارشد، مهندسی برق، مخابرات)

حجازی، مرجانه

(دکتری، فیزیک)

حسینی‌پناه، میرشهرام

(دکتری، مهندسی برق، مخابرات)

حسینی‌نژاد، سید فرهاد

(کارشناسی ارشد، مهندسی کامپیوتر)

خانکشی‌پور، علیرضا

(کارشناسی، مهندسی برق، الکترونیک)

سرابی، مونا

(کارشناسی ارشد، میکروبیولوژی)

سوری، ابودر

(دکتری، مهندسی بهداشت محیط، پرتو)

سمت و/یا محل اشتغال:

انجمن حفاظت در برابر اشعه ایرانیان

سازمان انرژی اتمی - مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور

شرکت افق هسته‌ای

شرکت ارتباطات سیار ایران

سازمان انرژی اتمی ایران - مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور

دانشگاه علوم پزشکی تهران

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی

شرکت خدمات ارتباطی ایرانسل

شرکت توسعه کاربرد پرتوها

وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	سمت و/یا محل اشتغال:
سیدموسوی، سید حسن (دکتری، مهندسی برق، مخابرات)	شرکت ارتباطات سیار ایران
سیف آقایی، فریده (کارشناسی ارشد، مهندسی بهداشت حرفه‌ای)	وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
صبحی، رایناک (کارشناسی ارشد، فیزیک)	سازمان انرژی اتمی ایران
صحرائی، امیر (دکتری، مهندسی برق، مخابرات)	شرکت فناوری‌های پیشرفته
صرفی، محمدرضا (کارشناسی، مهندسی برق، مخابرات)	شرکت خدمات ارتباطی ایرانسل
صلواتی‌نیا، هدی (کارشناسی ارشد، مهندسی هسته‌ای)	شرکت توسعه کاربرد پرتوها
صمیمی، بیژن (کارشناسی ارشد، مهندسی هسته‌ای)	شرکت توسعه کاربرد پرتوها
عروجی، سید مهدی (کارشناسی ارشد، مهندسی فناوری اطلاعات)	سازمان تنظیم مقررات رادیویی
عطائی‌نیا، وحیده (کارشناسی ارشد، مهندسی هسته‌ای)	پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای
قراری، زهرا (کارشناسی ارشد، مهندسی برق، مخابرات)	شرکت خدمات ارتباطی ایرانسل
قنبرلو، شیدا (کارشناسی ارشد، مهندسی برق، الکترونیک)	سازمان تنظیم مقررات رادیویی
گورانی، علی (کارشناسی ارشد، مهندسی بهداشت محیط، پرتو)	وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
منظم، محمدرضا (دکتری، مهندسی بهداشت حرفه‌ای)	دانشگاه علوم پزشکی تهران
مهدی آبادی، منیژه (کارشناسی ارشد، مهندسی محیط زیست)	سازمان حفاظت محیط زیست

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ناصر نیا، فرید

(دکتری، فیزیک ماده چگال)

نبی پور، حمید

(دکتری، مهندسی برق، مخابرات)

یحیایی، مریم

(کارشناسی ارشد، مهندسی برق - مخابرات)

ویراستار:

ابوالحسنی، شهریار

(کارشناسی ارشد فیزیک)

سمت و/یا محل اشتغال:

سازمان انرژی اتمی ایران - مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور

شرکت خدمات ارتباطی رایتل

مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

کمیته فنی متناظر اپتیک و فوتونیک ISO/TC 172 و کمیته

فنی ایمنی تجهیزات لیزری IEC/TC 76

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۱۹	۴ کوتاه‌نوشت
۲۰	۵ طبقه‌بندی انواع پرتوهای غیریونساز و حدود پرتوگیری
۲۰	۵-۱ حدود کمیت‌های پایه پرتوگیری شغلی و مردم برای پرتوهای الکترومغناطیسی در محدوده بسامدی بیشتر از صفر تا ۳۰۰ GHz (ELF, VLF, LF, RF و MW)
۲۴	۵-۲ سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) پرتوگیری شغلی و مردم برای پرتوهای الکترومغناطیسی در محدوده بسامدی بیشتر از صفر تا ۳۰۰ GHz (ELF, VLF, LF, RF و MW)
۳۰	۵-۳ حدود جریان‌های تماسی و القایی شغلی و مردم
۳۱	۵-۴ پرتوگیری هم‌زمان از میدان‌های الکترومغناطیسی با چند بسامد مختلف
۳۸	۵-۵ حد میدان مغناطیسی مستقیم (DC) برای مردم و شاغلین
۳۸	۵-۶ حدود پرتوگیری با پرتوهای فرابنفش (منابع غیرلیزری)
۴۱	۵-۷ حدود پرتوگیری با پرتوهای مرئی و فروسرخ (منابع غیرلیزری)
۵۱	۵-۸ حدود پرتوگیری برای پرتوهای فراصوت
۵۳	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «پرتوهای غیریونساز - حدود پرتوگیری» که نخستین بار در سال ۱۳۸۵ تدوین و منتشر شد، براساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای سومین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در هشتصد و سی و هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۴۰۳/۰۲/۱۲ تصویب شد. اکنون این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۶۷ : سال ۱۳۹۵ و اصلاحیه ۱: سال ۱۳۹۶ می‌شود.

منابع و مآخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

- 1- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz – 100 kHz), Health Physics, Vol. 99(6):818-836; 2010
- 2- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz), Health Physics, 118(5):483-524; 2020.
- 3- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics, Vol. 74(4): 494-522; 1998.
- 4- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields; Health Physics 96(4): 504-514, 2009.
- 5- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation), Health Physics Vol. 87(2):171-186; 2004
- 6- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) Guidelines on Limits of Exposure to Incoherent Visible and Infrared Radiation, Health Physics Vol. 105(1):74-91; 2013
- 7- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) Interim Guidelines on Limits of Human Exposure to Air born Ultrasound, Health Physics Vol. 46(4): 969-974; 1984

مقدمه

در این استاندارد حدود پرتوگیری از پرتوهای غیریونساز شامل پرتوهای الکترومغناطیسی در محدوده بسامد صفر تا $10^{15} \text{ Hz} \times 3$ و همچنین پرتوهای فراصوت ارائه شده است.

علاوه بر لزوم رعایت الزامات این استاندارد توسط مراکز ذکرشده در هدف و دامنه کاربرد، اصول «توجیه‌پذیری»^۱ و «بهینه‌سازی»^۲ نیز در همه موارد و در هر شرایطی باید در این مراکز در نظر گرفته شوند. «توجیه‌پذیری» و «بهینه‌سازی» دو اصل هستند که زیربنای کلیه استانداردهای بین‌المللی ایمنی پرتوی و همچنین ضوابط واحد قانونی^۳ می‌باشند. منظور از «توجیه‌پذیری» این است که سود فعالیت‌ها بیش از مخاطرات پرتوی آن‌ها باشد و در ارزیابی سود و مخاطرات تمامی پیامدهای مهم و قابل توجه باید در نظر گرفته شوند. منظور از «بهینه‌سازی» این است که اقدامات ایمنی به کار گرفته‌شده در بالاترین سطح ایمنی به‌طور منطقی قابل دستیابی را فراهم کنند. برای این منظور باید مخاطرات پرتوی در شرایط عادی کار و در شرایط بروز سانحه در نظر گرفته شوند. در این صورت پرتوگیری و احتمال و میزان پرتوگیری بالقوه به «کمترین مقدار به‌طور منطقی قابل دستیابی»^۴ خواهد رسید.

همچنین تأکید می‌شود برای بهینه‌سازی لازم است که در شرایط کار با پرتو، کلیه اقدامات کنترلی و دستورالعمل‌های ابلاغی از واحد قانونی رعایت شود. بر اساس این استاندارد، اصل توجیه‌پذیری مقدم بر بهینه‌سازی و همچنین اصل بهینه‌سازی مقدم بر رعایت حدود پرتوگیری است.

در این استاندارد، زنان باردار به عنوان عضوی از مردم عادی هستند و حدود پرتوگیری مردم برای آن‌ها در نظر گرفته می‌شود، بنابراین در صورتی که زنان باردار مشغول به فعالیت پرتوی باشند، در دوران بارداری باید حدود پرتوگیری مردم برای آنان رعایت شود.

اولین ویرایش استاندارد حاضر در سال ۱۳۸۵ در سال ۱۳۸۵ در کمیته ملی تصویب شد. در سال ۱۳۹۵ این استاندارد مورد بازنگری قرار گرفت. تمامی مقادیر در این دو ویرایش، بر اساس آخرین رهنمودهای «کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیریونساز»^۵ ارائه شده بود. این کمیسیون بر اساس آخرین یافته‌های جهانی اقدام به بازنگری در رهنمود حدود پرتوگیری از پرتوهای الکترومغناطیسی در محدوده بسامدی ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz کرده است و در ویرایش جدید این استاندارد، تغییرات زیر نسبت به نسخه‌های قبلی آن صورت گرفته است:

1- Justification

2- Optimization

۳- براساس قانون حفاظت در برابر اشعه، واحد قانونی موظف به نظارت بر حسن اجرای مقررات، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مربوطه می‌باشد.

4- As Low as Reasonably Achievable (ALARA)

5- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

۱- بند ۳ اصطلاحات و تعاریف

براساس مدارک مورد استفاده در بازنگری، که در منابع و مآخذ پیش‌گفتار آمده است، ۶ تعریف به تعاریف قبلی اضافه و ۳ تعریف حذف شده است. تعدادی از تعاریف نیز اصلاح شده است.

۲- در بند ۴، جدول کوتاه‌نوشت‌ها اضافه شد.

۳- بند ۵-۱ حدود کمیت‌های پایه پرتوگیری شغلی و مردم برای پرتوهای الکترومغناطیسی در بازه بسامدی بیشتر از صفر تا ۳۰۰ GHz

براساس منبع ۲ در بند پیش‌گفتار، بازنگری شده است.

۴- بند ۵-۲ سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) پرتوگیری شغلی و مردم برای پرتوهای الکترومغناطیسی در بازه بسامدی بیشتر از صفر تا ۳۰۰ GHz گیگاهرتز

براساس منبع ۲ در بند پیش‌گفتار، بازنگری شده است.

۵- بند ۵-۳ حدود جریان‌های تماسی و القایی شغلی و مردم

براساس منبع ۲ در بند پیش‌گفتار، بازنگری شده است.

۶- بند ۵-۴ پرتوگیری هم‌زمان از میدان‌ها با چند بسامد مختلف

براساس منبع ۲ در بند پیش‌گفتار، بازنگری شده است.

پرتوهای غیریونساز – حدود پرتوگیری

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین حدود پرتوگیری از پرتوهای غیریونساز به منظور اعمال حفاظت کافی در برابر اثرات زیستی^۱ زیان بار و قطعی است که تاکنون برای این پرتوها شناخته شده است.

این استاندارد برای کلیه مراکز کار با پرتوهای غیریونساز کاربرد دارد. همچنین تمامی مراکزی که به هر نحو از پرتوهای غیریونساز استفاده می کنند، باید شرایط استقرار تأسیسات را به گونه ای فراهم سازند تا این استاندارد رعایت شود. علاوه بر لزوم رعایت حدود ارائه شده، باید در همه موارد و در هر شرایطی اصل های «توجیه پذیری» و «بهینه سازی» نیز در این مراکز در نظر گرفته شوند.

در این استاندارد حدود پرتوگیری برای پرتوگیری شغلی و پرتوگیری مردم، جداگانه در نظر گرفته می شود. پرتوگیری پزشکی و وجود کاشتنه های^۲ فلزی در بدن که ممکن است باعث تغییر در میدان های داخل بدن شود، در این استاندارد کاربرد ندارد. ممکن است پرتوهای رادیویی در تجهیزات الکتریکی اختلال ایجاد کنند که این می تواند به طور غیرمستقیم با ایجاد اختلال در عملکرد تجهیزات، سلامت را تحت تأثیر قرار دهد. این مطلب به عنوان سازگاری الکترومغناطیسی^۳ نامیده می شود و در این استاندارد کاربرد ندارد.

این استاندارد برای باریکه های منابع نوری لیزری کاربرد ندارد و برای آگاهی از ویژگی های لیزرها به استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۶۱۰ مراجعه شود.

۲ مراجع الزامی

این استاندارد فاقد مراجع الزامی است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات با تعاریف زیر به کار می رود:

۱-۳

آستانه

threshold

1- Biological

2- Implant

3- Electromagnetic compatibility

کمینه سطح یک کمیت که پاسخ یا اثر مشخصی را ایجاد می کند.

۲-۳

آهنگ زمانی جذب انرژی ویژه

specific energy absorption rate

SAR

آهنگ زمانی انرژی رادیویی جذب شده در واحد جرم بافت^۱ است. فرمول ریاضی SAR به صورت زیر است:

$$SAR = \frac{d}{dt} \left[\frac{dW}{dm} \right] = \frac{d}{dt} \left[\frac{dW}{\rho dV} \right] \quad (۱)$$

که در آن:

W انرژی جذب شده در بافت بر حسب ژول (J)؛

m جرم بافت بر حسب کیلوگرم (kg)؛

ρ چگالی بافت بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب (kg/m^3)؛

t زمان پرتوگیری بر حسب ثانیه (s)؛ و

V حجم بافت بر حسب متر مکعب (m^3) است.

یادآوری - آهنگ زمانی جذب انرژی ویژه بر حسب وات بر کیلوگرم (W/kg) است.

می توان SAR را به شدت میدان الکتریکی در بافت ربط داد؛ این ارتباط با فرمول زیر بیان می شود.

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

که در آن:

σ هدایت الکتریکی بافت بر حسب زیمنس بر متر (S/m)؛ و

E شدت میدان الکتریکی مؤثر در داخل بافت است که بر حسب ولت بر متر (V/m) بیان می شود.

می توان SAR را به افزایش دما در بافت نیز مرتبط کرد؛ این ارتباط با فرمول زیر بیان می شود.

$$SAR = \frac{C \Delta T}{\Delta t} \quad (۳)$$

که در آن:

ΔT تغییرات دمای بافت بر حسب درجه سلسیوس ($^{\circ}\text{C}$)؛

۱- منظور از بافت در این استاندارد، بافت بیولوژیکی بدن انسان است.

Δt مدت زمان پرتوگیری برحسب ثانیه (s)؛ و

C ظرفیت گرمایی ویژه بافت برحسب ژول بر کیلوگرم درجه سلسیوس ($J/kg^{\circ}C$) است.

۳-۳

اثرات قطعی

deterministic effects

اثر پرتو بر سلامتی که برای ایجاد آن حد آستانه وجود دارد.

۴-۳

اعصاب محیطی

peripheral nerve

اعصاب قرارگرفته در خارج از سامانه اعصاب مرکزی که آغاز و پایان آنها به سامانه اعصاب مرکزی منتهی می‌شود.

۵-۳

اُکتاو (پهنای اُکتاو)

octave band

محدوده بسامد است به نحوی که بسامد بالای محدوده، دو برابر کمترین بسامد آن محدوده باشد. در این استاندارد، برای سادگی به جای «پهنای اکتاو» از «اُکتاو» استفاده خواهد شد.

۶-۳

پرتو

radiation

به تعریف «پرتوهای غیریونساز» مندرج در زیربند ۳-۱۱ مراجعه شود.

۷-۳

پرتوگیری

exposure

عمل یا شرایط قرارگرفتن در معرض تابش پرتو است.

۸-۳

پرتوگیری پزشکی

medical exposure

پرتوگیری بیماران با اهداف تشخیص یا درمان در پزشکی و دندانپزشکی؛ مراقبین بیماران و کسانی که داوطلبانه به عنوان بخشی از برنامه تحقیقات پزشکی هستند.

۹-۳

پرتوگیری شغلی

occupational exposure

پرتوگیری شاغلین که در هنگام کار آن‌ها وقوع یافته است.

۱۰-۳

پرتوگیری مردم

public exposure

پرتوگیری افراد جامعه ناشی از منابع پرتو در وضعیت پرتوگیری برنامه‌ریزی شده، وضعیت پرتوگیری اورژانس، وضعیت پرتوگیری موجود به غیر از پرتوگیری شغلی یا پرتوگیری پزشکی است.

۱۱-۳

پرتوهای غیر یونساز

non-ionizing radiation

شامل همه پرتوها و میدان‌های الکترومغناطیسی است که قادر به یونسازی در بدن انسان نیستند. مشخصه این پرتوها این است که انرژی فوتون آن‌ها کمتر از 12.4 eV است که با طول‌موج‌های بلندتر از 100 nm ، یا بسامدهای کمتر از $3 \times 10^{15} \text{ Hz}$ متناظر است. امواج مکانیکی صوتی و فراصوتی نیز غیر یونساز هستند.

۱۲-۳

تابندگی

radiance

L

توان تابشی از واحد سطح یک منبع تابش کننده در واحد زاویه فضایی است. تابندگی معادل شار خارج شده از واحد سطح در واحد زاویه فضایی می باشد. تابندگی برای منبع نور تعریف می شود.

یادآوری - یکای تابندگی در دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)، وات بر متر مربع بر استرادیان ($\text{W/m}^2 \cdot \text{Sr}$) است.

۱۳-۳

سطح فشار صوت

sound pressure level

SPL

کمیتی است برحسب دسی بل (dB) که از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$SPL = 20 \log \frac{P}{P_r} = 10 \log \frac{I}{I_r} \quad (۴)$$

که در آن:

P فشار صوت مؤثر برحسب پاسکال (Pa) (به تعریف «فشار صوت» زیربند ۳-۴۵ مراجعه شود)؛

P_r فشار صوت مرجع برحسب پاسکال (Pa) (به تعریف «فشار صوت مرجع» زیربند ۳-۴۶ مراجعه شود)؛

I شدت صوت برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) (به تعریف «شدت صوت» زیربند ۳-۳۷ مراجعه شود)؛

I_r شدت صوت مرجع برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) است. (به تعریف «شدت صوت مرجع» زیربند ۳-۳۸ مراجعه شود).

۱۴-۳

جذب انرژی ویژه

specific energy absorption

SA

انرژی جذب شده در واحد جرم بافت است. جذب انرژی، انتگرال زمانی آهنگ زمانی جذب انرژی ویژه (SAR) است.

یادآوری- یکای جذب انرژی ویژه در دستگاه بین‌المللی یکاها، ژول بر کیلوگرم (J/kg) است.

۱۵-۳

جذر میانگین مربعات

root mean square (rms)

ریشه دوم میانگین مربع یک تابع زمانی، $F(t)$ ، در بازه زمانی معین t_1 تا t_2 است، که از فرمول (۵) محاسبه می‌شود. در این فرمول ابتدا انتگرال مربع تابع گرفته می‌شود. سپس مقدار میانگین آن محاسبه می‌شود و بعد جذر آن به دست می‌آید.

$$F_{rms} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} [F(t)]^2 dt} \quad (۵)$$

۱۶-۳

جریان تماسی

contact current

جریان عبوری از بافت که از طریق تماس با یک الکتروود یا منابع جریان برقرار می‌شود.

۱۷-۳

چگالی انرژی جذب‌شده

absorbed energy density

U_{ab}

انتگرال زمانی چگالی توان جذب‌شده (S_{ab}) است.

$$U_{ab} = \int_{t_1}^{t_2} S_{ab}(t) dt \quad (۶)$$

یادآوری - یکای چگالی انرژی جذب‌شده در دستگاه بین‌المللی یکاها، ژول بر متر مربع (J/m^2) است.

۱۸-۳

چگالی انرژی

energy density

U

انتگرال زمانی چگالی توان (S) است.

$$U_{inc} = \int_{t_1}^{t_2} S(t) dt \quad (۷)$$

یادآوری - یکای چگالی انرژی در دستگاه بین‌المللی یکاها، ژول بر متر مربع (J/m^2) است.

۱۹-۳

چگالی انرژی معادل موج تخت

plane wave equivalent energy density

U_{eq}

انتگرال زمانی چگالی توان معادل موج تخت (S_{eq}) است.

$$U_{eq} = \int_{t_1}^{t_2} S_{eq}(t) dt \quad (۸)$$

یادآوری - یکای چگالی انرژی در دستگاه بین المللی یکاها، ژول بر متر مربع (J/m^2) است.

۲۰-۳

چگالی توان جذب شده

absorbed power density

S_{ab}

چگالی توان جذب شده در بافت که از فرمول زیر به دست می آید.

$$S_{ab} = (1 - |\Gamma|^2) S_{inc} \quad (۹)$$

که در آن:

S_{ab} چگالی توان جذب شده بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2);

Γ ضریب بازتاب که از خصوصیات دی الکتریک بافت، شکل سطح بدن، قطبش^۱ و زاویه پرتو فرودی به بدن به دست می آید؛

S_{inc} چگالی توان فرودی بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2) است.

۲۱-۳

چگالی توان

power density

S

توان تابیده شده به یک کره کوچک تقسیم بر مساحت دایره عظیمه^۲ آن کره می باشد. در میدان های الکترومغناطیسی چگالی توان با بزرگی بردار پوینتینگ^۳ نیز برابر است.

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}^* \quad (۱۰)$$

که در آن:

$\vec{S}$ بردار پوینتینگ؛

1- Polarization

۱- اگر یک کره هندسی را با صفحه ای که از مرکز آن عبور می کند قطع کنیم، فصل مشترک صفحه با سطح کره بزرگ ترین دایره ای است که می توان بر روی آن کره رسم کرد. این دایره را دایره عظیمه کره می نامند.

3- Poynting Vector

$\vec{E}$ بردار میدان الکتریکی؛ و

$\vec{H}$ بردار میدان مغناطیسی است.

یادآوری - یکای چگالی توان در دستگاه بین‌المللی یکاها، وات بر متر مربع (W/m^2) است.

۲۲-۳

چگالی توان معادل موج تخت

plane wave equivalent power density

S_{eq}

چگالی توان در میدان دور است. در میدان دور چگالی توان معادل موج تخت در هوا، از فرمول زیر به‌دست می‌آید.

$$S_{eq} = \frac{E_{inc}^2}{120 \pi} = H_{inc}^2 \times 120 \pi \quad (11)$$

که در آن:

S_{eq} چگالی توان معادل موج تخت بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2)؛

E شدت میدان الکتریکی بر حسب ولت بر متر (V/m)؛

H شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر بر متر (A/m)؛ و

π عدد پی و برابر با ۳٫۱۴ است.

۲۳-۳

چگالی جریان

current density

J

کمیتی که انتگرال آن بر روی یک سطح مفروض با جریان عبوری از آن سطح برابر است. متوسط چگالی جریان در یک رسانای خطی، از تقسیم کردن جریان بر سطح مقطع رسانا به‌دست می‌آید.

یادآوری - یکای چگالی جریان در دستگاه بین‌المللی یکاها، آمپر بر متر مربع (A/m^2) است.

۲۴-۳

چگالی شار مغناطیسی

magnetic flux density

B

کمیتی برداری که نیروی وارد بر یک بار یا بارهای در حال حرکت (جریان الکتریکی) را بیان می‌کند.

یادآوری - یکای چگالی شار مغناطیسی در دستگاه بین‌المللی یکاها، تسلا (T) است. یکای دیگر چگالی شار مغناطیسی گوس (G) است. یک گوس برابر با 10^{-4} تسلا می‌باشد.

۲۵-۳

چگالی متوسط توان

mean power density

$\bar{S}$

متوسط زمانی چگالی توان از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\bar{S} = \frac{1}{T} \int_0^T S(t) dt \quad (12)$$

که در آن:

$\bar{S}$ چگالی متوسط توان بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2)؛

T دوره تناوب بر حسب ثانیه (s)؛

$S(t)$ چگالی لحظه‌ای توان بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2) است.

۲۶-۳

حد

limit

مقداری از یک کمیت که در فعالیت‌ها یا شرایط خاصی به کار می‌رود و نباید از آن فراتر رود.

۲۷-۳

دُز تابشی

radiant exposure

H

انتگرال شدت تابش در مدت زمان پرتوگیری است و از فرمول زیر به دست می‌آید.

$$H = \int_{t_1} E(t) dt \quad (13)$$

که در آن:

H دز تابشی بر حسب ژول بر متر مربع (J/m^2)؛

$E(t)$ شدت تابش در لحظه t بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2)؛ و

t_1 مدت زمان پرتوگیری بر حسب ثانیه (s) است.

چنانچه شدت تابش در مدت پرتوگیری ثابت باشد، دز تابشی از فرمول زیر به دست می آید.

$$H = E t_1 \quad (۱۴)$$

که در آن، E شدت تابش بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2) است.

۲۸-۳

دز تابشی مؤثر

effective radiant exposure

H_{eff}

انتگرال شدت تابش مؤثر در مدت زمان پرتوگیری است و از فرمول زیر به دست می آید.

$$H_{eff} = \int_{t_1} E_{eff}(t) dt \quad (۱۵)$$

که در آن:

H_{eff} دز تابشی مؤثر بر حسب ژول بر متر مربع (J/m^2);

$E_{eff}(t)$ شدت تابش مؤثر در لحظه t بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2); و

t_1 مدت زمان پرتوگیری بر حسب ثانیه (s) است.

چنانچه شدت تابش مؤثر در مدت پرتوگیری ثابت باشد، دز تابشی مؤثر از فرمول زیر به دست می آید.

$$H_{eff} = E_{eff} t_1 \quad (۱۶)$$

که در آن، E_{eff} شدت تابش مؤثر بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2) است.

یادآوری - چنانچه دز تابشی مؤثر برای حفاظت از چشم در برابر اثرات گرمایی نور بر شبکه محاسبه شود، آن را با H_R و اگر برای اثرات فتوشیمیایی نور محاسبه شود، آن را با H_B نمایش می دهند.

۲۹-۳

زاویه دید چشمه یا منبع (زاویه دید)

angular subtense

α

زاویه دید چشمه یا منبع (اندازه منبع) α ، بر حسب رادیان (rad) است و از فرمول زیر به دست می آید.

$$\alpha = \frac{d_s}{r} \quad (۱۷)$$

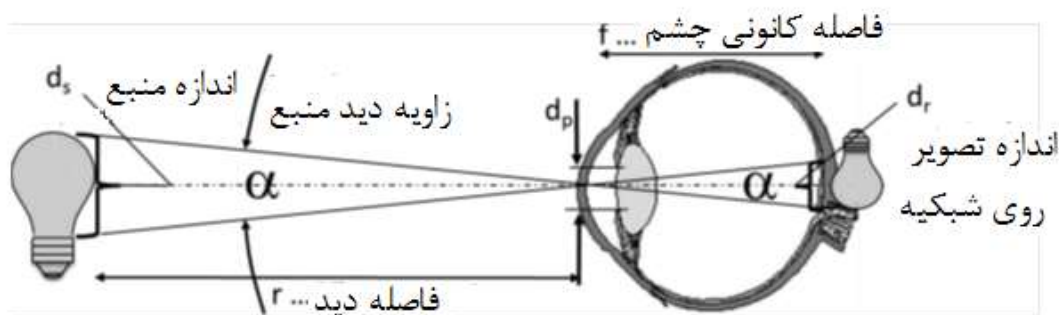
که در آن:

r فاصله چشم از منبع نور؛ و

d_s بُعد متوسط منبع نور^۱ است.

در این فرمول، r و d_s باید با یکای مشابه جایگزین شوند.

در شکل ۱ نحوه تعیین زاویه دید منبع مشخص شده است. در این شکل d_p قطر مردمک چشم است.



شکل ۱- نحوه تعیین زاویه دید منبع

اگر ناحیه تابش منبع نور دایره‌ای باشد، d_s قطر دایره است. چنانچه ناحیه تابش دایره‌ای نباشد، d_s برابر است با میانگین عددی کوتاه‌ترین و بلندترین ابعاد ناحیه تابش منبع. در این استاندارد، «زاویه دید منبع یا چشمه» به اختصار «زاویه دید» خوانده می‌شود.

۳-۳۰

زاویه دید بیشینه

maximum angular subtense

α_{max}

زاویه‌ای که به‌ازای آن و مقدار بیشتر از آن، آستانه دز تابندگی مؤثر/ دز تابشی مؤثر برای آسیب شبکیه به تغییرات زاویه دید، بستگی ندارد. مقادیر α_{max} در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مقادیر زاویه دید بیشینه در شرایط مختلف

t (s)	α_{max} (rad)
$t < ۶۲۵ \times ۱۰^{-۶}$	۰٫۰۰۵
$۶۲۵ \times ۱۰^{-۶} \leq t < ۰٫۲۵$	$۰٫۲ \times t^{۰٫۵}$
$t \geq ۰٫۲۵$	۰٫۱
یادآوری- مقدار t باید برحسب ثانیه جایگزین شود تا مقدار α_{max} برحسب رادیان به دست آید.	

۳۱-۳

زاویه دید کمینه

minimum angular subtense

α_{min}

کمترین زاویه دید منبع که چشم می تواند تفکیک کند. همچنین زاویه ای است که به ازای آن و مقادیر کمتر از آن، ابعاد تصویر تشکیل شده روی شبکه کمترین مقدار را خواهد داشت. زاویه دید $۱٫۵ \times ۱۰^{-۳}$ رادیان را زاویه دید کمینه می نامند ($\alpha_{min} = ۱٫۵ \times ۱۰^{-۳} \text{ rad} = ۱٫۵ \text{ mrad}$).

۳۲-۳

زاویه فضایی

solid angle

Ω

زاویه رأس مخروطی که از یک کره جدا شده است، به گونه ای که رأس مخروط روی مرکز کره باشد. این زاویه مطابق با شکل ۲، از فرمول زیر محاسبه می شود.

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad (۱۸)$$

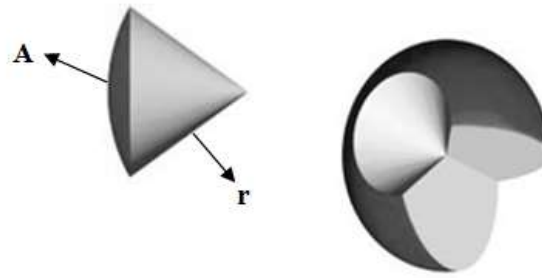
که در آن:

A مساحت قطاع کروی مخروط جدا شده برحسب متر مربع (m^2)؛

r شعاع کره برحسب متر (m)؛

Ω برحسب استرادیان (Sr).

یادآوری - زاویه فضایی یک کره کامل برابر با $\pi ۴$ استرادیان است.



شکل ۲- نحوه تعیین مقدار زاویه فضایی

۳۳-۳

سطح مرجع

reference level

مقادیر شدت میدان‌های الکتریکی، مغناطیسی و چگالی توان در محیط که افراد می‌توانند بدون ایجاد آسیب‌های شناخته‌شده پرتو و با ضریب‌های ایمنی قابل قبول در معرض آن‌ها قرار گیرند. سطح‌های مرجع به‌طور نسبی محافظه‌کارانه‌تر از حدود پایه تعیین شده‌اند و برای بدترین شرایط مواجهه می‌توانند حفاظتی دست‌کم معادل حدود پایه ایجاد کنند. در صورتی که حدود کمیت‌های پایه رعایت شده باشند، افزایش از سطح مرجع برای پرتوگیری از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی (در این استاندارد) می‌تواند اتفاق بیفتد. بنابراین، سطح مرجع، حدود کمیت‌های کاربردی یا جانشین هستند که می‌توانند برای تطابق با محدودیت‌های پایه به کار روند.

۳۴-۳

سامانه اعصاب مرکزی

central nervous system

بخشی از سامانه عصبی مهره‌داران شامل مغز و نخاع است. این سامانه شامل اعصاب محیطی نمی‌شود.

۳۵-۳

شدت تابش

Irradiance

E

توان تابیده‌شده بر واحد سطح در یک نقطه را شدت تابش در آن نقطه می‌نامند. به عبارت دیگر، شدت تابش در یک نقطه نسبت توان تابیده‌شده به جزئی از یک سطح به مساحت آن جزء است.
یادآوری - یکای شدت تابش در دستگاه سیستم بین‌المللی یکاها، وات بر متر مربع (W/m^2) است.

۳۶-۳

شدت تابش مؤثر

effective irradiance

E_{eff}

کمیتی است که با در نظر گرفتن حساسیت بدن به طول موج‌های مختلف با فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$E_{eff} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta\lambda \quad (۱۹)$$

که در آن:

E_{λ} شدت تابش پرتو در طول موج λ بر حسب وات بر متر مربع بر نانومتر ($W/m^2 \cdot nm$);

S_{λ} ضریب نسبی تأثیر پرتو در طول موج‌های مختلف بر بدن انسان، این ضریب واحد ندارد؛

$\Delta\lambda$ فاصله دو طول موج متوالی که E_{λ} در آن دو طول موج اندازه‌گیری می‌شود. یکای $\Delta\lambda$ ، نانومتر (nm) است. در نواحی که تغییرات S_{λ} سریع است، باید $\Delta\lambda$ کوچک‌تر انتخاب شود؛ و

λ_1 و λ_2 طول موج‌هایی هستند که شدت تابش مؤثر در محدوده آن‌ها به دست می‌آید. یکای آن نانومتر (nm) است.

یادآوری ۱- یکای شدت تابش مؤثر در دستگاه بین‌المللی یکاها، وات بر متر مربع (W/m^2) است.

یادآوری ۲- چنانچه شدت تابش مؤثر برای حفاظت از چشم در برابر اثرات گرمایی نور بر شبکه‌محاسبه شود، آن را با E_R و اگر برای اثرات فتوشیمیایی نور محاسبه شود، آن را با E_B نمایش می‌دهند.

۳۷-۳

شدت صوت

sound intensity

I

مقدار انرژی مکانیکی عبوری از واحد سطح عمود بر راستای انتشار صوت در هر ثانیه است.

یادآوری- یکای شدت صوت در دستگاه بین‌المللی یکاها، وات بر متر مربع (W/m^2) است.

۳۸-۳

شدت صوت مرجع

reference sound intensity

I_r

کمترین شدت صوتی که گوش انسان، در حساس‌ترین بسامد، قادر به شنیدن می‌باشد. حساس‌ترین بسامد برای گوش تقریباً ۱ kHz و شدت صوت مرجع $W/m^2 \cdot 10^{-12}$ است.

۳-۳۹

شدت میدان الکتریکی

electric field strength

E

اندازه بردار الکتریکی میدان الکترومغناطیسی که بنابه تعریف با نیروی وارد بر واحد بار الکتریکی در نقطه مورد نظر از میدان برابر است.

یادآوری - یکای شدت میدان الکتریکی در دستگاه بین‌المللی یکاها، نیوتن بر کولن (N/C) یا ولت بر متر (V/m) است.

۳-۴۰

شدت میدان مغناطیسی

magnetic field strength

H

اندازه بردار مغناطیسی میدان الکترومغناطیسی است و مقدار آن از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$H = \frac{B}{\mu} \quad (20)$$

که در آن:

B چگالی شار مغناطیسی بر حسب تسلا (T)؛ و

μ تراوایی مغناطیسی محیط بر حسب تسلا متر بر آمپر (T.m/A) است.

یادآوری - یکای شدت میدان مغناطیسی در دستگاه بین‌المللی یکاها، آمپر بر متر (A/m) می‌باشد.

۳-۴۱

شدت میدان الکتریکی مؤثر

effective electric field strength

E_{eff}

جذر میانگین مربع شدت میدان الکتریکی در مدت زمان t از بازه زمانی پرتوگیری است.

$$E_{eff} = \sqrt{\frac{1}{t} \int_0^t E^2(t') dt'} \quad (21)$$

که در آن:

E شدت میدان الکتریکی بر حسب ولت بر متر (V/m)؛ و

t مدت زمان بر حسب ثانیه (s) است.

یادآوری - یکای شدت میدان الکتریکی مؤثر در دستگاه بین‌المللی یکاها، نیوتن بر کولن (N/C) یا ولت بر متر (V/m) است.

۴۲-۳

شدت میدان مغناطیسی مؤثر

effective magnetic field strength

H_{eff}

جذر میانگین مربع شدت میدان مغناطیسی در مدت زمان t از بازه زمانی پرتوگیری است.

$$H_{eff} = \sqrt{\frac{1}{t} \int_0^t H^2(t') dt'} \quad (22)$$

که در آن:

H شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر بر متر (A/m)؛ و

t مدت زمان بر حسب ثانیه (s) است.

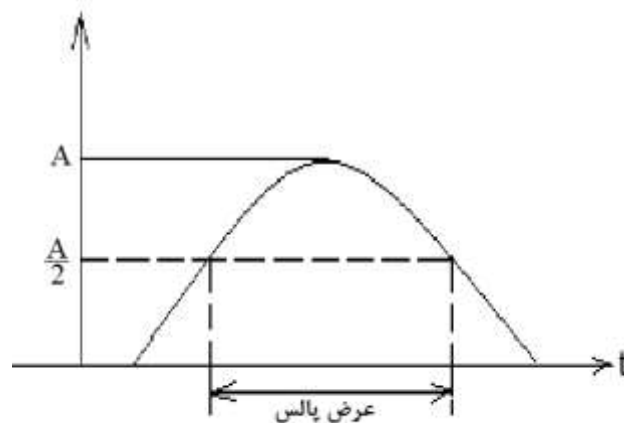
یادآوری - یکای شدت میدان مغناطیسی مؤثر در دستگاه بین‌المللی یکاها، آمپر بر متر (A/m) است.

۴۳-۳

عرض پالس

pulse duration

مدت زمانی است که طول می‌کشد تا دامنه پالس از نصف مقدار قله به مقدار قله رسیده و دوباره به نصف آن کاهش یابد. در شکل ۳ عرض پالس نمایش داده شده است.



شکل ۳- عرض پالس

۴۴-۳

بسامد میانه اکتاو

mid frequency of octave band

بسامدی که مقدار آن مساوی میانگین بالاترین و پایین‌ترین بسامد آن اکتاو است و از فرمول زیر به‌دست می‌آید.

$$f_o = \frac{f_H + f_L}{2} = \frac{2f_L + f_L}{2} = \frac{3f_L}{2} \quad (23)$$

که در آن:

f_o بسامد میانه؛

f_H بالاترین بسامد اکتاو؛ و

f_L پایین‌ترین بسامد اکتاو است.

۴۵-۳

فشار صوت

acoustic pressure

P

نیرویی که توسط امواج صوتی به واحد سطح وارد می‌شود.

یادآوری - یکای فشار صوت در دستگاه بین‌المللی یکاها، نیوتن بر متر مربع (N/m^2) یا پاسکال (Pa) است.

۴۶-۳

فشار صوت مرجع

reference acoustic pressure

P_r

کمترین فشار صوتی که گوش انسان در حساس‌ترین بسامد (تقریباً ۱ kHz) احساس می‌کند و مقدار آن برابر است با ۲۰ μPa یا 2×10^{-5} Pa.

۴۷-۳

فعالیت پرتوی

practice

هرگونه فعالیت بشری که منجر به افزایش منابع پرتو یا مسیرهای پرتوگیری یا تغییر مسیرهای پرتوگیری از منابع پرتو موجود شود به‌طوری که باعث افزایش پرتوگیری یا احتمال پرتوگیری افراد و یا تعداد افراد در معرض پرتو شود.

۴۸-۳

کمیت‌های پایه

basic quantities

کمیت‌هایی که مستقیماً با اثرات زیستی زیان‌بار پرتوهای الکترومغناطیسی مرتبط هستند، نظیر شدت میدان الکتریکی، شدت میدان مغناطیسی و چگالی توان در بافت بدن انسان.

۴۹-۳

کمیت‌های فرودی

incident quantities

کمیت‌هایی که به سطح بدن برخورد می‌کنند. پس از برخورد این کمیت‌ها با بدن، قسمتی از آن در بافت‌ها نفوذ می‌کنند و قسمتی از سطح بدن بازتابیده می‌شوند. به‌عنوان مثال شدت میدان الکتریکی که به سطح بدن برخورد می‌کند، شدت میدان الکتریکی فرودی نامیده می‌شود.

۵۰-۳

منبع

source

هر عامل تولید یا انتشار پرتوی غیریونساز که بتواند باعث پرتوگیری شود و می‌تواند به‌عنوان یک موجودیت واحد برای اهداف حفاظت و ایمنی با آن رفتار شود.

۵۱-۳

میدان دور (موج تخت)

far field (Plane wave)

ناحیه‌ای از میدان‌های الکترومغناطیسی که در آن بردارهای میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی بر هم عمودند. در این ناحیه، بین شدت میدان الکتریکی، E ، شدت میدان مغناطیسی، H ، و چگالی توان یا چگالی شار الکترومغناطیسی، S ، روابط زیر برقرار است.

$$E = H \cdot Z \quad (24)$$

$$S = E \cdot H \quad (25)$$

$$S = \frac{E^2}{Z} = Z \cdot H^2 \quad (26)$$

که در آن:

E شدت میدان الکتریکی برحسب ولت بر متر (V/m)؛

H شدت میدان مغناطیسی برحسب آمپر بر متر (A/m)؛

S چگالی توان برحسب وات بر متر مربع (w/m^2)؛ و

Z امپدانس فضای آزاد است که برابر با $\pi 120$ اهم می‌باشد.

نحوه تعیین میدان دور به نوع منبع بستگی دارد و برای انواع آنتن‌ها، با روابط جداگانه‌ای تعریف می‌شود که در کتاب‌های آنتن آمده است.

۵۲-۳

میدان نزدیک

near field

ناحیه بین منبع پرتو رادیویی و میدان دور که در این ناحیه رفتار میدان با رفتار موج تخت مشابه نیست.

۴ کوتاه‌نوشت‌ها

در این استاندارد، کوتاه‌نوشت‌های زیر به کار می‌روند:

عنوان فارسی	عنوان انگلیسی	کوتاه‌نوشت
چگالی انرژی جذب‌شده	Absorbed energy density	U_{ab}
چگالی انرژی فرودی	Incident energy density	U_{inc}
چگالی انرژی فرودی معادل موج تخت	Plane-wave equivalent incident energy density	U_{eq}
چگالی توان جذب‌شده	Absorbed power density	S_{ab}
چگالی توان فرودی	Incident power density	S_{inc}
چگالی توان فرودی معادل موج تخت	Plane-wave equivalent incident power density	S_{eq}
شدت میدان الکتریکی القاشده	Induced electric field strength	E_{ind}
شدت میدان الکتریکی فرودی	Incident electric field strength	E_{inc}
شدت میدان مغناطیسی فرودی	Incident magnetic field strength	H_{inc}
جذب انرژی ویژه	Specific energy absorption	SA
آهنگ زمانی جذب انرژی ویژه	Specific energy absorption rate	SAR
بسامد	Frequency	f
زمان	Time	t

۵ طبقه‌بندی انواع پرتوهای غیر یونساز و حدود پرتوگیری

جدول ۲ تقسیم‌بندی پرتوهای غیر یونساز را نشان می‌دهد.

جدول ۲- تقسیم‌بندی پرتوهای غیر یونساز

ردیف	نوع پرتو	بسامد Hz	طول موج در هوا
۱	فرا بنفش ^a (UV)	$3 \times 10^{15} - 7.5 \times 10^{14}$	۴۰۰ - ۱۰۰ nm
۲	نور مرئی ^b (VS)	$7.5 \times 10^{14} - 3.85 \times 10^{14}$	۷۸۰ - ۴۰۰ nm
۳	فروسرخ ^c (IR)	$3.85 \times 10^{14} - 3.0 \times 10^{11}$	10^6 - ۷۸۰ nm
۴	مایکروویو ^d (MW)	$3.0 \times 10^{11} - 3.0 \times 10^8$	۱ - ۱۰۰۰ mm
۵	رادیویی ^e (RF)	$3.0 \times 10^8 - 3.0 \times 10^5$	۱ - ۱۰۰۰ m
۶	بسامد کم ^f (LF)	$3.0 \times 10^5 - 3.0 \times 10^4$	۱ - ۱۰ km
۷	بسامد بسیار کم ^g (VLF)	$3.0 \times 10^4 - 300$	۱۰ - ۱۰۰۰ km
۸	بسامد فوق العاده کم ^h (ELF)	< 300	> ۱۰۰۰ km
۹	میدان مغناطیسی ثابت ⁱ (DC)	۰	-----
۱۰	فراصوت ^j (US)	> ۲۰۰۰۰	-----

a- Ultraviolet radiation
 b-Visible radiation
 c-Infrared radiation
 d-Microwave radiation
 e-Radiofrequency radiation
 f-Low frequency radiation
 g-Very low frequency radiation
 h-Extremely low frequency radiation
 i-Direct Current
 j-Ultrasound

یادآوری- در تقسیم‌بندی‌های جدید، محدوده بسامد 3.0×10^5 Hz تا 3.0×10^{11} Hz را پرتوهای رادیویی می‌نامند.

۵-۱ حدود کمیت‌های پایه پرتوگیری شغلی و مردم برای پرتوهای الکترومغناطیسی در محدوده بسامدی

بیشتر از صفر تا ۳۰۰ GHz (ELF، VLF، LF، RF و MW)

در هر بسامد، تمامی حدود کمیت‌های پایه در آن بسامد، شامل حد آهنگ زمانی جذب ویژه (SAR) تمامی بدن، حد آهنگ زمانی جذب ویژه (SAR) موضعی، حد چگالی توان جذب شده (S_{ab})، حد انرژی جذب ویژه (SA)، حد چگالی انرژی جذب شده (U_{ab}) و حد شدت میدان الکتریکی القایی (داخل بدن) باید به‌طور هم‌زمان رعایت شود.

در جدول‌های ۳، ۴ و ۵ حدود کمیت‌های پایه برای پرتوهای الکترومغناطیسی از بسامد ۱ Hz تا ۳۰۰ GHz نشان داده شده است.

در شکل ۴، حدود کمیت‌های پایه برای پرتوگیری شغلی و مردم برحسب شدت میدان الکتریکی داخل بدن و بر اساس تاثیرات آن بر سامانه اعصاب مرکزی و سامانه اعصاب محیطی بدن نشان داده شده است.

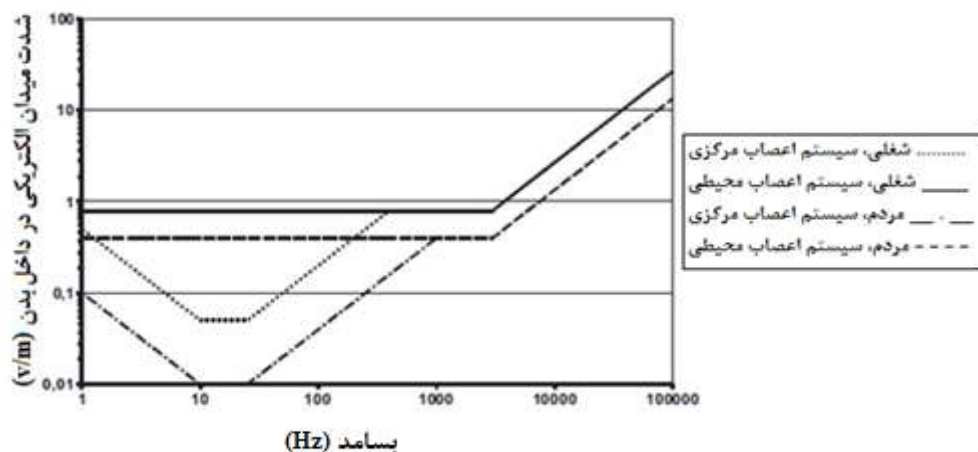
جدول ۳- حدود کمیت‌های پایه در محدوده بسامدهای ۱ Hz تا ۱۰ MHz

نوع پرتوگیری	حدود پرتوگیری		
	محدوده بسامد (f)	شدت میدان الکتریکی مؤثر (سامانه اعصاب مرکزی سر)؛ E V/m	شدت میدان الکتریکی مؤثر (بافت‌های سروبدن)؛ E V/m
شغلی	۱ - ۱۰ Hz	$0.5 \div f$	۰٫۸
	۱۰ - ۲۵ Hz	۰٫۰۵	۰٫۸
	۲۵ - ۴۰۰ Hz	$0.002 \times f$	۰٫۸
	۰٫۴ - ۳ kHz	۰٫۸	۰٫۸
	۳ kHz - ۱۰ MHz	$270 \times 10^{-4} \times f$	$270 \times 10^{-4} \times f$
مردم	۱ - ۱۰ Hz	$0.1 \div f$	۰٫۴
	۱۰ - ۲۵ Hz	۰٫۰۱	۰٫۴
	۲۵ - ۱۰۰۰ Hz	$4 \times 10^{-4} \times f$	۰٫۴
	۱ - ۳ kHz	۰٫۴	۰٫۴
	۳ kHz - ۱۰ MHz	$135 \times 10^{-4} \times f$	$135 \times 10^{-4} \times f$

یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منابع ۱ و ۲ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.

یادآوری ۲- بسامد، f، برحسب هرتز است.

یادآوری ۳- برای تعیین E داخل بدن، باید میانگین بردار E در حجمی معادل $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$ به‌دست آید. آنگاه برای هر بافت، مقدار بیشینه شدت میدان الکتریکی به‌دست‌آمده با حدود ارائه‌شده مقایسه شود. در صورتی که محدوده یک بافت کمتر از حجم فوق باشد، میانگین‌گیری روی همان محدوده بافت صورت گیرد.



شکل ۴- حدود کمیت‌های پایه برای پرتوگیری شغلی و مردم برحسب شدت میدان الکتریکی داخل بدن و تاثیرات آن بر سامانه اعصاب مرکزی و سامانه اعصاب محیطی بدن

جدول ۴- حدود کمیت‌های پایه در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz برای زمان متوسط‌گیری مساوی یا بزرگتر از ۶ دقیقه

حدود پرتوگیری					نوع پرتوگیری
محدوده بسامدی	SAR متوسط تمام بدن؛ W/kg	SAR موضعی سر و تنه W/kg	SAR موضعی دست‌ها و پاها W/kg	چگالی توان جذب شده موضعی؛ S_{ab} W/m ²	
۱۰۰ kHz-۶ Hz	۰٫۴	۱۰	۲۰	کاربرد ندارد	شغلی
>۶-۳۰۰ GHz	۰٫۴	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۱۰۰	
۱۰۰ kHz-۶ Hz	۰٫۰۸	۲	۴	کاربرد ندارد	مردم
>۶-۳۰۰ GHz	۰٫۰۸	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۲۰	

یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منبع ۲ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.

یادآوری ۲- عبارت «کاربرد ندارد» به معنای آن است که در «تعیین انطباق» در نظر گرفته نمی‌شود.

یادآوری ۳- مقدار SAR متوسط تمامی بدن، در بازه‌های زمانی ۳۰ دقیقه متوسط‌گیری می‌شود.

یادآوری ۴- مقدار SAR موضعی و کمیت S_{ab} ، در بازه‌های زمانی ۶ دقیقه متوسط‌گیری می‌شود.

یادآوری ۵- مقدار SAR موضعی، در هر ۱۰ گرم از جرم مکعبی شکل متوسط‌گیری می‌شود.

یادآوری ۶- مقدار SAR موضعی در ناحیه سر و تنه، برای گوشی‌های تلفن همراه W/kg ۱٫۶ در نظر گرفته می‌شود. این کمیت بر روی یک گرم از بافت متوسط‌گیری می‌شود.

یادآوری ۷- کمیت S_{ab} موضعی، در یک مربع به مساحت 4 cm^2 از سطح بدن، متوسط‌گیری می‌شود. در بسامدهای بیشتر از ۳۰ GHz محدودیت دیگری نیز اعمال می‌شود. در این محدوده بسامدی حد پرتوگیری در یک سطح مربعی شکل به مساحت 1 cm^2 ، دو برابر حد پرتوگیری در یک سطح مربعی شکل به مساحت 4 cm^2 است.

جدول ۵- حدود کمیت‌های پایه در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz برای انتگرال‌گیری در بازه‌های زمانی صفر تا ۶ دقیقه

حدود پرتوگیری				نوع پرتوگیری
چگالی انرژی جذب‌شده موضعی؛ U_{ab} kJ/m^2	SA موضعی دست و پا kJ/kg	SA موضعی سر و تنه kJ/kg	محدوده بسامد؛ f	
کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۱۰۰ kHz - ۴۰۰ MHz	شغلی
کاربرد ندارد	$7/2 \times [0.025 + 0.975 \times (t/360)^{1/5}]$	$3/6 \times [0.05 + 0.95 \times (t/360)^{1/5}]$	>۴۰۰ MHz - ۶ GHz	
$36 \times [0.05 + 0.95 \times (t/360)^{1/5}]$	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	>۶ GHz - ۳۰۰ GHz	
کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۱۰۰ kHz - ۴۰۰ MHz	مردم
کاربرد ندارد	$1/44 \times [0.025 + 0.975 \times (t/360)^{1/5}]$	$0.72 \times [0.05 + 0.95 \times (t/360)^{1/5}]$	>۴۰۰ MHz - ۶ GHz	
$7/2 \times [0.05 + 0.95 \times (t/360)^{1/5}]$	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	>۶ GHz - ۳۰۰ GHz	

یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منبع ۲ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.

یادآوری ۲- عبارت «کاربرد ندارد» به معنای آن است که در «تعیین انطباق» در نظر گرفته نمی‌شود.

یادآوری ۳- زمان t ، برحسب ثانیه است. صرف‌نظر از ویژگی‌های زمانی پرتوگیری، حدود پرتوگیری باید برای تمام بازه‌های زمانی $0 < t \leq 360$ ثانیه برقرار باشد.

یادآوری ۴- مقدار SA موضعی، در هر ۱۰ گرم از جرم مکعبی شکل متوسط‌گیری می‌شود.

یادآوری ۵- کمیت U_{ab} موضعی، در یک مربع به مساحت 4 cm^2 از سطح بدن، متوسط‌گیری می‌شود. در بسامدهای بیشتر از ۳۰ GHz محدودیت دیگری نیز اعمال می‌شود. در این محدوده بسامدی، حد پرتوگیری در یک مربع به مساحت 1 cm^2 از سطح بدن برای پرتوگیری شغلی برابر با $7/2 \times [0.025 + 0.975 \times (t/360)^{1/5}]$ و برای پرتوگیری مردم $1/44 \times [0.025 + 0.975 \times (t/360)^{1/5}]$ است.

یادآوری ۶- پرتوگیری از هر پالس، گروهی از پالس‌ها یا پالس‌های موجود در یک قطار پالس، و از مجموع پرتوگیری‌ها (شامل پرتوهای الکترومغناطیسی غیرپالسی) در مدت زمان t ثانیه، باید از حدود پرتوگیری ارائه شده در این جدول کمتر باشد.

۲-۵ سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) پرتوگیری شغلی و مردم برای پرتوهای الکترومغناطیسی در محدوده بسامدی بیشتر از صفر تا ۳۰۰ GHz (ELF, VLF, LF, RF و MW)

سطوح مرجع برای پرتوگیری شغلی و مردم برای بسامدهای بیشتر از صفر تا ۳۰۰ GHz در جدول‌های ۶ الی ۱۰ و شکل‌های ۵ الی ۸ نشان داده شده است:

- در جدول ۶، سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) در محدوده بسامدهای بیشتر از صفر تا ۱۰۰ kHz؛

- در جدول ۷ سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz برای تمام بدن؛

- در جدول ۸ سطوح مرجع موضعی (حدود کمیت‌های کاربردی موضعی) در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz؛

- در جدول ۹ سطوح مرجع موضعی (حدود کمیت‌های کاربردی موضعی) در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz برای انتگرال‌گیری در بازه‌های زمانی صفر تا ۶ دقیقه؛

- در جدول ۱۰ حدود پرتوگیری موضعی در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۱۰ MHz برای مقادیر بیشینه لحظه‌ای ارائه شده است؛

- شکل‌های ۵ و ۶ سطوح مرجع برای کمیت‌های میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی در محدوده بسامدهای ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz را براساس جدول ۶؛

- شکل‌های ۷ و ۸ سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا GHz ۳۰۰ برای تمام بدن و سطوح مرجع موضعی (حدود کمیت‌های کاربردی موضعی) در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz را بر اساس جدول‌های ۷ و ۸ نشان می‌دهند.

لازم به ذکر است، سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) محافظه‌کارانه‌تر از حدود پایه است. این مطلب بدان معنا است که در صورت رعایت سطح مرجع، حدود کمیت‌های پایه رعایت خواهد شد.

جدول ۶- سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) در محدوده بسامدهای بیشتر از صفر تا ۱۰۰ kHz

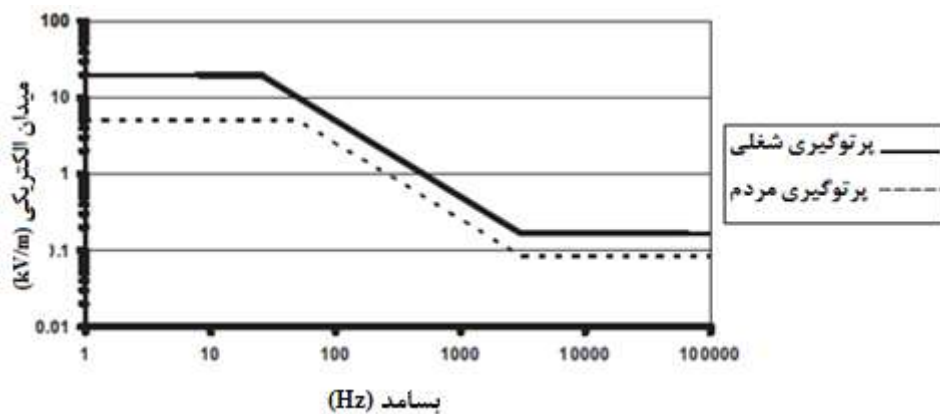
حدود پرتوگیری				نوع پرتوگیری
محدوده بسامد؛ f	شدت میدان الکتریکی موثر؛ E V/m	شدت میدان مغناطیسی موثر؛ H A/m	چگالی شار مغناطیسی موثر، B μT	
تا ۱ Hz	کاربرد ندارد	1.63×10^5	2×10^5	شغلی
۱ Hz - ۸ Hz	2×10^4	$1.63 \times 10^5 \div f^2$	$2 \times 10^5 \div f^2$	
۸ Hz - ۲۵ Hz	2×10^4	$2 \times 10^4 \div f$	$2.5 \times 10^4 \div f$	
۲۵ Hz - ۳۰۰ Hz	$5 \times 10^5 \div f$	۸۰۰	۱۰۰۰	
۰.۳ kHz - ۳ kHz	$5 \times 10^5 \div f$	$2.4 \times 10^5 \div f$	$3 \times 10^5 \div f$	
۳ kHz - ۱۰۰ kHz	۱۷۰	۸۰	۱۰۰	
تا ۱ Hz	کاربرد ندارد	3.2×10^4	4×10^4	مردم
۱ Hz - ۸ Hz	۵۰۰۰	$3.2 \times 10^4 \div f^2$	$4 \times 10^4 \div f^2$	
۸ Hz - ۲۵ Hz	۵۰۰۰	$4 \times 10^4 \div f$	$5 \times 10^4 \div f$	
۲۵ Hz - ۵۰ Hz	۵۰۰۰	۱۶۰	۲۰۰	
۵۰ Hz - ۴۰۰ Hz	$2.5 \times 10^5 \div f$	۱۶۰	۲۰۰	
۰.۴ kHz - ۳ kHz	$2.5 \times 10^5 \div f$	$6.4 \times 10^4 \div f$	$8 \times 10^4 \div f$	
۳ kHz - ۱۰۰ kHz	۸۳	۲۱	۲۷	

یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منابع ۱ و ۳ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.

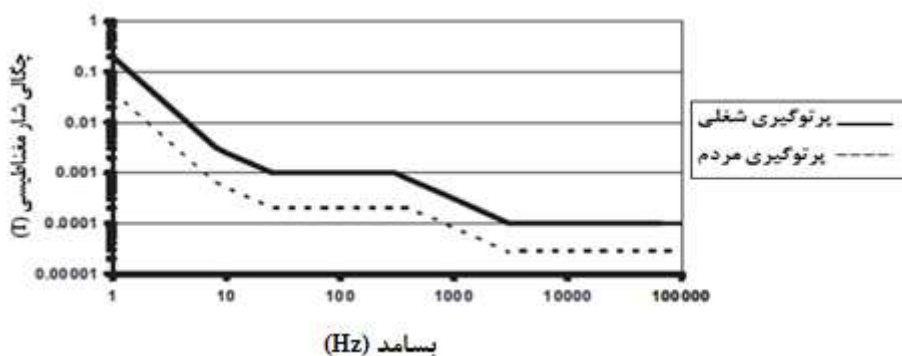
یادآوری ۲- عبارت «کاربرد ندارد» به معنای آن است که در «تعیین انطباق» در نظر گرفته نمی‌شود.

یادآوری ۳- بسامد، f، برحسب هرتز است.

یادآوری ۴- مقادیر E و H مقادیر موثر در یک دوره تناوب هستند.



شکل ۵- سطوح مرجع برای میدان‌های الکتریکی متغیر با زمان در محدوده بسامدهای ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz



شکل ۶- سطح‌های مرجع برای میدان‌های مغناطیسی متغیر با زمان در محدوده بسامدهای ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz

جدول ۷- سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) در محدوده بسامدهای (۰/۱ MHz) ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz برای تمامی بدن

نوع پر توگیری	محدوده بسامد	شدت میدان الکتریکی فرودی؛ E_{inc} V/m	شدت میدان مغناطیسی فرودی؛ H_{inc} A/m	چگالی توان فرودی؛ S_{inc} W/m ²
شغلی	۰/۱ - ۳۰ MHz	$660 \div f_M^{-1/7}$	$4/9 \div f_M$	کاربرد ندارد
	>۳۰ - ۴۰۰ MHz	۶۱	۰/۱۶	۱۰
	>۴۰۰ - ۲۰۰۰ MHz	$3 \times f_M^{-1/5}$	$0/008 \times f_M^{-1/5}$	$f_M \div 40$
	>۲ - ۳۰۰ GHz	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۵۰
مردم	۰/۱ - ۳۰ MHz	$300 \div f_M^{-1/7}$	$2/2 \div f_M$	کاربرد ندارد
	>۳۰ - ۴۰۰ MHz	۲۷/۷	۰/۰۷۳	۲
	>۴۰۰ - ۲۰۰۰ MHz	$1/375 \times f_M^{-1/5}$	$0/0037 \times f_M^{-1/5}$	$f_M \div 200$
	>۲ - ۳۰۰ GHz	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۱۰

یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منبع ۲ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.

یادآوری ۲- عبارت «کاربرد ندارد» به معنای آن است که در «تعیین انطباق» در نظر گرفته نمی‌شود.

یادآوری ۳- بسامد، f_M ، برحسب هرتز است.

یادآوری ۴- کمیت‌های E_{inc} ، H_{inc} و S_{inc} در فضای کل بدن، در بازه زمانی ۳۰ دقیقه، متوسط‌گیری می‌شود.

یادآوری ۵- با توجه به آنکه افزایش دمای بدن به علت پر توگیری با توان یا انرژی پرتوهای رادیویی و مایکروویو تعیین می‌شود، متوسط‌گیری زمانی و مکانی کمیت‌های E_{inc} و H_{inc} باید به‌صورت جذر میانگین مربعات (مقادیر مؤثر) این دو کمیت محاسبه شود.

یادآوری ۶- در بازه بسامدی ۱۰۰ kHz الی ۳۰ MHz چنانچه مقادیر مؤثر هر دو کمیت E_{inc} و H_{inc} از حدود ارائه‌شده در این استاندارد کمتر باشد، استاندارد رعایت شده است.

یادآوری ۷- برای بسامدهای ۳۰ MHz الی ۲ GHz (الف) در میدان دور، چنانچه مقدار مؤثر یکی از کمیت‌های E_{inc} یا H_{inc} یا S_{inc} از حدود پر توگیری ارائه‌شده در این جدول کمتر باشد، استاندارد رعایت شده است (فقط بررسی یکی از این موارد کافی است). در این ناحیه S_{eq} می‌تواند جایگزین S_{inc} شود. (ب) در میدان نزدیک هر دو کمیت مؤثر E_{inc} و H_{inc} باید از حدود پر توگیری ارائه‌شده در این جدول کمتر باشد.

یادآوری ۸- برای بسامدهای بیشتر از ۲ GHz الی ۳۰۰ GHz (الف) در میدان دور باید کمیت S_{inc} از حدود پر توگیری کمتر باشد. در این ناحیه S_{eq} می‌تواند جایگزین S_{inc} شود. (ب) در میدان نزدیک باید کمیت S_{inc} از حد استاندارد کمتر باشد.

جدول ۸- سطوح مرجع موضعی (حدود کمیت‌های کاربردی موضعی) در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰GHz

نوع پرتوگیری	محدوده بسامد؛ f	شدت میدان الکتریکی فرودی؛ E_{inc} V/m	شدت میدان مغناطیسی فرودی؛ H_{inc} A/m	چگالی توان فرودی؛ S_{inc} W/m ²
شغلی	۰/۱ - ۳۰ MHz	$150.4 \div f_M^{0.17}$	$10.8 \div f_M$	کاربرد ندارد
	>۳۰ - ۴۰۰ MHz	۱۳۹	۰/۳۶	۵۰
	>۴۰۰ - ۲۰۰۰ MHz	$10.58 \times f_M^{0.43}$	$0.274 \times f_M^{0.43}$	$0.29 \times f_M^{0.86}$
	>۲ - ۶ GHz	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۲۰۰
	>۶ - <۳۰۰ GHz	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	$275 \div f_G^{0.177}$
	۳۰۰ GHz	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۱۰۰
مردم	۰/۱ - ۳۰ MHz	$671 \div f_M^{0.17}$	$4/9 \div f_M$	کاربرد ندارد
	>۳۰ - ۴۰۰ MHz	۶۲	۰/۱۶۳	۱۰
	>۴۰۰ - ۲۰۰۰ MHz	$4.72 \times f_M^{0.43}$	$0.123 \times f_M^{0.43}$	$0.58 \times f_M^{0.86}$
	>۲ - ۶ GHz	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۴۰
	>۶ - <۳۰۰ GHz	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	$55 \div f_G^{0.177}$
	۳۰۰ GHz	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۲۰

یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منبع ۲ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.

یادآوری ۲- عبارت «کاربرد ندارد» به معنای آن است که در «تعیین انطباق» در نظر گرفته نمی‌شود.

یادآوری ۳- بسامد f_M ، برحسب مگاهرتز است. و بسامد f_G ، بسامد برحسب گیگاهرتز است.

یادآوری ۴- کمیت‌های E_{inc} ، H_{inc} و S_{inc} در قسمتی از بدن که پرتوگیری کرده است و در بازه زمانی ۶ دقیقه متوسط‌گیری می‌شوند. نحوه متوسط‌گیری مکانی در یادآوری‌های ۸ و ۹ ارائه شده است.

یادآوری ۵- با توجه به آنکه افزایش دمای بدن به علت پرتوگیری، با توان یا انرژی پرتوهای رادیویی و مایکروویو تعیین می‌شود، متوسط‌گیری زمانی و مکانی کمیت‌های E_{inc} و H_{inc} ، باید به‌صورت جذر میانگین مربعات این دو کمیت (مقدار مؤثر) محاسبه شود.

یادآوری ۶- در بازه بسامدی ۱۰۰ kHz الی ۳۰ MHz، در هر دو ناحیه میدان نزدیک و میدان دور، بیشینه مکانی هر دو کمیت E_{inc} و H_{inc} در قسمتی از کل بدن که پرتوگیری کرده است، باید کمتر از حدود پرتوگیری ارائه شده در این جدول باشد.

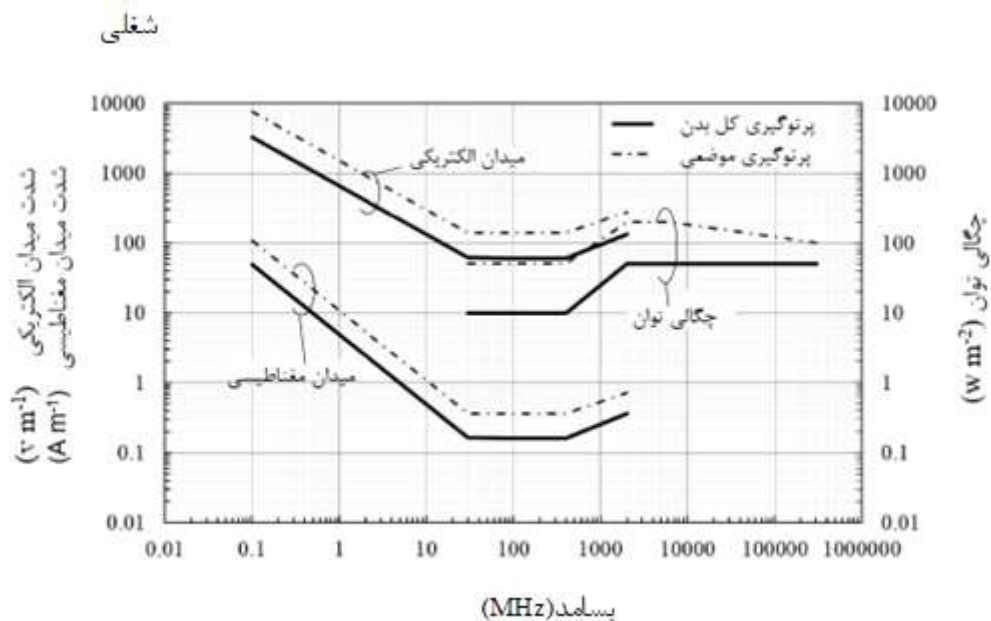
یادآوری ۷- برای بسامدهای بیشتر از ۳۰ MHz الی ۶ GHz (الف) در میدان دور، چنانچه مقادیر مؤثر یکی از کمیت‌های E_{inc} و H_{inc} در قسمتی از بدن که پرتوگیری کرده است کمتر از حدود ارائه شده در این استاندارد باشد، استاندارد رعایت شده‌است. در این ناحیه S_{eq} می‌تواند جایگزین S_{inc} شود. (ب) در میدان نزدیک، هر دو کمیت مؤثر E_{inc} و H_{inc} در قسمتی از بدن که پرتوگیری کرده است باید کمتر از حدود پرتوگیری ارائه شده در این جدول باشند.

یادآوری ۸- برای بسامدهای بیشتر از ۶ GHz الی ۳۰۰ GHz (الف) در میدان دور، کمیت S_{inc} در یک مربع به مساحت ۴ cm²، در قسمتی از بدن که پرتوگیری کرده است متوسط‌گیری می‌شود، این مقدار باید کمتر از حدود پرتوگیری باشد؛ در این ناحیه S_{eq} می‌تواند جایگزین S_{inc} شود. (ب) در میدان نزدیک S_{inc} در یک مربع به مساحت ۴ cm² در قسمتی از بدن که پرتوگیری کرده است، باید کمتر از حدود پرتوگیری ارائه شده در این جدول باشد.

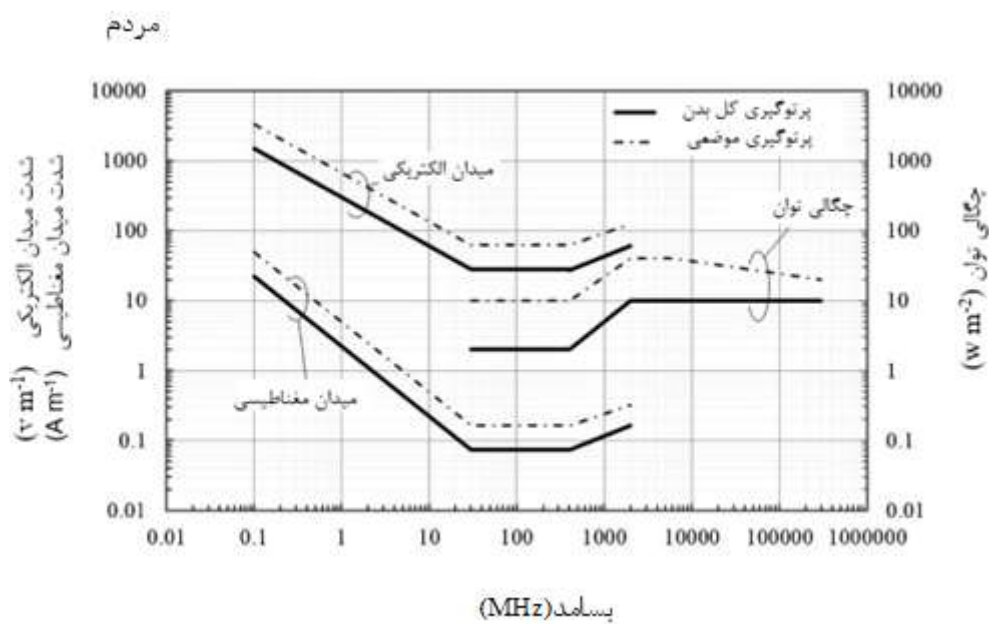
یادآوری ۹- برای بسامدهای بیشتر از ۳۰ MHz الی ۳۰۰ GHz، پرتوگیری متوسط‌گیری شده در یک مربع به مساحت ۱ cm² از قسمتی از بدن که پرتوگیری کرده است باید کمتر از دو برابر حدود در مربعی به مساحت ۴ cm² باشد.

جدول ۹- سطوح مرجع موضعی (حدود کمیت‌های کاربردی موضعی) در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz
برای انتگرال‌گیری در بازه‌های زمانی صفر تا ۶ دقیقه

نوع پرتوگیری	محدوده بسامد؛ f	چگالی انرژی فرودی؛ U_{inc} kJ/m ²
شغلی	۱۰۰ kHz-۴۰۰ MHz	کاربرد ندارد
	>۴۰۰-۲۰۰۰ MHz	$0.129 \times f_M^{-1/86} \times 0.36 \times \left[0.105 + 0.195 \times (t/360)^{1/5} \right]$
	>۲-۶ GHz	$2.00 \times 0.36 \times \left[0.105 + 0.195 \times (t/360)^{1/5} \right]$
	>۶-۳۰۰ GHz	$275/f_G^{-1/77} \times 0.36 \times \left[0.105 + 0.195 \times (t/360)^{1/5} \right]$
	۳۰۰ GHz	$1.00 \times 0.36 \times \left[0.105 + 0.195 \times (t/360)^{1/5} \right]$
مردم	۱۰۰ kHz-۴۰۰ MHz	کاربرد ندارد
	>۴۰۰-۲۰۰۰ MHz	$0.1058 \times f_M^{-1/86} \times 0.36 \times \left[0.105 + 0.195 \times (t/360)^{1/5} \right]$
	>۲-۶ GHz	$4.0 \times 0.36 \times \left[0.105 + 0.195 \times (t/360)^{1/5} \right]$
	>۶-۳۰۰ GHz	$55/f_G^{-1/77} \times 0.36 \times \left[0.105 + 0.195 \times (t/360)^{1/5} \right]$
	۳۰۰ GHz	$2.0 \times 0.36 \times \left[0.105 + 0.195 \times (t/360)^{1/5} \right]$
یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منبع ۲ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است. یادآوری ۲- عبارت «کاربرد ندارد» به معنای آن است که در «تعیین انطباق» در نظر گرفته نشود. یادآوری ۳- بسامد f_M برحسب مگاهرتز و بسامد f_G برحسب گیگاهرتز است. زمان t برحسب ثانیه است به‌گونه‌ای که پرتوگیری از یک پالس، گروهی از پالس‌ها، تعدادی از پالس‌ها در قطار پالس‌ها، و همچنین جمع پرتوگیری (شامل پرتوهای غیرپالسی نیز می‌باشد) در مدت زمان t ثانیه باید از حدود پرتوگیری ارائه‌شده در این جدول کمتر باشد. یادآوری ۴- کمیت U_{inc} در مدت زمان t محاسبه می‌شود و روی ناحیه‌ای از بدن که پرتوگیری کرده است، متوسط‌گیری می‌شود. نحوه محاسبه متوسط‌گیری مکانی در یادآوری‌های ۶ الی ۸ ارائه شده است. یادآوری ۵- در بازه بسامدهای ۱۰۰ kHz الی ۴۰۰ MHz و بازه زمانی $0 < t < 6$ دقیقه، محدودیتی نیاز نیست و حدود پرتوگیری کاربردی تعیین نشده است. یادآوری ۶- در بازه بسامدی $400 \text{ MHz} < f < 6 \text{ GHz}$: الف) در میدان دور، بیشینه مکانی کمیت U_{inc} در قسمتی از بدن که پرتوگیری کرده است باید کمتر از حدود پرتوگیری ارائه‌شده در این جدول باشد. در این ناحیه U_{eq} می‌تواند جایگزین U_{inc} شود. ب) در ناحیه میدان نزدیک میانگین کمیت U_{inc} در یک مربع به مساحت 4 cm^2 از قسمتی از بدن که پرتوگیری کرده است، باید کمتر از حدود پرتوگیری ارائه‌شده در این جدول باشد. یادآوری ۷- در بازه بسامدی $6 \text{ GHz} < f < 300 \text{ GHz}$: الف) در میدان دور کمیت U_{inc} در یک مربع به مساحت 4 cm^2 از قسمتی از بدن که پرتوگیری کرده است متوسط‌گیری می‌شود، این مقدار باید کمتر از حدود پرتوگیری ارائه‌شده در این جدول باشد. یادآوری ۸- برای بسامدهای $30 \text{ GHz} < f < 300 \text{ GHz}$، میانگین پرتوگیری در یک مربع به مساحت 1 cm^2، از قسمتی از بدن که پرتوگیری کرده است، برای پرتوگیری شغلی باید کمتر از مقدار $\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2} \left[0.125 + 0.195 \times (t/360)^{1/5} \right] \times 275/f_G^{-1/77} \times 0.72$ و برای پرتوگیری مردم کمتر از مقدار $\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2} \left[0.125 + 0.195 \times (t/360)^{1/5} \right] \times 55/f_G^{-1/77} \times 0.72$ باشد.		



شکل ۷- سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) شغلی در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz



شکل ۸- سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) مردم در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz

جدول ۱۰- حدود پرتوگیری موضعی در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۱۰ MHz برای مقادیر بیشینه لحظه‌ای

نوع پرتوگیری	محدوده بسامد؛ f	شدت میدان الکتریکی فرودی؛ E_{inc} V/m	شدت میدان مغناطیسی فرودی؛ H_{inc} A/m
شغلی	۱۰۰ kHz – ۱۰ MHz	۱۷۰	۸۰
مردم	۱۰۰ kHz – ۱۰ MHz	۸۳	۲۱

یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منبع ۲ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.

یادآوری ۲- در هر دو ناحیه میدان نزدیک و میدان دور، بیشینه مکانی هر دو کمیت E_{inc} و H_{inc} در قسمتی از بدن که پرتوگیری کرده است، باید از حدود پرتوگیری ارائه‌شده در این جدول کمتر باشد.

۳-۵ حدود جریان‌های تماسی و القایی شغلی و مردم

در جدول ۱۱ حدود جریان القایی برای دست‌ها و پاها در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz تا ۱۱۰ MHz نشان داده شده است.

جدول ۱۱- حدود جریان القایی برای دست‌ها و پاها، در محدوده بسامدهای ۱۰۰ kHz ۱۱۰ MHz

نوع پرتوگیری	محدوده بسامد؛ f	شدت جریان الکتریکی I؛ mA
شغلی	۱۰۰ kHz – ۱۱۰ MHz	۱۰۰
مردم	۱۰۰ kHz – ۱۱۰ MHz	۴۵

یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منبع ۲ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.

یادآوری ۲- مقادیر شدت جریان باید از طریق متوسط‌گیری از مقادیر مربع مربوطه (rms) در هر بازه زمانی ۶ دقیقه تعیین شود.

یادآوری ۳- شدت جریان دست‌ها و پاها باید به طور جداگانه برای هر کدام از آن‌ها سنجیده شود.

یادآوری ۴- حدود پرتوگیری برای جریان دست‌ها و پاها در بسامدهای دیگر تعیین نشده است.

یادآوری ۵- رعایت حدود پرتوگیری جریان دست و پاها تنها در صورتی که بدن انسان از نظر الکتریکی از سطح زمین جدا (ایزوله) نشده باشد، ضروری است.

حدود جریان تماسی برای پرتوگیری مردم و شغلی تا بسامد ۱۰۰ kHz در جدول ۱۲ نشان داده شده است. این حدود باید برای مردان بالغ رعایت شود. حدود جریان تماسی برای کودکان نصف و برای زنان بالغ دوسوم حدود تعیین شده برای مردان بالغ در جدول ۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۱۲- حدود جریان تماسی مردم و شغلی تا بسامد ۱۰۰ کیلوهرتز

نوع پرتوگیری	محدوده بسامد (f)	بیشینه جریان تماسی I mA
شغلی	۰ - ۲/۵ kHz	۱
	۲/۵ kHz - ۱۰۰ kHz	$0.4 \times f$
مردم	۰ - ۲/۵ kHz	۰.۵
	۲/۵ kHz - ۱۰۰ kHz	$0.2 \times f$
یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منبع ۱ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است. یادآوری ۲- حد جریان تماسی برای کودکان نصف و برای زنان بالغ دوسوم حدود داده شده برای مردان بالغ (در همین جدول) است. یادآوری ۳- بسامد f بر حسب kHz می‌باشد.		

۴-۵ پرتوگیری هم‌زمان از میدان‌های الکترومغناطیسی با چند بسامد مختلف

برای پرتوگیری هم‌زمان از چند میدان با بسامدهای مختلف، اثر آن‌ها جمع‌پذیر است. جمع‌پذیری باید برای اثرات حرارتی و تحریک الکتریکی و حدود پایه مربوطه جداگانه رعایت شود. بندهای بعدی برای بسامدهای مختلف در شرایط عملی پرتوگیری به کار می‌روند.

۱-۴-۵ کمیت‌های پایه

۱-۱-۴-۵ کمیت‌های پایه برای بسامدهای تا ۱۰ MHz و اثرات ناشی از تحریک‌های الکتریکی

کمیت پایه برای بسامدهای تا ۱۰ MHz، شدت میدان الکتریکی داخل بدن است که باید مطابق با فرمول زیر جمع شوند و مقدار کل کمتر از یک باشد.

$$\sum_{i=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} \leq 1 \quad (27)$$

که در آن:

E_i شدت میدان الکتریکی داخل بدن بر حسب ولت بر متر (V/m) در بسامد i ؛

$E_{L,i}$ حد شدت میدان الکتریکی بر حسب ولت بر متر (V/m) در بسامد i است که در جدول ۳ نشان داده شده است.

۲-۱-۴-۵ کمیت‌های پایه برای بسامدهای بیشتر از ۱۰۰ kHz و بازه‌های زمانی بزرگتر یا مساوی با ۶ دقیقه

برای پرتوگیری، کمیت SAR باید مطابق با فرمول زیر جمع شود و مقدار کل از یک کمتر باشد.

$$\sum_{i=100\text{kHz}}^{300\text{GHz}} \frac{SAR_i}{SAR_{BR}} \leq 1 \quad (28)$$

که در آن:

SAR_i عبارت است از متوسط SAR تمام بدن حاصل از پرتوگیری در بسامد i . مقدار آن برحسب وات بر کیلوگرم (W/kg) می باشد؛

SAR_{BR} حد SAR متوسط تمام بدن برحسب وات بر کیلوگرم (W/kg) می باشد که در جدول ۴ نشان داده شده است.

برای پرتوگیری های موضعی، کمیت های SAR موضعی و S_{ab} موضعی، باید مطابق با فرمول زیر جمع شوند و مقدار کل از یک کمتر باشد.

$$\sum_{i=100\text{kHz}}^{6\text{GHz}} \frac{SAR_i}{SAR_{BR}} + \sum_{i>6\text{GHz}}^{30\text{GHz}} \frac{S_{ab,4cm,i}}{S_{ab,4cm,BR}} + \sum_{i>30\text{GHz}}^{300\text{GHz}} \text{MAX} \left\{ \left(\frac{S_{ab,4cm,i}}{S_{ab,4cm,BR}} \right), \left(\frac{S_{ab,1cm,i}}{S_{ab,1cm,BR}} \right) \right\} \leq 1 \quad (29)$$

که در آن:

SAR_i عبارت است از SAR موضعی حاصل از پرتوگیری در بسامد i ، مقدار آن برحسب وات بر کیلوگرم (W/kg) می باشد؛

SAR_{BR} حد SAR موضعی برحسب وات بر کیلوگرم (W/kg) می باشد که در جدول ۴ نشان داده شده است؛

$S_{ab,4cm,i}$ چگالی توان جذب شده در 4 cm^2 از بدن، حاصل از پرتوگیری در بسامد i ، و مقدار آن برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) است؛

$S_{ab,4cm,BR}$ حد چگالی توان جذب شده در 4 cm^2 از بدن برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) است که در جدول ۴ نشان داده شده است؛

$S_{ab,1cm,i}$ چگالی توان جذب شده در 1 cm^2 از بدن، حاصل از پرتوگیری در بسامد i است و مقدار آن برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) است؛

$S_{ab,1cm,BR}$ حد چگالی توان جذب شده در 1 cm^2 از بدن برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) است که در جدول ۴ نشان داده شده است؛

در داخل بدن، S_{ab} صفر در نظر گرفته می شود.

هنگام ارزیابی مجموع SAR و S_{ab} روی بدن، مختصات مرکز فضای میانگین گیری SAR در بدن، (x,y,z) در نظر گرفته می شود به گونه ای که صفحه (x,y) موازی با سطح بدن ($z=0$) و $z=-1/0.8 \text{ cm}$ (تقریباً نصف طول مکعب ۱۰ گرمی) باشد؛ مختصات مرکز سطح میانگین گیری S_{ab} ، $(x,y,z=0)$ در نظر گرفته می شود. فرمول ۲۹ باید برای هر جایی از بدن برقرار باشد.

۵-۴-۱-۳ کمیت‌های پایه برای بسامدهای بیشتر از ۱۰۰kHz و بازه‌های زمانی کمتر از ۶ دقیقه

برای پرتوگیری‌های موضعی، کمیت‌های SAR ، SA و U_{ab} باید مطابق با فرمول زیر جمع شوند و مقدار کل کمتر از یک باشد.

$$\sum_{i=100kHz}^{400MHz} \int_t \frac{SAR_i(t)}{360 \times SAR_{BR}} dt + \sum_{i>400MHz}^{6GHz} \frac{SA_i(t)}{SA_{BR}(t)} + \sum_{i>6GHz}^{30GHz} \frac{U_{ab,4cm,i}(t)}{U_{ab,4cm,BR}(t)} + \sum_{i>30GHz}^{300GHz} \text{MAX} \left\{ \left(\frac{U_{ab,4cm,i}(t)}{U_{ab,4cm,BR}(t)} \right), \left(\frac{U_{ab,1cm,i}(t)}{U_{ab,1cm,BR}(t)} \right) \right\} \leq 1 \quad (30)$$

که در آن:

$SA_{R_i}(t)$ عبارت است از SAR موضعی حاصل از پرتوگیری در بسامد i و در مدت زمان t . مقدار آن برحسب وات بر کیلوگرم (W/kg) می‌باشد؛

$SAR_{BR}(t)$ حد SAR موضعی حاصل از پرتوگیری در مدت زمان t ، برحسب وات بر کیلوگرم (W/kg) می‌باشد که در جدول ۵ نشان داده شده است؛

$SA_i(t)$ عبارت است از SA موضعی حاصل از پرتوگیری در مدت زمان t . مقدار آن برحسب ژول بر کیلوگرم (J/kg) می‌باشد؛

$SA_{BR}(t)$ حد SA موضعی حاصل از پرتوگیری در مدت زمان t برحسب ژول بر کیلوگرم (J/kg) می‌باشد که در جدول ۵ نشان داده شده است؛

$U_{ab,4cm,i}(t)$ عبارت است از چگالی انرژی جذب‌شده در 4 cm^2 از بدن، حاصل از پرتوگیری در بسامد i و در مدت زمان t . مقدار آن برحسب ژول بر متر مربع (J/m^2) است؛

$U_{ab,4cm,BR}(t)$ حد چگالی انرژی جذب‌شده در 4 cm^2 از بدن حاصل از پرتوگیری در مدت زمان t برحسب ژول بر متر مربع (J/m^2) است که در جدول ۵ نشان داده شده است؛

$U_{ab,1cm,i}(t)$ عبارت است از چگالی انرژی جذب‌شده در 1 cm^2 از بدن، حاصل از پرتوگیری در بسامد i و در مدت زمان t . مقدار آن برحسب ژول بر متر مربع (J/m^2) است؛

$U_{ab,1cm,BR}(t)$ حد چگالی انرژی جذب‌شده در 1 cm^2 از بدن حاصل از پرتوگیری در مدت زمان t برحسب ژول بر متر مربع (J/m^2) است که در جدول ۵ نشان داده شده است.

در داخل بدن، U_{ab} برابر صفر در نظر گرفته می‌شود.

هنگام ارزیابی مجموع SAR و/یا SA و U_{ab} روی سطح بدن، مختصات مرکز فضای میانگین‌گیری SAR و/یا SA در بدن، (x,y,z) در نظر گرفته می‌شود به‌گونه‌ای که صفحه (x,y) موازی با سطح بدن ($z=0$) و $z=-1/0.8 \text{ cm}$ (تقریباً نصف طول مکعب ۱۰ گرمی) باشد؛ مختصات مرکز سطح

میانگین گیری U_{ab} ، $(x,y,z=0)$ در نظر گرفته می‌شود. فرمول ۳۰ باید برای هر جایی از بدن برقرار باشد.

۵-۴-۲ سطوح مرجع (کمیت‌های کاربردی)

۵-۴-۲-۱ سطوح مرجع (کمیت‌های کاربردی) برای بسامدهای تا ۱۰۰ kHz و اثرات ناشی از تحریک‌های الکتریکی

کمیت‌های کاربردی، شدت میدان الکتریکی، شدت میدان مغناطیسی و چگالی توان در محیط هستند. برای کاربردهای عملی، معیارهای زیر برای حدود شدت میدان‌ها کمیت‌های کاربردی به کار می‌رود. برای پیشگیری از اثرات آسیب‌رسان چگالی جریان القاشده و تحریک الکتریکی، برای بسامدهای تا ۱۰۰ kHz، دو فرمول زیر برای سطوح مرجع (کمیت‌های کاربردی) به کار می‌رود:

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{100\text{kHz}} \frac{E_j}{E_{L,j}} \leq 1 \quad (31)$$

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{100\text{kHz}} \frac{H_j}{H_{L,j}} \leq 1 \quad (32)$$

که در آن‌ها:

E_j شدت میدان الکتریکی برحسب ولت بر متر (V/m) در بسامد j ؛

$E_{L,j}$ حد شدت میدان الکتریکی برحسب ولت بر متر (V/m) در بسامد j مطابق با جدول ۶؛

H_j شدت میدان مغناطیسی برحسب آمپر بر متر (A/m) در بسامد j ؛ و

$H_{L,j}$ حد شدت میدان مغناطیسی برحسب آمپر بر متر (A/m) در بسامد j مطابق با جدول ۶ هستند.

۵-۴-۲-۲ سطوح مرجع (کمیت‌های کاربردی) برای بسامدهای بیشتر از ۱۰۰ kHz و بازه‌های زمانی بزرگتر یا مساوی ۶ دقیقه

برای پرتوگیری تمام بدن، شدت میدان الکتریکی فرودی، شدت میدان مغناطیسی فرودی و چگالی توان فرودی باید مطابق فرمول زیر جمع شوند و مقدار کل از یک کمتر باشد.

$$\sum_{i=100\text{kHz}}^{30\text{MHz}} \left\{ \left(\frac{E_{inc,i}}{E_{inc,RL,i}} \right)^2 + \left(\frac{H_{inc,i}}{H_{inc,RL,i}} \right)^2 \right\} + \sum_{i>30\text{MHz}}^{2\text{GHz}} \text{MAX} \left\{ \left(\frac{E_{inc,i}}{E_{inc,RL,i}} \right)^2, \left(\frac{H_{inc,i}}{H_{inc,RL,i}} \right)^2, \left(\frac{S_{inc,i}}{S_{inc,RL,i}} \right)^2 \right\} + \sum_{i>2\text{GHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{S_{inc,i}}{S_{inc,RL,i}} \right)^2 \leq 1 \quad (33)$$

که در آن:

$E_{inc,i}$ عبارت است از میانگین شدت میدان الکتریکی فرودی روی تمام بدن حاصل از پرتوگیری در بسامد i . مقدار آن برحسب ولت بر متر (V/m) می‌باشد؛

$E_{inc,RL,i}$ حد میانگین شدت میدان الکتریکی فرودی روی تمام بدن در بسامد i برحسب ولت بر متر (V/m) می باشد که در جدول ۷ نشان داده شده است.

$H_{inc,i}$ میانگین شدت میدان مغناطیسی فرودی روی تمام بدن حاصل از پرتوگیری در بسامد i . مقدار آن برحسب آمپر بر متر (A/m) می باشد؛

$H_{inc,RL,i}$ حد میانگین شدت میدان مغناطیسی فرودی روی تمام بدن در بسامد i برحسب آمپر بر متر (A/m) می باشد که در جدول ۷ نشان داده شده است.

$S_{inc,i}$ میانگین چگالی توان فرودی روی تمام بدن حاصل از پرتوگیری در بسامد i . مقدار آن برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) می باشد؛

$S_{inc,RL,i}$ حد میانگین چگالی توان فرودی روی تمام بدن در بسامد i برحسب وات بر متر (W/m^2) می باشد که در جدول ۷ نشان داده شده است.

برای پرتوگیری موضعی شدت میدان الکتریکی فرودی، شدت میدان مغناطیسی فرودی و چگالی توان فرودی باید مطابق فرمول زیر جمع شوند و مقدار کل از یک کمتر باشد.

$$\sum_{i=100kHz}^{30MHz} MAX \left\{ \left(\frac{E_{inc,i}}{E_{inc,RL,i}} \right)^2, \left(\frac{H_{inc,i}}{H_{inc,RL,i}} \right)^2 \right\} + \sum_{i>30MHz}^{2GHz} MAX \left\{ \left(\frac{E_{inc,i}}{E_{inc,RL,i}} \right)^2, \left(\frac{H_{inc,i}}{H_{inc,RL,i}} \right)^2, \left(\frac{S_{inc,i}}{S_{inc,RL,i}} \right) \right\} + \sum_{i>2GHz}^{6GHz} \left(\frac{S_{inc,i}}{S_{inc,RL,i}} \right) + \sum_{i>6GHz}^{30GHz} \left(\frac{S_{inc,4cm,i}}{S_{inc,4cm,RL,i}} \right) + \sum_{i>30GHz}^{300GHz} MAX \left\{ \left(\frac{S_{inc,4cm,i}}{S_{inc,4cm,RL,i}} \right), \left(\frac{S_{inc,1cm,i}}{S_{inc,1cm,RL,i}} \right) \right\} \leq 1 \quad (34)$$

که در آن:

$E_{inc,i}$ عبارت است از شدت میدان الکتریکی فرودی موضعی حاصل از پرتوگیری در بسامد i . مقدار آن برحسب ولت بر متر (V/m) می باشد؛

$E_{inc,RL,i}$ حد شدت میدان الکتریکی فرودی موضعی در بسامد i برحسب ولت بر متر (V/m) می باشد که در جدول ۸ نشان داده شده است.

$H_{inc,i}$ شدت میدان مغناطیسی فرودی موضعی حاصل از پرتوگیری در بسامد i . مقدار آن برحسب آمپر بر متر (A/m) می باشد؛

$H_{inc,RL,i}$ حد شدت میدان مغناطیسی فرودی موضعی در بسامد i برحسب آمپر بر متر (A/m) می باشد که در جدول ۸ نشان داده شده است.

$S_{inc,i}$ چگالی توان فرودی موضعی حاصل از پرتوگیری در بسامد i . مقدار آن برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) می باشد؛

$S_{inc,RL,i}$ حد چگالی توان فرودی موضعی در بسامد i برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) می باشد که در جدول ۸ نشان داده شده است.

$S_{inc,4cm,i}$ چگالی توان فرودی بر 4 cm^2 از ناحیه تحت پرتوگیری در بسامد i . مقدار آن برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) است.

$S_{inc,4cm,RL,i}$ حد چگالی توان فرودی بر 4 cm^2 از ناحیه تحت پرتوگیری در بسامد i برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) است که در جدول ۸ نشان داده شده است؛

$S_{inc,1cm,i}$ چگالی توان فرودی بر 1 cm^2 از ناحیه تحت پرتوگیری در بسامد i . مقدار آن برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) است.

$S_{inc,1cm,RL,i}$ حد چگالی توان فرودی بر 1 cm^2 از ناحیه تحت پرتوگیری در بسامد i برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) است که در جدول ۸ نشان داده شده است.

در داخل بدن، در بسامدهای بالاتر از 6 GHz ، S_{inc} صفر در نظر گرفته می‌شود فرمول ۳۴ باید برای هر جایی از بدن برقرار باشد.

۳-۲-۴-۵ سطوح مرجع (کمیت‌های کاربردی) برای بسامدهای بیشتر از 100 kHz و بازه‌های زمانی کمتر از ۶ دقیقه

برای پرتوگیری موضعی شدت میدان الکتریکی فرودی، شدت میدان مغناطیسی فرودی، چگالی توان فرودی و چگالی انرژی فرودی باید مطابق فرمول زیر جمع شوند و مقدار کل از یک کمتر باشد.

$$\begin{aligned} & \sum_{i>100\text{kHz}}^{30\text{MHz}} \text{MAX} \left\{ \left(\int_t \frac{E_{inc,i}^2(t)}{360 \times E_{inc,RL,i}^2} dt \right), \left(\int_t \frac{H_{inc,i}^2(t)}{360 \times H_{inc,RL,i}^2} dt \right) \right\} + \\ & \sum_{i>30\text{MHz}}^{400\text{MHz}} \text{MAX} \left\{ \left(\int_t \frac{E_{inc,i}^2(t)}{360 \times E_{inc,RL,i}^2} dt \right), \left(\int_t \frac{H_{inc,i}^2(t)}{360 \times H_{inc,RL,i}^2} dt \right), \left(\int_t \frac{S_{inc,i}(t)}{360 \times S_{inc,RL,i}} dt \right) \right\} + \quad (35) \\ & \sum_{i>400\text{MHz}}^{6\text{GHz}} \left(\frac{U_{inc,i}(t)}{U_{inc,RL}(t)} \right) + \sum_{i=6\text{GHz}}^{30\text{GHz}} \left(\frac{U_{inc,4cm,i}(t)}{U_{inc,4cm,RL,i}(t)} \right) + \sum_{i>30\text{GHz}}^{300\text{GHz}} \text{MAX} \left\{ \left(\frac{U_{inc,4cm,i}(t)}{U_{inc,4cm,RL,i}(t)} \right), \left(\frac{U_{inc,1cm,i}(t)}{U_{inc,1cm,RL,i}(t)} \right) \right\} \leq 1 \end{aligned}$$

$E_{inc,i}(t)$ عبارت است از شدت میدان الکتریکی فرودی موضعی حاصل از پرتوگیری در بسامد i و مدت زمان t که مقدار آن برحسب ولت بر متر (V/m) می‌باشد؛

$E_{inc,RL,i}(t)$ حد شدت میدان الکتریکی فرودی موضعی در بسامد i و مدت زمان t ، برحسب ولت بر متر (V/m)، که در جدول ۸ نشان داده شده است؛

$H_{inc,i}(t)$ شدت میدان مغناطیسی فرودی موضعی حاصل از پرتوگیری در بسامد i و در مدت زمان t که مقدار آن برحسب آمپر بر متر (A/m) می‌باشد؛

$H_{inc,RL,i}(t)$ حد شدت میدان مغناطیسی فرودی موضعی در بسامد i و مدت زمان t ، برحسب آمپر بر متر (A/m)، که در جدول ۸ نشان داده شده است؛

$S_{inc,i}(t)$ چگالی توان فرودی موضعی حاصل از پرتوگیری در بسامد i و در مدت زمان t که مقدار آن برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) می باشد؛

$S_{inc,RL,i}(t)$ حد چگالی توان فرودی موضعی در بسامد i و در مدت زمان t ، برحسب وات بر متر مربع، (W/m^2) که در جدول ۸ نشان داده شده است؛

$U_{inc,i}(t)$ چگالی انرژی فرودی موضعی حاصل از پرتوگیری در بسامد i و در مدت زمان t که مقدار آن برحسب ژول بر متر مربع (J/m^2) می باشد؛

$U_{inc,RL,i}(t)$ حد چگالی انرژی فرودی موضعی در بسامد i و در مدت زمان t ، برحسب ژول بر متر مربع (J/m^2) که در جدول ۹ نشان داده شده است؛

$U_{inc,4cm,i}(t)$ چگالی انرژی فرودی بر 4 cm^2 از ناحیه تحت پرتوگیری در بسامد i و در مدت زمان t مقدار آن برحسب ژول بر متر مربع (J/m^2) است؛

$U_{inc,4cm,RL}(t)$ حد چگالی انرژی فرودی بر 4 cm^2 از ناحیه تحت پرتوگیری در مدت زمان t مقدار آن برحسب ژول بر متر مربع (J/m^2)، که در جدول ۹ نشان داده شده است؛

$U_{inc,1cm,i}(t)$ چگالی انرژی فرودی بر 1 cm^2 از ناحیه تحت پرتوگیری در بسامد i و در مدت زمان t مقدار آن برحسب ژول بر متر مربع (J/m^2) است؛

$U_{inc,1cm,RL}(t)$ حد چگالی انرژی فرودی بر 1 cm^2 از ناحیه تحت پرتوگیری در مدت زمان t ، برحسب ژول بر متر مربع (J/m^2) است که در جدول ۹ نشان داده شده است؛

در داخل بدن، U_{inc} صفر در نظر گرفته می شود. فرمول ۳۵ باید برای هر جایی از بدن برقرار باشد.

۳-۴-۵ جریان های تماسی و القایی

در بسامدهای بالاتر از ۱۰۰ kHz برای جریان های القایی در دست و پا و در بسامدهای بالاتر از یک هرتز، برای جریان های تماسی حدود زیر اعمال می شود.

$$\sum_{k=100kHz}^{110MHz} \left(\frac{I_k}{I_{L,k}} \right)^2 \leq 1 \quad (36)$$

$$\sum_{n=1Hz}^{100kHz} \left(\frac{I_n}{I_{L,n}} \right)^2 \leq 1 \quad (37)$$

که در آن ها:

I_k جریان القایی در دست و پا برحسب میلی آمپر (mA) در بسامد k ؛

$I_{L,k}$ حد جریان القایی در دست و پا برحسب میلی آمپر (mA) در بسامد k مطابق با جدول ۱۱؛

I_n جریان تماسی برحسب میلی‌آمپر (mA) در بسامد n ؛ و

$I_{L,n}$ حد جریان تماسی برحسب میلی‌آمپر (mA) در بسامد n مطابق با جدول ۱۲ است.

۵-۵ حد میدان مغناطیسی مستقیم (DC) برای مردم و شاغلین

حدود پرتوگیری در میدان مغناطیسی مستقیم، برای مردم و کارکنان در جدول ۱۳ نشان داده شده است.

جدول ۱۳- حدود پرتوگیری مردم و شغلی در میدان مغناطیسی مستقیم

نوع پرتوگیری	مشخصات پرتوگیری	چگالی شار مغناطیسی	زیرنویس‌های مرتبط
مردم	در محل قرارگرفتن فرد (هر قسمت از بدن)	در هیچ نقطه‌ای نباید از ۴۰۰ میلی تسلا بیشتر شود.	۱،۲
شغلی	در محل قرارگرفتن سر و تنه	در هیچ نقطه‌ای نباید از ۲ تسلا بیشتر شود.	۲
	در محل قرارگرفتن دست و پا	در هیچ نقطه‌ای نباید از ۸ تسلا بیشتر شود.	
یادآوری - مقادیر این جدول از منبع ۴ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.			
۱- اشخاصی که در بدنشان وسایل پزشکی الکترونیکی و یا کاشتنی‌های حاوی مواد فرومغناطیسی قرار داده شده است، نباید در میدان مغناطیسی قوی‌تر از ۰/۵ میلی تسلا قرار گیرند.			
۲- در محیط‌هایی که خطر پرت‌شدن اشیاء در اثر میدان مغناطیسی ثابت وجود دارد، چگالی شار مغناطیسی نباید بیشتر از ۰/۵ میلی تسلا شود.			

۵-۶ حدود پرتوگیری با پرتوهای فرابنفش (منابع غیرلیزری)

به‌منظور پیشگیری از آسیب چشم و یا پوست در اثر پرتوگیری با پرتوهای فرابنفش، در پرتوگیری شغلی و/یا پرتوگیری مردم، دُز تابشی مؤثر در هر بازه زمانی ۸ ساعته، نباید از 30 J/m^2 بیشتر شود. در صورتی که شدت تابش مؤثر مقدار ثابتی است، بیشینه مدت زمان مجاز پرتوگیری با پرتوهای فرابنفش در هر دوره ۸ ساعته از فرمول زیر به‌دست می‌آید.

$$E_{eff} \times t \leq 30 \text{ J/m}^2 \quad (38)$$

که در آن:

E_{eff} شدت تابش مؤثر (در محل قرارگرفتن شخص) برحسب وات بر متر مربع (W/m^2)؛

t مدت زمان پرتوگیری برحسب ثانیه (s)؛ و 30 J/m^2 حد دز تابشی مؤثر در هر دوره ۸ ساعته است.

در جدول ۱۴، حدود دز تابشی در هر دوره ۸ ساعته و ضرایب تأثیر نسبی پرتوهای فرابنفش در طول موج‌های مختلف بر بدن انسان آمده است.

همچنین لازم است که در طول موج‌های ۳۱۵ nm تا ۴۰۰ nm علاوه بر رعایت حد دز تابشی مؤثر، دز تابشی (منظور انرژی جذب شده نیست) پرتو فرابنفش در محل چشم در هر دوره ۸ ساعته کمتر از 10^4 J/m^2 باشد.

جدول ۱۴- حدود دز تابشی در هر دوره ۸ ساعته و ضرایب تأثیر نسبی پرتوهای فرابنفش در طول موج‌های مختلف بر بدن انسان

ردیف	طول موج Nm	ضریب نسبی تأثیر (S_λ)	حد دز تابشی در ۸ ساعت J/m^2
۱	۱۸۰	۰/۰۱۲	۲۵۰۰
۲	۱۹۰	۰/۰۱۹	۱۶۰۰
۳	۲۰۰	۰/۰۳۰	۱۰۰۰
۴	۲۰۵	۰/۰۵۱	۵۹۰
۵	۲۱۰	۰/۰۷۵	۴۰۰
۶	۲۱۵	۰/۰۹۵	۳۲۰
۷	۲۲۰	۰/۱۲۰	۲۵۰
۸	۲۲۵	۰/۱۵۰	۲۰۰
۹	۲۳۰	۰/۱۹۰	۱۶۰
۱۰	۲۳۵	۰/۲۴۰	۱۳۰
۱۱	۲۴۰	۰/۳۰۰	۱۰۰
۱۲	۲۴۵	۰/۳۶۰	۸۳
۱۳	۲۵۰	۰/۴۳۰	۷۰
۱۴	۲۵۴	۰/۵۰۰	۶۰
۱۵	۲۵۵	۰/۵۲۰	۵۸
۱۶	۲۶۰	۰/۶۵۰	۴۶
۱۷	۲۶۵	۰/۸۱۰	۳۷
۱۸	۲۷۰	۱/۰۰۰	۳۰
۱۹	۲۷۵	۰/۹۶۰	۳۱
۲۰	۲۸۰	۰/۸۸۰	۳۴
۲۱	۲۸۵	۰/۷۷۰	۳۹
۲۲	۲۹۰	۰/۶۴۰	۴۷
۲۳	۲۹۵	۰/۵۴۰	۵۶
۲۴	۲۹۷	۰/۴۶۰	۶۵
۲۵	۳۰۰	۰/۳۰۰	۱۰۰

ادامه جدول ۱۴- حدود دز تابشی در هر دوره ۸ ساعته و ضرایب تأثیر نسبی پرتوهای فرابنفش در طول موج‌های مختلف بر بدن انسان

ردیف	طول موج Nm	ضریب نسبی تأثیر (S _λ)	حد دز تابشی در ۸ ساعت J/m ^۲
۲۶	۳۰۳	۰/۱۲۰	۲۵۰
۲۷	۳۰۵	۰/۰۶۰	۵۰۰
۲۸	۳۰۸	۰/۰۲۶	۱۲۰۰
۲۹	۳۱۰	۰/۰۱۵	۲۰۰۰
۳۰	۳۱۳	۰/۰۰۶	۵۰۰۰
۳۱	۳۱۵	۰/۰۰۳	۱۰۰۰۰
۳۲	۳۱۶	۰/۰۰۲۴	۱۳۰۰۰
۳۳	۳۱۷	۰/۰۰۲۰	۱۵۰۰۰
۳۴	۳۱۸	۰/۰۰۱۶	۱۹۰۰۰
۳۵	۳۱۹	۰/۰۰۱۲	۲۵۰۰۰
۳۶	۳۲۰	۰/۰۰۱۰	۲۹۰۰۰
۳۷	۳۲۲	۰/۰۰۰۶۷	۴۵۰۰۰
۳۸	۳۲۳	۰/۰۰۰۵۴	۵۶۰۰۰
۳۹	۳۲۵	۰/۰۰۰۵۰	۶۰۰۰۰
۴۰	۳۲۸	۰/۰۰۰۴۰	۶۸۰۰۰
۴۲	۳۳۰	۰/۰۰۰۴۱	۷۳۰۰۰
۴۲	۳۳۳	۰/۰۰۰۳۷	۸۱۰۰۰
۴۳	۳۳۵	۰/۰۰۰۳۴	۸۸۰۰۰
۴۴	۳۴۰	۰/۰۰۰۲۸	۱۱۰۰۰۰
۴۵	۳۴۵	۰/۰۰۰۲۴	۱۳۰۰۰۰
۴۶	۳۵۰	۰/۰۰۰۲۰	۱۵۰۰۰۰
۴۷	۳۵۵	۰/۰۰۰۱۶	۱۹۰۰۰۰
۴۸	۳۶۰	۰/۰۰۰۱۳	۳۰۰۰۰
۴۹	۳۶۵	۰/۰۰۰۱۱	۲۷۰۰۰۰
۵۰	۳۷۰	۰/۰۰۰۰۹۳	۳۲۰۰۰۰
۵۱	۳۷۵	۰/۰۰۰۰۷۷	۳۹۰۰۰۰
۵۲	۳۸۰	۰/۰۰۰۰۶۴	۴۷۰۰۰۰
۵۳	۳۸۵	۰/۰۰۰۰۵۳	۵۷۰۰۰۰
۵۴	۳۹۰	۰/۰۰۰۰۴۴	۶۸۰۰۰۰

ادامه جدول ۱۴- حدود دز تابشی در هر دوره ۸ ساعته و ضرایب تأثیر نسبی پرتوهای فرابنفش در طول موج‌های مختلف بر بدن انسان

ردیف	طول موج Nm	ضریب نسبی تأثیر (S_λ)	حد دز تابشی در ۸ ساعت J/m^2
۵۵	۳۹۵	۰٫۰۰۰۰۳۶	۸۳۰۰۰۰
۵۶	۴۰۰	۰٫۰۰۰۰۳۰	۱۰۰۰۰۰۰

یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منبع ۵ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.

یادآوری ۲- حد پرتو دریافتی در یک دوره ۸ ساعته، مربوط به مواردی است که پرتو فرابنفش مستقیماً به سطح پوست یا چشم بتابد.

یادآوری ۳- حد پرتوهای فرابنفش دریافتی، برای شاغلین در نظر گرفته شده است ولی با احتیاط برای مردم نیز قابل استفاده است اما امکان دارد که افرادی که نسبت به پرتو فرابنفش بسیار حساس هستند، در این شرایط آسیب ببینند. حد فوق برای افراد معمولی در نظر گرفته شده است و نه افراد حساس.

یادآوری ۴- اندازه شدت پرتو برای به‌دست آوردن پرتو دریافتی، باید با دستگاه اندازه‌گیری با پاسخ زاویه‌ای کسینوسی صورت گیرد.

یادآوری ۵- مقدار S_λ در طول موج‌هایی که در جدول ذکر نشده است توسط فرمول‌های زیر محاسبه می‌شود.

$$210 \leq \lambda \leq 270 \text{ nm}; S_\lambda = 0.959^{(270-\lambda)} \quad (39)$$

$$270 < \lambda \leq 300 \text{ nm}; S_\lambda = 1 - 0.36 \left(\frac{\lambda - 270}{20} \right)^{1.64} \quad (40)$$

$$300 < \lambda \leq 400 \text{ nm}; S_\lambda = 0.3 \times 0.736^{(\lambda-300)} + 10^{(2-0.0163\lambda)} \quad (41)$$

۷-۵ حدود پرتوگیری با پرتوهای مرئی و فروسرخ (منابع غیرلیزری)

به‌منظور جلوگیری از خطرات پرتوهای مرئی و فروسرخ (غیرلیزری) برای چشم، لازم است زیربندهای ۱-۷-۵ تا ۴-۷-۵ این استاندارد هم‌زمان رعایت شود.

۱-۷-۵ حد پرتوگیری بر اساس تأثیر گرمایی نور بر شبکه (۳۸۰ nm تا ۱۴۰۰ nm)

برای بررسی اثرات گرمایی نور بر شبکه چشم، از فرمول‌های زیر استفاده می‌شود:

- تابندگی مؤثر^۱ شبکه (L_R)

تابندگی مؤثر شبکه با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$L_R = \sum_{\lambda=380}^{1400} L_\lambda \times R_\lambda \times \Delta\lambda \quad (42)$$

که در آن:

λ طول موج‌هایی است که در آن طول موج‌ها L_λ اندازه‌گیری می‌شود. λ برحسب نانومتر (nm) است و در محدوده ۳۸۰ nm تا ۱۴۰۰ nm قرار دارد؛

L_λ تابندگی در طول موج λ برحسب وات بر متر مربع بر استرادیان بر نانومتر ($W/m^2.Sr.nm$)؛

R_λ ضریب خطرناکی طول موج برای شبکه به لحاظ گرمایی است و با در نظر گرفتن حساسیت شبکه به گرما در طول موج‌های مختلف تعیین می‌شود. این کمیت بدون یکا است و مقادیر آن در جدول ۱۸ نشان داده شده است؛

$\Delta\lambda$ فاصله دو طول موج متوالی است که L_λ در آن دو طول موج اندازه‌گیری می‌شود و یکای آن نانومتر (nm) است. در نواحی که تغییرات R_λ سریع است باید $\Delta\lambda$ کوچک‌تر انتخاب شود.

یادآوری- یکای تابندگی مؤثر در دستگاه بین‌المللی یکاها، وات بر متر مربع بر استرادیان ($W/m^2.Sr$) است.

- دز تابندگی مؤثر^۱ شبکه (D_R)

دز تابندگی مؤثر، انتگرال تابندگی مؤثر در مدت زمان پرتوگیری است و از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$D_R = \int_{t_1} L_R(t) dt \quad (43)$$

که در آن:

D_R دز تابندگی مؤثر بر حسب ژول بر متر مربع بر استرادیان ($J/m^2.Sr$)؛

$L_R(t)$ تابندگی مؤثر در لحظه t بر حسب وات بر متر مربع بر استرادیان ($W/m^2.Sr$)؛ و

t_1 مدت زمان پرتوگیری بر حسب ثانیه (s) است.

چنانچه تابندگی مؤثر در مدت پرتوگیری ثابت باشد، دز تابندگی مؤثر از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$D_R = L_R \times t_1 \quad (44)$$

که در آن، L_R تابندگی مؤثر بر حسب وات بر متر مربع بر استرادیان ($W/m^2.Sr$) است.

به منظور جلوگیری از آسیب‌های شبکه ناشی از گرمای پرتوهای نور مرئی و فروسرخ، حدود ارائه شده در جدول ۱۵ باید برای تابندگی مؤثر و یا دز تابندگی مؤثر رعایت شود. این حدود به طول موج، زاویه دید و زمان پرتوگیری بستگی دارد.

جدول ۱۵- حد تابندگی مؤثر و دز تابندگی مؤثر بر اساس تاثیر گرمایی نور بر شبکه

حدود پرتوگیری			مدت پرتوگیری، t S	زاویه دید چشمه
زیرنویس‌های مرتبط	دز تابندگی مؤثر (D _R) J/m ^۲ . Sr	تابندگی مؤثر (L _R) W/m ^۲ . Sr		
۱.۲	۴۲۰	-	$t < 1 \times 10^{-6}$	کوچک $\alpha < \alpha_{min}$
۱.۲.۳	$1,3 \times 10^7 \times t^{-0.75}$	$1,3 \times 10^7 \times t^{-0.75}$	$1 \times 10^{-6} \leq t < 0.25$	
۲.۴	-	$1,9 \times 10^7$	$t \geq 0.25$	
۱.۲.۳	$0.63 \times \alpha^{-1}$	-	$t < 1 \times 10^{-6}$	متوسط $\alpha_{min} \leq \alpha < \alpha_{max}$
۴.۵، ۱.۲.۳	$2,0 \times 10^4 \times \alpha^{-1} \times t^{-0.75}$	$2,0 \times 10^4 \times \alpha^{-1} \times t^{-0.75}$	$1 \times 10^{-6} \leq t < 0.25$	
۱.۲.۳	$0.71 \times 10^4 \times \alpha^{-1}$	$2,8 \times 10^4 \times \alpha^{-1}$	$t \geq 0.25$	
۳.۵	۱۳۰	-	$t < 1 \times 10^{-6}$	بزرگ $\alpha \geq \alpha_{max}$
۱.۵.۶	$4,0 \times 10^6 \times t^{-0.75}$	-	$1 \times 10^{-6} \leq t < 625 \times 10^{-6}$	
۱.۵.۶	$10 \times 10^4 \times t^{-0.75}$	-	$625 \times 10^{-6} \leq t < 0.25$	
۴.۵	-	$2,8 \times 10^5$	$t \geq 0.25$	

یادآوری- مقادیر این جدول از منبع ۶ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.

- ۱- برای محاسبه حدود پرتوگیری، D_R^{EL}, L_R^{EL} باید t برحسب ثانیه و α برحسب رادیان باشد.
- ۲- مقدار $\alpha_{min} = 0.015$ رادیان است. اگر $\alpha \leq \alpha_{min}$ باشد، برای محاسبه حد پرتوگیری به جای α مقدار α_{min} را بگذارید.
- ۳- اگر $s < 10^{-6}$ باشد، برای محاسبه حد دز تابندگی مؤثر D_R^{EL} ، به جای t مقدار $s \times 10^{-6}$ را بگذارید.
- ۴- اگر $s > 0.25$ باشد، برای محاسبه حد تابندگی مؤثر، به جای t مقدار s را بگذارید.
- ۵- برای $s \times 10^{-6} \leq t < 625 \times 10^{-6}$ ، $\alpha_{max} = 0.05$ rad، اگر $s \times 10^{-6} \leq t < 0.25$ باشد، $\alpha_{max} = 0.2 \times t^{0.5}$ است. اگر $t \geq 0.25$ باشد، $\alpha_{max} = 0.1$ rad است.
- ۶- اگر $\alpha_{max} < 0.1$ rad باشد، α_{max} از آنگاه $\alpha = \alpha_{max}$ است.

۵-۷-۲ پرتوگیری شبکه با منبع فروسرخ دارای نور مرئی ضعیف

چنانچه پرتوگیری شبکه از یک منبع فروسرخ گرمایی یا هر منبع فروسرخ نزدیک که نور مرئی قابل توجهی ندارد، روی دهد و مدت زمان پرتوگیری از $s \times 0.25$ بیشتر باشد، تابندگی مؤثر، L_R نباید از حدود به‌دست آمده مطابق با فرمول‌های زیر بیشتر شود:

اگر $s \times 0.25 < t < 100$ باشد:

$$L_{WVS}^{EL} = 2 \times \alpha^{-1} \times t^{-0.25} \times 10^4 \quad (45)$$

و اگر $s \times 100 \leq t$ باشد:

$$L_{WVS}^{EL} = 0.63 \times \alpha^{-1} \quad (46)$$

که در آن:

L_{WVS}^{EL} حد تابندگی مؤثر برای منابع فروسرخ نزدیک (۷۸۰ nm تا ۱۴۰۰ nm) با نور مرئی ناچیز، برحسب وات بر متر مربع بر استرادیان ($W/m^2.Sr$)

α زاویه دید منبع برحسب رادیان (rad)؛ و

t مدت زمان پرتوگیری برحسب ثانیه (s) است.

در شرایطی که وضعیت تابشی منبع یکنواخت نیست و نقاط داغ دارد، تابندگی روی زاویه $\gamma = 11 \text{ mrad}$ باید میانگین‌گیری شود و در این شرایط مقدار α برای تعیین حد پرتوگیری، نباید کمتر از 11 mrad باشد.

۳-۷-۵ حد پرتوگیری براساس تأثیر فتوشیمیایی نور بر چشم (۷۰۰ nm – ۳۰۰ nm)

به‌منظور جلوگیری از آسیب‌های شبکیه ناشی از اثرات فتوشیمیایی نور آبی، حدود ارائه‌شده در جدول ۱۷ باید براساس شرایط رؤیت منبع و مدت‌زمان پرتوگیری شبکیه برای تابندگی مؤثر، دز تابندگی مؤثر، شدت تابش مؤثر و دز تابشی مؤثر رعایت شود. این حدود به طول‌موج، زاویه دید و زمان پرتوگیری بستگی دارد. برای بررسی اثرات فتوشیمیایی نور بر چشم، از فرمول‌های زیر استفاده می‌شود.

- شدت تابش مؤثر (E_B)

$$E_B = \sum_{\lambda=300}^{700} E_{\lambda} \times B_{\lambda} \times \Delta\lambda \quad (47)$$

که در آن:

E_{λ} شدت تابش پرتو در طول‌موج λ برحسب وات بر متر مربع بر نانومتر ($W/m^2.nm$).

B_{λ} ضریب نسبی تأثیر فتوشیمیایی پرتو در طول‌موج‌های مختلف بر چشم، این ضریب واحد ندارد؛ و

$\Delta\lambda$ فاصله دو طول‌موج متوالی که B_{λ} در آن دو طول‌موج اندازه‌گیری می‌شود. یکای $\Delta\lambda$ نانومتر (nm) است.

یادآوری- یکای شدت تابش مؤثر در دستگاه بین‌المللی یکاها، وات بر متر مربع (W/m^2) است.

- دز تابشی مؤثر (H_B)

$$H_B = \int_{t_1} E_B(t) dt \quad (48)$$

اگر E_B در مدت پرتوگیری ثابت باشد، فرمول فوق به شکل زیر ساده می‌شود:

$$H_B = E_B \times t_1 \quad (49)$$

در دو فرمول فوق:

E_B شدت تابش مؤثر برحسب وات بر متر مربع (W/m^2) و

t_1 مدت زمان پرتوگیری برحسب ثانیه (s) است.

یادآوری- یکای دز تابشی مؤثر در دستگاه بین‌المللی یکاها، ژول بر متر مربع (J/m^2) است.

- تابندگی مؤثر (L_B)

$$L_B = \sum_{\lambda=300}^{700} L_{\lambda} \times B_{\lambda} \times \Delta\lambda \quad (50)$$

که در آن:

L_{λ} تابندگی در طول موج λ برحسب وات بر متر مربع بر استرادیان بر نانومتر ($W/m^2.Sr$) است؛

B_{λ} ضریب تأثیر فتوشیمیایی نور با طول موج λ بر چشم؛ این ضریب بدون یکا است؛ و

$\Delta\lambda$ اختلاف دو طول موج متوالی است که L_{λ} در آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود و یکای آن نانومتر (nm) است.

یادآوری- یکای تابندگی مؤثر در دستگاه بین‌المللی یکاها، وات بر متر مربع بر استرادیان ($W/m^2.Sr$) است.

- دز تابندگی مؤثر (D_B)

$$D_B = \int_{t_1} L_B(t) dt \quad (51)$$

اگر در مدت پرتوگیری L_B ثابت باشد، فرمول فوق به شکل ساده زیر خواهد شد:

$$D_B = L_B \times t_1 \quad (52)$$

در دو فرمول بالا:

L_B تابندگی مؤثر برحسب وات بر متر مربع بر استرادیان ($W/m^2.Sr$)؛ و

t_1 مدت زمان پرتوگیری برحسب ثانیه (s) است.

یادآوری- یکای دز تابندگی مؤثر در دستگاه بین‌المللی یکاها، ژول بر متر مربع بر استرادیان ($J/m^2.Sr$) است.

تابندگی باید روی زاویه فضایی γ_{ph} میانگین‌گیری شود. مقدار قابل قبول γ_{ph} تابعی از زمان است که در جدول ۱۶ نشان داده شده است.

در جدول ۱۸ ضرایب تأثیر فتوشیمیایی A_{λ} و B_{λ} در طول موج‌های مختلف بر چشم انسان و نیز ضرایب خطرناکی طول موج برای شبکه R_{λ} نشان داده شده است.

یادآوری- در پرتوگیری کودکان زیر ۲ سال و یا افراد دارای عدسی مصنوعی^۱، به دلیل حساسیت بالا، باید در فرمول‌های ۴۷ و ۴۸ مقادیر B_λ با مقادیر A_λ جایگزین شود.

جدول ۱۶- مقادیر زاویه فضایی میانگین‌گیری، γ_{ph} ، بر اساس زمان پرتوگیری

γ_{ph} rad	مدت زمان پرتوگیری، t s
۰٫۰۱۱	$t < ۱۰۰$
$۰٫۰۰۱۱ \times t^{۰٫۵}$	$۱۰۰ \leq t < ۱۰^۴$
۰٫۱۱۰	$t \geq ۱۰^۴$
یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منبع ۶ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است. یادآوری ۲- برای محاسبه γ_{ph} برحسب رادیان، مقدار t باید برحسب ثانیه جایگزین شود.	

جدول ۱۷- حدود پرتوگیری براساس تاثیر فتوشیمیایی نور بر چشم

حدود پرتوگیری				مدت زمان پرتوگیری	زاویه دید منبع
شدت تابش مؤثر (E_B) W/m^2	دز تابشی مؤثر (H_B) J/m^2	تابندگی مؤثر (L_B) $W/m^2.Sr$	دز تابندگی مؤثر (D_B) $J/m^2.Sr$		
-	-	-	10^6	$0.25s < t < 10^4s$	α برابر با γ_{ph} یا بیشتر از آن
-	-	100	-	$t \geq 10^4s$	
-	100	-	-	$0.25s \leq t < 100s$	α کمتر از γ_{ph}
1	-	-	-	$100s \leq t < 30000s$	
یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منبع ۶ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.					
یادآوری ۲- مقدار α برابر زاویه دید است.					
یادآوری ۳- مقادیر γ_{ph} در جدول ۱۶ داده شده‌است.					

جدول ۱۸- ضرایب A_λ , B_λ و R_λ

ضریب تأثیر نسبی آسیب گرمایی شبکه R_λ	ضریب تأثیر نسبی فتوشیمیایی		طول موج nm	ع.ع.
	برای افراد با چشم سالم B_λ	برای افراد دارای عدسی مصنوعی A_λ		
-	۰/۰۱	۶/۰۰	۳۰۰	۱
-	۰/۰۱	۶/۰۰	۳۰۵	۲
-	۰/۰۱	۶/۰۰	۳۱۰	۳
-	۰/۰۱	۶/۰۰	۳۱۵	۴
-	۰/۰۱	۶/۰۰	۳۲۰	۵
-	۰/۰۱	۶/۰۰	۳۲۵	۶
-	۰/۰۱	۶/۰۰	۳۳۰	۷
-	۰/۰۱	۶/۰۰	۳۳۵	۸
-	۰/۰۱	۵/۸۸	۳۴۰	۹
-	۰/۰۱	۵/۷۱	۳۴۵	۱۰
-	۰/۰۱	۵/۴۶	۳۵۰	۱۱
-	۰/۰۱	۵/۲۲	۳۵۵	۱۲
-	۰/۰۱	۴/۶۲	۳۶۰	۱۳
-	۰/۰۱	۴/۲۹	۳۶۵	۱۴
-	۰/۰۱	۳/۷۵	۳۷۰	۱۵
-	۰/۰۱	۳/۵۶	۳۷۵	۱۶
۰/۰۱	۰/۰۱	۳/۱۹	۳۸۰	۱۷
۰/۰۱۲۵	۰/۰۱۲۵	۲/۳۱	۳۸۵	۱۸
۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۱/۸۸	۳۹۰	۱۹
۰/۰۵	۰/۰۵۰	۱/۵۸	۳۹۵	۲۰
۰/۱	۰/۱۰۰	۱/۴۳	۴۰۰	۲۱
۰/۲	۰/۲۰۰	۱/۳۰	۴۰۵	۲۲
۰/۴	۰/۴۰۰	۱/۲۵	۴۱۰	۲۳
۰/۸	۰/۸۰۰	۱/۲۰	۴۱۵	۲۴
۰/۹	۰/۹۰۰	۱/۱۵	۴۲۰	۲۵
۰/۹۵	۰/۹۵۰	۱/۱۱	۴۲۵	۲۶
۰/۹۸	۰/۹۸۰	۱/۰۷	۴۳۰	۲۷
۱/۰	۱/۰۰۰	۱/۰۳	۴۳۵	۲۸
۱/۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۴۴۰	۲۹
۱/۰	۰/۹۷۰	۰/۹۷۰	۴۴۵	۳۰

ادامه جدول ۱۸- ضرایب ضرایب A_λ ، B_λ و R_λ

ردیف	طول موج nm	A_λ	B_λ	R_λ
۳۱	۴۵۰	۰٫۹۴۰	۰٫۹۴۰	۱٫۰
۳۲	۴۵۵	۰٫۹۰۰	۰٫۹۰۰	۱٫۰
۳۳	۴۶۰	۰٫۸۰۰	۰٫۸۰۰	۱٫۰
۳۴	۴۶۵	۰٫۷۰۰	۰٫۷۰۰	۱٫۰
۳۵	۴۷۰	۰٫۶۲۰	۰٫۶۲۰	۱٫۰
۳۶	۴۷۵	۰٫۵۵۰	۰٫۵۵۰	۱٫۰
۳۷	۴۸۰	۰٫۴۵۰	۰٫۴۵۰	۱٫۰
۳۸	۴۸۵	۰٫۴۰۰	۰٫۴۰۰	۱٫۰
۳۹	۴۹۰	۰٫۳۲۰	۰٫۳۲۰	۱٫۰
۴۰	۴۹۵	۰٫۱۶۰	۰٫۱۶۰	۱٫۰
۴۱	۵۰۰	۰٫۱۰۰	۰٫۱۰۰	۱٫۰
۴۲	۵۰۵	۰٫۰۷۹	۰٫۰۷۹	۱٫۰
۴۳	۵۱۰	۰٫۰۶۳	۰٫۰۶۳	۱٫۰
۴۴	۵۱۵	۰٫۰۵۰	۰٫۰۵۰	۱٫۰
۴۵	۵۲۰	۰٫۰۴۰	۰٫۰۴۰	۱٫۰
۴۶	۵۲۵	۰٫۰۳۲	۰٫۰۳۲	۱٫۰
۴۷	۵۳۰	۰٫۰۲۵	۰٫۰۲۵	۱٫۰
۴۸	۵۳۵	۰٫۰۲۰	۰٫۰۲۰	۱٫۰
۴۹	۵۴۰	۰٫۰۱۶	۰٫۰۱۶	۱٫۰
۵۰	۵۴۵	۰٫۰۱۳	۰٫۰۱۳	۱٫۰
۵۱	۵۵۰	۰٫۰۱۰	۰٫۰۱۰	۱٫۰
۵۲	۵۵۵	۰٫۰۰۸	۰٫۰۰۸	۱٫۰
۵۳	۵۶۰	۰٫۰۰۶	۰٫۰۰۶	۱٫۰
۵۴	۵۶۵	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۵	۱٫۰
۵۵	۵۷۰	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۴	۱٫۰
۵۶	۵۷۵	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۳	۱٫۰
۵۷	۵۸۰	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۲	۱٫۰
۵۸	۵۸۵	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۲	۱٫۰
۵۹	۵۹۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱	۱٫۰
۶۰	۵۹۵	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱	۱٫۰
۶۱	۶۰۰-۷۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱	۱٫۰
۶۲	۷۰۰-۱۰۵۰	-	-	$1.0^{[(700-\lambda)/500]}$

ادامه جدول ۱۸- ضرایب ضرایب A_λ ، B_λ و R_λ

ردیف	طول موج nm	A_λ	B_λ	R_λ
۶۳	۱۰۵۰-۱۱۵۰	-	-	۰/۲
۶۴	۱۱۵۰-۱۲۰۰	-	-	$0.2 \times 10^{-0.2[(1150-\lambda)]}$
۶۵	۱۲۰۰-۱۴۰۰	-	-	۰/۰۲
یادآوری- مقادیر این جدول از منبع ۶ در بند پیش گفتار اخذ شده است.				

۴-۷-۵ حد پرتوگیری براساس اثرات گرمایی پرتو فروسرخ بر عدسی و قرنیه چشم (محدوده طول موج های ۷۸۰ nm تا ۳۰۰۰ nm)

به منظور پیشگیری از آسیب های قرنیه و آسیب های مزمن عدسی چشم (مانند آب مروارید) ناشی از گرما، باید حدود نشان داده شده در جدول ۱۹ برای شدت تابش در محدوده فروسرخ (۷۸۰ nm تا ۳۰۰۰ nm) رعایت شود. شدت تابش در محدوده فروسرخ از فرمول زیر محاسبه می شود.

$$E_{IR} = \sum_{\lambda=780}^{1000} 0.3E_{\lambda} + \sum_{\lambda=1000}^{3000} E_{\lambda} \quad (53)$$

برای سادگی می توان به جای فرمول بالا از فرمول زیر استفاده کرد. در این صورت احتیاط بیشتری صورت می گیرد.

$$E_{IR} = \sum_{\lambda=780}^{3000} E_{\lambda} \quad (54)$$

در روابط ۵۳ و ۵۴:

E_{IR} شدت تابش در محدوده فروسرخ بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2)؛ و

E_{λ} شدت تابش در طول موج λ بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2) است.

جدول ۱۹- حد پرتوگیری بر اساس اثرات گرمایی پرتو فرو سرخ بر عدسی و قرنیه چشم

حد شدت تابش، E_{IR}^{EL} W/m^2	مدت زمان پرتوگیری، t S
$1.8 \times 10^{-3} \times t^{-0.75}$	$t < 1000$
۱۰۰	$t \geq 1000$
یادآوری- مقادیر این جدول از منبع ۶ در بند پیش گفتار اخذ شده است.	

یادآوری- چنانچه دمای محیط خیلی کم باشد، حدود فوق قابل افزایش است؛ مثلاً در دماهای صفر و 10°C حد شدت تابش را می‌توان به ترتیب 400 W/m^2 و 300 W/m^2 در نظر گرفت.

۵-۷-۵ حد پرتوگیری با نور مرئی و پرتوهای فروسرخ برای پوست

به‌منظور پیشگیری از آسیب پوست ناشی از اثرات گرمایی نور مرئی و پرتوهای فروسرخ، اگر مدت زمان تابش پرتو فروسرخ به پوست کمتر از 10 s باشد، باید دز تابشی به سطح پوست در محدوده 400 nm تا 3000 nm کمتر از $10^4 \times t^{1/25} \times 2/0$ ژول بر متر مربع باشد.

برای زمان تابش بیشتر از 10 s حد خاصی تعیین نمی‌شود، زیرا عکس‌العمل طبیعی بدن به گرمای حاصل مانع از آسیب پوست می‌شود.

۵-۷-۶ پرتوگیری مکرر با پرتوهای نوری

برای پرتوگیری از پالس‌های نوری تکرارشونده، مواجهه متناوب با پرتوهای نوری یا پرتوگیری با مقادیر متغیر پرتوهای نوری، موارد زیر باید رعایت شود.

- به‌عنوان یک اصل اساسی، برای هر پرتوگیری باید حدود پرتوگیری برای بیشینه مدت زمان آن پرتوگیری، T ، رعایت شود.
- برای پرتوگیری از یک قطار پالس، اصل گفته‌شده در بالا بدان معنی است که دز تابشی یا دز تابندگی هر پالس باید از حدود تعیین‌شده برای عرض پالس و همچنین دز تابشی یا دز تابندگی کل در مدت زمان T ، از حدود تعیین‌شده برای این مدت زمان کمتر باشد. به عبارت دیگر از نظر ریاضی، میانگین شدت تابش یا تابندگی در مدت زمان T باید با حد شدت تابش یا حد تابندگی مقایسه شود.
- چنانچه پرتوگیری از پالس‌های نوری نامنظم صورت گیرد و یا آنکه مقادیر پرتوگیری تغییر کند، پرتوگیری در هر بازه زمانی مربوط به پالس‌ها و یا تغییرات و همچنین در کل زمان پرتوگیری T ، باید در نظر گرفته شود؛ زیرا پرتوگیری در بخشی از مجموعه پالس‌ها می‌تواند بحرانی باشد و از پرتوگیری مربوط به یک پالس و یا متوسط پرتوگیری در T بیشتر شود.
- در صورتی که T از T_{max} که برای زمان‌های بیشتر از آن حد شدت تابش و یا تابندگی مقدار ثابتی می‌شود (مثلاً 10000 s برای اثرات فتوشیمیایی شبکه، 1000 s برای اثرات بر قسمت‌های قدامی چشم و 0.25 s برای اثرات گرمایی شبکه) بیشتر شود، در نظر گرفتن مجموع دز تابشی یا دز تابندگی (یا میانگین‌گیری شدت تابش یا تابندگی) در زمان‌های بیشتر از T_{max} ضرورت ندارد. به عبارت دیگر برای مدت‌های پرتوگیری بیشتر از T_{max} (مثلاً 1000 s برای اثرات بر قسمت‌های قدامی چشم) لازم نیست که مجموع پرتوگیری‌ها در کل زمان پرتوگیری در نظر گرفته شود، بلکه کافی است در هر بازه زمانی T_{max} (مثلاً 1000 s برای اثرات بر قسمت‌های قدامی چشم) وضعیت پرتوگیری جداگانه بررسی شود.

- در پرتوگیری‌های نامنظم در تمامی موارد، بازه زمانی برای بررسی وضعیت پرتوگیری برابر با T و/یا T_{max} هر کدام که کمتر است، در نظر گرفته می‌شود. در هر یک از این بازه‌های زمانی، بحرانی‌ترین وضعیت یعنی وضعیتی که در آن پرتوگیری بیشینه مقدار را دارد، باید با حدود پرتوگیری مقایسه شود.
- برای پرتوگیری مکرر پوست که برای آن T_{max} برابر با ۱۰ s است، نمی‌توان راهنمایی برای زمان سردشدن بین دو پرتوگیری ارائه داد، زیرا آستانه آسیب هم به دمای محیط و هم به ناحیه تحت تابش بستگی دارد. چنانچه بعد از یک پرتوگیری ۱۰ ثانیه‌ای زمان کافی بگذرد تا پوست خنک شود، اثرات زیستی ناشی از پرتوگیری‌های مکرر به هم افزوده نمی‌شوند و مستقل از هم هستند. همچنین تا زمانی که درد احساس نشود (با این فرض که واکنش فردی که پرتوگیری می‌کند در برابر درد طبیعی است)، احتمال آسیب وجود ندارد. برای نواحی بزرگ در مواجهه، عموماً تنش گرمایی عامل بازدارنده است.
- در مورد آسیب گرمایی شبکه، چنانچه بسامد تکرار پالس بیش از ۵ Hz و منبع از نوع منابع گسترده باشد که در این صورت زاویه دید منبع از ۵ mrad بیشتر است، الزام دیگری نیز باید برآورده شود. در این شرایط، حد گرمایی شبکه برای هر یک از پالس‌های قطاری شامل n پالس در مدت زمان پرتوگیری، باید به شرح زیر کاهش یابد.
- چنانچه زاویه دید منبع برابر با α_{max} یا کمتر از آن است، حد پرتوگیری برای هر پالس با ضریب $n^{-0.25}$ (برای $n < 40$) و 0.4 (برای $n \geq 40$) کاهش می‌یابد.
- چنانچه زاویه دید منبع بیشتر از α_{max} و کمتر از ۱۰۰ mrad است، حد پرتوگیری برای هر پالس با ضریب $n^{-0.25}$ (برای $n < 625$) و 0.2 (برای $n \geq 625$) کاهش می‌یابد.
- چنانچه زاویه دید منبع برابر با ۱۰۰ mrad یا بیشتر از آن است، تغییری در حدود پرتوگیری برای هر پالس اعمال نمی‌شود.

۸-۵ حد پرتوگیری برای پرتوهای فراصوت

جدول ۲۰ حدود سطح فشار امواج فراصوت برای پرتوگیری شغلی در بیشینه زمان هشت ساعت کار در شبانه‌روز را نشان می‌دهد.

جدول ۲۰- حدود سطح فشار امواج فراصوت برای پرتوگیری شغلی در بیشینه کار روزانه ۸ ساعت

ردیف	سطح فشار (دسی بل) dB	بسامد میانی $\frac{1}{3}$ اکتاو kHz
۱	۷۵	۲۰
۲	۱۱۰	۱۰۰، ۸۰، ۶۳، ۵۰، ۴۰، ۳۱/۵، ۲۵
یادآوری ۱- مقادیر این جدول از منبع ۷ در بند پیش‌گفتار اخذ شده‌است. یادآوری ۲- چنانچه زمان پرتوگیری دو الی چهار ساعت باشد، به مقادیر سطح فشار ۳ dB اضافه می‌شود. یادآوری ۳- چنانچه زمان پرتوگیری یک الی دو ساعت باشد، به مقادیر سطح فشار ۶ dB اضافه می‌شود. یادآوری ۴- چنانچه زمان پرتوگیری کمتر از یک ساعت باشد، به مقادیر سطح فشار ۹ dB اضافه می‌شود.		

جدول ۲۱ حدود سطح فشار امواج فراصوت برای پرتوگیری مردم را نشان می‌دهد.

جدول ۲۱- حدود سطح فشار امواج فراصوت برای پرتوگیری مردم

ردیف	سطح فشار (دسی بل) dB	بسامد میانی $\frac{1}{3}$ اکتاو kHz
۱	۷۰	۲۰
۲	۱۰۰	۱۰۰، ۸۰، ۶۳، ۵۰، ۴۰، ۳۱/۵، ۲۵
یادآوری- مقادیر این جدول از منبع ۷ در بند پیش‌گفتار اخذ شده است.		

سطح فشار امواج فراصوت در محل قرارگرفتن گوش هر فرد، باید با حدود داده شده در این استاندارد مقایسه شود. لذا باید اندازه‌گیری‌ها در ارتفاع میانگین محل قرارگیری گوش افراد، انجام شود.

کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۶۱۰: سال ۱۳۹۴، حدود پرتوگیری از تابش‌های لیزری در محدوده طول موج‌های ۱۸۰ نانومتر تا ۱۰۰۰ میکرون