بسم الله الرحمن الرحیم

دوره آموزشی

«ساماندهی روشنایی در محیط کار»

(دوشنبه – ۹۳/۳/۲۶)

(مرکز بهداشت قم)

مدرّس:

علیرضا مشکوری

عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت قم

فراگیران:

کارشناسان بهداشت حرفه ای استان قم

برنامه جلسه دوم (ساعت ۱۱ الی ۱۲:۳۰):

- طراحی روشنایی طبیعی
- انواع لامپها و چراغها و مشخصات آنها
- طراحی روشنایی مصنوعی داخلی

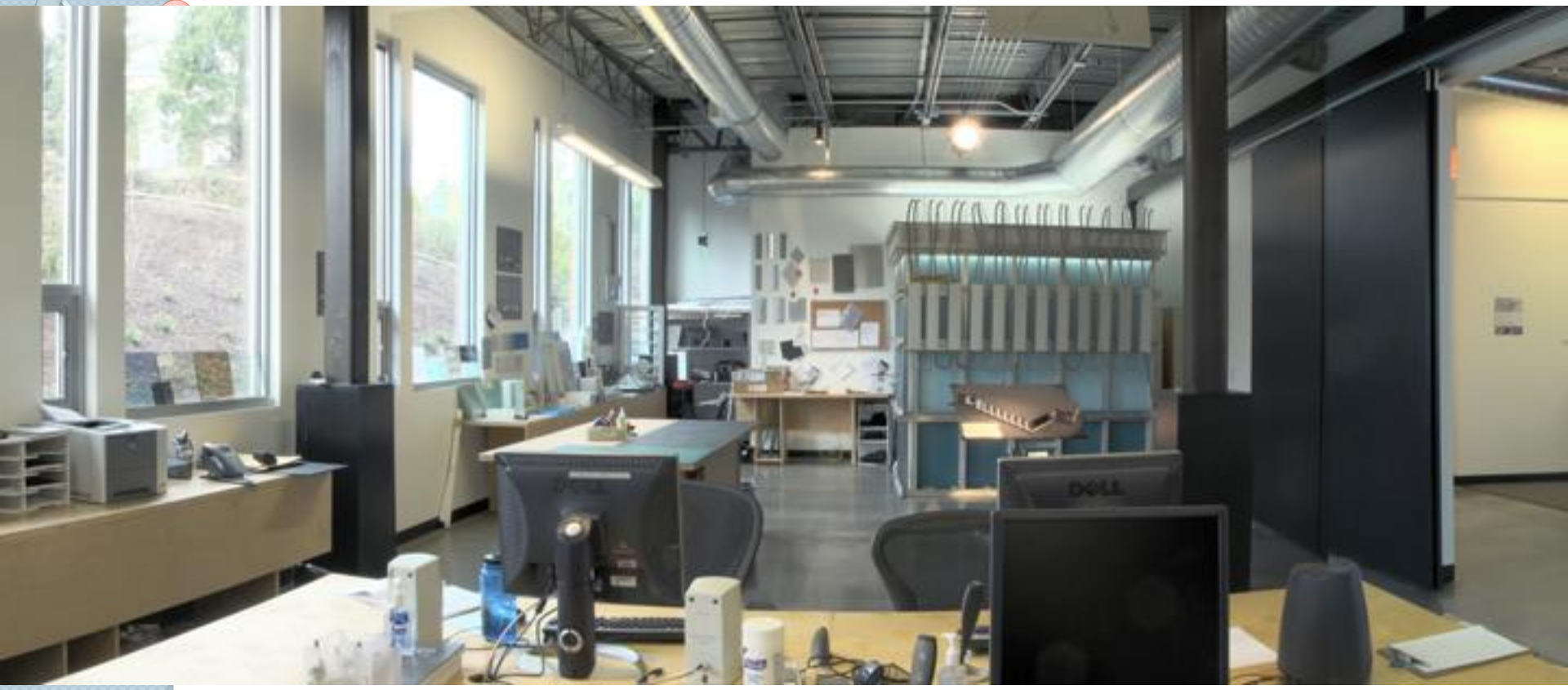
هدف از بهینه سازی سیستم روشنایی:

- صرفه جویی در انرژی، تأمین راحتی، حفظ اصول زیست محیطی و رعایت جنبه های ایمنی، ارگونومی و بهداشتی

طراحی روشنایی طبیعی

عوامل مؤثر بر بهره گیری از روشنایی روز:

۱) عرض جغرافیایی
۲) موقعیت خورشید
۳) فصل
۴) موقعیت اقلیمی
۵) ساعات روز
۶) خصوصیات سطوح داخلی و رنگ آنها
۷) خصوصیات سطوح خارجی بنا
۸) جنس و خصوصیات شیشه پنجره
۹) ضلع قرارگیری پنجره
۱۰) ابعاد پنجره


DELL

اصول طراحی روشنایی طبیعی:

- طراحی بنا باید به گونه ای باشد که پنجره های اصلی در سمت جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی قرار گیرند.
- در صورتی که امکان طراحی پنجره در سمت جنوب نباشد بایستی از پنجره های سقفی که به صورت قائم نصب شده باشند کمک گرفت. نصب پنجره های سقفی افقی مشکلات زیادی را از نظر ایمنی و هدایت تابش مستقیم خورشید در پی خواهد داشت.

...

- پنجره ها باید تا نزدیکی سقف ادامه داشته باشند زیرا در این حالت بازدهی بهتری دارند.
- ترتیبی اتخاذ گردد که عمق فضا (فاصله پنجره از ضلع مقابل) به حداقل ممکن کاهش یابد. در صورت لزوم پنجره های قائم سقفی می تواند مفید باشد.

...

- پوشش سطوح داخلی باید دارای رنگ و ضریب انعکاس مناسب برای توزیع بهتر روشنایی باشد. برای کف ضریب انعکاس ۰/۳ و برای دیوارها ۰/۵ و سقف ۰/۷ پیشنهاد می شود. لازم است که همواره نظافت دیوارها و کف صورت پذیرد.

...

- کلیه دستگاه ها و تجهیزات و لوازم باید دارای پوشش رنگ ملایم با ضریب انعکاس حدود ۰/۵ بوده و دائماً نظافت گردند.
- استفاده از دستگاه ها و ابزارهای دارای سطوح براق به دلیل بازتابش شدید نور و ایجاد خیرگی مجاز نیست.

...

- مساحت پنجره ها باید برای نورگیری مکان کافی باشد. نسبت مساحت پنجره به مساحت اتاق، بسته به نیاز و میزان دقت و ظرافت کار بین ۵ تا ۳۰ درصد تعیین میشود.

نمونه اماکن و مشاغل	نسبت سطح پنجره به سطح اتاق(%)
اماکن خاص و مشاغل ظریف با دقت بالا	۲۵ تا ۳۰
اماکن اداری و مسکونی	۲۰ تا ۲۵
اماکن تولیدی و خدماتی و مشاغل با دقت متوسط	۱۵ تا ۲۰
انبارها و مشاغل با دقت پایین	۱۰ تا ۱۵
راهروها و مکانهای با حداقل تردد افراد	۵ تا ۱۰

...

- وجود مانع، سایبان، پرده و کثیفی شیشه ها میتواند تا حدود زیادی بازدهی پنجره ها را کاهش دهد.
- مجاورت درخت و بوته های بلند، میزان نورگیری پنجره را کاهش می دهد.

...

- برای جلوگیری از تابش نور با درخشندگی بالا روی سطوح داخلی، استفاده از شیشه مات، خصوصاً در پنجره های بلند توصیه می گردد.
- برای روزهای ابری و ساعات اول و آخر روز بایستی روشنایی مصنوعی نیز به طور مکمل پیش بینی گردد.

روش طراحی روشنایی طبیعی:

۵ عامل اصلی مؤثر در طراحی:

1. شدت روشنایی ناشی از تابش مستقیم خورشید، آسمان و بازتابش سطوح
2. نسبت عبور خالص نور از لایه شفاف پنجره (τ)
3. ضریب بهره از روشنایی روز (CU)
4. نسبت سطح پنجره به سطح اتاق $(\frac{A_s}{A_w})$
5. موقعیت قرارگیری پنجره

برآورد مساحت پنجره عمودی به روش کوتاه:

$$A_s = \frac{A_w \times E_{avg}}{E_{xv} \times \tau \times CU}$$

ارزیابی روشنایی طبیعی:

- اندازه گیری کمّی برای تعیین شدت روشنایی در سطح کار برای پنجره های سقفی: اندازه گیری در ارتفاع سطح کار در ۳ نقطه مرجع(شامل: زیر پنجره و دو نقطه حدفاصل پنجره تا دیوارها)

- اندازه گیری کمّی برای تعیین شدت روشنایی در سطح کار برای پنجره های کناری: اندازه گیری در ارتفاع سطح کار در فواصل ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ از عمق فضا (D)

...

- ملاک تشخیص برای مقایسه با حدود تعیین شده: شدت روشنایی متوسط

- ✓ – برای پنجره های کناری: در فاصله ۰/۵D
- ✓ – برای پنجره های سقفی: میانگین دو مقدار حدفاصل زیر پنجره تا دیوارها

انواع لامپها و چراغها و مشخصات آنها

ویژگیهای اصلی لامپها:

۱) عمر لامپ

۲) بهره نوری(η)

۳) توان(شار) نوری(Φ)

۴) درخشندگی(L) لامپ

۵) شاخص تجلی رنگ(CRI)

۶) ضریب بهره روشنایی(CU)

انواع لامپها:

۱) لامپهای التهابی(Incandescent lamps)

۲) لامپهای تخلیه در گاز(Discharge Lamps)

۳) لامپهای دیودی(LED)(Light-emitting Diode)

۱) لامپهای التهابی:

در لامپهای التهابی با عبور جریان برق از رشته فلزی، درجه حرارت آن را به حد کافی بالا می برند تا تشعشع کند.

– انواع لامپهای التهابی:

۱. لامپ رشته ای معمولی(رشته ای التهابی)

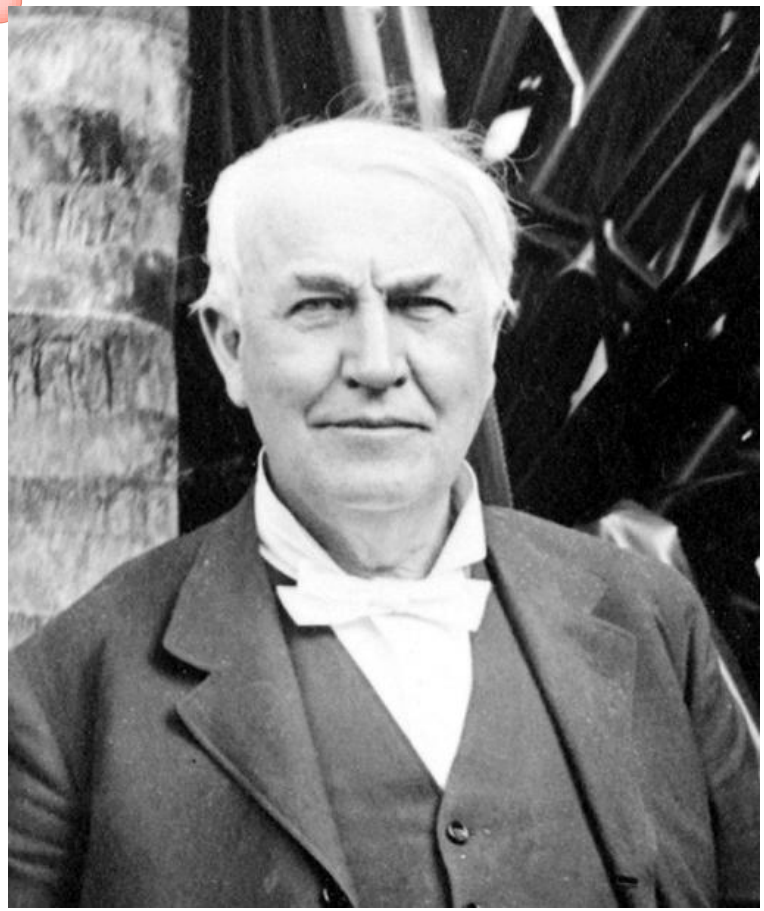
۲. لامپ هالوژنه

۳. لامپهای با رفلکتور دی کروییک

۱-۱) لامپ رشته ای معمولی(رشته ای التهابی) (General Lighting Service)(GLS):

- رنگ دهی: ۱۰۰(کامل)
- طول عمر : ۱۰۰۰ ساعت
- بهره نوری: ۱۴ تا ۱۶ لومن بر وات
- بهره الکتریکی: ۲٪
- درخشندگی: بالا(۵۰۰هزار نیت)

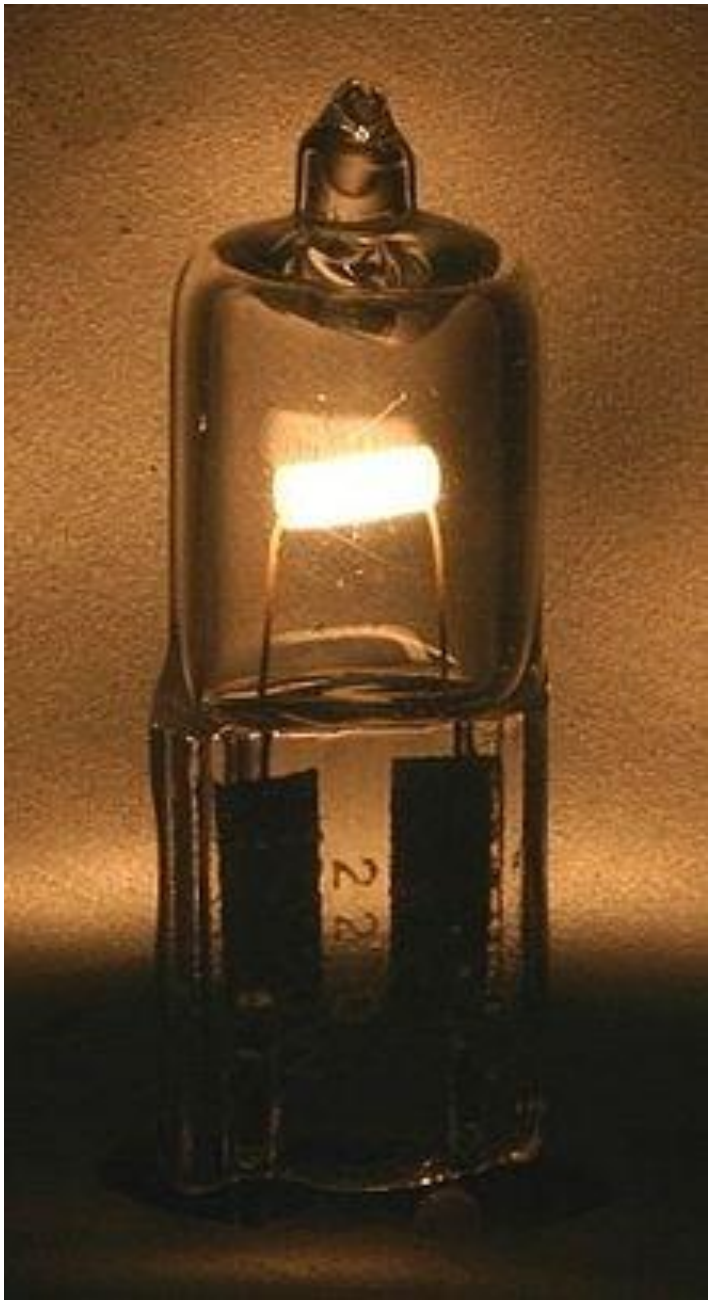
Thomas Alva Edison



۱-۲) لامپ هالوژنه(TH)(Halogen Lamp):

- رنگ دهی: ۱۰۰(کامل)
- طول عمر : تا ۳۰۰۰ ساعت
- بهره نوری: ۲۸ تا ۳۰ لومن بر وات
- بهره الکتریکی: ۴٪
- درخشندگی: بالا

Halogen Lamp

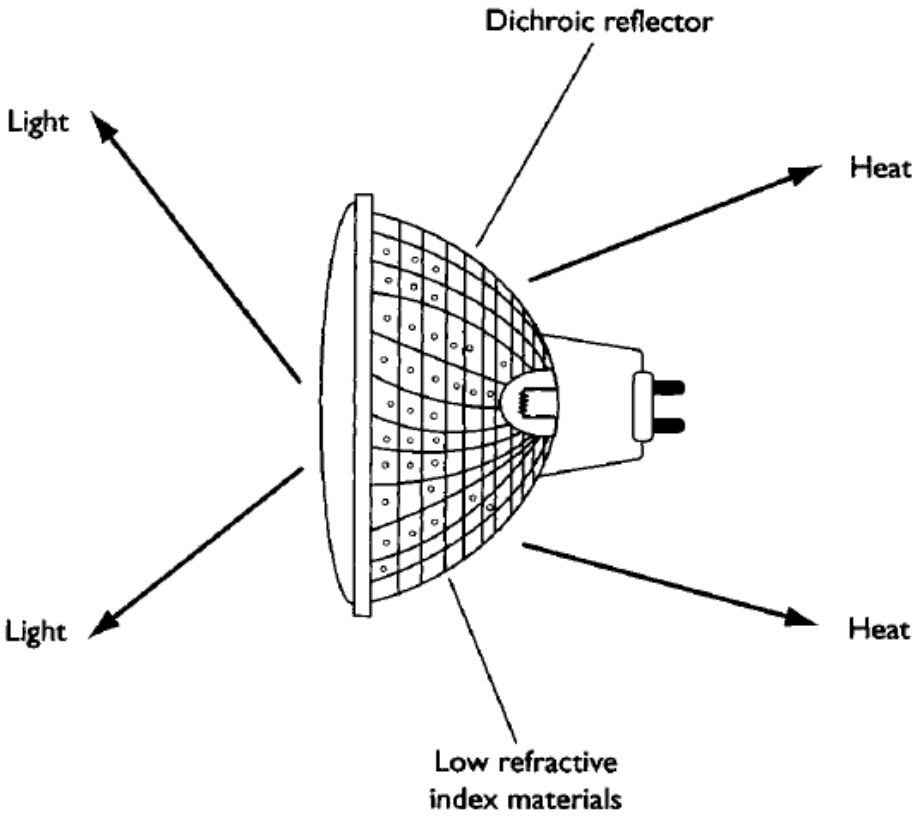


Halogen Lamp

۱–۳) لامپهای با رفلکتور دی کرویک (Dichroic reflector lamps):

- دارای رفلکتور مخصوص برای بازتابش بیشتر نور مرئی به سمت جلو و انتقال نور مادون قرمز به پشت لامپ

Dichroic reflector lamp



۲) لامپهای گازی یا تخلیه در گاز:

در لامپهای تخلیه در گاز، با عبور جریان برق از گاز، آنرا تحریک می کنند تا نور ساطع کند.

– انواع لامپهای گازی یا تخلیه در گاز:

۱. لامپ گازی جیوه ای فشار پایین(فلورسنت)
۲. لامپ گازی جیوه ای فشار بالا
۳. لامپ متال هالید
۴. لامپ گازی سدیمی فشار بالا
۵. لامپ گازی سدیمی فشار پایین
۶. لامپهای قوس الکتریکی
۷. لامپهای بدون الکترود(القایی)
۸. لامپهای مشتعل
۹. لامپهای فلاشی

۲-۱) لامپ گازی جیوه ای فشار پایین(فلورسنت):

(Low Pressure Mercury Vapour (Fluorescent) Lamps)(MCF)

- رنگ دهی: ۸۵
- طول عمر: حدود ۱۰هزار ساعت
- بهره نوری: ۵۰ تا ۹۰ لومن بر وات
- بهره الکتریکی: ۸٪

- مناسب برای: مکانهای با ارتفاع کمتر از ۶ متر که نیاز به لامپ با بهره نوری خوب و رنگ دهی مطلوب باشد.
- برای اماکن مسکونی: بهتر است از ترکیب این نوع لامپ با لامپ التهابی استفاده شود.
- برای اماکن اداری و عمومی: این نوع لامپها کاملا مطلوبند.

انواع لامپهای فلورسنت:

I. کاتد گرم (با راه انداز(starter))

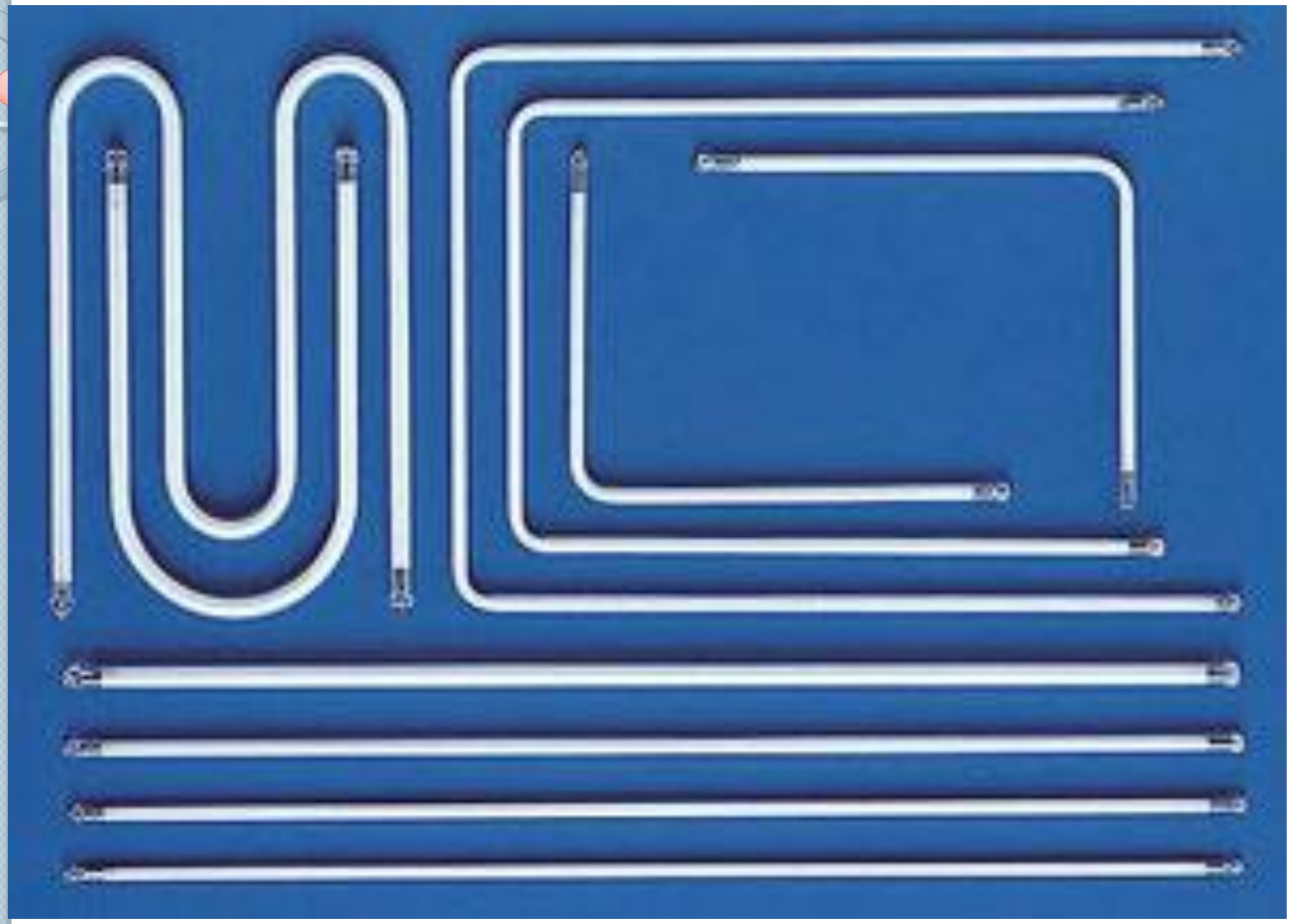
II. کاتد سرد (بدون راه انداز)

III. فشرده(کم مصرف)(CFL)

HCFLs

۲. لامپهای فلورسنت کاتد سرد(بدون راه انداز):

CCFLs



۳. لامپهای فلورسنت فشرده(CFLs):

۲-۲) لامپهای گازی جیوه ای فشار بالا (High Pressure Mercury Lamps (MBF)):

- رنگ دهی: حدود ۴۰
- طول عمر: تا ۲۴۰۰۰ ساعت
- بهره نوری: ۳۰ تا ۶۵ لومن بر وات
- بهره الکتریکی: ۸ تا ۹٫۵٪

High Pressure Mercury Lamps

کاربرد لامپهای گازی جیوه ای فشار بالا:

- برای مکانهای بزرگی که نیاز به رنگ دهی بالا ندارند مثل انبارها، سالنهای تولید صنایع، ورزشگاهها، نمایشگاهها و معابر فرعی با ارتفاع نصب چراغ ۶ تا ۱۲ متر

معایب لامپهای گازی جیوه ای:

- اغلب دارای چرخه راه اندازی ۵ تا ۷ دقیقه بعد از قطع جریان(عیب عمده)
- رنگ دهی ناقص
- تداخل با امواج رادیویی، تلویزیونی
- امواج صوتی توسط بالاست معیوب

۲-۳) لامپ متال هالید

- (Metal Halide Discharge Lamp)(MBI):

- رنگ دهی: حدود ۶۵
- طول عمر: ۳۴۰۰۰ ساعت
- بهره نوری: ۷۵ تا ۱۲۵ لومن بر وات

Metal Halide Discharge Lamp

Metal Halide Discharge Lamp

۲-۴) لامپ گازی سدیمی فشار بالا

- (High Pressure Sodium Lamps):
(SON, SON-E, SON-T, SON-Double Ended)

- رنگ نور: زرد نارنجی
- رنگ دهی: ۲۴(بسیار کم)
- بهره نوری: ۴۵ تا ۱۵۰ لومن بر وات
- بهره الکتریکی: ۱۳ تا ۱۶٪

لامپ گازی سدیمی فشار بالا

- روشن شدن کامل: بعد از ۱۵ تا ۲۰ دقیقه
- بعد از خاموش شدن بلافاصله می توان آنرا روشن نمود.

(High Pressure Sodium (SON) Elliptical(SON-E))

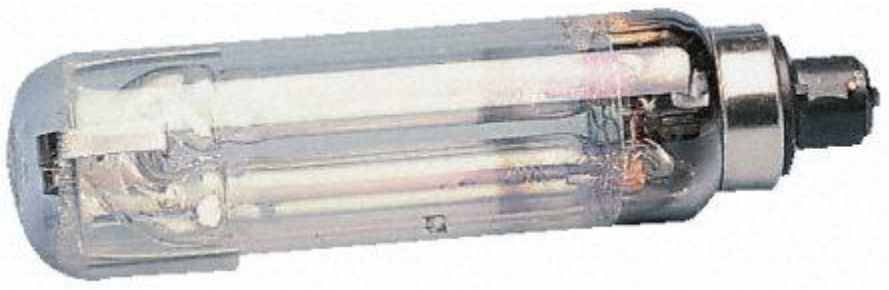
Reflux High Pressure Sodium with Reflector

(High Pressure Sodium (SON) Tubular(SON-T))

۲-۵) لامپ گازی سدیمی فشار پایین (Low Pressure Sodium Lamp)(SOX):

- رنگ دهی: حدود ۵(عیب عمده)
- طول عمر: ۲۴۰۰۰ ساعت
- بهره نوری: ۱۵۰ تا ۱۸۰ لومن بر وات(مزیت عمده)
- در مدت ۷ تا ۱۵ دقیقه: حداکثر نوردهی

Low Pressure Sodium(SOX) Lamp



www.bizrice.com

۲–۶) لامپ قوس الکتریکی(Electric Arc Lamps):

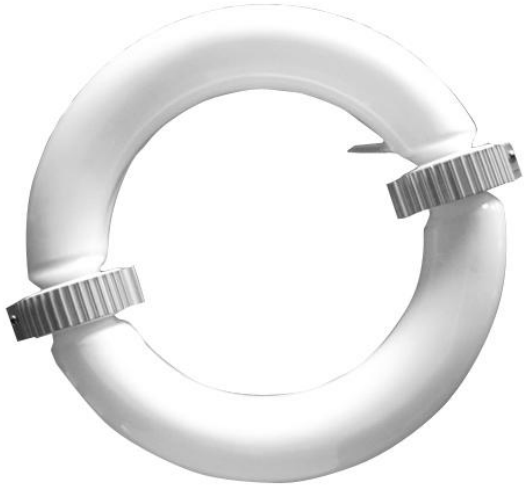
- توان: تا ۷۰۰۰ وات
- بهره نوری: ۵۰ تا ۵۵ لومن بر وات
- دارای درخشندگی بسیار بالا
- کاربرد: در پروژکتورها

Electric Arc Lamps

۲–۷) لامپهای بدون الکترود(القایی) (Electrodeless Lamps):

- دارای عمر بسیار طولانی(۶۰۰۰ ساعت)(مزیت)
- بهره نوری: حدود ۶۵ لومن بر وات
- عیب: ایجاد میدان نسبتاً قوی الکترومغناطیسی

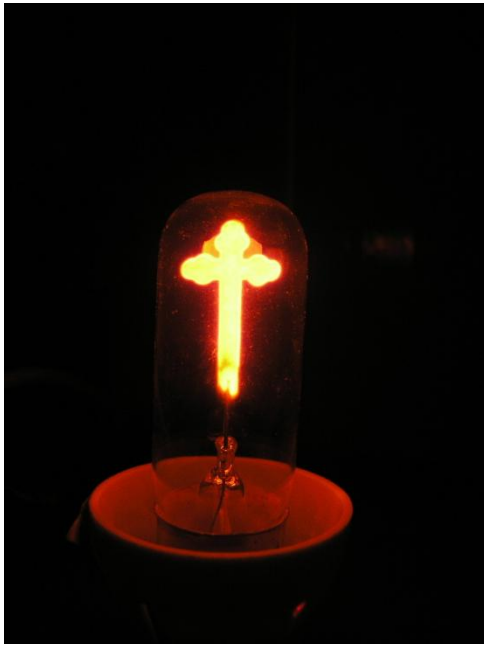
electrodeless lamp



۲–۸) لامپهای مشتعل(Glow Lamps):

- بهره نوری: ۰٫۳ لومن بر وات
- طول عمر طولانی
- دارای توان الکتریکی پایین: ۰٫۰۶ تا ۳ وات
- کاربرد: استفاده تزئینی یا برای تأمین روشنایی محدود

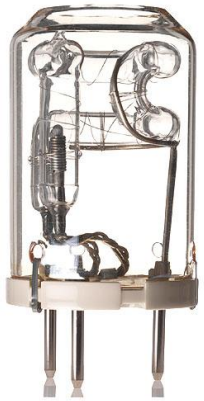
Glow lamp

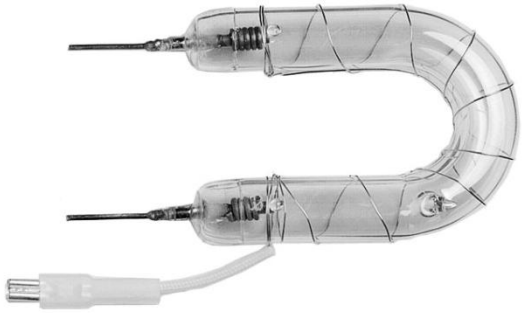


۲–۹) لامپهای فلاشی(Flashtubes):

- بهره نوری: ۳۰ تا ۶۵ لومن بر وات
- برای تأمین روشنایی دائم بکار نمی روند.
- در عکاسی، تنظیم وسایل گردنده و موتور خودرو، علایم اضطراری و ...

Flashtubes





۳) لامپهای دیودی(LED):

- بهره نوری لامپهای رنگی: ۷۵ تا ۵۰۰ لومن بر وات
- اغلب در پانلهای الکتریکی و الکترونیکی و در چراغهای خودرو

LED

لامپهای بتا:

- منابع نوری بدون نیاز به منبع انرژی الکتریکی برای عملکرد
- کاربرد: جهت فضاهایی که مخلوطی از گازها یا بخارات قابل انفجار وجود دارند نظیر صنایع پتروشیمی، معادن و صنایع هوانوردی

gaseous tritium light source (GTLS), or beta light

برخی خصوصیات لامپها

نوع لامپ	استفاده عمومی	بهره نوری(کارآیی)	رنگ دهی
التهابی	خانگی	ضعیف	خوب
فلورسنت	اماکن اداری	خوب	نسبتآ خوب
جیوه ای	اداری ، کارخانجات	مناسب	خوب تا متوسط
کم فشار سدیمی	جاده ها	خوب	ضعیف
پرفشار سدیمی	تجاری،کارخانجات	خوب	نسبتآ خوب
متال هالید	تجاری،کارخانجات	خوب	خوب

نوع لامپ	بهره نوری (لومن بر وات)	رنگ دهی	درخشندگی (کاندلا بر متر مربع)	عمر (ساعت)
رشته ای ۱۰۰ وات شیری	۱۳	۱۰۰	۳	۱۰۰۰
رشته ای ۱۰۰ وات هالوژنی شیشه ای	۳۰	۱۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰
پرفشار جیوه ای ۴۰۰ وات شیشه ای	۴۹	۲۰	۴۶۰	۲۴۰۰۰
پرفشار سدیمی ۴۰۰ وات شیشه ای	۱۱۰	۲۵	۶۰۰	۲۴۰۰۰
کم فشار سدیمی ۸۰ وات	۱۵۰	۵	۱۰	۲۴۰۰۰
متال هالید ۴۰۰ وات	۷۵	۶۵	۱۴	۳۴۰۰۰
فلورسنت ۴۰ وات	۳۵	۹۶	۰.۴	۶۰۰۰

چراغ:

- شامل قاب، سرپیچ، لامپ و درصورت نیاز بالاست، خازن و برخی اجزای دیگر
- قاب یا کاسه چراغ: باعث حفظ لامپ و نیز محدود نمودن میدان تابش آن

انواع چراغها براساس نوع لامپ:

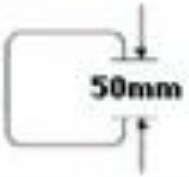
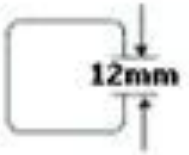
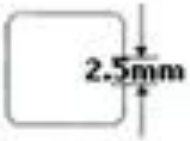
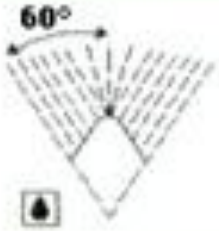
چراغهای خطی (برای استفاده از لامپ فلورسنت)

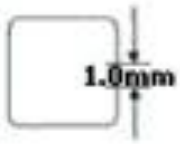
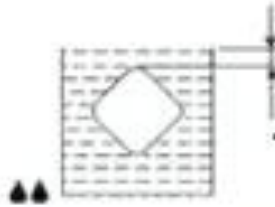
چراغهای نقطه ای (برای استفاده از لامپهای التهابی، گازی جیوه ای و سدیمی و متال هالید)

درجه حفاظت چراغ(IP code):

- IP code: Ingress Protection
- The IP rating is internationally referred to as the “International Protected” code or the “Ingress Protected” code.
- Each IP code, has TWO digits to define its level of protection - an "x" is used as one of the digits if there is only one class of protection.

IP54 = IP Letter Code ——— IP
1st Digit ——— 5
2nd Digit ——— 4

1st Digit	Protection from solid objects	2nd Digit	Protection from moisture
0	Non protected	0	Non protected
1	 Protected against solid objects greater than 50mm	1	Protected against dripping water
2	 Protected against solid objects greater than 12mm	2	Protected against dripping water when tilted up to 15°
3	 Protected against solid objects greater than 2.5mmØ	3	 Protected against spraying water

4	 Protected against solid objects greater than 1.0mmØ	4	Protected against splashing water
5	Dust protected	5	Protected against water jets
6	Dust tight	6	Protected against heavy seas
Note: EN 60529 does not specify sealing effectiveness against the following: mechanical damage of the equipment; the risk of explosions; certain types of moisture conditions, e.g. those that are produced by condensation; corrosive vapours; funus; vermin		7	 Protected against against the effects of immersion
		8	Protected against submersion **(see note)**

طراحی روشنایی مصنوعی داخلی

طراحی روشنایی مصنوعی داخلی:

- طراحی روشنایی عمومی به روش نسبت ناحیه اتاق(RCR)
- طراحی روشنایی موضعی

طراحی روشنایی مصنوعی به روش نسبت ناحیه اتاق(RCR)(Room Cavity Ratio)(تقسیم ناحیه ای):

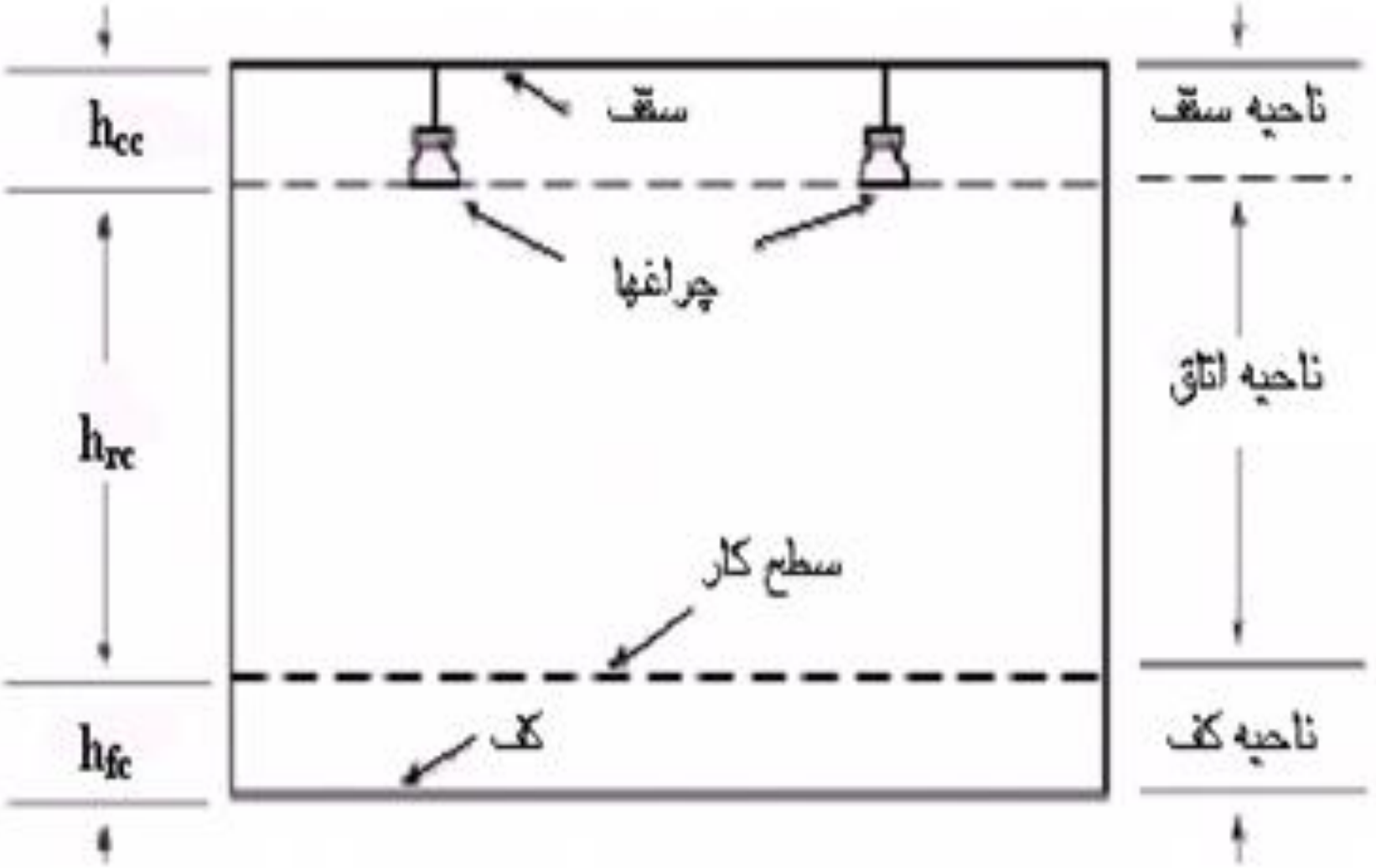
- در این روش مکان مورد طراحی به سه ناحیه

۱. ناحیه سقف(حدفاصل سقف تا زیر دهانه چراغ)(ارتفاع آویز چراغ(h_{cc})

۲. ناحیه اتاق(حدفاصل زیر دهانه چراغ تا روی سطح کار)(ارتفاع (h_{rc})

۳. ناحیه کف(حدفاصل سطح کار تا کف)(ارتفاع h_{fc})

- تقسیم می گردد و برای تعیین ضریب بهره روشنایی بجای استفاده مستقیم از ضرایب انعکاس نور سقف و کف، از ضریب انعکاس مؤثر ناحیه مربوطه استفاده می شود.


h_{cc}
h_{rc}
h_{fc}
سقف
چراغها
سطح کار
کف
ناحیه سقف
ناحیه اتاق
ناحیه کف

- مبنای طراحی روشنایی در این روش: استفاده از مجموعه چراغهایی است که بتواند روی سطح مورد نظر، شدت روشنایی مورد نظر را تأمین نماید.

$$E_{avg} = \frac{\varphi_t \times CU \times TLLF}{A}$$

- E_{avg}: متوسط شدت روشنایی روی سطح مورد نظر(لوکس)
- φ_t : شار نوری مجموع چراغها(لومن)
- **CU**: ضریب بهره روشنایی سیستم
- **TLLF**: مجموع افتهای ناشی از عوامل مختلف
- **A**: سطح مکان(متر مربع)

...

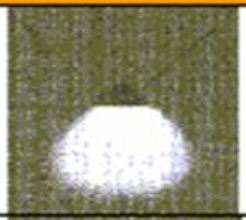
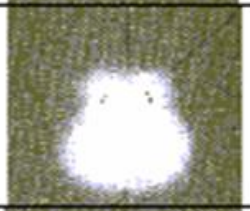
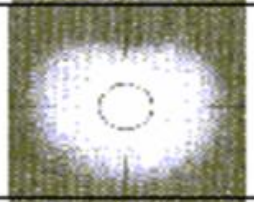
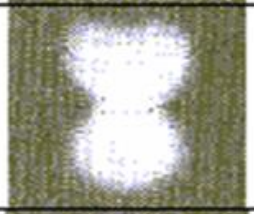
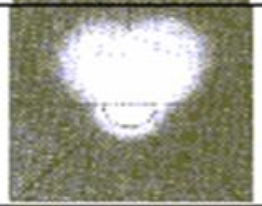
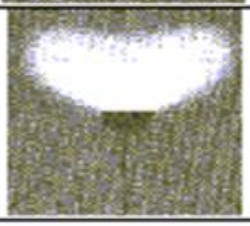
- TLLF(مجموع افتهای ناشی از عوامل مختلف)

- **TLLF:Total Light Loss Factor**

- وابسته به خصوصیات چراغ، چگونگی نظافت چراغها و سطوح و تناوب تعمیرات سیستم، درجه تمیزی صنعت از نظر انتشار ذرات، خصوصیات الکتریکی و سایر عوامل الکتریکی و مکانیکی سیستم

...

- **CU(ضریب بهره روشنایی سیستم)**
- **CU: Coefficient of Utilization**
- **وابسته به خصوصیات سیستم توزیع نور و چراغ و ضرایب انعکاس سطوح و ارتفاع طراحی**
- **CU: بین ۰/۱۵ تا ۰/۹**
- **TLLF و CU: عوامل محدودکننده برای سیستم روشنایی**

سیستم روشنایی	نسبت پخش نور به پائین	ضریب بهره روشنایی	شکل منحنی قطبی
مستقیم	٪۹۰-۱۰۰	۰/۴۵-۰/۷۵	
نیمه مستقیم	٪۶۰-۹۰	۰/۴۵-۰/۵۵	
پخش یکنواخت	٪۴۰-۶۰	۰/۳۵-۰/۴۵	
مستقیم - غیر مستقیم	٪۴۰-۶۰	۰/۳۵-۰/۴۵	
نیمه غیر مستقیم	٪۱۰-۴۰	۰/۲۵-۰/۳۵	
غیر مستقیم	٪۰-۱۰	۰/۱۵-۰/۲۰	

مراحل دوازده گانه طراحی روشنایی مصنوعی به روش نسبت ناحیه اتاق:

گام اول: انتخاب سیستم توزیع روشنایی

گام دوم: انتخاب چراغ و لامپ

گام سوم: تعیین متوسط شدت روشنایی عمومی مورد نیاز

گام چهارم: محاسبه RCR

گام پنجم: محاسبه و تعیین ضرایب انعکاس مؤثر سطوح داخلی

گام ششم: تعیین ضریب بهره روشنایی سیستم

گام هفتم: محاسبه مجموع افتها

گام هشتم: محاسبه توان نوری مجموع چراغها

گام نهم: محاسبه تعداد چراغ مورد نیاز

گام دهم: کنترل محاسبات

گام یازدهم: محاسبات چیدمان چراغها

گام دوازدهم: تدوین و ترسیم نقشه ها

گام اول: انتخاب سیستم توزیع روشنایی

- بهترین سیستم تابش نور روی سطح کار: تابش مستقیم(تابش ۹۰ تا ۱۰۰ درصد نور به پایین)

- هرچه تابش غیرمستقیم بیشتر، بهره نوری سیستم کمتر و نیازمند تعداد بیشتری از منابع روشنایی

گام دوم: انتخاب چراغ و لامپ

- لامپهای التهابی: عدم کارایی برای فضاهای بزرگ و ارتفاع بلند
- لامپهای فلورسنت: کارایی تا ارتفاع ۶ متر
- لامپهای گازی جیوه ای با فشار بالا:
  - دارای توان ۱۶۰ وات: تا ارتفاع ۷ متر کارایی دارند.
  - دارای توان ۲۵۰ وات: تا ارتفاع ۹ متر کارایی دارند.
  - دارای توان ۴۰۰ وات: تا ارتفاع ۱۲ متر کارایی دارند.
  - دارای توان ۱۰۰۰ وات: تا ارتفاع ۲۴ متر کارایی دارند.

- تعیین نوع لامپ و چراغ: متناسب با سیستم تابش نور، نوع منبع، توان نوری منبع و رنگ دهی مورد نیاز- منحنی قطبی چراغ
- نکته: برای ارتفاع بلند طراحی، منحنی قطبی چراغ باید کشیده و در ارتفاع کم باید پهن باشد.

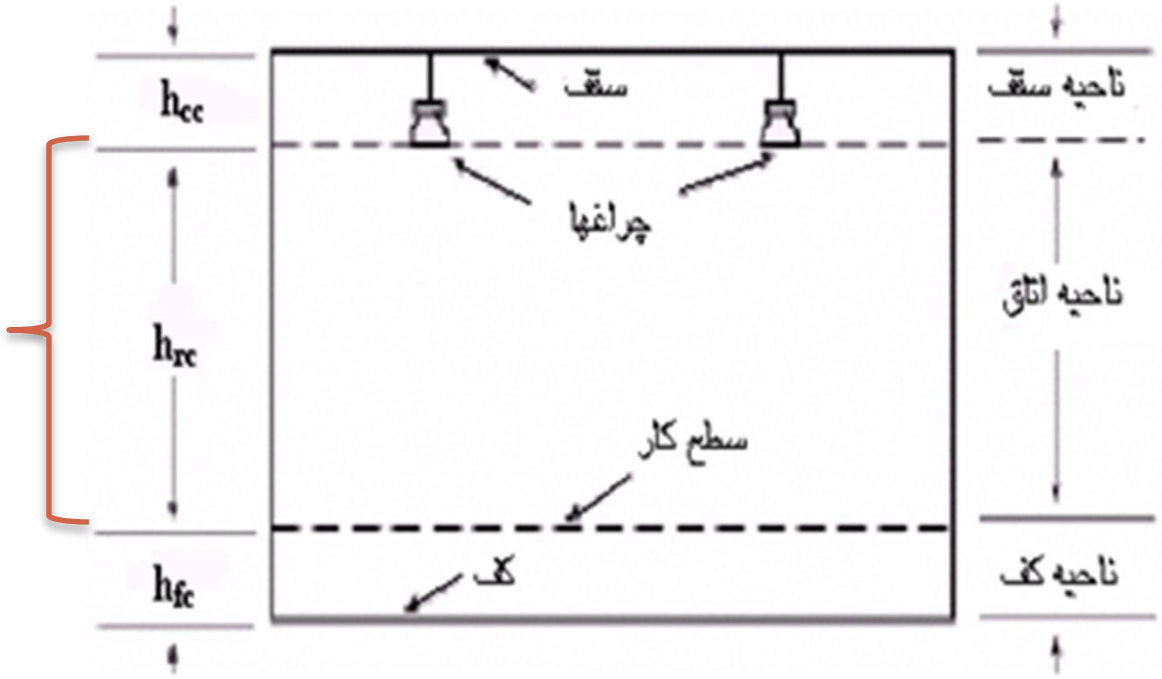
گام سوم: تعیین متوسط شدت روشنایی عمومی مورد نیاز

- شدت روشنایی عمومی مورد نیاز برای اماکن مختلف: تابع دقت و ظرافت کار
- حداقل شدت روشنایی: ۵۰ لوکس

خصوصیات مکان	مثال	شدت روشنایی مورد نیاز Lx
مکانهایی با تردد محدود افراد	انبارها یا زیرزمینها و راهروها	۵۰-۱۵۰
کارهای غیر دقیق یا خشن	بارگیری و تخلیه الوار یا تایر	۱۵۰-۲۰۰
کارهای با دقت متوسط	کارهای خدماتی و تولیدی	۲۰۰-۳۰۰
کارهای دقیق	کارهای تحریری یا مونتاژ قطعات	۳۰۰-۵۰۰

گام چهارم: محاسبه RCR

- ارتفاع طراحی: حدفاصل زیر دهانه چراغ تا سطح کار(h_{rc})(ناحیه اتاق)
- در طراحی روشنایی: ارجحیت با کاهش ارتفاع طراحی
- اغلب طراحی ها بر مبنای هم سطح بودن چراغها انجام می گردد.



....

- اساسی ترین کمیت در نعیین سایر مشخصات طراحی روشنایی مصنوعی داخلی: نسبت ناحیه اتاق(**RCR**)(بین ۰ تا ۱۰)
- کوچک بودن نسبت ناحیه اتاق ارجحیت دارد.

$$RCR = \frac{5h_{rc}(L+W)}{L.W}$$

- h_{rc}: ارتفاع ناحیه اتاق(ارتفاع طراحی)(متر)
- **L**: طول مکان(متر)
- **W**: عرض مکان(متر)

گام پنجم: محاسبه و تعیین ضرایب انعکاس مؤثر سطوح داخلی

- ضریب انعکاس پایین سطوح داخلی: باعث هدرروی روشنایی
- بالابودن ضریب انعکاس در سطوحی که در میدان دید است: باعث انعکاس آزاردهنده نور

...

$$\alpha_{avg} = \frac{\sum S_i \alpha_i}{\sum S_i}$$

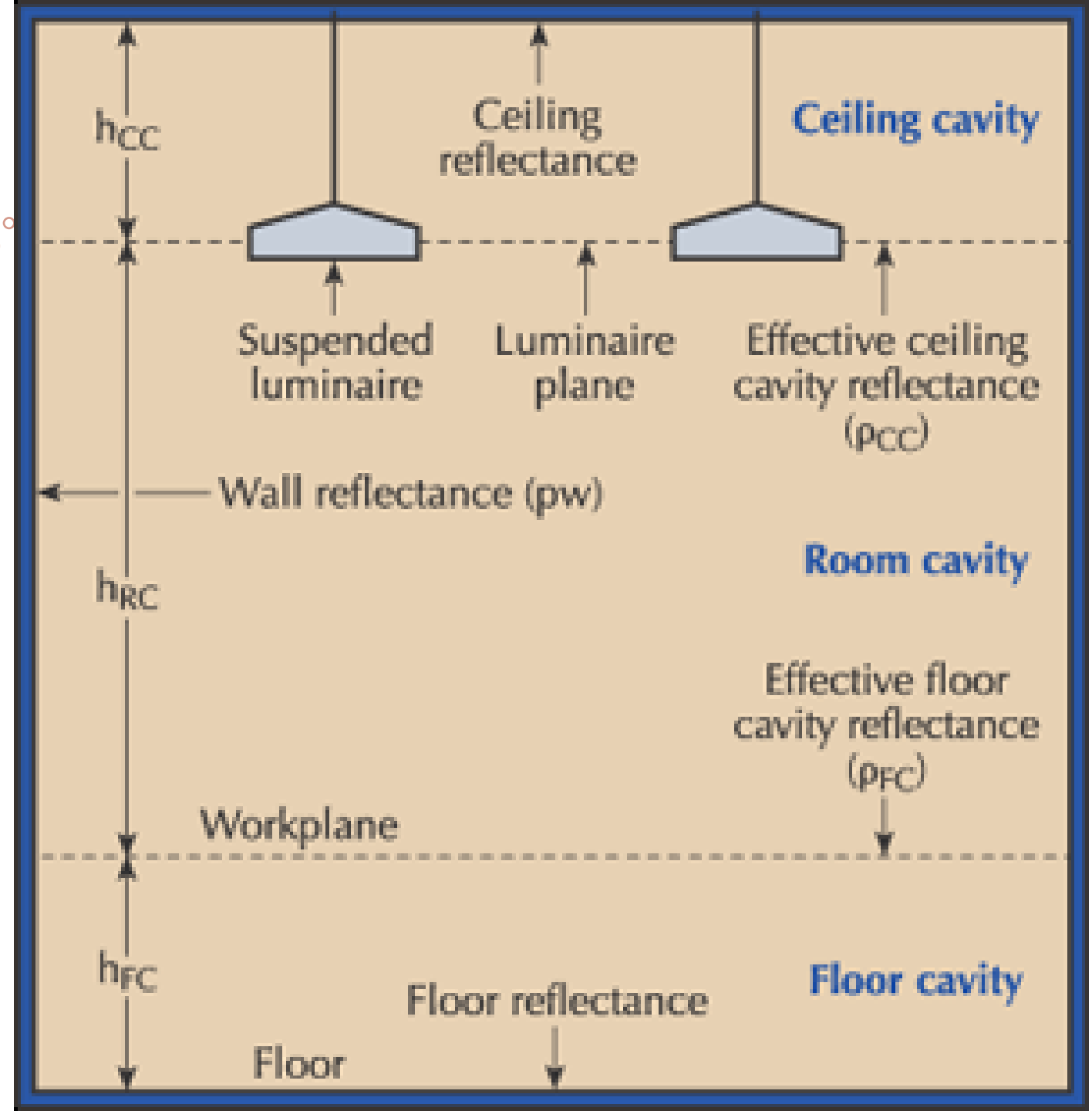
- α_{avg} : متوسط ضریب انعکاس هر سطح
- S_i : سطح جزئی
- α_i: ضریب انعکاس جزئی

...

در ادامه باید ضریب انعکاس مؤثر ناحیه سقف(ρ_{cc}) و کف(ρ_{fc}) با دانستن متوسط ضریب انعکاس سطوح(کف، سقف و دیوار)، نسبت ناحیه سقف(**CCR**) و نسبت ناحیه کف(**FCR**) از جدول مربوطه تعیین گردد.

$$\mathbf{CCR} = \frac{5h_{cc}(L+W)}{L.W}$$

$$\mathbf{FCR} = \frac{5h_{fc}(L+W)}{L.W}$$


h_{CC}
Ceiling reflectance
Ceiling cavity
Suspended luminaire
Luminaire plane
Effective ceiling cavity reflectance (ρ_{CC})
Wall reflectance (pw)
Room cavity
h_{RC}
Effective floor cavity reflectance (ρ_{FC})
Workplane
h_{FC}
Floor cavity
Floor reflectance
Floor

گام ششم: تعیین ضریب بهره روشنایی سیستم(CU) یا فاکتور بهره روشنایی(UF)

- این ضریب اغلب توسط سازنده برای هر نوع چراغ تعیین و در جدولی بهمراه کالا عرضه می شود.
- این ضریب بطور عملیاتی : بین ۰/۲ تا ۰/۹
- این ضریب با استفاده از جدول مشخصات فنی چراغ با داشتن RCR، متوسط ضریب انعکاس نور دیوار(و ف‌قس ه‌یحاذ رثؤم س‌اکعنا ب‌یرض و))ρ_w ناحیه کف تعیین می گردد.

گام هفتم: محاسبه مجموع افتها(TLLF)(فاکتور افت یا ضریب نگهداری سیستم)

مهمترین عوامل مؤثر بر TLLF:

- میزان تمیزی سطوح داخلی محیط کار
- چگونگی انتشار ذرات و بخارات در هوای محیط
- تناوب تعویض لامپهای سوخته
- تناوب و نحوه نظافت چراغها و سطوح
- خصوصیات و مشخصات فنی چراغ و لامپ
- ماهیت و خصوصیات فرایند کار و نیازهای محیط
- خصوصیات الکتریکی سیستم
- دمای محیط

...

- اثر کوچک بودن مجموع افتها در طراحی، بصورت افزایش در تعداد چراغها نمایان می گردد.
- در شرایط مساوی از نظر **CU**، چراغی بهتر است که فاکتور افت بزرگتری داشته باشد.
- کیفیت فنی چراغ، بالا بودن استاندارد ساخت و عدم نیاز به مراقبت دائمی: مؤثر در افزایش این فاکتور
- در بهترین وضعیت: مقدار عددی این فاکتور کمتر از ۰/۸ است.

...

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

- **TF**: عامل دما
- **VF**: عامل ولتاژ برق
- **RSDD**: افت سطوح داخلی بنا در اثر گردوغبار محیط و کثیفی سطوح
- **LDD**: افت در اثر کثیفی سطح چراغ
- **LLD**: افت لومن لامپ در اثر کارکرد(حدوداً ۰/۹۳)
- **LBF**: درصد لامپهای سوخته(اغلب برابر ۰/۰۵)
- **LSD**: افت در اثر تغییر سطوح داخلی کاسه چراغ
- **BF**: عامل افت بالاست یا بالاست چراغ

گام هشتم: محاسبه توان نوری مجموع چراغها

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

φ_t : مقدار کل شار نوری مورد نیاز(لوکس)

گام نهم: محاسبه تعداد چراغ مورد نیاز

$$n = \frac{\phi_t}{\phi_l}$$

n: تعداد چراغ موردنیاز

φ_t : مقدار کل شار نوری مورد نیاز (لومن)

φ_l : مقدار شار نوری هر واحد چراغ(لومن)

گام دهم: کنترل محاسبات

- متوسط شدت روشنایی در شروع بهره برداری:

$$E_{avg.max} = \frac{\varphi_l \times n \times CU}{A}$$

- متوسط شدت روشنایی در نیمه عمر لامپ:

$$E_{avg.min} = E_{avg.max} \times TLLF$$

- در یک طراحی قابل قبول، نباید نسبت شدت روشنایی در نیمه عمر کمتر از ۶۰ درصد میزان آن در شروع بهره برداری باشد و هرچه این نسبت ضعیف تر باشد، کارایی و توجیه اقتصادی طرح ضعیف تر است.

گام یازدهم: محاسبات چیدمان چراغها

- باید فواصل چراغها در دوطرف برابر و منتظم باشد.
- تعیین تعداد ردیف چراغ و تعداد چراغ در هر ردیف: اولین قدم در چیدمان(وابسته به نسبت طول و عرض مکان و تعداد کل چراغها)
- به هرحال نسبت تعداد چراغ در هر ردیف به تعداد ردیفها باید حدوداً برابر با نسبت طول به عرض مکان باشد.

$$\frac{N}{M} \approx \frac{L}{W}$$

- تعیین مقادیر **M**(تعداد ردیف چراغها) و **N**(تعداد چراغ در هر ردیف):

$$\frac{L}{x} \times \frac{W}{x} = \mathbf{n} \ , \quad \frac{L}{x} = \mathbf{N} \ , \quad \frac{W}{x} = \mathbf{M}$$

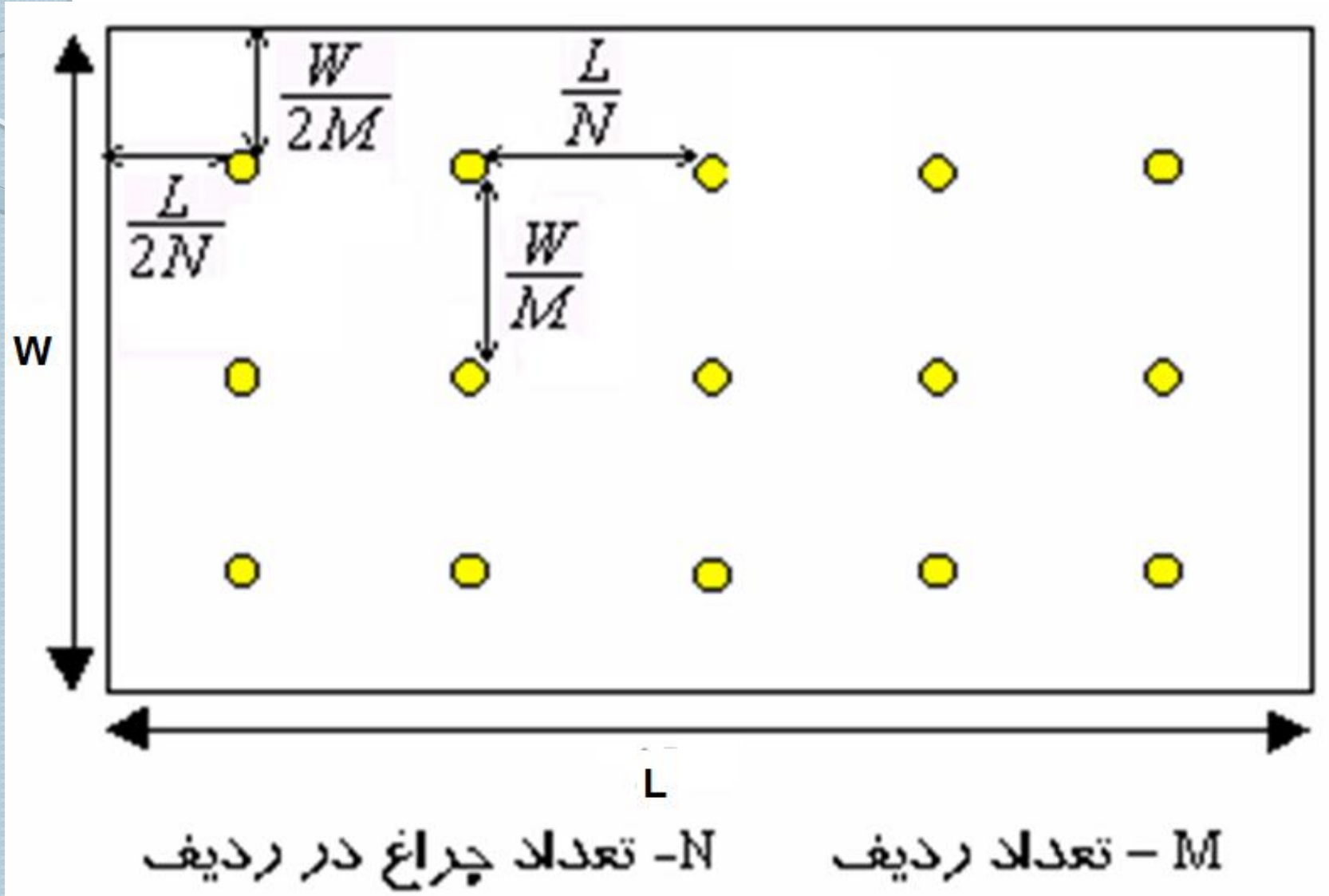
x: پارامتر تعیین نسبت

...

محاسبات مربوط به تقسیم فاصله چراغها در طول و عرض مکان:

- $\frac{L}{2N}$: فاصله چراغ تا دیوار در طول هر ردیف
- $\frac{L}{N}$: فاصله دو چراغ در طول هر ردیف
- $\frac{W}{2M}$: فاصله چراغ تا دیوار در ردیفهای مجاور دیوار
- $\frac{W}{M}$: فاصله ردیفها یا فاصله چراغها در دو ردیف مجاور

نحوه چیدمان چراغها



...

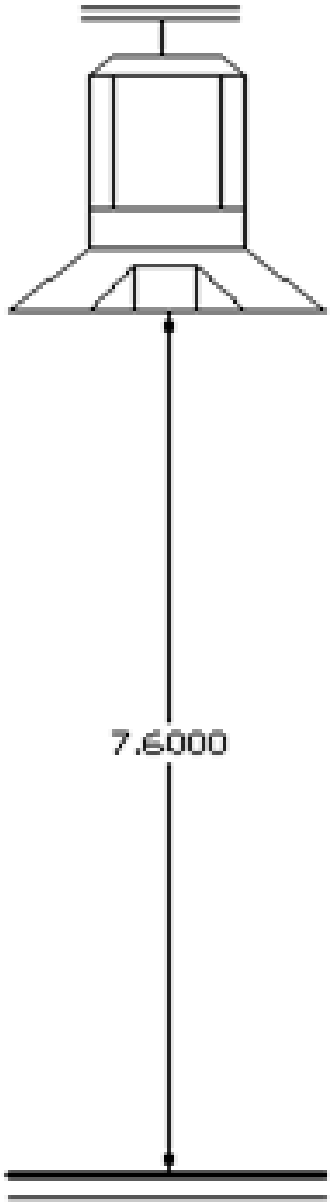
ملاحظات:

- بایستی مقادیر فواصل چراغها در طول و عرض مکان حتی الامکان برابر باشد.
- نباید مقدار فواصل از ارتفاع طراحی بیشتر شود.
- درصورتیکه در مرحله چیدمان چراغها، تعداد آنها باتوجه به نظر طراح تغییر کند، لازم است که مرحله کنترل محاسبات دوباره تکرار گردد.

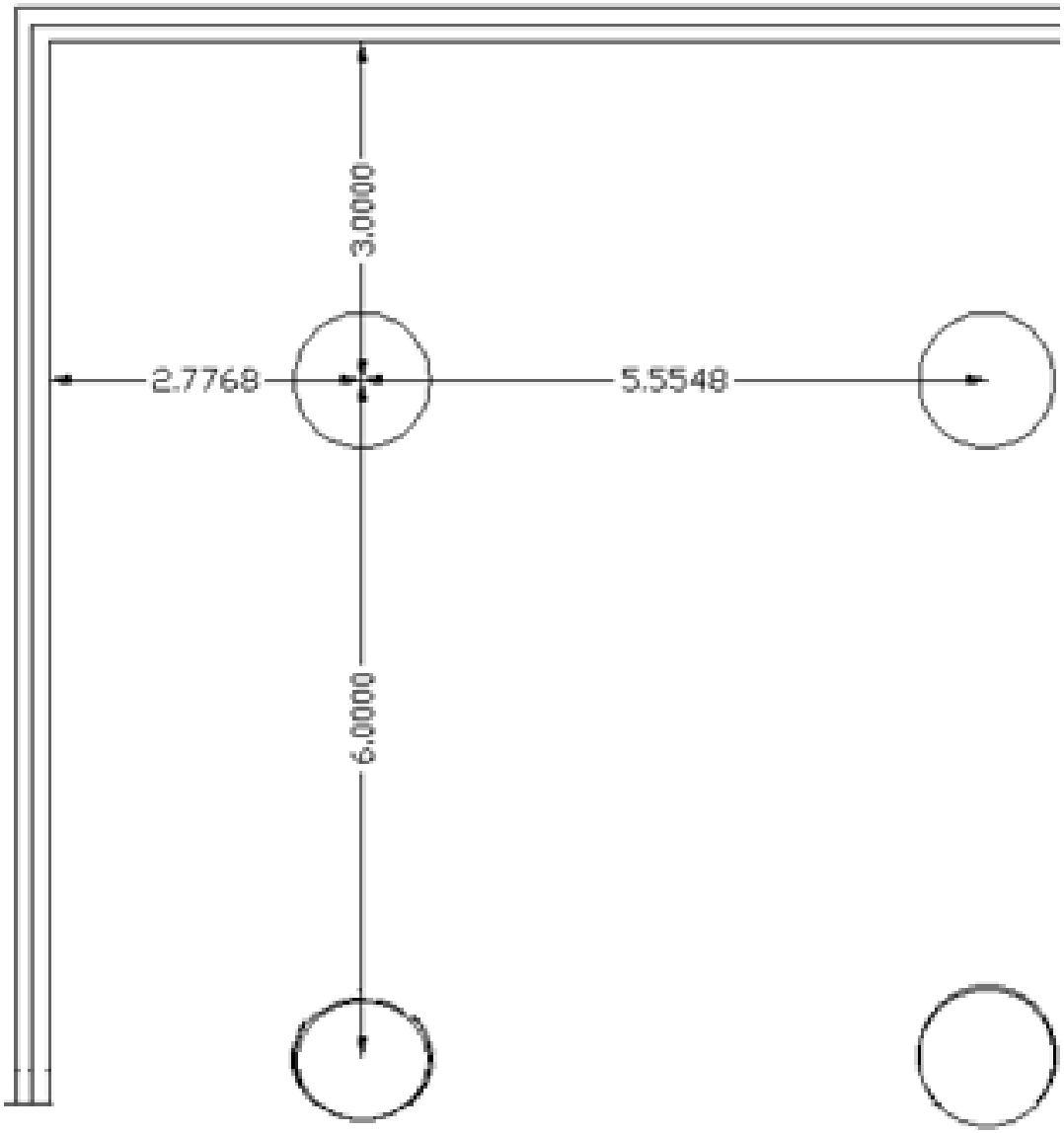
گام دوازدهم: تدوین و ترسیم نقشه ها

- نقشه ها لازم است دارای پلان عمودی نصب چراغ با جزئیات مربوطه و پلان افقی با جزئیات تعیین فواصل چراغها و سایر جزئیات مورد نظر برای نصب آنها باشد.
- تکمیل جدول مربوط به خلاصه محاسبات

نمونه پلان نصب عمودی یک چراغ



نمونه پلان افقی نصب ۴ چراغ گوشه

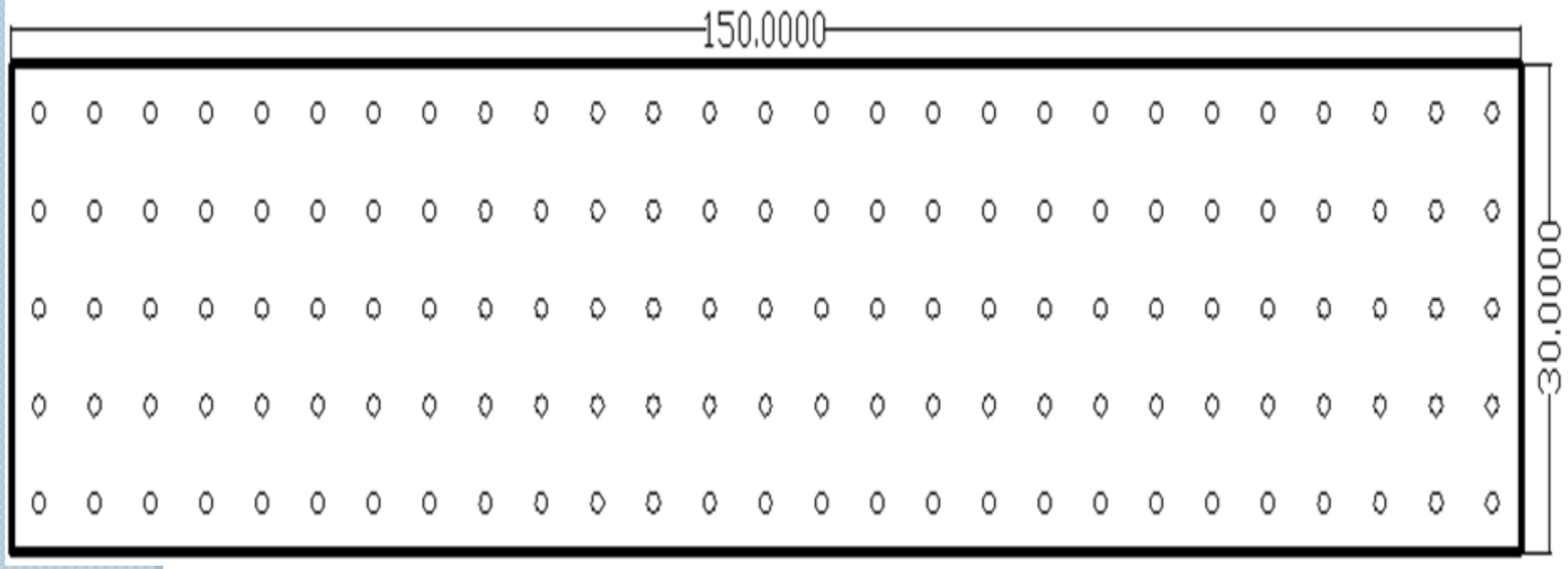


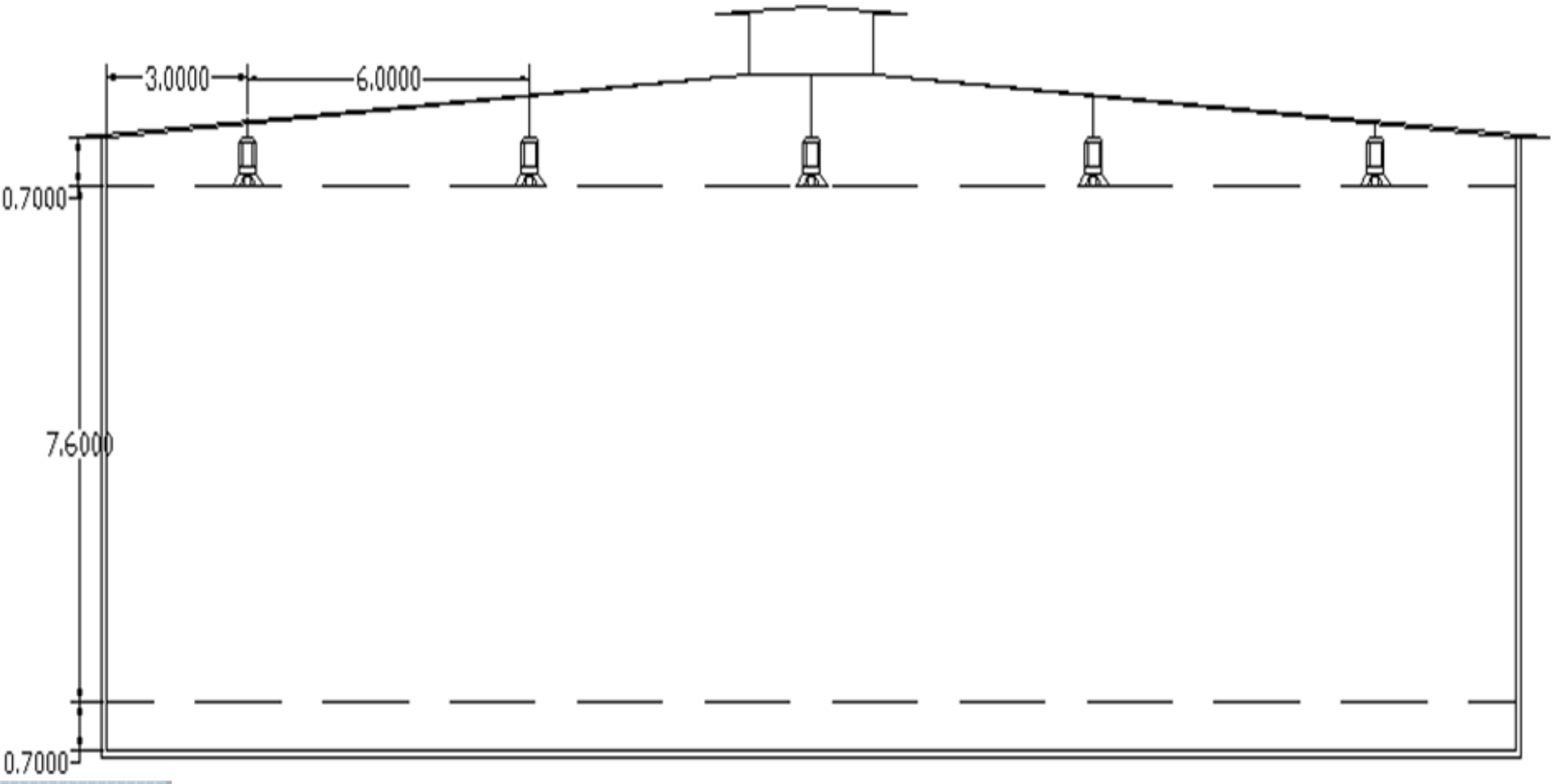
نمونه جدول خلاصه محاسبات طراحي

نام پروژه : طراحی روشنایی کارخانه صنایع فلزی | مشخصات مهم : | نوع فعالیت : ماشین افزار

سیستم روشنایی مورد نیاز : مستقیم | ملاحظات ویژه : | کد طرح :

ردیف	وضعیت کارگاه	مقادیر	ردیف	کمیات طراحی	مقادیر
۱	طول کارگاه m	150	۱۶	رنگ دهی(درصد)	65
۲	عرض کارگاه m	30	۱۷	عمر لامپ(هزار ساعت)	24
۳	مساحت m^2	4500	۱۸	توان الکتریکی چراغ W	250
۴	ارتفاع جانبی m	9	۱۹	توان نوری چراغ(lumen)	15000
۵	ارتفاع تاج (حداکثر) m	10.05	۲۰	شدت روشنایی مورد نیاز (lux)	250
۶	ارتفاع سطح کار m	۰.۷	۲۱	ضریب نگهداری چراغ TLLF	0.702
۷	ارتفاع نصب چراغ از سطح کار(ارتفاع طراحی)m	۷.۶	۲۲	ضریب بهره نوری سیستم روشنایی CU	0.795
۸	ارتفاع آویز چراغ m	0.7	۲۳	ضریب بهره اصلاح شده سیستم روشنایی	1.043
۹	متوسط ضریب انعکاس سقف	۰.۷	۲۴	توان نوری مجموع مورد نیاز سیستم lm	2015803.903
۱۰	ضریب انعکاس موثر سقف	۰.۶۷	۲۵	تعداد چراغ مورد نیاز	135
۱۱	متوسط ضریب انعکاس دیوار	۰.۴۸	۲۶	فاصله مجاز چراغها m	7.4
۱۲	متوسط ضریب انعکاس کف	۰.۲۸	۲۷	فاصله چراغها در عرض بنا m	6
۱۳	ضریب انعکاس موثر کف	۰.۲۷۲	۲۸	فاصل چراغهادر طول بنا m	5.555
۱۴	RCR محاسبه شده	۱.۵۲	۲۹	شدت روشنایی هنگام اجرا lux	357.75
۱۵	نوع و شماره چراغ : گازی جیوه ای	۱۷	۳۰	شدت روشنایی در نیمه عمر لامپ lux	251.14


150.0000
30.0000


3.0000
6.0000
0.7000
7.6000
0.7000

طراحی روشنایی موضعی:

روشنایی موضعی در برخی از پستهای کار:

بدلیل نیاز به شدت روشنایی بالاتر از میزان

پیش بینی شده برای روشنایی عمومی

اصول راهنما برای طراحی مطلوب روشنایی موضعی:

- طیف نور منبع باید حداقل نیاز محدوده دید را از نظر رنگ دهی تأمین نماید.
- فاصله منبع روشنایی نباید بالاتر از ۲ متر از سطح کار بوده و یا بیش از حد به موضع کار نزدیک باشد.
- زاویه تابش باید بنحوی باشد که سایه سر، بدن یا دستها روی موضع کار نیفتد.
- منبع روشنایی نبایستی در مسیر دید شاغل یا افراد نزدیک به او قرار داشته باشد.

...

- حتی الامکان از منبع روشنایی با سطح وسیع و درخشندگی پایین استفاده شود.
- کلیه سطوح براق و منعکس کننده روی موضع کار بایستی با لایه مناسب پوشانده شود.
- بهتر است قرارگیری چراغ در محدوده معین توسط فرد شاغل انجام شود تا بیشترین راحتی برای وی تأمین گردد.
- آموزشهای لازم در مورد بهره گیری از روشنایی موضعی به فرد استفاده کننده داده شود.

روش طراحی روشنایی موضعی:

- رابطه کلیدی:

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

E: شدت روشنایی روی موضع کار(لوکس)

I: شدت نور منبع(کاندلا)

d: فاصله منبع تا سطح کار بصورت قائم یا مایل(متر)

θ : زاویه تابش نور روی سطح کار

...

- ابتدا باید شدت روشنایی مورد نیاز تعیین شود.
- سپس با تعیین موقعیت نصب و فاصله مؤثر و زاویه تابش روی سطح افقی یا عمودی، شدت نور منبع تعیین می گردد.

- برای تابش روی سطح افقی $$\mathbf{I} = \frac{E \times d^2}{\cos \theta}$$
- برای تابش روی سطح عمودی $$\mathbf{I} = \frac{E \times d^2}{\sin \theta}$$

...

- با داشتن شدت نور منبع، تعیین مشخصات و نوع آن و ضریب کلی بهره روشنایی در تابش مستقیم باتوجه به منحنی قطبی چراغ، می توان توان الکتریکی(P_t) آنرا محاسبه نمود.

جمع بندی

منابع:

- “Lighting Handbook”, IESNA, 2000
- "مهندسی روشنایی"، دکتر کلهر، ۱۳۹۰
- "مهندسی روشنایی"، دکتر گلمحمدی، ۱۳۸۹
- "اصول طراحی روشنایی از دیدگاه ایمنی و بهداشت"، اسمیت، ترجمه مهندس احمدیان تازه محله، ۱۳۸۸
- "روشنایی در بهداشت و ایمنی"، دکتر کاکویی، ۱۳۸۳

موفق باشید