

بخش سوم

نور و روشنائی

تعاریف

امواج الکترومغناطیس

طیف امواج الکترومغناطیسی شامل نور مرئی، ماورای بنفش، مادون قرمز، مایکروویو، رادیوفرکانس و پرتوهای یونساز می‌باشد. استفاده از این امواج در صنایع، پزشکی، تأسیسات، خیابان‌ها، معابر، دستگاه‌های اندازه‌گیری و... و افزایش روزافزون آنها و مواجهه کارکنان با آنها، ضرورت تدوین و به‌کارگیری قوانین و مقررات خاص را الزامی نموده تا اثرات تماس با آنها را به حد استاندارد و یا زیر این حد کاهش دهند.

گستره پرتوهای الکترومغناطیسی

پرتوهای یونساز	پرتوهای غیر یونساز											ناحیه	
	ماورای بنفش				نور مرئی	مادون قرمز			ماکروویو	رادیوفرکانس	زیر رادیوفرکانس		پهنای موج
X-Ray	UV-C	UV-B	UV-A		IR-A	IR-B	IR-C				ELF	طول موج	
	100 nm	180nm	280nm	315nm	400nm	760nm	1.4µm	3 µm	1mm	1m	10km		1000km
									300GHz	300MHz	30KHz	300Hz	
پرتوهای یونساز	ماورای بنفش				نور مرئی و مادون قرمز نزدیک			رادیوفرکانس و ماکروویو		زیر رادیوفرکانس		حد تماس شغلی کاربردی	

نور و روشنایی

نور و روشنایی یکی از عوامل فیزیکی محیط کار است که برای رؤیت اجسام و انجام کارها به‌کار می‌رود و وجود آن الزامی است و در ضمن به عنوان عاملی برای ایجاد یک محیط کار مطبوع و دلپذیر استفاده می‌گردد، به نحوی که کارکنان را تشویق و ترغیب به کار می‌کند و در بازدهی کار افراد بسیار مؤثر است.

انجمن مهندسان روشنایی، واژه نور را به عنوان انرژی تشعشعی ارزیابی شده به وسیله چشم تعریف کرده‌اند.

از نقطه نظر فیزیکی، نور به عنوان قسمتی از طیف الکترومغناطیسی گفته می‌شود که بین طول موج‌های ۳۸۰ تا ۷۸۰

نانومتر قرار دارد.

شدت روشنایی

میزان توان نور تابیده شده بر واحد سطح را شدت روشنایی گویند. واحد آن لوکس است. امروزه شدت نور را با I نشان می دهند که با واحد کاندلا اندازه گیری می شود. یک کاندلا شصت برابر کوچکتر از شدت نور ساطع شده از یک سانتی متر مربع سطح جسم سیاه در درجه حرارت ۲۰۴۵ درجه کلوین در جهت عمود بر سطح است.

منابع روشنایی

۱. نور طبیعی (روشنایی روز).

۲. نور مصنوعی.

روش های تعبیه نور

۱- نور غیرمستقیم

۹۰ تا ۱۰۰٪ نور از منابع یا منبع نور، ابتدا به سقف و یا سطوح بالایی دیوارهای محل کار تابانیده می شود و سپس از روی سطوح مزبور منعکس شده و محل کار را پوشش می دهد. این نوع حداقل سایه را دارد.

۲- نور مستقیم

۹۰ تا ۱۰۰٪ نور به طور مستقیم به محل کار تابانیده شده و محل کار به طور مستقیم زیر پوشش نور قرار می گیرد. این نوع باعث ایجاد سایه های زیاد شده و چشم را می آزارد.

۳- نور نیمه مستقیم

۶۰ تا ۷۰٪ نور به سمت میدان کار و حدود ۳۰٪ از نور به طرف سقف و قسمت های بالای دیوارهای محل کار تابیده می شود. باید طوری عمل شود که سایه ها به حداقل برسد.

۴- نور مختلط (یکنواخت)

شار منتشره در زیر سطح افقی کار بر منبع نوری بین ۵۰ تا ۶۰٪ شار نوری خروجی چراغ باشد.

۵- نور نیمه غیرمستقیم

شار منتشره از روی سطح افقی که از منبع می گذرد حداقل ۶۰٪ شار کل چراغ باشد.

اثرات سیستم های معیوب روشنایی

این اثرات به صورت خستگی چشم، سردرد، نقص بینایی و تصادف های ناشی از کمی نور یا درخشندگی و چشم زدگی بروز می کند. روشنایی رضایت بخش دارای خصوصیات ذیل است:

۱. نور از نظر توزیع فرکانس ها مطلوب است؛

۲. درخشندگی سطوح طوری است که سبب چشم زدگی نمی شود؛

۳. نور کافی است؛

۴. سایه های مزاحم موجود نیست.

نور مرئی

نور مرئی جزئی از طیف امواج الکترومغناطیسی است که طول موج‌های بین ۳۸۰ تا ۷۶۰ نانومتر را شامل می‌شود. طول موج‌های متفاوت اثرات مختلف به صورت احساس رنگ‌های گوناگون در چشم ایجاد می‌کنند.

حساسیت چشم انسان

قسمتی از طیف وسیع امواج الکترومغناطیسی که طول موج آن بین ۳۸۰-۷۶۰ نانومتر است (به نام نور مرئی) توسط چشم انسان قابل رؤیت است و روی چشم انسان تأثیر رنگ و بینایی دارد. موضوع به این معنی نیست که امواج غیر قابل رؤیت روی چشم اثر ندارند، بلکه این امواج توسط چشم جذب شده و اثر حرارتی در آن ایجاد می‌کنند. لذا لازم است چشم خود را از تشعشعات خطرناک غیر قابل رؤیت حفظ کنیم. چشم انسان حداکثر حساسیت خود را در طول موج ۵۵۵ نانومتر دارد.

طول موج نور

فاصله‌ای که طی آن موج در حال انتشار، یک سیکل کامل تغییرات را طی می‌کند، طول موج (λ) نامیده می‌شود. طول موج نور تابع ضرایب محیط است که موجب تغییر سرعت انتشار در محیط‌های مختلف می‌شود.

فرکانس نور

تعداد سیکل‌های کامل در ثانیه، فرکانس (ν) نامیده می‌شود. فرکانس موج توسط منبع نور معین می‌شود و در محیط‌های مختلف تغییر نمی‌کند.

سرعت نور

حاصل ضرب طول موج و فرکانس را گویند.

$$V = \nu \cdot \lambda$$

کنتراست یا تباین (Contrast)

اختلاف روشنی بین جسم و اطراف آن است و هرچه اختلاف کمتر شود، رؤیت مشکل‌تر می‌شود. کنتراست بستگی به درخشندگی خود جسم و زمینه اطراف آن دارد و زمینه نیز بستگی به نورهای پراکنده، منعکس شده، نوع روشنایی و شدت روشنایی جسم مورد بحث دارد. کنتراست اشیاء نسبت به زمینه‌های مختلف باید مشخص گردد.

میزان نور یا شار نوری (Luminous flux)

میزان نور یا شار نوری را که از هر استرادیان زاویه فضایی خارج می‌شود، واحد شار نوری یا یک لومن می‌نامند. توان نوری را که منبع نور تشعشع می‌کند شار نوری آن منبع می‌گویند، یا عبارت از آن قسمت از توانی است که جسم نورانی

تشتعش می‌کند و به وسیله چشم به صورت نور احساس می‌شود. آن را با Φ نشان می‌دهند.

زاویه فضایی

زاویه فضایی نسبت سطح به مجذور شعاع یا مجذور فاصله سطح از مرکز کره است. واحد زاویه فضایی استرادیان است که برابر زاویه فضایی است که از سطح کره‌ای به شعاع یک متر، یک سطح یک مترمربع جدا می‌سازد.

بهره نوری (Luminous Efficiency)

نسبت شار نورانی به توان ورودی لامپ را بهره نوری می‌نامند و برحسب لومن بر وات اندازه‌گیری می‌شود.

$$\eta_l = \frac{\Phi}{W}$$

بهره الکتریکی لامپ (Lamp Efficiency)

نسبت توان نوری خروجی برحسب وات بر توان ورودی الکتریکی برحسب وات تعریف می‌شود. ارزش تبدیل را ۶۸۰ لومن بر وات منظور می‌کنند.

$$\eta_e = \frac{\Phi / 680}{W} \times 100$$

شدت روشنایی یا چگالی شار روشنایی (Illuminance (Eclairage))

شدت روشنایی یا چگالی شار روشنایی یک سطح، میزان توان نوری تابیده بر واحد سطح را نشان می‌دهد و با حرف E مشخص می‌شود و واحد آن لومن بر مترمربع یا لوکس است. شدت روشنایی روی هر سطح با مجذور فاصله منبع از سطح کاهش می‌یابد.

واحد شدت روشنایی لوکس است که با علامت lx نشان داده می‌شود و عبارت است از شدت روشنایی یک مترمربع سطح از یک لومن شار نوری. به عبارت دیگر، شدت روشنایی که یک کاندلا عمود بر سطحی که در فاصله یک متری آن است تولید می‌کند.

$$1lx = \frac{1lm}{1m^2}$$

واحد شار نوری

واحد شار نوری لومن است و با lm نشان می‌دهند و عبارت است از شاری که از جسم کاملاً سیاه به سطح ۰/۵۳۰۵ میلی‌مترمربع در درجه حرارت انجماد پلاتین (۲۰۴۲ درجه کلوین) ساطع می‌گردد.

کمیت‌های نورسنجی

۱. شار نوری Luminous flux؛

۲. شدت روشنایی Illuminance؛

۳. شدت نور Luminous Intensity؛

۴. درخشندگی Luminance.

شدت نور

عبارت از تراکم شار نوری در فضا است. خارج قسمت شار نوری به زاویه فضایی را گویند.

$$I = \frac{d\Phi}{dW}$$

واحد شدت نور

هرگاه در واحد زاویه فضایی (یک استرادیان) شار نوری یک لومن داشته باشیم، شدت نور منبع یک کاندلا است و آن را با cd نشان می‌دهند.

$$1 \text{ cd} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ sr}}$$

فوت کندل

واحد انگلیسی شدت روشنایی، لومن بر فوت‌مربع است و برابر روشنایی رسیده به یک سطحی، برابر یک فوت‌مربع که در فاصله یک فوت از یک منبع با شدت نور یکنواخت یک کاندلاست.

$$1 \text{ fc} = \frac{1 \text{ Lumen}}{\text{ft}^2} = 10.76$$

درخشندگی یا تراکم نور (Luminance (Brightness)

نسبت شدت نور ساطع شده از منبع در آن جهت به مؤلفه سطح منبع نورانی در آن جهت را درخشندگی گویند.

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

واحد درخشندگی، کاندلا بر مترمربع است که به آن نیت (Nit) گویند. واحد دیگر آن را استیلب (Stilb) گویند که برابر یک کاندلا بر سانتی‌مترمربع است؛ درخشندگی مناسب برای چشم انسان ۶۵ تا ۶۵۰۰ نیت است.

$$1 \text{ Stilb} = 1000 \text{ Nit}$$

منابع نور

به دو دسته اصلی لامپ‌های التهابی و تخلیه در گاز تقسیم می‌شوند. در لامپ‌های التهابی، با عبور دادن جریان برق از

رشته فلزی درجه حرارت آن را به حد کافی بالا می‌برند تا تشعشع کند. در لامپ‌های تخلیه در گاز، با عبور دادن جریان برق از گاز آن را تحریک می‌کنند تا نور ساطع کند.

مشخصات اصلی لامپ‌ها

۱. شار نوری برحسب لومن؛
۲. بهره نوری برحسب لومن بر وات؛
۳. عمر لامپ، برحسب ساعات کارکرد؛
۴. درخشندگی لامپ برحسب کاندلا بر مترمربع؛
۵. رنگ‌دهی که عبارت از نشان دادن رنگ حقیقی اجسام رنگی در نور لامپ است.

لامپ‌های ملتهب

شامل حباب، سرپیچ، گاز بی‌اثر و رشته لامپ است.

۱- شیشه یا حباب لامپ

از شیشه معمولی ساخته می‌شود و داخل آن را از سیلیس می‌پوشانند که سبب کاهش چشم‌زدگی شود. شکل حباب را با حروف مشخص می‌کنند مثلاً A لامپ ساده، P و Ps گلابی شکل، G کروی، I لوله‌ای و R منعکس‌کننده و PAR منعکس‌کننده سهمی شکل است.

۲- سرپیچ لامپ

به صورت پیچی یا میخی است و از جنس برنج یا آلومینیم است.

۳- گاز داخل لامپ

آرگون، ازت، کریپتون و گزنون استفاده می‌شود اما به علت انتقال حرارت ویژه کمتر که تلفات حرارتی را کاهش می‌دهد عموماً از آرگون استفاده می‌شود.

۴- رشته لامپ

از جنس تنگستن می‌باشد.

اثر تغییر ولتاژ در لامپ‌های رشته‌دار

در اثر تغییر ولتاژ اعمال شده به لامپ، مقاومت رشته، جریان لامپ، توان لامپ، درجه حرارت رشته، نور خروجی، بهره نوری و بالاخره عمر لامپ تغییر می‌کند.

کاهش نور لامپ در اثر کار کردن و فرسودگی

در اثر کارکردن مقداری از رشته تبخیر می‌شود و قطر آن کاهش می‌یابد که سبب افزایش مقاومت آن می‌شود و در نتیجه جریان توان نور تولیدی لامپ کاهش می‌یابد. به علت ته‌نشین شدن تنگستن تبخیر شده روی حباب مقداری از نور تولید

شده جذب حباب می‌شود.

انتخاب تعداد و نوع چراغ‌ها

تعداد چراغ‌های لازم و محل نصب آنها را باید طوری انتخاب کرد که شدت روشنایی موردنظر تأمین گردد. در انتخاب نوع چراغ باید به زیبایی ظاهر، تناسب چراغ با محل نصب، هزینه اولیه و هزینه جاری نگهداری توجه شود.

عمر لامپ‌های ملتهب

عمر مفید متوسط لامپ‌های ملتهب تحت فشار الکتریکی اسمی یک هزار ساعت می‌باشد.

لامپ‌های عکاسی

در عکاسی نور مصنوعی با شار نوری شدید ولی کوتاه‌مدت مورد نیاز است.

لامپ‌های ملتهب هالوژنی

در داخل آنها یک هالوژن مثل بخار ید یا بروم وجود دارد. عمر این لامپ‌ها ۲۰۰۰ ساعت است. از این لامپ در ماشین سواری استفاده می‌شود. در نورافکن، در فیلمبرداری و تلویزیون رنگی نیز به کار می‌روند.

شرایط کار لامپ هالوژنی

- لامپ هالوژنی در درجه حرارت زیاد کار می‌کند بنابراین، احتیاط‌های زیر باید رعایت شود:
۱. لامپ در وضع افقی سوار شود تا توزیع ید (هالوژن) در تمام طول آن یکسان باشد؛
 ۲. لامپ در مقابل عبور جریان‌های هوایی سرد باید محافظت گردد و دمای آن نباید از ۲۵۰ درجه سانتیگراد کمتر شود؛
 ۳. درجه حرارت در دو انتهای سرپیچ آن نباید از ۳۵۰ درجه سانتیگراد بیشتر شود؛
 ۴. پس از نصب لامپ، اثر انگشت را با پنبه آغشته به الکل باید پاک کرد؛
 ۵. چون جدار لامپ در حالت کار حرارت زیادی دارد، مواد قابل اشتعال را از اطراف لامپ باید دور کرد.

لامپ‌های تخلیه‌ای

کار این لامپ‌ها از روی پدیده‌های الکترونیکی قابل تبیین است که بستگی به ساختمان اتم دارد. در دو انتهای لوله حاوی گاز، دو الکترود ولتاژ جریان دائم اعمال می‌گردد. گاز یونیزه شده و الکترون‌های گاز به طرف قطب مثبت (آند) حرکت کرده و تخلیه نورانی صورت می‌گیرد. ضربات وارده از طرف یون‌ها به کاتد، الکترون‌ها را از کاتد خارج می‌سازد و این الکترون‌ها سبب یونیزاسیون الکترون‌های آزاد شده در گاز می‌گردند.

میزان روشنایی

میزان روشنایی لازم برای انجام بسیاری از کارهای اساسی توسط مجامع مهندسان روشنایی در کشورها تعیین و توصیه شده است. این مقادیر به سطح زندگی و رسوم خاص مردم هر کشور بستگی دارد. شدت روشنایی روی سطوح کار به صورت خیلی کلی در جدول زیر خلاصه شده است.

جدول ۱: شدت روشنایی روی سطوح کار

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

کمیته ملی روشنایی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران برای محل های مسکونی، تجاری و صنعتی مقادیری برای شدت روشنایی حداقل و پیشنهادی داده است که در کتاب های مرجع آمده است. مراعات مقادیر حداقل اجباری و استفاده از مقادیر پیشنهادی توصیه شده است.

روش لومن برای محاسبه روشنایی

منظور از محاسبه روشنایی با روش لومن، تعیین تعداد و محل چراغ ها برای تأمین یک شدت روشنایی متوسط معین است. در این روش روشنایی متوسط روی سطح کار مورد نظر است. میزان روشنایی رسیده به سطح کار از هر چراغ به منحنی توزیع نور چراغ، اندازه های اتاق و ضرایب انعکاس دیوارها و سقف بستگی دارد. در نصب چراغ ها به منظور داشتن یکنواختی بیشتر، فاصله بین ردیف اول و دیوار را نصف فاصله بین ردیف های مجاور در نظر می گیرند.

ضریب نگهداری

نور چراغ ها طی کار به علت کهنگی کم می شود و به علت جمع شدن گردوغبار در روی چراغ ها مقداری از نور آنها تلف می شود و به علت جمع شدن گرد و خاک روی دیوارها، ضریب انعکاس آنها کاهش می یابد. بسته به پاکیزگی محل نصب و نوع چراغ ها از نظر خاک گیری سه نوع ضریب نگهداری، خوب، متوسط و بد مشخص شده است. این ضریب را با MF مشخص می کنیم.

$$E_{av} = \frac{\Phi}{A} (CU) (MF)$$

روش لومن براساس اصل بقای انرژی استوار است. یک اتاق فرضی در نظر گرفته می شود که سقف و دیوارهای آن منعکس کننده کامل و کف آن فاقد هرگونه انعکاس باشد. در چنین اتاقی شدت روشنایی متوسط کف اتاق برابر است با:

$$E_{av} = \frac{\Phi}{A}$$

Φ : کل شار نوری خروجی همه چراغ‌های اتاق.

A: سطح کف اتاق.

در وضعیت عملی و غیرایده‌ال، مقداری از نور توسط چراغ و دیوارها و سقف جذب می‌شود و قسمتی به کف یا میز

کار می‌رسد. پس:

$$E_{av} = \frac{\Phi}{A} CU$$

CU: نسبت شار نوری مفید به کل شار نوری تولید شده در لامپ‌هاست و آن را ضریب بهره می‌نامند.

روش لومن مبنی بر آزمایش‌های اولیه

در این روش CU با آزمایش تعیین می‌شود و نتایج به صورت منحنی‌هایی برای استفاده طراحان سیستم‌های روشنایی

تنظیم شده است.

روش لومن مبنی بر آزمایش و محاسبه

نتایج این روش به صورت جداول کاملی برای انواع چراغ‌ها و اندازه‌های مختلف اتاق‌ها داده شده و در کتاب‌های مرجع

آمده است.

روش لومن با استفاده از شاخص فضا

اثرات طول و عرض و ارتفاع اتاق و ارتفاع نصب چراغ‌ها را می‌توان به صورت یک متغیر به نام شاخص فضا یا ضریب

اتاق (K_r) تعریف کرد.

- برای نور مستقیم، نیمه‌مستقیم و پخش یکسان:

$$K_r = \frac{LW}{H(L+W)}$$

L: طول اتاق.

W: عرض اتاق.

H: ارتفاع نصب چراغ‌ها از سطح کار.

- برای نور غیرمستقیم و نیمه غیرمستقیم:

$$K_r = \frac{1}{5} \frac{LW}{H(L+W)}$$

H: ارتفاع سقف از سطح کار

امروزه جداول کاملی برای ضریب بهره انواع معمول چراغ‌ها برای مقادیر مختلف شاخص فضا و مقادیر مختلف

ضرایب انعکاس سقف، دیوارها و کف تدوین شده است که در کتاب‌های مرجع آمده است.

روش لومن با استفاده از تقسیم ناحیه‌ای

در این روش سه شاخص فضا که نسبت تقسیم ناحیه‌ای نامیده می‌شوند و ۲/۵ برابر نسبت مساحت دیوارهای آن ناحیه به سطح ناحیه است، تعریف می‌شود. این سه ناحیه، ناحیه سقف، ناحیه اتاق و ناحیه کف هستند.

- ناحیه اتاق RCR، برای اتاق مستطیل شکل به طول L و عرض W و ارتفاع چراغ‌ها تا میز کار H_{rc}:

$$RCR = 2.5 \frac{2(L+W)H_{rc}}{LW} = 5H_{rc} \frac{L+W}{LW}$$

- ناحیه سقف CCR:

$$CCR = 5H_{cc} \frac{L+W}{LW}$$

- ناحیه کف FCR:

$$FCR = 5H_{fc} \frac{L+W}{LW}$$

RCR=Room Cavity Ratio

CCR= Ceiling Cavity Ratio

FCR= Floor Cavity Ratio

ضریب کل کاهش نور: Total Light Loss Factor (TLLF)

ضریب بهره‌برداری یا ضریب نگهداری در روش جدید را ضریب کل کاهش نور می‌نامند و آن را با توجه به عواملی که در تعیین آن دخالت دارند به دست می‌آورند.

۱. میزان گردوغبار محیط؛ از این نظر اماکن را به پنج دسته، خیلی تمیز، تمیز، متوسط، کثیف و خیلی کثیف تقسیم می‌کنند.

۲. ساختمان چراغ؛ با توجه به ساختمان آن چراغ می‌تواند گردوغبار جذب کند که باعث جذب و به هدر رفتن مقداری از نور می‌شود.

۳. فرسودگی؛ در لامپ رشته‌ای، فلز رشته تدریجاً تبخیر می‌شود که موجب کاهش سطح مقطع آن و افزایش مقاومت و کاهش توان الکتریکی و نور تولید شده می‌گردد. ته‌نشین شدن فلز رشته روی حباب لامپ باعث جذب مقداری از نور تولیدی می‌شود. در لامپ فلورسنت، فلز کاتد تدریجاً کاهش یافته و موجب کم شدن نور تولیدی می‌شود.

۴. درجه حرارت محیط؛ مخصوصاً روی کار لامپ فلورسنت مؤثر است. معمولاً این لامپ‌ها برای دمای ۲۵°C ساخته می‌شوند. در حرارت کمتر یا بالاتر به علت تغییر فشار گاز، طول موج نور تولید شده تغییر می‌کند و بهره نوری چراغ کاهش می‌یابد.

۵. کاهش ولتاژ از مقدار اسمی، موجب کاهش نور تولید شده می‌شود که با ضریب کاهش ولتاژ V_f مشخص می‌شود.

۶. عدم تعویض لامپ‌های سوخته؛ به علت سوخته بودن تعدادی از لامپ‌ها، نور از مقدار اسمی طراحی شده کمتر خواهد بود این کاهش را با ضریب لامپ‌های سوخته یا LBF مشخص می‌کنند.

۷. استفاده از چوک دیگری به جای چوک مخصوص در لامپ‌های فلورسنت یا گازی موجب کاهش نور چراغ می‌شود، که آن را ضریب چوک (بالاست) BF گویند.

۸. فرسودگی در سطوح منعکس‌کننده چراغ؛ تغییرات فیزیکی بروز کرده و موجب کاهش ضریب انعکاس و کم شدن نور چراغ می‌شود.

روشنایی معابر

هدف از روشنایی معابر، ادامه فعالیت‌های اجتماعی در شب، حفظ سلامت و راحتی رانندگان و عابران پیاده و افزایش امنیت اجتماعی، کاهش جرایم و تخلفاتی که تاریکی شب پوششی برای ارتکاب آنهاست و بهبود وضع ترافیک در شب می‌باشد.

مشخصات روشنایی معابر

یک سیستم روشنایی خوب معابر باید دارای خصوصیات زیر باشد:

۱- ایجاد روشنایی کافی در سطح خیابان

میزان شدت روشنایی لازم در معابر، بستگی به وضعیت محل، میزان عبور و مرور، نوع فعالیت عابران، سرعت و حجم ترافیک شبانه دارد.

۲- یکنواختی روشنایی در سطح خیابان

روشنایی معابر باید از یکنواختی قابل قبولی برخوردار باشد. معیار یکنواختی، نسبت شدت روشنایی حداقل به متوسط در سطح خیابان است.

۳- جلوگیری از چشم‌زدگی حاصل از نور چراغ

هنگامی که اشعه‌های مستقیم نور چراغ با شدت زیاد در محور دید رانندگان و عابران قرار گیرد ایجاد چشم‌زدگی می‌کند، که سبب کم شدن دید و ناراحتی عابران و رانندگان می‌شود و خطر تصادف را افزایش می‌دهد. برای جلوگیری از چشم‌زدگی حاصل از چراغ‌های خیابانی روش‌های مختلفی وجود دارد.

الف) روش اول

با افزایش ارتفاع نصب چراغ، چشم‌زدگی را کاهش می‌دهند.

ب) روش دوم

با به کار گرفتن چراغ‌هایی که شدت نور ماکزیمم آنها در زوایای بزرگ نسبت به محور عمود چراغ که معمولاً در محور دید رانندگان قرار می‌گیرد اتفاق نمی‌افتد، چشم‌زدگی را کاهش می‌دهند.

پخش عمودی نور چراغ‌ها در معابر

انجمن مهندسان روشنایی آمریکا چراغ‌های خیابانی را براساس پخش عمودی نورشان به سه دسته تقسیم می‌کنند. ۱. چراغ با پخش عمودی کوتاه، که در آن شدت نور ماکزیمم در زاویه عمودی ۴۵ تا ۶۶ درجه از محور عمود اتفاق

می افتند؛

۲. چراغ با پخش عمودی متوسط، که در آن ماکزیمم شدت نور در زاویه عمودی ۶۶ تا ۷۵ درجه از محور عمود واقع می شود؛

۳. چراغ با پخش عمودی بلند، که در آن شدت نور ماکزیمم در زاویه عمودی ۷۵ تا ۸۰ درجه از محور عمود منتشر می شود.

تقسیم بندی در انگلستان و آلمان

۱. قطع شده: شدت نور ماکزیمم چراغ به زاویه عمودی حدود ۶۵ درجه از محور عمود محدود می شود.

۲. نیمه قطع شده: شدت نور ماکزیمم در زاویه عمودی حدود ۷۵ درجه از محور عمود اتفاق می افتد.

۳. قطع نشده: اقدامی برای محدود کردن شدت نور ماکزیمم چراغ به زاویه های عمودی کوچکتر انجام نگرفته است.

پخش افقی نور چراغها در معابر

پخش نور چراغ در صفحه افق می تواند متقارن یا نامتقارن باشد. در خیابانها به علت داشتن شکل هندسی مستطیلی معمولاً از چراغ با پخش نامتقارن استفاده می شود. در میادین و چهارراهها به علت وجود تقارن از چراغ با پخش افقی متقارن استفاده می شود به شرط آنکه در وسط میدان یا چهارراه نصب شود.

انجمن مهندسان آمریکا چراغهای خیابانی را براساس چگونگی پخش افقی نور به پنج دسته تقسیم می کنند:

۱. نوع I: پخش دو طرفی؛ برای نصب در وسط خیابان مناسب است. عرض افقی اشعه در $\theta_m = 75^\circ$ بین ۲۰ تا ۴۰ درجه است؛

۲. نوع II: پخش نامتقارن باریک؛ در خیابانهای باریک به صورت نصب یک طرفه و در خیابانهای پهن تر به صورت نصب روبه رو مورد استفاده قرار می گیرد. عرض افقی اشعه در $\theta_m = 75^\circ$ بین ۲۰ تا ۳۰ درجه است.

۳. نوع III: پخش نامتقارن با عرض متوسط؛ در خیابانها با عرض متوسط و زیاد مورد استفاده قرار می گیرد. عرض افقی اشعه این چراغ در $\theta_m = 75^\circ$ بین ۳۰ تا ۵۰ درجه است.

۴. نوع IV: پخش نامتقارن پهن؛ برای نصب در خیابانهای عریض مناسب است. در این نوع چراغ عرض افقی اشعه در $\theta_m = 75^\circ$ بیشتر از ۵۰ درجه است.

۵. نوع V: پخش متقارن؛ برای چهارراهها مناسب است. در این نوع پخش برای هر زاویه عمودی θ مقدار شدت نور حول زوایای افقی ثابت می ماند.

منحنی ضریب بهره

از کل شار نوری که توسط لامپ تولید می شود مقداری به سطح خیابان می تابد. مقداری در چراغ تلف می شود و بالاخره مقداری نیز به محیط اطراف خیابان می تابد. برای تعیین نسبت نور تابیده شده به سطح خیابان به کل نور تولیدی لامپ از منحنی ضریب بهره استفاده می شود که در کتابهای مرجع آمده است. منحنی ضریب بهره، توسط سازندگان چراغها

ارائه می‌شود که برای چراغ معین با لامپ مشخص داده می‌شود.

محاسبات روشنایی معابر

به علت فقدان سطوح منعکس‌کننده در روشنایی معابر، تنها روشنایی حاصل از تابش مستقیم از منبع نور حائز اهمیت است. شدت روشنایی متوسط اولیه بر سطح خیابان از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E_m = \frac{\Phi \times CU}{L \times W}$$

Φ : شار نوری لامپ.

CU : ضریب بهره نوری.

L : فاصله دو پایه متوالی.

W : عرض خیابان.

بر اثر گذشت زمان و کثیف شدن سطح چراغ و کم شدن نور لامپ، روشنایی بر سطح خیابان کم می‌شود. شدت روشنایی متوسط از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$E = \frac{\Phi \times CU \times llf}{L \times W}$$

llf ضریب کاهش نور بر اثر کار کردن و کهنه شدن لامپ و چراغ می‌باشد.

لامپ‌های مورد استفاده در روشنایی معابر

۱- لامپ رشته‌دار

- مزایا: ارزان، سادگی، نور طبیعی، عدم احتیاج به وسایل اضافی برای کنترل.
- معایب: عمر کم، مصرف زیاد برق، افزایش هزینه سالانه.

۲- لامپ جیوه‌ای

دارای بازده خوب و عمر زیاد می‌باشد و به وفور در روشنایی معابر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳- لامپ سدیم

دارای نور تقریباً زرد، بازده بسیار خوب و عمر طولانی است و در جاده‌ها که روشنایی و دید موردنظر است از آن استفاده می‌شود.

۴- لامپ متال هالید (Metal Halide)

دارای رنگ نور خوب، بازده خوب، عمر زیاد بوده و در مناطقی که وضوح رنگ اشیاء نیز حائز اهمیت است مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵- لامپ فلورسنت

- مزایا: بهره نوری، عمر و بازده خوب.
- معایب: عمر کوتاه، طول زیاد و احتیاج به وسایل کنترل.

ترتیب نصب چراغ‌های خیابانی

۱. نصب روبه‌رو برای خیابان‌های پهن؛
۲. نصب زیگزاگ برای خیابان‌های با عرض متوسط؛
۳. نصب یک‌طرفه برای خیابان‌های باریک؛
۴. نصب در وسط برای بلوار.

طراحی روشنایی معابر

شامل مراحل زیر است:

۱. انتخاب شدت روشنایی متوسط؛
۲. انتخاب نوع چراغ و ترتیب نصب با توجه به نوع خیابان؛
۳. انتخاب ارتفاع نصب و لامپ مورد استفاده؛
۴. محاسبه فاصله نصب پایه‌های متوالی؛
۵. محاسبه یکنواختی و مقایسه با مقادیر توصیه شده؛
۶. نسبت یکنواختی با استفاده از منحنی‌های ایزولوکس.

روشنایی داخلی

منظور از روشنایی، ایجاد تباين بين اشیاء و قسمت‌های مختلف آن می‌باشد. به طوری که این تباين‌ها تصاویری روی شبکه چشم ایجاد نموده و شکل اجسام را در فکر انسان مجسم سازد.

در پروژه روشنایی داخلی کافی نیست با محاسبه مستقیم، شدت روشنایی را در چند نقطه مشخص پیدا نمود زیرا در حقیقت انعکاس نور از دیوارها و سطوح کار نتایج محاسبه را تغییر می‌دهد. به علاوه کهنه شدن لامپ‌ها و نشستن گردوغبار و خاک روی دیوارها و حباب‌های چراغ پس از مدتی نتایج محاسبات قبلی را عوض می‌کند. در تأسیسات روشنایی امکان پیش‌بینی شدت روشنایی قبل از اتمام سیم‌کشی و نصب چراغ‌ها تقریبی است و اگر بخواهیم تغییراتی در آن بدهیم فقط پس از نصب لامپ‌ها امکان آن را خواهیم داشت.

۱- سطح کار یا سطح مفید

در مراکز تجاری و صنعتی کارهای مختلفی - در سطحی که تقریباً به ارتفاع ۰/۸۵ متر از کف اتاق قرار دارد - به کمک ماشین‌آلات انجام می‌گیرد. این سطح در محاسبه شدت روشنایی متوسط، سطح مفید یا سطح کار نامیده می‌شود. در حل مسائل روشنایی داخلی باید به نکات زیر توجه نموده و اطلاعاتی راجع به محل و درخواست و سلیقه مشتری داشت:

- ✓ طول و عرض و ارتفاع محل؛
- ✓ رنگ دیوارها و سقف، ضریب انعکاس این سطوح به طور تقریبی
- ✓ نوع کار، پنخس کار در محل، محل‌های ماشین‌آلات، میز کار و فاصله سطح میز کار از کف؛

- ✓ فشار الکتریکی شبکه برق (برای انتخاب توان و شار نوری لامپ)، طول مدت بهره‌برداری از روشنایی و قیمت یک کیلووات ساعت برق (برای برآورد اقتصادی)؛
 - ✓ نوع منابع روشنایی (لامپ‌های رشته‌ای، فلورسنت و تخلیه‌ای)؛
 - ✓ نوع روشنایی (مستقیم، غیرمستقیم و...)
 - ✓ نوع دستگاه‌های روشنایی و شیوه قرار گرفتن آنها در محل؛
 - ✓ شدت روشنایی لازم در روی سطح کار به لوکس؛
 - ✓ فاصله بین مراکز نوری و فاصله آنها از سقف؛
 - ✓ ارتفاع مفید HU (یعنی فاصله منبع نوری تا سطح کار)؛
 - ✓ تعداد مراکز (کانون‌های) نوری نسبت به فواصل بین آنها و ابعاد محل.
- روش معمول در روشنایی روش ضریب کاربرد می‌باشد و به دو عامل بستگی دارد:
- ✓ ضریب انعکاس سقف، دیوارها و کف محل کار؛
 - ✓ طول و عرض و ارتفاع آن.

۲- طبقه‌بندی دستگاه‌های روشنایی برحسب توزیع شدت نوری آن

- ✓ چراغ‌های با پخش نور وسیع که شار نوری منتشره در زاویه صفر تا ۴۰ درجه (نسبت به محور قائم) کمتر از ۴۰٪ شار کل چراغ باشد؛
- ✓ چراغ‌های با پخش نور متوسط که شار نوری منتشره در زاویه صفر تا ۴۰ درجه بیشتر از ۴۰٪ شار کل چراغ باشد؛
- ✓ چراغ‌های با پخش نور باریک که شار نوری منتشره در زاویه ۹۰-۳۰ درجه بیشتر از ۳۵٪ شار کل چراغ باشد.

۳- یکنواختی شدت روشنایی

معمولاً نسبت شدت روشنایی کمینه به شدت روشنایی بیشینه را گویند. این نسبت باید تا حد امکان بزرگتر باشد ولی عملاً برای احتیاجات روزمره ۰/۸ و یا بیشتر منظور می‌شود.

۴- طرز انتخاب چراغ و محل آن

- طرز انتخاب محل و نوع چراغ بستگی به نوع کار و نحوه قرار گرفتن چراغ دارد.
- ✓ در تأسیسات صنعتی سایه اشیاء برای تشخیص آنها از هم لازم است. به همین علت روشنایی مستقیم به‌کار می‌برند تا تأثیر گرد و خاک روی چراغ‌ها نیز کم باشد؛
 - ✓ در تأسیسات اداری و مغازه‌ها باید نوع رنگ دیوارها و سقف معین باشد تا تأثیر نور روی سطوح مشخص گردد؛ به طور کلی می‌توان گفت که شیوه روشنایی و نوع چراغ بستگی به سلیقه، قضاوت و تجربه شخص دارد. قبلاً سطوحی را که باید روشن گردند مشخص کرده و پخش شدت روشنایی به طور افقی و یا قائم را معین کرده و سپس چراغ‌هایی را که دارای تقسیم نور معینی هستند انتخاب نمود.
 - ✓ در انتخاب چراغ‌ها خیرگی مستقیم و یا ناشی از انعکاس را که ممکن است از سطوح صیقلی ایجاد شوند باید از بین برد و نسبت به کاری که در محل انجام خواهد شد سایه‌ها را منظور نمود. به علاوه لازم است جهت تابش نور را معین ساخت.

۵- جهت تابش نور و ایجاد سایه

- ✓ جهت تابش نور مصنوعی نسبت به وضع محل کار در نظر گرفته می‌شود. البته باید طوری باشد که جهت تابش نور طبیعی مخالف جهت تابش نور مصنوعی نباشد؛
- ✓ بدون سایه، شدت روشنایی ۱۰۰٪ خواهد بود. در صورت بودن سایه شدت روشنایی ۲۰٪ کمینه، ۸۰٪ بیشینه خواهد بود؛
- ✓ اگر جسمی از یک طرف روشن شود، سایه‌ای خواهد داشت. نسبت شدت روشنایی قسمت سایه به قسمت روشن نباید از حداقل ۲۰٪ و حداکثر ۸۰٪ تجاوز نماید؛
- ✓ ابعاد سطوح و پخش نور منابع باید طوری باشد که سایه‌های مزاحم و خسته‌کننده‌ای را تولید نکند؛
- ✓ چون نور طبیعی به حالتی پخش شده می‌تابد لازم است که نور منابع مصنوعی نیز پخش شده بوده و تا حد معمول نزدیک به نور طبیعی باشد؛
- ✓ نور کاملاً مستقیم و جهت‌دار، نه تنها غیرممکن بلکه چندان هم مطلوب نمی‌باشد؛
- ✓ تمرکز کانون‌های روشنایی در یک قسمت، درخشندگی زیاده از حدی را ایجاد نموده، و کنتراست‌های (تباين های) نامطلوبی را به وجود می‌آورد؛
- ✓ در تأسیسات بهتر است منابع نوری به طور منظم و متقارن قرار گیرند؛
- ✓ اغلب شدت جریان نور را تحت زوایای ۵ درجه و یا ۱۰ درجه نسبت به محور قائم اندازه می‌گیرند؛
- ✓ زاویه خروجی نور زاویه‌ای است که رأس آن در کانون نوری و ضلع آن خطی باشد که کناره چراغ را به مرکز وصل کند؛
- ✓ زاویه مفید، زاویه‌ای است که شدت جریان نوری تحت همین زاویه برای کار معینی پخش می‌گردد. حد اعلاي زاویه خروجی برای روشنایی داخلی و خارجی $2 \times 75^\circ$ است.

۶- محل و ارتفاع منابع نوری

- ✓ فواصل بین منابع نوری را طوری باید تعیین کرد که روشنایی در محل کار یکنواخت گردد؛
- ✓ اگر روشنایی محل را با لامپ‌های فلورسنت انجام دهیم، آنها را پشت سر هم قرار خواهیم داد و برای اینکه یکنواختی شدت روشنایی بیشتر باشد ارتفاع نصب لامپ‌ها را باید بلندتر بگیریم. البته فواصل بین لامپ‌ها نباید از $1/5$ برابر ارتفاع مفید بیشتر گردد؛
- ✓ اگر فاصله بین لامپ‌های فلورسنت در طول نصب آنها را داشته باشیم، فاصله بین دو مرکز لامپ نباید بیشتر از $\frac{2}{3}$ ارتفاع مفید باشد؛
- ✓ در کلاس‌های درس خطوط لامپ‌های فلورسنت به ردیف‌های نیمکت‌ها و تخته سیاه عمود باشد؛
- ✓ اگر اتاقی تهویه مطبوع داشته باشد، لامپ‌ها و لوله‌های تهویه در سقف کاذب قرار می‌گیرند؛
- ✓ در کارگاه‌های صنعتی چراغ‌ها با منعکس‌کننده به کار خواهد رفت؛
- ✓ اگر ارتفاع کارگاه صنعتی خیلی بلند باشد از چراغ‌هایی با لامپ‌های جیوه‌ای و با فشار داخلی زیاد استفاده می‌شود؛

✓ در صورتی که محلی خاص باید روشن گردد از روشنایی موضعی استفاده می‌شود (مثل تخته سیاه و گالری نقاشی و مجسمه و تابلو)؛

✓ فاصله بین دو چراغ، نسبت به ارتفاع مفید انتخاب می‌شود.

۱ تا ۱/۵ برابر ارتفاع مفید = فاصله بین دو چراغ

۷- درخشندگی و خیرگی

برای دید عادی و خوب باید تباین درخشندگی‌ها را به حدی کم کرد. برای ادارات، مدارس و... که کارهای ظریف در آنجا انجام می‌شود تباین‌های زیر در نظر گرفته می‌شود:

✓ کار و حوزه کنار کار $\frac{3}{1}$ ؛

✓ کار و اطراف کار به طور کلی $\frac{10}{1}$ ؛

✓ منابع نوری (پنجره‌ها) و اطراف تباین هستند در حوزه دید $\frac{40}{1}$ ؛

(صورت کسر بیانگر درخشندگی کار و مخرج کسر درخشندگی کنار کار است)

✓ درخشندگی هر شیئی تابع وضع قرار گرفتن شیئی در حوزه دید، ابعاد نسبی و درخشندگی زمینه حوزه دید و تباین نوری، دارد. دید خوب بستگی به ابعاد اشیا دارد؛

✓ سقف نباید زیاد روشن و کف زیاد تیره باشد؛

✓ درخشندگی محل کار بهتر است کمی بالاتر از اطراف کار باشد؛

✓ رنگ دیوارها و سقف و همچنین کف و مبلمان را در نظر گرفته و حدی برای درخشندگی منابع نوری منظور می‌کنند. به طوری که:

❖ برای چراغ‌های تأسیسات صنایع، درخشندگی بین 75° و 180° (سنجیده شده از قائم محور اصلی) نایستی از $0/4$ استیلب بیشتر باشد؛

❖ برای چراغ‌های با نور غیرمستقیم یا نیمه غیرمستقیم و یا با توزیع نور یکنواخت، درخشندگی متوسط بین صفر و 80 نایستی از $0/4$ استیلب تجاوز کند؛

❖ برای چراغ‌های با نور مستقیم و یا نیمه مستقیم می‌توان درخشندگی بیشتری داشت؛

❖ چراغ‌های با نور نیمه مستقیم در محل‌هایی به کار می‌روند که رنگ محل روشن باشد. چراغ‌های با نور مستقیم را در ارتفاع زیادتری نصب می‌کنند، تا خارج از دید مستقیم باشند و یا زیر این چراغ‌ها را مشبک می‌سازند.

۸- حد درخشندگی در آمریکا

• در مدارس:

✓ لومینانس، بین صفر و ۴۵ مقدار آن را $0/35$ استیلب؛

✓ لومینانس، بین ۴۵ تا ۶۰، تا $0/15$ استیلب؛

✓ تا ۹۰ لومینانس ماکزیمم $0/075$ استیلب.

• در ادارات:

برای اینکه انعکاس روی میزها نداشته باشیم درخشندگی ماکزیمم بین صفر و ۴۵ را پایین آورده به $0/15$ استیلب

می‌رسانند.

- ✓ چون بیشتر منابع نوری تحت زاویه ۶۰° تا ۹۰° دیده می‌شوند، بهتر است بین این زوایا درخشندگی را محدود کرد؛
- ✓ اگر انعکاس منابع نوری (لخت) در حوزه دید قرار بگیرد خیرگی چشم ایجاد خواهد کرد. به همین علت سطح میز کار و ماشین‌ها نباید صیقلی و درخشان باشند لذا این سطوح را مات می‌کنند؛
- ✓ اگر سطوح منعکس‌کننده‌ای داشته باشیم، تابش نور را طوری باید تنظیم کرد که در جهت دید خیرگی ایجاد نشود؛

✓ اگر روشنایی عمومی را زیادتر بسازیم خیرگی کمتر می‌شود، زیرا تباین‌ها کاهش می‌یابند.

۹- تعیین شدت روشنایی

شدت روشنایی افقی در روی سطح کار به ارتفاع ۰/۸۵ متر از کف اتاق سنجیده می‌شود و باید مقادیر زیر را داشته باشد. مقادیر شدت روشنایی فوق برای محل‌هایی است که سقف و دیوارها ضریب انعکاس ۳۰ تا ۶۰٪ داشته باشند.

۱۰- بازده روشنایی

بازده روشنایی (η)، نسبت شار نوری روی سطح کار به شار نوری چراغ می‌باشد.

$$\eta = \frac{\Phi_1}{\Phi_2}$$

شار نوری روی سطح کار از حاصل ضرب شدت روشنایی متوسط و سطح کار به دست می‌آید.

$$\Phi_1 = E_m \times S$$

بازده وقتی ۱۰۰٪ است که هر دو شار یکی باشند. چون سقف و دیوارها مقداری از شار نوری چراغ‌ها را جذب می‌کنند بازده کمتر می‌گردد.

بازده روشنایی به عوامل زیر بستگی دارد:

- ✓ نوع روشنایی (مستقیم، غیرمستقیم و...)
- ✓ وضع چراغ‌ها (واقع در سقف، طاق و...)
- ✓ ضریب انعکاس دیوارها و سقف؛
- ✓ نسبت بین فواصل چراغ‌ها و ارتفاع محل و ابعاد آن.

ضریب محل

با در نظر گرفتن ابعاد محل ضریبی خواهیم داشت که آن را ضریب محل گویند و با k نمایش داده می‌شود.

$$k = \frac{0.8 \times \text{عرض} + 0.2 \times \text{طول}}{\text{ارتفاع مفید}}$$

روشنایی خارجی

روشنایی خارجی ممکن است:

۱. روشنایی سطح شوسه، زمین، نمای ساختمان و... باشد؛
۲. روشنایی علایم از قبیل علایم برای ترافیک هوایی، راه آهن، رودخانه و جاده باشد؛
۳. منابع روشنایی باید کاملاً قابل دید و بدون خیرگی چشم و علاوه بر آن نسبت به رنگ (در راه آهن، هواپیمایی) و یا (برای لامپ‌های دریایی) به طور واضح قابل رؤیت باشند؛
۴. روشنایی تبلیغاتی باشد. در اینجا جلب دقت بیشتر از ایمنی کار مورد نظر می‌باشد و نباید خیرگی چشم را ایجاد نماید؛
۵. در روشنایی خارجی دیوارهایی که بتوانند نور را پراکنده نمایند وجود ندارد بنابراین فقط روشنایی مستقیم در نظر گرفته می‌شود؛
۶. برای اشیائی که در فاصله خیلی دور قرار گرفته‌اند دهنه نوری باریک‌تری به کار می‌رود. ولی برای روشن نمودن اشیاء نزدیک از چراغ‌های معمولی با دهنه نوری پهن استفاده می‌شود؛

مقادیر شدت روشنایی خارجی عبارتند از:

- ✓ جاده‌ها و معابر عمومی ۱ تا ۱۰ لوکس؛
 - ✓ میادین ۱۰ تا ۳۰ لوکس؛
 - ✓ محل تخلیه و بارگیری ۱۰ تا ۲۰ لوکس؛
 - ✓ تأسیسات راه آهن ۰/۲۵ تا ۲ لوکس (۱ تا ۱۰ لوکس)؛
 - ✓ زمین ورزش ۴۰ تا ۲۰۰ لوکس؛
 - ✓ نمای ساختمان ۱۰ تا ۱۰۰ لوکس.
۷. در روشنایی خارجی، درخشندگی جسم را بالا برده و اطراف آن را روشن می‌کنند.

۱- یکنواختی شدت روشنایی در روشنایی خارجی

- ✓ یکنواختی شدت روشنایی بستگی به ارتفاع چراغ و فاصله بین چراغ‌ها و تقسیم نور چراغ دارد؛
- ✓ برای روشنایی خارجی، شدت روشنایی قائم EV خیلی مهم می‌باشد. زیرا در روشنایی عمومی، انسان یا وسیله نقلیه، سایه تاریکی نسبت به سطح روشن شده ایجاد می‌کند؛
- ✓ در کوچه‌های تجاری نه فقط سایه بلکه شخص نیز باید مشخص گردد. بنابراین شدت روشنایی افقی و قائم باید مساوی باشد؛
- ✓ برای زمین‌های ورزشی شدت روشنایی افقی و قائم تقریباً باید مساوی هم باشد؛
- ✓ تعیین محل مناسب برای منابع نوری یا جهت‌دهی نور، برای از بین بردن و یا محدود نمودن سایه‌ها می‌باشد به همین علت برای روشن نمودن یک نقطه، نور از جهات مختلف فرستاده می‌شود؛
- ✓ در روشنایی خارجی چون دیوار منعکس‌کننده‌ای وجود ندارد، بهتر است که منابع نوری به جای وسط در اطراف شیء روشن شده قرار بگیرند؛
- ✓ اگر اطراف جاده روشن گردد، اشیاء واقع روی جاده بهتر دیده می‌شوند؛
- ✓ در زمین‌های ورزشی منابع نوری را در کنار محل قرار می‌دهند و دقت می‌کنند نسبت روشنایی قائم به افقی ۱/۱

گردد و چون دیوار منعکس کننده‌ای وجود ندارد امتداد تابش اشعه را 45° می‌گیرند؛
✓ در جاده‌ها و معابر عمومی، باید تباین کافی بین وسیله نقلیه تاریک (قائم) و سطح شوسه (افقی) داشته باشیم تا
 $E_V < E_H$ گردد. جهت نور از بالا به پایین خواهد بود.

۲- درخشندگی و خیرگی در روشنایی خارجی

✓ اگر جهت نور و دید یکسان باشند خیرگی چشم از انعکاس نور سطح روشن شده وجود نداشته ولی ممکن است
درخشندگی سطح روشن شده کمتر از حدی باشد که دید لازم دارد. در این حالت منابع نوری خارج از حوزه
دید قرار گرفته‌اند؛

✓ جهت نور تقریباً قائم به جهت دید است. خیرگی از انعکاس وجود ندارد. سایه‌ها مزاحمتی ایجاد نمی‌کنند و منابع
نوری از حوزه دید خارج بوده و درخشندگی سطح روشن شده در جهت دید کافی است؛

✓ اگر جهت نور بر عکس جهت دید باشد، درخشندگی زیادی را برای سطح روشن شده در جهت دید ایجاد نموده
و در ضمن خیرگی چشم تولید می‌گردد؛

✓ در روشنایی خارجی به واسطه وجود هوای رطوبتی و گرد و خاک، چراغ زودتر از روشنایی داخلی کثیف گشته
و بازده نوری آن کم می‌شود. بنابراین در روشنایی خارجی برای اینکه بتوانیم کاهش بازده را محدود کنیم باید
مربطاً چراغ‌ها را تمیز نموده و پس از سپری شدن 80% عمر لامپ آن را عوض کرد.

۳- روش‌های محاسبه در روشنایی خارجی

فقط منابع اولیه منظور شده و منابع ثانویه (دیوار و سقف) وجود ندارند. منابع نوری نقطه‌ای فرض می‌شوند زیرا ابعاد
منابع نسبت به فواصل محل‌های روشن شده کوچک می‌باشند. برای محاسبه روشنایی خارجی از روش شدت نوری
استفاده می‌شود.

۴- روشنایی معابر

علاوه بر عواملی که در روشنایی داخلی وجود دارد عوامل زیر در روشنایی خارجی بر آنها اضافه می‌گردد:

✓ ابعاد و سطوح روشنایی خارجی خیلی بزرگتر می‌باشند؛
✓ تأثیر عوامل جوی و درجه حرارت محیط از قبیل باد و باران و مه، صاف یا تیره بودن آسمان، نور ماه و تغییر
فصول زمستان و تابستان و... مؤثر می‌باشند؛

✓ روشنایی خارجی همواره توسط چراغ‌هایی با نور مستقیم صورت می‌گیرد؛
✓ در روشنایی معابر همواره دقت به شرایطی است که دید را بهتر سازد و اقتصادی نیز باشد. مسائلی در روشنایی
معابر داریم که عبارتند از:

- ❖ رانندگان خودروها می‌خواهند خیلی سریع و آشکار موانع مسیر را مشاهده و درک نمایند؛
- ❖ متصدیان ترافیک دقت دارند که هرچه زودتر راه را از ترافیک آزاد ساخته و در ضمن ایمنی تردد را فراهم سازند؛
- ❖ مهندسان معماری و شهرسازی می‌خواهند در خیابان‌ها، معابر و میدانی چراغ‌هایی به‌کار ببرند که با وضع
ساختمان‌ها هماهنگی داشته باشد و به زیبایی شهر بیافزاید؛
- ❖ عابران می‌خواهند که محل عبورشان روشنایی خوبی داشته باشد.

- ✓ روشنایی خارجی باید طوری باشد تا رانندگانی که در سرعت‌های مختلفی مشغول رانندگی هستند موانع ثابت و یا متحرک را بتوانند به خوبی تمیز داده و تصمیم بگیرند؛
- ✓ مانع به شیئی اطلاق می‌شود که سطح ظاهری آن حداقل ۱۵×۱۵ سانتی‌متر مربع و ضریب انعکاس آن ۰/۱۵ باشد؛
- ✓ برای عابران پیاده ایمنی در حالی تأمین شده است که بتوانند همان مانع را بین صفر و ۱۰ متر تشخیص بدهند؛
- ✓ برای راننده، ایمنی راه بستگی به سرعت خودرو دارد به طوری که در سرعت ۶۰ کیلومتر در ساعت تشخیص مانع باید در فاصله صفر تا ۱۰۰ متری باشد و اگر سرعت بالاتر برود این تشخیص مانع در فاصله ۲۰۰ متری خواهد بود؛
- ✓ ایمنی راننده بستگی به میزان خستگی، ضعف و قوت اعصاب وی، زمان رانندگی (شب یا روز) دارد. در جاده‌های کم‌تردد، نور چراغ‌های خودرو کافی است تا موانع مسیر به خوبی دیده شوند و راننده با سرعت زیاد بتواند حرکت نماید؛
- ✓ موقعی که تعداد عابرین پیاده در روی شوسه اضافه شوند ملاحظات ایمنی راهها ایجاب می‌کند که روشنایی جاده‌ها به طور یکنواخت اجرا گردد؛
- ✓ در جاده‌های پرتردد شدت روشنایی خیابان‌ها را بیشتر می‌گیرند و در ضمن دقت می‌شود که نور چراغ‌ها خیره‌کننده نباشد؛
- ✓ یکنواختی روشنایی خارجی باید طوری باشد که محل‌های مخصوصی از قبیل پیچ‌ها، چهارراه‌ها و گذرگاه‌های زیرزمینی به خوبی مشخص گردند.

۵- طبقه‌بندی معابر

به مسائل زیر باید توجه داشت:

- **ترافیک:** ترافیک خودروها را می‌توان به پنج دسته تقسیم کرد:
 - ✓ ترافیک خیلی سنگین (بالا) با عبور بیش از ۱۰۰۰ خودرو در ساعت؛
 - ✓ ترافیک سنگین (بالا) با عبور ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ خودرو در ساعت؛
 - ✓ ترافیک متوسط با عبور ۲۵۰ تا ۵۰۰ خودرو در ساعت؛
 - ✓ ترافیک ضعیف با عبور ۱۰۰ خودرو در ساعت؛
 - ✓ ترافیک خیلی ضعیف با عبور کمتر از ۱۰۰ خودرو در ساعت.
- **سرعت خودروها** را می‌توان به شرح زیر در نظر گرفت:
 - ✓ سرعت خیلی زیاد، بالاتر از ۹۰ کیلومتر در ساعت؛
 - ✓ سرعت زیاد، ۶۰ تا ۹۰ کیلومتر در ساعت؛
 - ✓ سرعت متوسط، ۳۰ تا ۶۰ کیلومتر در ساعت؛
 - ✓ سرعت کم، ۱۰ تا ۳۰ کیلومتر در ساعت؛
 - ✓ سرعت خیلی کم، کمتر از ۱۰ کیلومتر در ساعت.
- **تراکم عبور عابران:** به پنج گروه تقسیم می‌گردد: خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم.

- لزوم مراعات رنگ؛ که شامل خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم است.

۶- طبقه‌بندی انواع روشنایی

جدول ۲: انواع روشنایی

نوع روشنایی	وضع	خیلی بالا	بالا	متوسط	کم	خیلی کم
نوع I	سرعت نور	*	*			
	ترافیک خودرو	*	*			
	عبور عابران					*
	لزوم رعایت رنگ					*
نوع II	سرعت نور			*		
	ترافیک خودرو	*	*	*		
	عبور عابران	*	*	*		
	لزوم رعایت رنگ		*			
نوع III	سرعت نور			*	*	
	ترافیک خودرو			*	*	
	عبور عابران			*	*	
	لزوم رعایت رنگ		*	*		
نوع IV	سرعت نور		*	*		
	ترافیک خودرو				*	*
	عبور عابران				*	*
	لزوم رعایت رنگ				*	*
نوع V	سرعت نور					*
	ترافیک خودرو					*
	عبور عابران		*	*		
	لزوم رعایت رنگ		*			

جدول ۳: نوع روشنایی توصیه شده نسبت به وضع و طبیعت جاده‌های عمومی

وضع	طبیعت جاده عمومی	نوع روشنایی توصیه شده
دشت وسیع	- اتوبان و ورودی آن	I
	- راه بین شهری	I
	- راه فرعی	IV
محل ورود یا دور گشتن	- راه ورودی از یک مجتمع مهم	I, II
	- کوچه ورودی از یک مجتمع مهم	II
	- محل دور گشتن یا بلوار دایره‌ای	I, II
مجتمع	- کوچه مهم	II
	- کوچه بازرگانی	II
	- کوچه فرعی	III
	- خیابان‌ها، محله‌های مسکونی و پارک‌ها	IV, V

۷- درخشندگی و شدت روشنایی توصیه شده در معابر

- ✓ ایمنی عبور و مرور در جاده، اساساً تحت تأثیر درخشندگی پوشش جاده‌های عمومی قرار دارد؛
- ✓ ضریب انعکاس سطح جاده نسبت به تغییر رنگ پوشش آن یعنی روشن یا تیره شدنش عوض شده و در نتیجه شدت روشنایی ممکن است از یک به دو برابر مقدار اصلی‌اش برسد.

جدول ۴: درخشندگی و شدت روشنایی توصیه شده نسبت به نوع روشنایی و پوشش جاده

نوع روشنایی	درخشندگی متوسط پوشش خشک (جاده) <u>کاندلا</u> مترمربع	شدت روشنایی متوسط لازم (لوکس)	
		سطح جاده روشن	سطح جاده تیره
I	۲ تا ۲/۵	۱۴ تا ۳۵	۲۴ تا ۶۷
II	۲ تا ۴	۱۲ تا ۵۶	۲۲ تا ۱۰۸
III	—	۱۰ تا ۳۰	۱۰ تا ۳۰
IV	—	۵ تا ۱۰	۵ تا ۱۰
V	—	۱	۱

درخشندگی حداقل توصیه شده را می‌توان با در نظر گرفتن مطالب زیر به دست آورد:

- ✓ منحنی پخش شدت نور چراغ؛
- ✓ ضریب انعکاس پوشش جاده؛
- ✓ وضع هندسی تأسیسات؛
- ✓ وضع استقرار ناظر.

۸- تباین‌ها

چون شدت روشنایی در جاده‌ها خیلی کم است و تباین رنگی عملاً وجود ندارد، لذا تباین لومینانس (درخشندگی)‌ها را لازم خواهیم داشت.

تشخیص مانع، تابعی از حساسیت چشم به تباین نور می‌باشد؛

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

اگر $L_1 = L_2$ باشد تباین (کنتراست) مساوی صفر می‌گردد.

کمترین تباینی که بتوان شیئی را دید ۰/۰۱ است. در شرایط عملی کمترین تباینی که قابل تشخیص باشد باید بیشتر از ۰/۰۱ باشد. در این رابطه حالات زیر را خواهیم داشت:

- ✓ سطوح مشاهده شده یا لومینانس (درخشندگی) خیلی کم و یا درخشندگی خیلی زیاد داشته باشیم؛
- ✓ بین سطح مشاهده شده و زمینه اختلاف زیادی از درخشندگی داشته باشیم؛
- ✓ خیرگی از منابع نوری مجاور و یا از انعکاس‌ها باشد؛
- ✓ راننده کمبود شرایط فیزیکی و روحی داشته باشد؛
- ✓ دقت دید ناظر با افزایش سن آن پایین بیاید.

۹- یکنواختی درخشندگی

یکنواختی درخشندگی پوشش جاده بسته به نیاز به پنج طریق زیر تعیین می‌شود:

- ✓ درجه یکنواختی عمومی درخشندگی، عبارت از نسبت درخشندگی کمینه به درخشندگی بیشینه است. این دو

- مقدار در روی جاده به فواصل بین ۵۰ تا ۱۵۰ متر ناظر سنجیده می‌شود؛
- ✓ درجه یکنواختی متوسط درخشندگی، نسبت درخشندگی کمینه به درخشندگی متوسطی است که با شرایط بالا به دست آمده باشد؛
 - ✓ یکنواختی طولی درخشندگی جاده خیلی مهم می‌باشد زیرا در صورت عدم وجود آن اثرات پله و یا مارپیچی ایجاد می‌شود که چندان خوشایند راننده نیست و به آسایش و ایمنی آن صدمه وارد می‌کند؛
 - ✓ یکنواختی عرضی درخشندگی جاده به طور واضح عرض شوسه را مشخص کرده و امتداد آن را به خصوص در پیچ و خم‌ها مشخص می‌سازد؛
 - ✓ در مقابل راننده در جاده مستقیم، تصویر مرور نهایی که تمام خطوط افقی به یک نقطه در افق ختم می‌شوند ظاهر می‌شود و در زیر لامپ یک لکه نورانی به شکل T روی پوشش جاده روشن شده به نظر می‌رسد. به خصوص موقع خیس بودن جاده این اثر بیشتر ظاهر می‌شود که لکه‌های شفاف به طرف راننده تغییر محل می‌دهند.

۱۰- مقادیر حداقل شدت روشنایی

چراغ‌های خیابان‌ها باید دارای شرایط زیر باشند:

- ✓ شار نوری را طوری جهت بدهند که بازده نوری خوبی داشته باشد؛
- ✓ برای چشم راننده در جاده خیرگی تولید نکنند؛
- ✓ دارای مشخصات الکتریکی بهتری بوده و ایمنی را تضمین نمایند؛
- ✓ منابع نوری در مقابل تأثیرات جوی حفاظت شده باشند؛
- ✓ بالا بودن ضرایب انعکاس سبب می‌شود که شیئی کاملاً روشن و واضح دیده شود؛
- ✓ بالا بودن مقدار شدت روشنایی سطح جاده سبب می‌شود که رؤیت اشیاء با اختلاف جزئی درخشندگی ممکن گردد.

۱۱- راحتی راننده

برای جاده‌هایی که سرعت وسایل نقلیه زیاد و ترافیک انبوهی دارند به منظور راحتی راننده و کاهش خستگی اعصاب وی توصیه‌هایی شده است که شامل :

یکنواختی شدت روشنایی و مقدار درخشندگی و محدود نمودن خیرگی چشم راننده، وضع استقرار چراغ‌ها و نوع آنها تشنج اعصاب را کاسته، حتی‌الامکان راحتی راننده را فراهم می‌سازند.

۱۲- محدود نمودن خیرگی چشم راننده

شرایط دید باید طوری باشد که راننده احساس خستگی نکند و امکان تشخیص موانع را داشته باشد.

دو نوع خیرگی داریم:

- **خیرگی مغل:** در این حالت کاهش قابلیت تشخیص اشیاء مشابه اثر پرده‌ای است که توسط دسته نوری متمرکز روشن شده و در حوزه دید قرار بگیرد. این پرده سبب کاهش تباین شده، و خیرگی کاملاً مانع دید می‌شود.
- **خیرگی آزاردهنده:** اثر جانبی خیرگی آزاردهنده قبل از اینکه به مانند اثر پرده خطرناک شود ظاهر می‌شود و اگر این خیرگی آزاردهنده را محدود کنیم درخشندگی پرده‌ای در حد قابل قبول قرار می‌گیرد.

۱۳- طرز نصب چراغ‌ها در خیابان‌ها

- ✓ نصب چراغ در یک طرف خیابان؛ موقعی است که عرض خیابان کمتر یا مساوی ارتفاع نصب چراغ است؛
- ✓ نصب چراغ در دو طرف خیابان به طور شطرنجی (کنگره‌ای)؛ در اینجا عرض خیابان کمتر از ۱/۵ برابر ارتفاع نصب است؛
- ✓ نصب چراغ در دو طرف خیابان به طور متقابل؛ در اینجا عرض خیابان بیشتر از ۱/۵ برابر ارتفاع نصب است؛
- ✓ نصب چراغ آویزان در محور خیابان؛ برای جاده‌های باریک که ارتفاع نصب بیشتر از عرض خیابان نباشد؛
- ✓ در انحنای جاده از نصب چراغ‌ها به طور شطرنجی باید اجتناب نمود زیرا در این نوع نصب، کنار جاده و انحنای جاده برای راننده مشخص نمی‌شود و چه‌بسا راننده از مسیر اصلی منحرف می‌گردد. بنابراین باید نصب یک‌طرفه و روی قسمت محدب باشد.

۱۴- وضع مناسب درختان و چراغ‌ها

با توجه به سایه درختان، چراغ‌ها باید طوری نصب شوند که سایه درختان در شب بر روی جاده نیافتد.

۱۵- روشنایی نمای ساختمان

- در این نوع، سطح خارجی (نمای ساختمان) را روشن می‌نماییم که ممکن است یکی از موارد زیر مدنظر باشد:
- ✓ جلب نظر نسبت به ابنیه تاریخی از نظر قشنگی معماری و قدمت آن (دقت می‌شود که منظره ابنیه خوش آیند و دلپذیر باشد)؛
 - ✓ جلب توجه تبلیغاتی (مثلاً روشنایی جبهه ساختمان کارخانه)؛
 - ✓ حفاظت (موزه).

برج، ابنیه تاریخی، دودکش‌های بلند کارخانجات، درختان بلند، تابلوهای بزرگ تبلیغاتی چون ابعاد بزرگی دارند، برای روشنایی آنها احتیاج به استفاده از لامپ‌های پر قدرت می‌باشد.

۱۶- رنگ نوری

- ✓ معمولاً برای روشنایی جبهه ساختمان نور سفید به کار می‌برند؛
- ✓ برای تأسیسات ثابت، لامپ تخلیه‌ای به خصوص بخار سدیم توان مصرفی کمی دارد. رنگ نور سدیم برای جبهه‌های ساختمانی سفید و گرم رنگ اثر قشنگی می‌گذارد؛
- ✓ رنگ آبی و سبز لامپ جیوه‌ای را برای روشنایی گروه درختان و آب‌نماها به کار می‌برند؛
- ✓ برای نماهای آجری قرمز نباید لامپ‌های سدیم و یا جیوه‌ای به کار برد؛
- ✓ شکل ساختمان و نمای اطراف آن در انتخاب نوع چراغ مهم می‌باشد؛
- ✓ بهترین شکل برای روشن کردن نمای ساختمان این است که نور نورافکن مثل نور خورشید از بالا بتابد، چون تهیه محل خیلی بلند ممکن نیست، آن را روی تیر و یا زمین قرار می‌دهند. باید توجه کرد که نور از سطوح شیشه‌ای مستقیماً به چشم ناظر نیافتد و خیرگی چشم را سبب نشود؛
- ✓ اگر بخواهیم سطح صاف را روشن کنیم که اثر سایه نمودار نگردد، در این صورت نورافکن‌ها را نامتقارن قرار می‌دهند؛

- ✓ ساختمان‌هایی که نمای شیشه‌ای زیادتری دارند از داخل روشن می‌شوند؛
- ✓ مجسمه‌ها از بالا به طرف پایین و در صورت امکان تا زمین روشن می‌شوند؛
- ✓ با اختلاط یک منبع نوری گرم و یک منبع نوری سرد می‌توان تباین خوبی به دست آورد؛
- ✓ باید درخشندگی متوسط سطوح برجسته بیشتر از سطوح فرو رفته (پنجره، در، گالری و...) باشد، تا اثر برآمدگی را بهتر نمایان سازد.

۱۷- کاربرد لامپ‌های مختلف در نورافکن‌ها

- ✓ لامپ سدیم؛ معمولاً برای روشنایی مواد روشنی مثل آجر، درختانی با شاخ و برگ کم که مشخص شدن آنها بین سایر درختان مدنظر است به کار می‌رود؛
- ✓ لامپ ملتهب رشته‌ای؛ معمولاً در تمام مواد ساختمانی و طبیعت به کار می‌روند. مخلوطی از لامپ سدیم و ملتهب برای اجرای نور مناسب از هر دو لامپ مورد استعمال دارد؛
- ✓ لامپ جیوه‌ای با فشار زیاد؛ معمولاً برای روشن نمودن سنگ‌هایی به رنگ آبی، اشیاء مفرغی (برنجی)، درختان همیشه سبزی مانند کاج با برگ‌های دائم، فرورفتگی‌های نمای ساختمان بزرگی که رویه آن به رنگ کرم (لامپ ملتهب) روشن شده و همچنین برای روشنایی برج‌ها و بام‌ها به کار می‌روند؛
- ✓ لامپ‌های فلورسنت؛ برای شاخ و برگ‌ها و معمولاً جایی که احتیاج به اثر مبهم رنگ‌های آبی (از قبیل اثر زمینه) باشد به کار می‌برند؛
- ✓ فاصله بین نورافکن‌ها و جبهه ساختمان، بزرگتر یا مساوی $\frac{2}{3}$ ارتفاع ساختمان می‌باشد؛
- ✓ فاصله بین نورافکن‌ها دو برابر فاصله‌ایست که جبهه ساختمان با نورافکن‌ها دارد؛
- ✓ اگر ارتفاع جبهه ساختمان کمتر از ۱۰-۱۲ متر باشد نورافکن‌ها را روی سطح زمین قرار می‌دهند. اگر ارتفاع بلندتر باشد نورافکن‌ها در $\frac{1}{3}$ و یا $\frac{1}{4}$ ارتفاع جبهه ساختمان قرار می‌گیرند؛
- ✓ باید دقت کرد که در روشنایی نمای ساختمان نور به طرف بالا می‌تابد.

اندازه‌گیری کمیت‌های روشنایی (فوتومتري)

اندازه‌گیری کمیت‌های نوری، فوتومتري نامیده می‌شود.

۱. در فوتومترهای اولیه، چشم انسان در اندازه‌گیری نقش اساسی را به عهده داشت. از طریق مقایسه دو کمیت یکی استاندارد و دیگری مجهول، کمیت مجهول معین می‌شود؛
۲. نورسنج، شدت روشنایی روی یک سطح را از طریق اندازه‌گیری جریان برقی که در سلول فوتوالکتریک برقرار می‌سازد، اندازه‌گیری می‌کند.

۱- روش اندازه‌گیری

الف) اندازه‌گیری شدت نور لامپ‌ها

شدت نور یک لامپ را از طریق مقایسه با یک لامپ استاندارد که دارای شدت نور معلوم است به دست می‌آورند. لامپ استاندارد دارای شدت نور معلوم I_1 است. لامپ مجهول شدت نور I_2 را دارد. پرده متحرکی را روی ریل حرکت داده به

طوری که شدت روشنایی روی دو سطح به تشخیص چشم برابر شود.

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2}$$

ب) اندازه‌گیری شار نوری یک لامپ

از کره اولبریخت استفاده می‌شود. این فوتومتر یک کره بزرگ توخالی است که سطح داخلی آن با رنگ سفید پوشیده شده است و نور را کاملاً پخش می‌کند. شدت روشنایی که به هر نقطه از سطح کره می‌رسد برابر است با:

$$E = \frac{\Phi}{4\pi R^2}$$

پ) اندازه‌گیری شدت روشنایی

با استفاده از سلول فوتوالکتریک صورت می‌گیرد. در این وسایل نور تابیده شده بر سطح سلول، جریان برقی را برقرار می‌کند که مقدار آن تابع شدت روشنایی است و با اندازه‌گیری جریان، شدت روشنایی را مشخص می‌کنیم.

۲- شدت روشنایی ناشی از منابع نقطه‌ای

اگر اندازه فیزیکی منابع نوری از فاصله بین منبع و نقطه تحت محاسبه خیلی کوچک‌تر باشد، منبع نقطه‌ای نامیده می‌شود.

- شدت روشنایی برابر است با:

$$E = \frac{I}{r^2}$$

- شدت روشنایی روی صفحه افق:

$$E_h = \frac{I}{r^2} \cos \theta = \frac{I}{h^2} \cos^3 \theta$$

- شدت روشنایی روی صفحه عمودی:

$$E_v = \frac{I}{r^2} \sin \theta = \frac{I}{h^2} \cos^2 \theta \sin \theta$$

۳- شدت روشنایی ناشی از منابع گسترده

برای محاسبه شدت روشنایی ناشی از یک منبع گسترده، هر نقطه از آن را به عنوان یک منبع نقطه‌ای در نظر می‌گیریم و نتیجه را روی سطح منبع درخشانده انتگرال می‌گیریم.

- شدت روشنایی در یک نقطه روی صفحه افق برابر است با:

$$E_h = \int_{\text{سطح منبع گسترده}} \frac{L \cos \theta \cos \varphi}{r^2} dA$$

- شدت روشنایی در یک نقطه روی صفحه عمود برابر است با:

$$E_v = \int_{\text{سطح منبع گسترده}} \frac{L \cos \theta \sin \varphi}{r^2} dA$$

۴- شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

در لامپ‌های فلورسنت نسبت طول لامپ‌ها به قطر آنها خیلی بزرگ است و می‌توان آنها را به صورت منابع خطی در

نظر گرفت.

- شدت در سطح افق برابر است با:

$$E_h = \frac{LW}{2D} \left[\tan^{-1} \frac{H_2}{D} + \frac{H_2 D}{H_2^2 + D^2} + \tan^{-1} \frac{H_1}{D} + \frac{H_1 D}{H_1^2 + D^2} \right]$$

- شدت در سطح عمودی برابر است با:

$$E_v = \frac{LW}{2D} (\sin^2 \theta_2 - \sin^2 \theta_1) = \frac{LW}{2D} \left(\frac{H_2^2}{H_2^2 + D^2} - \frac{H_1^2}{H_1^2 + D^2} \right)$$

۵- شدت روشنایی ناشی از یک منبع سطحی

در تأسیسات روشنایی امروزی در بسیاری از موارد از منابع سطحی به صورت سقف‌های درخشان استفاده می‌شود. سطوح معمول بیشتر به شکل مستطیل یا دایره‌ای هستند.

- شدت روشنایی در سطح افقی برابر است با:

$$E_h = \frac{L}{2} \left[\frac{H}{\sqrt{D^2 + H^2}} \sin^{-1} \frac{W}{r_1} + \frac{W}{\sqrt{D^2 + W^2}} \sin^{-1} \frac{H}{r_1} \right]$$

$$r_1 = \sqrt{D^2 + H^2 + W^2}$$

- شدت روشنایی در سطح عمود برابر است با:

$$E_v = \frac{L}{2} \left[\tan^{-1} \frac{W}{D} - \frac{D}{\sqrt{D^2 + H^2}} \sin^{-1} \frac{W}{r_1} \right]$$

۶- شدت روشنایی ناشی از سطح دایره‌ای (روشنایی روی سطح افق)

$$E_h = \pi L = \frac{\partial^2}{\partial^2 + D^2}$$

مقررات

به کارگیری امواج الکترومغناطیس

- ماده ۱- شرکت باید یک دستورالعمل اجرایی در رابطه با نحوه اطلاع رسانی درباره خطرات امواج الکترومغناطیس موجود در محیط کار مدون، برقرار و به روز ایجاد و نگهداری نماید.
- ماده ۲- شرکت باید یک دستورالعمل اجرایی برای نحوه اطلاع رسانی، درخصوص خطرات امواج الکترومغناطیسی که به صورت غیرمعمول استفاده می شود، مدون، برقرار و به روز ایجاد و نگهداری نماید.
- ماده ۳- شرکت باید یک دستورالعمل اجرایی برای نحوه اطلاع رسانی درخصوص تجهیزات تولیدکننده امواج الکترومغناطیسی که در محل های عبور محیط های کاری قرار دارند و یا به طریقی بر این محل ها تأثیر دارند، مدون، برقرار و به روز ایجاد و نگهداری نماید.
- ماده ۴- شرکت باید یک دستورالعمل اجرایی برای نحوه اطلاع رسانی، درخصوص خطرات امواج الکترومغناطیسی که همسایگان مصرف و یا تولید می نمایند، مدون، برقرار و به روز ایجاد و نگهداری نماید.
- ماده ۵- شرکت باید درخصوص خطرات امواج الکترومغناطیسی اطلاع رسانی نماید.
- ماده ۶- شرکت باید پیمانکار و پرسنل آن را موظف به رعایت مواد ۱ تا ۵ نموده و بر حسن اجرای آن نظارت نماید.

مقررات

روشنایی

۱- حدود مواجهه روشنایی

ماده ۷- ضروری است که شرکت به استاندارد مواجهه براساس شدت نور، که توسط مجامع مهندسان روشنایی در کشورها تعیین و توصیه شده است توجه نماید. شدت روشنایی مورد نیاز باید تا آنجا که ممکن است معادل مقادیر پیشنهادی انتخاب شود.

ماده ۸- شرکت باید توجه نماید که مقادیر حد تماس شغلی روشنایی و مدت مواجهه با آن به شرایطی اشاره دارد که به نظر می‌رسد، چنانچه کلیه شاغلان به طور مکرر در مواجهه با این مقادیر قرار گیرند آثار نامطلوب در توانایی دید و تشخیص آنان ظاهر نشود.

ماده ۹- شرکت باید اطمینان حاصل نماید که هیچ‌یک از کارکنان در معرض روشنایی کمتر از حد شدت روشنایی استاندارد مشخص شده در جدول ۵ نمی‌باشند.

۲- استانداردهای متداول روشنایی محل کار

روشنایی مطلوب و مناسب بستگی به میزان کار بینایی و شدت روشنایی در محل کار دارد. عوامل مؤثر بر بینایی شامل رنگ نور، رنگ اجسام، درخشندگی، تباین (کنتراست)، اختلاف بین نور مصنوعی و طبیعی و سن افراد می‌باشند.

جدول ۵: استانداردهای متداول روشنایی محل کار

نوع فعالیت	شدت روشنایی روی میز کار (لوکس)
حمل و نقل (جاب‌جا کردن)	۵۰ تا ۱۰۰
کار زمخت و غیردقیق	۱۲۵ تا ۲۵۰
کارهای نیمه‌دقیق	۲۵۰ تا ۵۰۰
کارهای دقیق	۵۰۰ تا ۱۰۰۰
کارهای خیلی دقیق	۱۰۰۰ و بیشتر

ماده ۱۰- شرکت باید به میزان روشنایی لازم برای انجام بسیاری از کارهای اساسی که توسط مجامع مهندسان روشنایی در کشورها تعیین و توصیه شده است، توجه نماید. این مقادیر بستگی به سطح زندگی و رسوم خاص مردم هر کشور دارد. شدت روشنایی روی سطوح کار به صورت خیلی کلی در جدول (۵) خلاصه شده است.

ماده ۱۱- ضروری است که شرکت مصوبات کمیته ملی روشنایی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران را رعایت نماید در این مصوبات، برای محل‌های مسکونی، تجاری و صنعتی مقادیری برای شدت روشنایی حداقل، پیشنهاد داده است که در کتاب‌های مرجع آمده است. مراعات مقادیر حداقل اجباری و استفاده از مقادیر پیشنهادی توصیه شده است.

۳- اندازه‌گیری و ارزیابی روشنایی

برای اندازه‌گیری و ارزیابی روشنایی، شناخت کامل نسبت به روش‌های اندازه‌گیری، خصوصیات محیط کار و چگونگی مواجهه کارکنان اهمیت دارد. مهم‌ترین نکاتی که باید قبل از اقدام به اندازه‌گیری و ارزیابی در نظر گرفته شود عبارتند از:

الف) تعیین هدف اندازه‌گیری؛

ب) گردآوری اطلاعات دقیق از کارگاه؛

پ) گردآوری اطلاعات نحوه مواجهه شاغلان؛

ت) تعیین روش مناسب اندازه‌گیری؛

ث) انتخاب وسیله مناسب اندازه‌گیری؛

ج) کالیبراسیون؛

ح) شناخت استاندارد مواجهه شاغلان.

۳-۱- تعیین هدف اندازه‌گیری

اهداف زیر در اندازه‌گیری روشنایی پیگیری می‌شود:

الف) شناسایی روشنایی محیط‌های کاری و دستیابی به حداقل میزان شدت روشنایی؛

ب) پیشگیری از آسیب‌ها و ضایعات ناشی از کمبود میزان روشنایی؛

پ) پیشگیری و کاهش حوادث احتمالی ناشی از کمبود میزان روشنایی؛

ت) پیشگیری از ضرر و زیان‌های مالی وارد شده به شرکت در اثر خطای چشم؛

ث) شناسایی شرایط ناایمن و انجام اقدامات برای برطرف نمودن آنها؛

ج) حراست فیزیکی با توجه به اصلاح نور و میدان دید در کارکنان حراست؛

ح) ارائه راهکارهای اصلاحی و پیشگیرانه.

ماده ۱۲- ضروری است که شرکت، قبل از اقدام به اندازه‌گیری روشنایی هدف کار را معلوم نماید. برای دستیابی به هر هدف، روش، دستگاه و نحوه ارزیابی متفاوت می‌باشد.

تبصره ۱: اندازه‌گیری صنعتی؛ برای اندازه‌گیری میزان روشنایی روی و اطراف یک دستگاه معین برای اپراتور و برای عیب‌یابی یا بازرسی فنی.

تبصره ۲: اندازه‌گیری محیطی؛ به منظور تعیین میزان و نوع روشنایی، یکنواختی آن، درخشندگی و چشم‌زدگی آن در

سطح کارگاه، معابر، خیابان‌ها، تأسیسات، نمای ساختمان و یا معین نمودن تعداد اصلی منابع روشنایی.
تبصره ۳: اندازه‌گیری فردی؛ برای مشخص نمودن میزان مواجهه شاغلان.
تبصره ۴: اندازه‌گیری به منظور تعیین روش و چگونگی کنترل میزان روشنایی.

۳-۲- وسایل اندازه‌گیری

ماده ۱۳- شرکت باید برای اندازه‌گیری کمیت‌های نوری از وسایل استاندارد استفاده نماید. اندازه‌گیری کمیت‌های نوری، فوتومتری نامیده می‌شود. برای اندازه‌گیری روشنایی از دستگاه‌های زیر استفاده می‌شود:

تبصره ۵: فوتومترهای اولیه؛ در فوتومترهای اولیه چشم انسان در اندازه‌گیری نقش اساسی را بر عهده دارد. از طریق مقایسه دو کمیت، یکی استاندارد و دیگری مجهول، کمیت مجهول معین می‌شود.

تبصره ۶: نورسنج، شدت روشنایی روی یک سطح را از طریق اندازه‌گیری جریان برقی که در سلول فوتوالکتریک برقرار می‌کند، اندازه‌گیری می‌کند.

ماده ۱۴- ضروری است که شرکت به کالیبراسیون دستگاه اندازه‌گیری توجه نماید. قبل از هر بار اندازه‌گیری باید از صحت و دقت کار دستگاه نورسنج مطمئن شد. دقت دستگاه به نوع دستگاه و مشخصات آن بستگی دارد. بنابراین در هنگام استفاده باید دستگاه با دقت مناسب را انتخاب نمود. ولی برای اطمینان از صحت کار دستگاه باید قبل از اقدام به اندازه‌گیری، آن را با وسیله‌ای استاندارد (کالیبراتور) کالیبره نمود. از آنجا که عوامل متعددی در کار دستگاه مؤثر می‌باشند، لازم است برای هر بار استفاده از دستگاه قبلاً از کالیبره بودن آن اطمینان حاصل شود.

ماده ۱۵- ضروری است که شرکت به گردآوری اطلاعات از محیط کار توجه نماید. اولین مرحله از فرایند اندازه‌گیری و ارزیابی روشنایی، جمع‌آوری اطلاعات لازم در محیط کار و نحوه مواجهه کارکنان می‌باشد. در این مرحله:

تبصره ۷: نقشه ساده‌ای از کارگاه، محیط کار، دستگاه و یا سطوحی که باید روشنایی آن را اندازه‌گیری کنید تهیه نمایید.

تبصره ۸: روی نقشه منابع روشنایی (طبیعی یا مصنوعی)، تعداد لامپ‌های موجود و تعداد ردیف آنها را مشخص کنید.

تبصره ۹: تعداد محل‌های اندازه‌گیری در نقاط مختلف کارگاه انتخاب شود.

تبصره ۱۰: اطلاعات مربوط به محل تردد و توقف کارکنان معلوم گردد.

تبصره ۱۱: ساعات مواجهه هر گروه از کارکنان با روشنایی مشخص گردد.

تبصره ۱۲: اوقات تغییر شیفت معلوم گردد.

تبصره ۱۳: اطلاعات مدیریت مانند اضافه‌کاری، کارگردشی و مرخصی‌ها ثبت گردد.

تبصره ۱۴: در صورت لزوم (اهداف کنترل روشنایی) مشخصات فنی سازه‌های بنای کارگاه، مشخصات رنگ سطوح داخلی به فهرست اطلاعات اضافه گردد.

تبصره ۱۵: رنگ سقف و دیوارها مشخص گردد.

تبصره ۱۶: نوع منابع نور (مصنوعی یا طبیعی) مشخص گردد.

تبصره ۱۷: انواع موانع مشخص گردد.

تبصره ۱۸: نحوه نگهداری و مراقبت از وسایل و منابع روشنایی مشخص گردد.

ماده ۱۶- ضروری است شرکت برای تعیین ایستگاه‌های اندازه‌گیری، به تعداد و محل ایستگاه‌های اندازه‌گیری در هر

کارگاه که بستگی به هدف اندازه‌گیری دارد، توجه نماید.

تبصره ۱۹: برای اندازه‌گیری روشنایی کارگاهها باید تعداد محل‌های اندازه‌گیری طبق نقشه در نقاط مختلف کارگاه انتخاب شود.

تبصره ۲۰: برای اندازه‌گیری مقدار روشنایی عمومی کارگاه در سطح افق باید:

۱. محل‌های اندازه‌گیری از طریق تقسیم سطح کارگاه به مربع‌های ۹۰ سانتی‌متر مربعی مشخص شود؛
۲. میزان روشنایی در وسط هر مربع با دستگاه فوتومتر یا لوکس متر قرائت شود؛
۳. وسایل اندازه‌گیری باید در یک سطح افق و در ارتفاع ۷۵ سانتی‌متری از کف کارگاه قرار گیرد؛
۴. در محاسبات، برای اندازه‌گیری روشنایی مصنوعی، روشنایی طبیعی (روز) از کل محاسبات کسر گردد.

۳-۳- روش‌های اندازه‌گیری

روش‌های اندازه‌گیری، براساس اهداف اندازه‌گیری و ارزیابی، مطابق یکی از روش‌های زیر انتخاب می‌گردد:

۳-۳-۱- اهداف اندازه‌گیری

الف) اندازه‌گیری و ارزیابی محیطی؛ هدف مشخص نمودن میزان روشنایی و محدوده‌های خطر در کارگاه و همچنین تعیین منابع اصلی روشنایی برای کنترل میزان روشنایی می‌باشد؛

ب) اندازه‌گیری به منظور ارزیابی مواجهه شاغلان؛ برای نیل به این هدف براساس شرایط کار، ویژگی‌های مواجهه شاغل با نور و عوامل مرتبط دیگر از یکی از روش‌های زیر استفاده می‌گردد:

- ✓ اندازه‌گیری مواجهه شاغلان با روشنایی ناشی از یک منبع روشنایی؛
 - ✓ اندازه‌گیری مواجهه شاغلان با روشنایی یکنواخت؛
 - ✓ اندازه‌گیری مواجهه شاغلان در مدت‌های معین با درخشندگی روشنایی؛
 - ✓ اندازه‌گیری مواجهه شاغلان در مدت‌های نامعین با درخشندگی روشنایی؛
 - ✓ اندازه‌گیری مواجهه شاغلان با روشنایی در شب.
- پ) برای تعیین میزان متوسط روشنایی عمومی کارگاهها از روش‌های ارائه شده (I.E.S) استفاده می‌شود:
- ✓ فضاهای با سطح منظم و با لامپ‌های فضایی قرینه در دو یا چند ردیف؛
 - ✓ فضاهای با سطح منظم با لامپ منفرد (تک منبعی)؛
 - ✓ فضاهای با سطح منظم با لامپ‌های جدا از هم در یک ردیف؛
 - ✓ فضاهای با سطح منظم و با لامپ‌های متصل و ممتد در دو یا چند ردیف؛
 - ✓ فضا با سطح منظم با لامپ‌های پیوسته در یک ردیف؛
 - ✓ فضا با سطح منظم با منابع روشنایی اطراف سقف (Louveral).
- ث) برای بررسی و کنترل روشنایی کارگاهها از روش‌های اندازه‌گیری موضعی و عمومی (منظم و غیرمنظم) استفاده می‌شود.

۳-۳-۲- روش اندازه‌گیری

الف) اندازه‌گیری شدت نور لامپ‌ها؛

ب) اندازه‌گیری شار نوری یک لامپ؛

ج) اندازه‌گیری شدت روشنایی.

ماده ۱۷- ضروری است شرکت برای تهیه نقشه ناحیه‌بندی، مشخص نمودن نواحی مختلف کارگاه براساس محدوده‌های تعیین شده شدت روشنایی، با توجه به مساحت و امکانات کارگاهها، تعداد معین و محدودی ناحیه انتخاب کند.

تبصره ۲۱: پس از اندازه‌گیری شدت روشنایی در مرکز تمام نواحی نتایج روی نقشه درج گردد.

ماده ۱۸- در هنگام اندازه‌گیری کمیت‌های نوری باید دقت کنید که مانعی در سر راه منابع روشنایی وجود نداشته باشد و یا سایه‌ای ایجاد نگردد.

ماده ۱۹- اندازه‌گیری در محلی که کارکنان بیشترین دید را بر روی آن دارند انجام شود. بدین ترتیب که سلول اندازه‌گیری دستگاه در نقطه‌ای قرار گیرد که شاغل در آنجا توجه بیشتری دارد.

ماده ۲۰- مقادیر مربوط به میزان روشنایی و درخشندگی سطوح مختلف را پس از اندازه‌گیری در نقشه ثبت نمایید.

ماده ۲۱- در اندازه‌گیری به منظور تعیین حدود مواجهه شاغلان، اندازه‌گیری صرفاً در محل‌های توقف یا تردد شاغل و در محلی که بیشترین دید را دارد و یا در نقطه‌ای که توجه بیشتری دارد انجام گردد.

ماده ۲۲- در تمام محیط‌های کاری که کارکنان در مواجهه با روشنایی کمتر از حد استاندارد هستند، شرکت باید اطمینان حاصل نماید که میزان شدت روشنایی اندازه‌گیری شده است.

ماده ۲۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که اندازه‌گیری شدت روشنایی مطابق با یک روش استاندارد انجام شده است.

ماده ۲۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که کارشناس بهداشت کار/صنعتی منابع روشنایی را شناسایی کرده و اقدامات پیشگیرانه را توصیه نموده است.

ماده ۲۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند که اندازه‌گیری‌ها، ارزیابی و پیشنهادات مستند شده و به شیوه صحیح نگهداری می‌شوند.

ماده ۲۶- شرکت باید اطمینان حاصل کند که اگر در محیط کار نوسازی، تعمیر یا تغییری ایجاد شود و یا تجهیزات جدیدی به محیط کار آورده شود و یا فرایندی در محیط کار اصلاح شود به نحوی که بر میزان شدت روشنایی تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته باشد، شدت روشنایی مجدداً اندازه‌گیری شود.

ماده ۲۷- شرکت باید اطمینان حاصل نماید که در تمام نواحی، حداقل سالی یکبار روشنایی اندازه‌گیری شده باشد.

۴- برنامه حفاظت بینایی

ماده ۲۸- چنانچه مواجهه با روشنایی کمتر از حد استاندارد و یا بیشتر از مقدار پیشنهادی باشد و یا چشم‌زدگی ایجاد نماید، شرکت باید یک برنامه حفاظت بینایی ایجاد کند.

ماده ۲۹- شرکت باید هر سه سال یکبار برنامه حفاظت بینایی را بازنگری نماید.

ماده ۳۰- شرکت باید یکی از کارکنان متخصص و مطلع را به عنوان سرپرست، برای نظارت بر اجرای صحیح برنامه حفاظت بینایی انتخاب کند.

ماده ۳۱- شرکت باید برنامه حفاظت بینایی را مدون کرده و آن را به روز نگهداری نماید.

ماده ۳۲- برنامه حفاظت بینایی باید شامل روش‌ها و دستورالعمل‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه شغلی افراد با روشنایی باشد.

ماده ۳۳- برنامه حفاظت بینایی باید شامل انواع روش‌های استفاده شده برای کنترل روشنایی باشد.

ماده ۳۴- در برنامه حفاظت بینایی باید تهیه نقشه روشنایی مدنظر قرار گیرد.

ماده ۳۵- در برنامه حفاظت بینایی، مشخص نمودن محل‌های خطرناک با علائم هشداردهنده باید گنجانده شود.

ماده ۳۶- در برنامه حفاظت بینایی، آموزش کارکنان درباره مخاطرات بیش از حد مجاز مواجهه با روشنایی و استفاده صحیح از وسایل حفاظت بینایی و به‌کارگیری اقدامات کنترلی گنجانده شده و الزامی گردد.

ماده ۳۷- در برنامه حفاظت بینایی، انجام معاینات چشم پزشکی دوره‌ای و موردی باید گنجانده شود.

ماده ۳۸- بازنگری برنامه حفاظت بینایی باید زمانبندی گردد و مطابق آن اقدامات لازم به عمل آید.

ماده ۳۹- کلیه مستندات برنامه حفاظت بینایی باید ایجاد شده و به روش صحیح نگهداری شوند.

۵- معاینات چشم پزشکی

ماده ۴۰- شرکت باید در معاینات دوره‌ای کارکنان انجام معاینات چشم را الزامی نماید.

ماده ۴۱- شرکت باید معاینات چشم را برای کارکنان در بدو استخدام انجام دهد. تأخیر در انجام آزمایش برای این‌گونه افراد نباید بیش از ۶ ماه باشد.

ماده ۴۲- شرکت باید کارکنانی را که در مواجهه با روشنایی کمتر از حد مجاز و یا بیش از حد پیشنهادی و چشم‌زدگی قرار دارند، شناسایی نماید و مطابق برنامه تحت مراقبت‌های خاص قرار دهد و حداقل فواصل معاینات چشم را برای آنان در نظر گیرد.

ماده ۴۳- شرکت باید اطمینان حاصل کند که معاینات چشم، توسط فرد آگاه و باصلاحیت انجام شود.

ماده ۴۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که نتایج معاینات چشم فرد تا پایان اشتغال وی نگهداری شود.

ماده ۴۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند که نتایج معاینات چشم فرد محرمانه بوده و بدون اجازه مکتوب وی در اختیار افراد بدون صلاحیت قرار نمی‌گیرد.

ماده ۴۶- شرکت باید اطمینان حاصل کند که نتایج معاینات چشم پزشکی به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و مطابق آن اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه به عمل می‌آید.

۶- کنترل روشنایی

کنترل روشنایی، برای کنترل اثرات آن و راحتی کارکنان بوده و شامل روش‌های کنترل مدیریتی (کنترل زمان مواجهه و پایش سلامتی) و کنترل فنی است.

۶-۱- کنترل فنی

ماده ۴۷- روش‌های عمومی کنترل فنی، شرکت باید روش‌های عمومی کنترل خود را به یکی از سه روش زیر انجام دهد:

۱. کنترل مبتنی بر سازه؛

۲. کنترل مبتنی بر دفاع در برابر شدت روشنایی؛

۳. حفاظت فردی.

۶-۱-۱- کنترل مبتنی بر سازه

ماده ۴۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که چنانچه از روش کنترل مبتنی بر سازه استفاده می‌شود، مهندس کنترل مراحل زیر را مدنظر قرار می‌دهد:

۱. کنترل در منبع روشنایی؛

۲. کنترل در مسیر انتشار نور؛

۳. حفاظت کارکنان از طریق پناهگاه.

الف) کنترل در منبع روشنایی:

ماده ۴۹- شرکت کنترل روشنایی را باید اصولاً از طراحی ساختمان، معابر، خیابان‌ها، دستگاه و... شروع نماید و در عمل می‌تواند از روش‌ها و دستگاه‌هایی استفاده کند که دارای منابع کم‌مصرف و تولید روشنایی استاندارد باشند.

ماده ۵۰- شرکت باید نوع روشنایی را متناسب با فرایند تولید، درست انتخاب کند.

ماده ۵۱- شرکت در هنگام طراحی فرآیند تولید و انتخاب نوع روشنایی، باید مشخصات روشنایی مورد لزوم آن دستگاه و مجموع دستگاه‌ها در یک کارگاه را مدنظر قرار دهد و در مرحله احداث صنعت، مشخصات روشنایی مورد نیاز دستگاه‌ها و کارگاه را مورد بررسی قرار دهد.

ماده ۵۲- از آنجا که تولید روشنایی یکی از راههای مصرف انرژی است و با طول عمر لامپ روشنایی کاهش می‌یابد، لذا شرکت باید اقدامات زیر را که دارای اهمیت است انجام دهد:

۱. نگهداری صحیح منبع روشنایی؛

۲. تمیز کردن به موقع منبع روشنایی؛

۳. تعویض به موقع منبع روشنایی؛

۴. تعویض قطعات فرسوده.

ماده ۵۳- شرکت باید نسبت به محل و نحوه استقرار منبع روشنایی توجه نماید، زیرا محل نصب منبع و موقعیت قرارگیری آن نسبت به دیوارها، سقف و سطح کار از اهمیت بالایی برخوردار است، در ضمن کلیه عواملی که به عنوان مانع می‌توانند از انتشار روشنایی جلوگیری نمایند، در این مرحله باید مدنظر قرار گیرند.

ماده ۵۴- از آنجا که هر جا روشنایی تولید شود چشم‌زدگی نیز شاید به وجود آید. شرکت برای کنترل روشنایی باید همزمان چشم‌زدگی را نیز کنترل نماید. نوع نصب منبع و یا شدت روشنایی آن و یا انعکاس نور از محل و یا سطح کار می‌تواند در چشم‌زدگی نقش داشته باشد.

ماده ۵۵- شرکت باید نسبت به نصب منابع روشنایی بر روی دستگاه اقدام نماید. باید توجه شود که در برخی دستگاه‌ها که از حساسیت بیشتری برخوردارند، روشنایی کافی وجود داشته باشد.

ب) کنترل در مسیر انتشار:

اگر کنترل روشنایی در منبع میسر یا مؤثر نباشد، می‌توان آن را در مسیر انتشار کنترل کرد، یا انتقال و انتشار آن را طوری

انجام داد که روشنایی به اندازه کافی باشد و در ضمن چشم‌زدگی ایجاد ننماید. این روش مبتنی بر نوع پخش نور می‌باشد.

• **مجزا نمودن محل اصلی از سایر محل‌ها:**

ماده ۵۶- ضروری است شرکت توجه کند که دیوارکشی اطراف دستگاه باعث محدود شدن محیط و فضای آن از سایر دستگاه‌ها شده و در کنترل انتشار روشنایی نقش دارد. دیوارها باید تا سقف ادامه داشته و پوشش دیوارها و سقف متناسب با نیاز باشد.

• **جداسازی بخش‌های پرنور از سایر بخش‌های کارگاه:**

ماده ۵۷- ضروری است شرکت توجه کند که جداسازی قسمت‌های پرنور از سایر بخش‌های کارگاه با دیوارهای جداکننده تا سقف و استفاده از درب در بین این قسمت‌ها از مواجهه با روشنایی غیرضروری جلوگیری می‌کند.

• **کنترل روشنایی مبتنی بر جذب نور:**

ماده ۵۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در این روش از جذب‌های نور مناسب استفاده می‌شود تا مانع انعکاس نور گردد.

• **کنترل مبتنی بر ایزولاسیون روشنایی:**

ماده ۵۹- شرکت باید اطمینان حاصل کند که در این روش از موانع برای نور به گونه‌ای استفاده می‌شود که از انتقال نور از یک کارگاه به کارگاه دیگر، یا از یک قسمت کارگاه به قسمت دیگر و یا از یک بخش دستگاه به بخش دیگر جلوگیری می‌شود.

• **ایجاد پناهگاه برای شاغل:**

ماده ۶۰- شرکت باید اطمینان حاصل کند در جایی که نیاز مبرم و دائم به وجود شخصی در کنار منابع روشنایی نیست این روش می‌تواند به عنوان یکی از راه‌حل‌های مؤثر به کار رود.

پ) حفاظت کارکنان از طریق پناهگاه‌سازی نوری:

ایجاد پناهگاه یا محفظه‌سازی برای شاغلان یک روش معمول و مؤثر کنترل روشنایی است.

ماده ۶۱- اگر امکان اجرای موارد کنترل در منبع و یا مسیر انتشار نباشد و نیز برای دستیابی به نتیجه بهتر در مکان‌هایی که لزوم کنترل در مجاورت دستگاه محرز نیست، همچنین در مواردی که فرایند کار می‌تواند از فاصله دورتری هدایت گردد، ضروری است که شرکت ترتیبی اتخاذ کند تا از اتافک‌های کنترل استفاده گردد.

ماده ۶۲- شرکت باید اطمینان حاصل کند که طراحی پناهگاه باید به گونه‌ای باشد که کلیه لوازم و ابزار کنترل پروسه در آن پیش‌بینی شده و پنجره با شیشه مناسب باشد.

۶-۱-۲- حفاظت فردی

ماده ۶۳- شرکت باید بداند که حفاظت فردی آخرین راه برای کنترل روشنایی است و حفاظت فردی از چشم همواره به عنوان یک راه‌حل کمکی یا موقت توأم با موفقیت می‌باشد.

ماده ۶۴- حفاظت فردی ترجیحاً برای ساعاتی که شاغل با بیشترین شدت روشنایی مواجه است و یا در زمانی که سیستم‌های کنترل منابع روشنایی به طور موقت از کار افتاده‌اند، مجاز شمرده می‌شود.

ماده ۶۵- شرکت باید به مشکلاتی که مانع ادامه همکاری شاغل در طرح کنترل روشنایی ناشی از به‌کارگیری از وسایل حفاظت بینایی می‌گردد، توجه نماید. مهم‌ترین آنها، ایجاد عوارض پوستی در اطراف چشم، یا عوارض گرما و حساسیت در پوست می‌باشد.

ماده ۶۶- شرکت باید در انتخاب وسایل حفاظت فردی کمال دقت را معمول دارد.

ماده ۶۷- در انتخاب وسایل حفاظت فردی علاوه بر کیفیت و راحتی، شرکت باید دقت نماید که وسیله با شرایط روشنایی محیط تناسب کافی داشته باشد.

ماده ۶۸- در انتخاب وسایل حفاظت فردی، شرکت باید دقت نماید که جنس مواد به کار رفته برای وسیله حفاظت بینایی از نوعی باشد که ایجاد حساسیت در پوست ننماید.

ماده ۶۹- شرکت باید آموزش‌های لازم جهت استفاده مطلوب از وسایل حفاظت فردی را به کارکنان داده باشد و دوره‌های بازآموزی را برقرار نماید.

ماده ۷۰- شرکت می‌تواند از انواع حفاظ بینایی استاندارد استفاده نماید که شامل انواع عینک و ماسک می‌باشد.

ماده ۷۱- شرکت باید اطمینان حاصل کند که انتخاب حفاظ مناسب با مشخصات توزیع نور کارگاه در محدوده‌های شدت اندازه‌گیری شده هماهنگ باشد، به طوری که در محدوده‌های شدت موردنظر کارایی مطلوب را داشته باشد و متناسب با این شرایط از حفاظ استاندارد استفاده شود.

ماده ۷۲- باید توجه داشت که حفاظ بینایی، براساس مشخصات فنی خود در شدت‌های مختلف مقادیر متفاوتی را کاهش می‌دهد. این نوع حفاظ فقط قادر به کنترل شدت روشنایی منتشره از آن منبع خاص است.

ماده ۷۳- ضروری است توجه شود که نکته مهم در انتخاب حفاظ بینایی کیفیت آن است و در صورتی که مشخصه فنی کنترل بینایی در آنها اعلام و یا به تأیید مراجع رسمی نرسیده باشد ارزش حفاظتی ندارند.

تبصره ۲۲: باید توجه داشت که حفاظ بینایی یک جسم نرم سخت و در عین حال مؤثر در کنترل نور می‌باشد که مقابل چشم قرار می‌گیرد. نکته اساسی در استفاده از حفاظ‌های بینایی، رعایت بهداشت فردی و نحوه استفاده از آن می‌باشد و به طور مشترک با سایرین نباید مورد استفاده قرار گیرد.

ماده ۷۴- شرکت باید بداند که در صورت لزوم می‌توان از حفاظ توأم استفاده نمود. حفاظ توأم، استفاده همزمان از عینک و ماسک را گویند و استفاده از آن نتیجه مطلوب‌تری دارد.

ماده ۷۵- شرکت باید اطمینان حاصل کند برای هر موردی که حفاظ توصیه شده باشد، در انتخاب حفاظ بینایی موارد زیر رعایت می‌گردد:

۱. ارزیابی دقیقی از مواجهه شاغل با نور قبلاً انجام شده باشد؛

۲. شاغل با چه سطحی از خطر و چه محدوده‌هایی از شدت نور مواجهه دارد؛

۳. شدت کلی نور، طول زمان مواجهه روزانه و آنالیز شدت روشنایی در پست کاری شاغل به عنوان حداقل اطلاعات مورد نیاز است.

ماده ۷۶- ضروری است شرکت توجه کند که تشخیص قطعی کارایی حفاظ‌های بینایی از نظر افت انتقال شدت نور فقط با تست فنی میسر است، در غیر این صورت استاندارد بودن و داشتن جدول یا نمودار مشخصات فنی ضروری است.

ماده ۷۷- شرکت باید اطمینان حاصل کند که حفاظ علاوه بر داشتن شاخص مناسب افت کلی انتقال شدت نور، کارایی کافی برای کاهش شدت نور را که در آنالیز روشنایی مشخص شده داشته باشد.

ماده ۷۸- شرکت باید اطمینان حاصل کند که برای کاربرد مؤثر حفاظ به شدت نوری که بیشترین مواجهه شاغلان با آنها است، توجه می‌شود.

تبصره ۲۳: باید توجه داشت که از دو روش محاسباتی ذیل برای ارزیابی کیفی حفاظ‌های بینایی می‌توان استفاده کرد و در آن صورت شرکت می‌تواند تصمیم بگیرد که حفاظ بینایی قابلیت لازم را با توجه به ارزیابی مواجهه شاغلان دارد یا خیر.

۱. روش محاسبات؛

۲. روش نسبت کاهش شدت روشنایی.

ماده ۷۹- ضروری است به این موضوع توجه شود که راه منطقی و مطمئن برای آزمون کارایی یک حفاظ بینایی، آزمایش آن در شرایط محیط کار است.

تبصره ۲۴: باید توجه داشت که راه ساده برای تست حفاظ بینایی در محل کار این است که در محل کار شاغل، ابتدا شدت کلی روشنایی اندازه‌گیری شود و در همانجا مجدداً با حفاظ بینایی، سنسور نورسنج را احاطه نمایند. تفاضل اندازه‌گیری در این دو حالت برآوردی از کارایی حفاظ خواهد بود.