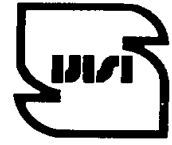




جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۸۵۶۷

تجدیدنظر دوم

۱۳۹۵

INSO

8567

2nd .Revision

2016

پرتوهای غیر یونساز - حدود پرتوگیری

**Non-ionizing radiation
exposure limits**

ICS: 13.220

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (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 Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
« پرتوهای غیر یونساز – حدود پرتوگیری »

رئیس:

کاردان، محمدرضا
(دکترای مهندسی هسته‌ای)

سمت و/یا نمایندگی

عضو هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فنون
هسته‌ای

دبیر:

فرودین، دلنواز
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - مخابرات)

عضو هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فنون
هسته‌ای

اعضاء:

باباخانی، اسد
(دکترای مکاترونیک)

عضو هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فنون
هسته‌ای

حسینی پناه، شهرام
(دکترای مهندسی برق - مخابرات)

عضو هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فنون
هسته‌ای

راستخواه، ناصر
(کارشناسی ارشد تکنولوژی هسته‌ای)

رئیس مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور

صادق نیت، خسرو
(دکترای طب کار)

رئیس مرکز سلامت محیط و کار،
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

طالاری، نادر
(کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات)

کارشناس سازمان انرژی اتمی ایران

موافقی، امیر
(دکترای مهندسی پرتوپزشکی)

عضو هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فنون
هسته‌ای

ناظری، فیروزه
(کارشناسی ارشد فیزیک)

کارشناس سازمان انرژی اتمی ایران

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ه	پیش‌گفتار
۱	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۱۵	۴ طبقه‌بندی انواع پرتوهای غیر یونساز و حدود پرتوگیری
۱۵	۱-۴ حدود کمیت‌های پایه- پرتوگیری شغلی و مردم
۱۷	۲-۴ سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) برای پرتوگیری شغلی و مردم
۲۱	۳-۴ حدود جریان‌های تماسی و القایی شغلی و مردم
۲۲	۴-۴ پرتوگیری همزمان از میدان‌ها با چند فرکانس مختلف
۲۴	۵-۴ حد میدان مغناطیسی مستقیم (DC) برای مردم و شاغلین
۲۴	۶-۴ حدود پرتوگیری با پرتوهای فرابنفش (منابع غیرلیزری)
۲۷	۷-۴ حدود پرتوگیری با پرتوهای مرئی و فروسرخ (منابع غیرلیزری)
۳۷	۸-۴ حدود پرتوگیری برای پرتوهای فراصوت

استاندارد « پرتوهای غیر یونساز- حدود پرتوگیری » که نخستین بار در سال ۱۳۸۵ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای دومین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در پانصد و هشتاد و نهمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۵/۰۳/۳۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان 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 تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۶۷ : سال ۱۳۸۵ می‌شود.

منابع و مأخذی که برای تهیه 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 Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics, Vol. 74(4): 494-522;1998.
- 3 International Commission on Non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP) Statement on the “Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)” ; Health Physics Vol. 97(3):257-258; 2009
- 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 Wavelength Between 100 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

در این استاندارد حدود پرتوگیری از پرتوهای غیر یونساز شامل پرتوهای الکترومغناطیسی در محدوده فرکانس صفر تا $10^{15} \times 3$ هرتز و همچنین پرتوهای فراصوت ارائه شده است.

علاوه بر لزوم رعایت الزامات این استاندارد توسط مراکز ذکر شده در دامنه کاربرد، اصول "توجیه پذیری"^۱ و "بهینه سازی"^۲ نیز در همه موارد و در هر شرایطی باید در این مراکز در نظر گرفته شوند. "توجیه پذیری" و "بهینه سازی" دو اصل هستند که زیربنای کلیه استانداردهای بین‌المللی ایمنی پرتوی و همچنین ضوابط واحد قانونی هستند. منظور از "توجیه پذیری" این است که سود فعالیت‌ها بیش از مخاطرات پرتوی آنها باشد و در ارزیابی سود و مخاطرات تمامی پی‌آمدهای مهم و قابل توجه باید در نظر گرفته شوند. منظور از "بهینه سازی" این است که اقدامات ایمنی به کار گرفته شده 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"^۳ خواهد رسید.

اولین ویرایش استاندارد حاضر در سال ۱۳۸۵ در مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی وقت تصویب شد. تمامی مقادیر در آن نسخه، بر اساس آخرین رهنمودهای "کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یونساز"^۴ ارائه شده بود. با گذشتن حدود ده سال از آن زمان، این کمیسیون بر اساس آخرین یافته‌های جهانی اقدام به بازنگری رهنمودهای قبلی نمود و ویرایش‌های جدید تعدادی از آنها را جایگزین نسخه‌های قبلی نمود. به این ترتیب بازنگری استاندارد ملی "پرتوهای غیر یونساز- حدود پرتوگیری" ضروری بود. در ویرایش جدید این استاندارد، تغییرات زیر نسبت به نسخه قبلی آن صورت گرفته است.

(۱) بند ۳ اصطلاحات و تعاریف

بر اساس مدارک مورد استفاده در بازنگری، که در بند منابع و مآخذ پیش‌گفتار آمده است، ۱۴ تعریف به تعاریف قبلی اضافه شده است. تعدادی از تعاریف نیز اصلاح شده است.

(۲) بند ۴-۱ حدود کمیت‌های پایه- پرتوگیری شغلی و مردم

جدید است و بر اساس منابع ۱ و ۲ در بند پیش‌گفتار، اضافه شده است.

(۳) بند ۴-۲ سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) برای پرتوگیری شغلی و مردم

جدول حدود پرتوگیری تا فرکانس ۱۰۰ کیلوهرتز بر اساس منبع ۱ در بند پیش‌گفتار بازنگری شده است. در سایر فرکانس‌ها مقادیر بر اساس منبع ۲ در بند پیش‌گفتار است و طبق منبع ۳ تغییر نکرده است. شکل‌های ۵ الی ۸ اضافه شده است.

¹ Justification

² Optimization

³ As Low As Reasonably Achievable (ALARA)

⁴ International Commission on Non-ionizing Radiation Protection

- (۴) بند ۳-۴ حدود جریان‌های تماسی و القایی شغلی و مردم مطابق با منبع ۱ در بند پیش‌گفتار، به روز شده‌است.
- (۵) بند ۴-۴ پرتوگیری هم‌زمان از میدان‌ها با چند فرکانس مختلف جدید است و بر اساس منابع ۱ و ۲ در بند پیش‌گفتار، اضافه شده‌است.
- (۶) بند ۴-۵ حد میدان مغناطیسی مستقیم (DC) برای شاغلین و مردم جدید است و بر اساس منبع ۴ در بند پیش‌گفتار، بازنگری و به روز شده‌است.
- (۷) بند ۴-۶ حدود پرتوگیری با پرتوهای فرابنفش (منابع غیرلیزری) تغییر نکرده‌است.
- (۸) بند ۴-۷ حدود پرتوگیری با پرتوهای مرئی و فروسرخ (منابع غیرلیزری) بر اساس منبع ۵ در بند پیش‌گفتار، بازنگری و به روز شده‌است.
- (۹) بند ۴-۸ حد پرتوگیری برای پرتوهای فراصوت تغییر نکرده‌است.

پرتوهای غیر یونساز – حدود پرتوگیری

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین حدود پرتوگیری از پرتوهای غیر یونساز به منظور اعمال حفاظت کافی در برابر اثرات بیولوژیکی زیانبار و قطعی است، که تاکنون برای این پرتوها شناخته شده است. این استاندارد برای کلیه مراکز کار با پرتوهای غیر یونساز کاربرد دارد. همچنین تمامی مراکزی که از پرتوهای غیر یونساز به هر نحو استفاده می کنند، باید شرایط استقرار تأسیسات را به گونه ای فراهم کنند که این استاندارد رعایت شود. حدود پرتوگیری برای پرتوگیری شغلی و پرتوگیری مردم، جداگانه در نظر گرفته می شود. این حدود برای پرتوگیری پزشکی قابل اعمال نیست. این استاندارد برای باریکه های نوری لیزری کاربرد ندارد و برای لیزرها باید استاندارد خاص لیزر رعایت شود.

۲ مراجع الزامی

مدرک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی محسوب می شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است. استفاده از مرجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۶۱۰، حدود پرتوگیری از تابش های لیزری در محدوده طول موج های ۱۸۰ نانومتر تا ۱۰۰۰ میکرون.

۳ اصطلاحات و تعاریف

۱-۳

آهنگ جذب انرژی

Specific energy absorption rate

SAR

آهنگ انرژی رادیویی جذب شده در واحد جرم بافت است. معادله ریاضی SAR به صورت زیر است.

$$SAR = \frac{d}{dt} \left[\frac{dW}{dm} \right] = \frac{d}{dt} \left[\frac{dW}{\rho dV} \right] \quad (1)$$

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 جذب انرژی بر حسب وات بر کیلوگرم (W/kg) است.

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

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

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 معادله زیر بیان می شود.

$$SAR = \frac{C \Delta T}{\Delta t} \quad (3)$$

که در آن:

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

Δt مدت زمان پرتوگیری بر حسب ثانیه (s)؛ و

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

۲-۳

اثرات قطعی

Deterministic effects

اثراتی از پرتو است که قطعاً در اثر پرتوگیری در میدان های بالاتر از آستانه معینی ظاهر می شود.

۳-۳

اعصاب محیطی

Peripheral nerve

اعصاب قرار گرفته در خارج از سیستم اعصاب مرکزی که آغاز و پایان آنها به سیستم اعصاب مرکزی منتهی می شود.

۴-۳

اکتاو (پهنای اکتاو)

Octave band

یک محدوده فرکانس (بسامد) است به نحوی که فرکانس بالایی محدوده، دو برابر کمترین فرکانس آن محدوده باشد. در این استاندارد، برای سادگی به جای "پهنای اکتاو" از "اکتاو" استفاده خواهد شد.

۵-۳

پرتو

Radiation

به تعریف "پرتوهای غیریونساز" مندرج در بند ۳-۱۲ مراجعه شود.

۶-۳

پرتوگیری

Exposure

عمل یا شرایط قراردادن یا قرارگرفتن در معرض تابش پرتو است. پرتوگیری را می‌توان به صورت پرتوگیری عادی یا بالقوه و یا به صورت پرتوگیری شغلی، پزشکی و مردم طبقه‌بندی نمود.

۷-۳

پرتوگیری پزشکی

Medical exposure

پرتوگیری بیماران در فرایند تشخیص یا درمان در پزشکی و دندانپزشکی و همچنین پرتوگیری افرادی (به‌استثنای کارکنان) که از بیماران مراقبت یا پرستاری می‌کنند و یا پرتوگیری افرادی که داوطلبانه در برنامه تحقیقاتی پزشکی شرکت می‌کنند.

۸-۳

پرتوگیری شغلی

Occupational exposure

پرتوگیری کارکنان به‌هنگام کار است.

۹-۳

پرتوگیری طبیعی

Natural exposure

پرتوگیری ناشی از منابع طبیعی پرتو است، مثل پرتوگیری از پرتوهای فرابنفش خورشیدی.

۱۰-۳

پرتوگیری عادی

Normal exposure

پرتوگیری قابل انتظار در شرایط عادی کار با منابع یا تأسیسات با در نظر گرفتن پرتوگیری ناشی از سوانح جزئی قابل کنترل است.

Public exposure

پرتوگیری طبیعی و نیز پرتوگیری افراد جامعه ناشی از فعالیت‌های پرتوی و منابع مجاز است. پرتوگیری مردم شامل پرتوگیری شغلی و پزشکی نمی‌باشد.

Non-ionizing radiation

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

Radiance

توان تابشی از واحد سطح یک منبع تابش‌کننده در واحد زاویه فضایی است. تابندگی معادل شار خارج شده از واحد سطح در واحد زاویه فضایی می‌باشد. تابندگی برای منبع نور تعریف می‌شود. یادآوری - یکای تابندگی در دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)، وات بر مترمربع بر استرادیان ($\text{W/m}^2 \cdot \text{Sr}$) است.

Sound pressure level

کمیتی است بر حسب دسی بل (dB)، که از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$SPL = 20 \log \frac{P}{P_r} = 10 \log \frac{I}{I_r} \quad (4)$$

که در آن:

P فشار صوت مؤثر بر حسب پاسکال (Pa) (به تعریف "فشار صوت" مندرج در بند ۳-۴۲ مراجعه شود)؛

P_r فشار صوت مرجع بر حسب پاسکال (Pa) (به تعریف "فشار صوت مرجع" مندرج در بند ۳-۴۳ مراجعه شود)؛

I شدت صوت بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2) (به تعریف "شدت صوت" مندرج در بند ۳-۳۴ مراجعه شود)؛ و

I_r شدت صوت مرجع بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2) است. به تعریف "شدت صوت مرجع" مندرج در بند ۳-۳۵ مراجعه شود.

۱۵-۳

جذب انرژی
SA

Specific energy absorption

انرژی جذب شده در واحد جرم بافت بیولوژیکی است. جذب انرژی، انتگرال زمانی آهنگ جذب انرژی (SAR) است. یادآوری - یکای جذب انرژی در دستگاه بین‌المللی یکاها، ژول بر کیلوگرم (J/kg) است.

۱۶-۳

جذر میانگین مربعات

Root Mean Square (rms)

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

$$F_{rms} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} [F(t)]^2 dt} \quad (5)$$

۱۷-۳

جریان تماسی

Contact current

جریان عبوری از یک محیط بیولوژیکی است که از طریق تماس با یک الکتروود یا منابع جریان دیگر برقرار می‌شود.

۱۸-۳

چگالی توان
S

Power density

توان تابیده شده به یک کره کوچک تقسیم بر مساحت دایره عظیمه آن کره می‌باشد. در میدان‌های الکترومغناطیسی چگالی توان با بزرگی بردار پوینتینگ^۱ نیز برابر است.

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H} \quad (6)$$

که در آن:

\vec{S} بردار پوینتینگ؛

\vec{E} بردار میدان الکتریکی (به تعریف "شدت میدان الکتریکی" مندرج در ۳-۳۶ مراجعه شود)؛ و

\vec{H} بردار میدان مغناطیسی (به تعریف "شدت میدان مغناطیسی" مندرج در ۳-۳۷ مراجعه شود) است.

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

¹ Pointing Vector

چگالی توان موج تخت

Plane wave power density

 S_{eq}

چگالی توان در میدان دور است. در میدان دور چگالی توان معادل موج تخت در هوا، از معادله زیر به دست می آید.

$$S_{eq} = \frac{E^2}{120 \pi} = H^2 \times 120 \pi \quad (7)$$

که در آن:

S_{eq} چگالی توان معادل موج تخت بر حسب وات بر مترمربع (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 تقریباً برابر با ۳/۱۴ است.

چگالی جریان

Current density

 J

کمیتی است 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 به دست می آید. یادآوری - یکای چگالی جریان در دستگاه بین المللی یکاها، آمپر بر متر مربع (A/m^2) است.

چگالی شار مغناطیسی

Magnetic flux density

 B

کمیتی برداری است که نیروی وارد بر یک بار یا بارهای در حال حرکت (جریان الکتریکی) را بیان می کند. یادآوری - یکای چگالی شار مغناطیسی در دستگاه بین المللی یکاها، تسلا (T) است. یکای دیگر چگالی شار مغناطیسی گوس (G) است. یک گوس برابر با 10^{-4} تسلا می باشد.

چگالی متوسط توان

Mean power density

 \bar{S}

چگالی متوسط توان از معادله زیر محاسبه می شود.

$$\bar{S} = \frac{1}{T} \int_0^T S(t) dt \quad (8)$$

که در آن:

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

T دوره تناوب بر حسب ثانیه (s)؛ و

$S(t)$ چگالی لحظه ای توان بر حسب وات بر مترمربع (W/m^2) است.

Limit

مقداری از یک کمیت است که در شرایط و یا فعالیت‌های مشخص به کار می‌رود و باید رعایت شود.

دز تابشی **H** **Radiant Exposure**

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

$$H = \int_{t_1} E(t) dt \quad (9)$$

که در آن:

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

$E(t)$ شدت تابش در لحظه t بر حسب وات بر مترمربع (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 معادله زیر به دست می‌آید.

$$H = E t_1 \quad (10)$$

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

دز تابشی مؤثر **H_{eff}** **Effective Radiant Exposure**

دز تابشی مؤثر انتگرال شدت تابش مؤثر در مدت زمان پرتوگیری است و از معادله زیر به دست می‌آید.

$$H_{eff} = \int_{t_1} E_{eff}(t) dt \quad (11)$$

که در آن:

H_{eff} دز تابشی مؤثر بر حسب ژول بر مترمربع (J/m^2)؛

$E_{eff}(t)$ شدت تابش مؤثر در لحظه t بر حسب وات بر مترمربع (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 معادله زیر به دست می‌آید.

$$H_{eff} = E_{eff} t_1 \quad (12)$$

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

یادآوری - چنانچه دز تابشی مؤثر برای حفاظت از چشم در برابر اثرات گرمایی نور بر شبکه‌ی محاسبه شود، آن را به H_R و اگر

برای اثرات فتوشیمیایی نور محاسبه شود، آن را به H_B نمایش می‌دهند.

Angular subtense α

زاویه دید چشمه یا منبع (اندازه منبع)^۱، α ، بر حسب رادیان (rad) است و از معادله زیر به دست می آید.

$$\alpha = \frac{d_s}{r} \quad (۱۳)$$

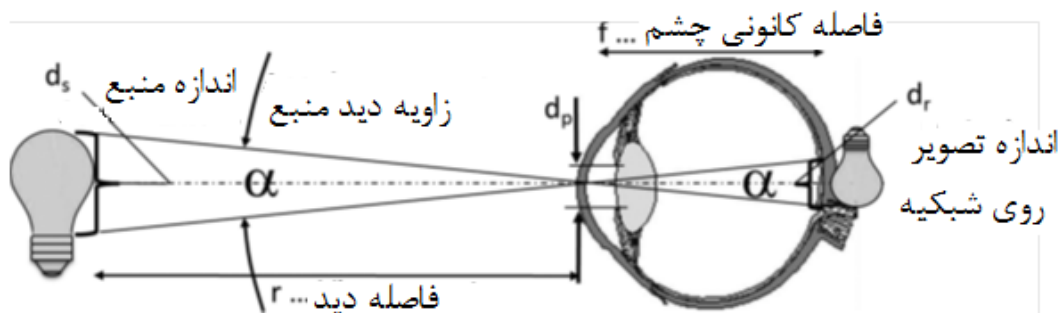
که در آن:

r فاصله چشم از منبع نور؛ و

d_s بُعد متوسط منبع نور^۲ است.

در این معادله، 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 است.



شکل ۱- نحوه تعیین زاویه دید منبع

اگر ناحیه تابش منبع نور دایره‌ای شکل باشد، d_s قطر دایره است. چنانچه ناحیه تابش دایره‌ای شکل 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.

Maximum angular subtense α_{max}

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

¹ Source size

² Mean light source dimension

جدول ۱- مقادیر زاویه دید بیشینه در شرایط مختلف

t (s)	α_{max} (rad)
$t < 625 \times 10^{-6}$	۰٫۰۰۵
$625 \times 10^{-6} \leq t < 0,25$	$0,2 \times t^{-0,5}$
$t \geq 0,25$	۰٫۱

یادآوری: مقدار t باید بر حسب ثانیه جایگزین شود تا مقدار α_{max} بر حسب رادیان به دست آید.

۲۸-۳

زاویه دید کمینه

α_{min}

Minimum angular subtense

کمترین زاویه دید منبع که چشم می تواند تفکیک کند. همچنین زاویه ای است که به ازای آن و مقادیر کم تر از آن، ابعاد تصویر تشکیل شده روی شبکیه کمترین مقدار را خواهد داشت. زاویه دید $1,5 \times 10^{-3}$ رادیان را زاویه دید کمینه می نامند ($\alpha_{min} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ rad} = 1,5 \text{ mrad}$).

۲۹-۳

زاویه فضایی

Ω

Solid angle

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

$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

(۱۴)

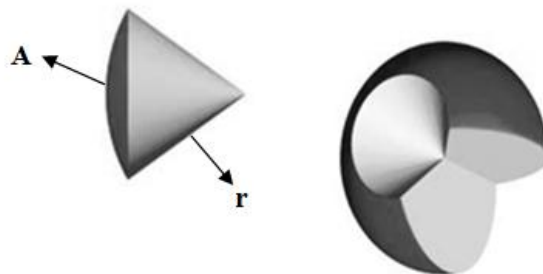
که در آن:

A مساحت قطاع کروی مخروط جدا شده بر حسب متر مربع (m^2) و

r شعاع کره بر حسب متر (m) است.

Ω بر حسب استرادیان (Sr) است.

یادآوری - زاویه فضایی یک کره کامل برابر با 4π استرادیان می باشد.



شکل ۲- نحوه تعیین مقدار زاویه فضایی

سطح مرجع

Reference level

مقادیر جذر میانگین مربعات (rms) و پیک میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و چگالی توان در محیط و جریان‌های تماسی که افراد می‌توانند بدون ایجاد اثر آسیب‌رسان و با فاکتورهای ایمنی قابل قبول در معرض آن‌ها قرار گیرند. در صورتی که حدود کمیت‌های پایه رعایت شده باشند، افزایش از سطوح مرجع برای پرتوگیری از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی (در این استاندارد) می‌تواند اتفاق بیفتد. بنابراین، این سطوح، حدود کمیت‌های کاربردی یا جانشین هستند که برای تطابق با محدودیت‌های پایه می‌توانند به کار روند.

سیستم اعصاب مرکزی

Central nervous system

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

شدت تابش

Irradiance

 E

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

شدت تابش مؤثر

Effective Irradiance

 E_{eff}

کمیتی است که با در نظر گرفتن حساسیت بدن به طول‌موج‌های مختلف با معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$E_{eff} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta \lambda \quad (15)$$

که در آن:

E_{λ} شدت تابش پرتو در طول موج λ بر حسب وات بر مترمربع بر نانومتر ($W/m^2 \cdot nm$)؛
 S_{λ} ضریب نسبی تأثیر پرتو در طول‌موج‌های مختلف، بر بدن انسان؛ این ضریب واحد ندارد؛ و
 $\Delta \lambda$ 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 طول‌موج‌هایی هستند که شدت تابش مؤثر در محدوده آن‌ها به دست می‌آید. یکای آن‌ها 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 شبکه محاسبه شود، آن را به E_R و اگر برای اثرات فتوشیمیایی نور محاسبه شود، آن را به E_B نمایش می‌دهند.

۳۴-۳

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 مترمربع (W/m^2) است.

۳۵-۳

شدت صوت مرجع

Reference sound intensity

I_r

کم‌ترین شدت صوتی است که گوش انسان در حساس‌ترین فرکانس قادر به شنیدن آن می‌باشد. حساس‌ترین فرکانس برای گوش تقریباً یک کیلوهرتز و شدت صوت مرجع 10^{-12} وات بر مترمربع است.

۳۶-۳

شدت میدان الکتریکی

Electric field strength

E

اندازه بردار الکتریکی میدان الکترومغناطیسی است 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.

۳۷-۳

شدت میدان مغناطیسی

Magnetic field strength

H

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

$$H = \frac{B}{\mu}$$

(۱۶)

که در آن:

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

μ تراوانی 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.

۳۸-۳

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.

$$E_{eff} = \sqrt{\frac{1}{t} \int_0^t E^2(t') dt'} \quad (17)$$

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.

۳۹-۳

شدت میدان مغناطیسی مؤثر

H_{eff}

Effective magnetic field strength

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

$$H_{eff} = \sqrt{\frac{1}{t} \int_0^t H^2(t') dt'} \quad (18)$$

که در آن:

H شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر بر متر (A/m)؛ و
 t مدت زمان بر حسب ثانیه (s) است.

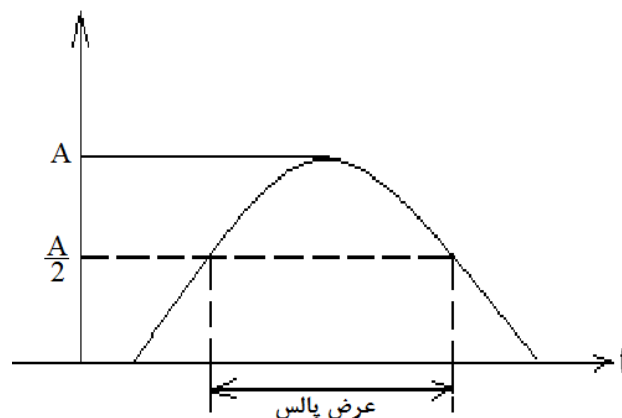
یادآوری - یکای شدت میدان مغناطیسی مؤثر در دستگاه بین‌المللی یکاها، آمپر بر متر (A/m) است.

۴۰-۳

عرض پالس

Pulse duration

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



شکل ۳- عرض پالس

۴۱-۳

فرکانس میانه اکتاو

Mid frequency of octave band

فرکانسی است که مقدار آن مساوی میانگین بالاترین و پایین‌ترین فرکانس آن اکتاو می‌باشد و از معادله زیر به دست می‌آید.

$$f_o = \frac{f_H + f_L}{2} = \frac{2f_L + f_L}{2} = \frac{3f_L}{2} \quad (19)$$

که در آن:

f_o فرکانس میانه؛

f_H بالاترین فرکانس اکتاو؛ و

f_L پایین‌ترین فرکانس اکتاو است.

۴۲-۳

فشار صوت

Acoustic pressure

P

نیروی است 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.

۴۳-۳

فشار صوت مرجع

Reference acoustic pressure

P_r

کم‌ترین فشار صوتی است، که گوش انسان در حساس‌ترین فرکانس (تقریباً یک کیلوهرتز) احساس می‌کند و مقدار آن برابر است با ۲۰ میکرو پاسکال یا 2×10^{-5} پاسکال.

۴۴-۳

فعالیت پرتوی

Practice

هرگونه فعالیت بشری است که منجر به افزایش منابع یا مسیرهای پرتوگیری یا تعداد افراد پرتودیده شود، یا با تغییر مسیرهای پرتوگیری از منابع موجود، باعث افزایش پرتوگیری یا احتمال پرتوگیری افراد و یا تعداد افراد پرتودیده گردد.

۴۵-۳

کمیت‌های پایه

Basic quantity

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

Source

هر عامل تولید یا انتشار پرتوی غیریونساز است که بتواند باعث پرتوگیری شود.

میدان دور (موج تخت)**Far field (Plane wave)**

ناحیه‌ای از میدان‌های الکترومغناطیسی است 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.

$$E = H Z \quad (20)$$

$$S = E H \quad (21)$$

$$S = \frac{E^2}{Z} = Z H^2 \quad (22)$$

که در آن‌ها:

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

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

S چگالی توان بر حسب وات بر مترمربع (W/m^2)؛ و

Z امپدانس فضای آزاد است که برابر با 120π اهم می‌باشد.

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

میدان نزدیک**Near field**

ناحیه بین منبع پرتو رادیویی و میدان دور، میدان نزدیک نامیده می‌شود. در این ناحیه، رفتار میدان با رفتار موج تخت مشابه نیست.

واحد قانونی**Regulatory body**

براساس قانون حفاظت در برابر اشعه، واحد قانونی موظف به نظارت بر حسن اجرای مقررات، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مربوطه می‌باشد. این مسئولیت‌ها از طرف سازمان انرژی اتمی ایران، به‌عنوان واحد قانونی، به مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور تفویض شده است.

۴ 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	فرکانس Hz	طول موج در هوا
۱	فرابنفش ^a (UV)	$3 \times 10^{15} - 7.5 \times 10^{14}$	۱۰۰ - ۴۰۰ nm
۲	نور مرئی ^b (VS)	$7.5 \times 10^{14} - 3.85 \times 10^{14}$	۴۰۰ - ۷۸۰ nm
۳	فروسرخ ^c (IR)	$3.85 \times 10^{14} - 3.0 \times 10^{11}$	۷۸۰ - 10^6 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	فرکانس کم ^f (LF)	$3.0 \times 10^5 - 3.0 \times 10^4$	۱ - ۱۰ km
۷	فرکانس بسیار کم ^g (VLF)	$3.0 \times 10^4 - 3.0 \times 10^3$	۱۰ - ۱۰۰۰ km
۸	فرکانس فوق‌العاده کم ^h (ELF)	< ۳۰۰	> 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

۱-۴ حدود کمیت‌های پایه - پرتوگیری شغلی و مردم

در جدول ۳، حدود پایه پرتوگیری برای پرتوهای الکترومغناطیسی ELF، VLF، LF، RF و MW در محدوده فرکانسی یک تا ۱۰ GHz درج شده است. در فرکانس‌های بالاتر از ۱۰ GHz، چگالی توان روی سطح بدن، کمیت پایه محسوب می‌شود و حدود آن همان مقادیری است که در جدول‌های ۴ و ۵ ارائه شده است. در شکل ۴ حدود پایه برای پرتوگیری شغلی و مردم بر حسب شدت میدان الکتریکی داخل بدن و تأثیرات آن بر سیستم اعصاب مرکزی و سیستم اعصاب محیطی بدن تا فرکانس ۱۰۰ kHz نشان داده شده است.

جدول ۳- حدود پایه پرتوگیری شغلی و مردم در فرکانس‌های (f) ۱ Hz تا ۱۰ GHz

حدود پرتوگیری							نوع پرتوگیری
شدت میدان الکتریکی مؤثر ^f (بافت‌های سوزیدن)، E _{v/m}	شدت میدان الکتریکی مؤثر ^f (سیستم اعصاب مرکزی سر)، E _{v/m}	SAR موضعی (دست‌ها و پاها) ^{cd} W/Kg	SAR موضعی (سر و تنه) ^{cde} W/Kg	SAR متوسط (تمام بدن) W/Kg	چگالی جریان مؤثر (سر و تنه) ^b mA/m ²	محدوده‌ی فرکانسی	
8.0×10^{-1}	$5.0 \times 10^{-1} \div f$	-	-	-	$40 \div f$	۱-۴ Hz	
8.0×10^{-1}	$5.0 \times 10^{-1} \div f$	-	-	-	۱۰	۴-۱۰ Hz	
8.0×10^{-1}	5.0×10^{-2}	-	-	-	۱۰	۱۰-۲۵ Hz	
8.0×10^{-1}	$2.0 \times 10^{-2} \times f$	-	-	-	۱۰	۲۵-۴۰۰ Hz	
8.0×10^{-1}	8.0×10^{-1}	-	-	-	۱۰	۰.۴-۱ kHz	
8.0×10^{-1}	8.0×10^{-1}	-	-	-	$f \div 100$	۱-۳ kHz	
$2.7 \times 10^{-4} \times f$	$2.7 \times 10^{-4} \times f$	-	-	-	$f \div 100$	۳-۱۰۰ kHz	
$2.7 \times 10^{-4} \times f$	$2.7 \times 10^{-4} \times f$	2.0×10^1	1.0×10^1	4.0×10^{-1}	$f \div 100$	۰.۱-۱۰ MHz	
-	-	2.0×10^1	1.0×10^1	4.0×10^{-1}	-	۰.۰۱-۱۰ GHz	
4.0×10^{-1}	$1.0 \times 10^{-1} \div f$	-	-	-	$8 \div f$	۱-۴ Hz	
4.0×10^{-1}	$1.0 \times 10^{-1} \div f$	-	-	-	۲	۴-۱۰ Hz	
4.0×10^{-1}	1.0×10^{-2}	-	-	-	۲	۱۰-۲۵ Hz	
4.0×10^{-1}	$4.0 \times 10^{-4} \times f$	-	-	-	۲	۲۵-۱۰۰۰ Hz	
4.0×10^{-1}	4.0×10^{-1}	-	-	-	$f \div 500$	۱-۳ kHz	
$1.35 \times 10^{-4} \times f$	$1.35 \times 10^{-4} \times f$	-	-	-	$f \div 500$	۳-۱۰۰ kHz	
$1.35 \times 10^{-4} \times f$	$1.35 \times 10^{-4} \times f$	۴.۰۰	۲.۰۰	8.0×10^{-2}	$f \div 500$	۰.۱-۱۰ MHz	
-	-	۴.۰۰	۲.۰۰	8.0×10^{-2}	-	۰.۰۱-۱۰ GHz	

یادآوری: مقادیر این جدول از منابع ۱ و ۲ در بند پیش‌گفتار اخذ شده‌است.

^a در تمام جدول مقدار فرکانس، f، بر حسب هر تریز جایگزین شود.

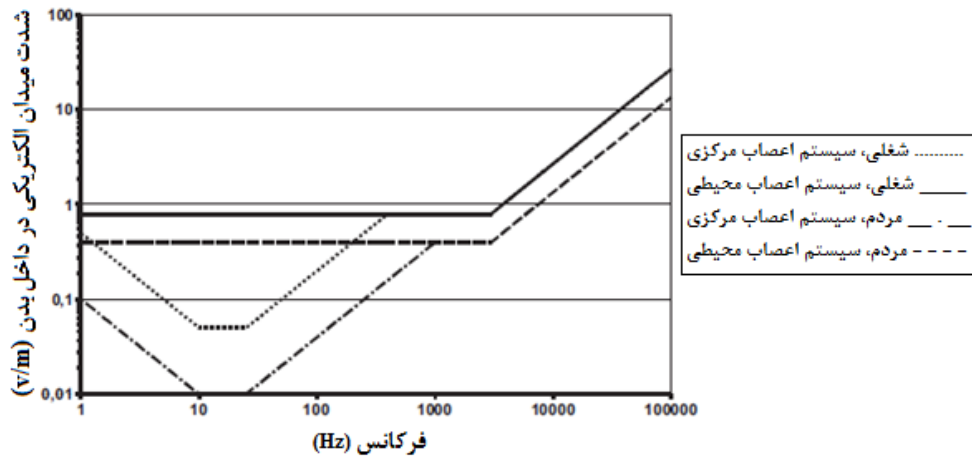
^b به دلیل غیریکنواختی الکتریکی بافت‌های بدن، چگالی‌های جریان باید بر یک سطح مقطع 1 cm^2 عمود بر مسیر جریان متوسط‌گیری شوند.

^c مقادیر SAR در بازه‌های زمانی ۶ دقیقه‌ای متوسط‌گیری می‌شوند.

^d SAR متوسط موضعی باید در هر ۱۰ گرم از بافت به هم پیوسته به دست آید؛ بیشترین SAR به دست آمده از این طریق باید برای برآورد پرتوگیری استفاده شود. (منظور این است که SAR باید برای هر ۱۰gr تعیین شود و از مجموعه SARهای به دست آمده بیشترین مقدار در نظر گرفته شود).

^e برای پالس‌ها با عرض t_p ، فرکانس معادلی که در حدود پایه به کار می‌رود، باید از معادله ($f = 1 \div 2 t_p$) محاسبه شود. علاوه بر این برای پرتوگیری‌های پالسی در محدوده‌ی فرکانس ۰.۳ تا ۱۰ گیگاهرتز و برای پرتوگیری موضعی سر، به منظور محدود کردن یا جلوگیری از اثرات شنیداری حاصل از انبساط کشسانی حرارتی، مراعات یک حد پایه‌ی اضافی توصیه می‌شود. در این شرایط SA میانگین‌گیری شده بر ۱۰ گرم بافت، نباید از ۱۰ mJ/kg برای شاغلین و از ۲ mJ/kg برای عموم مردم، بیشتر شود.

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



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

۲-۴ سطوح مرجع (حدود کمیت‌های کاربردی) برای پرتوگیری شغلی و مردم

۱-۲-۴ سطوح مرجع پرتوگیری شغلی برای پرتوهای الکترومغناطیسی ELF، VLF، LF، RF و MW

در جدول ۴، سطوح مرجع یا حدود کمیت‌های کاربردی برای پرتوگیری شغلی با عنوان حدود پرتوگیری شغلی برای پرتوهای الکترومغناطیسی ELF، VLF، LF، RF و MW نشان داده شده است.

جدول ۴- حدود پرتوگیری شغلی برای پرتوهای الکترومغناطیسی ELF، VLF، LF، RF و MW

حدود پرتوگیری				محدوده فرکانس (f)
چگالی توان موج تخت، S_{eq} W/m^2	چگالی شار مغناطیسی مؤثر، B μT	شدت میدان مغناطیسی مؤثر، H A/m	شدت میدانی الکتریکی مؤثر، E V/m	
-	2.00×10^5	1.63×10^5	-	تا ۱ Hz
-	$2.00 \times 10^5 \div f^2$	$1.63 \times 10^5 \div f^2$	2.00×10^4	۱ Hz - ۸ Hz
-	$2.50 \times 10^4 \div f$	$2.00 \times 10^4 \div f$	2.00×10^4	۸ Hz - ۲۵ Hz
-	1.00×10^3	8.00×10^2	$5.00 \times 10^5 \div f$	۲۵ Hz - ۳۰۰ Hz
-	$3.00 \times 10^2 \div f$	$2.40 \times 10^2 \div f$	$5.00 \times 10^2 \div f$	۰/۳ kHz - ۳ kHz
-	1.00×10^2	8.00×10^1	1.70×10^2	۳ kHz - ۱۰۰ kHz
-	$2.00 \div f$	$1.60 \div f$	1.70×10^2	۰/۱ MHz - ۳ MHz
-	$2.00 \div f$	$1.60 \div f$	$6.10 \times 10^2 \div f$	۳ MHz - ۱۰ MHz
1.00×10^1	2.00×10^{-1}	1.60×10^{-1}	6.10×10^1	۱۰ MHz - ۰/۴ GHz
$f \div (4.00 \times 10^1)$	$1.00 \times 10^{-1} \times \sqrt{f}$	$8.00 \times 10^{-2} \times \sqrt{f}$	$3.00 \times \sqrt{f}$	۰/۴ GHz - ۲ GHz
5.00×10^1	4.50×10^{-1}	3.60×10^{-1}	1.37×10^2	۲ GHz - ۳۰۰ GHz

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

ادامه جدول ۴- حدود پرتوگیری شغلی برای پرتوهای الکترومغناطیسی ELF، VLF، LF، RF و MW

^a در هر سطر یکای فرکانس (f)، همان یکایی است که درستون محدوده فرکانس مرتبط با آن سطر آمده است.

^b حدود این جدول طوری در نظر گرفته شده است که حدود پایه مراعات شود. در صورتی که بتوان ثابت کرد که حدود پایه رعایت می شود و اثرات مضر غیرمستقیم نیز بروز نمی کند، می توان در میدان های بالاتر از حدود ارائه شده در این جدول پرتوگیری نمود.

^c در فرکانس های کم تر از ۱۰۰ kHz، مقادیر E و H مقادیر موثر در یک دوره تناوب هستند.

^d در فرکانس های بیشتر از ۱۰۰ kHz، حدود میدان مغناطیسی برای اثرات آن بر سیستم اعصاب مرکزی و محیطی بدن، بالاتر از حدود پرتوگیری از این میدان برای سایر اثرات است. لذا در این فرکانس ها حدود سخت گیرانه تر که مرتبط با سایر اثرات است در جدول آمده است. به این علت حدود در فرکانس ۱۰۰ kHz برای H و B ناپیوسته است.

^e برای فرکانس های ۱۰۰ kHz الی ۱۰ GHz، باید مقادیر شدت میدان الکتریکی مؤثر (E)، شدت میدان مغناطیسی مؤثر (H) و چگالی توان موج تخت (S_{eq}) در مدت ۶ دقیقه، با مقادیر جدول مقایسه شود (به عبارت دیگر مقادیر S_{eq} ، E^2 و H^2 در بازه های زمانی ۶ دقیقه متوسط گیری شوند).

^f برای بیشینه مقادیر E و H تا فرکانس ۱۰۰ kHz به شکل های ۳ و ۴ و برای فرکانس های بین ۱۰۰ kHz و ۱۰ MHz به شکل های ۵ و ۶ مراجعه شود. بین ۱۰۰ kHz و ۱۰ MHz مقادیر بیشینه شدت میدان، با استفاده از درون یابی^۱ از مقدار ۱٫۵ برابر حد شدت مؤثر E یا H در فرکانس ۱۰۰ kHz تا ۳۲ برابر حد شدت مؤثر E یا H در فرکانس ۱۰ MHz به دست می آید. در فرکانس های بالاتر از ۱۰ MHz توصیه می شود که میانگین چگالی توان موج تخت، روی عرض هر پالس از ۱۰۰۰ برابر حد ارائه شده برای (S_{eq}) بیشتر نشود. این معادل آن است که E و H از ۳۲ برابر حدود این میدان ها بیشتر نشود.

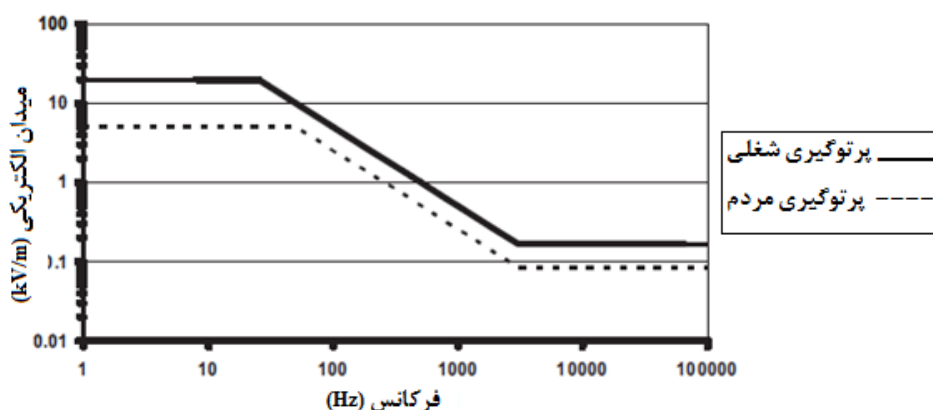
^g برای فرکانس های بالاتر از ۱۰ GHz، S_{eq} ، E_{eff} و H_{eff} باید در مدت $68/f^{1.05}$ دقیقه به دست آید، به عبارت دیگر مقادیر S_{eq} ، E^2 و H^2 در بازه زمانی $68/f^{1.05}$ دقیقه متوسط گیری شوند، (f بر حسب گیگاهرتز است) و با جدول مقایسه گردند.

۴-۲-۲ سطوح مرجع پرتوگیری مردم برای پرتوهای الکترومغناطیسی ELF، VLF، LF، RF و MW

جدول ۵، سطوح مرجع (حدود کمیت های کاربردی) پرتوگیری مردم با عنوان حدود پرتوگیری مردم برای پرتوهای الکترومغناطیسی ELF، VLF، LF، RF و MW را نشان می دهد.

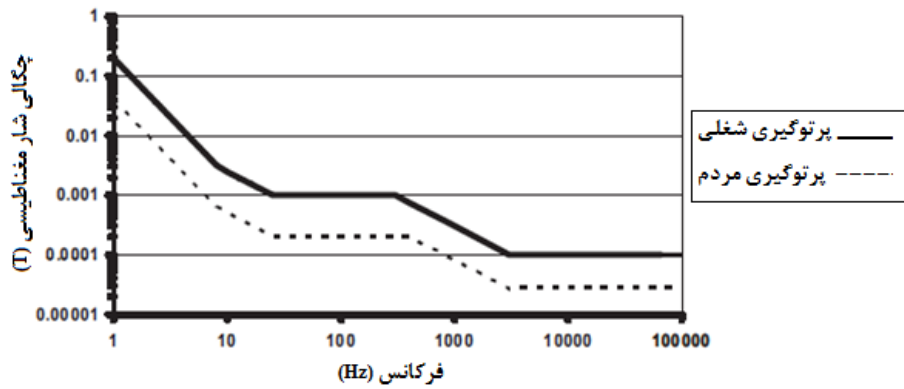
نمودارهای شکل های ۵ و ۶ حدود پرتوگیری شغلی و مردم در میدان های الکترومغناطیسی متغیر با زمان در بازه فرکانسی ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz را بر اساس جدول های ۴ و ۵ نشان می دهد.

نمودارهای شکل های ۷ و ۸ حدود پرتوگیری شغلی و مردم در میدان های الکترومغناطیسی متغیر با زمان در فرکانس های ۱۰۰ kHz به بالا را بر اساس جدول های ۴ و ۵ نشان می دهد.

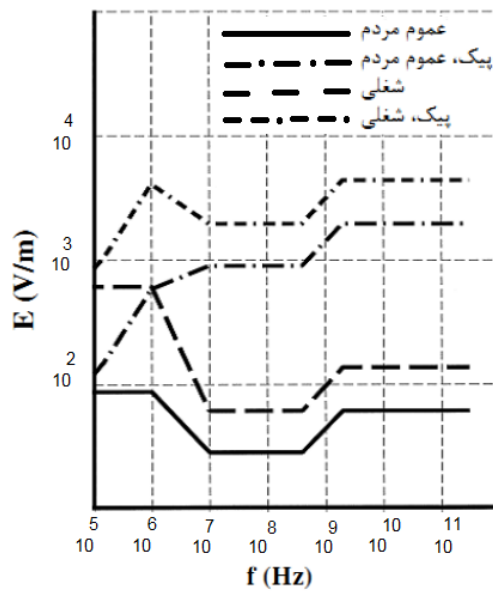


شکل ۵- سطوح مرجع برای میدان های الکتریکی متغیر با زمان در بازه فرکانسی ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz

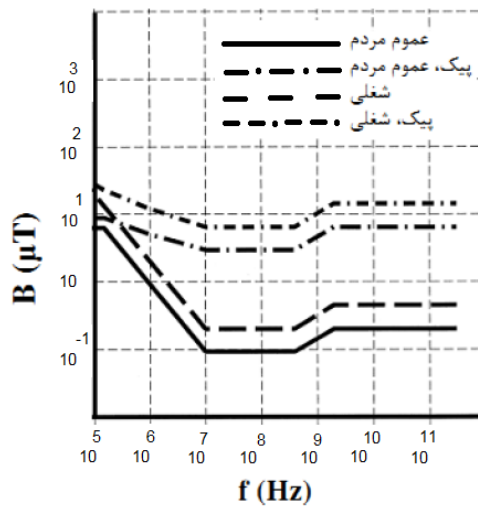
¹- Interpolation



شکل ۶- سطوح مرجع برای میدان‌های مغناطیسی متغیر با زمان در بازه فرکانسی ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz



شکل ۷- سطوح مرجع برای میدان الکتریکی متغیر با زمان در بازه فرکانسی ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz



شکل ۸- سطوح مرجع برای میدان مغناطیسی متغیر با زمان ۱۰۰ kHz تا ۳۰۰ GHz

جدول ۵- حدود پرتوگیری مردم برای پرتوهای الکترومغناطیسی ELF، VLF، LF، RF و MW

حدود پرتوگیری				محدوده فرکانس (f)
چگالی توان موج S_{eq} تخت W/m^2	چگالی شار مغناطیسی مؤثر، B μT	شدت میدان مغناطیسی مؤثر، H A/m	شدت میدان الکتریکی مؤثر، E V/m	
-	$4,00 \times 10^4$	$3,20 \times 10^4$	-	تا ۱ Hz
-	$4,00 \times 10^4 \div f^2$	$3,20 \times 10^4 \div f^2$	$5,00 \times 10^3$	۱ Hz - ۸ Hz
-	$5,00 \times 10^3 \div f$	$4,00 \times 10^3 \div f$	$5,00 \times 10^3$	۸ Hz - ۲۵ Hz
-	$2,00 \times 10^2$	$1,60 \times 10^2$	$5,00 \times 10^3$	۲۵ Hz - ۵۰ Hz
-	$2,00 \times 10^2$	$1,60 \times 10^2$	$2,50 \times 10^5 \div f$	۵۰ Hz - ۴۰۰ Hz
-	$8,00 \times 10^1 \div f$	$6,40 \times 10^1 \div f$	$2,50 \times 10^2 \div f$	۰/۴ kHz - ۳ kHz
-	$2,70 \times 10^1$	$2,10 \times 10^1$	$8,30 \times 10^1$	۳ kHz - ۱۰۰ kHz
-	۶,۲۵	۵,۰۰	$8,30 \times 10^1$	۰/۱ MHz - ۱ MHz
-	$9,20 \times 10^{-1} \div f$	$7,30 \times 10^{-1} \div f$	$8,70 \times 10^1 \div \sqrt{f}$	۱ MHz - ۱۰ MHz
۲,۰۰	$9,20 \times 10^{-2}$	$7,30 \times 10^{-2}$	$2,80 \times 10^1$	۱۰ MHz - ۰/۴ GHz
$f \div (2,00 \times 10^2)$	$4,60 \times 10^{-3} \times \sqrt{f}$	$3,70 \times 10^{-3} \times \sqrt{f}$	$1,375 \times \sqrt{f}$	۰/۴ GHz - ۲ GHz
$1,00 \times 10^1$	$2,00 \times 10^{-1}$	$1,60 \times 10^{-1}$	$6,10 \times 10^1$	۲GHz - ۳۰۰ GHz

یادآوری: مقادیر این جدول از منابع ۱ و ۲ در بند پیش‌گفتار اخذ شده‌است.

^a در هر سطر یکای فرکانس (f)، همان یکایی است که در آن سطر، در ستون محدوده فرکانس آمده است.
^b حدود این جدول طوری است که حدود پایه مراعات شود. در صورتی که بتوان ثابت کرد که حدود پایه رعایت می‌شود و اثرات مضر غیرمستقیم نیز بروز نمی‌کند، می‌توان در میدان‌های بالاتر از حدود ارائه شده در این جدول پرتوگیری نمود.
^c در فرکانس‌های کمتر از ۱۰۰ kHz، مقادیر E و H مقادیر مؤثر در یک دوره تناوب هستند.
^d در فرکانس‌های بیشتر از ۱۰۰ kHz، حدود میدان مغناطیسی برای اثرات آن بر سیستم اعصاب مرکزی و محیطی بدن، بالاتر از حدود پرتوگیری از این میدان برای سایر اثرات است. لذا در این فرکانس‌ها حدود سخت‌گیرانه‌تر که مربوط به سایر اثرات است در جدول آمده است. به این علت حدود در فرکانس ۱۰۰ kHz برای H و B ناپیوسته است.
^e برای فرکانس‌های ۱۰۰ kHz الی ۱۰ GHz، باید مقادیر شدت میدان الکتریکی مؤثر (E)، شدت میدان مغناطیسی مؤثر (H) و چگالی توان موج تخت (S_{eq}) در مدت ۶ دقیقه، با مقادیر جدول مقایسه شود (به عبارت دیگر مقادیر S_{eq} ، E^2 و H^2 در بازه‌های زمانی ۶ دقیقه متوسط‌گیری شوند).
^f برای بیشینه مقادیر E و H تا فرکانس ۱۰۰ kHz شکل‌های ۳ و ۴ و برای فرکانس‌های بین ۱۰۰ kHz و ۱۰ MHz شکل‌های ۵ و ۶ ملاحظه شود. بین ۱۰۰ kHz و ۱۰ MHz مقادیر بیشینه شدت میدان، با استفاده از درون‌یابی^۱ از مقدار ۱/۵ برابر حد شدت مؤثر E یا H در فرکانس ۱۰۰ kHz تا ۳۲ برابر حد شدت مؤثر E یا H در فرکانس ۱۰ MHz به دست می‌آید. در فرکانس‌های بالاتر از ۱۰ MHz توصیه می‌شود که میانگین چگالی توان موج تخت، روی عرض هر پالس از ۱۰۰۰ برابر حد گفته‌شده برای (S_{eq}) بیشتر نشود. این معادل آن است که E و H از ۳۲ برابر حدود این میدان‌ها بیشتر نشود.
^g برای فرکانس‌های بالاتر از ۱۰ GHz، S_{eq} و E_{eff} باید در مدت $68/f^{1.05}$ دقیقه به دست آید، به عبارت دیگر مقادیر S_{eq} ، E^2 و H^2 در بازه زمانی $68/f^{1.05}$ دقیقه متوسط‌گیری، (f برحسب گیگاهرتز است) و با جدول مقایسه شوند.

^۱ - Interpolation

۳-۴ حدود جریان‌های تماسی و القایی شغلی و مردم

در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تا فرکانس ۱۱۰ مگاهرتز، چنانچه در اثر تماس با رساناها یا منابع پرتو، مقدار جریان تماسی از حدود معینی بیشتر شود احتمال شوک و سوختگی وجود دارد. در این موارد باید حدودی که در جدول ۶ ارائه شده‌است، برای مردان بالغ رعایت شود. حدود جریان تماسی برای کودکان نصف و برای زنان بالغ دو سوم حدود تعیین شده برای مردان بالغ در جدول ۶ است.

جدول ۶- حدود جریان تماسی برای پرتوگیری مردم و شغلی تا فرکانس ۱۱۰ مگاهرتز

حد جریان تماسی mA	محدوده فرکانس (f)	نوع پرتوگیری
۱۰۰	۰ - ۲٫۵ kHz	شغلی
$۴۰۰ \times ۱۰^{-۱} \times f^a$	۲٫۵ kHz - ۱۰۰ kHz	
۴۰۰×۱۰^۱	۱۰۰ kHz - ۱۱۰ MHz	
۵۰۰×۱۰^{-۱}	۰ - ۲٫۵ kHz	مردم
$۲۰۰ \times ۱۰^{-۱} \times f^a$	۲٫۵ kHz - ۱۰۰ kHz	
۲۰۰×۱۰^۱	۱۰۰ kHz - ۱۱۰ MHz	
یادآوری ۱: مقادیر این جدول از منبع ۲ در بند پیش‌گفتار اخذ شده‌است.		
یادآوری ۲: حد جریان تماسی برای کودکان نصف و برای زنان بالغ دو سوم حدود داده شده برای مردان بالغ (در همین جدول) است.		
a f برحسب kHz می‌باشد.		

در بازه فرکانسی ۱۰ MHz تا ۱۱۰ MHz، حدود جریان‌های القایی در دست‌ها و پاها برای پرتوگیری شغلی و مردم در جدول ۷ ارائه شده‌است.

جدول ۷- حدود جریان القایی در دست‌ها و پاها برای پرتوگیری مردم و شغلی در بازه فرکانسی ۱۰ MHz تا ۱۱۰ MHz

حد جریان القایی mA	نوع پرتوگیری
۱۰۰×۱۰^۲	شغلی
۴۰۰×۱۰^۱	مردم
یادآوری ۱: مقادیر این جدول از منبع ۲ در بند پیش‌گفتار اخذ شده‌است.	
یادآوری ۲: حد پرتوگیری مردم برابر با حد پرتوگیری شغلی تقسیم بر $\sqrt{۵}$ است.	
یادآوری ۳: برای تطبیق با حدود پایه‌ی SAR موضعی، جذر مقدار متوسط‌گیری شده‌ی زمانی مربع جریان القایی، در هر بازه زمانی ۶ دقیقه، اساس حدود پایه را شکل می‌دهد. (شدت جریان القایی مؤثر در ۶ دقیقه باید با حدود این جدول مقایسه شود)	

۴-۴ پرتوگیری همزمان از میدان‌های الکترومغناطیسی با چند فرکانس مختلف

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

۱-۴-۴ کمیت‌های پایه

کمیت‌های پایه برای فرکانس‌های تا ۱۰ مگاهرتز، چگالی جریان القایی و شدت میدان الکتریکی داخل بدن هستند که باید مطابق با فرمول‌های زیر جمع شوند و مقدار کل از یک کم‌تر باشد.

$$\sum_{i=1}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1 \quad (23)$$

$$\sum_{i=1}^{10 \text{ MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} \leq 1 \quad (24)$$

که در آن‌ها:

J_i چگالی جریان القا شده بر حسب آمپر بر مترمربع (A/m^2) در فرکانس i ؛
 $J_{L,i}$ حد چگالی جریان بر حسب آمپر بر مترمربع (A/m^2) در فرکانس i ، که در جدول ۳ داده شده است؛
 E_i شدت میدان الکتریکی داخل بدن بر حسب ولت بر متر (V/m) در فرکانس i ؛ و
 $E_{L,i}$ حد شدت میدان الکتریکی بر حسب ولت بر متر (V/m) در فرکانس i است که در جدول ۳ داده شده است.

برای فرکانس‌های بیش‌تر از ۱۰۰ kHz، مقادیر SAR و چگالی توان کمیت‌های پایه هستند و باید مطابق با فرمول زیر جمع شوند و مقدار کل از یک کم‌تر باشد.

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ GHz}} \frac{SAR_i}{SAR_L} + \sum_{i>10 \text{ GHz}} \frac{S_i}{S_L} \leq 1 \quad (25)$$

که در آن:

SAR_i عبارت است از SAR حاصل از پرتوگیری در فرکانس i ، مقدار آن بر حسب وات بر کیلوگرم (W/kg) می‌باشد؛

SAR_L حد SAR بر حسب وات بر کیلوگرم (W/kg) می‌باشد که در جدول ۳ آمده است؛

S_i چگالی توان بر حسب وات بر متر مربع (W/m^2) در فرکانس i ؛ و

S_L حد چگالی توان بر حسب وات بر مترمربع (W/m^2) در فرکانس i می‌باشد که در جدول‌های ۴ و ۵ آمده است.

۴-۴-۲ سطوح مرجع (کمیت‌های کاربردی)

کمیت‌های کاربردی، شدت میدان الکتریکی، شدت میدان مغناطیسی و چگالی توان در محیط هستند. برای کاربردهای عملی، معیارهای زیر برای حدود شدت میدان‌ها به کار می‌رود. برای پیشگیری از اثرات آسیب‌رسان چگالی جریان القا شده و تحریک الکتریکی، تا فرکانس ۱۰MHz، دو فرمول زیر برای حدود میدان‌ها به کار می‌رود:

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_j}{E_{L,j}} \leq 1 \quad (26)$$

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{H_j}{H_{L,j}} \leq 1 \quad (27)$$

که در آن‌ها:

E_j شدت میدان الکتریکی بر حسب ولت بر متر (V/m) در فرکانس j ؛
 $E_{L,j}$ حد شدت میدان الکتریکی بر حسب ولت بر متر (V/m) در فرکانس j مطابق با جدول‌های ۴ و ۵؛
 H_j شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر بر متر (A/m) در فرکانس j ؛ و
 $H_{L,j}$ حد شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر بر متر (A/m) در فرکانس j مطابق با جدول‌های ۴ و ۵ هستند.

به‌منظور پیشگیری از اثرات گرمایی میدان‌های الکترومغناطیسی در بدن برای فرکانس‌های بیش از ۱۰۰ کیلوهرتز، دو فرمول زیر باید به کار گرفته شوند:

$$\sum_{i=100\text{kHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{L,i}} \right)^2 \leq 1 \quad (28)$$

و

$$\sum_{j=100\text{kHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{L,j}} \right)^2 \leq 1 \quad (29)$$

که در آن‌ها:

E_i شدت میدان الکتریکی بر حسب ولت بر متر (V/m) در فرکانس i ؛
 $E_{L,i}$ حد شدت میدان الکتریکی بر حسب ولت بر متر (V/m) در فرکانس i مطابق با جدول‌های ۴ و ۵؛
 H_j شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر بر متر (A/m) در فرکانس j ؛ و
 $H_{L,j}$ حد شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر بر متر (A/m) در فرکانس j مطابق با جدول‌های ۴ و ۵ است.

۳-۴-۴ جریان‌های تماسی و القایی

در فرکانس‌های بالاتر از ۱۰ مگاهرتز برای جریان‌های القایی در دست و پا و در فرکانس‌های بالاتر از یک هرتز، برای جریان‌های تماسی حدود زیر اعمال می‌شود.

$$\sum_{k=10 \text{ MHz}}^{110 \text{ MHz}} \left(\frac{I_k}{I_{L,k}} \right)^2 \leq 1 \quad (30)$$

$$\sum_{n=1 \text{ Hz}}^{110 \text{ MHz}} \frac{I_n}{I_{L,n}} \leq 1 \quad (31)$$

که در آن‌ها:

I_k جریان القایی در دست و پا بر حسب میلی آمپر (mA) در فرکانس k ؛
 $I_{L,k}$ حد جریان القایی در دست و پا بر حسب میلی آمپر (mA) در فرکانس k مطابق با جدول ۷؛
 I_n جریان تماسی بر حسب میلی آمپر (mA) در فرکانس n ؛ و
 $I_{L,n}$ حد جریان تماسی بر حسب میلی آمپر (mA) در فرکانس n مطابق با جدول ۶ است.

۵-۴ حد میدان مغناطیسی مستقیم (DC) برای مردم و شاغلین

حدود پرتوگیری در میدان مغناطیسی مستقیم، برای مردم و شاغلین در جدول ۸ داده شده است.

جدول ۸- حدود پرتوگیری مردم و شغلی در میدان مغناطیسی مستقیم

نوع پرتوگیری	مشخصات پرتوگیری	چگالی شار مغناطیسی
مردم ^{a,b}	در محل قرارگرفتن فرد (هر قسمت از بدن)	در هیچ نقطه‌ای نباید از ۴۰۰ میلی تسلا بیشتر شود.
شغلی ^b	در محل قرارگرفتن سر و تنه	در هیچ نقطه‌ای نباید از ۲ تسلا بیشتر شود.
	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.		
^a اشخاصی که در بدنشان وسایل پزشکی الکترونیکی و یا ایمپلنت‌های حاوی مواد فرومغناطیسی قرار داده شده است، نباید در میدان مغناطیسی قوی‌تر از ۰٫۵ میلی تسلا قرار گیرند.		
^b در محیط‌هایی که خطر پرت شدن اشیاء در اثر میدان مغناطیسی ثابت وجود دارد، چگالی شار مغناطیسی نباید از ۰٫۵ میلی تسلا بیشتر شود.		

۶-۴ حدود پرتوگیری با پرتوهای فرابنفش (منابع غیرلیزری)

به‌منظور پیشگیری از آسیب دیدن 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 باشد، حداکثر مدت زمان مجاز پرتوگیری با پرتوهای فرابنفش در هر دوره ۸ ساعته از معادله زیر به دست می آید.

$$E_{eff} t \leq 30 \text{ J/m}^2 \quad (32)$$

که در آن:

E_{eff} شدت تابش مؤثر (در محل قرارگرفتن شخصی که پرتوگیری می کند) بر حسب وات بر مترمربع (W/m^2) ؛

t مدت زمان پرتوگیری بر حسب ثانیه (s)؛ و

30 J/m^2 حد دز تابشی مؤثر در هر دوره ۸ ساعته است.

در جدول ۹، حدود دز تابشی در هر دوره ۸ ساعته و ضرائب تأثیر نسبی پرتوهای فرابنفش در طول موج های مختلف بر بدن انسان آمده است.

همچنین لازم است که در طول موج های ۳۱۵ نانومتر تا ۴۰۰ نانومتر علاوه بر رعایت حد دز تابشی مؤثر، دز تابشی (منظور انرژی جذب شده نیست) پرتو فرابنفش در محل چشم در هر دوره ۸ ساعته، از 10^4 ژول بر مترمربع کم تر باشد.

جدول ۹- حدود دز تابشی در هر دوره ۸ ساعته و ضرائب تأثیر نسبی پرتوهای فرابنفش در طول موج های 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

ادامه جدول ۹- حدود دز تابشی در هر دوره ۸ ساعته و ضرائب تأثیر نسبی پرتوهای

فرابنفش در طول موج‌های مختلف بر بدن انسان

حد دز تابشی در ۸ ساعت J/m^2	ضریب نسبی تأثیر (S_λ)	طول موج nm	ردیف
۳۷	۰٫۸۱۰	۲۶۵	۱۷
۳۰	۱٫۰۰۰	۲۷۰	۱۸
۳۱	۰٫۹۶۰	۲۷۵	۱۹
۳۴	۰٫۸۸۰	۲۸۰	۲۰
۳۹	۰٫۷۷۰	۲۸۵	۲۱
۴۷	۰٫۶۴۰	۲۹۰	۲۲
۵۶	۰٫۵۴۰	۲۹۵	۲۳
۶۵	۰٫۴۶۰	۲۹۷	۲۴
۱۰۰	۰٫۳۰۰	۳۰۰	۲۵
۲۵۰	۰٫۱۲۰	۳۰۳	۲۶
۵۰۰	۰٫۰۶۰	۳۰۵	۲۷
۱۲۰۰	۰٫۰۲۶	۳۰۸	۲۸
۲۰۰۰	۰٫۰۱۵	۳۱۰	۲۹
۵۰۰۰	۰٫۰۰۶	۳۱۳	۳۰
۱۰۰۰۰	۰٫۰۰۳	۳۱۵	۳۱
۱۳۰۰۰	۰٫۰۰۲۴	۳۱۶	۳۲
۱۵۰۰۰	۰٫۰۰۲۰	۳۱۷	۳۳
۱۹۰۰۰	۰٫۰۰۱۶	۳۱۸	۳۴
۲۵۰۰۰	۰٫۰۰۱۲	۳۱۹	۳۵
۲۹۰۰۰	۰٫۰۰۱۰	۳۲۰	۳۶
۴۵۰۰۰	۰٫۰۰۰۶۷	۳۲۲	۳۷
۵۶۰۰۰	۰٫۰۰۰۵۴	۳۲۳	۳۸
۶۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۵۰	۳۲۵	۳۹
۶۸۰۰۰	۰٫۰۰۰۴۴	۳۲۸	۴۰
۷۳۰۰۰	۰٫۰۰۰۴۱	۳۳۰	۴۱
۸۱۰۰۰	۰٫۰۰۰۳۷	۳۳۳	۴۲
۸۸۰۰۰	۰٫۰۰۰۳۴	۳۳۵	۴۳
۱۱۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۲۸	۳۴۰	۴۴
۱۳۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۲۴	۳۴۵	۴۵
۱۵۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۲۰	۳۵۰	۴۶
۱۹۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۱۶	۳۵۵	۴۷

ادامه جدول ۹- حدود دز تابشی در هر دوره ۸ ساعته و ضرائب تأثیر نسبی پرتوهای

فرابنفش در طول موجهای مختلف بر بدن انسان

حد دز تابشی در ۸ ساعت J/m ²	ضریب نسبی تأثیر (S _λ)	طول موج nm	ردیف
۲۳۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۱۳	۳۶۰	۴۸
۲۷۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۱۱	۳۶۵	۴۹
۳۲۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۹۳	۳۷۰	۵۰
۳۹۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۷۷	۳۷۵	۵۱
۴۷۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۶۴	۳۸۰	۵۲
۵۷۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۵۳	۳۸۵	۵۳
۶۸۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۴۴	۳۹۰	۵۴
۸۳۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۳۶	۳۹۵	۵۵
۱۰۰۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۳۰	۴۰۰	۵۶

یادآوری: مقادیر این جدول از منبع ۵ در بند پیش گفتار اخذ شده است.

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

^b 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.

^c اندازه شدت پرتو برای به دست آوردن پرتو دریافتی، باید با دستگاه اندازه گیری با پاسخ زاویه ای کسینوسی صورت گیرد.

^d S_λ در طول موجهایی که در جدول ذکر نشده است توسط معادله های زیر محاسبه می شود.

$$210 \leq \lambda \leq 270 \text{ nm}; S_{\lambda} = 0.959^{(270 - \lambda)} \quad (33)$$

$$270 < \lambda \leq 300 \text{ nm}; S_{\lambda} = 1 - 0.36 \left(\frac{\lambda - 270}{20} \right)^{1.64} \quad (34)$$

$$300 < \lambda \leq 400 \text{ nm}; S_{\lambda} = 0.3 \times 0.736^{(\lambda - 300)} + 10^{(2 - 0.0163 \lambda)} \quad (35)$$

۷-۴ حدود پرتوگیری با پرتوهای مرئی و فروسرخ (منابع غیرلیزری)

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

۱-۷-۴ حد پرتوگیری بر اساس تأثیر گرمایی نور بر شبکه (۳۸۰ nm تا ۱۴۰۰ nm)

برای بررسی اثرات گرمایی نور بر شبکه چشم، از معادله های زیر استفاده می شود.

- تابندگی مؤثر شبکه^۱ (L_R)

تابندگی مؤثر شبکه با معادله زیر محاسبه می شود:

^۱ - Effective radiance

$$L_R = \sum_{\lambda=380}^{1400} L_{\lambda} R_{\lambda} \Delta \lambda \quad (36)$$

که در آن:

λ طول موج‌هایی است که در آن طول موج‌ها L_{λ} اندازه‌گیری می‌شود. λ بر حسب نانومتر (nm) است و در محدوده ۳۸۰ نانومتر تا ۱۴۰۰ نانومتر قرار دارد؛

L_{λ} تابندگی در طول موج λ بر حسب وات بر مترمربع بر استرادیان بر نانومتر ($W/m^2 \cdot Sr \cdot nm$)؛

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 ۱۳ داده شده است؛ و

$\Delta \lambda$ 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 مترمربع بر استرادیان ($W/m^2 \cdot Sr$) است.

- دز تابندگی مؤثر شبکه^۱ (D_R)

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

$$D_R = \int_{t_1} L_R(t) dt \quad (37)$$

که در آن:

D_R دز تابندگی مؤثر بر حسب ژول بر مترمربع بر استرادیان ($J/m^2 \cdot Sr$)؛

$L_R(t)$ تابندگی مؤثر در لحظه t بر حسب وات بر مترمربع بر استرادیان ($W/m^2 \cdot Sr$) و

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

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

$$D_R = L_R t_1 \quad (38)$$

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

به منظور جلوگیری از آسیب‌های شبکه ناشی از گرمای پرتوهای نور مرئی و فروسرخ، حدود ارائه شده در جدول ۱۰ باید برای تابندگی مؤثر و یا دز تابندگی مؤثر رعایت شود. این حدود به طول موج، زاویه دید و زمان پرتوگیری بستگی دارد.

¹ - effective radiance dose

جدول ۱۰- 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 ² . Sr	تابندگی مؤثر (L _R) W/m ² . Sr		
b, c	۴۲۰	-	$t < 1 \times 10^{-6}$	کوچک $\alpha < \alpha_{min}$
a, b, c	$1,3 \times 10^{-7} \times t^{-0.75}$	$1,3 \times 10^{-7} \times t^{-0.75}$	$1 \times 10^{-6} \leq t < 0.25$	
b, d	-	$1,9 \times 10^{-7}$	$t \geq 0.25$	
a, b, c	$0.63 \times \alpha^{-1}$	-	$t < 1 \times 10^{-6}$	متوسط $\alpha_{min} \leq \alpha < \alpha_{max}$
a, b, c, d, e	$2,7 \times 10^{-7} \times \alpha^{-1} \times t^{-0.75}$	$2,7 \times 10^{-7} \times \alpha^{-1} \times t^{-0.75}$	$1 \times 10^{-6} \leq t < 0.25$	
a, b, d	$0.71 \times 10^{-7} \times \alpha^{-1}$	$2,8 \times 10^{-7} \times \alpha^{-1}$	$t \geq 0.25$	
c, e	۱۳۰	-	$t < 1 \times 10^{-6}$	بزرگ $\alpha \geq \alpha_{max}$
a, e, f	$4,7 \times 10^{-6} \times t^{-0.75}$	-	$1 \times 10^{-6} \leq t < 625 \times 10^{-6}$	
a, e, f	$10 \times 10^{-6} \times t^{-0.75}$	-	$625 \times 10^{-6} \leq t < 0.25$	
d, e	-	$2,8 \times 10^{-5}$	$t \geq 0.25$	

یادآوری: مقادیر این جدول از منبع ۶ در بند پیش‌گفتار اخذ شده‌است.

^a برای محاسبه حدود پرتوگیری، D_R^{EL} ، L_R^{EL} باید t برحسب ثانیه و α برحسب رادیان باشد.
^b $\alpha_{min} = 0.0015$ رادیان است. اگر $\alpha \leq \alpha_{min}$ باشد، برای محاسبه حد پرتوگیری به جای α مقدار α_{min} را بگذارید.
^c اگر $t < 10^{-6}$ s باشد، برای محاسبه حد دز تابندگی مؤثر D_R^{EL} ، به جای t مقدار 10^{-6} s را بگذارید.
^d اگر $t > 0.25$ s باشد، برای محاسبه حد تابندگی مؤثر، به جای t مقدار 0.25 s را بگذارید.
^e برای $625 \times 10^{-6} \text{ s} \leq t < 0.25 \text{ s}$ ، $\alpha_{max} = 0.005 \text{ rad}$ ، اگر $0.25 \text{ s} \leq t < 625 \times 10^{-6} \text{ s}$ باشد، آنگاه $\alpha_{max} = 0.2 \times t^{-0.15}$ است. اگر $t \geq 0.25$ باشد، آنگاه $\alpha_{max} = 0.1 \text{ rad}$ است.
^f اگر $\alpha_{max} < 0.1 \text{ rad}$ باشد، آنگاه $\alpha_{max} = \alpha$ است.

۴-۷-۲ پرتوگیری شبکه با منبع فروسرخ دارای نور مرئی ضعیف

چنانچه پرتوگیری شبکه از یک منبع فروسرخ گرمائی یا هر منبع فروسرخ نزدیک که نور مرئی قابل توجهی ندارد، روی دهد و مدت زمان پرتوگیری از 0.25 s بیشتر باشد، تابندگی مؤثر، L_R ، نباید از حدود به دست آمده مطابق با معادله‌های زیر بیشتر شود:

اگر $0.25 \text{ s} < t < 100 \text{ s}$ باشد:

$$L_{WVS}^{EL} = 2 \alpha^{-1} t^{-0.25} \times 10^{-4} \quad (39)$$

و اگر $t \geq 100 \text{ s}$ باشد:

$$L_{WVS}^{EL} = 0.63 \alpha^{-1} \quad (40)$$

در این معادله‌ها:

حد تابندگی مؤثر برای منابع فروسرخ نزدیک (۷۸۰ نانومتر تا ۱۴۰۰ نانومتر) با نور مرئی ناچیز، بر حسب وات بر متر مربع بر استرادیان (W/m²·Sr)؛
 α زاویه دید منبع بر حسب رادیان (rad)؛ و
 t مدت زمان پرتوگیری بر حسب ثانیه (s) است.

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

۳-۷-۴ حد پرتوگیری براساس تأثیر فتوشیمیایی نور بر چشم (۷۰۰ nm – ۳۰۰ nm)

به منظور جلوگیری از آسیب های شبکه ناشی از اثرات فتوشیمیایی نور آبی، حدود ارائه شده در جدول ۱۲ باید براساس شرایط رؤیت منبع و مدت زمان پرتوگیری شبکه، برای تابندگی مؤثر، دز تابندگی مؤثر، شدت تابش مؤثر و دز تابشی مؤثر رعایت شود. این حدود به طول موج، زاویه دید و زمان پرتوگیری بستگی دارد. برای بررسی اثرات فتوشیمیایی نور بر چشم، از معادله های زیر استفاده می شود.

- شدت تابش مؤثر (E_B)

$$E_B = \sum_{\lambda=300}^{700} E_{\lambda} B_{\lambda} \Delta \lambda \quad (41)$$

که در آن:

E_{λ} شدت تابش پرتو در طول موج λ بر حسب وات بر مترمربع بر نانومتر (W/m²·nm)؛
 B_{λ} ضریب نسبی تأثیر فتوشیمیایی پرتو در طول موج های مختلف، بر چشم؛ این ضریب واحد ندارد؛ و
 $\Delta \lambda$ فاصله دو طول موج متوالی که B_{λ} در آن دو طول موج اندازه گیری می شود. یکای $\Delta \lambda$ ، نانومتر (nm) است.
 یادآوری - یکای شدت تابش مؤثر در دستگاه بین المللی یکاها، وات بر متر مربع (W/m²) است.

- دز تابشی مؤثر (H_B)

$$H_B = \int_{t_1} E_B(t) dt \quad (42)$$

اگر E_B در مدت پرتوگیری ثابت باشد، معادله فوق به شکل زیر ساده می شود:

$$H_B = E_B t_1 \quad (43)$$

در دو معادله فوق:

E_B شدت تابش مؤثر بر حسب وات بر مترمربع (W/m²) و

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

یادآوری - یکای دز تابشی مؤثر در دستگاه بین المللی یکاها، ژول بر متر مربع (J/m²) است.

- تابندگی مؤثر (L_B)

$$L_B = \sum_{\lambda=300}^{700} L_{\lambda} B_{\lambda} \Delta \lambda \quad (44)$$

که در آن:

L_{λ} تابندگی در طول موج λ بر حسب وات بر مترمربع بر استرادیان بر نانومتر ($\text{W/m}^2 \cdot \text{Sr} \cdot \text{nm}$) 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 ($\text{W/m}^2 \cdot \text{Sr}$) است.

- دز تابندگی مؤثر (D_B)

$$D_B = \int_{t_1} L_B(t) dt \quad (45)$$

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

$$D_B = L_B t_1 \quad (46)$$

در دو معادله فوق:

L_B تابندگی مؤثر بر حسب وات بر مترمربع بر استرادیان ($\text{W/m}^2 \cdot \text{Sr}$)؛ و t_1 مدت زمان پرتوگیری بر حسب ثانیه (s) است.

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

تابندگی باید روی زاویه فضایی γ_{ph} میانگین‌گیری شود. مقدار قابل قبول γ_{ph} تابعی از زمان است که در جدول ۱۱ داده شده است.

در جدول ۱۳ 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} آورده شده است.

یادآوری- در پرتوگیری کودکان زیر ۲ سال و یا افراد دارای عدسی مصنوعی^۱، به دلیل حساسیت بالا باید در معادله‌های ۴۱ و ۴۴، مقادیر B_{λ} با مقادیر A_{λ} جایگزین شود.

¹ Aphakic eyes

جدول ۱۱- مقادیر زاویه فضایی میانگین گیری، γ_{ph} ، بر اساس زمان پرتوگیری

γ_{ph} rad	مدت زمان پرتوگیری، t s
۰٫۰۱۱	$t < ۱۰۰$
$۰٫۰۰۱۱ t^{۱/۵}$	$۱۰۰ \leq t < ۱۰^۴$
۰٫۱۱۰	$t \geq ۱۰^۴$

یادآوری ۱: مقادیر این جدول از منبع ۶ در بند پیش گفتار اخذ شده است.
یادآوری ۲: برای محاسبه γ_{ph} بر حسب رادیان، مقدار t باید بر حسب ثانیه جایگزین شود.

جدول ۱۲- حدود پرتوگیری براساس تاثیر فتو شیمیایی نور بر چشم

حدود پرتوگیری				مدت زمان پرتوگیری	زاویه دید منبع
دز تابندگی مؤثر (D_B) $J/m^2.Sr$	تابندگی مؤثر (L_B) $W/m^2.Sr$	دز تابشی مؤثر (H_B) J/m^2	شدت تابش مؤثر (E_B) W/m^2		
$۱۰^۶$	-	-	-	$۰٫۲۵ s < t < ۱۰^۴ s$	α^a برابر با γ_{ph}^b
-	۱۰۰	-	-	$t \geq ۱۰^۴ s$	یا بیشتر از آن
-	-	۱۰۰	-	$۰٫۲۵ s \leq t < ۱۰۰ s$	α کمتر از
-	-	-	۱	$۱۰۰ s \leq t < ۳۰۰۰۰ s$	γ_{ph}

یادآوری: مقادیر این جدول از منبع ۶ در بند پیش گفتار اخذ شده است.

α^a زاویه دید است.
 γ_{ph}^b مقادیر در جدول ۱۱ داده شده است.

جدول ۱۳- ضرایب A_λ , B_λ و R_λ

ضریب تأثیر نسبی آسیب گرمایی شبکه R_λ	ضریب تأثیر نسبی فوتوشیمیایی		طول موج nm	ردیف
	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
۱/۰	۰/۹۴۰	۰/۹۴۰	۴۵۰	۳۱

ادامه جدول ۱۳- ضرایب ضرایب A_λ , B_λ و R_λ

R_λ	B_λ	A_λ	طول موج nm	ردیف
۱/۰	۰/۹۰۰	۰/۹۰۰	۴۵۵	۳۲
۱/۰	۰/۸۰۰	۰/۸۰۰	۴۶۰	۳۳
۱/۰	۰/۷۰۰	۰/۷۰۰	۴۶۵	۳۴
۱/۰	۰/۶۲۰	۰/۶۲۰	۴۷۰	۳۵
۱/۰	۰/۵۵۰	۰/۵۵۰	۴۷۵	۳۶
۱/۰	۰/۴۵۰	۰/۴۵۰	۴۸۰	۳۷
۱/۰	۰/۴۰۰	۰/۴۰۰	۴۸۵	۳۸
۱/۰	۰/۳۲۰	۰/۳۲۰	۴۹۰	۳۹
۱/۰	۰/۱۶۰	۰/۱۶۰	۴۹۵	۴۰
۱/۰	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۵۰۰	۴۱
۱/۰	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۵۰۵	۴۲
۱/۰	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۵۱۰	۴۳
۱/۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۵۱۵	۴۴
۱/۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۰	۵۲۰	۴۵
۱/۰	۰/۰۳۲	۰/۰۳۲	۵۲۵	۴۶
۱/۰	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۵۳۰	۴۷
۱/۰	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰	۵۳۵	۴۸
۱/۰	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۵۴۰	۴۹
۱/۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۵۴۵	۵۰
۱/۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۵۵۰	۵۱
۱/۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۵۵۵	۵۲
۱/۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۵۶۰	۵۳
۱/۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۵۶۵	۵۴
۱/۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۵۷۰	۵۵
۱/۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۵۷۵	۵۶
۱/۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۵۸۰	۵۷
۱/۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۵۸۵	۵۸
۱/۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۵۹۰	۵۹
۱/۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۵۹۵	۶۰
۱/۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۶۰۰-۷۰۰	۶۱
$۱ \cdot \frac{[(700 - \lambda) / 500]}$	-	-	۷۰۰-۱۰۵۰	۶۲
۰/۲	-	-	۱۰۵۰-۱۱۵۰	۶۳
$۰/۲ \times ۱۰^{-۰/۲ [(1150 - \lambda)]}$	-	-	۱۱۵۰-۱۲۰۰	۶۴
۰/۰۲	-	-	۱۲۰۰-۱۴۰۰	۶۵

یادآوری: مقادیر این جدول از منبع ۶ در بند پیش‌گفتار اخذ شده‌است.

۴-۷-۴ حد پرتوگیری براساس اثرات گرمایی پرتو فروسرخ بر عدسی و قرنیه چشم (محدوده طول موج‌های ۷۸۰ نانومتر تا ۳۰۰۰ نانومتر)

به منظور پیشگیری از آسیب‌های قرنیه و آسیب‌های مزمن عدسی چشم (مانند آب مروارید) ناشی از گرما، حدود ارائه شده در جدول ۱۴ باید برای شدت تابش در محدوده فروسرخ (۷۸۰ nm تا ۳۰۰۰ nm) رعایت شود. شدت تابش در محدوده فروسرخ از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$E_{IR} = \sum_{\lambda=780}^{1000} 0.3 E_{\lambda} + \sum_{\lambda=1000}^{3000} E_{\lambda} \quad (47)$$

برای سادگی می‌توان به جای معادله بالا از معادله زیر استفاده کرد. در این صورت احتیاط بیش‌تری صورت می‌گیرد.

$$E_{IR} = \sum_{\lambda=780}^{3000} E_{\lambda} \quad (48)$$

در روابط ۴۷ و ۴۸:

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 ۱۴- حد پرتوگیری بر اساس اثرات گرمایی پرتو فروسرخ بر عدسی و قرنیه چشم

حد شدت تابش، E_{IR}^{EL} W/m^2	مدت زمان پرتوگیری، t s
$18 \times 10^3 t^{-0.75}$	$t < 1000$
۱۰۰	$t \geq 1000$

یادآوری: مقادیر این جدول از منبع ۶ در بند پیش‌گفتار اخذ شده‌است.

یادآوری- چنانچه دمای محیط خیلی کم باشد، حدود فوق قابل افزایش است؛ مثلاً در دماهای صفر و ۱۰ درجه سانتی‌گراد حد شدت تابش را می‌توان به ترتیب $400 W/m^2$ و $300 W/m^2$ در نظر گرفت.

۵-۷-۴ حد پرتوگیری با نور مرئی و پرتوهای فروسرخ برای پوست

به منظور پیشگیری از آسیب دیدن پوست ناشی از اثرات گرمایی نور مرئی و پرتوهای فروسرخ، اگر مدت زمان تابش پرتو فروسرخ به پوست کمتر از ۱۰ s باشد، باید دز تابشی به سطح پوست در محدوده ۴۰۰ nm تا ۳۰۰۰ nm کمتر از $10^4 \times t^{-0.75} \times 2.0$ ژول بر متر مربع باشد. برای زمان تابش بیش‌تر از ۱۰ s حد خاصی تعیین نمی‌شود، زیرا عکس‌العمل طبیعی بدن به گرمای حاصل مانع از آسیب دیدن پوست می‌شود.

- 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 حداکثر مدت زمان آن پرتوگیری، T ، رعایت شود.
 - برای پرتوگیری از یک قطار پالس، اصل گفته شده در بالا بدان معنی است که دز تابشی یا دز تابندگی هر پالس باید از حدود تعیین شده برای عرض پالس و همچنین دز تابشی یا دز تابندگی کل در مدت زمان T ، از حدود تعیین شده 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 آن که 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 مستقلاً 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 بیش‌ترین مقدار را دارد، باید با حدود پرتوگیری مقایسه شود.
 - برای پرتوگیری مکرر پوست که برای آن T_{max} برابر با 10 s است، نمی‌توان راهنمایی برای زمان سرد شدن بین دو پرتوگیری ارائه داد، زیرا آستانه آسیب هم به دمای محیط و هم به ناحیه‌ی تحت تابش بستگی دارد. چنانچه بعد از یک پرتوگیری 10 ثانیه‌ای زمان کافی بگذرد تا پوست خنک شود، اثرات بیولوژیکی ناشی از پرتوگیری‌های مکرر به هم افزوده نمی‌شوند و اساساً مستقل هستند. همچنین تا زمانی که درد احساس نشود (با این فرض که عکس‌العمل فردی که پرتوگیری می‌کند در برابر درد طبیعی است)، احتمال آسیب دیدن وجود ندارد. برای نواحی بزرگ تحت مواجهه، عموماً تنش گرمایی عامل بازدارنده است.
 - در مورد آسیب گرمایی شبکه، چنانچه فرکانس تکرار پالس بیش از 5 Hz ، و منبع از نوع منابع گسترده باشد که در این صورت زاویه دید منبع از 5 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 از آن کم‌تر است، حد پرتوگیری برای هر پالس با ضریب $n^{-0.75}$ (برای $n < 40$) و 0.4 (برای $n \geq 40$) کاهش می‌یابد.
- چنانچه زاویه دید منبع از α_{max} بیش‌تر و از 100 mrad کم‌تر است، حد پرتوگیری برای هر پالس با ضریب $n^{-0.75}$ (برای $n < 625$) و 0.2 (برای $n \geq 625$) کاهش می‌یابد.
- چنانچه زاویه دید منبع برابر با 100 mrad یا از آن بیش‌تر است، تغییری در حدود پرتوگیری برای هر پالس اعمال نمی‌شود.

۸-۴ حد پرتوگیری برای پرتوهای فراصوت

جدول ۱۵ حدود تراز فشار امواج فرا صوت برای پرتوگیری شغلی در حداکثر هشت ساعت کار در شبانه‌روز را نشان می‌دهد.

جدول ۱۵- حدود تراز فشار امواج فراصوت برای پرتوگیری شغلی در حداکثر ۸ ساعت کار روزانه

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

جدول ۱۶ حدود تراز فشار امواج فراصوت برای پرتوگیری مردم را نشان می‌دهد.

جدول ۱۶- حدود تراز فشار امواج فراصوت برای پرتوگیری مردم

ردیف	تراز فشار (دسی بل) dB	فرکانس 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 شده‌است.		

تراز فشار امواج فراصوت در محل قرارگرفتن گوش هر فرد، باید با حدود داده‌شده در این استاندارد مقایسه شود. لذا باید اندازه‌گیری‌ها در ارتفاع میانگین محل قرارگیری گوش افراد، صورت گیرد.