

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم پزشکی همدان
دانشکده بهداشت

کارگاه آموزشی ارزیابی روشنایی در محیط کار

مترجم

بهنام کلمتمندی

عضو هیات علمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان



گفتار اول:

- مقدمه
- اهمیت موضوع



سیستم روشنایی مطلوب:

ویژگیهای روشنایی مطلوب صرفاً نظر از منبع تأمین آن در موارد زیر خلاصه می‌گردد.

- شدت روشنایی کافی (عمومی و موضعی)
- رنگ‌دهی مناسب (تناسب طول موج و فرکانس)
- عدم وجود سایه روشن
- عدم وجود سطوح انعکاس دهنده مزاحم
- عدم قرارگیری منابع روشنایی در دید مستقیم کارگر
- انعکاس مناسب سطوح داخلی بمنظور توزیع روشنایی



• پیامدهای کار در تحت سیستم روشنایی نامطلوب:

- خستگی چشم
- اشکال در تطابق و دید اشیاء و رنگها
- کاهش بهره‌وری
- خیرگی
- افزایش حوادث
- بیماری چشمی
- عوارض روانی



آیا سیستم روشنایی کارگاه از نظر بهداشتی مطلوب است؟

۱- روشنایی مطلوب:

واجد تمام معیارهای مطلوبیت

۲- روشنایی معیوب:

واجد برخی از معیارهای مطلوبیت و قلیل اصلاح

۳- روشنایی نامطلوب:

واجد برخی از معیارهای مطلوبیت و غیر قلیل اصلاح
نیاز به طراحی مجدد دارد



آمار چه می‌گوید؟

بررسی انجام شده توسط مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت، بر روی کارگاههای بالای ۱۰ نفر کارگر نشان داد که:

۱۱۸٪ کارگاهها دارای شدت روشنایی کمتر از معیار استاندارد

۱۶٪ کارگران در معرض روشنایی ناکافی قرار دارند



ارزیابی روشنایی داخلی کارگاههای بالای ۲۰ نفر کارگر

در ۵ منطقه صنعتی کشور

همدان، مشهد، قزوین، آمل، تنکابن



روشن کار

در این مطالعات، در کلیه کارخانجات مورد بررسی کارگاههای اصلی از نظر پارامترهای مهم مطلوبیت روشنایی شامل شدت روشنایی عمومی (برابر الگوی IES) وضعیت طراحی روشنایی، نوع چراغها، چیدمان چراغها و وضعیت نگهداری سیستم روشنایی و چراغها مورد بررسی قرار گرفته است. اندازه گیری روشنایی در ساعاتی انجام شده است که اثر مداخله روشنایی روز در حداقل ممکن بوده است. محدوده مطالعه شامل ۲۶۷ کارگاه صنعتی بوده است که در آنها تعداد ۱۵۹۷۶ نفر کارگر مشغول کار بوده اند.



تعیین شرایط مطلوبیت روشنایی

برای تشخیص شرایط مطلوبیت شدت روشنایی ۵ پارامتر در نظر گرفته شده است:

۱. کافی بودن شدت روشنایی مطابق استاندارد مربوطه
۲. طراحی صحیح سیستم روشنایی
۳. عدم وجود سایه روشن در کارگاه
۴. رنگ دهی مناسب منابع روشنایی
۵. عدم ایجاد خیرگی توسط منابع یا سطوح

کافی بودن:

کافی بودن شدت روشنایی به معنی مطابقت متوسط شدت روشنایی عمومی کارگاه (که طبق الگوی IES اندازه گیری شده) با معیار کشوری "حداقل" است.



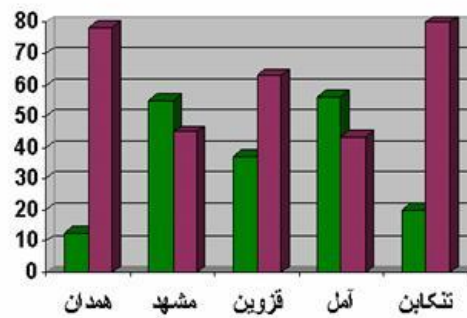
نتایج

جدول شماره ۱- کمیات مهم روشنایی داخلی در کارگاههای مورد مطالعه

وضعیت روشنایی کارگاهها	شدت روشنایی موجود (lux)	شدت روشنایی استاندارد (lux)	شدت روشنایی حداکثر (lux)	شدت روشنایی حداقل (lux)	ارتفاع نصب چراغها (m)	ضریب انعکاس سقف	ضریب انعکاس دیوار	ضریب انعکاس کف		
									mean	sd
همدان	۸۷/۷۶	۱۷۸/۱۹	۱۷۸/۶۵	۲۵/۰۶	۴/۲۸	۰/۵	۰/۴۵	۰/۱۹	mean	
	۸۱/۶۲	۶۷/۵۴	۱۵۴/۲۹	۲۷/۵۴	۱/۱۵	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۱	sd	
مشهد	۱۸۴/۱۵	۱۹۵/۵	-	-	۳/۵	۰/۷۱	۰/۵۴	۰/۳	mean	
	۶۴	۹۸/۸	-	-	۱/۵	۰/۰۷	۰/۲۲	۰/۲۳	sd	
قزوین	۱۴۵/۹۲	۱۸۷/۴۷	۱۹۴/۸۷	۳۴/۸۶	-	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۱۹	mean	
	۹۵/۲۳	۸۲/۴۵	۷۲/۴۳	۱۵/۶	-	۰/۱۶	۰/۲	۰/۱	sd	
آمل	۲۸۷/۸۹	۳۰۷/۸۱	۶۱۰/۷۸	۱۰۴/۳۷	-	۰/۴۵	۰/۲۸	۰/۱۴	mean	
	۱۶۶/۴۴	۳۲۸	۷۶۲/۷۷	۷۰/۴۸	-	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۰۹	sd	
تنکابن	۱۸۵	۲۴۳	-	-	۴/۴۲	۰/۷۲	۰/۶۲	۰/۳	mean	
	۳۷	۵۴/۴	-	-	۱/۳۲	۰/۰۳	۰/۱۸	۰/۲	sd	



نتایج (ادامه)

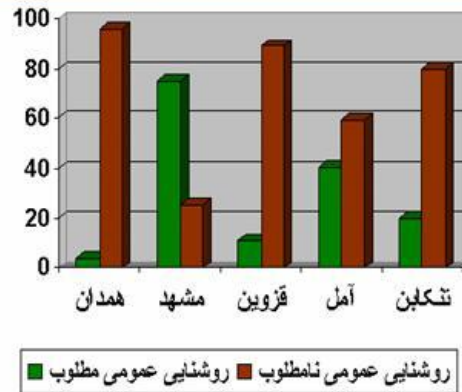


■ روشنایی عمومی کمتر از استاندارد ■ روشنایی عمومی مطابق استاندارد

شکل ۱- نمودار مقایسه ای روشنایی عمومی در کارگاههای شهرهای مورد مطالعه از نظر درصد کافی بودن



نتایج (ادامه)

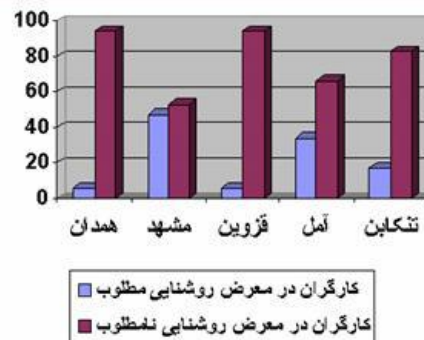


شکل ۲- نمودار مقایسه ای روشنایی عمومی در کارگاههای شهرهای مورد مطالعه از نظر درصد مطلوبیت



نتایج (ادامه)

از مجموع ۲۶۷ کارگاه مورد بررسی با جمعیت کارگری ۱۵۹۷۶ نفر، تنها ۴۸۲۹ نفر معادل ۲۰/۲٪ در محیطهای کاری یا روشنایی مطلوب مشغول کار بودند.



شکل ۳- نمودار مقایسه ای روشنایی عمومی در کارگاههای شهرهای مورد مطالعه (درصد)



نتایج (ادامه)

جدول شماره ۲- توزیع کارگاه‌های مورد مطالعه بر حسب مطلوبیت روشنایی عمومی

مطلوبیت روشنایی شدت روشنایی	مطلوب	نامطلوب	جمع
کافی (مطابق استاندارد)	۴۴	۳۱	۷۵
ناکافی (کمتر از استاندارد)	-	۱۹۲	۱۹۲
جمع	۴۴	۲۲۳	۲۶۷

بینایی و روشنایی

چشم انسان دارای ۱۲۵ میلیون سلول میله‌ای برای دید در شب و ۷ میلیون سلول مخروطی برای دید در روز است.

محدوده تشخیص طول موج برای چشم انسان ۳۸۰-۷۷۰ نانومتر است. خارج از این محدوده فرابنفش و فروسرخ نامیده شده است.

بیشترین حساسیت چشم برای نور روز در طول موج ۵۵۵ و شب ۵۰۴ نانومتر است. حدود ۸٪ مردان و ۰٫۵٪ زنان قادر به درک بخشی از طیف نیستند و حدود ۰٫۰۰۳٪ نیز کوررنگ کامل هستند.

نقایص انکساری شایع شامل دوربینی، نزدیکبینی و آستگماتیسم و بیماری‌های شایع شامل کاتاراکت و گلوکوم بر روی دید تأثیر نامطلوب دارد.

با افزایش سن دید دچار محدودیت می‌شود.



عوامل مؤثر بر دیدن:

علاوه بر سلامتی چشم و مواردی که در خصوص روشنایی مطلوب گفته شد عوامل زیر در روئیت اشیاء و تصاویر نقش اساسی دارند:

۱- اندازه شیء یا تصویر

۲- تباین

۳- طول زمان روئیت

۴- شدت روشنایی

۵- انعکاس سطوح

۶- طول موج نور یا طیف بازتابی

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

$$C = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1}$$



گفتار دوم

مبانی علمی نور و روشنایی



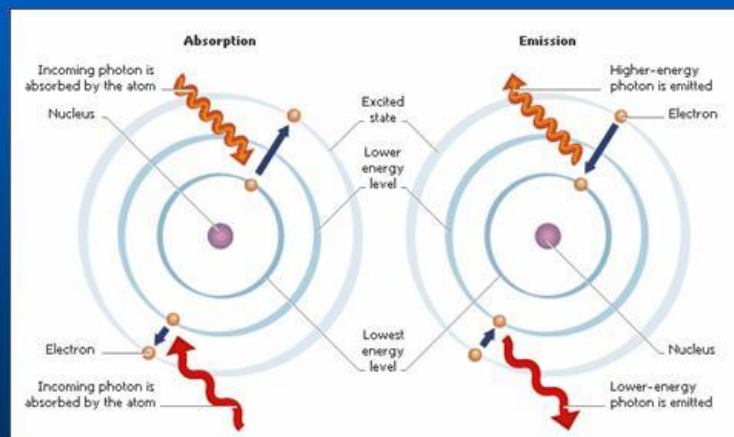
ماهیت نور

• عمده‌ترین تعاریف و تئوریها برای بیان ماهیت نور به قرار زیر است:

- تئوری ذره‌ای Cpuscular Theory
- تئوری موجی Wave Theory
- تئوری امواج الکترومغناطیس Electromagnetic Theory
- تئوری کوانتوم Quantum Theory
- تئوری مکانیک موجی Wave Mechanic Theory



نحوه تولید نور در اتمها





طیف نور مرئی

مادون قرمز (قرمز - زرد - سبز - آبی - بنفش) ماورای بنفش

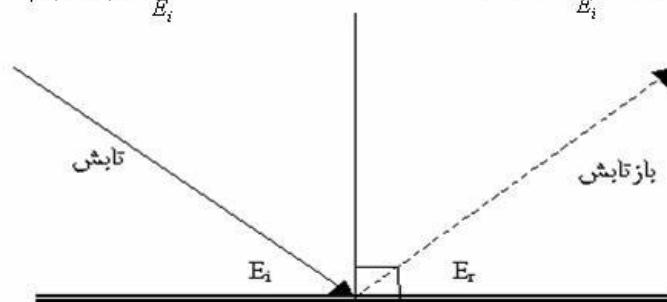
(۳۸۰-۴۰۰-۵۰۰-۶۰۰-۷۰۰-۷۸۰)



بازتابش نور از روی سطوح و ضریب انعکاس

$$\rho(\text{ratio}) = \frac{E_r}{E_i}$$

$$\rho(\%) = \frac{E_r}{E_i} \times 100$$





ضریب انعکاس برخی مصالح

ضریب بازتابش $\rho(\%)$	نوع مصالح
۸۰-۹۹	آینه
۷۵-۹۵	آلومینیوم پرداخت شده آندی
۷۰-۸۰	آلومینیوم پرداخت شده
۶۰-۶۵	روکش کروم
۵۵-۶۵	فولاد ضد زنگ
۳۵-۶۵	سنگ آهک
۸۰	سنگ مرمر سفید
۸۰	گچ خشک تازه
۶۵	گچ خشک کهنه
۲۰-۴۵	سیمان پرتلند
۱۰-۲۵	آجر
۸۰	کاشی سفید



ضریب انعکاس برخی رنگها

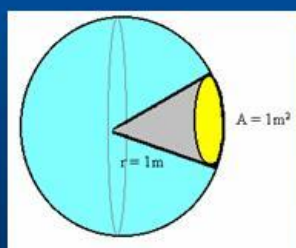
ضریب بازتابش $\rho(\%)$	رنگ
۰/۸۰	سفید
۰/۶۵	زرد
۰/۵۰	صورتی روشن
۰/۴۵	آبی روشن
۰/۴۰	قرمز روشن
۰/۱۵	سبز تیره
۰/۱۵	قهوه‌ای تیره
۰/۰۵	سیاه

کمیات اندازه گیری روشنایی

کمیات روشنایی

۱- شار نوری منبع:

- شار نوری منبع یا توان نوری منبع عبارتست از توان نوری ساطع شده از منبع نورانی که با واحد لومن lm بیان می‌گردد و با \oplus نشان داده می‌شود.
- یک لومن شار نوری ساطع شده از یک شمع استاندارد در یک استرادیان (زاویه فضایی) است.





۲- شدت نور منبع:

شدت نور منبع، با نماد I شدت نور منبع با واحد شمع استاندارد یا کندلا cd بیان می‌گردد. بطور عملی یک کندلا، شدت نور ناشی از یک منبع نورانی با سطح m^2 یا cm^2 از جسم سیاه در درجه انجماد پلاتین ($2045^{\circ}k$) در فشار یک اتمسفر ($101325 Pa$) است. شدت تابش نور از این منبع را به عنوان شمع استاندارد می‌گیرند. شار عبوری از سطح کره در هر زاویه فضایی حائز اهمیت است. سطح کره با شعاع واحد به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S = 4\pi r^2 = 4 \times 3.14 \times 1^2 = 12.57$$

لذا می‌توان گفت انتشار نور ناشی از یک منبع نقطه‌ای با شدت یک کندلا، که بصورت فضایی تابش روشنایی دارد، در هر زاویه فضایی یک لومن شار نورانی منتشر می‌کند

$$I(cd) = \frac{\phi(lm)}{A(m^2)}$$

$$I(cd) = \frac{\phi(lm)}{12.57}$$

$$\phi(lm) = I(cd) \times 12.57$$



۳- شدت روشنایی (E):

شدت روشنایی با نماد E ، عبارتست از میزان شار نورانی دریافت شده توسط یک سطح معین می‌باشد، واحدهای آن فوت کندل fc و لوکس lux می‌باشد. واحد بین‌المللی شدت روشنایی لوکس lux است.

فوت کندل:

شدت روشنایی است که از یک شمع استاندارد (یک کندلا) در فاصله یک فوتی توسط یک فوت مربعی دریافت شود، یا بر آن سطح تابیده شود.

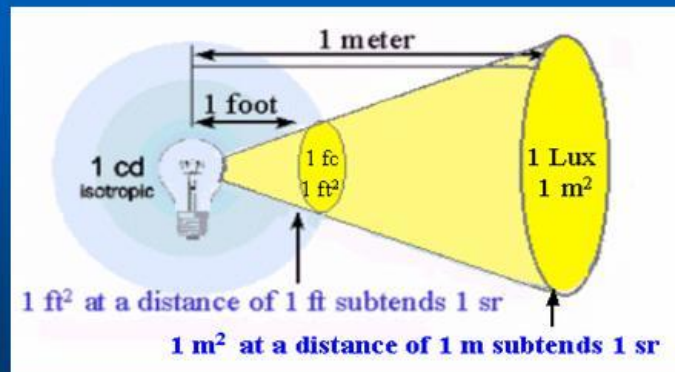
لوکس:

شدت روشنایی است که از یک شمع استاندارد در فاصله یک متری توسط سطح یک متر مربعی دریافت می‌شود یا بر آن سطح تابیده شود

$$fc = 11 lx$$



قانون عکس مجذور فاصله



استانداردهای شدت روشنایی

در محیط‌های مسکونی، تجاری، عمومی و صنعتی برای آسایش افراد، شدت روشنایی در جداول مخصوصی بیان گردیده است.

برای محیط‌های کاری مسقف و کار معمولی ۳۰۰-۲۰۰ لوکس و برای کار دقیق ۵۰۰-۳۰۰ لوکس لازم است. هر چه دقت کار بیشتر باشد شدت روشنایی بیشتری لازم است بطوری که برای اتاق عمل روی میز جراحی ۸۰۰ لوکس پیشنهاد شده است. حداقل شدت روشنایی قابل قبول ۵۰ لوکس است



۴- درخشندگی یا چگالی نور (L)

مقدار روشنایی است که از یک سطح یا از یک منبع روشنایی به ساطع می‌گردد. به عبارت دیگر این کمیت بیان کننده چگالی نور در منبع تولید یا در روی سطوح بازتابشی است. واحد اصلی این معیار cd/m^2 یا nit است

برای رویت اشیاء و تشخیص در حد تاریکی و روشنی باید حداقل 0.1 cd/m^2 درخشندگی موجود باشد. در درخشندگی بالاتر تا 3 cd/m^2 تشخیص رنگ به سختی امکان پذیر است و در درخشندگی بالاتر از 3 cd/m^2 دید رنگها آسان می‌شود. درخشندگی بالاتر از 100 cd/m^2 ممکن است چشم را دچار خستگی نمایند یا سبب آزار ناظر گردد.



مثلهایی از درخشندگی منابع

درخشندگی خورشید در هنگام ظهر = $2 \times 10^9 \text{ nit}$

درخشندگی آسمان بدون خورشید = $4 \times 10^3 \text{ nit}$

درخشندگی آسمان در شب = 10^{-4} nit

درخشندگی لامپ رشته ای ۱۰۰ وات = $5 \times 10^5 \text{ nit}$

درخشندگی لامپ رشته ای ۱۰۰ وات مات = $8 \times 10^4 \text{ nit}$



رابطه مهم بین درخشندگی، شدت روشنایی و ضریب انعکاس سطوح

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$$



۵- ضریب بهره نوری (η)

این ضریب اختصاصاً برای منابع الکتریکی در نظر گرفته می‌شود و نسبت بین توان نوری منبع به توان الکتریکی آن است، واحد این ضریب لومن بر وات است.

$$\eta \left(\frac{lm}{w} \right) = \frac{\phi (lm)}{p (w)}$$



۶- ضریب بهره الکتریکی (η_e)

برای معین کردن میزان تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی نورانی نسبت به صد درصد یک لامپ ایده آل از ضریب بهره الکتریکی استفاده می‌شود. در این تعریف ضریب بهره نوری لامپ ایده آل ۶۸۰ لومن بر وات در نظر گرفته می‌شود.

$$\eta_e = \frac{\phi}{w} \times 100 = \frac{\phi \times 100}{680 \times w} = \frac{\phi}{6.8w}$$



ضریب بهره نوری و الکتریکی لامپهای متداول

نوع لامپ	ضریب بهره نوری (lm/w)	ضریب بهره الکتریکی (%)
رشته‌ای التهابی	۱۴-۱۶	۲/۰۶-۲/۳۵
هالوژنه	۲۸-۳۰	۴/۱۲-۴/۴۱
فلورسنت	۶۰	۸/۸۲
گازی جیوه‌ای پرفشار	۵۵-۶۵	۸/۰۹-۹/۵۵
گازی سدیمی پرفشار	۹۰-۱۱۰	۱۳/۲۴-۱۶/۱۸



قوانین تابش نور :

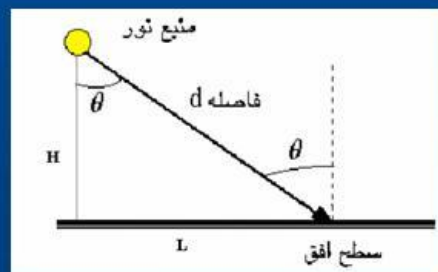
۱- در صورتی که منابع روشنایی محدود نشده باشند می‌توانند در تمام جهات تابش داشته باشند و هر ناظر چه از منبع روشنایی دورتر باشد شدت روشنایی کاهش پیدا می‌کند. در ارتباط با تغییرات شدت روشنایی به نسبت فاصله ، قانون عکس مجذور فاصله صادق می‌باشد. رابطه زیر برای هر فاصله r از منبع نقطه ای صادق است:

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



قوانین تابش نور :

۲- در صورتی که تابش روشنایی روی سطوح افقی در نقاطی مد نظر باشد که تابش با زاویه نسبت به خط عمود بر سطح انجام گردد، در این صورت شدت روشنایی در هر نقطه روی سطح افق تابع شدت نور منبع، فاصله مؤثر منبع تا نقطه مورد نظر و کسینوس زاویه تابش نسبت به خط عمود بر سطح خواهد بود:



$$E = \frac{I}{d^2} \cos \theta$$

$$E = \frac{I}{H^2} \cos^3 \theta$$

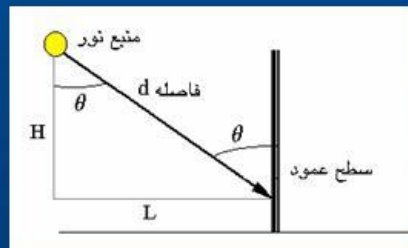
$$\cos \theta = \frac{H}{d} \quad \theta = \arccos \frac{H}{d}$$

$$d = \frac{H}{\cos \theta}$$



قوانین تابش نور :

۳- اگر تابش روشنایی روی سطوح قائم در نقاطی مد نظر باشد که تابش با زاویه نسبت به خط عمود بر سطح انجام گردد، در این صورت شدت روشنایی در هر نقطه روی سطح افق تابع شدت نور منبع، فاصله مؤثر منبع تا نقطه مورد نظر و سینوس زاویه تابش نسبت به سطح قائم خواهد بود.



$$E = \frac{I}{d^2} \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{L}{d}$$

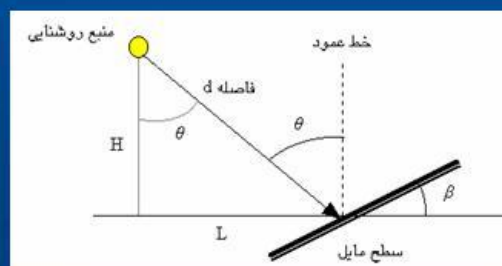
$$\theta = \arcsin \frac{L}{d}$$

$$d = \frac{L}{\sin \theta}$$



قوانین تابش نور :

۴- تابش نور از یک منبع نقطه‌ای روی یک سطح شیب‌دار، ترکیبی از دو حالت قبل است. در این حالت شدت روشنایی روی این سطح وابسته به زاویه تابش θ و زاویه شیب سطح نسبت به خط افق β دارد.



$$\theta = \arccos \frac{H}{d}$$

$$d = \frac{H}{\cos \theta}$$

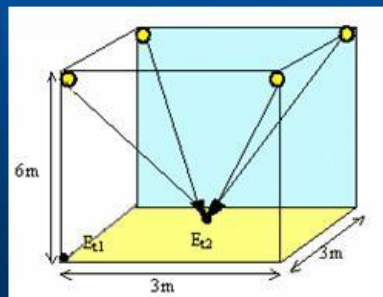
$$E = \frac{I}{d^2} \cos(\theta - \beta)$$

$$\cos \theta = \frac{H}{d}$$



قوانین تابش نور :

۵- در محیطهایی که بیش از یک منبع روشنایی دارند، شدت روشنایی روی سطوح در هر نقطه بدون در نظر گرفتن بازتابش سطوح، حاصل جمع شدت روشنایی نسبی حاصل از هر منبع نوری خواهد بود:



گفتار چهارم:

منابع تامین روشنایی



سیستم‌های تامین روشنایی:

- تامین روشنایی با بکارگیری منابع طبیعی یا مصنوعی انجام می‌گردد.
- اولویت با منبع طبیعی خورشید است اما کار در مکانهایی با عمق زیاد و با در ساعات نامناسب امکان استفاده از روشنایی خورشید را محدود و گاه غیرممکن می‌نماید لذا می‌توان به روشهای فنی و با استفاده از اصول طراحی فنی با استفاده از منابع الکتریکی روشنایی کافی و مطلوبی را تامین نمود.



مشخصه های اصلی لامپ ها:

- ۱- شار نورانی برحسب لومن
- ۲- ضریب بهره نوری
- ۳- عمر لامپ- که براساس هزار ساعت کارکرد تعیین می شود البته عمر براساس حداقل انتظار شار نوری و یا درصدی از لامپهای سوخته اعلام می شود و یا عمر لامپ ها که ۵۰٪ از آنها سوخته باشد.
- ۴- درخشندگی لامپ - لامپ هایی که در ارتفاع کم قرار می گیرند باید درخشندگی پائینی داشته باشند.
- ۵- رنگ دهی لامپ: رنگ دهی بیان کننده امکان دید تفکیکی رنگها در زیر نور یک منبع نسبت به نور خورشید است. نور خورشید رنگ دهی ۱۰۰٪ دارد.



انواع لامپ:

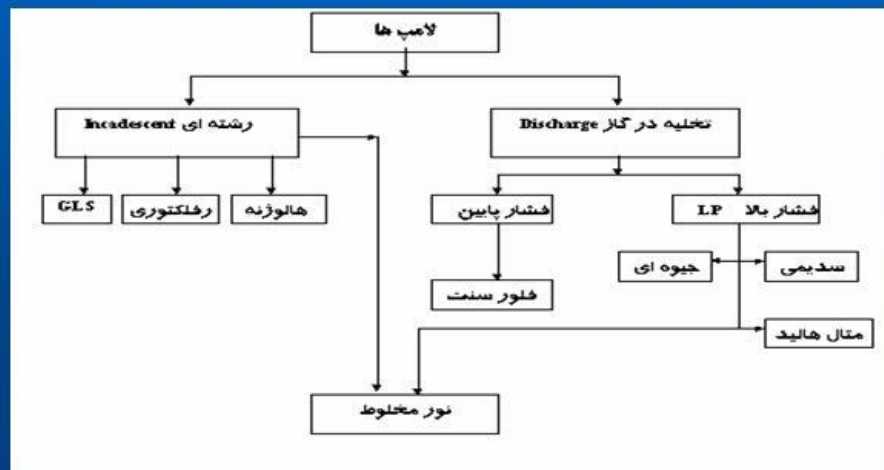
لامپ ها را بطور کلی به دو دسته تقسیم می کنند:

۱- لامپ های رشته ای incandescent lamp

۲- لامپ های تخلیه در گاز discharge lamp



زیر گروه های لامپ





خصوصیات چراغها:

خصوصیات فنی چراغها برای انتخاب آنها متناسب با مکان مورد استفاده، طرای اهمیت زیادی است. مسئولیت انتخاب بهترین چراغ همواره با طراح روشنایی است. مهمترین خصوصیات فنی که در طراحی روشنایی مدنظر است، شامل موارد زیر می‌باشد:

- مشخصات شرکت سازنده و شماره مدل
- ابعاد و وزن
- مشخصات و مواد پایه، قاب و فلکتوردر
- استاندارد ساخت
- ولتاژ چراغ
- نوع و مشخصات لامپ
- خصوصیات ترانس و طول عمر آن
- حداکثر دمای محیط برای عملکرد
- توان الکتریکی لامپ و ترانس
- درجه حفاظت
- وضعیت تبویه برای تبادل حرارت با محیط
- زاویه مناسب نصب (برای چراغهای معاینه)
- محدودیتها یا ویژگیهای خاص
- تراز فنشاز صوت
- نحوه نگهداری و تعمیرات
- مشخصات مربوط به منحنی قطبی با توجه با هدف استفاده



درجه حفاظت چراغ:

دومین رقم بعد از IP	درجه حفاظت
۰	حفاظت نشده
۱	حفاظت در مقابل قطرات آب ناشی از رطوبت هوا که به صورت عمودی و محفظه چراغ برخورد می‌کند.
۲	حفاظت در مقابل چکه‌های قطرات آب در صورتی که چراغ حداکثر زاویه ۱۵ درجه یا محور تکم باشد.
۳	حفاظت در مقابل بارش باران در صورتی که حداکثر تحت زاویه ۶۰ درجه یا محور تکم باشد.
۴	حفاظت در مقابل ترشح آب از هر سمت.
۵	حفاظت در مقابل فوران آب از طریق یک اشعه از هر سمت.
۶	حفاظت در مقابل ورود آب درازن به داخل محفظه.
۷	حفاظت کامل در مقابل ورود آب به داخل محفظه در شرایط غوطه وری در آب به مدت مشخص و تحت فشار مشخصی.
۸	حفاظت در مقابل ورود آب به داخل محفظه در شرایط غوطه وری در آب و صورت دائم و تحت فشار مشخصی.

اولین رقم بعد از IP	درجه حفاظت
۰	حفاظت نشده
۱	حفاظت در مقابل اشیا سلب خارجی یا قطر بیش از ۵۰ میلی‌متر.
۲	حفاظت در مقابل اشیا سلب خارجی یا قطر بیش از ۱۲ میلی‌متر.
۳	حفاظت در مقابل سیم و ابزار آتش یا قطر یا ضخامت بیش از ۲.۵ میلی‌متر.
۴	حفاظت در مقابل اجسام سلب یا قطر بیش از ۲.۵ میلی‌متر.
۴	حفاظت در مقابل سیمهای یا ضخامت بیش از یک میلی‌متر.
۴	حفاظت در مقابل اجسام سلب خارجی یا قطر بیش از یک میلی‌متر.
۵	حفاظت در مقابل ورود گرد و غبار به داخل چراغ تا حدی که منبع کار عالی آن نشود.
۶	حفاظت کامل در مقابل ورود گرد و غبار.



ضریب بهره روشنایی چراغ:

به دلایل مختلف تمام شار نوری تولید شده توسط چراغ به محل استفاده تابش نمی‌کند. ضریب بهره روشنایی چراغ CU بیان کننده نسبتی است از شار نوری عملی چراغ به شار نامی آن. عوامل متعددی روی بهره روشنایی چراغ مؤثر هستند:

خصوصیات فنی و جنس چراغ، جذب نور در داخل کاسه چراغ، ضریب انعکاس سطوح مکان کلربرد چراغ، ارتفاع طراحی مهمترین آنها هستند.

به طور عملیاتی این ضریب هرگز به یک نمی‌رسد.



گفتار پنجم:

اصول مهم در طراحی و نگهداری
سیستم روشنایی طبیعی



اصول طراحی روشنایی طبیعی

۱. طراحی بنا باید به گونه‌ای باشد که پنجره‌های اصلی در سمت جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی قرار گیرند.
۲. در صورتی که امکان طراحی پنجره در سمت جنوب نباشد بایستی از پنجره‌های سقفی که به صورت قائم نصب شده باشند کمک گرفت. نصب پنجره‌های سقفی افقی مشکلات زیادی را از نظر ایمنی و هدایت تابش مستقیم خورشید که مشکلات متعددی ایجاد می‌کند، در پی خواهد داشت.
۳. ترتیبی اتخاذ گردد که عمق فضا (فاصله پنجره از ضلع مقابل) به حداقل ممکن کاهش یابد. در صورت لزوم پنجره‌های قائم سقفی می‌تواند مفید باشد.
۴. پوشش سطوح داخلی باید دارای رنگ و ضریب انعکاس مناسب برای توزیع بهتر روشنایی باشند. در این توصیه برای کف سطوحی با ضریب انعکاس $0/3$ و برای دیوارها $0/5$ و سقف $0/7$ پیشنهاد می‌گردد. لازم است که همواره نظافت دیوارها و کف جزء برنامه های دوره‌ای محیط مورد نظر باشد.
۵. کلبه دستگاہها و تجهیزات و لوازم باید دارای پوشش رنگ ملایم با ضریب انعکاس حدود $0/5$ بوده و دائماً نظافت گردند.



اصول طراحی روشنایی طبیعی (ادامه)

۶. استفاده از دستگاہها، ابزارها یا وجود سطوح براق به دلیل بازتابش شدید نور و ایجاد خیرگی مجاز نیست.
۷. پنجره‌ها باید تا نزدیکی سقف ادامه داشته باشند زیرا پنجره‌ها زمانی بازدهی بیشتری دارند که به سقف نزدیکتر باشند.
۸. مساحت پنجره‌ها باید برای نورگیری مکان کافی باشد. نسبت مساحت پنجره به مساحت اتاق بسته به نیاز و میزان دقت و ظرافت کار بین 5 تا 30 درصد تعیین می‌شود.
۹. ارزش پنجره‌های شمالی یک سوم پنجره‌های جنوبی و ارزش پنجره‌های شرقی و غربی نصف آنها است.
۱۰. وجود مانع، سایبان، پرده و کتیفی شیشه‌ها می‌تواند تا حدود زیادی بازدهی پنجره‌ها را کاهش دهد.
۱۱. مجاورت درخت و بوته های بلند میزان نورگیری پنجره را کاهش می‌دهد.
۱۲. شفافیت شیشه ها و تمیزی آنها در نورگیری نقش مهمی دارد.
۱۳. استفاده از شیشه مات خصوصاً در پنجره‌های بلند برای جلوگیری از تابش نور با درخشندگی بالا روی سطوح داخلی توصیه می‌گردد.
۱۴. برای روزهای ابری و ساعات اول و آخر روز بایستی روشنایی مصنوعی نیز بطور مکمل پیش‌بینی گردد.



گفتار ششم:

اصول مهم در طراحی و نگهداری سیستم روشنایی مصنوعی



سیستمهای تامین روشنایی مصنوعی

- ۱- طراحی روشنایی داخلی
- ۲- طراحی روشنایی محوطه ای
- ۳- طراحی روشنایی جاده ای
- ۴- طراحی روشنایی خاص و تبلیغاتی

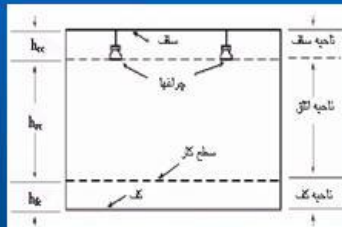


سیستم های پخش روشنایی

نوع روشنایی	نسبت پخش نور به پائین	ضریب بهره نوری روشنایی روی کار
مستقیم	٪۹۰-۱۰۰	۰/۴۵-۰/۶۰
نیمه مستقیم	٪۶۰-۹۰	۰/۴۵-۰/۵۵
پخش یکنواخت	٪۴۰-۶۰	۰/۳۵-۰/۵
مستقیم غیرمستقیم	٪۴۰-۶۰	۰/۳۵-۰/۴۵
نیمه غیرمستقیم	٪۱۰-۴۰	۰/۲۵-۰/۳۵
غیر مستقیم	٪۰-۱۰	۰/۱۵-۰/۲



مراحل طراحی روشنایی داخلی مصنوعی



$$RCR = \frac{5h_{cc}(L+W)}{LW}$$

$$TLLF = TF \times VF \times RSDD \times LDD \times LLD \times (1-LBF) \times LSD \times BF$$

۱. انتخاب سیستم روشنایی
۲. انتخاب لامپ و چراغ
۳. تعیین متوسط شدت روشنایی مورد نیاز E_{avg}
۴. تعیین ارتفاع طراحی و محاسبه نسبت فضا
۵. محاسبات و تعیین ضرایب انعکاس سطوح داخلی و ضرایب مؤثر آنها
۶. تعیین ضریب بهره روشنایی سیستم CU
۷. تعیین ضریب مجموع افت روشنایی TLLF

۸. محاسبه توان نوری کل مورد نیاز

۹. محاسبه تعداد چراغ مورد نیاز

۱۰. چیدمان چراغها

۱۱. کنترل محاسبات

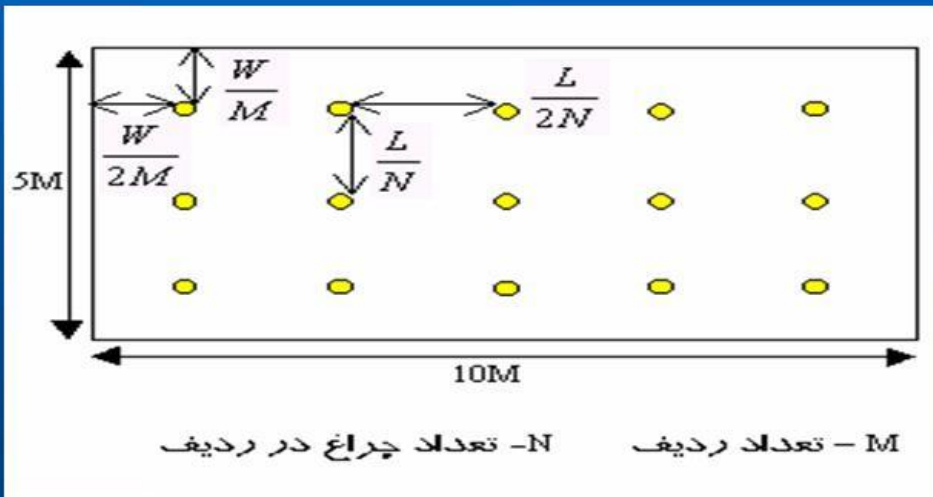
۱۲. ترسیم نقشه ها

$$\phi_1 = \frac{E_{av} \times A}{CU \times TLLF}$$

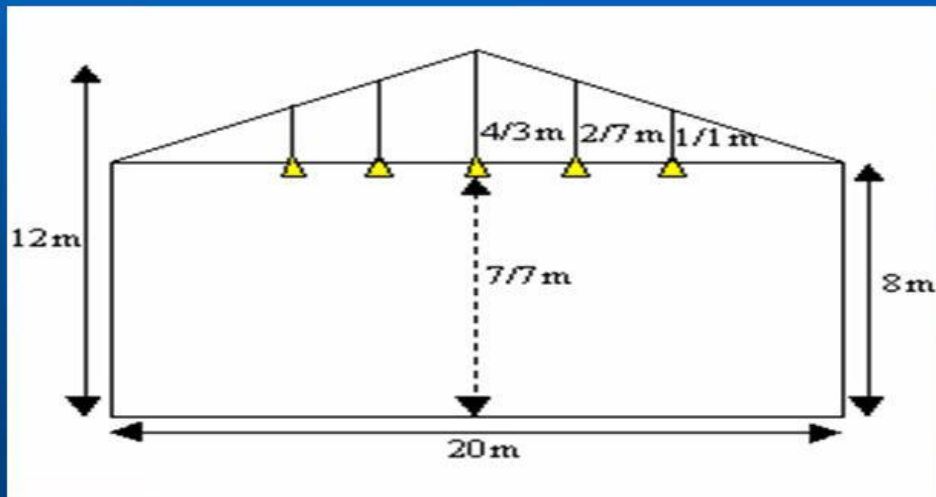
$$n = \frac{\phi_1}{\phi_1}$$



نحوه چیدمان چراغها



نحوه نصب چراغها





جدول خلاصه محاسبات طراحی

ردیف	وضعیت کارگاه	مقادیر	ردیف	ملاحظات ویژه	مشخصات مهم	نوع فعالیت: انبار	
						سیستم روشنایی مورد نیاز: مستقیم	کد طرح
۱	طول کارگاه m	۹۰	۱۶	رنگ دهی (%)	۶۵	مقادیر	
۲	عرض m	۳۰	۱۷	صبر لامپ (هزار ساعت)	۲۴	مقادیر	
۳	مساحت m ²	۲۷۰۰	۱۸	توان الکتریکی چراغ W	۲۵۰	مقادیر	
۴	ارتفاع جانی m	۸	۱۹	توان نوری چراغ (lumen)	۱۵۰۰۰	مقادیر	
۵	ارتفاع تاج (حداکثر) m	۱۰	۲۰	شدت روشنایی مورد نیاز (lux)	۲۰۰	مقادیر	
۶	ارتفاع سطح کار m	-	۲۱	ضریب نگهداری چراغ TLLF	۰.۶۹۳	مقادیر	
۷	ارتفاع نصب چراغ از سطح کار (ارتفاع طراحی) m	۷.۴	۲۲	ضریب بهره نوری سیستم روشنایی CU	۰.۷۷۴	مقادیر	
۸	ارتفاع آویز چراغ m	۲۵۰.۰۶	۲۳	ضریب بهره اصلاح شده سیستم روشنایی	۰.۶۹۷	مقادیر	
۹	متوسط ضریب انعکاس سقف	۰.۶۴	۲۴	توان نوری مجموع مورد نیاز سیستم lm	۱۱۱۷۱۶	مقادیر	
۱۰	ضریب انعکاس مؤثر سقف	۰.۶۶	۲۵	تعداد چراغ مورد نیاز	۷۵	مقادیر	
۱۱	متوسط ضریب انعکاس دیوار	۰.۵	۲۶	فاصله مجاز چراغها m	۱.۷۱	مقادیر	
۱۲	متوسط ضریب انعکاس کف	۰.۲	۲۷	فاصله چراغها در عرض بنا m	۶	مقادیر	
۱۳	ضریب انعکاس مؤثر کف	-	۲۸	فاصله چراغها در طول بنا m	۶	مقادیر	
۱۴	RCR محاسبه شده	۱.۶۴	۲۹	شدت روشنایی هنگام اجرا lux	۲۹۰	مقادیر	
۱۵	نوع و شماره چراغ: گازی جیبهای	۱۶	۳۰	شدت روشنایی در نتیجه صبر لامپ lux	۲۰۱	مقادیر	



جدول محاسبات هزینه

ردیف	نوع فعالیت: انبار	ملاحظات ویژه	مشخصات مهم	نوع فعالیت: انبار	
				سیستم روشنایی مورد نیاز: مستقیم	کد طرح
الف - برآورد هزینه های اجرا					
۱	چراغ کامل (به همراه لامپ)	مستگاه	تعداد	قیمت (واحد/تال)	جمع (ریال)
۲	کابل فرضی: ()	متر			
۳	کابل اصلی: ()	متر			
۴	دکلت کابل: ()	متر			
۵	تجهیزات لویز یا نصب: ()				
۶	تابلو برق کامل: ()	مستگاه			
۷	اتصالات و بیج و بهره				
۸	سایر ملزومات: ()				
۹	دستمزد نصب	نفرساعت			
۱۰	جمع کل	ریال			
ب: برآورد هزینه نگهداری					
ردیف	مورد هزینه	واحد	مقدار		
۱	توان مصرفی هر چراغ شامل لامپ و بالاتر	kwh			
۲	توان مصرفی کل سیستم	kwh			
۳	تعمیرات متوسط برقی	ریال به kwh			
۴	هزینه مصرف برقی برای یک ساعت کار سیستم	ریال			
۵	متوسط ساعت کار ماهانه	ساعت			
۶	هزینه برقی ماهانه یا احتساب هزینه ثابت				
۷	تاریخ اولین تعویض کامل لامپها	ماه از شروع بهره برداری			
۸	ملاحظات مهم				



گفتار هفتم:

روشهای اندازه گیری و ارزیابی سیستم تامین روشنایی



اندازه گیری و ارزیابی روشنایی

اندازه گیری روشنایی به دو صورت انجام می گیرد:

- اندازه گیری و ارزیابی روشنایی عمومی
- اندازه گیری و ارزیابی روشنایی موضعی



اندازه گیری روشنایی موضعی:

اندازه گیری موضعی در محل کار کارگر و نیز دقیقاً بایستی در محل دید کارگر انجام شود مثلاً اگر میز کار است روشنایی روی میز کار اندازه گیری گردد و زاویه ها و فاصله ها دقیقاً بایستی مراعات گردد و اندازه گیری با حضور کارگر انجام شود تا در صورت وجود نیم سایه یا عوامل دیگر شرایط عیناً لحاظ گردد.



اندازه گیری روشنایی عمومی:

۱- روش شبکه ای

۲- روش الگویی: بسته به نوع چیدن چراغها و نوع آنها (نقطه ای- خطی) طبق الگوهایی که از طرف انجمن مهندسين روشنایی امریکای شمالی IESNA است که در شش الگو خلاصه شده است:



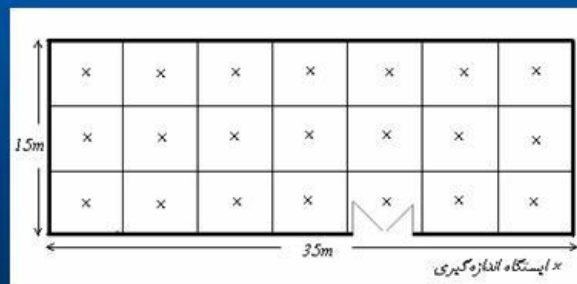
نکات مهم در ارزیابی روشنایی

- الف - تعیین هدف اندازه‌گیری
- ب - انتخاب وسیله مناسب اندازه‌گیری و کالیبراسیون
- ج - گردآوری اطلاعات مورد نیاز از محل و نیازهای استفاده کنندگان
- د - زمان اندازه‌گیری
- ه - تعیین روش مناسب اندازه‌گیری
- و - شناخت و توجه به استانداردهای روشنایی عمومی و موضعی



روش شبکه ای برای روشنایی داخلی

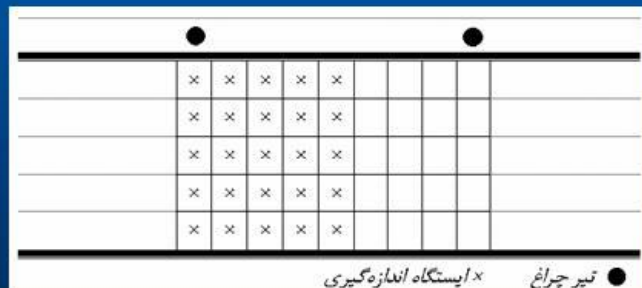
برای مکانهای سرپسته و محوطه‌ها، ابعاد هر خانه شطرنجی ۳ تا ۱۰ متر بسته به ابعاد مکان، تعیین شود. بطور مثال برای طول و عرض ۳۵ در ۱۵ متر، تعداد ۲۱ خانه شطرنجی منتظم به ابعاد ۵ × ۵ متر تقسیم گردد. در مکانهای کوچک، ابعاد خانه‌ها نباید از ۳ × ۳ متر کمتر باشد.





روش شبکه ای برای روشنایی معابر

برای معبر، عرض معبر به ۵ خانه و حد فاصل دو تیر به ۹ خانه تقسیم شود. در این روش اندازه‌گیری فقط در ۵ خانه از طول معبر (حد فاصل دو تیر چراغ) و ۵ خانه عرض معبر به گونه‌ای انجام می‌گردد که در ردیف اول یک ایستگاه در خط زیر چراغ و ایستگاه پنجم درست در وسط فاصله دو چراغ باشد (جمعاً ۲۵ ایستگاه اندازه‌گیری).

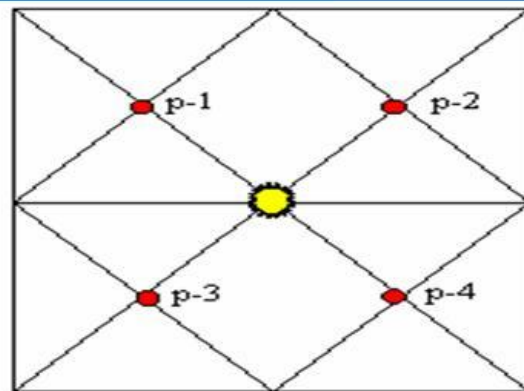


روش الگویی

الگوهای پیشنهادی انجمن مهندسين روشنایی امریکای شمالی مبتنی بر اندازه‌گیری نمونه‌های وزن یافته‌ای از مقادیر شدت روشنایی در اماکن است که از نظر آماری، ضرایب یا ارزش هر خوشه ایستگاه تعیین شده و بسته به الگوی چیدمان چراغ در محاسبه متوسط شدت روشنایی لحاظ شده است. در این الگوها حتی برای مکانهای وسیع، حداکثر ۱۸ ایستگاه اندازه‌گیری برای تعیین متوسط شدت روشنایی کافی است. جالب اینکه، نقاط شدت روشنایی حداقل و حداکثر هم در آن معلوم می‌شود.



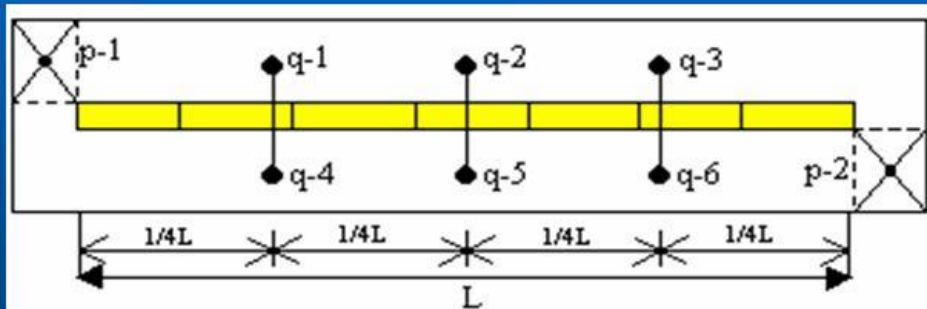
۱- وقتی تنها یک منبع موجود باشد



$$E_{avg} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}{4}$$



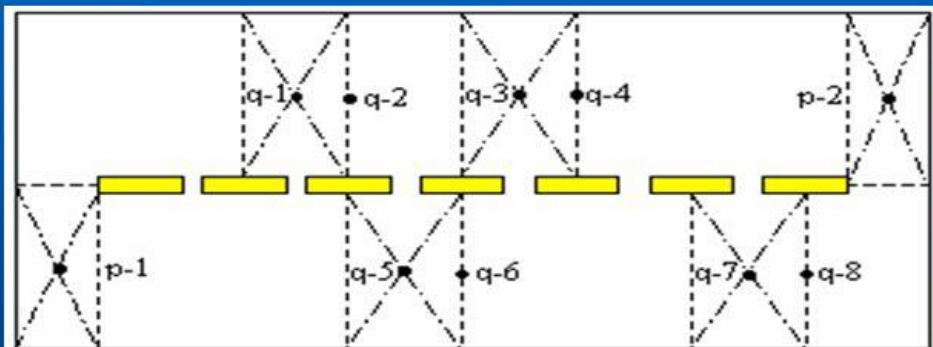
۲- منابع خطی متصل در یک ردیف



$$E_{av} = \frac{QN + P}{N + 1}$$



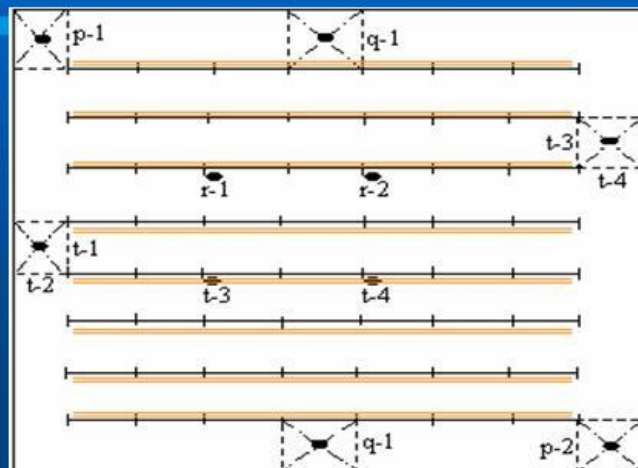
۳- منابع خطی منفصل در یک ردیف



$$E_{av} = \frac{Q(N-1) + P}{N}$$



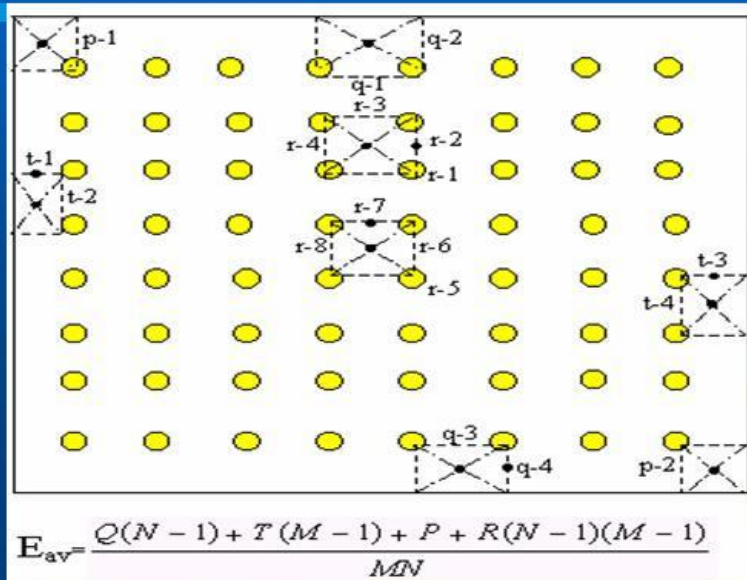
۴- منابع خطی متصل در چند ردیف



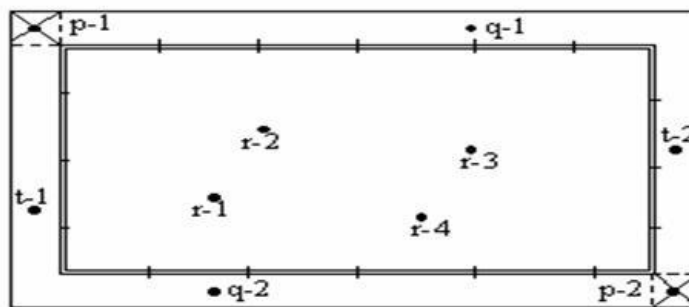
$$E_{av} = \frac{QN + T(M-1) + P + RN(M-1)}{M(N+1)}$$



۵- منابع نقطه‌ای در چند ردیف



۶- منابع حاشیه یا روی دیوار



$$E_{av} = \frac{8Q(L-8) + 8T(W-8) + 64P + R(L-8)(W-8)}{WL}$$



ملاک ارزیابی روشنایی

سیستم روشنایی مطلوب سیستمی است که:

۱. ۱- متوسط شدت روشنایی باید مطابق استاندارد باشد.
۲. ۲- اصول کلی طراحی رعایت شده باشد (تناسب سیستم تابش نور، تناسب منبع با نیاز محیط، ارتفاع طراحی، تناسب چیدمان).
۳. ۳- سایه روشن محسوس وجود نداشته باشد.
۴. ۴- رنگ‌دهی نور منابع کافی باشد.
۵. ۵- درخشندگی منابع و سطوح مورد رؤیت در حدی باشد که سبب آزار نشود.



اظهار نظر نهایی در مورد سیستم روشنایی

- وضعیت روشنایی مطلوب است.
- وضعیت روشنایی معیوب و قابل اصلاح است.
- وضعیت روشنایی نامطلوب است.



فرم ارزیابی روشنایی داخلی

الف - اطلاعات کارگاه:

نام کارگاه اصلی:		نام کارگاه فرعی		کد کارگاه
نوع شیفت بندی:		شیفت صبح		صبح و عصر
نوع تولید:		تعداد شاغلین در هر شیفت		
ابعاد کارگاه (متر):	طول	عرض	ارتفاع جانبی	
	ارتفاع طراحی چراغها از سطح کار			ارتفاع متوسط سطح کار
رنگ آمیزی دستگامها و تجهیزات:		تیره	تأخیری روشن	
جنس سطوح داخلی بنا و ضریب انعکاس:		سقف	دیوارها	کف
سیستم روشنایی:		درصد شیب سقف		
سیستم تامین روشنایی:		مستقیم	درصد	
ذرات معلق و گرد و غبار مؤثر بر روشنایی:		طبیعی	درصد	
		مصنوعی	درصد	
		دارد	درصد	
		ندارد	درصد	



فرم ارزیابی روشنایی داخلی

ب - مشخصات سیستم روشنایی:

چیدمان چراغها:		تعداد چراغ در ردیف	تعداد چراغ در ردیف	تعداد لامپ در هر چراغ
الگوی چیدمان چراغها:		تعداد کل چراغها	تعداد لامپ های سوخته	درصد لامپهای سوخته
نوع چراغها و توان مصرفی (بدون احتساب ترانس):		نقطه ای منفرد	خطی پیوسته	خطی ناپیوسته (یا نقطه ای) در یک ردیف
تناسب منبع روشنایی با نوع و ماهیت کار:		رشته ای یا هالوزنه	خطی پیوسته در یک ردیف	منابع روشنایی در حاشیه کارگاه
وضعیت نگهداری چراغها:		وات	وات	وات
نظافت سطوح داخلی بنا:		گازی جیوه ای	فلورسنت	گازی سدیمی
وجود سایه روشن:		مناسب	نامناسب	نامناسب
		مطلوب	مطلوب	نامطلوب
		مطلوب	مطلوب	نامطلوب
		بلی	خیر	



فرم ارزیابی روشنایی داخلی

د - مشخصات نورسنج: تاریخ اندازه گیری: ساعت اندازه گیری:

ه - نتایج اندازه گیری:

P	P ₄		P ₃		P ₂		P ₁		ایستگاه اندازه گیری
									شدت روشنایی (Lux)
T	t ₄		t ₃		t ₂		t ₁		ایستگاه اندازه گیری
									شدت روشنایی (Lux)
Q	q ₅	q ₆	q ₄	q ₃	q ₂	q ₁	ایستگاه اندازه گیری		
							شدت روشنایی (Lux)		
R	r ₈	r ₇	r ₆	r ₅	r ₄	r ₃	r ₂	r ₁	ایستگاه اندازه گیری
									شدت روشنایی (Lux)

متوسط شدت روشنایی عمومی کارگاه (طبق محاسبات توصیه IESNA) (Lux)



فرم ارزیابی روشنایی داخلی

و - ارزیابی:

معیار منفی	معیار مثبت	مورد تشخیص مطلوبیت
زیر استاندارد	مطابق استاندارد	متوسط شدت روشنایی کارگاه (طبق محاسبات): نوکی
نامطلوب	مطلوب	طراحی سیستم روشنایی (تعداد چراغ، ارتفاع طراحی، چیدمان):
نامطلوب	مطلوب	تناسب نوع منابع روشنایی (از نظر رنگ دهنی و تناسب با کار):
نامطلوب	مطلوب	خصوصیات سطوح داخلی (شرب آب، درخشندگی)
نامطلوب	مطلوب	یکدستی توزیع روشنایی و عدم آزار کارگران توسط نور مستقیم منابع
نامطلوب	مطلوب	نگهداری سیستم روشنایی و تمویجی بموقع لامپهای سوخته توسیهات ضروری:
	مطلوب است	نظریه نهایی:
	معیوب است و نیاز به اصلاحات دارد	سیستم تامین روشنایی کارگاه:
	نامطلوب است	