

میرزا محمد تقی

# روشنائی محیط کار

• واحد تئوری

۱. نمره حضور و غیاب

۲. نمره گزارش کار آزمایشگاه

۳. نمره پروژه طراحی روشنائی

• واحد عملی

## منابع:

- مهندسی روشنائی، دکتر رستم گل محمدی
- روشنائی در بهداشت و ایمنی، دکتر حسین کاکوئی و سید ابوالفضل ذاکریان
- مهندسی روشنائی، دکتر حسن کلهر
- طراحی روشنائی محیط کار، محمد رنجبریان
- Lighting Handbook IESNA, New York

هدف کلی درس : آشنایی با کمیت و کیفیت روشنایی ، کسب توانایی طراحی سیستم روشنایی و نحوه بکارگیری صحیح منابع روشنایی

رئوس مطالب: (۱۷ ساعت نظری - ۳۴ ساعت عملی)

الف) نظری :

- مفاهیم و تعاریف مربوط به نور
- مبانی روشنایی (قوانین روشنایی - کمیات اندازه گیری روشنایی ، توان نوری منابع ، درخشندگی ، شدت روشنایی ، ضرایب بهره ...)
- عوامل موثر بر دید و فیزیولوژی بینایی
- شناخت و نحوه بکارگیری لامپ ها و چراغ ها (انواع لامپ و چراغ - کاربرد - منحنی قطبی پخش نور دسته بندی حفاظتی چراغ ها - مشخصات لامپ ها از نظر طول موج - دما - آلودگی نور
- آشنایی با ابزارهای سنجش روشنایی و درخشندگی
- اندازه گیری روشنایی محیط های کار ( شامل روشنایی عمومی و موضعی ) براساس روشهای IESNA و Room Ratio
- ارزیابی روشنایی از نظر کمیت و کیفیت ، گزارش نویسی
- تامین روشنایی طبیعی ( آشنایی با منابع شامل خورشید - زمین - آسمان ) - پنجره ها - ضرایب انعکاس داخلی
- طراحی روشنایی مصنوعی ( داخلی )

ب) عملی :

- کار با انواع فتومترها
- اندازه گیری روشنایی عمومی
- اندازه گیری روشنایی موضعی - درخشندگی
- اندازه گیری تمرینی روشنایی در یکی از محیط های کاری ترجیحاً صنایع - گزارش نویسی
- انجام پروژه ساده طراحی روشنایی طبیعی
- انجام پروژه طراحی روشنایی مصنوعی ( داخلی )



## ماهیت نور:

✓ نور بخشی از طیف امواج الکترومغناطیس است که توسط سلولهای گیرنده شبکه چشم انسان دریافت و پس از ارسال به مغز کمیت و طیف آن درک می شود.

✓ امواج نورانی در محدوده ۳۸۰-۷۶۰ نانومتر بصورت طیف رنگی قابل رویت هستند که از نور بنفش (کمترین طول موج) شروع و به نور قرمز (بیشترین طول موج) ختم می شود.

قرمز نارنجی زرد سبز آبی نیلی بنفش

← Increasing energy →



→ Increasing wavelength →

0.0001 nm   0.01 nm   10 nm   1000 nm   0.01 cm   1 cm   1 m   100 m

Gamma rays

X-rays

Ultra-violet

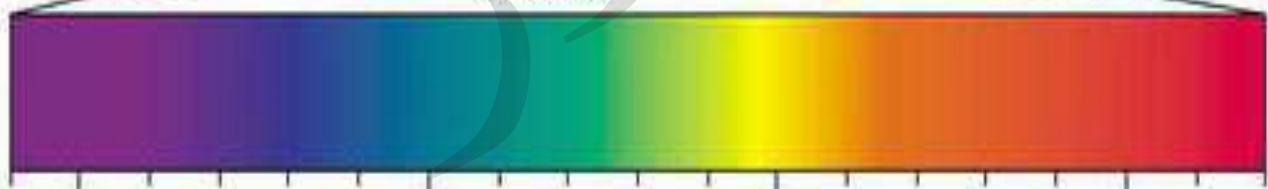
Infrared

Radio waves

Radar TV FM

AM

Visible light



400 nm

500 nm

600 nm

700 nm

## مهمترین تئوری ها برای بیان ماهیت نور:

یونانیان اعتقاد داشتند نور از ذرات کوچکی تشکیل شده که این ذرات از چشم خارج می شود به اجسام برخورد می کند و باعث رویت می شود.

۱- تئوری ذره ای نور (تئوری نیوتنی):

ارسطو نظریه بالا را اصلاح کرد و گفت نور از ذرات کوچکی تشکیل شده است که از اجسام تابش می شود و در اثر برخورد به چشم باعث رویت می شود. اما از آنجائی که این تئوری توسط نیوتن بیان شد به تئوری ذره ای نیوتنی معروف است. این تئوری پدیده تداخل نور را نمی تواند توجیه کند.

## تئوری موجی نور (تئوری هویگنس)

براساس این تئوری نور از نوسانات مولکولی اجسام نورانی یا ملتهب ناشی می شود و از چشمه های نوری بصورت موج به تمام جهات پخش می شود منتشر و در برخورد با چشم بر اعصاب بینائی اثر گذاشته و باعث دیدن می شود.



## تئوری امواج الکترومغناطیسی (تئوری ماکسول):

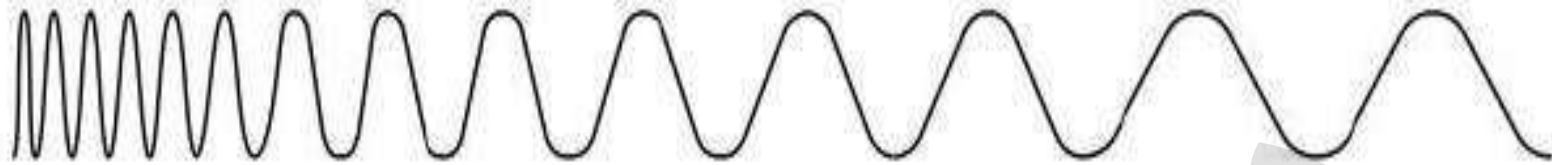
این تئوری نظریه موجی بودن نور را تقویت می کند و بر اساس این تئوری نور مرئی قسمت کوچکی از طیف الکترومغناطیسی می باشد که از پرتو گاما (کمترین طول موج و بیشترین فرکانس و انرژی) شروع و به امواج رادیوئی (بیشترین طول موج و کمترین فرکانس و انرژی) ختم می شود.

موج رادیوئی، مادون قرمز، نور مرئی، ماوراء بنفش، پرتو ایکس، پرتو گاما



به ترتیب افزایش انرژی = افزایش فرکانس = کاهش طول موج

← Increasing energy →



→ Increasing wavelength →

0.0001 nm   0.01 nm   10 nm   1000 nm   0.01 cm   1 cm   1 m   100 m

Gamma rays

X-rays

Ultra-violet

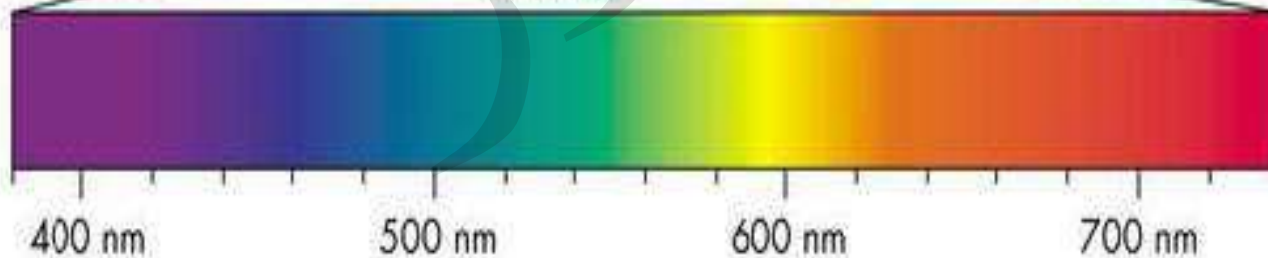
Infrared

Radio waves

Radar TV FM

AM

Visible light



400 nm

500 nm

600 nm

700 nm

## تئوری کوانتوم (پلانک)

تئوری ذره ای نور را تقویت می کند و پلانک اعلام کرد نور بصورت ذرات کوچک و مجزا از هم تولید و جذب می گردند. یک الکترون در اتم با جذب انرژی از یک مدار به مدار بالاتر پرتاب می گردد و در بازگشت انرژی دریافتی را به صورت واحدهای کوچکی (که بعدها انیشتن آنها را فوتون نامید) بازپس می دهند و فوتونها در اثر برخورد با چشم بصورت نور درک می شوند.

$$E = h.f$$

E : انرژی هر فوتون

h : ثابت پلانک  $6.626 \times 10^{-34}$

F : فرکانس فوتون

# تئوری مکانیک موجی (بروگلی و شرودینگر)

تلفیقی از تئوری موجی و ذره ای است. در پدیده فتوالکتریک ماهیت ذره ای نور و در مورد امواج الکترومغناطیس ماهیت موجی نور را می پذیرد.

# آناتومی و فیزیولوژی چشم

✓ چشم به صورت کره با قطر تقریبی ۲۵ میلی متر می باشد و حرکات چشم توسط ۶ ماهیچه متقارن در جهات مختلف انجام می شود.

چشم ۳ لایه دارد:

✓ **لایه خارجی (صلبیه):** پرده محکم و سفید رنگی است که دارای عروق خونی می باشد. صلبیه در قسمت جلوی چشم شفاف است و قرنیه نامیده می شود.

✓ **لایه دوم (مشیمیه):** حاوی عروق خونی می باشد و لایه تغذیه کننده بافت

چشم است و به دلیل رنگ تیره از انتقال نور به داخل چشم جلوگیری می

کند. مشیمیه در قسمت جلوی چشم عنبیه است که رنگ چشم افراد به

خاطر عنبیه است در مرکز آن مردمک قرار دارد که متناسب با شدت نور

تنگ و گشاد می شود.

➤ در پشت مشیمیه عدسی قرار دارد که فاقد عروق خونی است و به واسطه ماهیچه هائی که به عدسی کمک می کند تصویر روی لایه سوم می افتد.

➤ اگر جسمی نزدیک باشد عدسی چشم کشیده می شود و وقتی دور باشد عدسی شل و آزاد می شود.

➤ **لایه سوم (شبکیه):** اعصاب بینائی روی آن قرار دارد و وقتی نور به این سلولها برخورد می کند سلولها تحریک شده و پیام را به مغز می فرستند و فرمان بینایی می دهند.

**نور قبل از اینکه داخل شبکیه شود از لایه های زیر عبور می نماید:**

✓ قرنیه

✓ اتاقک قدامی

✓ مردمک

✓ عدسی

✓ مایع زجاجیه (مایع داخل چشم)

زلالیه مایع بین قرنیه و عدسی است.

• در محل خروج اعصاب بینایی کمترین تعداد سلول عصبی وجود دارد که به آن نقطه کور می گویند که اگر تصویر در این نقطه تشکیل شود دیده نمی شود و به جایی که بیشترین تعداد سلولهای گیرنده نور وجود دارد **لکه زرد** یا **فووا (Fovea)** گفته می شود که فقط از مخروط های طویل و نازک تشکیل شده است.



Cone مخروطی

Rod میله ای

## سلولهای گیرنده نور در شبکیه:

حدود ۱۲۵ میلیون سلول میله ای و ۷ میلیون سلول مخروطی وجود دارد. ✓

سلولهای مخروطی در درخشندگی بالا فعالند و به ما اجازه می دهند جزئیات ✓

رنگ را مشاهده کنیم و این نوع بینایی فتوپیک (photopic) نامیده می شود.

با کاهش درخشندگی (مثل نور جاده ها) از حساسیت سلولهای مخروطی

کاسته می شود که به این دید مزوپیک (Mesopic) گفته می شود. در تاریکی

سلولهای مخروطی غیرفعال می شوند و فقط سلولهای استوانه ای فعالیت می

کنند که منجر به بینایی خاکستری و دید اسکوتوپیک (Scotopic) می شود.

## تطابق به نور:

▶ با قرار گرفتن در معرض نور شدید مواد شیمیایی حساس به نور که در استوانه و مخروط هستند به رتینال و ردوپسین تجزیه می شوند و مقداری رتینال هم به ویتامین A تبدیل می شود. به این دو دلیل غلظت مواد شیمیایی حساس به نور کم شده و از حساسیت چشم به نور کم می شود.

## تطابق به تاریکی:

▶ در تاریکی تمام رتینال و ردوپسین موجود در استوانه و مخروط به پیگمان حساس به نور تبدیل می شود و ویتامین A نیز به رتینال تبدیل می شود که آن هم به پیگمانهای حساس به نور تبدیل می شود.

## عوامل مؤثر بر دیدن:

۱- **اندازه شی یا تصویر:** هر چه اندازه جسم و جزئیات آن کوچکتر و فاصله آن از چشم دورتر باشد رویت آن مشکلتر خواهد بود.

۲- **تباین:** تباین عبارت است از اختلاف نسبی بین درخشندگی (یا ضریب انعکاس) تصویر یا شی با زمینه آن.

هر چه تباین کمتر باشد رویت یک جسم در زمینه آن مشکلتر خواهد بود. عدد تباین بین ۱۰ و ۱ متغیر است و برای دیدن این عدد باید بیشتر از ۰/۵ باشد.

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

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

$L_1$  = درخشندگی بیشتر (شیء یا زمینه)

$L_2$  = درخشندگی کمتر (شیء یا زمینه)

## مثال:

اگر درخشندگی یک جسم ۰/۶ و درخشندگی زمینه آن ۰/۳ باشد  
تباين چقدر است؟

$$\frac{0.6 - 0.3}{0.6} = 0.5$$

۳- طول زمان رویت: هر چه مدت زمانی که تصویر در میدان دید قرار

میگیرد کوتاهتر باشد تشخیص آن مشکلتر خواهد بود.

حداقل زمان لازم برای تشخیص ۰/۱۷ ثانیه خواهد بود.

۴- طول موج نور یا طیف بازتابی: چشم در مقابل تمام طیف حساسیت

یکسان ندارد. بیشترین حساسیت چشم در روز در طول موج ۵۵۵

نانومتر و در شب در طول موج ۵۰۷ نانومتر است.

۵- ضریب انعکاس سطوح: هرچه ضریب انعکاس سطوح کمتر باشد دیدن

مشکلتر خواهد بود.

## ضریب انعکاس نور برخی مصالح و رنگها

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

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

## ۶- شدت روشنایی:

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

# کمیات اندازه گیری روشنایی:

الف: کمیات فتومتری انرژی (کمیات مطلق)

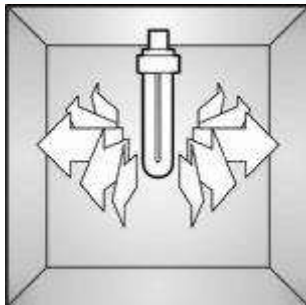
ب: کمیات فتومتری روئیتی

✓ کمیات انرژی براساس مقادیر مطلق فیزیکی بیان می شود.

✓ واحدهای روئیتی جنبه قراردادی دارند در مباحث اندازه گیری و طراحی

سیستم های روشنایی بجای مقادیر مطلق از مقادیر روئیتی استفاده می شود.





# کمیات سنجش روشنایی

## ۱- شار نوری منبع:

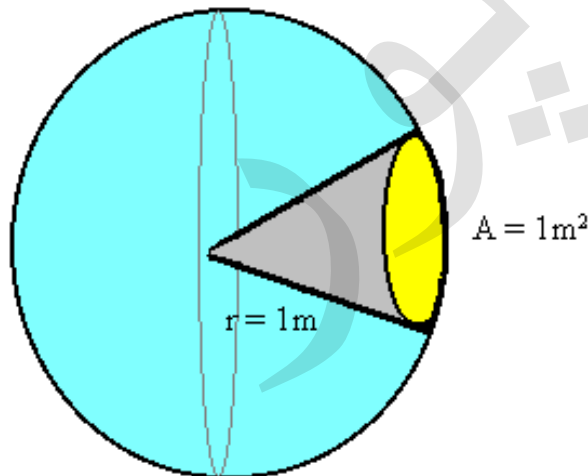
- شار نورانی منبع یا توان نوری منبع عبارتست از میزان نور ساطع شده از منبع نورانی که با واحد لومن  $Lm$  بیان می‌گردد و با  $\Phi$  نشان داده می‌شود.
- در مقیاس انرژی شار نوری را با واحد وات نشان می‌دهند که میزان انرژی تابشی در واحد زمان است.
- یک لومن، میزان نور یا شار نورانی است که از هر استرادیان زاویه فضایی خارج می‌شود.

# یک استرادیان: زاویه فضایی است که از سطح کره ای به

شعاع یک متر، سطح یک مترمربع را جدا می کند و بصورت مخروطی

است که راس آن در مرکز کره و مساحت قاعده آن واحد سطح است.

$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$



$\Omega$ : زاویه فضایی (sr)

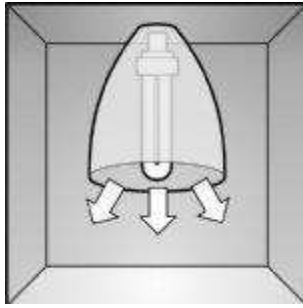
A: مساحت قاعده ( $m^2$ )

R: شعاع (m)

- شار عبوری از سطح کره در هر زاویه فضایی حائز اهمیت است. سطح کره با شعاع واحد به صورت زیر محاسبه می شود:

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

- این عدد هم سطح کره ای و هم تعداد زاویه های فضایی آن کره را نشان می دهد.



## ۲- شدت نور منبع:

➤ در سال ۱۸۸۴ شدت نور تابیده شده از شمع هفتر در سطح افق به عنوان استاندارد قرار گرفت که یک لامپ روغن سوز بود که با استات آمیل می سوخت.

➤ در سال ۱۹۱۹ شدت نور تابیده شده از لامپ الکتریکی زغالی در صفحه افق به عنوان استاندارد قرار گرفت که شمع بین الملل نامیده می شد. به علت تبخیر زغال این استاندارد نمی توانست دقت خود را حفظ کند بنابراین شمع استاندارد در سال ۱۹۸۴ مورد استفاده قرار گرفت که با کاندلا بیان می شود.

▶ **یک کاندلا**،  $1/60$  شدت نور ناشی از یک منبع نورانی با سطح  $1 \text{ cm}$  از جسم سیاه در درجه انجماد پلاتین ( $2045^\circ\text{k}$ ) در فشار یک اتمسفر ( $101325 \text{ Pa}$ ) است.

▶ **شدت نور منبع**، با نماد  $I$  و با واحد شمع استاندارد یا کاندلا  $\text{cd}$  بیان می‌گردد.

▶ وقتی می‌گوییم شدت نور یک منبع یک کاندلاست یعنی در هر زاویه فضایی یک لومن شار نورانی تابش می‌کند.

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

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

•  $I$ : شدت نور (کاندلا)

•  $\Phi$ : شار نوری (لومن)

•  $A$ : مساحت کره (متر مربع)

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

## مثال:

اگر شدت نور یک منبع با تابش گروهی ۲۰۰ کاندلا باشد شار نوری آن چند لومن است؟ در صورتی که این لامپ به ازای هر وات توان ۱۵/۵ لومن شار تولید کند لامپ چند وات است؟

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

$$200 \times 12.57 = 2514$$

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

$$2514 \div 15.5 = 162.2$$

اگر منبعی با تابش کروی دارای شار نوری ۵۰۰ لومن باشد شدت نور آن برابر چند کاندلا است؟

$$\frac{500}{12.57} = 39.77$$



## ۳ - شدت روشنایی (E):

شدت روشنایی با نماد E، عبارتست از میزان شار نورانی دریافت شده توسط یک سطح معین

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

E: شدت روشنایی  
 $\Phi$ : شار نوری (لومن)  
A: سطح

واحد آن لومن بر متر مربع ( لوکس Lux ) یا لومن بر فوت مربع (فوت کاندل

Foot candle) می باشد (هر فوت کاندل معادل ۱۱ لوکس می باشد  $fc = 11 \text{ lux}$ ).

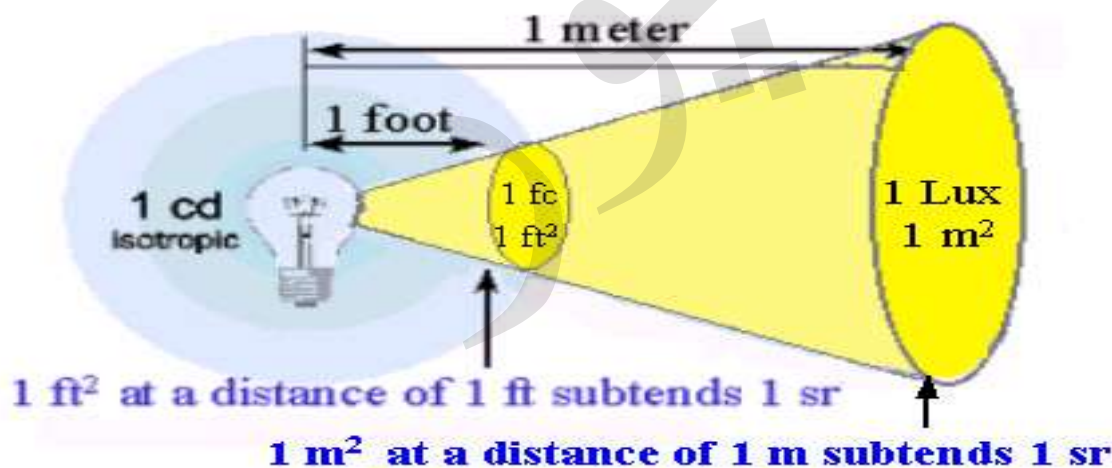
واحد بین‌المللی شدت روشنایی لوکس است.



❖ **یک 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.

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

❖ در مقیاس انرژی‌تیک شدت روشنایی میزان انرژی تابشی است که در واحد زمان بر واحد سطح تابیده می‌شود که با  $w/m^2$  نشان داده می‌شود.



به طور عمومی می توان با داشتن شدت نور منبع در هر فاصله ای شدت روشنایی ناشی از آن را روی سطوح عمود بر آن محاسبه نمود.

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

- E: شدت روشنایی در فاصله r
- I: شدت نور منبع (کاندلا)
- r: فاصله از منبع (متر)

## مثال:

یک لامپ ۲۰۰ واتی دارای شار نورانی ۳۵۰۰ لومن است. شدت روشنایی این منبع در فاصله یک متری چند لوکس و چند فوت کندل است؟

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

$$I = \frac{3500}{12.57} = 278.44cd$$

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

چون در فاصله یک متری است شدت روشنایی این منبع معادل ۲۷۸/۴۴ کاندلا یا

۲۷۸/۴۴ لوکس است.

در صورتی که شار نوری یک لامپ رشته ای ۲۰۰ وات برابر با ۱۴۰۰ لومن باشد، شدت روشنایی حاصل از منبع فوق در فاصله یک متری چند لوکس است؟

$$E_{(lux)} = \frac{I}{r^2}$$

$$I = \frac{\text{شار نوری}}{12.57} = \frac{1400}{12.57} = 111$$

$$E = \frac{111}{1} = 111$$

## ۴- درخشندگی یا چگالی نور (L)

شدت نوری است که از یک سطح یا از یک منبع روشنایی به خارج ساطع می‌گردد. به عبارت دیگر این کمیت بیان کننده چگالی نور در منبع تولید یا در روی سطوح بازتابشی است.

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

L: درخشندگی

I: شدت نوری (کاندلا)

A: سطح

واحد درخشندگی کاندلا بر متر مربع (نیت Nit)، کاندلا بر سانتیمتر مربع (استیلب Stilb)

(Stilb=10000Nit)

## تبدیل واحد کمیات درخشندگی به یکدیگر

	Cd/m <sup>2</sup> (nit)	Cd/cm <sup>2</sup> (stilb)	Foot lambert
Cd/m <sup>2</sup> (nit)	۱	۰/۰۰۰۱	۰/۲۹۱۸۶۳
Cd/cm <sup>2</sup> (stilb)	۱۰۰۰۰	۱	۲۹۱۸/۶۳۴۳
Foot lambert	۳/۴۲۶۲۴	۰/۰۰۰۳۴۲۶	۱

## مثالهایی از درخشندگی منابع

درخشندگی $\text{cd/m}^2$	منبع روشنایی
$2 \times 10^9$	خورشید در هنگام ظهر
$10^{-4}$	آسمان بدون خورشید
1000	آسمان در شب
500000	لامپ رشته‌ای 100 وات ساده
80000	لامپ رشته‌ای 100 وات مات
5000	سطح لامپ فلورسنت
$7 \times 10^6$	سطح لامپ گازی جیوه‌ای فشار 2 اتمسفر
$440-620 \times 10^4$	سطح لامپ گازی سدیمی فشار بالا
$470-1100 \times 10^4$	سطح لامپ متال هالید شفاف

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

**رابطه مهم بین درخشندگی، شدت روشنایی و ضریب انعکاس سطوح**

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



حداقل ۰/۰۱ نیت	رویت اشیاء و تشخیص در حد تاریکی و روشنی
۰/۰۱ تا ۳ نیت	تشخیص رنگ به سختی امکان پذیر است
بالاتر از ۳ نیت	آسان شدن دید رنگ ها
بالاتر از ۱۰۰ نیت	خستگی و آزار چشم (خیرگی یا نورزدگی (Glare))

## مثال:

در صورتی که در سطحی با ضریب انعکاس  $0/8$  شدت روشنایی  $200$  لوکس باشد درخشندگی سطح چقدر است؟

$$L = \frac{0.8 \times 200}{3.14} = 50.95$$

## مثال:

در صورتی که شدت روشنایی یک سطح فلزی با ضریب انعکاس ۷۰ درصد برابر با ۳۰۰ لوکس باشد، درخشندگی سطح چند کاندلا بر متر مربع است؟

$$L = \frac{0.70 \times 300}{3.14} = 66.88$$

## ۵- ضریب بهره نوری ( $\eta$ )

ضریب بهره نوری عبارت است از نسبت شار نوری منبع به توان الکتریکی مصرفی آن که با واحد لومن بر وات ( $\text{lm/w}$ ) بیان می گردد.

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

$\eta$ : ضریب بهره نوری

$\Phi$ : شار نوری

$P$ : توان الکتریکی منبع

بدیهی است که هر چه بهره نوری منبع بالاتر باشد مطلوب تر است.

زیرا با مصرف برق کمتر شار نورانی بیشتری تولید می کند.

## مثال:

یک لامپ ۶۰۰ واتی دارای شار نوری ۱۲۰۰۰ لومن است ضریب بهره نوری آن چقدر است؟

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

$$\eta = \frac{12000}{600} = 20 \text{ lm / w}$$

## مثال:

یک چراغ فلورسنت زوج لامپ با توان الکتریکی ۴۰ وات برای هر لامپ و ضریب بهره نوری ۶۰ لومن بر وات در صورت تابش نور در تمام جهات برابر چند کاندلا توان نوری دارد؟

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

$$60 = \frac{\Phi}{40 \times 2} \Rightarrow \Phi = 4800 \text{ lm}$$

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



$$I = \frac{4800}{12.57} = 381.86 \text{ cd}$$

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

## ۶- ضریب بهره الکتریکی ( $\eta_e$ )

برای معین کردن میزان تبدیل انرژی الکتریکی به شار نورانی نسبت به صد در

صد یک لامپ ایده‌آل، از ضریب بهره الکتریکی استفاده می‌شود.

ضریب بهره الکتریکی با نماد  $\eta_e$  و واحد درصد استفاده می‌شود.

در این تعریف ضریب بهره نوری لامپ ایده‌آل ۶۸۰ لومن بر وات در نظر گرفته

می‌شود.

$$\eta_e = \frac{\Phi / 680}{W} \times 100 \rightarrow \eta_e = \frac{\Phi \times 100}{680 \times W} \rightarrow \eta_e = \frac{\Phi}{6/8 \times W} \rightarrow \eta_e = \frac{\eta}{6/8}$$

## مثال:

در صورتی که بهره نوری لامپ  $13/6$  لومن بر وات باشد

ضریب بهره الکتریکی چقدر است؟

$$\eta_e = \frac{\eta}{6/8}$$

$$\eta_e = \frac{13.6}{6/8} = 2$$



ضریب بهره الکتریکی یک لامپ رشته ای ۱۵۰ وات که دارای ۲۱۰۰ لومن شار نوری است چقدر است؟

$$\eta = \frac{\Phi}{P} = \frac{2100}{150} = 14 \text{ Lm/w}$$

$$\eta_e = \frac{\eta}{6/8} = \frac{14}{6/8} = 2/06\%$$

این مثال نشان می دهد که:

لامپ رشته ای مذکور حدود ۲٪ از انرژی الکتریکی مصرفی را به شار نورانی تبدیل می نماید و مابقی آن را حدود ۹۸٪ است بصورت گرما تلف می شود.

• بهترین  $\eta_e$  مربوط به لامپ سدیمی پرفشار: ۱۶٪

## ضریب بهره نوری و الکتریکی لامپهای متداول

ضریب بهره الکتریکی (%)	ضریب بهره نوری (lm/w)	نوع لامپ
2/06 - 2/35	14 - 16	رشته‌ای انتهایی
4/12 - 4/41	28 - 30	هالوژنه
$\lambda/\lambda 2$	60	فلورسنت
$\lambda/09 - 9/55$	55 - 65	گازی جیوه‌ای پرفشار
13/24 - 16/18	90 - 110	گازی سدیمی پرفشار

یک لامپ ۳۰۰ واتی دارای ضریب بهره نوری ۳۰ لومن بر وات می باشد. شارنوری، شدت نور و شدت روشنایی در فاصله یک متری آن چند فوت کندل است؟

$$30 = \frac{\Phi}{300} \Rightarrow \Phi = 9000lm$$

$$I = \frac{9000}{12.57} = 716cd$$



$$E = \frac{716}{10.76} = 66.53fc$$

# برخی از قواعد تابش نور در محیط

✓ قانون عکس مجذور فاصله

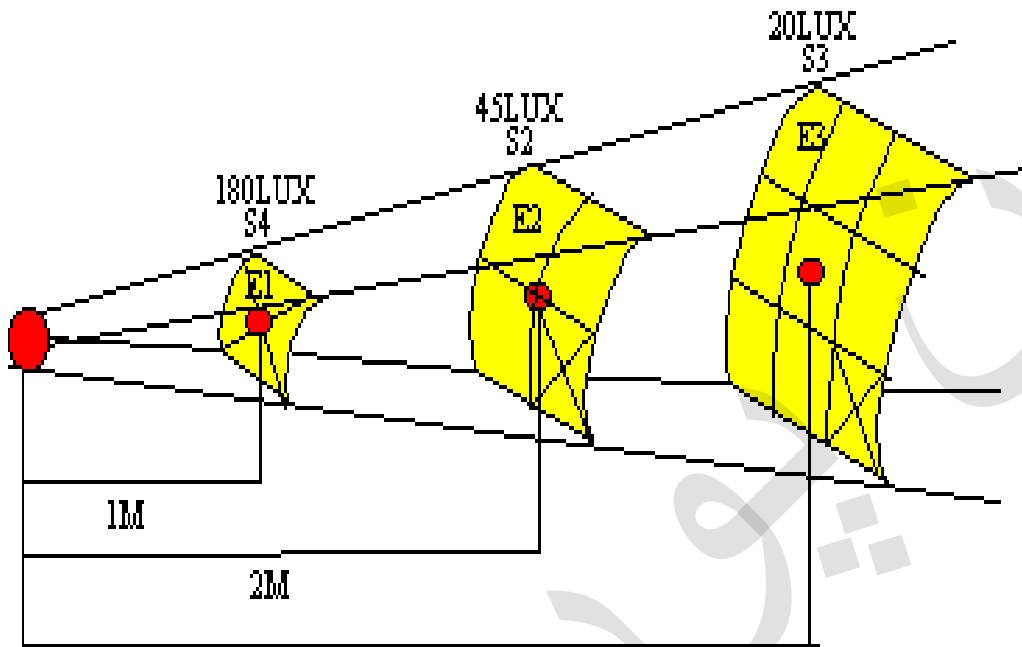
✓ قواعد تابش روشنایی روی سطوح افق، عمود و شیبدار

# قانون عکس مجذور فاصله

در صورتی که منابع روشنایی محدود نشده باشند می‌توانند در تمام جهات تابش داشته باشند و هر چه ناظر 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:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

# قانون عكس مجذور فاصله



$$E_2 = \frac{E_1}{r^2}$$

## مثال:

اگر در یک منبع نقطه ای شدت روشنایی در فاصله ۳ متری ۱۰۰۰

لوکس باشد در فاصله ۱۵ متری چند لوکس است؟

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$\frac{1000}{E_2} = \frac{15^2}{3^2}$$

$$E_2 = 40Lx$$



اگر شدت روشنایی یک منبع در فاصله ۳ متری ۲۰۰ لوکس باشد

در ارتفاع ۶ متری و ۹ متری چقدر است؟

$$\frac{200}{E_2} = \frac{6^2}{3^2}$$



$$E_2 = 50Lx$$

$$\frac{200}{E_2} = \frac{9^2}{3^2}$$



$$E_2 = 22.22Lx$$

اگر منبعی دارای شار نوری ۳۰۰۰ لومن باشد در فاصله ۳ متری

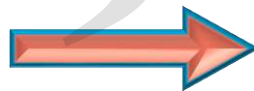
زیر چراغ شدت روشنایی چقدر است؟

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



$$I = \frac{3000}{12.57} = 238.66cd$$

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



$$E = \frac{238.66}{3^2} = 26.52Lx$$

در صورتی که شار نوری یک لامپ رشته ای ۲۰۰ وات ۲۸۰۰ لومن باشد، شدت روشنایی حاصل از منبع فوق در فاصله ۲ متری چند لوکس و فوت کندل است؟

$$E_{(lux)} = \frac{I}{r^2}$$

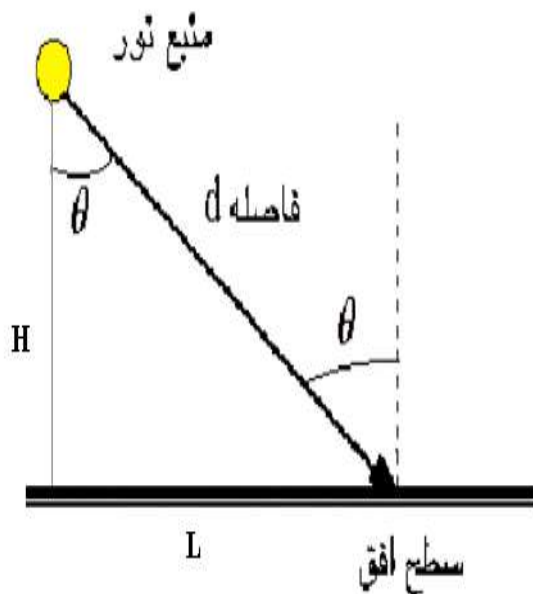
$$I = \frac{2800}{12.57} = 222$$

$$E = \frac{222}{4} = 55.5$$

$$E = 55.5 \times 0.0929 = 5.15$$

# تابش نور با زاویه روی سطح افق

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 طبق روابط زیر خواهد بود:



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

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

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

یک لامپ دارای شدت نور ۲۰۰ کاندلاست. لامپ در فاصله ۲ متری مرکز میز مربع شکل به ابعاد ۱ متر قرار دارد حداقل و حداکثر شدت روشنایی را روی سطح حساب کنید؟

$$E = \frac{I}{H^2} \quad E_{MAX} = \frac{200}{2^2} \rightarrow E = 50$$

$$E_{MIN} = \frac{200}{d^2} \cos \theta$$

$$\rightarrow \cos \theta = \frac{H}{d} \rightarrow \frac{2}{\sqrt{4.5}}$$

$$\rightarrow E = \frac{200}{4.5} \times \frac{2}{\sqrt{4.5}} = 41.9$$

یک لامپ با شدت نور ۸۰ کاندلا ۷۰٪ نور خود را روی یک صفحه

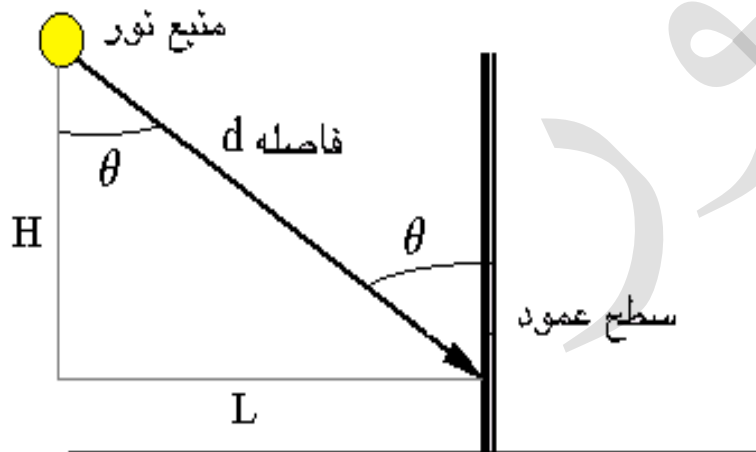
دایره ای شکل به قطر ۳ متر می تاباند شدت روشنایی را حساب کنید؟

$$80 \times 0.7 = 56cd \times 12.57 = 703.92lm$$

$$E = \frac{703.92}{3.14 \times 1.5^2} = 99.7lx$$

## تابش نور با زاویه روی سطح عمود

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 برابر خواهد بود با:



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

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

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

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

## مثال:

شدت روشنایی ناشی از یک منبع نقطه ای با شار نوری ۱۵۰۰۰ لومن در ۸ متری زیر آن، درست در مرکز سطح افق و قائم یک مکعب به ابعاد ۲ متر که لبه آن در فاصله ۶ متر از خط عمود زیر چراغ است را حساب کنید.

بخش اول: محاسبه شدت روشنایی در زیر چراغ

$$E = \frac{I}{H^2} = \frac{15000 / 12.57}{8^2} = 18.64 \text{ Lx}$$



بخش دوم: محاسبه شدت روشنایی روی مکعب:

$$d = \sqrt{6^2 + 7^2} = 9.22m$$

$$\cos \theta = \frac{H}{d} = \frac{6}{9.22} = 0.65 \Rightarrow \theta = 49.45^\circ$$

$$E = \frac{I}{d^2} \cos \theta = \frac{15000/12.57}{9.22^2} \times 0.65 = 9.12Lx$$

بخش سوم: محاسبه شدت روشنایی سطح جانبی (قائم) مکعب

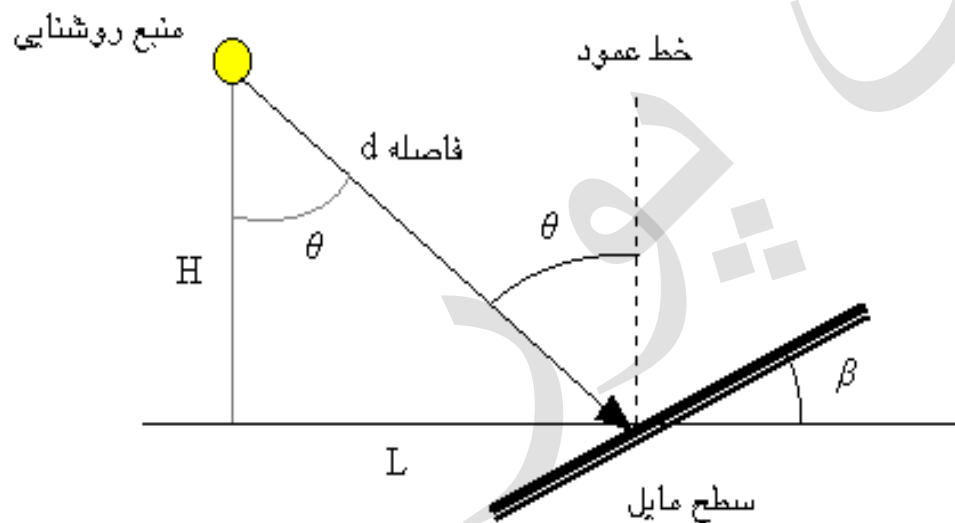
$$d = \sqrt{6^2 + 7^2} = 9.22m$$

$$\sin \theta = \frac{L}{d} = \frac{6}{9.22} = 0.65 \Rightarrow \theta = 40.54^\circ$$

$$E = \frac{I}{d^2} \sin \theta = \frac{15000/12.57}{9.22^2} \times 0.65 = 9.12Lx$$

## ۴- تابش نور با زاویه روی سطح شیبدار

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  $\theta$  و زاویه شیب سطح نسبت به خط افق  $\beta$  دارد.



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

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

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

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

## مثال:

یک منبع با شار نوری ۹۰۰۰ لومن مدنظر است. در صورتی که این منبع روی یک سطح با شیب ۱۰ درجه تابش نماید و زاویه تابش نسبت به خط قائم ۴۵ درجه و فاصله مؤثر تا نقطه مورد نظر ۴ متر باشد، شدت روشنایی روی سطح، در نقطه مورد نظر چقدر است؟

$$E = \frac{I}{H^2} = \frac{9000 / 12.57}{4^2} \times \cos(45 - 10) = 36.66 Lx$$

## مثال:

یک منبع نقطه ای با شدت نور ۱۲۰۰ کاندلا (محدود شده به سمت پایین) مد نظر است. در صورتی که سطح زیر این منبع دارای زاویه شیب ۳۰ درجه باشد، شدت روشنایی را درست زیر چراغ (ارتفاع ۵ متر) و به فاصله ۳ متر از خط افقی زیر چراغ در بالا دست شیب حساب کنید.

$$E = \frac{I}{H^2} \cos \beta = \frac{1200}{25} \times \cos(30) = 41.57 \text{ Lx}$$

برای محاسبه شدت روشنایی در بالا دست شیب، ابتدا کاهش ارتفاع چراغ نسبت به سطح افق در نقطه بالا دست را به دست می آوریم تا  $H$  جدید به دست آید:

$$\tan 30 = \frac{h}{3}$$

$$\Rightarrow h = 0.577 \times 3 = 1.73m$$

$$H_{new} = 5 - 1.73 = 3.27m$$

$$\theta = \arctan \frac{L}{H_{new}}$$

$$\Rightarrow \arctan \frac{3}{3.27} = 42.5$$

$$d = \sqrt{3.27^2 + 3^2} = 4.44m$$

$$E = \frac{I}{d^2} \cos \beta = \frac{1200}{4.44^2} \times \cos(42.5) = 44.89 Lx$$

## ۵- شدت روشنایی ناشی از منابع متعدد

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:

$$E_t = \sum_{i=1}^n E_i$$

$E_t$ : شدت روشنایی مجموع حاصل از چراغ‌ها در یک نقطه خاص LX

$E_i$ : شدت روشنایی ناشی از هر چراغ در همان نقطه LX

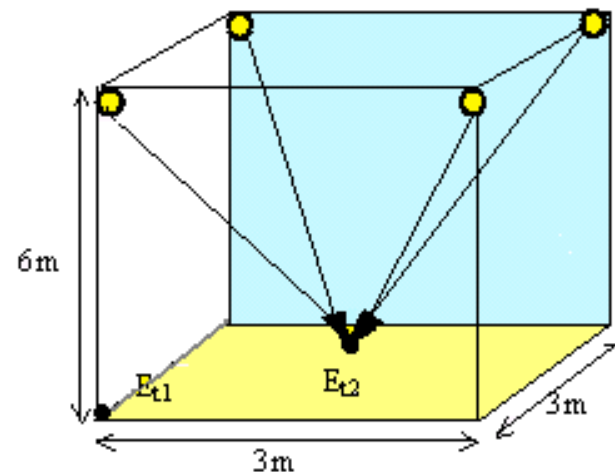
n: تعداد منابع



## مثال:

اگر چهار منبع روشنایی التهابی نقطه ای با نور محدود نشده و شار نوری ۳۷۷۱ لومن در چهار رأس یک مربع با ابعاد ۳ متر به صورت کروی تابش نور داشته و در ارتفاع ۶ متری از سطح زمین قرار گرفته باشند، صرف نظر از انعکاس سطوح، شدت روشنایی در زیر یکی از چراغ ها و در مرکز چهار ضلعی روی سطح زمین در زیر این منابع چقدر است؟

$$E_t = \sum_{i=1}^4 E_i$$



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

$$I(cd) = \frac{3771}{12.57} = 300$$

$$E_t = \frac{300}{6^2} + [2 \times (\frac{300 \times 6}{45 \times \sqrt{45}})] + [(\frac{300 \times 6}{54 \times \sqrt{54}})]$$

$$E_t = 8.33 + 11.93 + 4.54 = 24.8Lx$$

شدت روشنایی در مرکز چهار ضلعی روی زمین:

$$E_t = (\frac{4 \times 300}{40.5}) \times (\frac{6}{\sqrt{40.5}}) = 27.95Lx$$

# منابع روشنایی

✓ منابع روشنایی طبیعی (خورشید)

✓ منابع روشنایی مصنوعی

# نور طبیعی

✓ مهم ترین منبع طبیعی نور، خورشید است. کمیت روشنایی روز بر پایه محل جغرافیایی، فصل، سال و شرایط هواشناسی تغییر می کند.

✓ تأمین روشنایی محوطه ی کارگاه ها به وسیله ی نور روز با نصب پنجره عملی می گردد.

# نکاتی که در نصب پنجره ها باید مد نظر قرار گیرند

- به گونه ای نصب شوند که روشنایی روز به طور یکنواخت به همه ی نقاط کارگاه برسد.
- پنجره ها باید به گونه ای نصب شوند که از ایجاد **خیرگی** و نیز تابش **مستقیم نور** به چشم ها جلوگیری گردد.
- سقف و بخش بالایی دیوارها، معمولاً به رنگ روشن برای افزایش بازدهی روشنایی وارده از پنجره ها و بخش پایین دیوارها برای ایجاد شرایط آسایش بینایی به رنگ تیره رنگ آمیزی گردند.
- بهترین گونه ی پنجره آن است که **تا نزدیکی سقف** ادامه داشته باشد.

# مؤثرترین سطح شیشه ی پنجره ها نسبت به مساحت کف کارگاه برای ایجاد پراکندگی یکنواخت نور

نسبت مساحت شیشه به مساحت کف	نوع کار
۱/۳-۱/۵	کارهای ظریف و دقیق
۱/۵-۱/۷	کارهای معمولی
۱/۱۰	انبار

# فاکتور نور روز:

$$DF = (E_i / E_o) \times 100\%$$

$E_i$  = روشنایی طبیعی در یک نقطه خاص داخل اتاق

$E_o$  = روشنایی همزمان در یک سطح افقی بیرون، ناشی از هوای ابری

$$DF_a = \frac{0.85w\theta}{A(1 - R^2)}$$

$DF_a$  = فاکتور نور روز متوسط

$W$  = مساحت شیشه پنجره  $m^2$

$\theta$  = زاویه بین سطح عمود ایجاد شده با رؤیت (زاویه رؤیت آسمان از داخل پنجره)

$A$  = مساحت کل  $m^2$

$\bar{R}$  = متوسط ضریب انعکاس سطوح اتاق

## نور مصنوعی

در روشنایی مصنوعی، از لامپ های الکتریکی استفاده می گردد، که بایستی در طراحی روشنایی به نکات زیر توجه نمود:

۱: روشنایی به طور یکنواخت در سطح کار توزیع شود

۲: محل نصب منبع اضافی روشنایی، بایستی در سمت چپ سطح کار باشد و

ارتفاع آن از سطح کار، از ۶۰ سانتیمتر بیشتر نباشد

۳: اندازه ی روشنایی برای هر کار، به گونه ای محاسبه شود که برای تشخیص

اجزای کار کافی باشد.



# مشخصات اصلی روشنایی مصنوعی

۱. به روشنایی روز نزدیک باشد.
۲. نور منابع مصنوعی، باید ثابت و کافی بوده و در همه ی سطح کار به طور یکنواخت پخش گردد
۳. منابع روشنایی مصنوعی باید باعث ایجاد خیرگی یا بازتاب نور در سطح نگردند.
۴. درخشندگی منابع مصنوعی باید مناسب باشد.
۵. منابع روشنایی ایجاد دمای زیاد نکنند.
۶. تابش پرتو فرابنفش برخی لامپ ها در پایین ترین اندازه باشد.

# تقسیم بندی منابع روشنایی مصنوعی

incandescent lamp

• ۱ - لامپ های التهابی:

• با گذر جریان برق از رشته فلزی، اندازه ی دمای آن را به میزان کافی بالا برده تا تابش کند.

discharge lamp

• ۲ - لامپ های تخلیه در گاز:

• با گذر جریان برق از گاز، آن را تحریک می کنند تا نور پخش نماید.

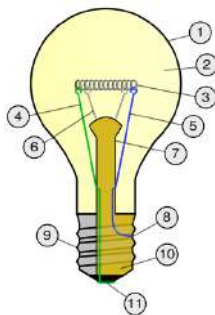
التهابی

تخلیه در گاز

• انواع لامپها

- **التهابی:** رشته ای تنگستن، هالوژنه
- **تخلیه در گاز:** لامپ سدیمی و جیوه ای که در دو نوع پرفشار و کم فشار وجود دارند.

# لامپ رشته ای



1. Glass bulb
2. Low pressure inert gas
3. Tungsten filament
4. Contact wire (goes out of stem)
5. Contact wire (goes into stem)
6. Support wires
7. Stem (Glass mount)
8. Contact wire (goes out of stem)
9. Cap (Sleeve)
10. Insulation (Vitre)
11. Electrical contact

اولین لامپ توسط ادیسون اختراع شد که دارای رشته ای زغالی بود و در اثر عبور جریان هوا گرم میشد و در حالت التهاب نور ساطع میکرد. جهت جلوگیری از سوختن زغال آنرا داخل حباب شیشه ای خالی از هوا قرار می دادند اما در این وضعیت زغال به آسانی تبخیر میشد و لذا افزایش درجه حرارت بیشتر از حد معینی ممکن نبود که استفاده از موادی مانند تنگستن با درجه حرارت ذوب بالا این مشکل را حل کرد. راه دیگر جهت جلوگیری از تبخیر رشته پر کردن لامپ با گازهای خنثی (اغلب آرگون) بود اما این گازها به دلیل هدایت بیشتر حرارت به محیط بیرون درجه حرارت رشته را پایین می آوردند که جهت رفع این مشکل رشته ها را بصورت سیم پیچی ساختند تا اتلاف حرارت کاهش یابد.

## لامپ رشته ای تنگستن (لامپ معمولی)

- با عبور جریان برق از رشته لامپ گرم شده و دمای آن به حدود ۲۸۰۰ درجه کلوین می رسد. جهت جلوگیری از تبخیر تنگستن در ابتدا از گاز ازت و امروزه از آرگون بعلت ضریب انتقال حرارت کمتر استفاده می شود. امروزه از ازت در مقادیر کمتر از ۱۰٪ جهت جلوگیری از جرقه زدن بین سیمهای ورودی به لامپ استفاده می شود.
- گاز کریپتون دارای ضریب انتقال کمتر است که باعث کاهش بیشتر تبخیر سطحی می شود اما به دلیل مشکلتر بودن تهیه آن این لامپها **گرانتر** تمام می شوند و تنها در جاهایی مثل کلاه معدنچیان استفاده دارد.
- به منظور کاهش درخشندگی رشته سطح داخل حباب توسط ترکیب اسیدی یا کریستالهای سیلیس پوشانده می شود.

# لامپ تنگستن هالوژن

- در تولید لامپهای رشته ای به منظور **افزایش طول عمر** لامپ مقدار کمی از یک هالوژن مانند ید، کلر یا برم را به گاز داخل حباب اضافه می نمایند.
- در مجاورت حباب لامپ که در درجه حرارت (حدود ۲۵۰ درجه سانتی گراد) است تنگستن تبخیر شده با ید ترکیب می شود و یدور تنگستن را به وجود میآورد. در حوالی رشته که درجه حرارت بیشتری دارد یدور تنگستن تجزیه شده و تنگستن روی رشته می نشیند. در این لامپ ها به علت کم بودن نگرانی از تبخیر تنگستن میتوان رشته را در درجه حرارت بالاتری به کار برد. به این ترتیب لامپ های هالوژنی با توان ۱۰ کیلو وات با بهره نوری در حدود ۲۵ لومن بر وات و عمری حدود دو برابر لامپ های رشته دار معمولی تولید می کند.
- نکته: البته تنگستن تجزیه شده همیشه در قسمتی از رشته که نازک شده است نمی نشیند و بالاخره لامپ در اثر **تبخیر سطحی** خواهد سوخت.

- این لامپ قابلیت روشن شدن سریع را دارد اما در مقایسه با لامپ رشته ای معمولی اشعه ماورای بنفش بیشتری تولید می کند.

# لامپهای تخلیه در گاز

- اساس کار عبور جریان الکتریکی تحت شرایط مناسب از میان گاز و بخارها است که در آن شرایط انرژی الکتریکی به انرژی تابشی تبدیل می شود.

- این لامپ ها براساس فلز اصلی که در اثر بخار شدن تخلیه در آن صورت می گیرد و در دو گروه پرفشار و کم فشار طبقه بندی می شوند.



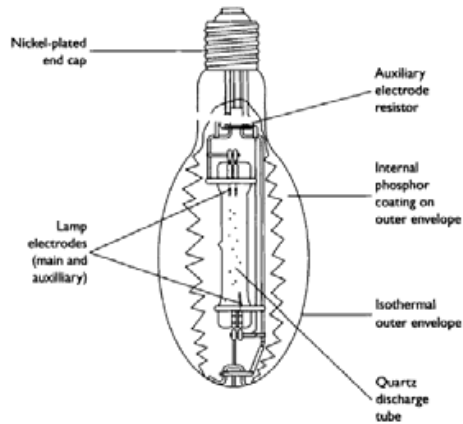
# لامپ بخار جیوه

- چون جیوه در درجه حرارت معمولی مایع است مقداری گاز آرگون که به سهولت یونیزه میشود به لامپ اضافه می کنند تا راه اندازی آسانتر انجام شود.

- در ابتدا به علت فشار کم جیوه نور آبی رنگ آرگون دیده می شود و بعد جیوه کم کم بخار می شود تا فشار داخل لامپ به چند اتمسفر می رسد و نور سبز جیوه مشاهده می شود. در صورت خاموش شدن لامپ ۵-۷ دقیقه طول می کشد تا دوباره لامپ روشن شود به این دلیل که فشار داخل لامپ زیاد است و امکان برقرار نمودن جرقه در آن وجود ندارد با خنک شدن لامپ این امکان ایجاد می شود.

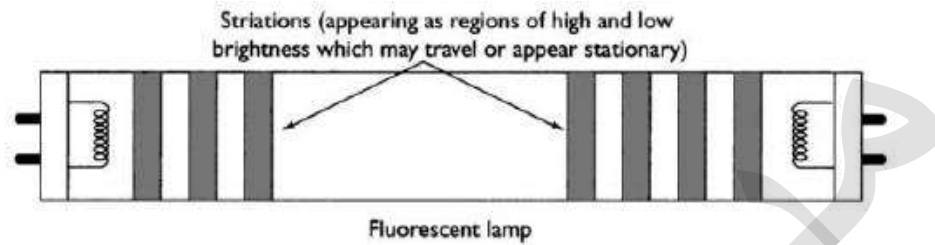
- به این دلیل که لامپ جیوه ای رنگ قرمز را ندارد و به دلیل اینکه در اثر قطع لحظه ای با تأخیر ۷ دقیقه ای روشن می شود از لامپهای رشته ای به همراه این لامپها استفاده می شود.
- حدود نصف تشعشع بخار جیوه در ناحیه ماورابنفش است که با استفاده از فسفر مخصوص روی سطح داخلی حباب می توان این نور غیر مرئی را به نور قرمز تبدیل کرد. از این لامپها در مکانهایی که نیاز به رنگ دهی بالا ندارند مثل انبارها، سالنهای تولید صنایع، ورزشگاه ها، نمایشگاه ها و معابر با ارتفاع نصب ۱۲-۶ متر بکار گرفته می شود.

# لامپ متال هالید (جیوه ای پرفشار)



- مانند لامپهای جیوه ای پرفشار است که علاوه بر جیوه مقدار کمی از نمکهای هالوژنی را نیز دارد که این نمکها یدور سدیم، یدور ایندیوم و یدور تالیوم هستند. در درجه حرارت لامپ یدورها تبخیر می شوند و به فلز مربوطه و ید تجزیه می شوند و در نتیجه در طیف بهتری تشعشع می کنند و بهره نوری آن به دلیل تولید نور زرد افزایش می یابد.

# لامپ فلورسنت



از نوع لامپ جیوه ای با فشار کم می باشد که تابش ایجاد شده در آن شامل ۲ خط طیفی است:

۸۵٪ خروجی این لامپها در طول موج ۲۵۴ نانومتر

و

۱۵٪ خروجی این لامپها در طول موج ۱۸۵ نانومتر قرار دارد.

و هر دو مورد در ناحیه فرابنفش قرار دارد که توسط پوشش فسفری که سطح داخلی لامپ را پوشانده عمل تبدیل این طول موجها به طول موجهای بلندتر و در ناحیه مرئی صورت می گیرد.

یکی از عیوب این لامپها عدم عملکرد آن در دماهای پائین است.

## • اثر استروبوسکوپ:

این لامپها ۱۰۰ بار در ثانیه خاموش می شوند که برای چشم قابل تشخیص نیست اگر وسایل دوار در این نور قرار بگیرند بسته به سرعت آنها ممکن است ساکن به نظر برسند و خطراتی ایجاد کنند این واقعه اثر استروبوسکوپ نامیده می شود که برای رفع آن از چراغهای ۲-۳ لامپی استفاده می شود.

## لامپ سدیم

- از نظر ساختمانی شبیه لامپهای بخار جیوه هستند که بجای آرگون از نئون و به جای جیوه از سدیم استفاده می شود.
- راه افتادن لامپها ۲۰-۱۵ دقیقه طول می کشد اما در صورت قطع لحظه ای برق بدون تأخیر روشن می شوند.
- در لامپهای سدیم کم فشار طول موج تابشی در ناحیه زرد رنگ است که نزدیک منحنی حساسیت چشم انسان است بنابراین بهره نوری بالایی دارند. در محیطهای تاریک مه آلود یا غبارآلود خوب عمل می کنند و برای روشن کردن خیابانها و معابر از آنها استفاده می شود. عیب این لامپها شاخص تجلی رنگ آنهاست زیرا رنگ اشیاء در معرض نور این لامپها به شدت بی روح است و این لامپها در جاهایی که نیاز به تشخیص رنگ وجود دارد استفاده نمی شوند.

# لامپهای سدیم پر فشار

- در این لامپها طیف نور تولیدی وسیعتر می شود و رنگهای غیر از زرد هم تولید می شوند و نور لامپ طلایی رنگ می شود. بعلاوه زرد بودن نور این لامپها نباید در واحدهای صنعتی، تولیدی و دفاتر اداری استفاده شوند.

## مشخصه های اصلی لامپ ها:

۱- شار نورانی بر حسب لومن

۲- ضریب بهره نوری

۳- عمر لامپ

۴- درخشندگی لامپ

لامپ هایی که در ارتفاع کم قرار می گیرند باید درخشندگی پائینی داشته باشند.



## شاخص رنگ دهی (CRI) Color Rendering Index

- رنگ دهی عبارت است از، نشان دادن رنگ حقیقی اجسام رنگی در نور لامپ
- برای اندازه گیری میزان رنگ دهی، اندازه ی نسبی نور در هر بخش اندازه گیری و با نور سفید طبیعی مقایسه می شود که عدد ۱۰۰ نشان دهنده ی رنگ دهی کامل است.


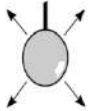
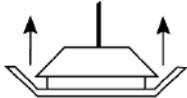
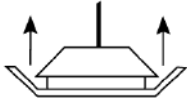
## مشخصات اصلی لامپها

عمر لامپ	درخشندگی	شاخص رنگ دهی	بهره نوری	نوع لامپ
۱۰۰۰	۷۰۰	۱۰۰	۱۴	رشته ای ۱۰۰ وات شیشه ای
۱۰۰۰	۳	۱۰۰	۱۳	رشته ای ۱۰۰ وات شیری
۳۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰	۳۰	رشته ای هالوژنی شیشه ای
۲۴۰۰۰	۱۲	۴۰	۵۴	جیوه ی پرفشار ۴۰۰ وات پودر فلورسنت
۲۴۰۰۰	۴۶۰	۲۰	۴۹	جیوه ی پرفشار ۴۰۰ وات شیشه ای
۲۴۰۰۰	۶۰۰	۲۵	۱۱۰	سدیم پرفشار ۴۰۰ وات شیشه ای
۲۴۰۰۰	۲۵	۲۵	۱۰۷	سدیم پرفشار ۴۰۰ وات پودر فلورسنت
۲۴۰۰۰	۱۰	۵	۱۵۰	سدیم کم فشار ۸۰ وات
۳۴۰۰۰	۱۴	۶۵	۷۵	متال هالید ۴۰۰ وات پودر فلورسنت
۹۰۰۰	۲/۱	۸۶	۷۵	فلورسنت ۸۴/۳۶ وات
۶۰۰۰	۱/۱	۶۶	۶۷	فلورسنت ۳۳/۳۶ وات
۶۰۰۰	۴/۰	۹۶	۳۵	فلورسنت ۳۷/۴۰ وات







• لامپهای رشته ای (التهابی) با وجود توان الکتریکی بالا و رنگ دهی بسیار خوب موجب ایجاد حرارت بالا شده در حالیکه ضریب بهره نوری پایینی دارند ولی لامپهای فلورسنت بهره نوری بالاتر اما رنگ دهی پایینتری نسبت به نوع التهابی دارند نصب لامپهای فلورسنت در ارتفاع بالاتر از ۶ متر از سطح کار بدلیل پایین بودن توان نوری لامپ تأمین روشنایی مورد نیاز را با اشکال مواجه می سازد ولی برای این ارتفاع لامپهای با توان نوری بالا مانند لامپهای گازی فشار بالا مناسب می باشند.

رنگ دہی	بہرہ نوری (کارایی)	استفادہ عمومی	نوع لامپ
خوب	ضعیف	خانگی	التھابی
نسبتاً خوب	خوب	اماکن اداری	فلورسنت
خوب تا متوسط	مناسب	اداری ، کارخانجات	جیوه ای
ضعیف	خوب	جاده ها	کم فشار سدیمی
نسبتاً خوب	خوب	تجاری ، کارخانجات	پرفشار سدیمی
خوب	خوب	تجاری ، کارخانجات	مثال هالید

## دسته بندی چراغ ها به وسیله کمیته بین المللی روشنایی

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

# سیستم های پخش روشنایی

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

# روشهای اندازه گیری و ارزیابی سیستم تأمین روشنایی مصنوعی

# نکات مهم در ارزیابی روشنایی

الف - تعیین هدف اندازه‌گیری:

تعیین این مساله که اندازه‌گیری شدت روشنایی عمومی محل کار مورد نظر است یا اینکه تعیین شدت روشنایی موضعی مد نظر است

ب - انتخاب وسیله مناسب اندازه‌گیری و کالیبراسیون

ج - گردآوری اطلاعات مورد نیاز از محل و نیازهای استفاده کنندگان

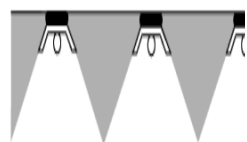
د - زمان اندازه‌گیری

ه - تعیین روش مناسب اندازه‌گیری

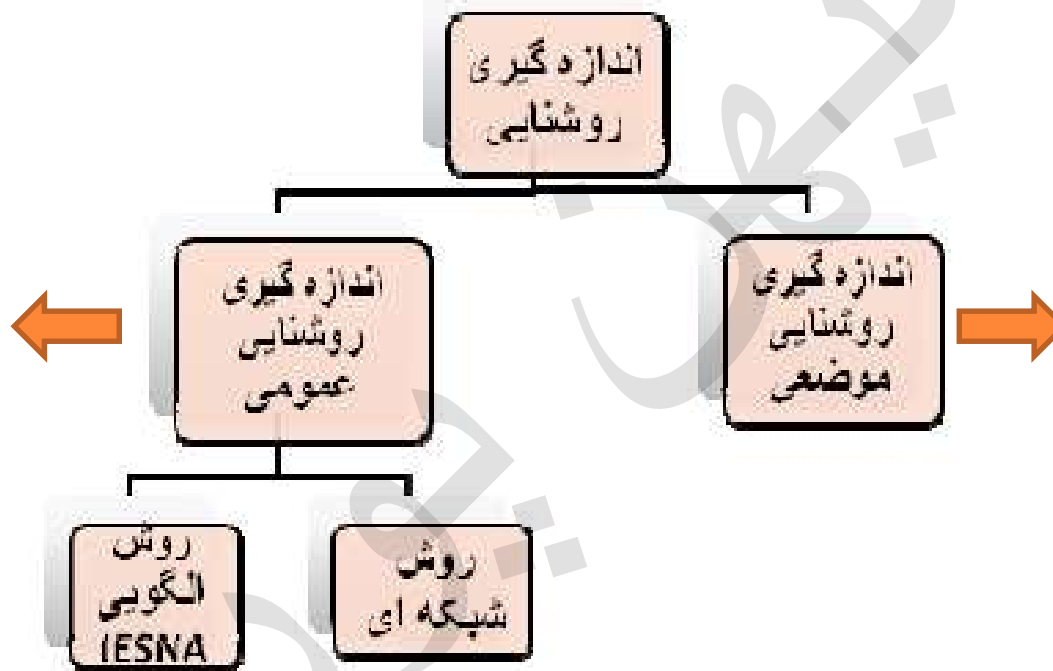
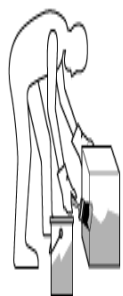
و - شناخت و توجه به استانداردهای روشنایی عمومی و موضعی



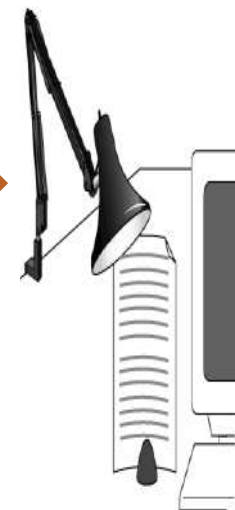
General lighting provides fairly uniform lighting. An example of fixtures that light up large areas.



General Lighting



Task lighting increases light levels over the work and immediate surroundings. Task lighting often allows the user to adjust and control lighting intensity for each user.



# اندازه گیری روشنایی موضعی:

## روش اندازه گیری روشنایی موضعی

هدف از این روش ، اندازه گیری روشنایی در محل استقرار کارگر می باشد. در این روش دستگاه نورسنج (وی میز کار) قرار گرفته و میزان روشنایی رسیده به سطح کار اندازه گیری می شود. در مین اندازه گیری بایستی مراقب بود تا سایه فرد (وی دستگاه ایجاد افتلال نکند. بدین منظور از نورسنجهایی با فتوسل متمرک استفاده می شود. معمولاً طول سیم متصل به سلول مساس (فتوسل) در این نوع نورسنجها ۲ متر می باشد، که از مزایای آن به شمار می رود.

و اندازه گیری با حضور کارگر انجام شود تا در صورت وجود نیمسایه یا عوامل دیگر شرایط عیناً لحاظ گردد.

# اندازه گیری روشنایی عمومی:

## • روش اندازه گیری روشنایی عمومی

این روش با انتخاب تعدادی ایستگاه اندازه گیری در فواصل معین در محیط کار و سنجش در ارتفاع معینی از سطح زمین (ارتفاع میز کار که معمولا ۷۰ تا ۸۰ سانتیمتر در نظر گرفته می شود) بوسیله دستگاه لوکسمتر در راستای افق انجام می گیرد ، که به دو روش زیر صورت می گیرد :

### روش شبکه ای

در این روش که برای بیان توصیفی و گرافیکی توزیع روشنایی داخلی یا محوطه ای کاربرد دارد نقشه ساده ای از محل کار ترسیم و سطح محیط کار را به مربعهایی به طول ۳ تا ۱۰ متر با توجه به وسعت محیط تقسیم می کنیم.

شدت روشنایی عمومی متوسط محل از میانگین شدت روشنایی نقاط اندازه گیری شده در وسط هر فانه مربع شکل حاصل می گردد.

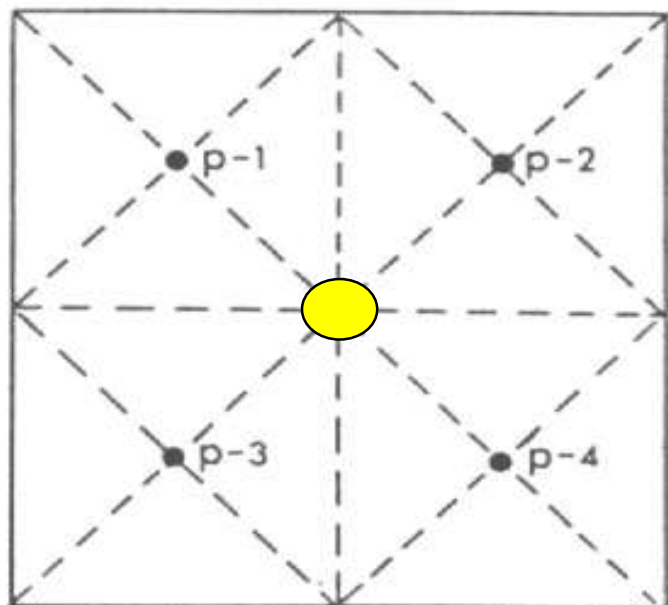
## اندازه گیری روشنایی عمومی:

۲- روش الگویی: بسته به نوع چیدن چراغها و نوع آنها (نقطه ای - خطی)

طبق الگوهایی که از طرف انجمن مهندسين روشنایی آمریکای

شمالی IESNA است که در شش الگو خلاصه شده است:

# ۱- وقتی تنها یک منبع موجود باشد



کارگاه هایی با یک منبع روشنایی مانند  
دفاتر اداری و کارگاه های کوچک

کارگاه به چهار مربع تقسیم و در وسط هر  
مربع یک نقطه اندازه گیری می شود.

$$E_{avg} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4}{4}$$

## ۲- منابع خطی متصل در یک ردیف

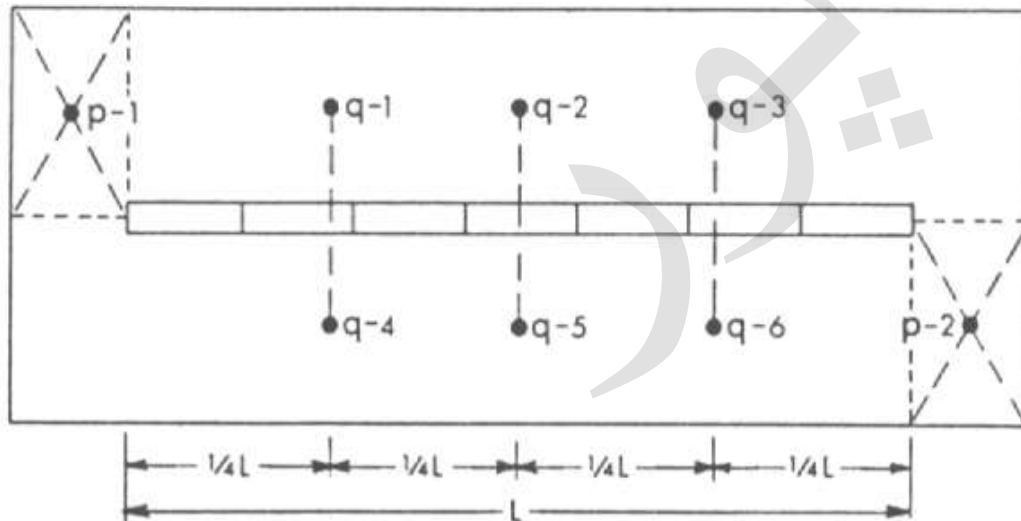
کارگاه هایی با یک ردیف لامپ خطی پیوسته  
مانند راهروها و خطوط مونتاژ

دو نقطه در گوشه های کارگاه و شش نقطه در طرفین لامپها انتخاب می گردد  
(نقطه ها در  $\frac{1}{4}$  طول لامپها باشد)

Q: میانگین شش نقطه

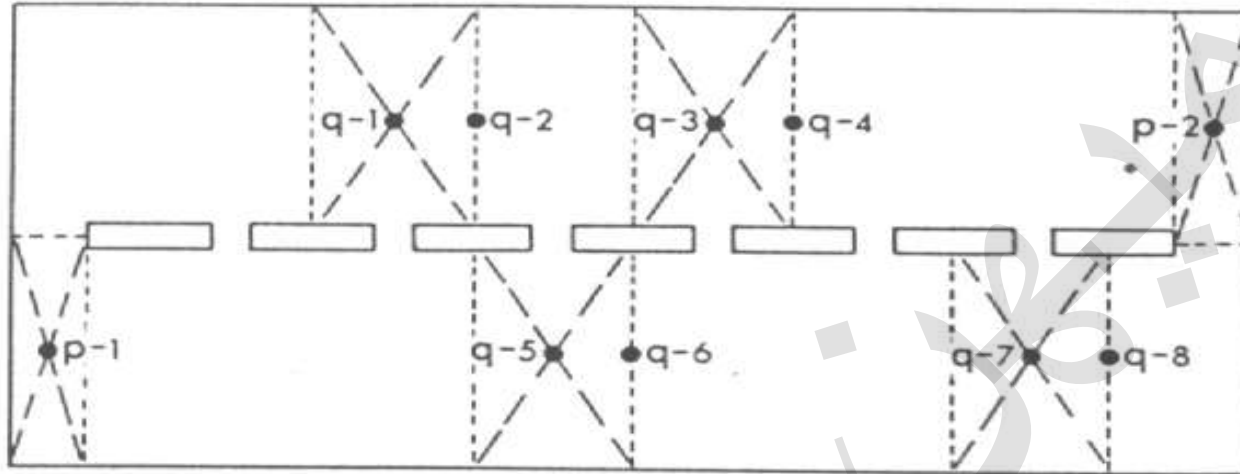
P: میانگین دو نقطه در گوشه ها

N: تعداد نقاط اندازه گیری شده



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

### ۳- منابع خطی منفصل در یک ردیف

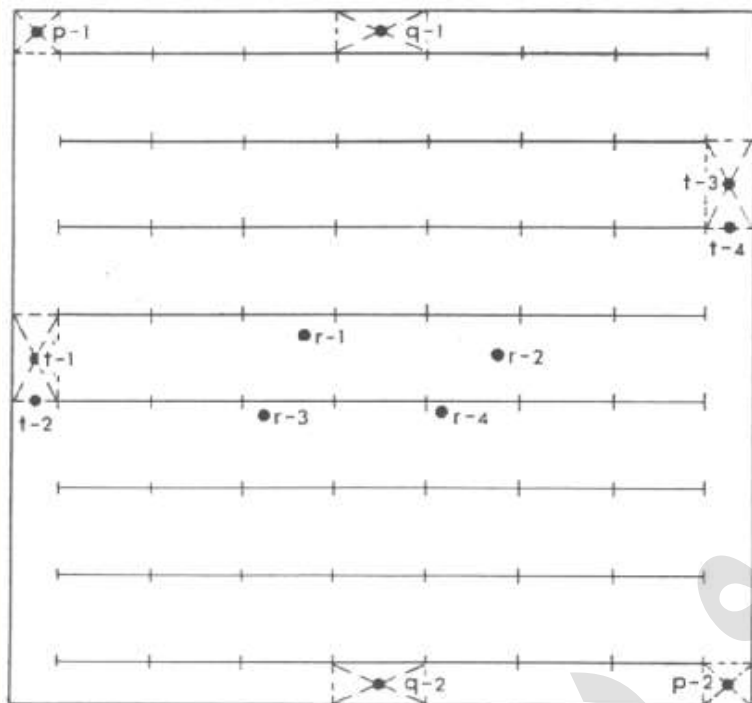


$$E_{avg} = \frac{Q(N-1) + P}{N}$$

کارگاههایی با یک ردیف لامپ خطی منفصل مانند راهروها

دو نقطه در گوشه و هشت نقطه در طرفین لامپها بطوری  
که نقاط روبروی هم نباشند

## ۴- منابع خطی متصل در چند ردیف



کارگاههایی با چند ردیف لامپ خطی متصل مانند کارگاه بافندگی

دو نقطه در گوشه ها ، دو نقطه در شمال و جنوب ، چهار نقطه در وسط و چهار نقطه در شرق و غرب کارگاه انتخاب می شود.

P: میانگین گوشه ها

Q: میانگین شمال و جنوب

R: میانگین نقاط در وسط کارگاه

T: میانگین نقاط در شرق و غرب کارگاه

M: تعداد ردیف منابع روشنایی

N: تعداد منابع روشنایی در هر ردیف

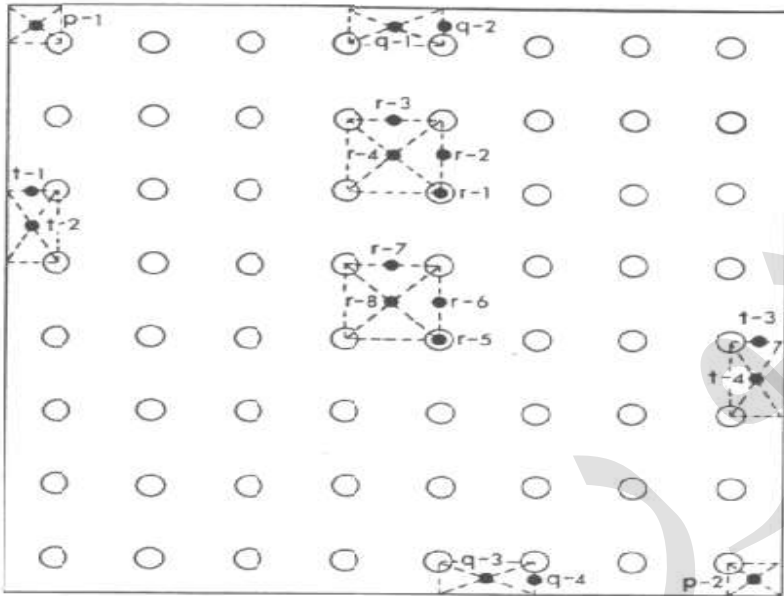
$$E_{avg} = \frac{QN + T(M - 1) + P + RN(M - 1)}{M(N + 1)}$$



## ۵- منابع نقطه‌ای در چند ردیف

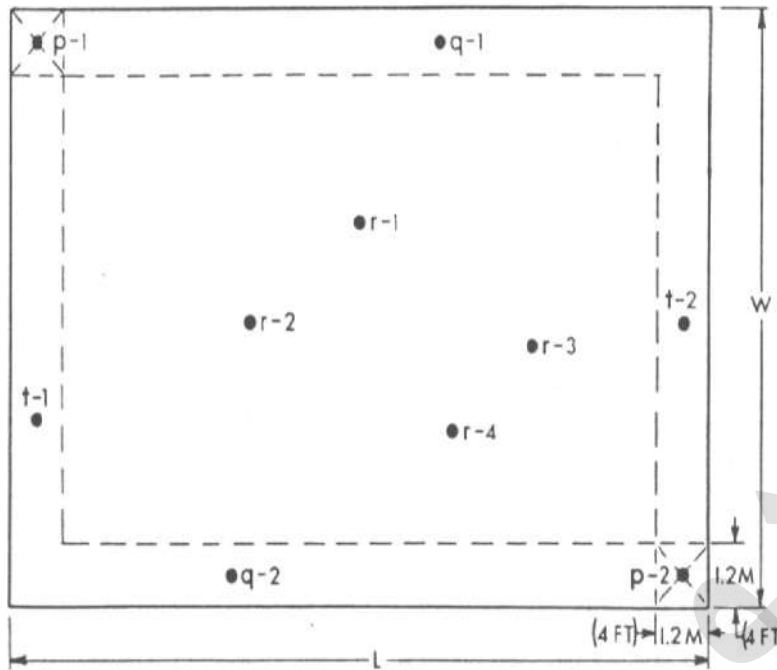
### کارگاههایی با چند ردیف لامپ نقطه ای

دو نقطه در گوشه کارگاه ، هشت نقطه در وسط ، چهار نقطه در شرق و غرب و چهار نقطه در شمال و جنوب کارگاه اندازه گیری میشود.



$$E_{avg} = \frac{Q(N-1) + T(M-1) + P + R(N-1)(M-1)}{MN}$$

## ۶- منابع حاشیه یا روی دیوار



کارگاههایی با منابع روشنایی نصب شده در اطراف کارگاه یا روی دیوارها مانند سایت‌های کامپیوتر

دو نقطه در گوشه‌ها ، چهار نقطه تصادفی در وسط کارگاه ، دو نقطه در شرق و غرب و دو نقطه در شمال و جنوب سنجش میشود.

نقاط اندازه گیری شده در شمال و جنوب کارگاه و شرق و غرب و نیز گوشه‌های کارگاه در فاصله ۶۰ سانتیمتری دیوارها باشند.

L: طول کارگاه

W: عرض کارگاه

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

# ملاک ارزیابی روشنایی

## در سیستم روشنایی مطلوب؛ باید:

۱. متوسط شدت روشنایی مطابق استاندارد باشد.
۲. اصول کلی طراحی (تعداد چراغ، ارتفاع طراحی، چیدمان) رعایت شده باشد.
۳. رنگ دهی نور کافی باشد.
۴. ضریب انعکاس و درخشندگی سطوح داخلی در حدی باشد که سبب آزار کارکنان نشود.
۵. سایه روشن محسوس نداشته باشد ( یکدستی توزیع روشنایی )
۶. نگهداری سیستم روشنایی مطلوب و تعویض به موقع لامپهای سوخته انجام شده باشد.

## اظهار نظر نهایی در مورد ارزیابی سیستم روشنایی

وضعیت روشنایی **مطلوب** است و تمام شرایط ذکر شده قبلی را دارد.

وضعیت روشنایی **معیوب** است و با انجام تعمیرات، نظافت و اصلاحات جزئی شرایط بالا تأمین می شود.

وضعیت روشنایی **نامطلوب** است و نیاز به طراحی مجدد، تعمیرات و اصلاحات دارد.

## فرم (A1)

### فرم گزارش اندازه گیری و ارزیابی روشنایی عمومی

معاونت بهداشتی دانشگاه / دانشکده علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ..... مرکز بهداشت شهرستان .....  
 مرکز بهداشتی درمانی شهری / روستایی ..... آزمایشگاه یا مرجع اندازه گیری کننده : .....  
 اطلاعات عمومی

نام کارگاه .....	نام کارفرما .....	محصول تولیدی .....	شیفت کاری .....	تعداد واحد .....
تعداد شاغلین .....	تلفن و نمابر .....	آدرس .....		

#### اطلاعات اختصاصی

نام واحد .....	تعداد کارگران .....	نوع فعالیت .....	مساحت واحد .....	مساحت پنجره ها .....
نوع و تعداد منابع روشنایی مصنوعی سالم .....	نوع و تعداد منابع روشنایی مصنوعی معیوب .....	وضعیت جوی هنگام اندازه گیری	وضعیت هوای واحد از لحاظ وجود آلاینده ها	وضعیت پاکیزگی منابع روشنایی (لامپها و جابها)
وضعیت پاکیزگی پنجره ها	دیوارها : جنس .....	رنگ : .....	ضریب انعکاس .....	تمیز <input type="checkbox"/> / تمیز <input type="checkbox"/> / تمیز <input type="checkbox"/>
سقف : جنس .....	رنگ : .....	ضریب انعکاس .....	ضریب انعکاس .....	تمیز <input type="checkbox"/> / تمیز <input type="checkbox"/> / تمیز <input type="checkbox"/>
کف : جنس .....	رنگ : .....	ضریب انعکاس .....	ضریب انعکاس .....	تمیز <input type="checkbox"/> / تمیز <input type="checkbox"/> / تمیز <input type="checkbox"/>

#### چیدمان منابع روشنایی مصنوعی

منظم <input type="checkbox"/> / نامنظم <input type="checkbox"/> / کد .....	نامنظم <input type="checkbox"/>
--	---------------------------------

(چنانچه گزینه نامنظم را انتخاب نموده اید به فرم A2 در پشت صفحه مراجعه کنید.)

#### مشخصه های کلی نورسنجی

نام و مدل دستگاه نورسنج .....	روش کالیبراسیون .....	ساعت و تاریخ نورسنجی .....
-------------------------------	-----------------------	----------------------------

#### جدول نتایج اندازه گیری شدت روشنایی عمومی منظم

نام ایستگاه	p1	p2	p3	p4	q1	q2	q3	q4	q5	q6	t1
شدت روشنایی (لوکس)											
نام ایستگاه	t2	t3	t4	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
شدت روشنایی (لوکس)											

بداقل شدت روشنایی : ..... حداکثر شدت روشنایی : ..... متوسط شدت روشنایی : ..... شدت روشنایی توصیه شده ....

# فرم ارزیابی روشنایی داخلی

## عوامل موثر بر مطلوبیت روشنایی کارگاه

- رنگ و ضرایب انعکاس سطوح
- تناسب منابع روشنایی با نوع کار
- تناسب چیدمان منابع و یکدستی توزیع روشنایی
- وضعیت نگهداری منابع
- عدم مزاحمت درخشندگی سطوح، پنجره ها و منابع روشنایی

## نظریه نهایی کارشناس درخصوص وضعیت روشنایی عمومی کارگاه

- سیستم روشنایی مطلوب است
- سیستم روشنایی معیوب است و نیاز به اصلاح دارد
- سیستم روشنایی نامطلوب است و نیاز به باز مهندسی دارد

تعداد کارگران در معرض روشنایی نامطلوب....

تاریخ و امضاء : .....

سمت : .....

نام و نام خانوادگی تکمیل کننده فرم : .....

# طراحی روشنایی مصنوعی داخلی

## به روش نسبت فضا RCR

## قدم اول: انتخاب سیستم روشنایی

بهترین سیستم تابش نور روی سطح کار، تابش مستقیم است که ۹۰-۱۰۰ درصد تابش نور به پائین تابش می شود و ضریب بهره نوری زیاد است.

## قدم دوم: انتخاب لامپ و چراغ

بطور مثال لامپهای التهابی به دلیل ضریب بهره نوری پائین برای فضاهاى بزرگ و ارتفاع بلند کارآیی ندارند. لامپهای فلورسنت نیز برای ارتفاع بلندتر از ۶ متر استفاده نمی شوند ولی لامپهای جیوه ای پرفشار بسته به توان الکتریکی لامپ در ارتفاع ۷-۲۴ متر استفاده می شوند.

۷متر	توان ۱۶۰ وات	✗
۹متر	۲۵۰ وات	✗
۱۲متر	۴۰۰ وات	✗
۲۴متر	۱۰۰۰ وات	✗



## قدم سوم: تعیین متوسط شدت روشنایی مورد نیاز $E_{avg}$

- شدت روشنایی مناسب بستگی به دقت و ظرافت کار دارد بطوری که این مقدار نباید از ۵۰ لوکس در روشنایی عمومی کمتر باشد. برای کارهای دقیق روشنایی ۳۰۰-۵۰۰ لوکس می باشد (جدول ۳-۸ کتاب دکتر گل محمدی).

## قدم چهارم: محاسبه RCR

- کمیات تعیین کننده نسبت فضای اتاق:  
طول، عرض و ارتفاع طراحی می باشد. منظور از ارتفاع طراحی حد فاصل زیر دهانه چراغ تا سطح کار است. هر چه این ارتفاع کمتر باشد دانسیته نور روی سطح کار بیشتر می شود و در طراحی ارجحیت با کاهش ارتفاع طراحی است.

• فرمول محاسبه نسبت ناحیه اتاق:

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

• hrc: ارتفاع طراحی یا ارتفاع ناحیه اتاق (متر)

• L: طول مکان (متر)

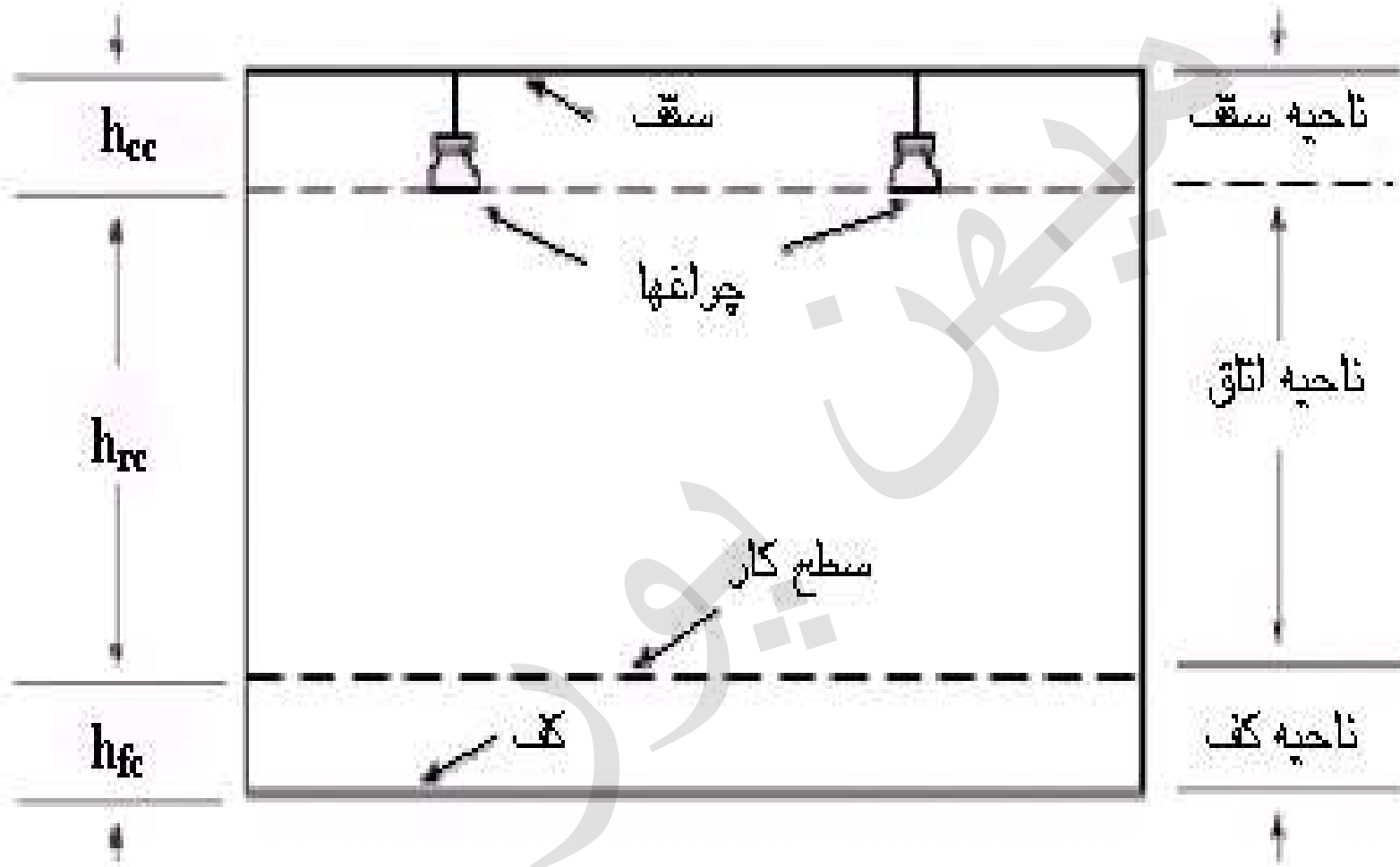
• W: عرض مکان (متر)

• هر چه ارتفاع اتاق بیشتر باشد مقدار RCR بزرگتر خواهد بود.

بزرگتر بودن RCR باعث می شود که براساس قانون عکس مجذور

فاصله برای مقدار معینی از توان نوری، دانسیته نور روی سطح

کاهش یابد. لذا کوچک بودن این کمیت ارجحیت دارد.



## قدم پنجم: محاسبات و تعیین ضرایب انعکاس سطوح داخلی و ضرایب مؤثر آنها

در صورتی که ضریب انعکاس پائین باشد این به معنی جذب بالای انرژی نوری توسط سطوح و هدر رفتن روشنایی است. البته بالا بودن ضریب نیز در سطوح در معرض دید باعث ایجاد خیرگی می شود. متوسط ضریب انعکاس سقف معمولا ۰/۷، دیوارها ۰/۵ و کف ۰/۳-۰/۱ می باشد.

### متوسط ضریب انعکاس سطوح:

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

S: مساحت سطوح

$\alpha$ : ضریب انعکاس هر سطح

ضریب انعکاس مؤثر ناحیه سقف  $\rho_{cc}$  و کف  $\rho_{fc}$  را با داشتن ضریب انعکاس سقف، کف و دیوار، نسبت ناحیه سقف CCR و نسبت ناحیه کف FCR می توان به دست آورد.

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

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

✓  $h_{cc}$ : ارتفاع ناحیه سقف (متر)

✓  $h_{fc}$ : ارتفاع ناحیه کف (متر)

✓  $A$ : مساحت مکان (مترمربع)

- برای تعیین ضریب انعکاس مؤثر سقف ضریب انعکاس سقف یا کف و دیوار را در ستون افقی و FCR یا CCR را در ستون عمودی وارد می کنیم و با استفاده از جدول ۴-۸  $\rho_{cc}$  و  $\rho_{fc}$  را تعیین می کنیم.

### مثال:

در صورتی که ضریب انعکاس سقف ۰/۶، دیوار ۰/۴ و کف معادل ۰/۲ باشد برای  $CCR=2, FCR=1$  مقادیر ضریب مؤثر ناحیه سقف و کف را تعیین کنید؟

$$\rho_{cc} = 39\%$$

$$\rho_{fc} = 18\%$$

Per Cent Base† Reflectance	40										30										20										10										0											
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0		
Cavity Ratio																																																				
0.2	40	40	39	39	39	38	38	37	36	36	31	31	30	30	29	29	28	28	27	21	20	20	20	20	20	19	19	19	17	11	11	11	10	10	10	10	09	09	09	02	02	02	01	01	01	01	00	00	0			
0.4	41	40	39	39	38	37	36	35	34	34	31	31	30	30	29	28	28	27	26	25	22	21	20	20	20	19	19	18	18	16	12	11	11	11	11	10	10	10	09	09	08	04	03	03	02	02	02	01	01	01	00	0
0.6	41	40	39	38	37	36	34	33	32	31	32	31	30	29	28	27	26	26	25	23	23	21	21	20	19	18	18	17	15	13	13	12	11	11	10	10	10	09	08	08	05	05	04	03	03	02	02	01	01	0	0	
0.8	41	40	38	37	36	35	33	32	31	29	32	31	30	29	28	26	25	25	23	22	24	22	21	20	19	18	17	16	14	15	14	13	12	11	10	10	09	08	07	07	06	05	04	04	03	02	02	01	0	0		
1.0	42	40	38	37	35	33	32	31	29	27	33	32	30	29	27	25	24	23	22	20	25	23	22	20	19	18	17	16	15	13	16	14	13	12	12	11	10	09	08	07	08	07	06	05	04	03	02	02	01	0	0	
1.2	42	40	38	36	34	32	30	29	27	25	33	32	30	28	27	25	23	22	21	19	25	23	22	20	19	17	17	16	14	12	17	15	14	13	12	11	10	09	07	06	10	08	07	06	05	04	03	02	01	0	0	
1.4	42	39	37	35	33	31	29	27	25	23	34	32	30	28	26	24	22	21	19	18	26	24	22	20	18	17	16	15	13	12	18	16	14	13	12	11	10	09	07	06	11	09	08	07	06	04	03	02	01	0	0	
1.6	42	39	37	35	32	30	27	25	23	22	34	33	29	27	25	23	22	20	18	17	26	24	22	20	18	17	16	15	13	11	19	17	15	14	12	11	09	08	07	06	12	10	09	07	06	05	03	02	01	0	0	
1.8	42	39	36	34	31	29	26	24	22	21	35	33	29	27	25	23	21	19	17	16	27	25	23	20	18	17	15	14	12	10	19	17	15	14	13	11	09	08	06	05	13	11	09	08	07	05	04	03	01	0	0	
2.0	42	39	36	34	31	28	25	23	21	19	35	33	29	26	24	22	20	18	16	14	28	25	23	20	18	16	15	13	11	09	20	18	16	14	13	11	09	08	06	05	14	12	10	09	07	05	04	03	01	0	0	
2.2	42	39	36	33	30	27	24	22	19	18	36	32	29	26	24	22	19	17	15	13	28	25	23	20	18	16	14	12	10	09	21	19	16	14	13	11	09	07	06	05	15	13	11	09	07	06	04	03	01	0	0	
2.4	43	39	35	33	29	27	24	21	18	17	36	32	29	26	24	22	19	16	14	12	29	26	23	20	18	16	14	12	10	08	22	19	17	15	13	11	09	07	06	05	16	13	11	09	08	06	04	03	01	0	0	
2.6	43	39	35	32	29	26	23	20	17	15	36	32	29	25	23	21	18	16	14	12	29	26	23	20	18	16	14	11	09	08	23	20	17	15	13	11	09	07	06	04	17	14	12	10	08	06	05	03	02	0	0	
2.8	43	39	35	32	28	25	22	19	16	14	37	32	29	25	23	21	17	15	13	11	30	27	23	20	18	15	13	11	09	07	23	20	18	16	13	11	09	07	05	03	17	15	13	10	08	07	05	03	02	0	0	
3.0	43	39	35	31	27	24	21	18	16	13	37	33	29	25	22	20	17	15	12	10	30	27	23	20	17	15	13	11	09	07	24	21	18	16	13	11	09	07	05	03	18	16	13	11	09	07	05	03	02	0	0	
3.2	43	39	35	31	27	23	20	17	15	13	37	33	29	25	22	19	16	14	12	10	31	27	23	20	17	15	12	11	09	06	25	21	18	16	13	11	09	07	05	03	19	16	14	11	09	07	05	03	02	0	0	
3.4	43	39	34	30	26	23	20	17	14	12	37	33	29	25	22	19	16	14	11	09	31	27	23	20	17	15	12	10	08	06	26	22	18	16	13	11	09	07	05	03	20	17	14	12	09	07	05	03	02	0	0	
3.6	44	39	34	30	26	22	19	16	14	11	38	33	29	24	21	18	15	13	10	09	32	27	23	20	17	15	12	10	08	05	26	22	19	16	13	11	09	06	04	03	20	17	15	12	10	08	05	04	02	0	0	
3.8	44	38	33	29	25	22	18	16	13	10	38	33	28	24	21	18	15	13	10	08	32	28	23	20	17	15	12	10	07	05	27	23	19	17	14	11	09	06	04	02	21	18	15	12	10	08	05	04	02	0	0	
4.0	44	38	33	29	25	21	18	15	12	10	38	33	28	24	21	18	14	12	09	07	33	28	23	20	17	14	11	09	07	05	27	23	20	17	14	11	09	06	04	02	22	18	15	13	10	08	05	04	02	0	0	
4.2	44	38	33	29	24	21	17	15	12	10	38	33	28	24	20	17	14	12	09	07	33	28	23	20	17	14	11	09	07	04	28	24	20	17	14	11	09	06	04	02	22	19	16	13	10	08	06	04	02	0	0	
4.4	44	38	33	28	24	20	17	14	11	09	39	33	28	24	20	17	14	11	09	06	34	28	24	20	17	14	11	09	07	04	28	24	20	17	14	11	08	06	04	02	23	19	16	13	10	08	06	04	02	0	0	
4.6	44	38	32	28	23	19	16	14	11	08	39	33	28	24	20	17	13	10	08	06	34	29	24	20	17	14	11	09	07	04	29	25	20	17	14	11	08	06	04	02	23	20	17	13	11	08	06	04	02	0	0	
4.8	44	38	32	27	22	19	16	13	10	08	39	33	28	24	20	17	13	10	08	05	35	29	24	20	17	13	10	08	06	04	29	25	20	17	14	11	08	06	04	02	24	20	17	14	11	08	06	04	02	0	0	
5.0	45	38	31	27	22	19	15	13	10	07	39	33	28	24	19	16	13	10	08	05	35	29	24	20	16	13	10	08	06	04	30	25	20	17	14	11	08	06	04	02	25	21	17	14	11	08	06	04	02	0	0	
6.0	44	37	30	25	20	17	13	11	08	05	39	33	27	23	18	15	11	09	06	04	36	30	24	20	16	13	10	08	05	02	31	26	21	18	14	11	08	06	03	01	27	23	18	15	12	09	06	04	02	0	0	
7.0	44	36	29	24	19	16	12	10	07	04	40	33	26	22	17	14	10	08	05	03	36	30	24	20	15	12	09	07	04	02	32	27	21	17	13	11	08	06	03	01	28	24	19	15	12	09	06	04	02	0	0	
8.0	44	35	28	23	18	15	11	09	06	03	40	33	26	21	16	13	09	07	04	02	37	30	23	19	15	12	08	06	03	01	33	27	21	17	13	10	07	05	03	01	30	25	20	15	12	09	06	04	02	0	0	
9.0	44	35	26	21	16	13	10	08	05	02	40	33	25	20	15	12	09	07	04	02	37	29	23	19	14	11	08	06	03	01	34	28	21	17	13	10	07	05	02	01	31	25	20	15	12	09	06	04	02	0	0	
10.0	43	34	25	20	15	12	08	07	05	02	40	32	24	19	14	11	08	06	03	01	37	29	22	18	13	10	07	05	03	01	34	28	21	17	12	10	07	05	02	01	31	25	20	15	12	09	06	04	02	0	0	

\* Values in this table are based on a length to width ratio of 1.6.

† Ceiling, floor or floor of cavity

ضرب انعكاس سقف / كف

90

80

70

60

50

ضرب انعكاس دیوار

Cavity Ratio

0.2  
0.4  
0.6  
0.8  
1.0  
  
1.2  
1.4  
1.6  
1.8  
2.0  
  
2.2  
2.4  
2.6  
2.8  
3.0  
  
3.2  
3.4  
3.6  
3.8  
4.0  
  
4.2  
4.4  
4.6  
4.8  
5.0  
  
6.0  
7.0  
8.0  
9.0  
10.0

	90	80	70	60	50
	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0
0.2	89 88 88 87 86 85 85 84 84 82	79 78 78 77 77 76 76 75 74 72	70 69 68 68 67 67 66 66 65 64	60 59 59 58 57 56 56 55 53	50 50 49 49 48 48 47 46 46 44
0.4	88 87 86 85 84 83 81 80 79 76	79 77 76 75 74 73 72 71 70 68	69 68 67 66 65 64 63 62 61 58	60 59 59 58 57 55 54 53 52 50	50 49 48 48 47 46 45 45 44 42
0.6	87 86 84 82 80 79 77 76 74 73	78 76 75 73 71 70 68 66 65 63	69 67 65 64 63 61 59 58 57 54	60 58 57 56 55 53 51 51 50 46	50 48 47 46 45 44 43 42 41 38
0.8	87 85 82 80 77 75 73 71 69 67	78 75 73 71 69 67 65 63 61 57	68 66 64 62 60 58 56 55 53 50	59 57 56 55 54 51 48 47 46 43	50 48 47 45 44 42 40 39 38 36
1.0	86 83 80 77 75 72 69 66 64 62	77 74 72 69 67 65 62 60 57 55	68 65 62 60 58 55 53 52 50 47	59 57 55 53 51 48 45 44 43 41	50 48 46 44 43 41 38 37 36 34
1.2	85 82 78 75 72 69 66 63 60 57	76 73 70 67 64 61 58 55 53 51	67 64 61 59 57 54 50 48 46 44	59 56 54 51 49 46 44 42 40 38	50 47 45 43 41 39 36 35 34 29
1.4	85 80 77 73 69 65 62 59 57 52	76 72 68 65 62 59 55 53 50 48	67 63 60 58 55 51 47 45 44 41	59 56 53 49 47 44 41 39 38 36	50 47 45 42 40 38 35 34 32 27
1.6	84 79 75 71 67 63 59 56 53 50	75 71 67 63 60 57 53 50 47 44	67 62 59 56 53 47 45 43 41 38	59 55 52 48 45 42 39 37 35 33	50 47 44 41 39 36 33 32 30 26
1.8	83 78 73 69 64 60 56 53 50 48	75 70 66 62 58 54 50 47 44 41	66 61 58 54 51 48 42 40 38 36	58 55 51 47 44 40 37 35 33 31	50 46 43 40 38 35 31 30 28 25
2.0	83 77 72 67 62 56 53 50 47 43	74 69 64 60 56 52 48 45 41 38	66 60 56 52 49 45 40 38 36 33	58 54 50 46 43 39 35 33 31 29	50 46 43 40 37 34 30 28 26 24
2.2	82 76 70 65 59 54 50 47 44 40	74 68 63 58 54 49 45 42 38 35	66 60 55 51 48 43 38 36 34 32	58 53 49 45 42 37 34 31 29 28	50 45 42 38 36 33 29 27 24 22
2.4	82 75 69 64 58 53 48 45 41 37	73 67 61 56 52 47 43 40 36 33	65 60 54 50 46 41 37 35 32 30	58 53 48 44 41 38 32 30 27 26	50 46 42 37 35 31 27 25 23 21
2.6	81 74 67 62 56 51 46 42 38 35	73 66 60 55 50 45 41 38 34 31	65 59 54 49 45 40 35 33 30 28	58 53 48 43 39 35 31 28 26 24	50 46 41 37 34 30 26 23 21 20
2.8	81 73 66 60 54 49 44 40 36 34	73 65 59 53 48 43 39 36 32 29	65 59 53 48 43 38 33 30 28 26	58 53 47 43 38 34 29 27 24 22	50 46 41 36 33 29 25 22 20 19
3.0	80 72 64 58 52 47 42 38 34 30	72 65 58 52 47 42 37 34 30 27	64 58 52 47 42 37 32 29 27 24	57 52 46 42 37 32 28 25 23 20	50 45 40 36 32 28 24 21 19 17
3.2	79 71 63 56 50 45 40 36 32 28	72 65 57 51 45 40 35 33 28 25	64 58 51 46 40 36 31 28 25 23	57 51 45 41 36 31 27 23 22 18	50 44 39 35 31 27 23 20 18 16
3.4	79 70 62 54 48 43 38 34 30 27	71 64 56 49 44 39 34 32 27 24	64 57 50 45 39 35 29 27 24 22	57 51 45 40 35 30 26 23 20 17	50 44 39 35 30 26 22 19 17 15
3.6	78 69 61 53 47 42 36 32 28 25	71 63 54 48 43 38 32 30 25 23	63 56 49 44 38 33 28 25 22 20	57 50 44 39 34 29 25 22 19 16	50 44 39 34 29 25 21 18 16 14
3.8	78 68 60 51 45 40 35 31 27 23	70 62 53 47 41 36 31 28 24 22	63 56 49 43 37 32 27 24 21 19	57 50 43 38 33 29 24 21 19 15	50 44 38 34 29 25 21 17 15 13
4.0	77 69 58 51 44 39 33 29 25 22	70 61 53 46 40 35 30 26 22 20	63 55 48 42 36 31 26 23 20 17	57 49 42 37 32 28 23 20 18 14	50 44 38 33 28 24 20 17 15 12
4.2	77 62 57 50 43 37 32 28 24 21	69 60 52 45 39 34 29 25 21 18	62 55 47 41 35 30 25 22 19 16	56 49 42 37 32 27 22 19 17 14	50 43 37 32 28 24 20 17 14 12
4.4	76 61 56 49 42 36 31 27 23 20	69 60 51 44 38 33 28 24 20 17	62 54 46 40 34 29 24 21 18 15	56 49 42 36 31 27 22 19 16 13	50 43 37 32 27 23 19 16 13 11
4.6	76 60 55 47 40 35 30 26 22 19	69 59 50 43 37 32 27 23 19 15	62 53 45 39 33 28 24 21 17 14	56 49 41 35 30 26 21 18 16 13	50 43 36 31 26 22 18 15 13 10
4.8	75 59 54 46 39 34 28 25 21 18	68 58 49 42 36 31 26 22 18 14	62 53 45 38 32 27 23 20 16 13	56 48 41 34 29 25 21 18 15 12	50 43 36 31 26 22 18 15 12 09
5.0	75 59 53 45 38 33 28 24 20 16	68 58 48 41 35 30 25 21 18 14	61 52 44 36 31 26 22 19 16 12	56 48 40 34 28 24 20 17 14 11	50 42 35 30 25 21 17 14 12 09
6.0	73 61 49 41 34 29 24 20 16 11	66 55 44 38 31 27 22 19 15 10	60 51 41 35 28 24 19 16 13 09	55 45 37 31 25 21 17 14 11 07	50 42 34 29 23 19 15 13 10 08
7.0	70 58 45 38 30 27 21 18 14 08	64 53 41 35 28 24 19 16 12 07	58 48 38 32 26 22 17 14 11 06	54 43 35 30 24 20 15 12 09 05	49 41 32 27 21 18 14 11 08 05
8.0	68 55 42 35 27 23 18 15 12 06	62 50 38 32 25 21 17 14 11 05	57 46 35 29 23 19 15 13 10 05	53 42 33 28 22 18 14 11 08 04	49 40 30 25 19 16 12 10 07 03
9.0	66 52 38 31 25 21 16 14 11 05	61 49 36 30 23 19 15 13 10 04	56 45 33 27 21 18 14 12 09 04	52 40 31 26 20 16 12 10 07 03	48 39 29 24 18 15 11 09 07 03
10.0	65 51 36 29 22 19 15 11 09 04	59 46 33 27 21 18 14 11 08 03	55 43 31 25 19 16 12 10 06 03	51 39 29 24 18 15 11 09 07 02	47 37 27 22 17 14 10 06 06 02



## مثال:

یک کارگاهی دارای طول ۸ متر، عرض ۶ متر و ارتفاع ۳ متر است. اگر ضریب انعکاس سقف ۰/۴، دیوارها ۰/۸ و کف ۰/۲ باشد PCC و pfc را محاسبه نمایید. (در این محیط از لامپ جیوه ای با طول آویز ۰/۵ متر استفاده شده است و سطح کار در ارتفاع ۶۰ سانتی متری سطح زمین است).

$$CCR = \frac{5hcc(L + W)}{A}$$

$$CCR = \frac{5 \times 0.5(8 + 6)}{(8 \times 6)} = 0.73$$

$$FCR = \frac{5hfc(L + W)}{A}$$

$$FCR = \frac{5 \times 0.6(8 + 6)}{(8 \times 6)} = 0.87$$

$$0.225 = \rho_{fc}$$

$$0.4 = P_{cc}$$



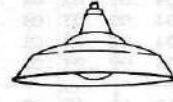

Per Cent Base† Reflectance	40										30										20										10										0										
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	
Per Cent Wall Reflectance																																																			
Cavity Ratio																																																			
0.2	40	40	39	39	39	38	38	37	36	36	31	31	30	30	29	29	28	28	27	21	20	20	20	20	20	19	19	19	17	11	11	11	10	10	10	10	09	09	09	02	02	02	01	01	01	01	00	00	0		
0.4	41	40	39	39	38	37	36	35	34	34	31	31	30	30	29	28	28	27	26	25	22	21	20	20	20	19	19	18	18	16	12	11	11	11	11	10	10	10	09	09	08	04	03	03	02	02	02	01	01	00	0
0.6	41	40	39	38	37	36	34	33	32	31	32	31	30	29	28	27	26	26	25	23	23	21	21	20	19	19	18	18	17	15	13	13	12	11	11	10	10	10	09	08	08	05	05	04	03	03	02	02	01	01	0
0.8	41	40	38	37	36	35	33	32	31	29	32	31	30	29	28	26	25	25	23	22	24	22	21	20	19	19	18	17	16	14	15	14	13	12	11	10	10	10	09	08	07	07	06	05	04	04	03	02	02	01	0
1.0	42	40	38	37	35	33	32	31	29	27	33	32	30	29	27	25	24	23	22	20	25	23	22	20	19	18	17	16	15	13	16	14	13	12	12	11	10	09	08	07	08	07	06	05	04	03	02	02	01	0	
1.2	42	40	38	36	34	32	30	29	27	25	33	32	30	28	27	25	23	22	21	19	25	23	22	20	19	17	17	16	14	12	17	15	14	13	12	11	10	09	07	06	10	08	07	06	05	04	03	02	01	0	
1.4	42	39	37	35	33	31	29	27	25	23	34	32	30	28	26	24	22	21	19	18	26	24	22	20	18	17	16	15	13	12	18	16	14	13	12	11	10	09	07	06	11	09	08	07	06	04	03	02	01	0	
1.6	42	39	37	35	32	30	27	25	23	22	34	33	29	27	25	23	22	20	18	17	26	24	22	20	18	17	16	15	13	11	19	17	15	14	12	11	09	08	07	06	12	10	09	07	06	05	03	02	01	0	
1.8	42	39	38	34	31	29	26	24	22	21	36	33	29	27	25	23	21	19	17	16	27	25	23	20	18	17	15	14	12	10	19	17	15	14	13	11	09	08	06	05	13	11	09	08	07	05	04	03	01	0	
2.0	42	39	36	34	31	28	25	23	21	19	35	33	29	26	24	22	20	18	16	14	28	25	23	20	18	16	15	13	11	09	20	18	16	14	13	11	09	08	06	05	14	12	10	09	07	05	04	03	01	0	
2.2	42	39	36	33	30	27	24	22	19	18	36	32	28	26	24	22	19	17	15	13	28	25	23	20	18	16	14	12	10	09	21	19	16	14	13	11	09	07	06	05	15	13	11	09	07	06	04	03	01	0	
2.4	43	39	35	33	29	27	24	21	18	17	36	32	29	26	24	22	19	16	14	12	29	26	23	20	18	16	14	12	10	08	22	19	17	15	13	11	09	07	06	05	16	13	11	09	08	06	04	03	01	0	
2.6	43	39	35	32	29	26	23	20	17	15	36	32	29	25	23	21	18	16	14	12	29	26	23	20	18	16	14	11	09	08	23	20	17	15	13	11	09	07	06	04	17	14	12	10	08	06	05	03	02	0	
2.8	43	39	35	32	28	25	22	19	16	14	37	33	29	25	23	21	17	15	13	11	30	27	23	20	18	15	13	11	09	07	23	20	18	16	13	11	09	07	05	03	17	15	13	10	08	07	05	03	02	0	
3.0	43	39	35	31	27	24	21	18	16	13	37	33	29	25	22	20	17	15	12	10	30	27	23	20	17	15	13	11	09	07	24	21	18	16	13	11	09	07	05	03	18	16	13	11	09	07	05	03	02	0	
3.2	43	39	35	31	27	23	20	17	15	13	37	33	29	25	22	19	16	14	12	10	31	27	23	20	17	15	12	11	09	06	25	21	18	16	13	11	09	07	05	03	19	16	14	11	09	07	05	03	02	0	
3.4	43	39	34	30	26	23	20	17	14	12	37	33	29	25	22	19	16	14	11	09	31	27	23	20	17	15	12	10	08	06	26	22	18	16	13	11	09	07	05	03	20	17	14	12	09	07	05	03	02	0	
3.6	44	39	34	30	26	22	19	16	14	11	38	33	29	24	21	18	15	13	10	09	32	27	23	20	17	15	12	10	08	05	26	22	19	16	13	11	09	06	04	03	20	17	15	12	10	08	05	04	02	0	
3.8	44	38	33	29	25	22	18	16	13	10	38	33	28	24	21	18	15	13	10	08	32	28	23	20	17	15	12	10	07	05	27	23	19	17	14	11	09	06	04	02	21	18	15	12	10	08	05	04	02	0	
4.0	44	38	33	29	25	21	18	15	12	10	38	33	28	24	21	18	14	12	09	07	33	28	23	20	17	14	11	09	07	05	27	23	20	17	14	11	09	06	04	02	22	18	15	13	10	08	05	04	02	0	
4.2	44	38	33	29	24	21	17	15	12	10	38	33	28	24	20	17	14	12	09	07	33	28	23	20	17	14	11	09	07	04	28	24	20	17	14	11	09	06	04	02	22	19	16	13	10	08	06	04	02	0	
4.4	44	38	33	28	24	20	17	14	11	09	39	33	28	24	20	17	14	11	09	06	34	28	24	20	17	14	11	09	07	04	28	24	20	17	14	11	08	06	04	02	23	19	16	13	10	08	06	04	02	0	
4.6	44	38	32	28	23	19	16	14	11	08	39	33	28	24	20	17	13	10	08	06	34	29	24	20	17	14	11	09	07	04	29	25	20	17	14	11	08	06	04	02	23	20	17	13	11	08	06	04	02	0	
4.8	44	38	32	27	22	19	16	13	10	08	39	33	28	24	20	17	13	10	08	05	35	29	24	20	17	13	10	08	06	04	29	25	20	17	14	11	08	06	04	02	24	20	17	14	11	08	06	04	02	0	
5.0	45	38	31	27	22	19	15	13	10	07	39	33	28	24	19	16	13	10	08	05	35	29	24	20	16	13	10	08	06	04	30	25	20	17	14	11	08	06	04	02	25	21	17	14	11	08	06	04	02	0	
6.0	44	37	30	25	20	17	13	11	08	05	39	33	27	23	18	15	11	09	06	04	36	30	24	20	16	13	10	08	05	02	31	26	21	18	14	11	08	06	03	01	27	23	18	15	12	09	06	04	02	0	
7.0	44	36	29	24	19	16	12	10	07	04	40	33	26	22	17	14	10	08	05	03	36	30	24	20	15	12	09	07	04	02	32	27	21	17	13	11	08	06	03	01	28	24	19	15	12	09	06	04	02	0	
8.0	44	35	28	23	18	15	11	09	06	03	40	33	26	21	16	13	09	07	04	02	37	30	23	19	15	12	08	06	03	01	33	27	21	17	13	10	07	05	03	01	30	25	20	15	12	09	06	04	02	0	
9.0	44	35	26	21	16	13	10	08	05	02	40	33	25	20	15	12	09	07	04	02	37	29	23	19	14	11	08	06	03	01	34	28	21	17	13	10	07	05	02	01	31	25	20	15	12	09	06	04	02	0	
10.0	43	34	25	20	15	12	08	07	05	02	40	32	24	19	14	11	08	06	03	01	37	29	22	18	13	10	07	05	03	01	34	28	21	17	12	10	07	05	02	01	31	25	20	15	12	09	06	04	02	0	

\* Values in this table are based on a length to width ratio of 1.6.

† Ceiling, floor or floor of cavity

## قدم ششم: تعیین ضریب بهره روشنایی سیستم CU

تمام توان نوری منبع به سطح کار تابش نمی شود بلکه بخشی **داخل چراغ**، بخشی در اثر ضریب **جذب سطوح** و برخی به دلیل قانون **عکس مجذور فاصله** دچار افت می شود. در طراحی روشنایی برای تأثیر دادن تمام این عوامل از ضریب بهره روشنایی استفاده می شود. این ضریب توسط سازنده برای هر نوع چراغی تعیین و در جداولی به همراه کالا عرضه می شود. این ضریب با استفاده از جدول مشخصات فنی چراغ با داشتن RCR، متوسط ضریب انعکاس دیوار  $\rho_w$  و ضریب انعکاس مؤثر ناحیه سقف  $\rho_{cc}$  و ناحیه کف  $\rho_{fc}$  تعیین می شود. جدول ۵-۶ ضریب بهره روشنایی را نشان می دهد. در این جداول فرض شده است که ضریب انعکاس مؤثر ناحیه کف برابر ۲۰٪ است در صورتی که ضریب کف عددی غیر از ۲۰٪ باشد ضریب بهره نهایی روشنایی از ضرب نتیجه جدول ۵-۶ در ضریب تصحیح جدول ۵-۷ بدست می آید.

نوع چراغ	منحنی پخش نور در صد لومن لامپ		ضریب انعکاس سقف ضریب انعکاس دیوار		RCC $\rho_{cc}$ $\rho_w$																					
	کروه چراغ	لداکتر (a)	RRC																							
شماره ردیف			ضریب بهره نوری محیط CU																							
Typical Luminaire	Typical Distribution and Per Cent Lamp Lumens		$\rho_{cc}^a \rightarrow$			80			70			50			30			10			0			WDR <sup>c</sup> ↓		
	Maint. Cat.	Maximum S/MH Guide <sup>d</sup>	$\rho_w^b \rightarrow$		50			30			10			50			30			10			0			
			Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance ( $\rho_{fc} = 20$ )																							
1  Pendant diffusing sphere with incandescent lamp	V	1.5	0	.87	.87	.87	.81	.81	.81	.69	.69	.69	.59	.59	.59	.49	.49	.49	.44	.35						
			1	.71	.67	.63	.66	.62	.59	.56	.53	.50	.47	.45	.43	.39	.37	.35	.31	.27						
			2	.61	.54	.49	.56	.50	.46	.47	.43	.39	.36	.33	.32	.29	.27	.23	.18	.22						
			3	.52	.45	.39	.48	.42	.37	.41	.36	.31	.34	.30	.26	.27	.24	.22	.18	.15						
			4	.46	.38	.33	.42	.36	.30	.36	.30	.26	.30	.26	.22	.24	.21	.18	.15	.19						
			5	.40	.33	.27	.37	.30	.25	.32	.26	.22	.26	.22	.19	.21	.18	.15	.12	.16						
			6	.36	.28	.23	.33	.26	.21	.28	.23	.19	.23	.19	.16	.19	.15	.13	.10	.14						
			7	.32	.25	.20	.29	.23	.18	.25	.20	.16	.21	.16	.13	.17	.13	.11	.09	.13						
			8	.29	.22	.17	.27	.20	.16	.23	.17	.14	.19	.15	.12	.15	.12	.09	.07	.12						
			9	.26	.19	.15	.24	.18	.14	.20	.15	.12	.17	.13	.10	.14	.11	.08	.06	.11						
			10	.23	.17	.13	.22	.16	.12	.19	.14	.10	.16	.12	.09	.13	.09	.07	.05	.10						
2  Concentric ring unit with incandescent silvered-bowl lamp	II	1.5	0	.83	.83	.83	.71	.71	.71	.49	.49	.49	.30	.30	.30	.12	.12	.12	.03	.02						
			1	.72	.69	.66	.62	.60	.57	.43	.42	.40	.26	.25	.25	.10	.10	.10	.03	.01						
			2	.63	.58	.54	.54	.50	.47	.38	.36	.33	.23	.22	.21	.09	.09	.08	.02	.01						
			3	.55	.49	.45	.48	.43	.39	.33	.30	.28	.20	.19	.17	.08	.08	.07	.02	.01						
			4	.48	.42	.37	.42	.37	.33	.29	.26	.24	.18	.16	.15	.07	.07	.06	.01	.01						
			5	.43	.36	.32	.37	.32	.28	.26	.23	.20	.16	.14	.13	.06	.06	.05	.01	.01						
			6	.38	.32	.27	.33	.28	.24	.23	.20	.17	.14	.12	.11	.06	.05	.04	.01	.01						
			7	.34	.28	.23	.30	.24	.21	.21	.17	.15	.13	.11	.09	.05	.04	.04	.01	.01						
			8	.31	.25	.20	.27	.21	.18	.19	.15	.13	.12	.10	.08	.05	.04	.03	.01	.01						
			9	.28	.22	.18	.24	.19	.16	.17	.14	.11	.10	.09	.07	.04	.03	.03	.01	.01						
			10	.25	.20	.16	.22	.17	.14	.16	.12	.10	.10	.08	.06	.04	.03	.03	.01	.01						
3  Porcelain-enameled ventilated standard dome with incandescent lamp	IV	1.3	0	.99	.99	.99	.97	.97	.97	.92	.92	.92	.88	.88	.88	.85	.85	.85	.83	.29						
			1	.88	.85	.82	.86	.83	.81	.83	.80	.78	.79	.78	.76	.77	.75	.73	.72	.28						
			2	.78	.73	.68	.76	.72	.67	.73	.69	.66	.71	.67	.64	.68	.65	.63	.61	.26						
			3	.69	.62	.57	.67	.61	.57	.65	.60	.56	.63	.58	.55	.61	.57	.54	.52	.24						
			4	.61	.54	.49	.60	.53	.48	.58	.52	.48	.56	.51	.47	.54	.50	.46	.45	.23						
			5	.54	.47	.41	.53	.46	.41	.51	.45	.41	.50	.44	.40	.48	.43	.40	.38	.21						
			6	.48	.41	.35	.47	.40	.35	.46	.39	.35	.44	.39	.34	.43	.38	.34	.32	.20						
			7	.43	.35	.30	.42	.35	.30	.41	.34	.30	.39	.34	.30	.38	.33	.29	.28	.19						
			8	.38	.31	.26	.38	.31	.26	.37	.30	.26	.36	.30	.26	.35	.30	.26	.24	.17						
			9	.35	.28	.23	.34	.27	.23	.33	.27	.23	.32	.27	.23	.31	.26	.22	.21	.16						
			10	.31	.25	.20	.31	.24	.20	.30	.24	.20	.29	.24	.20	.29	.23	.20	.18	.16						
4  Prismatic square surface drum	V	1.3	0	.89	.89	.89	.85	.85	.85	.77	.77	.77	.70	.70	.70	.63	.63	.63	.60	.24						
			1	.78	.75	.72	.74	.72	.69	.68	.66	.64	.62	.60	.58	.56	.55	.54	.51	.20						
			2	.69	.65	.61	.66	.62	.58	.61	.57	.54	.56	.53	.50	.51	.49	.47	.44	.18						
			3	.62	.57	.52	.60	.55	.50	.55	.51	.47	.50	.47	.44	.46	.44	.41	.39	.16						
			4	.56	.50	.46	.54	.49	.44	.50	.45	.42	.46	.42	.39	.42	.39	.37	.35	.15						
			5	.51	.45	.40	.49	.43	.39	.45	.41	.37	.42	.38	.35	.39	.36	.33	.31	.13						
			6	.46	.40	.36	.45	.39	.35	.42	.37	.33	.39	.35	.31	.36	.32	.30	.28	.12						
			7	.42	.36	.32	.41	.35	.31	.38	.33	.29	.35	.31	.28	.33	.29	.27	.25	.13						
			8	.39	.32	.28	.37	.32	.28	.35	.30	.26	.32	.28	.25	.30	.27	.24	.22	.12						
			9	.35	.29	.25	.34	.29	.25	.32	.27	.24	.30	.26	.23	.28	.24	.22	.20	.11						
			10	.32	.27	.23	.31	.26	.22	.29	.25	.21	.27	.23	.20	.26	.22	.20	.18	.11						

درصد انعکاس مؤثر سقف	80				70				50			30			10			
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	
برای ضریب انعکاس مؤثر کف معادل ۳۰٪																		
Room Cavity Ratio	1	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006	
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005	
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004	
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004	
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003	
7	1.947	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003	
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003	
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002	
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002	
برای ضریب انعکاس مؤثر کف معادل ۱۰٪																		
Room Cavity Ratio	1	.923	.929	.935	.940	.933	.939	.943	.948	.956	.960	.963	.973	.976	.979	.989	.991	.993
2	.931	.942	.950	.958	.940	.949	.957	.963	.962	.968	.974	.976	.980	.985	.988	.991	.995	
3	.939	.951	.961	.969	.945	.957	.966	.973	.967	.975	.981	.978	.983	.988	.988	.992	.996	
4	.944	.958	.969	.978	.950	.963	.973	.980	.972	.980	.986	.980	.986	.991	.987	.992	.996	
5	.949	.964	.976	.983	.954	.968	.978	.985	.975	.983	.989	.981	.988	.993	.987	.992	.996	
6	.953	.969	.980	.986	.958	.972	.982	.989	.977	.985	.992	.982	.989	.995	.987	.993	.997	
7	.957	.973	.983	.991	.961	.975	.985	.991	.979	.987	.994	.983	.990	.996	.987	.993	.998	
8	.960	.976	.986	.993	.963	.977	.987	.993	.981	.988	.995	.984	.991	.997	.987	.993	.998	
9	.963	.978	.987	.994	.965	.979	.989	.994	.983	.990	.996	.985	.992	.998	.988	.994	.999	
10	.965	.980	.989	.995	.967	.981	.990	.995	.984	.991	.997	.986	.993	.998	.988	.994	.999	
برای ضریب انعکاس مؤثر کف معادل ۲۰٪																		
Room Cavity Ratio	1	.859	.870	.879	.886	.873	.884	.893	.901	.916	.923	.929	.948	.954	.960	.979	.983	.987
2	.871	.887	.903	.919	.886	.902	.916	.928	.926	.938	.949	.954	.963	.971	.978	.983	.991	
3	.882	.904	.915	.942	.898	.918	.934	.947	.936	.950	.964	.958	.969	.979	.976	.984	.993	
4	.893	.919	.941	.958	.908	.930	.948	.961	.945	.961	.974	.961	.974	.984	.975	.985	.994	
5	.903	.931	.953	.969	.914	.939	.958	.970	.951	.967	.980	.964	.977	.988	.975	.985	.995	
6	.911	.940	.961	.976	.920	.945	.965	.977	.955	.972	.985	.966	.979	.991	.975	.986	.996	
7	.917	.947	.967	.981	.924	.950	.970	.982	.959	.975	.988	.968	.981	.993	.975	.987	.997	
8	.922	.953	.971	.985	.929	.955	.975	.986	.963	.978	.991	.970	.983	.995	.976	.988	.998	
9	.928	.958	.975	.988	.933	.959	.980	.989	.966	.980	.993	.971	.985	.996	.976	.988	.998	
10	.933	.962	.979	.991	.937	.963	.983	.992	.969	.982	.995	.973	.987	.997	.977	.989	.999	

جدول (۷-۸) تعیین مقادیر ضریب تصحیح CU برای ضریب انعکاس مؤثر کف غیر از ۲۰٪

کارگاهی به طول ۶۰ متر، عرض ۴۰ متر و ارتفاع ۲۰ متر موجود می باشد برای تأمین روشنایی در این سالن از لامپ شماره ۲ با ارتفاع آویز ۰/۸ متر استفاده شده است. مطلوب است محاسبه ضریب بهره روشنایی در صورتی که

$$P_c = 0.3$$

$$P_f = 0.2$$

$$P_w = 0.5$$

$$FCR = \frac{5 \times 0(60 + 40)}{(60 \times 40)} = 0$$

$$CCR = \frac{5 \times 0.8(60 + 40)}{(60 \times 40)} = 0.16$$

$$RCR = \frac{5 \times 19.2(40 + 60)}{(40 \times 60)} = 4$$

$$\rho_{fc} = 0 \quad P_{cc} = 0.29$$





$$CU = 0.18 \times 0.961 = 0.173$$



Per Cent Base† Reflectance	40										30										20										10										0									
Per Cent Wall Reflectance	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Cavity Ratio																																																		
0.2	40	40	39	39	39	38	38	37	36	36	31	31	30	30	29	29	29	28	28	27	21	20	20	20	20	20	19	19	19	17	11	11	11	10	10	10	10	09	09	09	02	02	02	01	01	01	01	00	00	0
0.4	41	40	39	39	38	37	36	35	34	34	31	31	30	30	29	28	28	27	26	25	22	21	20	20	20	19	19	18	18	16	12	11	11	11	11	10	10	09	09	08	04	03	03	02	02	02	01	01	00	0
0.6	41	40	39	38	37	36	34	33	32	31	32	31	30	29	28	27	26	26	25	23	23	21	21	20	19	19	18	18	17	15	13	13	12	11	11	10	10	09	08	08	05	05	04	03	03	02	02	01	01	0
0.8	41	40	38	37	36	35	33	32	31	29	32	31	30	29	28	26	25	25	23	22	24	22	21	20	19	19	18	17	16	14	15	14	13	12	11	10	10	09	08	07	07	06	05	04	04	03	02	02	01	0
1.0	42	40	38	37	35	33	32	31	29	27	33	32	30	29	27	25	24	23	22	20	25	23	22	20	19	18	17	16	15	13	16	14	13	12	12	11	10	09	08	07	08	07	06	05	04	03	02	02	01	0
1.2	42	40	38	36	34	32	30	29	27	25	33	32	30	28	27	25	23	22	21	19	25	23	22	20	19	17	17	16	14	12	17	15	14	13	12	11	10	09	07	06	10	08	07	06	05	04	03	02	01	0
1.4	42	39	37	35	33	31	29	27	25	23	34	32	30	28	26	24	22	21	19	18	26	24	22	20	18	17	16	15	13	12	18	16	14	13	12	11	10	09	07	06	11	09	08	07	06	04	03	02	01	0
1.6	42	39	37	35	32	30	27	25	23	22	34	33	29	27	25	23	22	20	18	17	26	24	22	20	18	17	16	15	13	11	19	17	15	14	12	11	09	08	07	06	12	10	09	07	06	05	03	02	01	0
1.8	42	38	36	34	31	29	26	24	22	21	35	33	29	27	25	23	21	19	17	16	27	25	23	20	18	17	15	14	12	10	19	17	15	14	13	11	09	08	06	05	13	11	09	08	07	05	04	03	01	0
2.0	42	38	36	34	31	28	25	23	21	19	35	33	29	26	24	22	20	18	16	14	28	25	23	20	18	16	15	13	11	09	20	18	16	14	13	11	09	08	06	05	14	12	10	09	07	05	04	03	01	0
2.2	42	39	36	33	30	27	24	22	19	18	36	32	29	26	24	22	19	17	15	13	28	25	23	20	18	16	14	12	10	09	21	19	16	14	13	11	09	07	06	05	15	13	11	09	07	06	04	03	01	0
2.4	43	39	35	33	29	27	24	21	18	17	36	32	29	26	24	22	19	16	14	12	29	26	23	20	18	16	14	12	10	08	22	19	17	15	13	11	09	07	06	05	16	13	11	09	08	06	04	03	01	0
2.6	43	39	35	32	29	26	23	20	17	15	36	32	29	25	23	21	18	16	14	12	29	26	23	20	18	16	14	11	09	08	23	20	17	15	13	11	09	07	06	04	17	14	12	10	08	06	05	03	02	0
2.8	43	39	35	32	28	25	22	19	16	14	37	33	29	25	23	21	17	15	13	11	30	27	23	20	18	15	13	11	09	07	23	20	18	16	13	11	09	07	05	03	17	15	13	10	08	07	05	03	02	0
3.0	43	39	35	31	27	24	21	18	16	13	37	33	29	25	22	20	17	15	12	10	30	27	23	20	17	15	13	11	09	07	24	21	18	16	13	11	09	07	05	03	18	16	13	11	09	07	05	03	02	0
3.2	43	39	35	31	27	23	20	17	15	13	37	33	29	25	22	19	16	14	12	10	31	27	23	20	17	15	12	11	09	06	25	21	18	16	13	11	09	07	05	03	19	16	14	11	09	07	05	03	02	0
3.4	43	39	34	30	26	23	20	17	14	12	37	33	29	25	22	19	16	14	11	09	31	27	23	20	17	15	12	10	08	06	26	22	18	16	13	11	09	07	05	03	20	17	14	12	09	07	05	03	02	0
3.6	44	39	34	30	26	22	19	16	14	11	38	33	29	24	21	18	15	13	10	09	32	27	23	20	17	15	12	10	08	05	26	22	19	16	13	11	09	06	04	03	20	17	15	12	10	08	05	04	02	0
3.8	44	38	33	29	25	22	18	16	13	10	38	33	28	24	21	18	15	13	10	08	32	28	23	20	17	15	12	10	07	05	27	23	19	17	14	11	09	06	04	02	21	18	15	12	10	08	05	04	02	0
4.0	44	38	33	29	25	21	18	15	12	10	38	33	28	24	21	18	14	12	09	07	33	28	23	20	17	14	11	09	07	05	27	23	20	17	14	11	09	06	04	02	22	18	15	13	10	08	05	04	02	0
4.2	44	38	33	29	24	21	17	15	12	10	38	33	28	24	20	17	14	12	09	07	33	28	23	20	17	14	11	09	07	04	28	24	20	17	14	11	09	06	04	02	22	19	16	13	10	08	06	04	02	0
4.4	44	38	33	28	24	20	17	14	11	09	38	33	28	24	20	17	14	11	09	06	34	28	24	20	17	14	11	09	07	04	28	24	20	17	14	11	08	06	04	02	23	19	16	13	10	08	06	04	02	0
4.6	44	38	32	28	23	19	16	14	11	08	39	33	28	24	20	17	13	10	08	06	34	29	24	20	17	14	11	09	07	04	29	25	20	17	14	11	08	06	04	02	23	20	17	13	11	08	06	04	02	0
4.8	44	38	32	27	22	19	16	13	10	08	39	33	28	24	20	17	13	10	08	05	35	29	24	20	17	13	10	08	06	04	29	25	20	17	14	11	08	06	04	02	24	20	17	14	11	08	06	04	02	0
5.0	45	38	31	27	22	19	15	13	10	07	39	33	28	24	19	16	13	10	08	05	35	29	24	20	16	13	10	08	06	04	30	25	20	17	14	11	08	06	04	02	25	21	17	14	11	08	06	04	02	0
6.0	44	37	30	25	20	17	13	11	08	05	39	33	27	23	18	15	11	09	06	04	36	30	24	20	16	13	10	08	05	02	31	26	21	18	14	11	08	06	03	01	27	23	18	15	12	09	06	04	02	0
7.0	44	36	29	24	19	16	12	10	07	04	40	33	26	22	17	14	10	08	05	03	36	30	24	20	15	12	09	07	04	02	32	27	21	17	13	11	08	06	03	01	28	24	19	15	12	09	06	04	02	0
8.0	44	35	28	23	18	15	11	09	06	03	40	33	26	21	16	13	09	07	04	02	37	30	23	19	15	12	08	06	03	01	33	27	21	17	13	10	07	05	03	01	30	25	20	15	12	09	06	04	02	0
9.0	44	35	26	21	16	13	10	08	05	02	40	33	25	20	15	12	09	07	04	02	37	29	23	19	14	11	08	06	03	01	34	28	21	17	13	10	07	05	02	01	31	25	20	15	12	09	06	04	02	0
10.0	43	34	25	20	15	12	08	07	05	02	40	32	24	19	14	11	08	06	03	01	37	29	22	18	13	10	07	05	03	01	34	28	21	17	12	10	07	05	02	01	31	25	20	15	12	09	06	04	02	0

\* Values in this table are based on a length to width ratio of 1.6.

† Ceiling, floor or floor of cavity

نوع چراغ شماره ردیف	منحنی پخش نور در صد لومن لامپ		$\rho_{CC}$	ضریب انعکاس سقف ضریب انعکاس دیوار												RCR	ضریب بهره نوری محیط CU (در اینجا ضریب انعکاس کف ۲۰ درصد فرض شده $\rho_{FC} = 20$ )												WDRC*
	گروه چراغ	زاویه (α)	$\rho_w$	80			70			50			30				10			0									
Typical Luminaire	Typical Distribution and Per Cent Lamp Lumens	Maint. Cat.	Maximum S/MH Guide <sup>d</sup>	RCR <sup>e</sup> ↓	Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance ( $\rho_{FC} = 20$ )																								
1		V	1.5	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	.87 .71 .61 .52 .46 .40 .36 .32 .29 .26 .23	.87 .67 .54 .45 .38 .33 .28 .25 .22 .19 .17	.87 .63 .49 .39 .33 .27 .23 .20 .17 .15 .13	.81 .62 .50 .48 .42 .37 .33 .29 .27 .24 .22	.81 .62 .50 .42 .37 .33 .29 .27 .24 .22	.81 .59 .46 .37 .30 .25 .21 .18 .16 .14 .12	.69 .56 .47 .41 .36 .32 .28 .25 .23 .20 .19	.69 .53 .43 .39 .30 .26 .23 .20 .17 .15 .14	.69 .50 .39 .31 .26 .22 .19 .16 .14 .12 .10	.59 .47 .39 .34 .30 .26 .23 .21 .19 .17 .16	.59 .45 .36 .30 .26 .22 .19 .16 .13 .11 .09	.59 .43 .33 .26 .22 .19 .16 .13 .11 .08 .07	.49 .39 .32 .27 .24 .21 .18 .15 .13 .11 .08	.49 .35 .27 .24 .22 .18 .15 .13 .11 .09 .07	.44 .31 .23 .18 .15 .12 .10 .09 .07 .06 .05	.35 .27 .22 .18 .15 .12 .10 .09 .07 .06 .05									
2		II	1.5	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	.83 .72 .63 .55 .48 .43 .38 .34 .31 .28 .25	.83 .69 .58 .49 .42 .36 .32 .28 .25 .22 .20	.83 .66 .54 .45 .37 .32 .28 .24 .21 .18 .16	.71 .60 .54 .43 .37 .32 .28 .24 .21 .18 .14	.71 .60 .47 .39 .33 .28 .23 .20 .17 .15 .13	.49 .43 .38 .33 .29 .26 .24 .20 .17 .15 .13	.49 .42 .36 .30 .28 .24 .20 .16 .14 .11 .09	.49 .40 .33 .28 .20 .16 .14 .11 .09 .07 .05	.30 .26 .22 .20 .18 .16 .14 .12 .11 .09 .07	.30 .25 .21 .17 .15 .13 .11 .09 .07 .05 .04	.30 .25 .21 .17 .15 .13 .11 .08 .07 .05 .04	.12 .10 .09 .08 .07 .06 .05 .04 .03 .03 .03	.12 .10 .08 .07 .06 .05 .04 .03 .03 .03 .03	.03 .02 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01	.02 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01										
3		IV	1.3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	.99 .88 .78 .69 .61 .54 .48 .43 .38 .35 .31	.99 .85 .73 .62 .57 .47 .41 .35 .30 .26 .23	.99 .82 .68 .57 .49 .41 .35 .30 .26 .23	.97 .86 .78 .67 .61 .57 .48 .41 .35 .30 .26	.97 .83 .72 .67 .57 .52 .45 .41 .35 .30 .26	.92 .83 .73 .65 .60 .56 .48 .41 .35 .30 .26	.92 .80 .69 .66 .63 .58 .55 .47 .41 .35 .30	.92 .78 .66 .63 .58 .55 .47 .41 .35 .30	.88 .71 .67 .64 .63 .58 .55 .47 .41 .35 .30	.88 .67 .64 .63 .58 .55 .47 .41 .35 .30	.88 .64 .63 .61 .57 .54 .46 .43 .40 .38 .34	.85 .75 .65 .63 .61 .57 .54 .46 .43 .40 .38	.85 .73 .63 .63 .57 .54 .46 .43 .40 .38 .34	.83 .72 .61 .52 .45 .45 .44 .43 .43 .38 .34	.29 .28 .26 .24 .23 .22 .21 .20 .19 .17 .16										
4		V	1.3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	.89 .78 .69 .62 .56 .51 .46 .42 .39 .35 .32	.89 .75 .65 .57 .50 .45 .40 .36 .32 .28 .25	.89 .72 .61 .52 .46 .40 .36 .32 .28 .25	.85 .74 .66 .62 .54 .49 .43 .41 .35 .31 .28	.85 .69 .58 .55 .50 .45 .39 .41 .37 .32 .28	.77 .68 .61 .57 .54 .51 .47 .45 .41 .37 .32	.77 .66 .54 .54 .47 .44 .42 .41 .37 .33 .29	.77 .64 .56 .54 .49 .46 .44 .42 .41 .37 .33	.70 .62 .56 .53 .50 .47 .44 .42 .41 .37 .33	.70 .58 .50 .47 .44 .42 .41 .37 .33 .31 .28	.63 .56 .51 .49 .46 .44 .41 .39 .36 .33 .30	.63 .54 .49 .47 .44 .41 .39 .36 .33 .30 .27	.63 .54 .47 .44 .41 .39 .36 .33 .30 .27	.60 .51 .44 .39 .35 .31 .28 .25 .22 .20 .18	.24 .20 .18 .16 .15 .13 .12 .11 .11 .11 .11										

جدول ۵-۷: تصحیح ضریب بهره برای  $\rho_{fc}$  غیر از ۲۰ درصد در روش تقسیم ناحیه‌ای

Multiplying Factors for Other than 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance

% Effective Ceiling Cavity Reflectance, $\rho_{cc}$	80				70				50			30			10		
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10

For 30 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)

Room Cavity Ratio	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
1	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002

For 10 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)

Room Cavity Ratio	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
1	.923	.929	.935	.940	.933	.939	.943	.948	.956	.960	.963	.973	.976	.979	.989	.991	.993
2	.931	.942	.950	.958	.940	.949	.957	.963	.962	.968	.974	.976	.980	.985	.988	.991	.995
3	.939	.951	.961	.969	.945	.957	.966	.973	.967	.975	.981	.977	.983	.988	.988	.992	.996
4	.944	.958	.969	.978	.950	.963	.973	.980	.972	.980	.986	.980	.986	.991	.987	.992	.996
5	.949	.964	.976	.983	.954	.968	.978	.985	.975	.983	.989	.981	.988	.993	.987	.992	.997
6	.953	.969	.980	.986	.958	.972	.982	.989	.977	.985	.992	.982	.989	.995	.987	.993	.997
7	.957	.973	.983	.991	.961	.975	.985	.991	.979	.987	.994	.983	.990	.996	.987	.993	.998
8	.960	.976	.986	.993	.963	.977	.987	.993	.981	.988	.995	.984	.991	.997	.987	.994	.998
9	.963	.978	.987	.994	.965	.979	.989	.994	.983	.990	.996	.985	.992	.998	.988	.994	.999
10	.965	.980	.989	.995	.967	.981	.990	.995	.984	.991	.997	.986	.993	.998	.988	.994	.999

For 0 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)

Room Cavity Ratio	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
1	.859	.870	.879	.886	.873	.884	.893	.901	.916	.923	.929	.948	.954	.960	.979	.983	.987
2	.871	.887	.903	.919	.886	.902	.916	.928	.926	.938	.949	.954	.963	.971	.978	.983	.991
3	.882	.904	.915	.942	.898	.918	.934	.947	.936	.950	.964	.958	.969	.979	.976	.984	.993
4	.893	.919	.941	.958	.908	.930	.948	.961	.945	.961	.974	.961	.974	.984	.975	.985	.994
5	.903	.931	.953	.969	.914	.939	.958	.970	.951	.967	.980	.964	.977	.988	.975	.985	.995
6	.911	.940	.961	.976	.920	.945	.965	.977	.955	.972	.985	.966	.979	.991	.975	.986	.996
7	.917	.947	.967	.981	.924	.950	.970	.982	.959	.975	.988	.968	.981	.993	.975	.987	.997
8	.922	.953	.971	.985	.929	.955	.975	.986	.963	.978	.991	.970	.983	.995	.976	.988	.998
9	.928	.958	.975	.988	.933	.959	.980	.989	.966	.980	.993	.971	.985	.996	.976	.988	.998
10	.933	.962	.979	.991	.937	.963	.983	.992	.969	.982	.995	.973	.987	.997	.977	.989	.999

# قدم هفتم: تعیین ضریب مجموع افت روشنایی TLLF

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

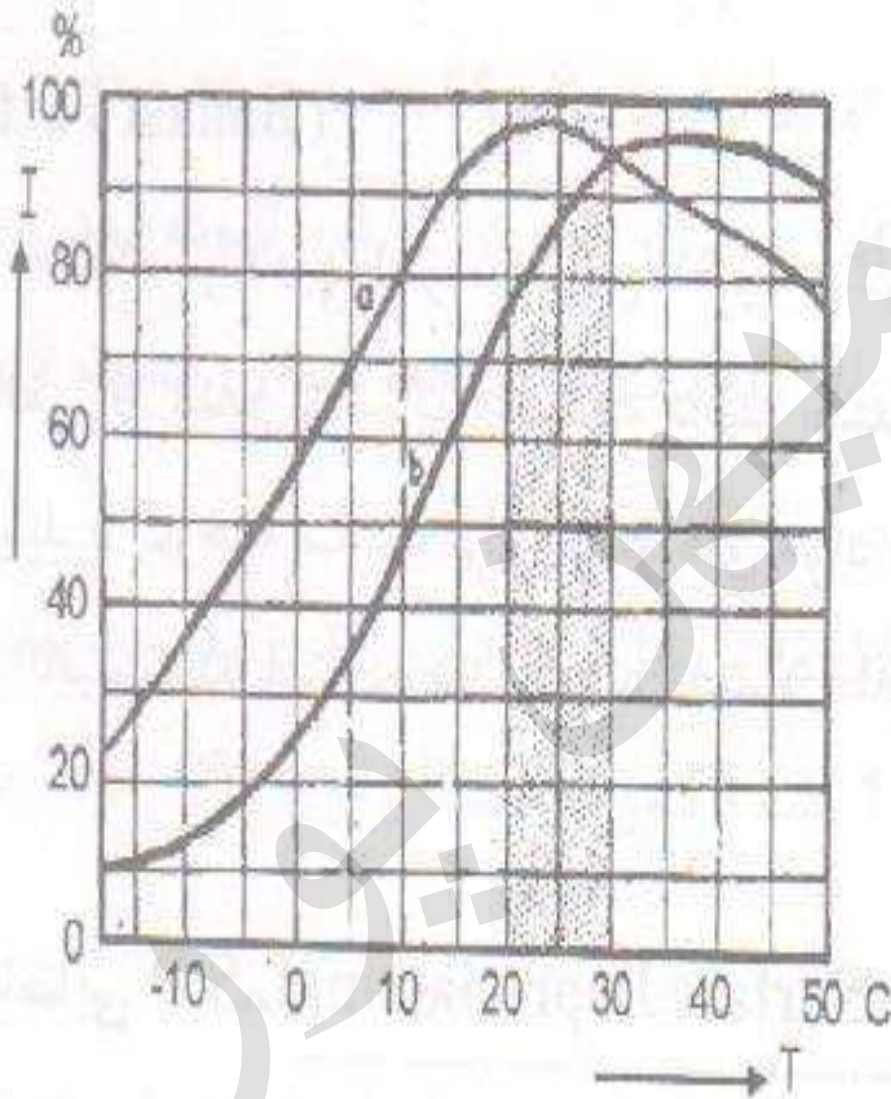
چراغی بهتر است که فاکتور افت بزرگتری داشته باشد و در صورت کوچک بودن این فاکتور باید تعداد چراغها را افزایش داد.

TF: عامل دما است که در مکانهایی با دمای معمول ۱ در نظر گرفته می شود.

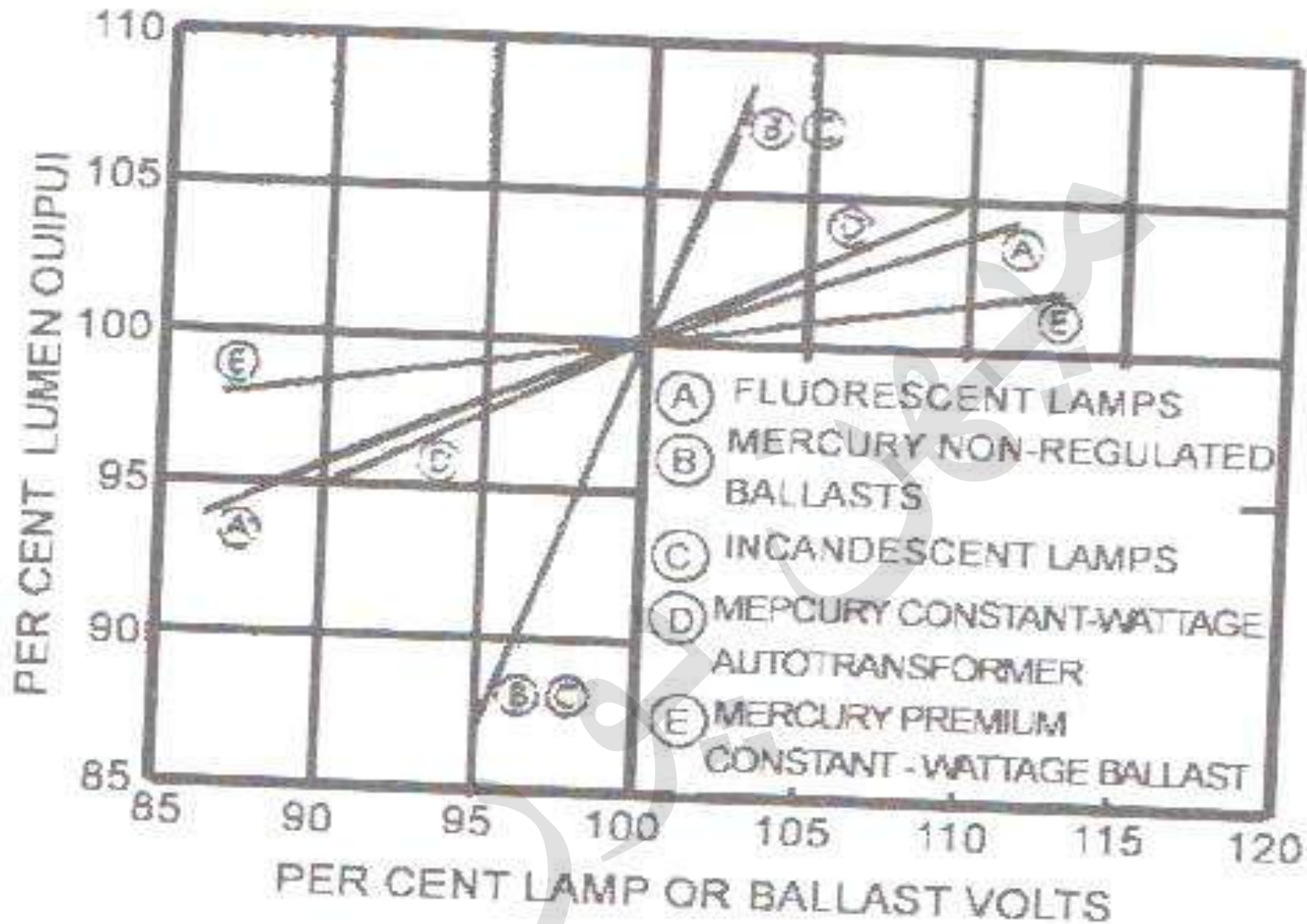
VF: عامل ولتاژ برق است. بین ۰/۹۵ - ۰/۹۷ در نظر گرفته می شود.

RSDD: افت سطوح داخلی بنا در اثر گرد و غبار محیط و کثیفی سطوح که از شکل ۵-۸ با داشتن درجه تمیزی صنعت تعیین می شود.

LDDF: افت در اثر کثیفی سطح چراغ که برای گروههای ۶ گانه چراغ از جداول ۵-۸ بدست می آید. (معیار تعیین گروه چراغ در جدول ۱۱-۸ و گروه آلودگی هوای صنعت در جدول ۱۲-۸ کتاب دکتر گل محمدی آمده است.)



اثر درجه حرارت بر روی لامپ فلورسنت a- در هوای آزاد b- در جریان هوا



شکل ۲-۱۱. تغییرات خروجی نور ناشی از تغییرات ولتاژ

✓ LLD: افت لومن لامپ در اثر کارکرد و حدود ۰/۹۳ در نظر گرفته می شود.

✓ LBF: درصد لامپهای سوخته و اغلب برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته می شود.

✓ LSD: افت در اثر تغییر سطوح داخلی کاسه چراغ که برای سطوح رنگ شده

برابر ۰/۹۸ و سطوح فلزی یا پلاستیکی ۰/۹۹ انتخاب می شود.

✓ BF: عامل افت بالاست است و برای بالاست استاندارد برابر ۱ در نظر گرفته

می شود.

جدول ۵-۸: ضریب کاهش نور به علت کثیف شدن سطوح اتاق LDD

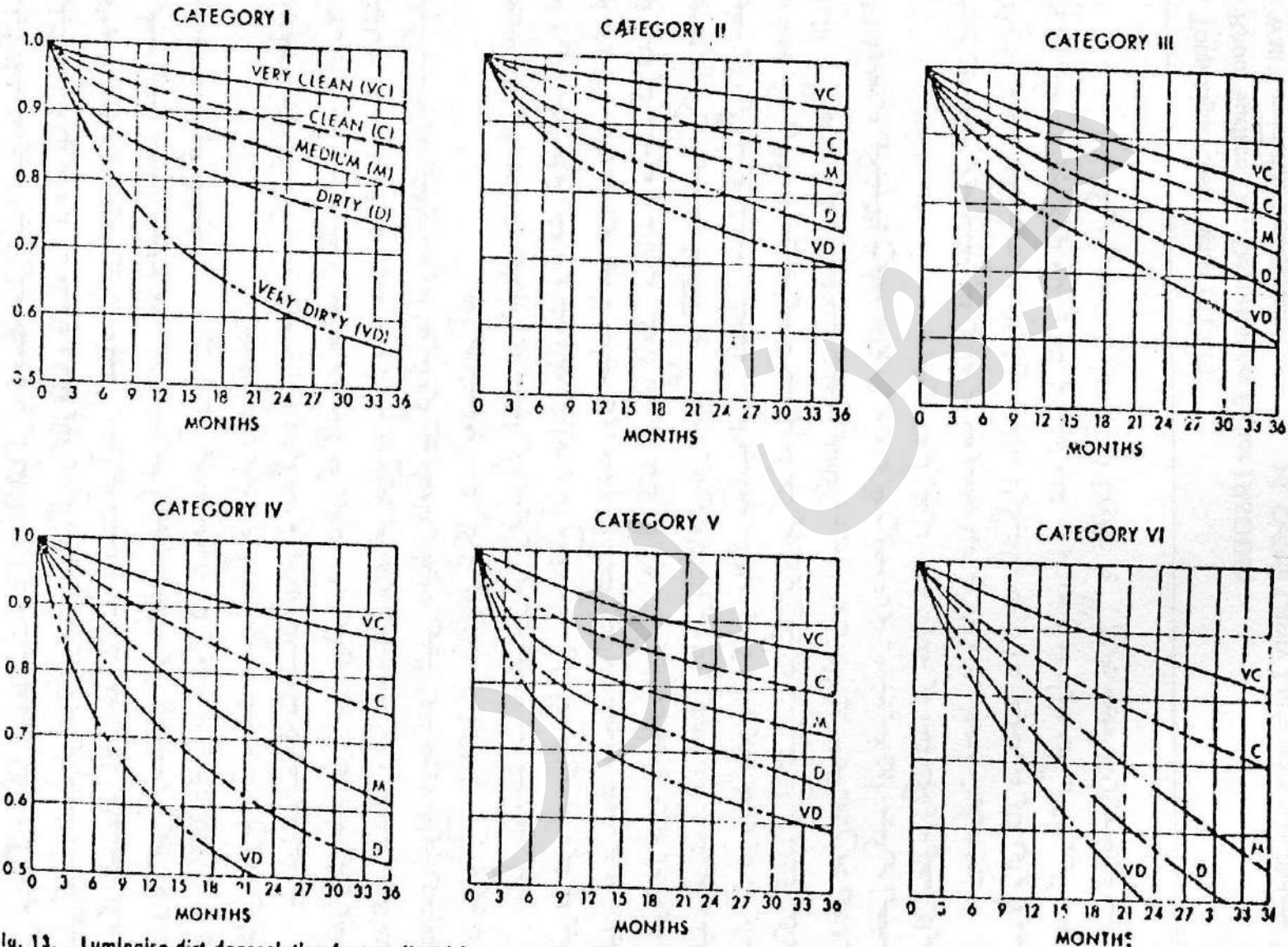
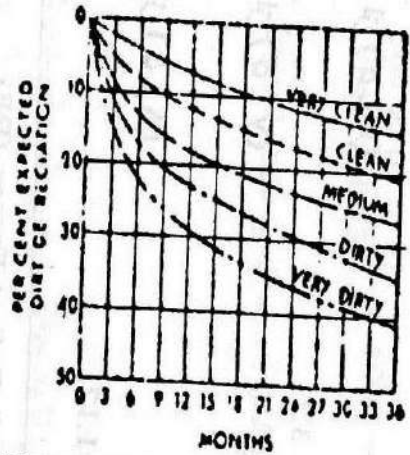


Fig. 13. Luminaire dirt depreciation factors (LDD) for six luminaire categories (I to VI) and for five degrees of dirtiness as determined from



شکل ۵-۸: ضریب کاهش نور به علت کثیف شدن چراغها RSDDF

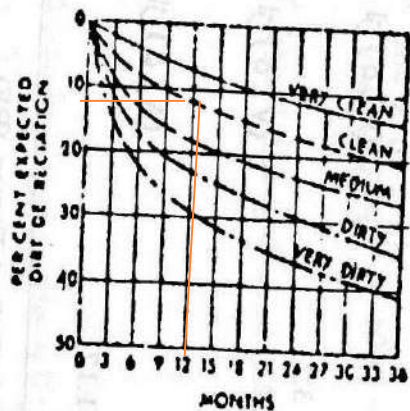


Room surface dirt depreciation factors

Per Cent Expected Dirt Depreciation	Luminaire Distribution Type																			
	Direct				Semi-Direct				Direct-Indirect				Semi-Indirect				Indirect			
	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
Room Cavity Ratio																				
1	.98	.96	.94	.92	.97	.92	.89	.84	.91	.87	.89	.76	.91	.87	.80	.78	.90	.80	.70	.60
2	.98	.96	.94	.92	.96	.92	.88	.82	.94	.87	.80	.75	.94	.87	.79	.72	.90	.80	.69	.59
3	.98	.95	.93	.90	.96	.91	.87	.82	.94	.83	.79	.71	.94	.86	.78	.71	.90	.79	.68	.58
4	.97	.95	.92	.90	.95	.90	.85	.80	.94	.86	.79	.73	.94	.86	.78	.70	.89	.78	.67	.56
5	.97	.94	.91	.89	.94	.90	.84	.79	.93	.86	.78	.72	.93	.86	.77	.69	.89	.78	.66	.55
6	.97	.94	.91	.88	.94	.89	.83	.78	.93	.85	.78	.71	.93	.85	.76	.68	.89	.77	.66	.54
7	.97	.94	.90	.87	.93	.88	.82	.77	.93	.84	.77	.70	.93	.84	.76	.68	.89	.76	.65	.53
8	.96	.93	.89	.86	.93	.87	.81	.75	.93	.84	.76	.69	.93	.84	.76	.68	.88	.76	.64	.52
9	.96	.92	.88	.85	.93	.87	.80	.74	.93	.84	.76	.68	.93	.84	.75	.67	.88	.75	.63	.51
10	.96	.92	.87	.83	.93	.86	.79	.72	.93	.84	.75	.67	.92	.83	.75	.67	.88	.75	.62	.50

در صورتی که فاصله تمیز کردن چراغها یکساله باشد محیط تمیز و نور چراغها مستقیم باشند و  $RCR=5$  باشد RSDF را تعیین کنید؟

شکل ۵-۸: ضریب کاهش نور به علت کثیف شدن چراغها RSDDF



Room surface dirt depreciation factors

Per Cent Expected Dirt Depreciation	Luminaire Distribution Type																			
	Direct				Semi-Direct				Direct-Indirect				Semi-Indirect				Indirect			
	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
Room Cavity Ratio																				
1	.98	.96	.94	.92	.97	.92	.89	.84	.91	.87	.80	.76	.91	.87	.80	.78	.90	.80	.70	.60
2	.95	.96	.94	.92	.96	.92	.88	.83	.94	.87	.80	.75	.94	.87	.79	.72	.90	.80	.69	.59
3	.98	.95	.93	.90	.96	.91	.87	.82	.94	.83	.79	.71	.94	.86	.78	.71	.90	.79	.68	.58
4	.97	.95	.92	.90	.95	.90	.85	.80	.94	.86	.79	.73	.94	.86	.78	.70	.89	.78	.67	.56
5	<b>.97</b>	.94	.91	.89	.91	.90	.84	.79	.93	.86	.78	.72	.93	.86	.78	.70	.89	.78	.67	.56
6	.97	.94	.91	.88	.94	.89	.83	.78	.93	.85	.78	.71	.93	.85	.76	.69	.89	.78	.66	.55
7	.97	.94	.90	.87	.93	.88	.82	.77	.93	.84	.77	.70	.93	.84	.76	.68	.89	.77	.66	.54
8	.96	.93	.89	.86	.93	.87	.81	.75	.93	.84	.76	.69	.93	.84	.76	.68	.89	.76	.65	.53
9	.96	.92	.88	.85	.93	.87	.80	.74	.93	.84	.76	.69	.93	.84	.76	.68	.89	.76	.64	.52
10	.96	.92	.87	.83	.93	.86	.79	.72	.93	.84	.75	.67	.92	.83	.75	.67	.88	.75	.63	.50

## قدم هشتم: محاسبه توان نوری کل مورد نیاز

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

- $\Phi$ : کل شارنوری مورد نیاز بر حسب لومن
- $E_{av}$ : شدت روشنایی عمومی مورد نیاز (لوکس)
- $CU$ : ضریب بهره روشنایی سیستم از جدول ۵-۶
- $TLLF$ : مجموع افتهای روشنایی در اثر عوامل مختلف
- $A$ : مساحت مکان (مترمربع)

## قدم نهم: محاسبه تعداد چراغ مورد نیاز

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

- $\Phi t$ : مقدار کل شار نوری مورد نیاز
- $\Phi l$ : مقدار شار نوری هر چراغ که از ضرب توان الکتریکی لامپ در ضریب بهره نوری آن بدست می آید.

### قدم دهم: کنترل محاسبات

متوسط شدت روشنایی در شروع بهره برداری از سیستم:

$$E_{AV} . max = \frac{\phi l \times n \times cu}{A}$$

• A: مساحت کارگاه

• CU: ضریب بهره روشنایی هر لامپ

متوسط شدت روشنایی در نیمه عمر لامپ:

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

## قدم یازدهم: محاسبات چیدمان چراغها

■ L: طول مکان (متر)

■ W: عرض مکان (متر)

$$\frac{L}{X} \times \frac{W}{X} = n$$

■ برای تعیین مقادیر M و N به ترتیب زیر عمل میشود:

■ M: تعداد ردیف

■ N: تعداد چراغ در هر ردیف

■ n: تعداد چراغها

■ x: پارامتر تعیین نسبت

$$\frac{L}{X} = N$$

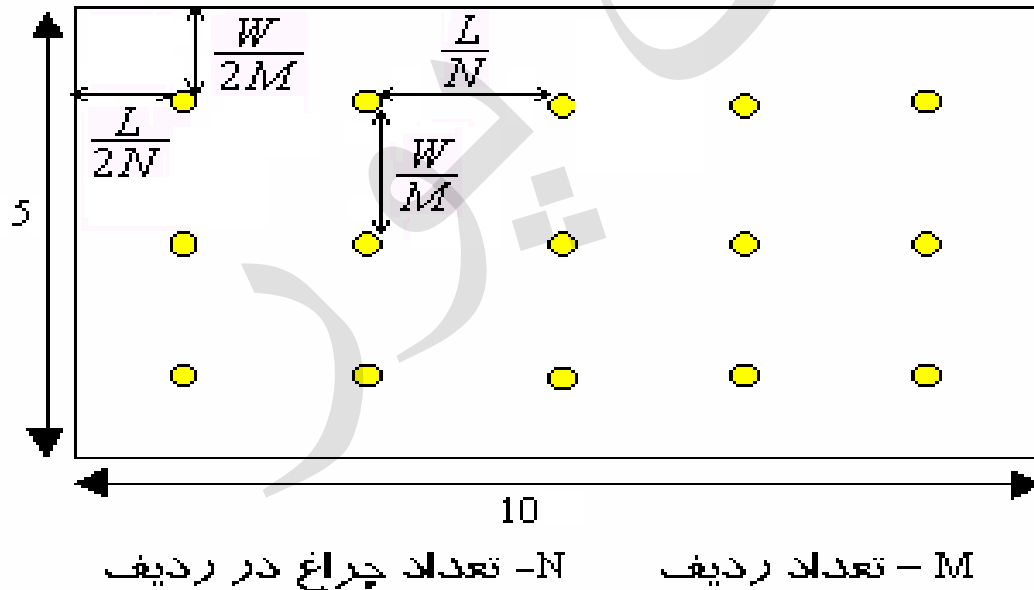
$$\frac{W}{X} = M$$

فاصله چراغ تا دیوار در طول هر ردیف:  $\frac{L}{2N}$  ✓

فاصله دو چراغ در طول هر ردیف:  $\frac{L}{N}$  ✓

فاصله چراغ تا دیوار در ردیفهای مجاور دیوار:  $\frac{W}{2M}$  ✓

فاصله ردیفها یا فاصله چراغها در دو ردیف مجاور:  $\frac{W}{M}$  ✓



## قدم دوازدهم: ترسیم نقشه ها

- نقشه ها باید دارای پلان عمودی نصب چراغ و پلان افقی با جزئیات تعیین فواصل چراغها باشند.

انباری دارای طول ۹۰، عرض ۳۰ و ارتفاع ۵ متر است. پوشش سقف فویلی با ضریب انعکاس ۰/۷، دیوارها با ضریب انعکاس ۰/۵ و کف سیمانی با ضریب ۰/۲ می باشد سیستم روشنایی مطلوب طراحی کنید؟ (دوره تمیز کردن یکساله)

■ با توجه به ارتفاع لامپ جیوه ای مناسب است با توان ۲۵۰ وات و تابش مستقیم یعنی لامپ شماره ۱۶

■ متوسط روشنایی انبار ۲۰۰ لوکس

■ گام ۴:

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

$$RCR = \frac{5 \times 4.5(90 + 30)}{(90 \times 30)} = 1$$



$$FCR = \frac{5 \times 0(90 + 30)}{90 \times 30} = 0$$

گام ۵: ■

$$P_{cc} = 0.67, \rho_{fc} = 0$$

$$CCR = \frac{5 \times 0/5(90 + 30)}{90 \times 30} = 0.11$$

$$CU = 0.83 \times 0.884 = 0.734$$

گام ۶: ■

گام ۷: ■

$$TLLF = 1 \times 0.95 \times 0.93 \times 0.95 \times 0.95 \times 0.9 \times 0.95 \times 1 = 0.64$$

ضریب انعکاس سقف / کف

ضریب انعکاس دیوار

Cavity Ratio

Cavity Ratio	90										80										70										60										50									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
0.2	89	86	88	87	86	85	85	84	84	82	79	78	78	77	77	76	76	75	74	72	70	69	68	68	67	67	66	66	65	64	60	59	59	58	57	56	56	55	53	50	50	49	49	48	48	47	46	46	44	
0.4	88	87	86	85	84	83	81	80	79	76	79	77	76	75	74	73	72	71	70	68	69	68	67	66	65	64	63	62	61	58	60	59	59	58	57	55	54	53	52	50	50	49	48	48	47	46	45	45	44	42
0.6	87	86	84	82	80	79	77	76	74	73	78	76	75	73	71	70	68	66	65	63	69	67	65	64	63	61	59	58	57	54	60	58	57	56	55	53	51	51	50	46	50	48	47	46	45	44	43	42	41	38
0.8	87	85	82	80	77	75	73	71	69	67	76	75	73	71	69	67	65	63	61	57	68	66	64	62	60	58	56	55	53	50	59	57	56	55	54	51	49	47	45	43	50	48	47	45	44	42	40	39	38	36
1.0	86	83	80	77	75	72	69	66	64	62	77	74	72	69	67	65	62	60	57	55	68	65	62	60	58	55	53	52	50	47	59	57	55	53	51	48	45	44	43	41	50	48	46	44	43	41	38	37	36	34
1.2	85	82	78	75	72	69	66	63	60	57	76	73	70	67	64	61	58	55	53	51	67	64	61	59	57	54	50	48	46	44	59	56	54	51	49	46	44	42	40	38	50	47	45	43	41	39	36	35	34	29
1.4	85	80	77	73	69	65	62	59	57	52	76	72	68	65	62	59	55	53	50	48	67	63	60	58	55	51	47	45	44	41	59	56	53	49	47	44	41	39	38	36	50	47	45	42	40	38	35	34	32	27
1.6	84	79	75	71	67	63	59	56	53	50	75	71	67	63	60	57	53	50	47	44	67	62	59	56	53	47	45	43	41	38	59	55	52	48	45	42	39	37	35	33	50	47	44	41	39	36	33	32	30	26
1.8	83	78	73	69	64	60	56	53	50	48	75	70	66	62	58	54	50	47	44	41	66	61	58	54	51	48	42	40	38	36	58	55	51	47	44	40	37	35	33	31	50	46	43	40	38	35	31	30	28	25
2.0	83	77	72	67	62	56	53	50	47	43	74	69	64	60	56	52	48	45	41	38	66	60	56	52	49	45	40	38	36	33	58	54	50	46	43	39	35	33	31	29	50	46	43	40	37	34	30	28	26	24
2.2	82	76	70	65	59	54	50	47	44	40	74	68	63	58	54	49	45	42	38	35	66	60	55	51	48	43	38	36	34	32	58	53	49	45	42	37	34	31	29	28	50	45	42	39	36	33	29	27	24	22
2.4	82	75	69	64	58	53	48	45	41	37	73	67	61	56	52	47	43	40	36	33	65	60	54	50	46	41	37	35	32	30	58	53	48	44	41	38	32	30	27	26	50	46	42	37	35	31	27	25	23	21
2.6	81	74	67	62	56	51	46	42	38	35	73	66	60	55	50	45	41	38	34	31	65	59	54	49	45	40	35	33	30	28	58	53	48	43	39	35	31	28	26	24	50	46	41	37	34	30	26	23	21	20
2.8	81	73	66	60	54	49	44	40	36	34	73	65	59	53	48	43	39	36	32	29	65	59	53	48	43	38	33	30	28	26	58	53	47	43	39	34	29	27	24	22	50	46	41	36	33	29	25	22	20	19
3.0	80	72	64	58	52	47	42	38	34	30	72	65	58	52	47	42	37	34	30	27	64	58	52	47	42	37	32	29	27	24	57	52	46	42	37	32	28	25	23	20	50	45	40	36	32	28	24	21	19	17
3.2	79	71	63	56	50	45	40	36	32	28	72	65	57	51	45	40	35	33	28	25	64	58	51	46	40	36	31	28	25	23	57	51	45	41	36	31	27	23	22	18	50	44	39	35	31	27	23	20	18	16
3.4	79	70	62	54	48	43	38	34	30	27	71	64	56	49	44	39	34	32	27	24	64	57	50	45	39	35	29	27	24	22	57	51	45	40	35	30	26	23	20	17	50	44	39	35	30	26	22	19	17	15
3.6	78	69	61	53	47	42	36	32	28	25	71	63	54	48	43	38	32	30	25	23	63	56	49	44	38	33	28	25	22	20	57	50	44	39	34	29	25	22	19	16	50	44	39	34	29	25	21	18	16	14
3.8	78	69	60	51	45	40	35	31	27	23	70	62	53	47	41	36	31	28	24	22	63	56	49	43	37	32	27	24	21	19	57	50	43	38	33	29	24	21	19	15	50	44	38	34	29	25	21	17	15	13
4.0	77	69	58	51	44	39	33	29	25	22	70	61	53	46	40	35	30	26	22	20	63	55	48	42	36	31	26	23	20	17	57	49	42	37	32	28	23	20	18	14	50	44	38	33	28	24	20	17	15	12
4.2	77	62	57	50	43	37	32	28	24	21	69	60	52	45	39	34	29	25	21	18	62	55	47	41	35	30	25	22	19	16	56	49	42	37	32	27	22	19	17	14	50	43	37	32	28	24	20	17	14	12
4.4	76	61	56	49	42	36	31	27	23	20	69	60	51	44	38	33	28	24	20	17	62	54	46	40	34	29	24	21	18	15	56	49	42	36	31	27	22	19	16	13	50	43	37	32	27	23	19	16	13	11
4.6	76	60	55	47	40	35	30	26	22	19	69	59	50	43	37	32	27	23	19	15	62	53	45	39	33	28	24	21	17	14	56	49	41	35	30	26	21	18	16	13	50	43	36	31	26	22	18	15	13	10
4.8	75	59	54	46	39	34	28	25	21	18	68	58	49	42	36	31	26	22	18	14	62	53	45	38	32	27	23	20	16	13	56	48	41	34	29	25	21	18	15	12	50	43	36	31	26	22	18	15	12	09
5.0	75	59	53	45	38	33	28	24	20	16	68	58	48	41	35	30	25	21	18	14	61	52	44	36	31	26	22	19	16	12	56	48	40	34	28	24	20	17	14	11	50	42	35	30	25	21	17	14	12	09
6.0	73	61	49	41	34	29	24	20	16	11	66	55	44	38	31	27	22	19	15	10	60	51	41	35	28	24	19	16	13	09	55	45	37	31	25	21	17	14	11	07	50	42	34	29	23	19	15	13	10	06
7.0	70	58	45	38	30	27	21	18	14	08	64	53	41	35	28	24	19	16	12	07	58	48	38	32	26	22	17	14	11	06	54	43	35	30	24	20	15	12	09	05	49	41	32	27	21	18	14	11	08	05
8.0	68	55	42	35	27	23	18	15	12	06	62	50	38	32	25	21	17	14	11	05	57	46	35	29	23	19	15	13	10	05	53	42	33	28	22	18	14	11	08	04	49	40	30	25	19	16	12	10	07	03
9.0	66	52	38	31	25	21	16	14	11	05	61	49	36	30	23	19	15	13	10	04	56	45	33	27	21	18	14	12	09	04	52	40	31	26	20	16	12	10	07	03	48	39	29	24	18	15	11	09	07	03
10.0	65	51	36	29	22	19	15	11	09	04	59	46	33	27	21	18	14	11	08	03	55	43	31	25	19	16	12	10	06	03	51	39	29	24	18	15	11	09	07	02	47	37	27	22	17	14	10	06	06	02



درصد انعکاس مؤثر سقف	80				70				50			30			10		
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10

برای ضریب انعکاس مؤثر کف معادل ۳۰٪

Room Cavity Ratio	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
1	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7	1.947	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002

برای ضریب انعکاس مؤثر کف معادل ۱۰٪

Room Cavity Ratio	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
1	.923	.929	.935	.940	.933	.939	.943	.948	.956	.960	.963	.973	.976	.979	.989	.991	.993
2	.931	.942	.950	.958	.940	.949	.957	.963	.962	.968	.974	.976	.980	.985	.988	.991	.995
3	.939	.951	.961	.969	.945	.957	.966	.973	.967	.975	.981	.978	.983	.988	.988	.992	.996
4	.944	.958	.969	.978	.950	.963	.973	.980	.972	.980	.986	.980	.986	.991	.987	.992	.996
5	.949	.964	.976	.983	.954	.968	.978	.985	.975	.983	.989	.981	.988	.993	.987	.992	.996
6	.953	.969	.980	.986	.958	.972	.982	.989	.977	.985	.992	.982	.989	.995	.987	.993	.997
7	.957	.973	.983	.991	.961	.975	.985	.991	.979	.987	.994	.983	.990	.996	.987	.993	.997
8	.960	.976	.986	.993	.963	.977	.987	.993	.981	.988	.995	.984	.991	.997	.987	.993	.998
9	.963	.978	.987	.994	.965	.979	.989	.994	.983	.990	.996	.985	.992	.998	.988	.994	.998
10	.965	.980	.989	.995	.967	.981	.990	.995	.984	.991	.997	.986	.993	.998	.988	.994	.999

برای ضریب انعکاس مؤثر کف معادل ۲۰٪

Room Cavity Ratio	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
1	.859	.870	.879	.886	.873	.884	.893	.901	.916	.923	.929	.948	.954	.960	.979	.983	.987
2	.871	.887	.903	.919	.886	.902	.916	.928	.926	.938	.949	.954	.963	.971	.978	.983	.991
3	.882	.904	.915	.942	.898	.918	.934	.947	.936	.950	.964	.958	.969	.979	.976	.984	.993
4	.893	.919	.941	.958	.908	.930	.948	.961	.945	.961	.974	.961	.974	.984	.975	.985	.994
5	.903	.931	.953	.969	.914	.939	.958	.970	.951	.967	.980	.964	.977	.988	.975	.985	.995
6	.911	.940	.961	.976	.920	.945	.965	.977	.955	.972	.985	.966	.979	.991	.975	.986	.996
7	.917	.947	.967	.981	.924	.950	.970	.982	.959	.975	.988	.968	.981	.993	.975	.987	.997
8	.922	.953	.971	.985	.929	.955	.975	.986	.963	.978	.991	.970	.983	.995	.976	.988	.998
9	.928	.958	.975	.988	.933	.959	.980	.989	.966	.980	.993	.971	.985	.996	.976	.988	.998
10	.933	.962	.979	.991	.937	.963	.983	.992	.969	.982	.995	.973	.987	.997	.977	.989	.999

جدول (۷-۸) تعیین مقادیر ضریب تصحیح CU برای ضریب انعکاس مؤثر کف غیر از ۲۰٪

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

$$\phi = \frac{200 \times 2700}{0.734 \times 0.64} = 1148936$$

$$n = \frac{1148936}{250 \times 60} = 76.6 \cong 77$$

$$E_{avmax} = \frac{15000 \times 77 \times 0.734}{90 \times 30} = 313.99lx$$

کنترل محاسبات:

$$313.99 \times 0.64 = 200.95$$

$$\frac{90}{x} = \frac{30}{x} = 77 \quad x = 5.9 \approx 6$$

• چیدمان

$$\frac{90}{6} = 15 \quad \frac{30}{6} = 5$$

• ۵ ردیف و در هر ردیف ۱۵ چراغ

• فاصله چراغ تا دیوار در طول هر ردیف:  $\frac{L}{2N}$

$$\frac{90}{2 \times 15} = 3$$

- برای یک سالن به مساحت ۱۰۰ مترمربع (۱۰×۱۰) و ارتفاع ۴ متر قرار است از چراغ فلورسنت تک لامپ ۴۰ وات استفاده شود اگر شدت روشنایی مورد نیاز ۲۰۰ لوکس، ضریب بهره روشنایی ۰/۵۵ و TLLF=0.65 طراحی لازم را انجام دهید؟

$$\varphi t = \frac{200 \times 100}{0.55 \times 0.65} = 55944lm$$

$$\varphi l = 40 \times 60 = 2400lm$$

$$n = \frac{55944}{2400} = 23.31 \approx 24$$

$$E_{avmax} = \frac{2400 \times 25 \times 0.55}{100} = 330lx$$

$$E_{avmin} = 330 \times 0.65 = 214.5lx$$

با تشکر  
از توجه شما

