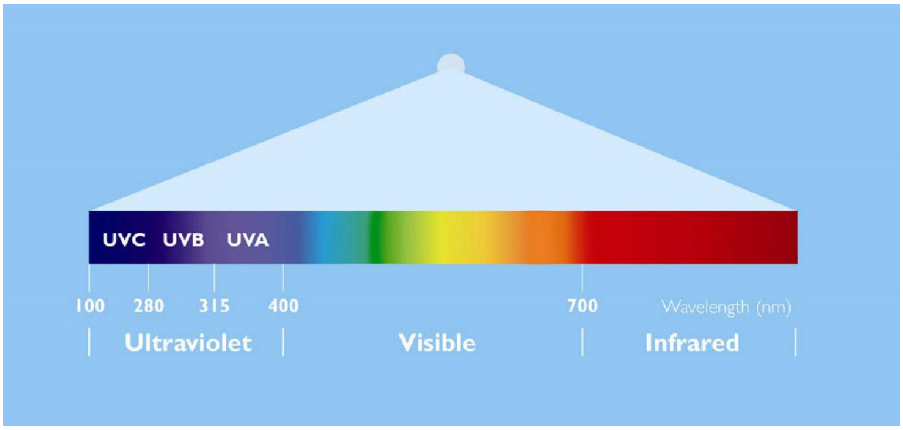
معاونت امور بهداشتی

نحوه ارزیابی امواج

ماوراء بنفش (UV)



گرد آوری:

مهندس علیرضا ابراهیمی حریری کارشناس مسئول بهداشت حرفه ای دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

مهندس محبوبه رضای سلطان آبادی مسئول ازمایشگاه بهداشت حرفه ای معاونت بهداشتی

مراحل اندازه گیری تشعشعات UV و IR

در ارزیابی عوامل زیان آور سه مرحله وجود دارد که عبارتند از ۱) قبل از اندازه گیری ۲) اندازه گیری ۳) پس از اندازه گیری

در مرحله قبل از اندازه گیری مبادرت به جمع آوری اطلاعات و آماده شدن برای اندازه گیری می نماییم. مرحله پس از اندازه گیری مرحله بررسی نتایج بدست آمده و نتیجه گیری و گزارش نویسی است که خروجی کار را مشخص می نماید. در مرحله اول هدف از ارزیابی را مشخص می نماییم آیا مواجهه فردی مد نظر است یا شمایی از پراکندگی عامل زیان آور در کارگاه مورد نظر است آیا ارزیابی کارایی وسایل حفاظت فردی مد نظر است و.....

در مرحله اول تعداد منابع، نوع افراد در معرض مشخص نمودن نوع تجهیزات و لوازم حفاظت فردی مورد نیاز جهت فرد ارزیابی کننده بر حسب نوع تشعشعات مورد ارزیابی، داشتن چک لیست می تواند سبب شود در ارزیابی ها چیزی را از دست ندهیم. مواردی چون اینکه آیا وسیله اندازه گیری احتیاج به گرم شدن دارد یا بلافاصله پس از روشن شدن قابل استفاده است. در خصوص برخی از امواج الکترومغناطیس وجود افراد متفرقه باعث تخریب میدان شده و عدد واقعی قرائت نمی شود. لازم است از فرم های مصوب و از قبل طراحی شده استفاده نماییم. باید توجه نماییم کسی ارزیابی تشعشعات را انجام می دهد خودش در معرض ریسک است و اگر حدود پرتو گیری را رعایت نکند خودش مورد آسیب واقع می شود. افرادی که به عنوان ارزیابی کننده تشعشعات وارد فیلد می شوند باید آموزش های لازم را دیده باشند زیرا در بسیاری از موارد ارزیابی و استفاده از جداول حدود تماس شغلی کار راحتی نمی باشد احتیاج محاسبات و ... دارد. تعداد منابع را باید بررسی کنیم و اینکه ایا این منابع همزمان روشن هستند یا نه

در اندازه گیری تشعشعات UV ما با دو کمیت سرو کار داریم ۱) چگالی یا شدت پرتو ۲) شدت موثر یا ایرادیانس موثر

شدت پرتو کمیتی فیزیکی است انرژی که در واحد زمان به واحد سطح عمود بر راستای انتشار پرتو می رسد که با حرف E نشان داده می شود. شدت موثر یا ایرادیانس هم به شدت پرتو بستگی دارد و هم با طول موج پرتو بستگی دارد. برای فهم مسئله مثالی را ذکر می نماییم

اگر ما پرتو ماورا بنفش با طول موج ۲۷۰ نانومتر داشته باشیم و پرتو دیگری با طول موج ۳۷۰ نانومتر و شدت هر دو موج ۱۰۰ وات بر متر مربع باشد. میزان آسیب رسانی این پرتو ها با هم فرق دارند. پرتو های ماورا بنفش با طول موج های مختلف و شدت یکسان تخریب و اثرات زیان آورشان برای بدن یکسان نمی باشد زیرا برخی از طول موج ها آسیب

رسان تر هستند. بنابر این برای تعیین شدت موثر باید شدت پرتو را که دستگاه قرائت می کند در ضریب تاثیر پرتو() ضرب نماییم در جدول زیر ضرایب تاثیر طول موج های مختلف را نمایش داده شده همانطور که از جدول مشخص است اشعه ماورا بنفش در طول موج ۲۷۰ نانومتر دارای بیشترین Sλ یا ضریب تاثیر می باشد و اثر تخریبی بیشتری بر بدن دارد طول موجی بیشتر و کمتر از این مقدار اثر تخریبی کمتری دارند. معمولاSλ عددی بین ۰ و یک است برای درک این موضوع فرض می نماییم طبق جدول زیر سه تابش اشعه UV با طول موج های گوناگون داریم

ردیف	شدت	طول موج	ضریب تاثیر Sλ	شدت موثر Eeff
۱	۵	۲۷۰	۱	۵
۲	۲۰	۲۴۰	۰/۳	۶
۳	۱۰۰	۳۱۰	۰,۰۱۵	۱/۵

در جدول فوق اگر به ضرایب تاثیر یا ضریب خطر توجه ننماییم به نظر می رسد که آن پرتویی که شدت بیشتری دارد بیشترین خطر را برای بدن دارد ولی وقتی ضرایب تاثیر را در شدت ضرب می نماییم تا شدت موثر بدست آید آن وقت متوجه می شویم که که پرتو شماره ۲ از همه خطر ناک تر است . یعنی وقتی می خواهیم ریسک این سه پرتو را با هم مقایسه کنیم باید شدت موثرها را با هم مقایسه نماییم. واحد شدت موثر و شدت یکی است و بر حسب وات بر متر مربع می باشد.

برای نتیجه گیری از میزان مواجهه باید مجموع شدت موثر ها در طول موج های مختلف را در نظر بگیریم و دقت نماییم که برای محاسبه دقیق باید شدتهای وزن داده شده که همان شدت موثر است در نظر گرفته شود. در مثال بالا اگر منبعی داریم که فقط این سه طول موج را منتشر می کنند باید مجموع ۵+۶+۱/۵ =۱۲/۵ را برای مقایسه در نظر گرفته شود و با استاندارد مقایسه گردد.

$T_{max}= 30/E_{eff}$ $T_{max}= 30/ 12.$ $T_{max}= 2.5$ S

عدد ۲/۵ ثانیه به این معنی است که طبق شرایط فوق فرد فقط ۲/۵ ثانیه مجاز است بدون تجهیزات حفاظت فردی در معرض پرتو ماورا بنفش قرار گیرد.

جدول ۱۰- حد مجاز مواجهه شغلی با پرتوهای فرابنفش و اثربخشی طیفی نسبی

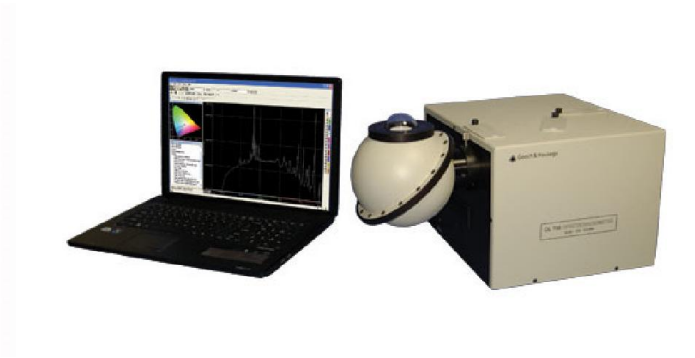
*طول موج (nm)	حد مجاز مواجهه شغلی $(j/m^2)\Delta$	حد مجاز مواجهه شغلی $(mj/cm^2)\Delta$	اثربخشی طیفی نسبی $S(\lambda)$
۱۸۰	۲۵۰۰	۲۵۰	۰/۰۱۲
۱۹۰	۱۶۰۰	۱۶۰	۰/۰۱۹
۲۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰	۰/۰۳۰
۲۰۵	۵۹۰	۵۹	۰/۰۵۱
۲۱۰	۴۰۰	۴۰	۰/۰۷۵
۲۱۵	۳۲۰	۳۲	۰/۰۹۵
۲۲۰	۲۵۰	۲۵	۰/۱۲۰
۲۲۵	۲۰۰	۲۰	۰/۱۵۰
۲۳۰	۱۶۰	۱۶	۰/۱۹۰
۲۳۵	۱۳۰	۱۳	۰/۲۴۰
۲۴۰	۱۰۰	۱۰	۰/۳۰۰
۲۴۵	۸۳	۸/۳	۰/۳۶۰
۲۵۰	۷۰	۷/۰	۰/۴۳۰
**۲۵۴	۶۰	۶/۰	۰/۵۰۰
۲۵۵	۵۸	۵/۸	۰/۵۲۰
۲۶۰	۴۶	۴/۶	۰/۶۵۰
۲۶۵	۳۷	۳/۷	۰/۸۱۰
۲۷۰	۳۰	۳/۰	۱/۰۰۰
۲۷۵	۳۱	۳/۱	۰/۹۶۰
**۲۸۰	۳۴	۳/۴	۰/۸۸۰
۲۸۵	۳۹	۳/۹	۰/۷۷۰
۲۹۰	۴۷	۴/۷	۰/۶۴۰
۲۹۵	۵۶	۵/۶	۰/۵۴۰
**۲۹۷	۶۵	۶/۵	۰/۴۶۰
۳۰۰	۱۰۰	۱۰	۰/۳۰۰
**۳۰۳	۲۵۰	۲۵	۰/۱۲۰
۳۰۵	۵۰۰	۵۰	۰/۰۶۰
۳۰۸	۱۲۰۰	۱۲۰	۰/۰۲۶
۳۱۰	۲۰۰۰	۲۰۰	۰/۰۱۵

*طول موج (nm)	حد مجاز مواجهه شغلی $(j/m^2)\Delta$	$(mj/cm^2)\Delta$	اثربخشی طیفی نسبی S(λ)
**۳۱۳	۵۰۰۰	۵۰۰	۰/۰۰۶
۳۱۵	$۱/۰ \times ۱۰^{۴}$	$۱/۰ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۳
۳۱۶	$۱/۳ \times ۱۰^{۴}$	$۱/۳ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۲۴
۳۱۷	$۱/۵ \times ۱۰^{۴}$	$۱/۵ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۲۰
۳۱۸	$۱/۹ \times ۱۰^{۴}$	$۱/۹ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۱۶
۳۱۹	$۲/۵ \times ۱۰^{۴}$	$۲/۵ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۱۲
۳۲۰	$۲/۹ \times ۱۰^{۴}$	$۲/۹ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۱۰
۳۲۲	$۴/۵ \times ۱۰^{۴}$	$۴/۵ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۶۷
۳۲۳	$۵/۶ \times ۱۰^{۴}$	$۵/۶ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۵۴
۳۲۵	$۶/۰ \times ۱۰^{۴}$	$۶/۰ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۵۰
۳۲۸	$۶/۸ \times ۱۰^{۴}$	$۶/۸ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۴۴
۳۳۰	$۷/۳ \times ۱۰^{۴}$	$۷/۳ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۴۱
۳۳۳	$۸/۱ \times ۱۰^{۴}$	$۸/۱ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۳۷
۳۳۵	$۸/۸ \times ۱۰^{۴}$	$۸/۸ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۳۴
۳۴۰	$۱/۱ \times ۱۰^{۵}$	$۱/۱ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۲۸
۳۴۵	$۱/۳ \times ۱۰^{۵}$	$۱/۳ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۲۴
۳۵۰	$۱/۵ \times ۱۰^{۵}$	$۱/۵ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۲۰
۳۵۵	$۱/۹ \times ۱۰^{۵}$	$۱/۹ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۱۶
۳۶۰	$۲/۳ \times ۱۰^{۵}$	$۲/۳ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۱۳
**۳۶۵	$۲/۷ \times ۱۰^{۵}$	$۲/۷ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۱۱
۳۷۰	$۳/۲ \times ۱۰^{۵}$	$۳/۲ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۹۳
۳۷۵	$۳/۹ \times ۱۰^{۵}$	$۳/۹ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۷۷
۳۸۰	$۴/۷ \times ۱۰^{۵}$	$۴/۷ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۶۴
۳۸۵	$۵/۷ \times ۱۰^{۴}$	$۵/۷ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۵۳
۳۹۰	$۶/۸ \times ۱۰^{۵}$	$۶/۸ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۴۴
۳۹۵	$۸/۳ \times ۱۰^{۵}$	$۸/۳ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۳۶
۴۰۰	$۱/۰ \times ۱۰^{۶}$	$۱/۰ \times ۱۰^{۵}$	۰/۰۰۰۰۳۰

تجهیزات اندازه گیری تشعشعات ماوراء بنفش

۱- اسپکترو رادیومتر ها

دستگاههایی هستند که همان طور که از نامشان مشخص است طیف را می توانند اندازه گیری نمایند دستگاههایی دقیق و پیچیده و گران قیمت کار کردن با آن نیاز به آموزش دارد. که قابلیت اندازه گیری Eeff یا شدت موثر را دارد در تک تک طول موج ها اندازه گیری شدت را انجام داده یا در بازه هایی که ما برایش تعریف می کنیم مثلا اگر منبعی داریم که بین ۴۰۰-۳۰۰ نانومتر تشعشع دارد هر ۲ نانومتر یا هر ۵ نانومتر و ..... اندازه گیری می نماید. با این دستگاهها هم می توان شدت را اندازه گیری کرد هم با تعریف فرمول در نرم افزار دستگاه با حاصلضرب شدت در ضریب خطر ($S\lambda$) شدت موثر را بدست آورد . در حقیقت همان این بازه ها همان **دلتا لاندا** در فرمول است



۲- رادیومتر ها

تجهیزات اندازه گیری موجود در دانشگاهها و شرکتهای خصوصی از این نوع می باشند نسبت به اسپکترو رادیومتر ها ارزان تر و ساده تر بوده و به همان نسبت قابلیت های کمتری دارند بسته به نوع تشعشع ماورا بنفش سنسور یا probe متفاوت (A-B-C) دارند. برخی از پارمتر ها را نمی توان با این دستگاهها اندازه گیری کرد. این دستگاهها قابلیت اندازه

گیری تک طول موج را ندارد و شدت کل را در کل بازه مثلا یاUVA یا B و C برای ما اندازه گیری می کند که باعث می شود کار ما از نظر دقت اندازه گیری مشکل شود. برخی از رادیومتر ها هستند که توانایی قرائت شدت موثر را در بازه معینی دارند اگر چنین دستگاهی موجود باشد بسیار مناسب است و عدد قرائت شده دقیق می باشد ولی بیشتر رادیومتر ها مورد استفاده در شرکتها مانند هاگنر، تس و... فقط شدت را اندازه گیری می کنند.

برای اینکه دقیقا میزان مواجهه فرد را بدست آوریم باید اندازه گیری شدت در تک تک طول موج ها انجام و در ضریب تاثیر ها ضرب و میزان مجموع شدت موثر ها را بدست آوریم فرض کنید منبعی داریم که طول موج اشعه ماورا بنفش بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر را تابش می نماید. یعنی هم UVA و هم UVB را تابش می کند. چون اندازه گیری شدت در

دامنه طول موج ۱۰۰تایی قرار دارد (۳۰۰تا ۴۰۰ نانومتر)و این بازه محاسبات را طولانی می کند می توانیم بازه را دو نانومتر دو نانومتر یا پنج نانومتر به پنج نانومتر تقسیم کنیم تا اعداد کمتری برای محاسبه داشته باشیم انگاه در فرمول به جای دلتا لاندا عدد ۲ یا ۵ ، بسته به تقسیم بندی که انجام داده ایم قرار می دهیم.

$$E_{eff} = \sum E_{\lambda} S_{(\lambda)} \Delta_{\lambda}$$

در این رابطه، E_{eff} چگالی شار تابشی مؤثر مربوط به منبع تک رنگی با طول موج nm ۲۷۰ برحسب W/cm^2 ، E_{λ} چگالی شار تابشی طیفی با طول موج λ بر حسب $W/(cm^2.nm)$ ، $S_{(\lambda)}$ اثربخشی طیفی نسبی (بدون واحد) و Δ_{λ} پهنای باند بر حسب نانومتر است.

در استاندارد کتابچه OEL برای محدوده اشعه فرابنفش A(۳۱۵الی ۴۰۰ نانومتر) اگر زمان مواجهه کمتر از ۱۰۰۰ ثانیه است حاصلضرب شدت در زمان باید کمتر از ۱ J/Cm2 باشد منظور از شدت، شدتی است که دستگاه اندازه گیری می کند و شدت موثر مد نظر نمی باشد. اساسا دستگاههای اندازه گیری این تشعشعات در بهداشت حرفه ای اغلب فقط شدت را اندازه گیری می کنند که عدد قرائت شده در زمان مواجهه ضرب شده اگر از یک ژول بر سانتی متر مربع بیشتر بود کارگر نیاز به حفاظت دارد. دقت شود در حقیقت عددی که تجهیزات اندازه گیری UV در بهداشت حرفه ای نشان می دهند E کل یا شدت کل در بازه طول موجی خاص (A یاBیا C) است . اگر دستگاه شدت را بر حسب میلی وات بر سانتی متر مربع بدهد باید تبدیل به وات بر سانتی متر مربع نماییم. زمان هم بر حسب ثانیه است اگر زمان مواجهه از ۱۰۰۰ ثانیه بیشتر باشد باید از ۱ میلی وات بر سانتی متر مربع کمتر باشد .

با توجه به فرمول $Eeff \times tmax \leq 30$ با استفاده از شدت موثر زمان مجاز مواجهه را محاسبه می نماییم در اینجا عدد ۳۰ بر حسب ژول بر متر مربع داده شده در کتابچه OEL این عدد را 0.003 درج نموده که بر حسب ژول بر سانتی متر مربع بیان کرده که فرقی ندارد.

برای تعیین میزان صحیح مواجهه اگر منبعی داریم که مثلا اشعه ماورا بنفش در هر سه بازه A-B-C تابش می کند برای هرکدام تک تک این محاسبات را انجام می دهیم در صورتی که بیشتر شرکتها فقط با اندازه گیری UVA این قضاوت را انجام می دهند که کار غلطی است.

برای پرتوگیری بیش از ۱۰۰۰ ثانیه میزان چگالی شار تابشی موثر از $1mW/Cm^2$نباید بیشتر شود.

نکته مهم و قابل توجه این است که در فرمول و استاندارد بالا ما از شدت موثر استفاده نموده ایم در صورتی که تجهیزات ما فاقد قابلیت اندازه گیری این پارامتر می باشند بنابراین نتیجه می گیریم که با تجهیزات کنونی اندازه گیری دقیق این پرتو میسر نیست اما می توان با روش ذیل بصورت محتاطانه تخمین بزنیم که آیا فر د مواجهه دارد یا نه ؟

فرض نمایید می خواهیم منبعی را که دارای تشعشعات UVA و UVB می باشد با رادیو متری که فقط E یا شدت را برای ما اندازه گیری می کند ابتدا با دستگاه موجود میزان شدت را اندازه می گیریم یکبار برای نوعA یکبار برای نوع B سپس با استفاده از جدول ضرایب خطر برای UVAو UVB بیشترین $S\lambda$ را پیدا می کنیم که به ترتیب عدد ۱ در طول موج ۲۷۰نانومتر است و عدد ۰,۰۰۳ در طول موج ۳۱۵ می باشد به ترتیب در اعداد قرائت شده از دستگاه اول (UVA) و دوم (UVB) ضرب می کنیم. در این حالت فرض می نماییم که در تمام بازه انتشار تشعشع بدترین حالت بر اساس ضریب خطر وجود دارد اعداد بدست آمده شدت موثر تخمین محتاطانه می باشد که البته از Eeff واقعی کمی بیشتر است. اگر منبعی که اندازه گیری می کنیم بیشتر طیف تابشی اش نزدیک ۲۷۰ یا ۳۱۵ باشد اعداد به واقعیت نزدیک تر است و در غیر اینصورت اعداد بصورت سخت گیرانه در نظر گرفته می شود که فرد اصلا مواجهه نداشته باشد.

عد قرائت شده و محاسبه شده UVA و UVB با هم جمع به جای Eeff در فرمول $T_{max}= 30/Eeff$

گذاشته زمان مجاز مواجهه را محاسبه می کنیم . این روش تنها راه اندازه گیری تقریبی تشعشعات با استفاه از تجهیزاتی است که فقط شدت را نشان می دهند.

مثال: اگر با دو رادیومتر (UVAو UVB)از کارگری که در حال جوشکاری قوس الکتریکی است ارزیابی به عمل آورده ایم دستگاه ما که فقط قابلیت ارزیابی شدت را دارد به ترتیب اعداد ۰,۴ و ۰,۷ را نمایش دهد میزان مواجهه کارگر آیا بیش از حد مجاز است؟

$E1\times S\lambda= 0.4\times 1 = 0.4$

$E2\times S\lambda= 0.7\times 0.003= 0.0021$

$E1+E2= 0.4+0.0021= 0.4021$

حال عدد ۰,۴۰۲۱ را در فرمول $tmax \times Eeff \leq 30$ به جای Eeff گذاشته و میزان زمان مجاز مواجهه فرد بدون استفاده ازلوازم حفاظت فردی را محاسبه می کنیم. اگر دستگاه ما قابلیت اندازه گیری Eeff را داشته باشد دیگر نیاز به ضرب در بدترین $S\lambda$ نمی باشد و اعداد خوانده شده از دستگاه را با هم جمع می کنیم.