

تعاریف: در عصر حاضر، پیشرفت فن آوری در تمام زمینه‌های صنعتی، گسترش و کاربرد وسیع وسایل، ماشین آلات و تجهیزات مختلف را همراه داشته است. این رشد سریع سبب گردیده تا انسان در زندگی روزمره و شغلی خود هرچه بیشتر تحت تأثیر آشفته‌گی‌های ناخوش آیند آکوستیکی یعنی «صدا» با شدت‌های مختلف قرار گیرد، به طوری که امروزه صدا جزئی از زندگی انسان را تشکیل می‌دهد. به همین ترتیب صدا یکی از خطرات شغلی و صنعتی به شمار می‌آید و بسیاری از کارگران به ویژه کارگران بخش صنعت در معرض این عامل زیان آور قرار دارند.

صوت چیست؟ صوت شکلی از انرژی است که توسط ساز و کار شنوایی قابل تشخیص است و به بیان ساده صوت چیزی است که شنیده می‌شود. صوت عبارت است از نوسان فشار هوا در یک محیط کشسان.

امواج صوتی: هم چنان که نواحی تراکم و انبساط در یک محیط حرکت می‌کنند یک موج صوتی تولید می‌شود. پس یک موج صوتی نمونه‌ای از تغییر در فشار هواست. مولکولهای هوا در مسیر موج صوتی حرکت نمی‌کنند، بلکه آنها در یک محل پیرامون نقطه تعادل خود به نوسان در می‌آیند و مانند یک منبع ارتعاشی عمل می‌کنند.

انواع صوت

اصوات معمولاً از بسامدهای بسیاری تشکیل می‌شوند. بیناب (Spectrum) صوتی وسیع بوده و برحسب میزان شنوایی به سه ناحیه تقسیم می‌شوند: اصواتی با بسامد ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز را بیناب شنوایی می‌نامند. ارتعاش صوتی با بسامدهای یاد شده حس شنوایی را در انسان تحریک می‌کنند. در بیناب فوق بسامدهای ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز، بسامد مکالمه را تشکیل می‌دهند. ارتعاش‌هایی با بسامدهای کمتر از ۲۰ هرتز امواج مادون صوت اند که گوش قادر به شنیدن آن نیست و همچنین امواج صوتی با بسامد بیش از ۲۰۰۰۰ هرتز امواج فرا صوت اند و حس شنوایی انسان را تحریک نمی‌کند. اصوات در بیناب شنوایی به چند نوع تقسیم می‌شوند:

- ۱- **صوت ساده:** یک ارتعاش سینوسی تک بسامد است مانند صدای دیپازون و صدای کالبراتور صداسنج
 - ۲- **اصوات مختلط:** اصوات مختلط از چندین بسامد تشکیل شده‌اند. در صورتی که بسامدهای مختلف با نظمی خاص تکرار شوند آن را اصوات مختلط دوره‌ای گویند و می‌توان آنرا تجزیه نمود که در هنگام تجزیه، مشاهده می‌شود که اصوات مختلط دوره‌ای از یک بسامد اصلی و بسامدهایی تشکیل شده است که مضربی از بسامد اصلی است که آنها را هم آهنگ‌های بسامد اصلی گویند. معمولاً اصوات موسیقی و گفتاری از نوع اصوات مختلط دوره‌ای هستند. اصوات مختلط غیر دوره‌ای نیز از بسامدهای مختلف تشکیل شده‌اند با این تفاوت که هیچ رابطه‌ای بین بسامدهای تشکیل دهنده صدا وجود ندارد یعنی بسامد اصلی و هم آهنگ‌ها قابل تشخیص نمی‌باشد.
- معمولاً این نوع اصوات مختلط را که برای گوش انسان خوش آیند نیست، سر و صدا یا نوفه گویند. در نتیجه نوفه حالتی از صوت با مشخصات تغییر یافته و نامنظم است.

مشخصات بینابی صدا

صدا از نظر بیناب به انواع مختلفی تقسیم بندی می‌شود:

- ۱- **صدای با باند پهن:** صدایی که انرژی صوتی در یک باند پهن بسامد و در واقع بیش از یک باند فرکانس توزیع می‌شود مانند صدای کمپرسورهای تولید یاد.

صدایی است که انرژی صوتی در یک باند فرکانس توزیع می‌شود مانند صدای اره نجاری، رنده نجاری و بادبزن (Fan)

۳- صدای کوبه‌ای (ضربه‌ای):

صدایی که در کسری از ثانیه تولید می‌شود و از بین می‌رود مانند صدای پرس.

سرعت انتشار صوت امواج صوتی

صوت در تمام محیط‌های مادی مانند گاز، مایع، جامد منتشر می‌شود. در این میان هوا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چون راه اول ورود صوت به دستگاه شنوایی انسان است. سرعت انتشار امواج صوتی را سلیخته صوت گویند که مقدار آن به ویژگی‌های محیط انتشار بستگی دارد. این ویژگی‌ها عبارتند از: میزان کشسانی و چگالی محیط انتشار. پس می‌توان نتیجه گرفت که سرعت انتشار صوت به دما، فشار و چگالی بستگی داشته و مستقل از بسامد و دامنه فشار صوت است. سرعت صوت در گازهای کامل از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$C = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

که در این فرمول γ ضریب اتمیسیته گاز برابر گرمای ویژه در فشار ثابت تقسیم بر گرمای ویژه در حجم ثابت است.

R: ثابت عمومی گاز کامل که برابر با ۸۳۱۴ ژول بر کلوین - مول است.

M: وزن مولکولی هوا

T: دمای هوا برحسب کلوین است.

باتوجه به درجه حرارت هوا، از رابطه زیر نیز می‌توان سرعت صوت در هوا را بدست آورد.

$$C = 331.4 + 0.7t$$

t: درجه حرارت برحسب درجه سانتی گراد

C: سرعت هوا برحسب متر بر ثانیه.

www.nashr-estekhdam.ir

کمیت‌های فیزیکی

الف) توان صوت: مقدار انرژی صوتی که در واحد زمان به وسیله منبع صدا تولید می‌شود توان صوت نامیده می‌شود که برحسب وات بیان می‌گردد. توان صوتی یکی از ویژگی‌های منبع صدا است و مستقل از محیط انتشار می‌باشد.

ب) شدت صوت: مقدار انرژی صوتی که در واحد زمان از واحد سطحی که عمود بر امتداد انتشار صوت است، می‌گذرد، شدت صوت نامیده می‌شود و واحد اندازه‌گیری آن وات بر متر مربع می‌باشد. هر چه شدت صوت بیشتر باشد، احساس صدا شدیدتر خواهد بود. رابطه توان و شدت صوت به این صورت است:

$$I = \frac{W}{A}$$

در یک میدان آزاد، که مانعی بر سر راه عبور امواج صوتی وجود ندارد، انرژی صوتی، امواج کروی هستند. و با توجه به مطالب بالا

$$I = \frac{\omega}{4\pi r^2}$$

اگر در چنین حالتی فاصله از منبع دو برابر شود، شدت صوت $\frac{1}{4}$ کاهش می‌یابد. از این رو شدت صوت برابر با عکس مجذور فاصله از منبع است. این رابطه در هنگام کنترل صدا کاربرد بسیار مهمی دارد.

ب) فشار صوت: فشار در هر نقطه نیروی وارد بر سطح است. $(P = \frac{F}{A})$ تغییرات فشار در محیطی که در آن تعادل فشار به هم خورده است فشار صوت می‌نامند. فشار به بسامد و طول موج بستگی ندارد. واحد فشار صوت در دستگاه MKS، N/m^2 و واحد متعارف آن در فیزیک صوت، میکروبار (μb) است.

P: مقدار مؤثر فشار (پاسکال)

P_0 : فشار مبنایه که برابر 10^{-5} pa است.

با انجام محاسبات ریاضی و قرار دادن مبدا در معادله بالا معادله به این صورت درمی آید:

$$L_p = 20 \log p + 94$$

تراز توان صوت

از این رابطه بدست می آید:

$$L_w = 10 \log \frac{w}{w_0}$$

L_w : تراز توان صوت (دسی بل)

w: توان آکوستیکی (وات)

w_0 : توان آکوستیکی مبنایه که برابر 10^{-12} وات است.

با قرار دادن مقدار توان مبدا در رابطه، رابطه به این صورت در می آید:

$$L_w = 10 \log w + 120$$

بلندی صدا

بلندی صدا کمیتی است غیر از کمیت های فیزیکی صدا و بیانگر اثر و احساس شنوایی در شنونده است یا به عبارت دیگر، بلندی یک واکنش ذهنی انسان به صداهای پیرامونش است. بلندی صدا در فشار ثابت، با تغییر بسامد تغییر نمی کند. به طور مثال، در تراز فشار 60 dB صدایی با بسامد 100 هرتز آرام تر از صدایی با بسامد 1000 هرتز به گوش می رسد. واحد تراز بلندی صدا از طرف مؤسسه استاندارد جهانی، فون (phon) پیشنهاد شده است. فون واحدی است بدون بعد و عبارت است از بلندی صدایی برابر با بلندی یک صدای ساده با بسامد 1000 هرتز.

در بسامد 1000 هرتز هر دسی بل تراز فشار، معادل بلندی یک فون است. صدایی که بلندی آن برابر 80 دسی بل در بسامد 1000 هرتز است دارای بلندی 8 فون می باشد. ارزیابی ذهنی واقعی تر صدا برحسب واحد سون (sone) بیان می شود.

تعریف سون

بلندی صدایی برابر با یک سون معادل تراز بلندی آن صدا برابر با 40 فون می باشد و یا یک سون بلندی صدایی است معادل صدایی با بسامد 1000 هرتز که تراز فشار صدای آن 40 دسی بل است. برای تبدیل کمیت بلندی و کمیت تراز بلندی (سون به فون) از رابطه های زیر استفاده می شود:

$$P = 33/2 \log S + 40 \quad \text{و یا} \quad S = 2^{(P-40)/33}$$

اندازه گیری صدا

یکی از وظایف متخصصان بهداشت حرفه ای اندازه گیری صدا و بررسی مشکلات ناشی از آن می باشد. برای این منظور لازم است تراز کلی صدا و توزیع تراز فشار آن در بسامدهای مختلف تعیین شود.

www.nashr-estekhdam.ir

تراز سنج صدا

تراز سنج صدا از اساسی ترین دستگاه های اندازه گیری صدا در محیط کار است. این دستگاه از یک صدابردار (میکروفن) و یک

مدار الکترونیکی تشکیل شده است. نوع میکروفن در دستگاههای مختلف ممکن است متفاوت باشد. قسمت‌های اساسی مدار الکترونیکی عبارت از کاهش دهنده، تقویت کننده، شبکه سنجش بسامد تعیین وضعیت سریع و کند، مدار کالیبراسیون داخلی، یک سوکننده RMS و صفحه سنجش می‌باشد. طرز کار دستگاه صدا سنج به این ترتیب است که در آغاز میکروفن فشار صوتی دریافت شده را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌کند و جریان الکتریکی ورودی توسط تقویت کننده، تقویت شده و از شبکه سنجش بسامد عبور می‌کند و سپس کاهش دهنده، جریان الکتریکی حاصل را در محدوده مدار الکتریکی صفحه سنجش کاهش داده و پس از عبور از مدار یک سوکننده، جریان الکتریکی متناوب به جریان الکتریکی مستقیم تبدیل شده و به طرف سنجش می‌رود و عقربه نشان دهنده یا صفحه دیجیتال فشار صوتی وارده را برحسب واحد دسی بل نشان می‌دهد.

شبکه‌های سنجش بسامد

قسمتی از مدار الکترونیکی موجود در کلیه دستگاههای تراز سنج صدا، شبکه‌های سنجش بسامد است. شبکه‌ها طوری طراحی شده‌اند که میزان حساسیت به بسامد دریافت شده را اندازه‌گیری نمایند. تاکنون شبکه‌های مورد استفاده شبکه‌های A و B و C بوده‌اند که بتدریج شبکه‌های D و E هم به آنها اضافه شده‌اند. شبکه A مطابق گوش انسان عمل می‌کند یعنی در بسامدهای پایین‌تر از ۱۰۰۰ هرتز دارای حساسیت کمتری است که این حساسیت با افزایش بسامد بتدریج افزایش می‌یابد به گونه‌ای که در بسامد ۱۰۰۰ هرتز که حساسیت آن به حداکثر می‌رسد. شبکه C مقدار واقعی و مطلق تراز فشار صدا را نشان می‌دهد و به عنوان مبنای برای مقایسه با اندازه‌گیری در سایر شبکه‌ها به کار می‌رود. شبکه B بین دو شبکه A و C واقع شده و در بسامدهای پایین‌تر دارای حساسیت بیشتری نسبت به شبکه A می‌باشد و معمولاً برای اندازه‌گیری تراز فشار صدای وسایل ترابری هوایی از شبکه D استفاده می‌گردد.

کالیبراسیون

دقت اساسی صدا سنج به تنظیم بودن آن بستگی دارد. با گذشت زمان به دلایل مختلف ممکن است دقت صداسنج کاهش یابد. بنابراین، باید به عنوان یک اصل اساسی همیشه در نظر داشت صداسنج پیش و پس از کار باید کالیبره شود. بیشتر کالیبراتورها معمولاً در بسامد ۱۰۰۰ هرتز، تراز فشار صدایی برابر ۱۱۴ دسی بل ایجاد می‌نمایند. معمولاً صدابرها به رطوبت نسبی تا ۹۰ درصد حساس نیستند اما باید دستگاه را از باران، برف و... محفوظ نگه داشت. تمام صداسنجهای طوری طراحی شده‌اند که در درجه حرارت بین (۱۰-) درجه سانتی گراد و (۵۰+) درجه سانتی گراد بخوبی کار می‌کنند.

تجزیه صدا

صدا در صنعت مختلط بوده و از بسامدهای گوناگونی تشکیل شده است. از این رو، اندازه‌گیری تراز کلی صدا به تنهایی برای ارزیابی کافی به نظر می‌رسد و لازم است توزیع فشار صدا در هر بسامد تعیین گردد. در یک تجزیه کننده صدا، صافی‌های الکتریکی وجود دارد که صدا را با بسامدهایی در محدوده مشخص عبور می‌دهند و سیگنال‌های بالاتر و پایین‌تر از محدوده یاد شده را حذف می‌نمایند. ناحیه‌ای که حد بخصوص از بسامد را عبور می‌دهد باند عبوری و تفاوت بین حد بالا و پایین بسامدهای قطع کننده پهنای باند نامیده می‌شود.

www.nashr-estekhdam.ir

تجزیه کننده اوکتاو باند

تجزیه کننده اوکتاو باند ساده‌ترین نوع تجزیه صدا با درصد ثابت می‌باشد که بیناب صدا را به پهنای یک اوکتاو باند تجزیه کرده و تراز صدا را در هر باند تعیین می‌کند. در هر باند بسامد مرکزی با F_c و حد پایین و بالای بسامدهای قطع کننده (باند) را به ترتیب F_1 و F_2 نشان می‌دهد. علاوه بر تجزیه کننده اوکتاو باند، تجزیه کننده‌های $\frac{1}{3}$ اوکتاو باند و $\frac{1}{6}$ اوکتاو باند نیز وجود دارد که هر یک بیناب صدا را در باندهای کوچکتری تجزیه می‌کنند. در تجزیه کننده $\frac{1}{3}$ اوکتاو باند حد بالای بسامد هر باند

پیشگیری از اثرات صدا

با توجه به این که ناشتوایی شغلی قابل درمان نمی باشد، پیشگیری اصلی مهم بوده که برای این منظور می توان با رعایت اصول زیر از عوارض ناشی از سر و صدا پیشگیری نمود:

۱- اصول مکانیکی و مهندسی

۲- انتخاب کارگر مناسب

۳- معاینات دوره ای

۴- تعویض کار

۵- استفاده از وسایل حفاظت فردی

اصول مکانیکی و مهندسی مهم ترین اصول در پیشگیری از عوارض ناشی از سر و صدا می باشد که شامل کاهش صدا در منبع یا تغییر در ساختمان ماشین آلات و یا تعویض قسمت صدا دار یا جدا نمودن منبع صدا از محیط کار است. هنگامی که اجرای سایر اصول پیشگیری امکان پذیر نباشد از وسایل حفاظت فردی استفاده می شود.

الف) پلاک گوش: از نوع پلاستیک نرم می باشد که در داخل مجرای گوش خارجی قرار می گیرد و صدا را حدود ۲۰ تا ۴۰ دسی بل کاهش می دهد و در صورت عدم رعایت موازین بهداشتی ممکن است باعث عفونت گوش شود.

ب) گوشی: این وسیله روی گوش خارجی را می پوشاند ولی اثر آن در کاهش صدا کمتر از پلاک گوش می باشد، باعث عفونت گوش نیز نمی شود.

ارتعاش در محیط کار

انرژی ارتعاشی از بیشتر تجهیزات و ماشین آلات منتشر می شود و امکان انتقال آن به بدن افرادی که با این تجهیزات کار می کنند، وجود دارد. انتقال انرژی مکانیکی از یک منبع لرزان (مرتعش) به بدن انسان، آسایش را مختل کرده، بازده کار را کاهش داده و سرانجام اعمال فیزیولوژیک بدن را دچار اختلال می کند.

عوامل اندازه گیری ارتعاش

یک حرکت نوسانی با کمیت هایی مانند بسامد، جابجایی، سرعت و شتاب مشخص می شود. در تمام واحدهای بین المللی (SI) واحد اندازه گیری جابجایی، متر، واحد اندازه گیری سرعت، متر بر ثانیه، و واحد اندازه گیری شتاب، متر بر مجذور ثانیه می باشد. افزون بر کمیت های فیزیکی فوق تراز این کمیت ها نیز اندازه گیری می شود. و واحد اندازه گیری در این حالت دسی بل است. در زیر تراز کیفیت ها و روابط محاسبه آنها آورده شده است:

$$L_v = 20 \log \frac{v}{v_0}, L_a = 20 \log \frac{a}{a_0}$$

در روابط بالا:

x_0 جابجایی مبنا برابر 10^{-12} متر

v_0 سرعت مبنا برابر 10^{-9} متر بر ثانیه

a_0 شتاب مبنا برابر 10^{-6} متر بر مجذور ثانیه است.

www.nashr-estekhdam.ir

عوامل مؤثر در اندازه گیری ارتعاش

کمیت های اساسی که ارتعاش منتقله به انسان را مشخص می کند، عبارتند از: بسامد ارتعاش، دامنه (شدت) جهت ورود

صدای زمینه

تراز کلی صدا در یک کارگاه مشخص است و زمانی که لازم باشد تراز صدای یک دستگاه بخصوص را بدست آورد، در این صورت سایر صداها، غیر از صدای آن دستگاه بخصوص، صدای زمینه محسوب می‌شوند. معمولاً در صورتی که تفاضل صدای کلی محیط و صدای زمینه کمتر از ۱۰ دسی بل باشد، صدای زمینه قابل ملاحظه است. اگر تفاوت بیشتر از ۱۰ دسی بل باشد، صدای زمینه قابل صرف نظر کردن است. یعنی صدای موجود، ناشی از خود دستگاه مورد نظر است. اگر تفاضل تراز صدای زمینه و تراز صدای کل ۳ دسی بل باشد، نشان دهنده این است که دو منبع صدا تراز صوتشان یکسان است.

میزان صدا و تداخل با مکالمه

زمانی که در محیط کار، صدا آنقدر زیاد نیست که به شنوایی آسیب برساند، ولی ممکن است با مکالمه تداخل پیدا کند در نتیجه احتمال ایجاد حادثه در محیط افزایش پیدا می‌کند بعضی امکان دارد که فرد صدای اخطار و یا دستورات را از بلندگو یا استادکار نشنود.

اثرات صدا بر روی انسان

(الف) ناشنوایی شغلی: از مدت‌ها پیش صدا یکی از علل ناشنوایی تشخیص داده شده است. کار در صدای زیاد سبب تغییر موقت و یا دایم در آستانه شنوایی می‌گردد. بنا به عقیده متخصصان ضعف شنوایی عبارت است از تغییر در آستانه شنوایی حداقل به اندازه ۲۵ دسی بل در بسامدهای ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ هرتز. عواملی که در ایجاد ناشنوایی شغلی مؤثرند عبارتند از:

۱- شدت صدا: صداهای بیشتر از ۸۵ دسی بل ایجاد ناشنوایی شغلی می‌نمایند.

۲- بسامد: بسامدهای زیر زیان آورتر از بسامدهای بم هستند.

۳- دوام صدا

۴- سن

۵- آسیب پیشین گوش

۶- استعداد شخصی

علامت بیماری: کار در محیطی با سر و صدای بیش از حد مجاز و در روزهای آغاز کار، برای کارگر ناراحت کننده می‌باشد. در صورتی که در پایان همان روز شنوایی کارگر توسط شنوایی سنج اندازه‌گیری شود در بسامد ۴۰۰۰ هرتز تقریباً در حدود ۴۰ دسی بل کاهش نشان می‌دهد. علاوه بر این، کارگر از وزوز گوش نیز ناراحت است. پس از مدتی کارگر، عادت کرده و در صورتی که کارگر در محیط پر سر و صدا ادامه دهد بتدریج دچار ناشنوایی شغلی خواهد شد. علت عدم آگاهی کارگر از افت شنوایی خود در اوایل کار به علت افت شنوایی در بسامدهای حدود ۴۰۰۰ هرتز می‌باشد. در صورتی که حدود بسامدهای مکالمه روزمره ۵۰۰ الی ۲۰۰۰ هرتز است. از علائم دیگر شنیدن صدای محیط کار در خواب می‌باشد. تغییر در آستانه شنوایی در نتیجه کار بی‌پای در محیط‌های پر سر و صدا مربوط به آسیب‌های به دست آمده در سلول‌های حسی اندام کورتی است. این آسیب‌ها مربوط به بسته شدن عروق در اندام کورتی در حلقه گوش داخلی است.

(ب) اثرات فیزیولوژیک صدا: صدا باعث افزایش تعداد ضربان قلب، تعداد تنفس و بالا رفتن مقدار مصرف اکسیژن و افزایش فشار خون می‌گردد.

(پ) اثرات روانی: صدا باعث کم شدن و بی دقتی در فعالیت‌های مغزی و ناهماهنگی کارهای فکری می‌گردد.

(ت) اثرات عمومی صدا: صدای زیاد باعث ظهور علائمی مانند تهوع، استفراغ، سرگیجه می‌شود که بیشتر به دلیل تحریک لایبرنت گوش است.

$\sqrt{2}$ برابر حد پایین بسامد همان است و همچنین در تجزیه کننده $\sqrt{2}$ اکتاو باند بسامد بالای هر باند $\sqrt{2}$ برابر بسامد پایین همان باند می باشد. حد بالا و پایین هر باند و بسامد مرکزی و پهنای باند از روابط زیر بدست می آید:

$$\frac{F_2}{F_1} = 2^k$$

$$k = 1 - \frac{1}{4} + \frac{1}{4} - \frac{1}{10}$$

$$F_c = \sqrt{F_1 \times F_2}$$

$$Bw = (2^{k/2} - 2^{-k/2}) F_c$$

اندازه گیری صدای ضربه ای

صدای ضربه ای مانند صدای چکش - پرس و ... در صورتی که صداسنج در وضعیت اندازه گیری سریع قرار گیرد ۰/۳ ثانیه زمان لازم است تا عقربه سنجش حداکثر انحراف خود را انجام دهد بنابراین در صورتی که صدای ضربه ای در مدت کوتاه تر از ۰/۳ ثانیه ایجاد شود توسط یک صداسنج به دقت قابل اندازه گیری نیست. دقیق ترین وسیله اندازه گیری صدای ضربه ای استفاده از یک اسپلوسکپ (پرتوکانودیک) به همراه یک دوربین است.

دوریمتر: این دستگاه تراز فشار صدا را در طول مدت زمانی معین اندازه گیری می کند.

www.nashr-estekhdam.ir

معیارهای صدا

در سال ۱۹۶۹ حد مواجهه یا حد آستانه مجاز برابر ۹۰ dB برای هشت ساعت کار تعیین شد که در سال های بعد در بعضی از کشورها این میزان به ۸۵ dB کاهش یافت. مطالعات بعدی نشان داده که به ازای کاهش زمان مواجهه، افزایش تراز فشار صدا زیان آور نخواهد بود.

این کاهش زمان و افزایش تراز فشار براساس نصف شدن زمان مواجهه از یک سو و افزایش تراز فشار صدا به میزان ۵ dB از سوی دیگر است. جدول زیر مربوط به میزان مواجهه با صدا در رابطه با مدت زمان مواجهه است:

تراز فشار صدا (دسی بل)	زمان مواجهه
۸۵	۸
۹۰	۴
۹۵	۲
۱۰۰	۱
۱۰۵	نیم ساعت
۱۱۰	۱۵ دقیقه

برای حدود مواجهه مجاز با صدای ضربه ای (کوبه ای) از جدول زیر استفاده می شود:
در ضمن در مواجهه با صدای ضربه ای حداکثر تراز مجاز صدای ضربه ای نباید از ۱۴ dB تجاوز کند.

حد مجاز مواجهه (دسی بل)	تعداد ضربه
۱۶۰	۱
۱۵۰	۱۰
۱۴۰	۱۰۰
۱۳۰	۱۰۰۰
۱۲۰	۱۰۰۰۰

$$1 \mu b = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ pa} \text{ و یک اتمسفر} = 10^5 \text{ pa} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

آستانه شنوایی

حداقل فشار صوتی که قادر به تحریک گوش انسان است، آستانه شنوایی نامیده می شود. مقدار مینا برابر است با:

$$2 \times 10^{-5} \text{ pa} \text{ یا } 2 \times 10^{-4} \text{ dyne/cm}^2 \text{ یا } 2 \times 10^{-6} \mu \text{bar}$$

آستانه درد

اگر شدت صوت بتدریج زیاد شود، زمانی می رسد که درک صوت با احساس درد در گوش ها همراه می باشد. این مقدار را آستانه درد نامند و مقدار آن برابر با:

$$20 \text{ pa} \text{ یا } 200 \text{ dyne/cm}^2 \text{ یا } 200 \mu \text{bar}$$

مقیاس لگاریتمی (دسی بل)

فشار جو در شرایط معمولی درجه حرارت و ارتفاع، 10^5 پاسکال یا یک بار است. فشار صوتی پیرامون این فشار از 2×10^{-5} پاسکال (آستانه شنوایی) تا 20 پاسکال (آستانه درد) تغییر می کند. در انتخاب مقیاس عملی برای اندازه گیری صدا دو مسئله وجود دارد:

۱- بیناب وسیع فشار صوتی از آستانه شنوایی تا آستانه درد با نسبت 10^6 که قابل اندازه گیری توسط دستگاه های سنجش نیست.

۲- واکنش غیر خطی گوش نسبت به صدا، یعنی گوش به طور لگاریتمی در مقابل شدت و فشار صوت حساسیت نشان می دهد. مقیاس لگاریتمی مورد استفاده از آکوستیک بر حسب دسی بل بیان می شود. دسی بل واحدی است بدون بعد که معمولاً برای بیان نسبت یک کمیت اندازه گیری شده به کمیت مینا به کار می رود.

تراز شدت صوت

تراز شدت صوت از رابطه زیر بدست می آید:

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ که در این فرمول:}$$

L_I : تراز شدت صوت (دسی بل)

I : شدت صدای مجهول (وات بر متر مربع)

I_0 : شدت صوت مینا که برابر 10^{-12} وات بر متر مربع است

با انجام محاسبات ریاضی معادله به صورت زیر در می آید:

$$L_I = 10 \log I + 120$$

www.nashr-estekhdam.ir

تراز فشار صوت

از رابطه زیر بدست می آید:

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0} \text{ که:}$$

L_p : تراز فشار صوت (دسی بل)

ارتعاش به بدن براساس محورهای کالبدی بدن و مدت زمان مواجهه بی‌گمان هرچه دامنه (شدت) حرکت ارتعاش وارده به بدن بیشتر باشد آسیب‌های جسمانی ناشی از آن نیز فشرده‌تر خواهد بود. بدن انسان یک نظام ارتعاش پیچیده یا بسامدهای تشدید می‌باشد. مختلف است و از این رو سازمان بین‌المللی استاندارد، معیارهای متفاوتی برای میزان رو به رویی مجاز با ارتعاش تمام بدن را در جهات X، Y و Z در بیناب ۱ تا ۸ هرتز تعیین کرده است. در مورد ارتعاش‌های دست و بازو محدوده بسامد ۵ الی ۱۵۰۰ هرتز می‌باشد.

ارتعاش تمام بدن و اثرات آن

ارتعاش تمام بدن در وسایل ترابری هوایی، زمینی، ساختمان‌ها و محیط کار وجود دارد. به طور کلی ارتعاش تمام بدن در گستره ۱ الی ۲۰ هرتز برای شاغلین به عنوان یک عامل زیان‌آور محسوب می‌شود. بدن انسان معادل یک دستگاه ارتعاش پیچیده است که در بعضی از بسامدها به حال تشدید درمی‌آید. در نتیجه بسیاری از اثرات فیزیولوژیک ناشی از ارتعاش تمام بدن به پدیده تشدید بستگی دارد. یکی از انواع بیماری‌های ناشی از ارتعاش بیماری حرکت (Motion sickness) می‌باشد که در دریا به بیماری دریانگرفتنی معروف است.

ارتعاش منتقله به دست و بازو

انواع وسایل و ابزار الکتریکی و بادی (هوای فشرده) دستی که به وسیله کارگران صنایع ساختمانی معدن، سنگبری و... مورد استفاده قرار می‌گیرد، انرژی ارتعاش زیادی تولید می‌کند، این انرژی در حین کار به دست‌ها و بازوهای کارگر منتقل می‌شود. استفاده روزافزون از وسایل و ابزار یاد شده بسبب بروز ناراحتی‌هایی چون آسیب‌های نسوج نرم دست، کاهش کلسیم در استخوان‌های کف دست و استخوان‌ترتیب مفاصل دست و بازو و سرانجام آسیب‌های عروقی می‌گردد. جذب انرژی ارتعاشی با بسامد ۳ تا ۳۰۰ هرتز توسط نسوج دست به پدیده سپید انگشتی منجر می‌شود. سپید انگشتی شایع‌ترین عارضه ناشی از ارتعاش است و بیشتر در انگشتان دست دیده می‌شود. علت آن کم‌خونی موضعی انگشتان دست در اثر ارتعاش و فشار وارده از گرفتن ابزار می‌باشد و علائمی مانند رنگ پریدگی، درد، خارش، مورمور شدن، تورم می‌باشد و معمولاً این عارضه به دلیل کاهش قطر مجرای رگهای دست ایجاد می‌شود و در صورتی که کارگر در معرض سرما باشد این عارضه شدیدتر است و معمولاً پس از ۳ الی ۵ سال مواجهه با ارتعاش دیده می‌شود. این عارضه با عنوان‌هایی مانند چکش‌هوای فشرده، دست مرده، پدیده رینود ذکر شده است. سازمان بین‌المللی استاندارد‌ها، سه معیار اصلی را جهت ارزیابی ارتعاش در موقعیت‌های متفاوت مشخص نموده است:

الف) حفظ بازده کار

ب) حفظ سلامت یا ایمنی

پ) حفظ راحتی و آسایش

در ارتعاشات دست و بازو برای میرا کردن ارتعاش بین بدنه ابزار و دست کاربر از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

الف) قرار دادن ماده میراکننده بین بدنه ابزار و دسته آن

ب) پوشش ابزار با الاستیک

پ) استفاده از دستکش لاستیکی برای گرفتن ابزار

در حالت کلی، لاستیک و مواد ویسکو - الاستیک دیگر، برای میرا کردن بسامدهای بالا به کار می‌روند و برای بسامدهای پایین موثر نمی‌باشند. هدایت از راه دور بدون شکر مؤثرترین روش حذف انتقال ارتعاش‌های حاصل از ابزارها به بدن، می‌باشد. اما این روش گرانترین روش است.

www.nashr-estekhdam.ir

کاهش زمان اثرگذاری

روش نهایی، کاهش زمان مواجهه روزانه است. در صورتی که روش‌های دیگر قابل اجرا یا مؤثر نباشد، کاهش زمان مواجهه

روزانه تنها راه حل است. در جدول زیر مقادیر حداستانه مجاز که به وسیله ACGIH برای عامل زیان آور ارتعاش ارائه گردیده، نشان داده شده است.

مقادیر مجاز مجموع مواجهه روزانه	شتاب متوسط	g^3
چهار ساعت و کمتر از هشت ساعت	۴	۰/۴
دو ساعت و کمتر از چهار ساعت	۶	۰/۶۱
یک ساعت و کمتر از دو ساعت	۸	۰/۸۱
کمتر از یک ساعت	۱۲	۱/۲۲

گرما در محیط کار

گرمای موجود در محیط کار از منابع مختلفی ایجاد می گردد که می توان از وسایل و ماشین آلات گوناگون، فرایندهای تولید، تابش خورشید، وسایل روشنایی مصنوعی، انسان و شرایط جوی خارج از محیط کار را نام برد.

کمیت های اندازه گیری شرایط جوی محیط کار

دمای هوا: دما کمیتی است که میزان سردی یا گرمی را بیان می کند. دمای هوا یا دمای خشک با درجه سلسیوس، درجه فارنهایت، درجه کلونین یا درجه راینکلین اندازه گیری می شود. تبدیل دماها به صورت زیر است:

$$T_F = \frac{9}{5} T_C + 32 \text{ و } T_C = \frac{5}{9} (T_F - 32)$$

$$T_K = T_C + 273/16 \text{ و } T_R = T_F + 359/6$$

متداولترین واحدهای اندازه گیری دما

درجه سلسیوس: متداول ترین واحد جهت سنجش دماست که با $^{\circ}C$ نشان داده می شود.

درجه فارنهایت: این مقیاس در مرتبه دوم کاربرد دارد. درجه کلونین (مطلق): بیشتر کاربرد علمی و ترمودینامیک دارد.

دمای تر: دمای تر پایین ترین درجه حرارتی است که بتوان هوا را (در فشار ثابت) یا تبخیر آب خشک نمود. برای اندازه گیری آن از دماسنج تر استفاده می شود. دماسنج تر شبیه دماسنج خشک می باشد با این تفاوت که دور مخزن دماسنج تر پارچه ای نازک از جنس کتان پیچیده شده است و انتهای دیگر پارچه در داخل مخزن حاوی آب مقطر قرار گرفته است. فتیله باید با توجه به شرایط محیط تعویض گردد و پس از تعویض دست کم ۱۵ دقیقه زمان لازم است تا تا دماسنج تر دوباره آماده قرائت گردد.

دمای تابشی: دمای تابشی از بعضی از سطوح داغ اجسام منتشر می شود و بیشتر در ناحیه مادون قرمز قرار دارد.

دماسنج گوی سان: دماسنج گوی سان کره ای فلزی با درجه رسانایی خوب (مس یا آلومینیوم) می باشد که به رنگ سیاه مات رنگ آمیزی شده است. در مرکز این گوی عنصر حساس به دما قرار گرفته است. عنصر حساس معمولاً دماسنجی است که مخزن آن کاملاً در مرکز کره واقع شده است. دماسنج گوی سان در اندازه های گوناگون وجود دارد. نوع استاندارد قطری برابرش اینچ (۱۵ سانتی متر) دارد. زمان تعادل دماسنج گوی سان ۱۵ الی ۲۵ دقیقه است.

رطوبت نسبی: رطوبت نسبی عبارت از فشار بخار آب در هوا به فشار بخار آب اشباع شده در همان درجه حرارت است.

www.nashr-estekhdam.ir

$$R.H. = \frac{P}{P_s} \times 100$$

$$RH = \frac{100}{P_s} \left(P - \frac{(T - T_w)(P_a - P_{sw})}{1047/6 - 1/4718T_w} \right)^2$$

که در فرمول بالا:

RH: رطوبت نسبی

P_g : فشار بخار آب اشباع در دمای خشک (کیلوپاسکال)

P_{gw} : فشار بخار آب اشباع در دمای دماسنج تر (کیلوپاسکال)

t_w : دمای تر چرخان (سانتی گراد)

t : دمای محیط (سانتی گراد)

P_g : فشار جو (کیلوپاسکال)

www.nashr-estekhdam.ir

اندازه‌گیری رطوبت نسبی

برای این منظور از رطوبت سنج استفاده می‌شود. رطوبت سنج‌ها به دو دسته رطوبت‌سنج چرخان و رطوبت‌سنج مکشی طبقه‌بندی می‌شوند.

رطوبت سنج چرخان: این رطوبت سنج از دو دماسنج خشک و تر که به فاصله معینی از یکدیگر در یک قاب چوبی، فلزی یا پلاستیکی کار گذاشته شده تشکیل گردیده است. برای اندازه‌گیری رطوبت نسبی ابتدا بایستی رطوبت سنج را حول دسته آن، به مدت ۳ الی ۵ دقیقه چرخانید و پس از آن که هر دو دماسنج اعداد ثابتی را نشان دادند، دماها قرائت شده و ثبت گردد. پس با استفاده از نمودار رطوبت سنجی، درصد رطوبت نسبی مشخص گردد.

رطوبت سنج مکشی (نوع آسمن): از دو دماسنج خشک و تر تشکیل شده است که در دامن یک قاب فلزی بازتاب دهنده تابش‌های حرارتی قرار گرفته است. تفاوت این رطوبت سنج با رطوبت سنج چرخان این است که در نوع مکشی جریان هوا به کمک یک بادبزن که پس از کوک شدن عمل می‌کند، از روی مخزن دماسنج‌ها عبور می‌کند. افزون بر این در رطوبت‌سنج مکشی نوع آسمن فیتیله دور مخزن دماسنج تر به طور دستی با آب خیس شده و مخزن آب وجود ندارد. برای کار با آن فیتیله را خیس کرده و یاد بزن رطوبت سنج را کوک می‌کنند. هوا از روی مخزن دماسنج عبور می‌کند پس از مدتی که تغییرات دمای دماسنج‌ها ثابت گردید، دمای هر دو دماسنج قرائت و ثبت می‌گردد. پس با استفاده از نمودار رطوبت سنجی، میزان رطوبت نسبی محاسبه می‌گردد. نکته مهم این است که هر دو دماسنج باید از یک نوع و یک اندازه بوده و قرائت دماسنج‌ها تا ۰/۱ درجه سانتی‌گراد انجام گیرد.

نقطه شبنم: در حرارتی است که هوا (در فشار ثابت) در آن درجه حرارت از بخار آب اشباع گردد.

فشار هوا: فشار جوی یا بارومتر عبارت از فشاری است که جو زمین به علت نیروی وزنش بر روی سطح زمین و سایر معلومی که در آن غوطه‌ور است، وارد می‌کند.

فشار بخار آب: بخار آب موجود در هوا، جدا از دیگر گازهای جو، دارای فشاری است که فشار بخار آب نامیده می‌شود. فشار بخار آب برحسب میلی بار، میلی متر جیوه و اینچ جیوه اندازه‌گیری می‌شود.

سرعت جریان هوا: به طور کلی، جریان هوا در نتیجه اختلاف دمای نقاط مختلف، که به اختلاف چگالی آن نقاط منجر می‌شود، ایجاد می‌گردد. در نتیجه این امر، هوا از نواحی با فشار زیاد به نواحی با فشار کم حرکت می‌کند. برای اندازه‌گیری سرعت جریان هوا در محیط کار از دماسنج کاتا بیشتر استفاده می‌شود که مستقل از جهت آن است.

دماسنج کاتا: این وسیله یک دماسنج الکلی است که مخزن نسبتاً بزرگی به ابعاد ۱/۵×۰/۷۵ اینچ دارد که از الکل رنگ پر شده است. بر روی ساقه این دماسنج دو حرف A و B در فاصله معینی نوشته شده و به طور معمول برابر ۳۸ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد است که دامنه سردشوندگی نامیده می‌شود. در پشت ساقه دماسنج نیز معیار دماسنج نوشته که توسط کارخانه سازنده مشخص می‌شود. دماسنج کاتا دارای سه نوع، کاتای خشک، تر، نقره‌اندود می‌باشد.

دماسنج کاتای خشک: نوع استاندارد دارای دامنه سردشوندگی ۳۵ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد اما در محیط‌های بسیار گرم از دماسنج کاتا با دامنه سردشوندگی بالاتر یعنی ۵۲ الی ۵۵ درجه سانتی‌گراد و حتی دماسنج کاتا با دامنه سردشوندگی ۶۳

تا ۶۶ درجه سانتی گراد استفاده می گردد.

دماسنج کاتای تر: دارای ساختمانی مانند دماسنج کاتای خشک است با این تفاوت که به دور مخزن بزرگ آن پارچه ای کتانی پیچیده شده است و به این ترتیب افزون بر دو روش انتقال گرما در کاتای خشک (جابجایی و تابش) از راه تبخیر نیز گرما را از دست می دهد.

دماسنج کاتای نقره اندود: ساختمان آن شبیه دماسنج کاتای خشک است با این تفاوت که مخزن بزرگ آن با پوششی از نقره اندود شده است تا به این وسیله امواج الکترومغناطیسی با طول موج بلند (مادون قرمز) ناشی از تابش سطوح داغ را باز تابانیده و از خطای مربوط به دخالت دمای تابشی در اندازه گیری سرعت جریان هوا جلوگیری نماید.

تبادل حرارت بدن با محیط

نیاز بشر به تأمین درجه حرارت داخل ثابت ایجاب می کند که بین فرد و محیط پیرامون خود تبادل حرارت صورت پذیرد. این تبادل حرارت در میزان متناسب با گرمای حاصل از سوخت و ساز و شرایط محیطی انجام می گیرد. چنانچه در رابطه ذخیره گرمایی در بدن نشان داده شده است:

$(\pm S = +M \pm C \pm R \pm K \pm D - E)$ همیشه از راه سوخت و ساز و گرما در بدن تولید (+M) و از راه تبخیر از دست می دهد (-E) و از راه های جابجایی ($\pm C$) و تابش ($\pm R$) و هدایت ($\pm K$) و تنفس و غذا و نوشیدنی ها و دفع مواد زائد ($\pm D$) گرما به بدن می رسد یا دفع می گردد. افزایش یا کاهش مستقیم گرمای دریافت شده به وسیله بدن و گرمای دفع شده از بدن، ذخیره گرمایی (S) را در بدن به وجود می آورد.

راه های تبادل حرارت

راه های تبادل حرارت بین بدن و محیط متفاوت بوده و به شرح زیر می باشد:

الف) جابجایی: یکی از فرایندهای انتقال گرماست که طی آن بین بدن و هوای بیرون صورت می پذیرد. میزان گرمای جابه جا شده بین بدن انسان و هوای مجاور برابر است با: $C = h_c (t_a - T_g)$ که در این رابطه:

C: مقدار گرمای جابه جا شده

h_c : ضریب جابجایی

t_a : دمای محیط

T_g : دمای پوست است.

در تعیین مقدار ضریب جابجایی عوامل مختلفی مثل سرعت جریان هوا، ابعاد بدن، چگالی و رسانایی ویژه هوا دخالت دارند. با توجه به عوامل مختلف، رابطه فوق به شکل زیر می باشد: $C = V^{0.6} (t_a - T_g)$ که در این رابطه: V: سرعت جریان هوا بر حسب متر بر دقیقه است.

ب) تابش: میزان انرژی که در اثر تابش از اجسام ساطع می شود با توان چهارم دمای مطلق جسم متناوب است ولی با تحقیقات فراوانی که انجام شده، یک معادله درجه اول برای تبادل گرما بین بدن انسان و محیط از طریق تابش بدست آمده است:

$$R = 11.3 (MRT - T_g)$$

R: مقدار انرژی مبادله شده از طریق تبخیر و MRT میانگین دمای تابش محیط (سانتی گراد) و MRT به این صورت محاسبه می شود:

$$MRT = T_g + 1/\sqrt{V} (T_g - T_a)$$

که MRT میانگین دمای تابش و T_g : دمای گوی سان و V سرعت جریان هوا و T_a : دمای دماسنج خشک (سانتی گراد) است.

پ) تبخیر: تبخیر عرق یکی از راه های کنترل گرمای بدن است که از نظر فیزیولوژیک دارای اهمیت بسیار است. مقدار گرمایی که از راه تبخیر از دست می رود از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$E = h_e (VPS - PPA)$$

که در این رابطه:

E: مقدار انرژی گرمایی از دست رفته از راه تبخیر عرق
 he: ضریب انتقال گرما از راه تبخیر
 VPS: فشار بخار آب در سطح پوست
 PPA: فشار نسبی بخار آب در هوا

در محیط‌های گرم و مرطوب اتلاف حرارت از راه تبخیر به میزان ظرفیت هوای پیرامون برای جذب رطوبت اضافی بستگی دارد. پس معادله حداکثر میزان تبخیر عرق به شکل زیر است:

$$E_{\max} = \frac{VPS - PPA}{h_e} \quad \text{که در آن:}$$

E_{\max} : حداکثر ظرفیت تبخیر (کیلوکالری بر ساعت)

V: سرعت جریان هوا بر حسب متر بر دقیقه

نمایانگر فشار گرمایی

تاکنون کوشش‌های زیادی به عمل آمده است تا بتوان عوامل گوناگون مؤثر در شرایط جوی و هم چنین عوامل فیزیولوژیک و فردی را با هم ادغام کرده و نتیجه را به صورت عددی واحد (نمایانگر فشار گرمایی) بیان نمود. نمایانگر فشار گرمایی شدت گرمای محیط و نیز ظرفیت آن را برای برقراری سهولت تبادل گرما با کارگران نشان می‌دهند. در نتیجه مطالعه پژوهشگران در حال حاضر تعدادی نمایانگر فشار گرمایی طرح و ارایه شده است:

۱- دمای مؤثر: دمای مؤثر (ET) نمایانگری است که استفاده گسترده‌ای دارد و در رابطه با راحتی و آسایش می‌باشد که بوسیله انجمن مهندسين تهویه امریکا ارایه شده است. دمای مؤثر ترکیبی از دمای محیط، رطوبت هوا، و سرعت جریان هوا می‌باشد و نمایانگر تجربی بوده و از روی آزمایش‌هایی که بر روی افراد انجام گرفته، بدست آمده است و هنگامی که آنها را در شرایط جوی معین وارد سازند، حساسیت گرمایی را نشان می‌دهند. از دمای مؤثر به طور وسیعی در زمینه تهویه مطبوع استفاده می‌گردد. برای دمای مؤثر دو نمودار وجود دارد. یکی برای افرادی که تا کمر لخت می‌باشند و دیگری برای افرادی که لباس معمولی پوشیده‌اند.

۲- دمای مؤثر تصحیح شده: در محاسبه نمایانگر دمای مؤثر، تابش‌های حاصل از سطوح داغ موجود در محیط کار دخالت داده نشده بود. بر فورد (Berford) با دخالت دادن عامل فوق دمای مؤثر را اصلاح نمود و نمایانگر جدید را دمای مؤثر تصحیح شده (CET) نامید. عوامل دخیل در دمای مؤثر تصحیح شده همان عوامل دمای مؤثرند با این تفاوت که به جای دمای خشک، دمای تر گوی سان را به کار می‌بریم.

۳- نمایانگر دمای تر گوی سان: این نمایانگر به طور گسترده‌ای برای ارزشیابی فشار گرمایی محیط کار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نمایانگر به دلیل آسانی روش اندازه‌گیری و نیز ارتباط نزدیک با دمای مؤثر تصحیح شده وسیله انجمن دولتی متخصصین بهداشت صنعتی امریکا به عنوان نمایانگر اصلی جهت برقراری مقادیر حد آستانه مجاز انتخاب گردید. این نمایانگر بر پایه اندازه‌گیری دمای گوی سان، دمای خشک و دمای تر طبیعی می‌باشد. دو رابطه، یکی برای محیط باز و دیگری برای محیط بسته ارایه شده است:

$$WBGT = 0.7t_{nw} + 0.3t_g \quad \text{(محیط باز) و} \quad WBGT = 0.7t_{nw} + 0.2t_g + 0.1t_a \quad \text{(محیط بسته)}$$

www.nashr-estekhdam.ir

که در فرمول‌های بالا:

WBGT: نمایانگر تر گوی سان (سانتی‌گراد)

t_{nw} : دمای تر طبیعی (سانتی‌گراد)

t_g : دمای گوی سان (سانتی‌گراد)

t_a : دمای خشک (سانتی‌گراد) می‌باشد.

شافص‌های تنش گرمایی

تنش گرمایی یک واکنش فیزیولوژیک است که در برابر فشار گرمایی محیط ایجاد می‌شود. بدن هم‌گرم را از محیط می‌گیرد و هم‌گرم به محیط دفع می‌کند و برای ایجاد تعادل گرمایی و جلوگیری از افزایش درجه حرارت بدن، ساز و کار تعریق و گردش خون وجود دارد. نمایانگرهای فشار گرمایی بسیاری شناخته شده، که ارتباط تنش گرمایی با فشار گرمایی را در محیط گرم نشان می‌دهند. معمول‌ترین نمایانگرها عبارتند از: دمای داخلی بدن، میزان عرق، تعداد ضربان قلب و میزان تبخیر عرق (دمای پوست).

عوارض ناشی از گرما

این عوارض به دو گروه طبقه‌بندی می‌شوند: گروه اول عوارض خفیف است که شامل سوختگی پوست و جوش‌های گرمایی می‌باشند. جوش‌های گرمایی به علت بسته شدن دهانه غدد عرق ایجاد می‌گردد. گروه دوم عوارض شدید می‌باشد و شامل کرامپ گرمایی، گرم‌زدگی و ضعف گرمایی می‌باشد.

الف) کرامپ گرمایی: این عارضه در کارگرانی که در محیط‌های گرم، کارهای بدنی سنگین انجام می‌دهند، دیده می‌شود. این عارضه در کارگران معادن، کوره‌های ذوب فلزات، شیشه‌سازی و مزارع نیشکر در مناطق گرم دیده می‌شود.

علائم بیماری: آغاز کرامپ گرمایی ناگهانی بوده و پا دردهای شدید ناگهانی، ابتدا در ماهیچه‌های دست و بازو پس در ماهیچه‌های پا و شکم شروع می‌گردد. درد مرتباً زیاد شده و در حالات بسیار شدید ممکن است گرفتگی (اسپاسم) کار پوپدال نیز دیده شود.

علت بیماری: علت اصلی ایجاد بیماری عرق زیاد و از دست دادن آب و الکترولیت‌های بدن بخصوص سدیم می‌باشد.
درمان: ابتدا شخص را از محیط گرم دور نموده و پس به او مایعات نمک دار خورانیده می‌شود و در صورت لزوم باید تزریق داخل وریدی انجام داد. ضمناً جهت پیشگیری در شاغلی که خطر این بیماری وجود دارد، قرص‌های نمک یک گرمی در کنار آب سردکن‌ها، جهت استفاده کارگران قرار داده می‌شود.

ب) گرما زدگی: آغاز بیماری گرم‌زدگی ناگهانی بوده و بیمار بهوش می‌گردد. پوست بیمار بسیار گرم و خشک، نبض کند و درجه حرارت مقعد در حدود ۴۲ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

علت بیماری: ناتوانی مرکز تنظیم حرارت بدن در مغز به علت اثر مستقیم حرارت می‌باشد.
درمان: در آغاز باید پوست را سریع خنک نمود و آن را مرطوب نگه داشت. اغلب مرگ‌ها در اثر گرم‌زدگی در ۲۴ ساعت اولیه رخ می‌دهد.

پ) ضعف گرمایی: شروع بیماری بسیار آهسته بوده و بیمار از ضعف، خستگی و سرگیجه شکایت می‌کند، معمولاً علائمی چون اسهال و استفراغ نیز وجود دارد. پوست فرد مرطوب و درجه حرارت بدنش در حدود ۳۹/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و نبض وی تند و ضعیف بوده و فشار خون کاهش می‌یابد.

علت بیماری: ضعف گردش خون در جبران مایعات از دست رفته در نتیجه تعریق می‌باشد.
درمان: تجویز محرک‌های قلبی و عروقی و تزریق سرم نمکی می‌باشد. در محیط‌های کاری برای جلوگیری از عوارض ناشی از گرما می‌توان آب خنک با درجه حرارت ۱۰ الی ۱۵ درجه سانتی‌گراد در نزدیکی محل کار برای کاهش احتمال از دست دادن آب و الکترولیت‌ها که نتیجه آن عوارض ناشی از گرما است، استفاده کرد. آب خوری باید در نزدیکی محل کار باشد. با تهیه آب آشامیدنی حاوی ۰/۱ درصد نمک محلول، امکان ایجاد کرامپ‌های گرمایی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. این روش به استفاده از قرص‌های نمک برتری دارد.

www.nashr-estekhdam.ir

سرما در محیط کار

انسان موجودی خون گرم بوده و در حرارت‌های معینی قادر به زندگی و فعالیت می‌باشد. امروزه مطلوب‌ترین درجه حرارت برای زندگی را ۲۱ درجه سانتی‌گراد می‌دانند که از نظر شرایط محیطی با رطوبت ۵۰ درصد و جریان هوای نزدیک به ۱۰ متر در ثانیه همراه باشد. البته گفتنی است که درجه حرارت‌های مطلوب برای فعالیت‌های بدنی گوناگون به نوع کار و شدت فعالیت بستگی دارد. اگر سرما شدید باشد ممکن است تدابیر فیزیولوژیک بدن بسنده نبوده و دست‌ها و پاهای فرد به دنبال احساس سرما حالت کرخی پیدا کرده و فرد قادر به انجام کار نباشد. در این حالت استفاده از دستکش و لباس گرم می‌تواند از کاهش درجه حرارت بدن فرد و بروز عوارض ناشی از سرما جلوگیری کند.

فشار سرمایی: منظور از پیشنهاد حدود مجاز مواجهه با سرما جلوگیری از کاهش دمای عمقی بدن به کمتر از ۲۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد تا از آسیب سرما به قسمت‌های انتهایی بدن (دست‌ها و پاها) پیشگیری گردد. تنها جنبه مهم حیاتی در مواجهه با سرما کاهش دمای عمقی بدن (هیپوترمی) است. به منظور حفاظت کارگران مشاغل در محیط‌های سرد افزون بر استفاده از لباس‌های عایق، برنامه ریزی صحیح کار را می‌توان نام برد. از این رو، بایستی در حین کار، زمانهای استراحت جهت گرم شدن کارگر در شرایط مناسب فراهم گردد.

عوارض ناشی از سرما

الف) کهیر: کهیر ناشی از سرما معمولاً روی قسمت‌های باز بدن به دنبال اثر هوای سرد یا آب سرد ظاهر می‌شود. این کهیرها همراه با خارش و مور مور شدن می‌باشد.

ب) سرخی

ج) سرمازدگی: این عارضه به علت اثر سرما بر روی بافت‌های پوستی و ایجاد اختلال موضعی در گردش خون به وجود می‌آید و از بافت‌های سطحی شروع می‌شود و غالباً در انگشتان دست، پا و بینی دیده می‌شود.

روشنایی در محیط کار

پیشرفت صنایع، ازدیاد واحدهای صنعتی و تولیدی و نیاز روزافزون به بازده بیشتر صنایع برای تأمین نیازهای مصرف‌کنندگان ایجاب می‌کند که کار بیشتر در محیط‌های بسته در مدت شب و روز ادامه داشته باشد. بنابراین، استفاده از نور مصنوعی بتدریج توسعه یافته است. امروزه مسئله روشنایی برای کارگاههای بزرگ صنعتی اهمیتی ویژه یافته است، زیرا کمبود روشنایی در محیط کار افزون بر ایجاد خستگی اعصاب، آسیب‌های دیگری به سلامت و بینایی کارگر وارد می‌آورد. به طور کلی می‌توان اهداف تأمین روشنایی بسته و مناسب را چنین بیان کرد:

۱- بیشترین حفاظت از بینایی کارکنان

۲- کاهش عوامل ایجاد خستگی و فشار ناشی از روشنایی کافی

۳- پیشگیری از حوادث ناشی از کار

۴- افزایش بازده کار

۵- بهبود کیفیت فرآورده

بی‌گمان مهم‌ترین حس انسان بینایی است و به این دلیل مهندسی روشنایی اهمیت حیاتی دارد. روشنایی رضایت‌بخش دارای ویژگی‌های زیر است:

- ۱- نور کافی باشد
- ۲- نور از قطر توزیع مطلوب باشد
- ۳- درخشندگی سطح سبب چشم زدگی نگردد
- ۴- سایه‌های مزاحم موجود نباشد

ماهیت نور

نظریه‌های گوناگونی در مورد ماهیت نور ارائه شده است، اما نظریه کوانتوم و نظریه الکترومغناطیس کاربرد زیادی در مهندسی روشنایی دارند. بر پایه نظریه کوانتوم، انرژی نورانی به صورت ذرات کوچک و جدا از هم به نام فوتون، تولید یا جذب می‌شود که انرژی هر فوتون نور از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$E = nh\nu \quad \text{که در آن:}$$

E : میزان انرژی هر فوتون (ژول)

n : تعداد فوتون در طیف

h : ثابت پلانک

ν : بسامد نور (هرتز)

نظریه کوانتوم نحوه تولید و جذب نور را به خوبی توضیح می‌دهد لیکن قادر به توجیه برخی رفتار آن در فضا (مانند تداخل) نیست، لذا هر دو نظریه کوانتوم و موجی برای توضیح کامل رفتار نور لازم است.

بیناب امواج الکترومغناطیس و نور مرئی

سده‌ها پیش بشر نور مرئی را شناخته بود، اما تا زمان کشف امواج الکترومغناطیس به ماهیت آن پی نبرده بود. تا این که با کشف امواج الکترومغناطیس مشخص شد که نور مرئی قسمتی کوچک از بیناب امواج الکترومغناطیس می‌باشد. به طوری که ملاحظه می‌شود در این بیناب، امواج رادیویی تقریباً طول موج‌های بزرگتر از یک میلی متر را اشغال می‌کنند و پس از آنها به ترتیب ریز موج‌ها، امواج مادون قرمز، نور مرئی، فرابنفش، پرتو مجهول (X) و پرتو گاما قرار دارند.

حساسیت چشم انسان

تنها بخش کوچکی از بیناب گسترده امواج الکترومغناطیس که به نور مرئی معروف است، روی چشم انسان اثر رنگ و بینایی می‌گذارد. از این طول موج‌ها در ایجاد احساس بینایی یکسان نیست و چشم انسان حداکثر حساسیت خود را در طول موج ۵۵۵ میکرون دارد.

عوامل اصلی در دیدن اجسام

چهار عامل اصلی در دیدن اجسام مؤثرند:

- ۱- اندازه جسم ۲- تباین (کنتراست) ۳- میزان روشنایی جسم ۴- طول زمان دیدن

www.nashr-estekhdam.ir

کمیت‌های (روشنایی)

میزان نور یا شار نوری: میزان نور فشرده شده از یک منبع را شار نوری آن منبع گویند. میزان نور یا شار نوری، که از هر استرادیان زاویه فضایی خارج شود، واحد شار نوری یا یک لومن نامیده می‌شود. چون زاویه فضایی مربوط به هر سطح بسته 4π استرادیان است، به طور کلی، شار نوری برابر 4π لومن تولید می‌کند.

ضریب بهره نوری

عبارت است از نسبت شار نوری به توان الکتریکی منبع. این ضریب در مورد لامپ‌های التهابی ۲۵-۲۰ لومن بروات، برای لامپ‌های فلورسنت تا حدود ۹۰ لومن بروات، برای لامپ‌های جیوه‌ای تا حدود ۵۰ لومن بروات و برای لامپ‌های سدیمی بیشتر از ۱۰۰ لومن بروات است.

شدت نور

شدت نور، تراکم شار نوری در فضا را نشان می‌دهد. شدت نور منابع مختلف در زاویه‌های گوناگون، متفاوت است. شدت نور برابر است با خارج قسمت شار نوری به زاویه فضایی $I = \frac{\Phi}{\Omega}$ هرگاه در زاویه فضایی برابر یک استرادیان، شار نوری برابر یک لومن منتشر شود، شدت نور در این زاویه فضایی یک کاندولا می‌باشد.

I: شدت نور (کاندولا)

Φ : شار نوری (لومن)

Ω : زاویه فضایی (استرادیان) است

www.nashr-estekhdam.ir

شدت روشنایی

شدت روشنایی در یک سطح میزان شار نوری تابیده شده بر واحد سطح را نشان می‌دهد. واحدهای اندازه‌گیری شدت روشنایی عبارتند از:

- ۱- لوکس: روشنایی ایجاد شده به وسیله شار نوری یک لومن بر روی سطحی برابر یک متر مربع به نام لوکس نامیده می‌شود.
- ۲- فوت-کندل: عبارت است از روشنایی سطحی معادل یک فوت مربع که شار نوری مساوی یک لومن را به طور یکنواخت از فاصله یک متری منبع نور دریافت می‌کند.

ضمناً بین شدت روشنایی و شدت نور و فاصله از منبع نور روابط زیر برقرار است: شدت روشنایی در نقطه الف شدت روشنایی در نقطه ب

E: شدت روشنایی (لوکس)

I: شدت نور (کاندولا)

d: فاصله منبع نور تا نقطه الف (متر)

θ : زاویه بین سطح دریافت‌کننده نور و سطح افق (درجه)

r: فاصله منبع تا نقطه ب (متر)

شدت روشنایی در سطح با مجذور فاصله منبع از سطح کاهش می‌یابد روشن است که در یک فاصله معین θ ، شدت روشنایی برای $\theta=0$ یعنی روی سطح عمود بر جهت انتشار نور حداکثر است.

شدت روشنایی در سطح کار برای فعالیت‌های گوناگون

نوع فعالیت	شدت روشنایی روی میز کار (لوکس)
حمل و نقل (جابه‌جا کردن)	۵۰ تا ۱۰۰
کارهای غیر دقیق	۱۲۵ تا ۲۵۰
کارهای نیمه دقیق	۲۵۰ تا ۵۰۰
کارهای دقیق	۵۰۰ تا ۱۰۰۰
کارهای خیلی دقیق	۱۰۰۰ و بیشتر

درخشندگی

$$L = \frac{I}{A}$$

$$L = \frac{I}{A \cos \theta}$$

درخشندگی عبارت است از شدت نور منتشر شده از یک منبع در جهت عمود بر چشم. اگر سطح بر چشم عمود نباشد، درخشندگی از این رابطه بدست می آید:

که L : درخشندگی سطح (کانونا بر متر مربع)

I : شدت نور (کانونا)

A : سطح جسم (متر مربع)

واحد اندازه گیری درخشندگی کانونا بر متر مربع است که نیت هم نامیده می شود. و واحد دیگر اندازه گیری کانونا بر سانتی متر مربع است که استیلپ خوانده می شود.

نیت $10000 =$ استیلپ. درخشندگی مناسب برای چشم انسان در حدود ۶۵ تا ۶۵۰۰۰ نیت می باشد.

تباين

یعنی اختلاف درخشندگی زمینه و درخشندگی جسم. هرچه این اختلاف کمتر باشد، دیدن جسم مشکل تر می گردد. تباين به صورت درصد بیان می گردد.

$$C = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100$$

که $L_1 > L_2$ در این رابطه:

C : تباين

L_1 : درخشندگی جسم

L_2 : درخشندگی زمینه و شرط $L_1 > L_2$ باید رعایت گردد.

تقسیم بندی چراغ ها براساس پخش نور

چراغی که در ارتفاع بالای سطح کار نصب شده است در نظر بگیرد. اگر همه نور چراغ در نیمکره پایین چراغ متمرکز باشد، نور به طور مستقیم به صفحه کار می تابد این گونه چراغ را چراغ با نور مستقیم نامند. برعکس اگر نور چراغ در نیم کره بالای چراغ پخش شود، نور تنها از طریق بازتاب از سقف و دیوارها به سطح کار می رسد و این گونه چراغ را دارای نور غیر مستقیم گویند. البته بین این دو حالت، سه حالت دیگر نیز وجود دارد. تقسیم بندی چراغ ها به وسیله کمیته بین المللی روشنایی مطابق جدول زیر می باشد:

درصد شار نوری نیمکره بالا	درصد شار نوری نیمکره پایین	مشخصه چراغ
۱۰ تا ۰	۹۰ تا ۱۰۰	مستقیم
۴۰ تا ۱۰	۶۰ تا ۹۰	نیمه مستقیم
۶۰ تا ۴۰	۴۰ تا ۶۰	پخش یکسان
۹۰ تا ۶۰	۱۰ تا ۴۰	نیمه غیر مستقیم
۹۰ تا ۱۰۰	۱۰ تا ۰	غیر مستقیم

www.nashr-estekhdam.ir

منابع نور

منابع نور به دو گروه طبیعی و مصنوعی تقسیم می شوند:

الف) نور طبیعی: مهم ترین منبع طبیعی نور، خورشید است و روشنایی روز یکی از منابع مهم تأمین انرژی نورانی می باشد. در شرایط نصب پنجره ها باید به نکات زیر توجه نمود:

- ۱- پنجره‌ها باید به صورتی نصب شوند که روشنایی روز به طور یکنواخت به کلیه نقاط کارگاه برسد.
- ۲- با توجه به این که شیشه‌ها عامل ایجاد خیرگی می‌باشند، پنجره‌ها باید به صورتی نصب شوند که از ایجاد خیرگی و همچنین تابش مستقیم نور به چشم‌ها جلوگیری گردد.
- ۳- سقف و قسمت بالایی دیوارها معمولاً به رنگ روشن به منظور افزایش بازده روشنایی وارده از پنجره‌ها و قسمت پایین دیوارها برای ایجاد شرایط آسایش بینایی به رنگ تیره رنگ‌آمیزی گردند.
- ۴- بهترین نوع پنجره آن است که تا نزدیکی سقف ادامه داشته باشد.
- ۵- مؤثرترین مساحت سطح شیشه پنجره‌ها نسبت به مساحت کف کارگاه به منظور ایجاد یکنواختی نور به شرح زیر است:

در کارهای ظریف و دقیق نسبت مساحت شیشه به مساحت کف $\frac{1}{5} - \frac{1}{3}$ می‌باشد، در کارهای معمولی این نسبت $\frac{1}{5} - \frac{1}{7}$ می‌باشد و در اتمارها $\frac{1}{3}$ می‌باشد.

ب) نور مصنوعی: در روشنایی مصنوعی از لامپ‌های الکتریکی استفاده می‌گردد که باید در طراحی روشنایی به نکاتی توجه نمود:

- ۱- روشنایی به طور یکنواخت در سطح کار توزیع شود.
- ۲- محل نصب منبع اضافی روشنایی باید در طرف چپ سطح کار باشد و ارتفاع آن از سطح کار از ۶۰ سانتی‌متر تجاوز نکند.
- ۳- مقدار روشنایی برای هر شغل به صورتی محاسبه گردد که برای تشخیص اجزای کار کافی است.

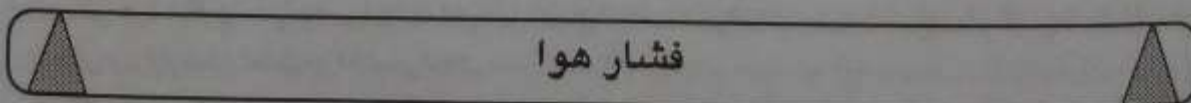
مشخصات اصلی منابع روشنایی مصنوعی

- ۱- تا حد امکان به روشنایی روز نزدیک باشد.
 - ۲- به صورت یکنواخت توزیع گردد.
 - ۳- ایجاد خیرگی نکند.
 - ۴- درخشندگی مناسب داشته باشد.
 - ۵- ایجاد حرارت نکند.
 - ۶- تابش پرتو فرابنفش برخی از لامپ‌ها حداقل باشد.
- منابع روشنایی مصنوعی به دو گروه تقسیم می‌شوند:

● ۱- لامپ‌های ال‌تهدایی

● ۲- لامپ‌های تخلیه در گاز

در لامپ‌های ال‌تهدایی با عبور جریان برق از رشته‌های فلزی درجه حرارت آن را به حد کافی بالا برده تا تابش کنند. در لامپ‌های تخلیه در گاز با عبور جریان برق از گاز آن را تحریک می‌کنند تا نور منتشر کنند. مشخصات اصلی لامپ‌ها عبارتند از: شار نوری برحسب لومن، بهره فوری برحسب لومن بر وات، عمر لامپ برحسب ساعات کارکرد، درخشندگی لامپ برحسب کاندلا بر متر مربع و رنگ دهی که عبارتند از نشان دادن رنگ حقیقی اجسام رنگی در نور لامپ است. اگر طیف نور لامپ مناسب باشد رنگ‌ها به طور طبیعی دیده می‌شوند، در غیر این صورت، تغییر می‌کنند. برای اندازه‌گیری مقدار رنگ دهی، میزان نسبی نور در هر بخش اندازه‌گیری و با نور سفید طبیعی مقایسه می‌شود. عدد ۱۰۰ نشان دهنده رنگ دهی کامل است.



فشار در سطح دریا برابر ۷۶ میلی متر جیوه است. با افزایش ارتفاع از سطح دریا، فشار هوا کاهش می‌یابد به طوری که در

ارتفاع ۵۵۰۰ متری فشار هوا نصف و در ارتفاع ۸۰۰۰ متری، یک سوم و در ارتفاع ۱۶۰۰۰ متری، یک دهم فشار در سطح دریا می‌گردد.

سازش با فشار پایین اکسیژن

هرگاه فردی برای مدتی در مناطق کوهستانی (ارتفاعات بلند) زندگی می‌کند، بتدریج با فشار پایین اکسیژن سازش پیدا می‌کند، به گونه‌ای که فشار پایین اکسیژن، عوارض کمتری را در فرد ایجاد می‌کند.

پنج ساز و کار ایجاد سازش به شرح زیر می‌باشند:

الف) افزایش شدید تهویه ریوی

ب) افزایش تعداد گلبولهای قرمز

پ) افزایش ظرفیت ریه

ت) افزایش تعداد رگها و مویرگها در بافتها

ث) افزایش قدرت سلولها برای مصرف اکسیژن

www.nashr-estekhdam.ir

اختلالات ناشی از کاهش فشار در خلبانان

الف) اثر خروج گازهای محلول از مایعات بدن: در بین گازهای محلول موجود در بدن، ازت دارای اهمیتی بیشتر از سایرین است. بیشتر عوارض، مربوط به این گاز است. میزان حلالیت ازت در بافت چربی ۵ تا ۶ برابر میزان حلالیت آن در آب است. پس از ازت، به مقدار بسیار جزئی اکسیژن و انیدرید کربنیک در ایجاد عوارض مؤثر می‌باشند. در حالت عادی مقدار این گازها در مایعات بدن تابع قوانین کلی حلالیت گازها در مایعات می‌باشند. هر چه فشار گاز به سطح مایع کمتر شود، حلالیت گاز نیز کم می‌گردد. در بدن این نسبت بین فشار هوای حبابچه‌ای و گازهای محلول در خون برقرار است. اگر فشار هوای حبابچه‌ای کم شود گازهای محلول در خون، بتدریج از خون خارج می‌شوند تا تعادل موجود برقرار بماند و اگر کاهش فشار هوای حبابچه‌ای تدریجی باشد حفظ این تعادل امکان‌پذیر است، ولی اگر کاهش فشار هوای حبابچه‌ای سریع باشد بدن قادر به برقراری تعادل نبوده و گازهای محلول در مایعات آزاد شده به صورت حبابچه‌های ریز گاز در مایعات و بافت‌های بدن به ویژه بافت‌های چربی و عصبی به وجود آمده و باعث عوارضی می‌شود که به طور کلی آیروآمبولیزم نامیده می‌شود. عوارض ناشی از آیروآمبولیزم در اندامها، ریه‌ها، اعصاب و چشم‌ها بیشتر دیده می‌شوند. این عوارض معمولاً در خلبانان پس از ارتفاع ۷۰۰۰ متری مشاهده می‌شوند و ناشی از آمبولی‌های گازی در اندامهای گوناگون بدن می‌باشد و به صورت زیر تظاهر می‌کند.

احساس کرخی و مور مور شدن در اندامها، سوزش و خارش پوست بیشتر در مجاورت مفاصل بزرگ (شانه و زانو) و درد در مفاصل مربوطه شدت می‌یابد. البته عوارضی نیز در ریه‌ها و اعصاب دیده می‌شود که عوارض عصبی معمولاً با لرز شدید همراه سردرد می‌باشد که ممکن است به فلج یک اندام یا نیمه بدن منجر گردد. در مورد عوارض چشم به شکل دید تار و اختلالات میدان بینایی ظاهر می‌گردد که برای خلبانان بسیار ناراحت کننده می‌باشد.

عوارض در گوش: در حالت عادی فشار هوا در طرف پرده صماخ یکسان است، ولی اگر شیپور استاش به علتی متورم گردد به طوری که ارتباط گوش میانی با حلق قطع گردد، در صورت کاهش فشار هوای خارج، هوای موجود در گوش میانی منبسط شده و به پرده صماخ فشار وارد می‌آورد و پرده صماخ به طرف خارج برجسته می‌گردد که البته این پدیده باعث ناراحتی زیادی نمی‌گردد. اما اگر فشار هوای خارج بیشتر گردد باعث می‌گردد که پرده صماخ به طرف گوش میانی برجسته شود. این حالت احساس درد در گوش به وجود می‌آورد که اوتیت باروترماتیک نامیده می‌شود و عمل بلع یا مانور والسالوا باعث باز شدن شیپور استاش و برقرار شدن تعادل در فشار می‌گردد.

دستگاه تنفس: کاهش فشار نسبی اکسیژن در هوای تنفسی باعث افزایش دفعات تنفس و حجم هوای تنفسی می‌گردد. ولی با وجود افزایش تهویه ریوی اگر فشار اکسیژن مرتباً کاهش یابد، سرانجام به آنوکسی منجر می‌گردد.

دستگاه گردش خون: در ابتدا ضربان‌های قلب سریع شدن و فشار خون بالا می‌رود و مقدار گلبول قرمز و هموگلوبین و پلاکت افزایش می‌یابد. ولی در صورت ادامه کمبود اکسیژن در خون ضربان قلب شروع به کند شدن می‌کند و پیش از توقف نهایی، مجدداً به طور موقتی افزایش می‌یابد.

تخدير ازتي در فشارهای زیاد ازت: حدود چهار پنجم حجم هوا را ازت تشکیل می‌دهد. ازت در فشار سطح دریا بر روی اعمال بدن اثری ندارد ولی در فشارهای زیاد می‌تواند موجب درجات متفاوتی از تخدير یا نارکوز شود. هنگامی که فرد در عمق دریا مشغول غواصی است و هوای فشرده استنشاق می‌کند، عمقی که در آن نخستین علائم نارکوز خفیف ظاهر می‌گردد حدود ۳۶ متری می‌باشد و در این عمق، غواص احساس خفگی کرده و بسیاری از نارحتی‌های خود را از دست می‌دهد. در عمق ۴۵ تا ۶۰ متری، غواص خواب‌آلوده می‌شود. در عمق ۶۰ تا ۷۰ متری، قدرت جسمانی غواص به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و غالباً نمی‌تواند کارها را با ظرافت مورد نیاز انجام دهد. در پایین‌تر از ۷۵ متری (فشار ۸/۵ اتمسفر) غواص معمولاً در نتیجه نارکوز ازتی، در صورتی که مدت طولانی در این عمق بماند، عملاً به صورت فردی غیر قابل استفاده در می‌آید. نارکوز ازتی دارای مشخصاتی مثابه مستی با الکل است و به این دلیل غالباً آن را «مستی اعماق» نیز می‌نامند. تصور می‌شود که ساز و کار نارکوز مانند ساز و کار عمل تمام گازهای بیهوش‌کننده باشد. به این معنی که ازت به راحتی در چربی‌های بدن حل می‌شود. بنابراین، تصور می‌شود که مانند بیشتر گازهای بیهوش‌کننده دیگر در غشاهای و یا سایر ساختمانهای لیپیدی نورونها نیز حل می‌گردد و به علت اثر فیزیکی خود بر روی بارهای الکتریکی، تحریک پذیری نورونها را کاهش می‌دهد.

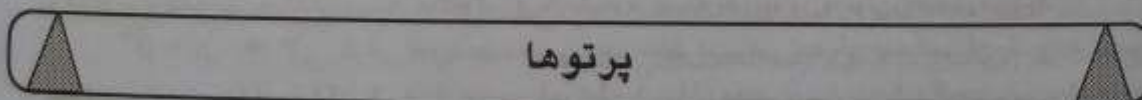
مسمومیت با اکسیژن در فشار زیاد: مسمومیت با اکسیژن به دلیل قرار گرفتن در محیطی با فشار نسبی زیاد اکسیژن روی می‌دهد. غواصانی که اکسیژن خالص استنشاق می‌کنند در عمق‌های بیش از ۷/۵ متر در معرض خطر قرار خواهند گرفت و آنهایی که از مخلوط هلیوم و اکسیژن مصرف می‌کنند در عمق‌های زیادتر (حدود ۱۵۰ متر) دچار خطر خواهند شد و احساس مبهمی از ناراحتی، پیش از بروز علائم شدید پیش خواهند آمد ولی تشنج و اغما ممکن است به طور ناگهانی بروز کند. تمام غواصانی که از دستگاه اکسیژن استفاده می‌کنند بایستی قادر به تشخیص علائم تخدير ناشی از اکسیژن باشد تا به محض مشاهده آنها به سطح آب برگردند. تنها درمان مورد نیاز، استنشاق هوای تازه است.

استفاده از مخلوط هلیوم - اکسیژن در غواصی عمیق

در غواصی بسیار عمیق معمولاً هلیوم به جای ازت در مخلوط‌گازی به سه دلیل زیر مصرف می‌شود:

- ۱- هلیوم فقط حدود ۲ درصد اثر تخديری ازت را دارد
- ۲- هلیوم فقط ۵ درصد ازت، از نظر حجمی در بافت‌های بدن حل می‌شود
- ۳- چگالی کم هلیوم مقاومت مجاری هوایی برای تنفس را در حداقل نکه می‌دارد و این دارای اهمیتی زیاد است، زیرا ازت بر فشار به قدری متمرکز است که مقاومت مجاری هوایی می‌تواند زیاد گردد و گاهی کار تنفس را از حد تحمل فرد بیشتر می‌کند. سرانجام، در غواصی‌های بسیار عمیق، مسئله مهم کاهش غلظت اکسیژن در مخلوط‌گازی استنشاقی است زیرا در غیر این صورت مسمومیت با اکسیژن به وجود می‌آید.

www.nashr-estekhdam.ir



پرتوها شکلی از انرژی می‌باشند که در خلأ یا ماده منتشر می‌شوند. برخی از آنها دارای جرم و بعضی فاقد آن می‌باشند و با توجه به میزان انرژی دارای قدرت نفوذ در ماده هستند. پرتوها به دو دسته پرتوهای یونساز و پرتوهای غیر یونساز طبقه‌بندی می‌شوند.

پرتوهای یونساز: بنیان علم پرتوشناسی در سال ۱۸۹۵، که رونتگن پرتو مجهول را کشف نمود، بنا نهاده شد. در سال بعد بکرل

کشف کرد که اورانیوم از خود پرتو تابش می‌کند و موادی از این نوع را پرتوزا نامید.

رادیواکتیویته: خاصیت هسته بعضی از اتم‌هایی است که خود به خود از آنها انرژی منتشر می‌شود. این انرژی معمولاً به صورت پرتوهای ذره‌ای و یا پرتو گاما می‌باشد.

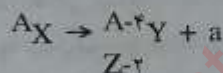
نیمه عمر: طی تحولات پرتوزا، تعداد اتم‌های پرتوزا در یک ماده رادیواکتیو، با گذشت زمان کاهش می‌یابد. میزان این کاهش در رادیونوکلیدهای گوناگون، متفاوت بوده و هر هسته پرتوزا، دارای سرعت تجزیه معین است. مدت زمانی که برای تجزیه نیمه‌ای از هسته‌های یک ماده پرتوزا لازم است نیمه عمر آن ماده نامیده می‌شود.

انواع پرتو

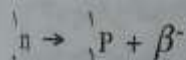
به طور کلی پرتوها به دو دسته مبهم تقسیم می‌شوند: پرتوهای ذره‌ای و پرتوهای الکترومغناطیسی.

الف) پرتوهای ذره‌ای: ذرات مادی با سرعت متفاوت می‌باشند که از نزدیک به صفر تا سرعت نور را دارا هستند و از هسته یا ساختمان محیطی اتم خارج شده و دارای جرم‌های متفاوت می‌باشند.

انواع پرتو ذره‌ای: پرتوهای ذره‌ای به دو گروه پرتوهای با بار الکتریکی و بدون بار الکتریکی شامل نوترون و... می‌باشند.
پرتو ذره‌ای آلفا: این ذرات بوسیله میدان مغناطیسی منحرف می‌شوند و دارای جرمی برابر چهار واحد اتمی می‌باشد. ذرات آلفا به آسانی، حتی به وسیله ضخامتی از چند صفحه کاغذ یا چند سانتی متر هوا، متوقف می‌شوند. ذره آلفا دارای دو پروتون و دو نوترون و هسته اتم هلیوم می‌باشد. ذرات آلفا به وسیله عناصر رادیواکتیو سنگین منتشر می‌شود و دارای دو واحد بار الکتریکی مثبت است. در مورد مواد رادیواکتیوی که ذرات آلفا تابش می‌کنند هسته مادر دو پروتون و دو نوترون را به صورت ذره آلفا به بیرون پرتاب می‌کند و هسته دختر دارای دو عدد اتمی و چهار عدد جرمی، کمتر از هسته مادر می‌شود.

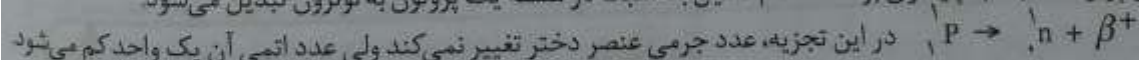


پرتو ذره‌ای بتا: این ذرات توسط میدان مغناطیسی منحرف می‌شوند و قدرت نفوذ بیشتری نسبت به آلفا دارند و برای متوقف نمودن آنها به چند میلی متر آلومینیوم نیاز است. ذرات بتا، الکترونیایی با بار منفی یا مثبت می‌باشند که به ترتیب نگاترون و پوزیترون نامیده می‌وند و دارای جرم یکسان ولی بار الکتریکی مخالف هستند. همان طور که اشاره گردید، ذرات بتا در مقایسه با ذرات آلفا از قابلیت نفوذ زیاد برخوردارند. ذره بتا یک واحد بار الکتریکی و جرم بسیار کوچکی دارد و گسیل بتا منفی در ایزوتوپ‌هایی رخ می‌دهد که نسبت نوترون به پروتون در آنها زیادتر از حد معمول است و در خارج از خط پایداری قرار دارند به همین دلیل در اتم‌های تابش کننده بتا منفی یک نوترون به یک پروتون تبدیل می‌شود.



www.nashr-estekhdam.ir

در این تجزیه، در عدد جرمی عنصر دختر تغییری حاصل نمی‌شود ولی عدد اتمی آن یک واحد افزایش می‌یابد. در مواردی که نسبت نوترون به پروتون پایین‌تر از حد معمول بوده و گسیل آلفا هم غیر ممکن باشد، احتمال دارد که هسته تحت شرایطی خاص با گسیل پرتو بتا مثبت به پایداری برسد. هنگام گسیل بتا مثبت در هسته یک پروتون به نوترون تبدیل می‌شود.



نوترون: پرتو نوترون فاقد بار الکتریکی است. نوترون را می‌توان با بمباران عناصری مناسب مانند آلومینیوم و بریلیوم به وسیله ذرات آلفا تولید نمود. یکی از منابع نوترون‌ها، راکتورهای اتمی هستند که در آنها اورانیوم شکافته شده و نوترون و انرژی حرارتی آزاد می‌کند. نوترون‌های آزاد شده نوترون‌هایی سریع هستند که انرژی آنها بین ۱ تا ۱۰ میلیون الکترون ولت می‌باشد. این نوترون‌ها پس از کاهش سرعت، خود باعث شکافته‌های بعدی می‌شوند. نوترون‌ها برحسب میزان انرژی به سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- نوترون‌های کند ($E < \text{Lev}$) ۲- نوترون‌های متوسط ($0.1 \text{ Mev} < E < \text{Lev}$) ۳- نوترون‌های سریع ($E > 0.1 \text{ Mev}$)

نوترونیایی که در دمای 20° درجه سانتی گراد دارای انرژی برابر 0.025eV می باشد، نوترونیهای حرارتی نامیده می شوند. پرتوهای الکترومغناطیس برحسب میزان جذب انرژی در جسم، ایجاد یون نموده و به همین دلیل به دو گروه طبقه بندی می شوند:

۱- پرتوهای یونساز ۲- پرتوهای غیر یونساز

پرتوهای مجهول و گاما در گروه پرتوهای یونساز و بقیه پرتوها جزو پرتوهای غیر یونساز قرار می گیرند. **پرتو مجهول:** پرتویی با قدرت نفوذ زیاد در اجسام می باشد و در پزشکی و صنعت کاربردی زیاد دارد.

روشهای تولید پرتو مجهول

۱- کاهش ناگهانی سرعت الکترونیهای سریع ۲- خارج نمودن یک الکترون از مدار داخلی اتم به وسیله الکترونیهای سریع. در واقع تفاوت انرژی الکترون در دو مدار به صورت پرتو مجهول ظاهر می شود.

پرتو گاما: ماهیت پرتو گاما مانند پرتو مجهول می باشد با این تفاوت که پرتو مجهول در نتیجه فعل و انفعالات الکترونی خارج از هسته تولید می شود. در حالی که پرتو گاما از فعل و انفعالات داخل هسته به وجود می آید. گسیل پرتو گاما آسان ترین راهی است که طی آن یک هسته تحریک شده انرژی خود را از دست داده و به مرحله پایداری نزدیک می گردد. در اثر گسیل گاما هیچ تغییری در عدد جرمی و عدد اتمی یک هسته ناپایدار رخ نمی دهد. در بعضی مواقع با آن که قبلاً هسته دچار تجزیه از نوع α یا β شده، ولی تراز انرژی آن هنوز ناپایدار بوده و در نتیجه انرژی اضافی به صورت پرتو گاما منتشر می شود. پرتو گاما نسبت به پرتو مجهول انرژی بیشتری دارد و در نتیجه دارای نفوذ بیشتری است و در درمان های عمقی و پرتونگاری صنعتی کاربرد دارد. رایج ترین ایزوتوپ های مورد استفاده عبارتند از رادیوم ^{226}Ra و کبالت ^{60}Co و سزیم ^{137}Cs .

کمیت های اندازه گیری پرتوها

پرتو دمی

همچنان که فوتون در هوا عبور می کند، اتم های موجود در هوا را یونیزه نموده و این عمل سبب ایجاد ذرات باردار می گردد. پس بهترین روش برای اندازه گیری پرتو دمی پرتو مجهول، اندازه گیری تعداد یونهای ایجاد شده در هوا می باشد. پرتو دمی برحسب رویتگن تعیین می شود که با R نشان داده می شود. رویتگن عبارت است از مقدار پرتو مجهول یا گاما که می تواند در هر سانتی متر مکعب هوای خشک در شرایط متعارف معادل یک واحد بار الکترواستاتیک یون منفی یا مثبت ایجاد نماید. رویتگن واحد قدیمی اندازه گیری پرتو دمی است و واحد جدید کولمب بر کیلوگرم می باشد. واحد پرتو دمی فقط در مورد پرتو مجهول و گاما در هوا تعریف شده و در مورد سایر پرتوها کاربرد ندارد.

مقدار جذب: هنگامی که پرتو از جسمی عبور می کند مقداری از انرژی آن به جسم منتقل می شود که مقدار آن برابر اندازه و مقدار جذب شده است که به نام مقدار جذبی خوانده می شود. مقدار انرژی جذب شده در بدن به عدد اتمی یافت و انرژی پرتو تابشی بستگی دارد، به این معنی که هر چه عدد اتمی بزرگتر باشد جذب پرتو افزایش و انرژی فوتون کاهش می یابد. سابقاً از راد به عنوان واحد مقدار جذب شده استفاده می گردید. این واحد نشان دهنده انرژی منتقله از پرتوهای یونساز به جسم تحت تابش است که معادل انتقال 100 ارگ انرژی در هر گرم از ماده تحت تابش می باشد. واحد مقدار جذبی در نظام جدید، گری نام دارد که معادل جذب یک ژول انرژی در هر کیلوگرم ماده تحت تابش است.

کیلوگرم / یک ژول = یک کالری و راد $100 =$ یک گری

مقدار معادل: مقدار معادل روشی را که مقدار جذب مؤثر برای تمام پرتوهای یونساز مانند پروتون، نوترون و پرتو مجهول محاسبه می کند، آسان می سازد. مقدار جذبی یکسانی از پرتوهای گوناگون آسیب های زیست شناختی متفاوت دارند و برای مثال 50 راد جذب نوترون در مقایسه با جمعیتی مقدار پرتو مجهول آسیب زیست شناختی بیشتری ایجاد می کند. قدرت یونسازی نوترون سریع 10 برابر مقدار جذب یکسان از پرتو مجهول می باشد. بنابراین، نوترون سریع در ایجاد اثر زیست شناختی 10 برابر

مؤثرتر از پرتو مجهول است. مقدار معادل از ضرب کردن مقدار جذبی از فاکتور کیفی به دست می آید، سابقاً از رم به عنوان واحد مقدار معادل استفاده می گردیده است.

فاکتور کیفی \times راد = رم. واحد مقدار معادل در نظام متریک برحسب سیورت است. کیلوگرم / یک ژول = یک سیورت در واقع یک سیورت برابر 10^6 رم است.

پرتوزایی

در نظام جدید واحد پرتوزایی بکرل است. یک بکرل پرتوزایی یک منبع پرتوزا می باشد که در هر ثانیه فقط یک اتم آن تجزیه گردد. در قدیم از کوری به عنوان واحد پرتوزایی استفاده می گردید. یک کوری در واقع مصرف پرتوزایی یک گرم رادیوم ^{226}Ra است. یک کوری میزان پرتوزایی یک ماده است که هر ثانیه 3.7×10^{10} اتم آن تجزیه شوند. رابطه بین کوری و بکرل به شرح زیر می باشد:

بکرل 3.7×10^{10} = یک کوری.

اثرات زیست شناسی پرتوهای یونساز

اثر مستقیم و غیر مستقیم پرتو: زمان اثر مستقیم ناشی از پرتو اتفاق می افتد که یک مولکول مستقیماً مورد تابش پرتو قرار می گیرد. اثر غیر مستقیم زمانی اتفاق می افتد که مولکولی مانند مولکول آب، که اهمیتی کمتر دارد، به یون ها یا رادیکال های فعال تجزیه شود. اگر این اجزای تجزیه شده با مولکول های مهمی مانند DNA ترکیب شوند، باعث اختلال در عمل اصلی DNA شده و آسیب هایی مانند عوارض مستقیم ایجاد می شود.

اثرات زودرس و دیررس پرتوها: از جمله اثرات زودرس، که پس از تابش مقدار حاد پرتو بروز می کنند، می توان اثر روی سلول و دستگاه های گوناگون مانند دستگاه خونساز، دستگاه گوارش و... نام برد. اثرات دیررس، ماه ها و یا سال ها پس از تابش مقدار زیاد و یا کم به وجود می آیند. از جمله این اثرات می توان از سرطان های، ایجاد آب مروارید، اختلالات جنینی و کوتاه شدن عمر را نام برد.

اثرات زودرس: پرتوگیری حاد تمام اندام ها را تحت تأثیر قرار می دهد. علائم آسیب با واکنش ناشی از پرتوگیری حاد به مقدار جذب و زمان پرتوگیری بستگی دارد. چنانچه مقداری پرتو زیاد در زمانی کوتاه به بدن برسد عوارض حاد آن ممکن است در مدت چند ساعت، چند هفته یا بیشتر ظاهر شود پرتوگیری قسمتی از بدن به میزان بیش از 10^6 راد به عارضه شدیدی منجر می گردد که اثرات حاد پرتو نامیده می شود. به طور کلی، آسیب های ناشی از پرتوگیری حاد برحسب افزایش مقدار پرتو به گروه تقسیم می شوند:

۱- آسیب های مراکز خونساز ۲- آسیب های دستگاه گوارش ۳- آسیب های دستگاه اعصاب مرکزی

علائم مشترک که در این سه گروه یاد شده مشاهده می شود عبارتند از:

الف) حالت تهوع و استفراغ ب) احساس خستگی و فرسودگی پ) افزایش درجه حرارت بدن ت) تغییرات خونی

www.nashr-estekhdam.ir

آسیب های ناشی از مراکز خونساز

اگر تمام بدن تحت تابش $3/5$ الی 10 سیورت پرتو قرار گیرد، مرگ تقریباً در مدت 10 تا 21 روز فرا می رسد. این مقدار پرتوگیری روی سلول های سازنده خون اثر می گذارد، به طوری که دیگر به ساختن گلبول های سفید قادر نمی باشد و بدن خط دفاعی خود را در مقابل پادتن های خارجی از دست می دهد. همه چنین لنفوسیت ها، که سازنده پادتن می باشند، نسبت به پرتو یونساز بسیار حساس بوده و از بین می روند. در خون سلولی دیگر به نام (مگاکاریوسیت) وجود دارد که برای ساختن پلاکت ها به قطعاتی تقسیم می شود. وجود پلاکت ها برای انعقاد خون حیاتی است. در اثر تابش پرتو زیاد تولید سلول های مگاکاریوسیت قطع می گردد به طوری که شمارش پلاکت های خون پایین می آید.

آسیب‌های دستگاه اعصاب مرکزی

پس از تولد، دستگاه عصب مرکزی، یکی از مقاوم‌ترین دستگاه‌های بدن در برابر پرتو یونساز می‌باشد. بر اثر تابش مقداری در حدود 100 سیورت یا بیشتر پرتو به بدن مرگ در مدت چند ساعت فرا می‌رسد. علت مرگ ظاهراً بر اثر غیر عادی شدن پمپ سدیم نوریون می‌باشد که موجب بروز عدم تعادل عصبی، ناهماهنگی و بی‌نظمی حرکت ماهیچه‌ها، حساسیت زیاد و سرانجام مرگ به دلیل نارسایی قلبی می‌شود.

اثر پرتو بر سلول‌های خون

در مدت 15 دقیقه پس از تابش مقادیر متوسط پرتو به تمام بدن کاهش در تعداد گلبول‌های سفید خون قابل تشخیص می‌گردد. مقادیر کم در حدود 5 تا 25 راد می‌تواند موجب افت شمارش تعداد این سلول‌ها شود. مگاکاریوسیت‌ها در برابر پرتو مقاوم بوده اما عمری نسبتاً کوتاه در خون دارند. پلاکت‌ها در برابر پرتو مقاوم اند اما مگاکاریوسیت‌ها، سلول‌های بزرگی که پلاکت‌ها از آنها به وجود می‌آیند، در برابر پرتو حساس‌اند. گلبول‌های قرمز بالغ در برابر پرتو مقاوم بوده اما 5 تا 7 روز پس از تابش مقدار متوسط پرتو، افت در گلبول‌های قرمز مشاهده می‌شود و تا سه هفته پس از تابش پرتو، به حداقل می‌رسد.

اثرات دیررس پرتوها

اثرات ژنتیک - کاهش طول عمر - آب مروارید و سرطان را می‌توان نام برد. آب مروارید که بیشتر در کارکنان نیروگاه‌های اتمی که مدت طولانی در معرض پرتوگیری کم می‌باشند دیده می‌شود. در آب مروارید عدسی چشم شفافیت خود را از دست می‌دهد. حداقل مقداری که آب مروارید ایجاد می‌کند، حدود 500 راد پرتو و 100 راد پرتوگاما و نوترون است. در میان پرتوهای یونساز چشم بیشتر به نوترون حساس است و نوترون‌ها در ایجاد آب مروارید بیش از سایر پرتوها مؤثر می‌باشند. در مورد سرطان، تابش پرتو ناشی از گاز رادون و مشتقات آن یکی از عوامل شیوع سرطان ریه در میان کارگران معادن می‌باشد. دخترانی که ساعت‌های شب نما را با رادیوم رنگ می‌نمودند و نوک قلم‌های خود را که آغشته به رادیوم بود با آب دهان خیس می‌نمودند، اکثراً دچار سرطان استخوان فک می‌شوند. استفاده از اکسید توریم، به عنوان ماده حاجب، در پرتونگاری، موجب بروز سرطان کبد می‌گردد. حداکثر مقدار مجاز پرتوهای یونساز برای تمام بدن افراد شاغل را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

www.nashr-estekhdam.ir

$$D = 5(N-18) \text{ که در آن:}$$

D: مقدار پرتو دریافتی (رم)

N: سن فرد (سال) می‌باشد

و همچنین در مسئله حفاظت در برابر پرتوهای یونساز سه عامل زمان - فاصله - حفاظ بسیار مهم‌اند و

پرتوهای غیر یونساز

بخشی از پرتوهای الکترومغناطیس، که انرژی آنها برای یونیزاسیون ماده کافی نیست، پرتوهای غیر یونساز نامیده می‌شود. پرتوهای غیر یونساز، پرتوهایی هستند که طول موج آنها بلندتر از 100 نانومتر و بسامد آنها کمتر از 3×10^{15} هرتز و انرژی فوتون آنها کمتر از $12/4$ الکترون ولت می‌باشد. پرتوهای فرابنفش، مرئی و مادون قرمز مجموعاً پرتوهای نوری نامیده می‌شوند. کاربرد پرتوهای غیر یونساز در جدول روبه رو آمده است:

- **پرتو فرابنفش:** پرتوهای الکترومغناطیس با طول موج 100 تا 400 نانومتر، پرتوهای فرابنفش نامیده می‌شود. پرتو فرابنفش به

سه ناحیه تقسیم می‌گردد:

۱- ناحیه نزدیک: که دارای طول موج 315 تا 400 نانومتر است و به ناحیه فلورسانس معروف است. پرتو لامپ‌های فلورسنت در این ناحیه قرار دارد زیرا پدیده فلورسانس یعنی جذب پرتو فرابنفش توسط برخی مواد و تابش نور مرئی در این ناحیه انجام می‌گیرد.

۲- ناحیه متوسط: که طول موج آن 280 تا 315 نانومتر است و از نظر آسیب‌های زیست شناختی فعال بوده و به طور طبیعی از خورشید به زمین می‌رسد.

۳- ناحیه دور: که طول موج آن بین 100 تا 280 نانومتر است و کاربرد آن در سترون نمودن و از بین بردن باکتری‌ها می‌باشد.

پرتو	کاربرد
فرابنفش UV	تهیه ویتامین D، سترون کردن لوازم بهداشتی، درمان بیماری‌های پوستی - صنعت چاپ
مادون قرمز IR	فیزیوتراپی، لامپ‌های ماده قرمز حرارتی کوره‌های حرارتی
MW/RF میکروویو و رادیویی	ماشین‌های صنعتی، مخابرات، رادار، دیاترمی، پزشکی

اثرات زیست شناختی پرتو فرابنفش

۱- **قرمزی پوست:** قرمزی پوست پس از تابش پرتو ایجاد می‌گردد و به شدت و طول موج آن بستگی دارد. مؤثرترین طول موج در ایجاد این عارضه طول موج 296 نانومتر است که در ناحیه متوسط فرابنفش قرار دارد. علت ایجاد قرمزی گشاد شدن مویرگ‌های لایه ادم در نتیجه آزاد شدن مواد مشابه هیستامین در اپیدرم می‌باشد.

۲- **تیرگی پوست:** بیشتر به وسیله پرتوی با طول موج 300 تا 360 نانومتر ایجاد می‌گردد.

۳- **سرطان پوست**

۴- **التهاب ملتحمه و قرنیه**

www.nashr-estekhdam.ir

مفاظت در برابر پرتو فرابنفش

۱- آموزش

۲- **فاصله از منبع پرتو:** شدت پرتو با عکس مجذور فاصله از منبع کاهش می‌یابد.

۳- **وسایل حفاظت فردی:** باید از وسایل حفاظت فردی، به ویژه در هنگام جوشکاری، مانند نقاب صورت، عینک مخصوص، دستکش و پیش‌بند چرمی استفاده گردد و معمولاً استفاده از لباس فلانل بر نوع چرم آن برتری دارد.

۴- **محصور نمودن:** با ایجاد پرده، به خصوص در محل جوشکاری، باید افراد دیگر را از پرتو محافظت نمود. می‌توان از پرده‌ای با جنس پنی وینیل کلراید استفاده نمود. رنگ پرده نباید بازتاب دهنده پرتو باشد و مناسب‌ترین رنگ، رنگی است که در آن از اکسید زنگ و اکسید تیتانیوم استفاده شده باشد. ماده حفاظتی دیگر برای محصور سازی، شیشه می‌باشد و در قسمت سترون کردن بیمارستان‌ها از این ماده استفاده می‌گردد.

پرتو مادون قرمز: در بیناب امواج الکترومغناطیس از طول موج 750 نانومتر تا 1 میلی‌متر، بیناب پرتو مادون قرمز می‌باشد. مهم‌ترین اثر زیست شناختی پرتو مادون قرمز به علت افزایش دمای بافت، پس از جذب پرتوها می‌باشد. حداکثر عمق نفوذ پرتو مادون قرمز در پوست حدود 3 میلی‌متر است. از عوارض مهم پرتو مادون قرمز روی پوست، ایجاد سوختگی و تیرگی رنگ پوست می‌باشد. اثر این پرتو روی عدسی چشم باعث ایجاد آب مروارید شده که به اصطلاح آب مروارید شیشه‌سازان نامیده می‌شود. ولی در حال حاضر این عارضه در کارگران ذوب فلز و کارگران کوره‌ها نیز مشاهده می‌گردد. علت ایجاد آب مروارید ناشی از گرمای حاصل از این پرتوها این است که عدسی چشم فاقد عروق خونی است به همین دلیل نمی‌تواند گرمای جذبی را دفع نموده و در نتیجه بتدریج آسیب می‌بیند. پرتو مادون قرمز برای تشدید جریان خون موضعی، درمان آماس مفصل‌ها، دردهای ماهیچه‌ای، بیماری‌های عروقی، در رفتگی و محدودیت حرکات مفصلی استفاده می‌گردد.

امواج (رادیویی و ریز موج‌ها)

پرتوهای الکترومغناطیس با بسامدهای رادیویی و ریز موج‌ها یعنی بسامدهای 3×10^5 تا 3×10^{11} هرتز می‌باشند. چنانچه

این امواج در هوا یا در محیط‌های ماده منتشر شوند، بخشی از آنها به وسیله محیط جذب شده و عمدتاً به گرما تبدیل می‌گردند. بسیاری از اثرات زیست‌شناختی امواج رادیویی و ریز موج‌ها بر انسان نتیجه افزایش دمای بافت‌های بدن در اثر جذب انرژی آنها می‌باشند.

منابع

- ۱- ارتعاش: مهندس منظم، انتشارات نخل، تهران، ۱۳۵۷
- ۲- بیماری‌های ناشی از عوامل فیزیکی، صمد قضایی، ۱۳۷۵، تهران
- ۳- شرایط جوی محیط کار، فریده گل بابایی
- ۴- اصول حفاظت در برابر پرتوها در رادیولوژی، تهران، ۱۳۷۲
- ۵- فیزیولوژی پزشکی گایتون، مترجم شادان، ۱۳۶۲
- ۶- صدا و ارتعاش در صنعت، نصیری
- ۷- مهندسی روانشناسی کلهر، تهران، ۱۳۶۵
- ۸- کتاب کلیات بهداشت حرفه‌ای، چوبینه - امیرزاده

www.nashr-estekhdam.ir