

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم پزشکی همدان  
دانشکده بهداشت

# کارگاه آموزشی ارزیابی روشنایی در محیط کار

محرر:

پروفسور دکتر سید

علی میرزا علیزاده، 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 (مناسب 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



## • بیماری‌های کار در تحت سیستم روشنایی نامطلوب:

- خستگی چشم
- شکل در نقاط و دند لثه‌ها و رنگد
- کاهش بهره‌وری
- خستگی
- افزایش حوادث
- بیماری چشمی
- عوارض روانی



## آیا سیستم روشنایی کارگاه از نظر بهداشتی مطلوب است؟

### ۱- روشنایی مطلوب:

ولایت تمام معیارهای مطلوبیت.

### ۲- روشنایی معیوب:

ولایت برخی از معیارهای مطلوبیت و دلیل اصلاح

### ۳- روشنایی نامطلوب:

ولایت برخی از معیارهای مطلوبیت و غیر قابل اصلاح  
نیاز به بررسی مجدد دارد.



## آمار چه می‌گوید؟

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

**۷۱۸** کارگاهها دارای شدت روشنی کمتر از معیار استاندارد

**۷۱۶** کارگران در معرض روشنی ۱۶٪ قرار دارند.



**ارزیابی روشنی 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 بوده‌اند.



## 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. رنگ‌دهی مناسب منابع روشنایی
۵. عدم ایجاد خیرگی توسط منابع با سطوح

### کافی بودن:

کافی بودن شدت روشنایی به معنی مطالعه متوسط شدت روشنایی عمومی کارگاه (که دایره کاری IES اندازه گیری شده) با معیار کشوری "حداقل" است.



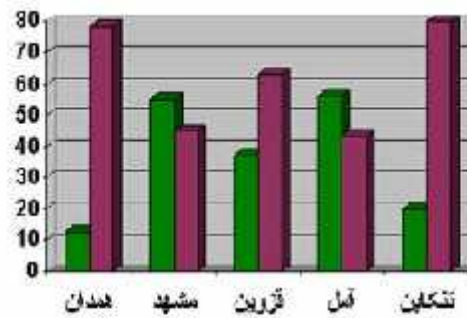
## نتایج

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

وضعیت روشنایی	شدت روشنایی موجود (lux)	شدت روشنایی استاندارد (lux)	شدت روشنایی حداقل (lux)	شدت روشنایی حداکثر (lux)	ارتفاع نصب چراغها (m)	ضریب انعکاس سقف	ضریب انعکاس دیوار	ضریب انعکاس کف	کارگاهها
مندان	mean ۸۷/۷۶	۱۷۸/۱۹	۱۷۸/۶۵	۲۵/۰۶	۲/۲۸	۰/۵	۰/۴۵	۰/۱۹	±d
مشهد	mean ۱۸۴/۱۵	۱۹۵/۵	-	-	۳/۵	۰/۷۱	۰/۵۶	۰/۳	±d
قزوین	mean ۱۶۵/۹۲	۱۸۷/۴۷	۱۹۴/۸۷	۳۳/۸۶	-	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۱۹	±d
آمل	mean ۲۸۷/۸۹	۳۰۷/۸۹	۶۱۰/۷۸	۱۰۴/۳۷	-	۰/۴۵	۰/۲۸	۰/۱۴	±d
تنگابن	mean ۱۸۵	۲۴۳	-	-	۴/۴۲	۰/۷۲	۰/۶۲	۰/۳	±d
	±d ۲۷	۵۴/۳	-	-	۱/۳۲	۰/۰۳	۰/۱۸	۰/۲	



## نتایج (ادامه)

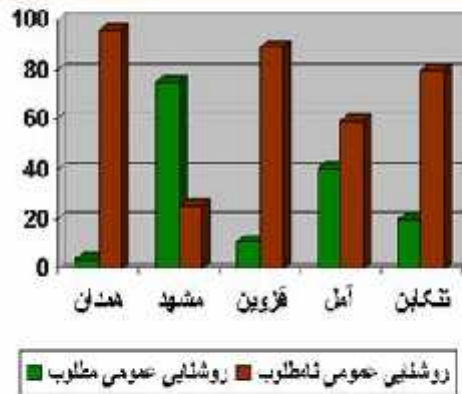


روشنایی عمومی کمتر از استاندارد (مربع بنفش) روشنایی عمومی مطابق استاندارد (مربع سبز)

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



## نتایج (ادامه)

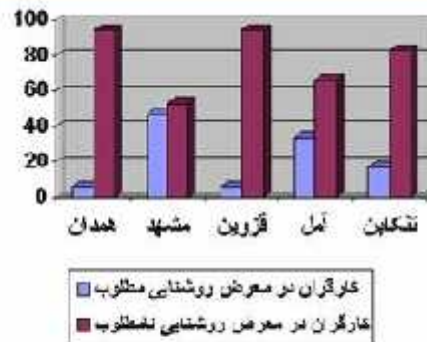


شکل ۲- نمودار مقایسه ای روشنایی عمومی در کارگاههای شهرهای مورد مطالعه از نظر درصد مطلوبیت



## نتایج (ادامه)

در مجموع ۳۶۷ نفر در دوره اول و ۳۰۰ نفر در دوره دوم شرکت کردند. ۱۵۹ نفر در دوره اول و ۳۲۹ نفر در دوره دوم در کارگاههای آموزشی شرکت کردند. این مطالعه در طول ۳ روز و نیمه...



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 میلکانی 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 قرابقتن و قزویرخ نامیده شده است.

بیشترین حساسیت چشم برای نور روز در طول موج ۵۵۵ و شب ۵۰۴ نانومتر است. حدود ۸٪ مردان و ۱۰،۵٪ زنان قادر به درک بخشی از طیف نیستند و حدود ۱۰،۱۳٪ نیز کوررنگ کامل هستند.

تقریباً نیمی از شایع شامل دوربینی، نزدیکبینی و آستیگماتیسم 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 رویت اشیاء و تصاویر نقش اساسی دارند:

۱- اندازه شیء یا تصویر

۲- تباین

۳- طول زمان رویت

۴- شدت روشنایی

۵- انعکاس سطوح

۶- طول موج نور یا طیف بازتابی

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

$$C = \frac{a_1 - a_2}{a_1}$$



## گفتار دوم

### مبانی علمی نور و روشنایی



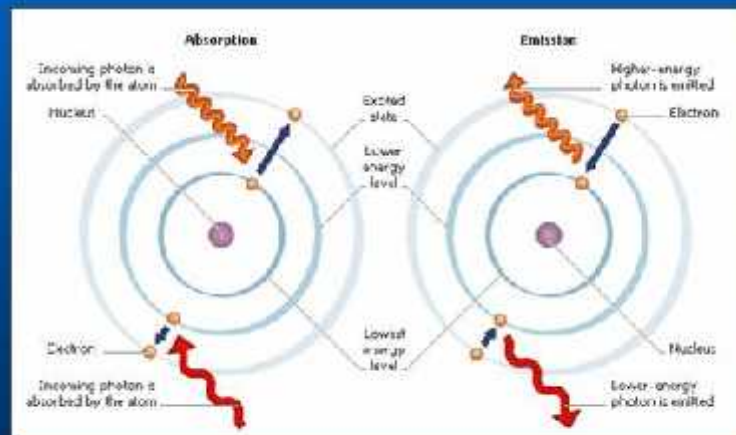
## ماهیت نور

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

- **Particle Theory** تئوری ذره‌ای
- **Wave Theory** تئوری موجی
- **Electromagnetic Theory** تئوری امواج الکترومغناطیس
- **Quantum Theory** تئوری کوانتوم
- **Wave Mechanics Theory** تئوری مکانیک موجی



## نحوه تولید نور در اتمها





## طیف نور مرئی

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

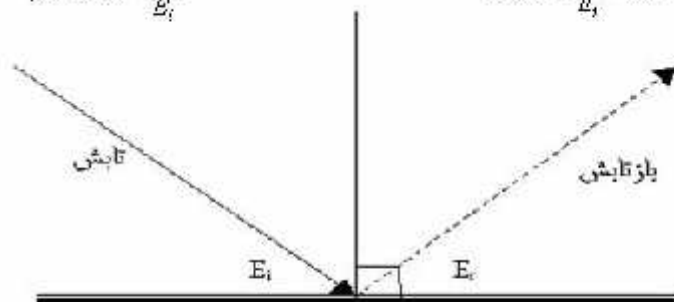
(۳۸۰-۴۰۰-۵۰۰-۶۰۰-۷۰۰-۷۸۰)



## 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 بازتاب $\rho(\lambda)$	نوع مصالح
۸۰-۹۶	آینه
۷۵-۹۵	آلومینیوم پرداخت شده آبی
۷۰-۸۰	آلومینیوم پرداخت شده
۶۰-۶۵	روکش کروم
۵۵-۶۵	نمونه ضد رنگ
۴۵-۶۵	سنگ آدک
۸۰	سنگ مرمر سفید
۸۰	گچ خشک تازه
۶۵	گچ خشک کهنه
۲۰-۲۵	سیمان پرتلند
۱۰-۲۵	آجر
۸۰	کاشی سفید



## ضریب انعکاس برخی رنگها

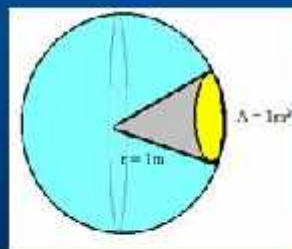
ضریب بازتاب $\rho(\lambda)$	رنگ
-۱۸۰	سفید
-۴۶۵	زرد
-۴۵۰	صورتی روشن
-۴۴۵	آبی روشن
-۴۴۰	قرمز روشن
-۴۱۵	سبز تیره
-۴۱۵	گهوه‌ای تیره
-۴۰۵	سیاه

### کمیات اندازه گیری روشنایی

## کمیات روشنایی

### ۱- شار نوری منبع:

- شار نورانی منبع دایره‌ای نوری منبع به نسبت از توان نوری ساطع شده از منبع نورانی که با واحد لومن  $lm$  بیان می‌گردد را با  $\Phi$  نشان داده می‌شود.
- یک لومن شار نورانی ساطع شده از یک شمع استاندارد در یک سرادیلان (رازه فضایی) است.





## ۲- شدت نور منبع:

شدت نور منبع با نماد  $I$  شدت نور منبع یا واحد شمع استاندارد در  $1\text{cd}$  بیان می‌گردد.  
 به صورت نمایی یک  $1\text{cd}$  شدت نور ناشی از یک منبع نورانی با سطح  $1\text{m}^2$  یا  $100\text{cm}^2$  در  $1\text{m}$  فاصله در درجه انجماد بخشن ( $2045^\circ\text{K}$ ) در فشار یک اتمسفر ( $101325\text{Pa}$ ) است. شدت تابش نور از این منبع در هر ثانیه شعاع استاندارد می‌گیرند. شدت نور 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 کاندل، که بصورت فضایی تابش روشایی دارد، در هر زاویه فضایی یک اوجمن شار نورانی منتشر می‌کند.

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

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

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



## ۳ شدت روشایی (E)

شدت روشایی با نماد  $E$ ، عبارتست از میزان شار نورانی در واحد سطح توسط یک سطح معین می‌باشد. واحدهای آن فوت کاندل  $\text{fc}$  و لوکس  $\text{lux}$  می‌باشد.  
 ولید بین المالی شدت روشایی لوکس  $\text{lux}$  است.

### فوت کاندل

شدت روشایی است که از یک شمع استاندارد (یک کاندلا) در فاصله یک فوتی توسط یک فوت مربعی در واحد شود، یا بر آن سطح تولید شود.

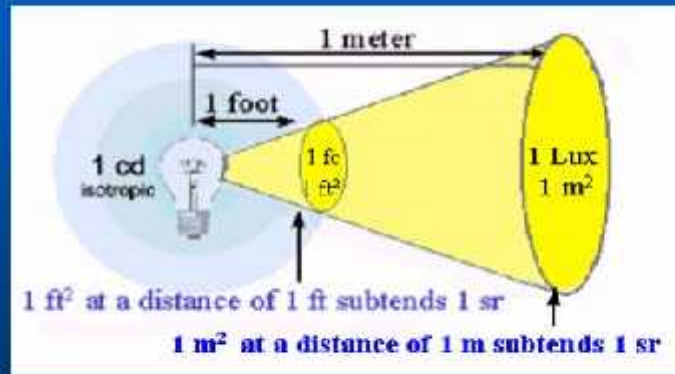
### لوکس

شدت روشایی است که از یک شمع استاندارد در فاصله یک متری توسط سطح یک متر مربعی دریافت می‌شود یا در آن سطح تابنده شود.

$$\text{fc} = 11 \text{ lx}$$



## 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 ۲۰۰-۳۰۰ لوکس و برای کار دقیق ۳۰۰-۵۰۰ لوکس لازم است. هر چه دقت کار بیشتر باشد شدت روشنایی بیشتری لازم است بطوری که برای اتاق عمل روی میز جراحی ۸۰۰۰ لوکس پیشنهاد شده است. حداقل شدت روشنایی قابل قبول ۵۰ لوکس است.



## ع- 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  $\text{cd/m}^2$  یا nit است

برای پروتکت لساء و تشخیص در حد تاریکی و روشنی بلند حداقل  $0.1 \text{ cd/m}^2$  درخشندگی موجود باشد. در درخشندگی بالاتر از  $3 \text{ cd/m}^2$  تشخیص رنگ به سختی امکان پذیر است و در درخشندگی بالاتر از  $3 \text{ cd/m}^2$  دید رنگها آسان می‌شود. درخشندگی بالاتر از  $100 \text{ cd/m}^2$  ممکن است چشم را دچار خشکی نمایند با سب آزار ناظر گردد.



## مثالهایی 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 =  $10^{-4} \text{ nit}$

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 ( $\eta$ )

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 ( $\eta_e$ )

برای معین کردن میزان تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی نورانی نسبت به صد در صد 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 (%)
رشع‌های التهابی	۱۴-۱۶	۲/۳۵ - ۲/۰۶
مالوزه	۲۸-۳۰	۴/۴۱ - ۴/۱۲
فلورسنت	۶۰	۸/۸۲
گازی جیوه‌ای پرفشار	۵۵-۶۵	۹/۵۵ - ۸/۰۹
گازی سدیمی پرفشار	۹۰-۱۱۰	۱۶/۱۸ - ۱۳/۲۴



## قوانین تابش نور :

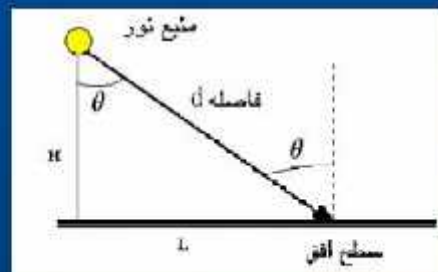
۱- در صورتی که منابع روشنایی محدود نشده باشند می‌توانند در تمام جهات تابش داشته باشند و هر ناظر چه از منبع روشنایی دورتر باشد شدت روشنایی کاهش پیدا می‌کند. در ارتباط با تغییرات شدت روشنایی به نسبت فاصله، قانون عکس مجذور فاصله صادق می‌باشد. رابطه زیر برای هر فاصله  $r$  از منبع نقطه ای صادق است:

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



## قوانین تابش نور :

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



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

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

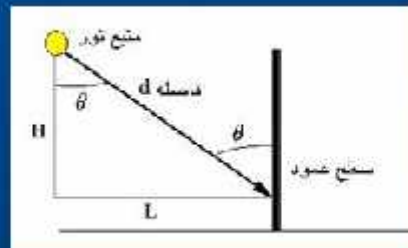
$$\cos \theta = \frac{H}{d} \quad \theta = \arccos \frac{H}{d}$$

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



## قوانین تابش نور :

۳- اگر تابش روشنائی روی سطوح قائم در نقاطی مد نظر باشد که تابش با زاویه نسبت به خط عمود بر سطح انجام گردد، در این صورت شدت روشنائی 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.



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

$$\text{or } \theta = \frac{L}{d}$$

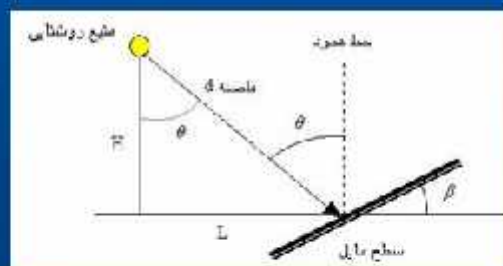
$$d = \frac{L}{\sin \theta}$$

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



## قوانین تابش نور :

۴- تابش نور از یک منبع نقطه‌ای روی یک سطح شیب‌دار، ترکیبی از دو حالت قبل است. در این حالت شدت روشنائی روی این سطح وابسته به زاویه تابش  $\theta$  و زاویه شیب سطح نسبت به خط افق  $\beta$  دارد.



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

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

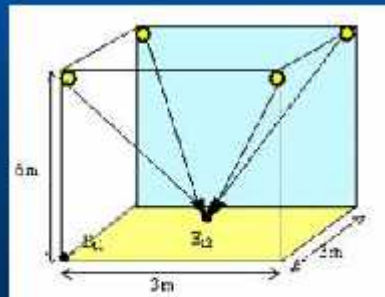
$$K = \frac{I}{d^2} \cos(\theta - \beta)$$

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



## قوانین تابش نور :

۵- در محیط‌هایی که بیش از یک منبع روشنایی دارند، شدت روشنایی روی سطح در هر نقطه بدون در نظر گرفتن بازتابش سطح، 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 نوزانی 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:

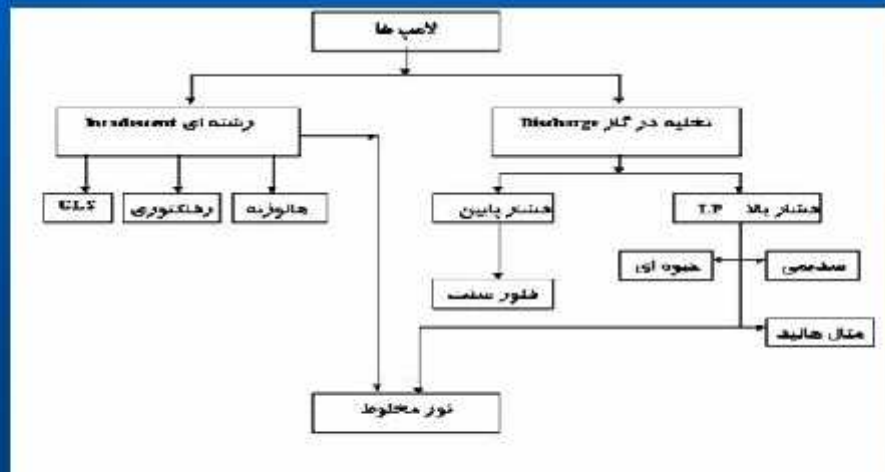
لامپ ها را بطور کلی به دو دسته تقسیم می کنند:

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، طولی 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
- بدنه پروژکتور
- توان مصرفی و توان ولتاژ باره 14، و پدال کابرد
- متناوب و د تک‌فاز
- ولتاژ تیراج
- نوع و توان مصرفی
- خصوصیات بارش و طول عمر آن
- هماهنگی فضای محیط چراغ عملکرد
- توان الکتریکی لامپ و ولتاژ آن
- درجه حفاظت
- وضعیت تیره چراغ، تعادل بصارت با محیط
- زاویه 15 تا 30 درجی در برابران دیداری
- محصور دیدن یا غیر محدود شده
- تراز فشار بصورت
- نحوه نگهداری و تعمیرات
- مشخصات مربوط به محیطی خطی با توجه با هدف استفاده



## درجه حفاظت چراغ:

کلاس رانندگی IP	درجه حفاظت
0	حفاظت ندارد
1	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ از صورت مواجک و محیط صورتی و ...
2	حفاظت در مقابل نفوذ آب کوچک از صورت مواجک و محیط صورتی و ...
3	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ در صورت مواجک و محیط صورتی و ...
4	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ در صورت مواجک و محیط صورتی و ...
5	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ در صورت مواجک و محیط صورتی و ...
6	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ در صورت مواجک و محیط صورتی و ...
7	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ در صورت مواجک و محیط صورتی و ...
8	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ در صورت مواجک و محیط صورتی و ...

کلاس رانندگی IP	درجه حفاظت
0	حفاظت ندارد
1	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ از صورت مواجک و محیط صورتی و ...
2	حفاظت در مقابل نفوذ آب کوچک از صورت مواجک و محیط صورتی و ...
3	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ در صورت مواجک و محیط صورتی و ...
4	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ در صورت مواجک و محیط صورتی و ...
5	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ در صورت مواجک و محیط صورتی و ...
6	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ در صورت مواجک و محیط صورتی و ...
7	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ در صورت مواجک و محیط صورتی و ...
8	حفاظت در مقابل نفوذ آب بزرگ در صورت مواجک و محیط صورتی و ...





## ضرب بهره‌رشنایی چراغ

به دلایل مختلف تمام شار نوری تولید شده توسط چراغ به محل استفاده تابش نمی‌کند. ضرب بهره‌رشنایی چراغ CU بیان‌کننده نسبتی است از شار نوری عملی چراغ به شار نامی آن. عوامل متعددی روی بهره‌رشنایی چراغ مؤثر هستند:

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

به‌طور عملیاتی این ضرب هرگز به یک نمی‌رسد.



## گفتار پنجم:

اصول مهم در طراحی و نگهداری  
سیستم روشنایی طبیعی



## اصول طراحی روشنایی طبیعی

1. طراحی بنا باید به گونه‌ای باشد که پنجره‌های اصلی در سمت جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی قرار گیرند.
2. 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 مستلزم زیادی را از نظر ایمنی و هدایت تابش مستقیم خورشید که مشکلات متعددی ایجاد می‌کند، در پی خواهد داشت.
3. ترتیبی ایجاد گردد که همی فضا (فاصله پنجره از ضلع مقابل) به حداقل ممکن کاهش یابد. در صورت لزوم پنجره‌های قائم سقفی می‌تواند مفید باشد.
4. پوشش سطوح داخلی باید دارای رنگ و ضریب انعکاس مناسب برای توزیع بهتر روشنایی باشند. در این توصیه برای سقف سطوحی با ضریب انعکاس ۰/۳ و برای دیوارها ۰/۵ و سقف ۰/۲ پیشنهاد می‌گردد. لازم است که شماره نظافت دیوارها و سقف جزء برنامه های دوره‌ای محیط مورد نظر باشند.
5. کلبه دستکاهها و تجهیزات و لوازم باید دارای پوشش رنگ ملایم با ضریب انعکاس حدود ۰/۵ بوده و دائماً نظافت گردند.



## اصول طراحی روشنایی طبیعی (ادامه)

6. استفاده از دستکاهها، ابزارها یا وجود سطوح براق به دلیل بازتابش شدید نور و ایجاد خیرگی مجاز نیست.
7. پنجره‌ها باید تا نزدیکی سقف ادامه داشته باشند زیرا پنجره‌ها زمانی بازدهی بهتری دارند که به سقف نزدیکتر باشند.
8. مساحت پنجره‌ها باید برای نورگیری مکان کافی باشند. نسبت مساحت پنجره به مساحت فضای بسته به نیاز و میزان دقت و ظرافت کار بین ۵ تا ۳۰ درصد تعیین می‌شود.
9. ارزش پنجره‌های شمالی یک سوم پنجره‌های جنوبی و ارزش پنجره‌های شرقی و غربی نصف آنها است.
10. وجود مانع سایه‌ها، پرده و کلهبی شیشه‌ها می‌تواند تا حدود زیادی بازدهی پنجره‌ها را کاهش دهد.
11. مساحات درخت و بوته های بلند میزان نورگیری پنجره را کاهش می‌دهند.
12. شفافیت شیشه ها و تمیزی آنها در نورگیری نقش مهمی دارد.
13. استفاده از شیشه مات خصوصاً در پنجره‌های بلند برای جلوگیری از تابش نور با درخشندگی بالا روی سطوح داخلی توصیه می‌گردد.
14. برای روزهای گرم و ساعات اول و آخر روز با بستن روشنایی مصنوعی نیز بطور متعادل 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

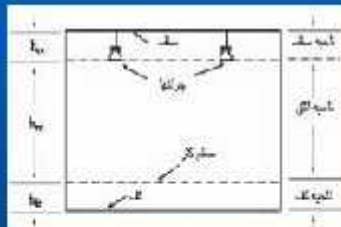


## سیستم های پخش روشنایی

نوع روشنایی	نسبت پخش نور به پائین	ضریب بهره نوری روشنایی روی کار
مستقیم	۱۰۰-۹۰٪	۰.۱۶۰-۰.۱۴۵
نیمه مستقیم	۹۰-۷۶٪	۰.۱۵۵-۰.۱۴۵
پخش یکنواخت	۶۰-۷۴٪	۰.۱۵۰-۰.۱۳۵
مستقیم غیرمستقیم	۶۰-۷۴٪	۰.۱۴۵-۰.۱۳۵
نیمه غیرمستقیم	۴۰-۷۱٪	۰.۱۳۵-۰.۱۲۵
غیر مستقیم	۱۰-۷۰٪	۰.۱۲۰-۰.۱۱۵



## مراحل طراحی روشنایی داخلی مصنوعی



- انتخاب سیستم روشنایی
- انتخاب لامپ و چراغ
- تعیین متوسط شدت روشنایی مورد نیاز  $E_{avg}$
- تعیین ارتفاع طراحی و محاسبه نسبت فضا
- محاسبات و تعیین ضرایب انعکاس سطوح داخلی و ضرایب مؤثر آنها
- تعیین ضریب بهره روشنایی سیستم CU
- تعیین ضریب مجموع افت روشنایی TLLF

$$RCR = \frac{3000 \cdot (L + W)}{L \cdot W}$$

$$TLLF = SF \times UF \times RSDI \times LDD \times LLD \times (1 - LBF) \times LSD \times SF$$

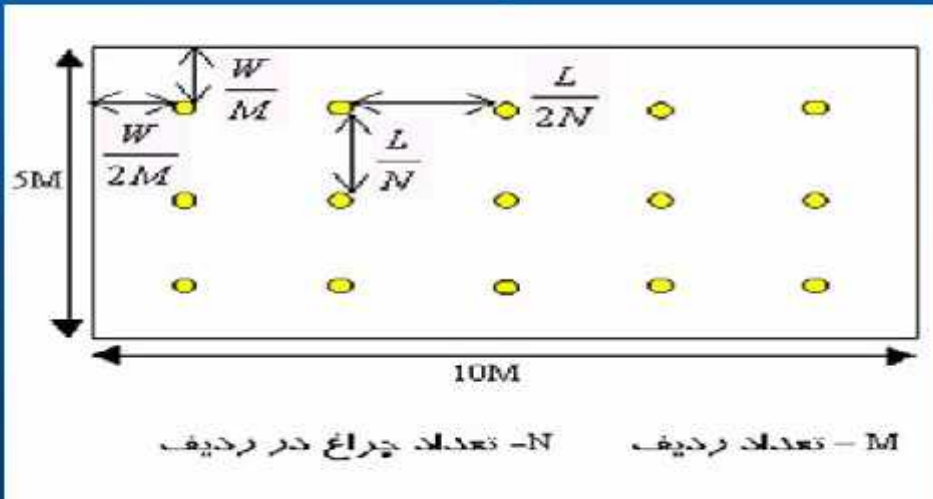
$$\phi_1 = \frac{E_n \times A}{CU \times TLLF}$$

$$n = \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

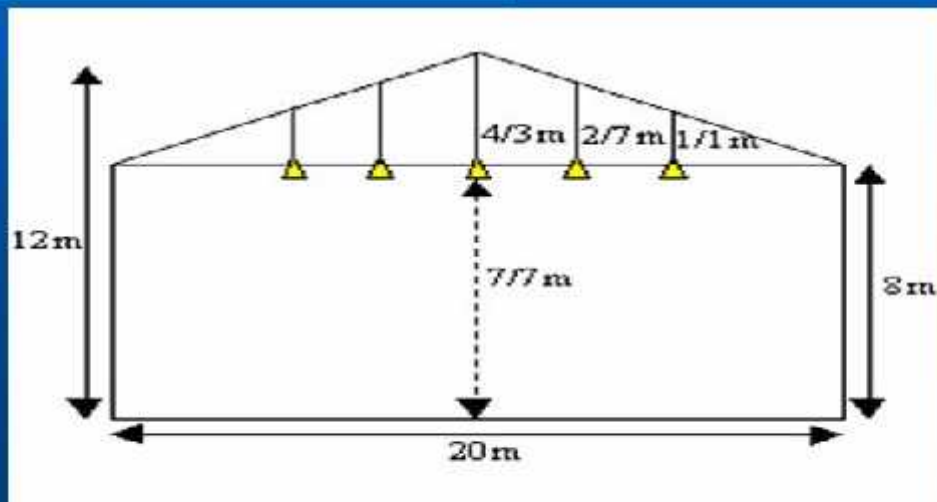
- محاسبه توان نوری کل مورد نیاز
- محاسبه تعداد چراغ مورد نیاز
- چینمان چراغها
- کنترل محاسبات
- ترسیم نقشه ها



## نحوه چیدمان چراغها



## نحوه نصب چراغها





## جدول خلاصه محاسبات طراحی

ردیف	شرح و اهمیت کارگاه	مقادیر	مشخصات مهم		نوع شالوده	کد طرح
			واریف	ملاحظات ویژه		
۱	طول کارگاه 20 m	۹۰	۱۶	رنگه بندی (%)	۱۵	مقادیر
۲	عرض 3 m	۳۰	۱۷	حداکثر ارتفاع سازه (متر)	۲۴	مقادیر
۳	مساحت 60 m <sup>2</sup>	۲۷۰۰	۱۸	توان آنتن‌دهی جرثقیل (W)	۲۵۰	مقادیر
۴	ارتفاع جانشین 20 m	۸	۱۹	توان نوری جرثقیل (lumens)	۱۵۰۰۰	مقادیر
۵	ارتفاع تاج (مخزن) 20 m	۱۰	۲۰	شدت روشنایی مورد نیاز lux	۳۰۰	مقادیر
۶	ارتفاع سطح کار 20 m	-	۲۱	ضریب نگهداری جرثقیل TLIFF	۰.۴۶۲	مقادیر
۷	ارتفاع نصب جرثقیل از سطح کار 20 m	۷۴	۲۲	ضریب بهره نوری سیستم روشنایی CU	۰.۶۷۴	مقادیر
۸	ارتفاع آیین جرثقیل 20 m	۲۵-۳	۲۳	ضریب بهره اصلاح شده سیستم روشنایی	۰.۶۸۷	مقادیر
۹	متوسط ضریب انعکاس سقف	۰.۶۲	۲۴	توان نوری مجموع مورد نیاز سیستم lum	۱۱۱۱۶	مقادیر
۱۰	ضریب انعکاس دیوار سقف	۰.۵۶	۲۵	تعداد چراغ مورد نیاز	۷۵	مقادیر
۱۱	متوسط ضریب انعکاس دیوار	۰.۵۵	۲۶	فاصله مجاز چراغها 20 m	۱۷۱	مقادیر
۱۲	متوسط ضریب انعکاس کف	۰.۴۳	۲۷	فاصله چراغها بر عرض 20 m	۴	مقادیر
۱۳	ضریب انعکاس دیوار کف	-	۲۸	فاصله چراغها بر طول 20 m	۴	مقادیر
۱۴	RCS محاسبه شده	۱.۶۲	۲۹	شدت روشنایی استاندارد lux	۳۹۰	مقادیر
۱۵	نوع و اندازه چراغ کاری جرثقیل	۱۶	۳۰	شدت روشنایی نزدیک به هر کس 20 m	۳۰۰	مقادیر



## جدول محاسبات هزینه

ردیف	شرح و اهمیت کارگاه	مقادیر	مشخصات مهم		نوع شالوده	کد طرح
			واریف	ملاحظات ویژه		
۱	جرم کل (به صورت لایه)	مستطیل				
۲	کف برون	۱				
۳	کف داخلی	۱				
۴	دیوار کف	۱				
۵	تجهیزات لیزر (شبه)	۱				
۶	تجهیزات کف	۱				
۷	اصلاحات و دیوارچه					
۸	سایر تجهیزات	۱				
۹	سقف و کف	تجهیزات				
۱۰	جمع کل	زبان				
بدا بر آورد هزینه نگهداری						
ردیف	شرح و اهمیت کارگاه	مقادیر	واریف	ملاحظات ویژه	نوع شالوده	کد طرح
۱	توان مصرفی هر جرثقیل (کمی و کیفی)	۲۵۵				
۲	توان مصرفی کل سیستم	۲۵۵				
۳	تجهیزات ایمنی	روان به بار				
۴	هزینه مصرف برق برای رنگ سازه کار سیستم	رنگ				
۵	متوسط ساعت کار دستگاه	ساعت				
۶	هزینه بهره‌برداری دستگاه (حسابه هزینه ثابت)					
۷	تازگی بارکننده کف لایه	سازگاری بین بهره‌بردار				
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 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 الگوهای که از طرف انجمن مهندسين روشنایی امریکای شملي IESNA است که در شش الگو خلاصه شده است:





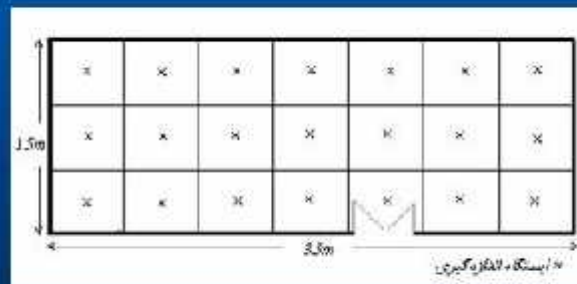
## نکات مهم در ارزیابی روشنایی

- 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 شبکه‌ای برای روشنایی داخلی

برای مکانهای سرسسته 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 منظم 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 معابر، 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)

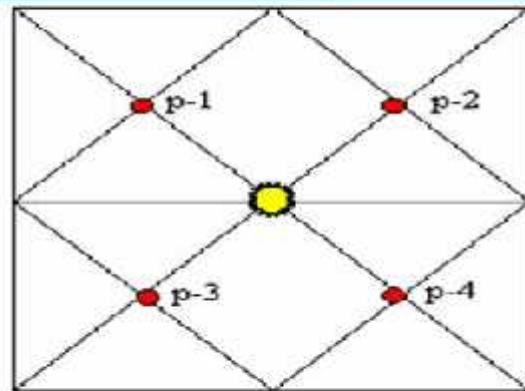


## روش الگویی

الگوهای پیشنهادی انجمن مهندسمین 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.



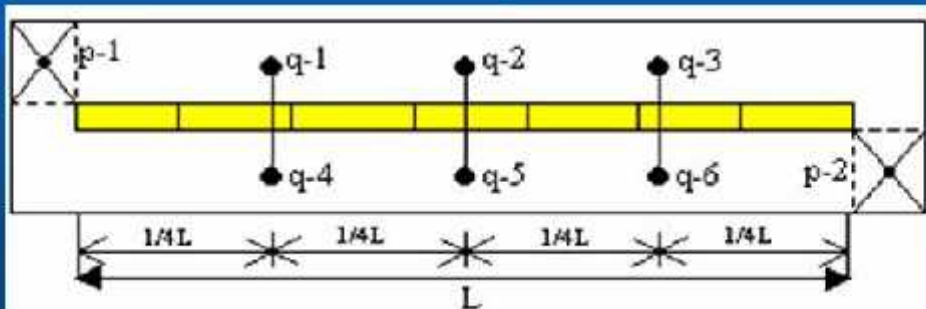
## ۱ - وقتی تنها یک منبع موجود باشد



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



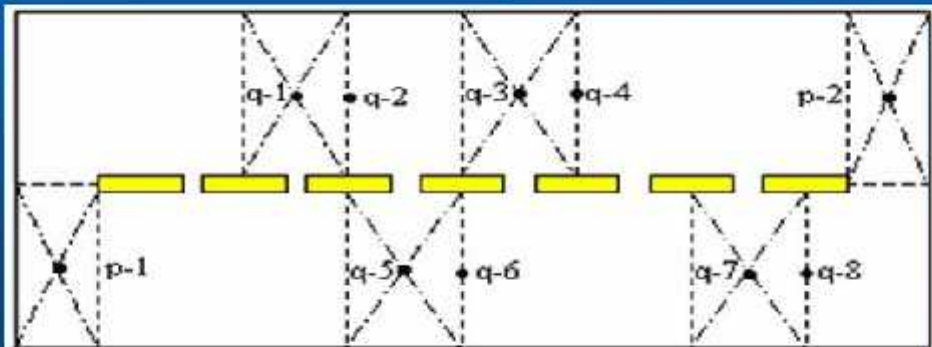
## ۲ - منابع خطی متصل در یک ردیف



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



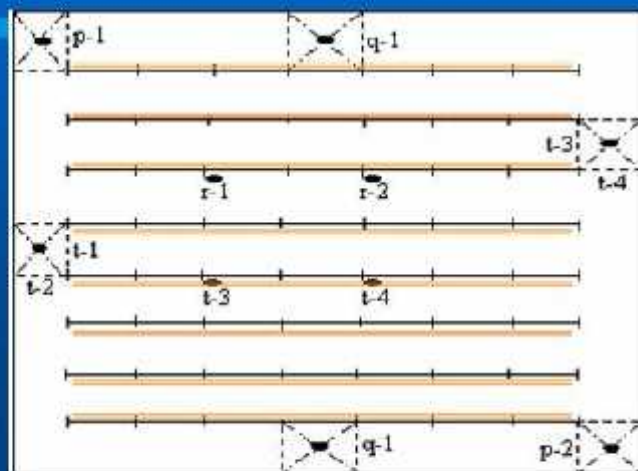
## ۲- منابع خطی منفصل در یک ردیف



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



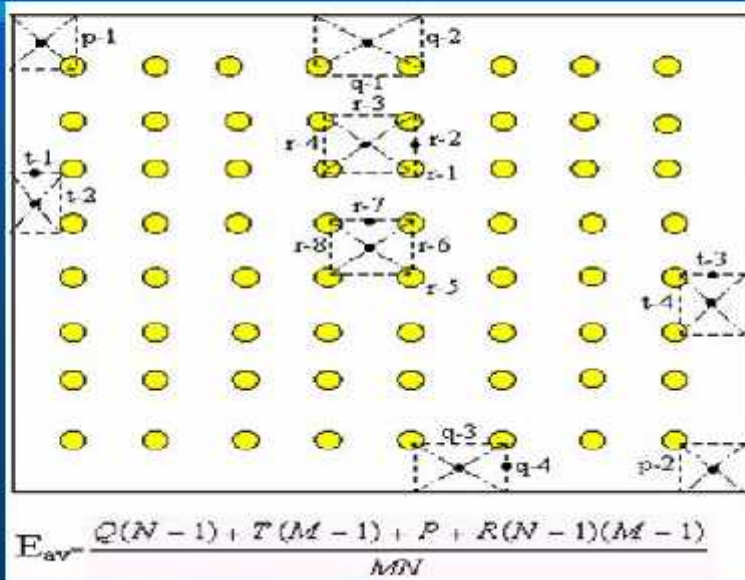
## ۴- منابع خطی متصل در چند ردیف



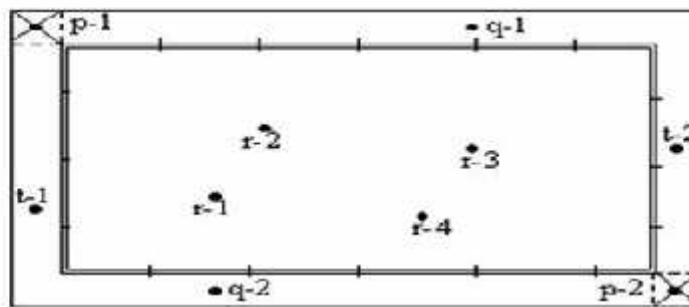
$$E_{av} = \frac{QN + T(M-1) + P + RN(M-1)}{M(N+1)}$$



## 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. متوسط شدت روشنایی باید مطابق استاندارد باشد.
۲. اصول کلی طراحی رعایت شده باشد (تناسب سیستم تابش نور، تناسب منبع یا نیاز محیط، ارتفاع طراحی، تناسب چیدمان).
۳. سایه روشن محسوس وجود نداشته باشد.
۴. رنگ‌دهی نور منابع کافی باشد.
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 نلمطلوب است.



## فرم ارزیابی روشنایی داخلی

الف - اطلاعات کارگاه:

نام کارگاه اصلی:	نام کارگاه فرعی:	گم کارگاه:
نوع شیفت بندی:	شیفت صبح	صبح و عصر عصر و شب
نوع تولید:	تعداد شاغلین در هر شیفت	
پیمان کارگاه (متر):	طول	عرض
	ارتفاع طراحی چراغها از سطح کف	
رنگ آمیزی، شنگاهها و تجهیزات:	تیره	تابنده، روشن
جنس سطوح داخلی بنا و صوب انعکاس:	سقف	دیوارها
سیستم روشنایی:	مستقیم	غیر مستقیم
سیستم تامین روشنایی:	صنعتی	مصنوعی
ثبات معلق و گزینو غیر مؤثر بر روشنایی:	دارد	ندارد



## فرم ارزیابی روشنایی داخلی

ب - مشخصات سیستم روشنایی:

چیدمان چراغها	تعداد ردیف چراغ	تعداد چراغ در ردیف	تعداد لامپ در هر چراغ
	تعداد کابل چراغها	تعداد لامپ های دوخته	تعداد لامپهای دوخته
انگزی چیدمان چراغها	قطعه ای مغز	خطی پیوسته	خطی ناپیوسته (یا قطعه ای) در یک ردیف
	قطعه ای در چند ردیف	خطی پیوسته در یک ردیف	منابع پخشایی در چند ردیف
نوع چراغها و توزین مسرفی بودن احتساب ترانس:	رشته ای یا هالوژنه	وات	وات
	گازی جبهه ای	وات	وات
تناسب منبع روشنایی با نوع و اهمیت کار:	مناسب	نامناسب	
وضعیت نگهداری چراغها:	مطلوب	نامطلوب	
تفاوت سطوح داخلی بنا:	مطلوب	نامطلوب	
وجود سایه روشن:	بلی	شیر	

