



دانشگاه فنی و حرفه‌ای – دانشکده انقلاب اسلامی تهران
Technical and Vocational University
(www.tvu.ac.ir)

عنوان درس :

طراحی روشنایی داخلی و خارجی

مدرس:

احمد علی شجاعی

➤ محاسبات روشنایی:

منحنی ضریب بهره چراغهای خیابانی:

از کل شار نوری که توسط لامپ تولید می‌شود، مقداری به سطح خیابان می‌تابد، مقداری در چراغ تلف می‌شود و بالاخره مقداری نیز به محیط اطراف خیابان می‌تابد. جهت تعیین نسبت نور تابیده شده به سطح خیابان به کل نور تولیدی لامپ از منحنی ضریب بهره استفاده می‌شود.

در منحنی ضریب بهره چراغهای خیابانی محور افقی منحنی، نسبت طرف خیابان یا طرف پیاده‌رو به ارتفاع نصب چراغ و محور عمودی، ضریب بهره را نشان می‌دهد.

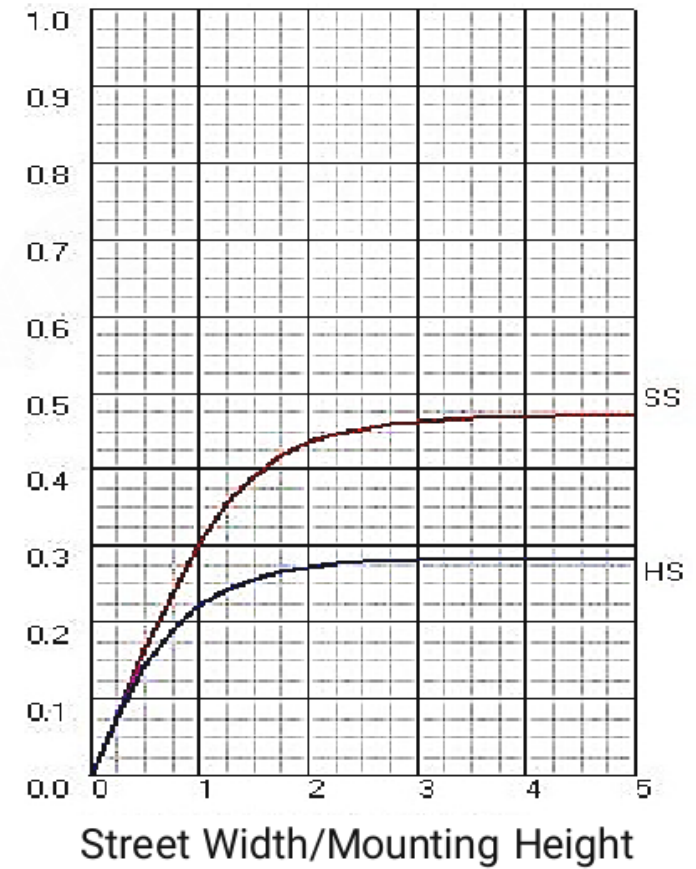
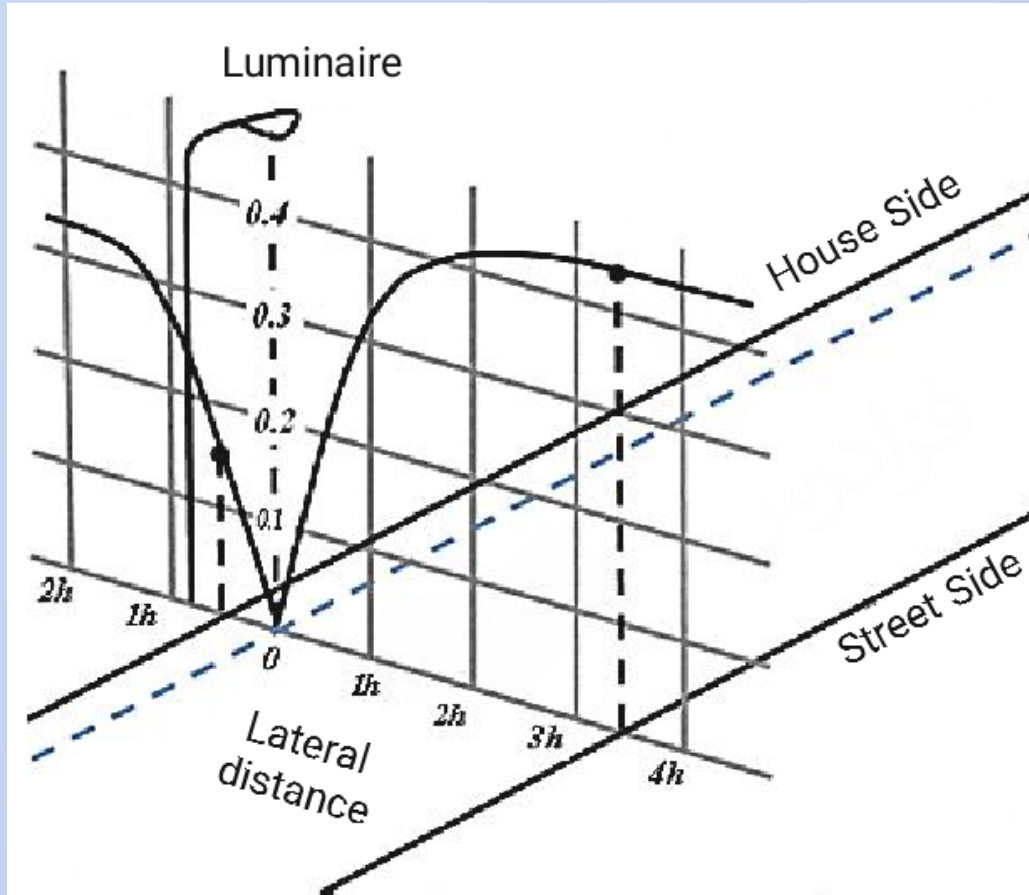
دو منحنی داده می‌شود که یکی برای طرف خیابان و دیگری برای طرف پیاده‌رو مورد استفاده قرار می‌گیرد.

طرف خیابان: بخشی از خیابان که از سایه چراغ به سمت مثبت محور افقی تا پایان خیابان را در بر می‌گیرد.
طرف پیاده‌رو: بخشی از خیابان که قسمت کوچکتر خیابان بوده و به سمت منفی محور افقی می‌باشد.

منحنی ضریب بهره و سایر منحنیهای نوری که توسط سازندگان چراغها ارائه می‌شود برای چراغ معین با لامپ مشخص داده می‌شود. در صورت استفاده از لامپ با شکل و اندازه فیزیکی مختلف می‌توان با تقریب آنها را به کار گرفت.

➤ محاسبات روشنایی:

یک نمونه منحنی ضریب بهره چراغهای خیابانی:

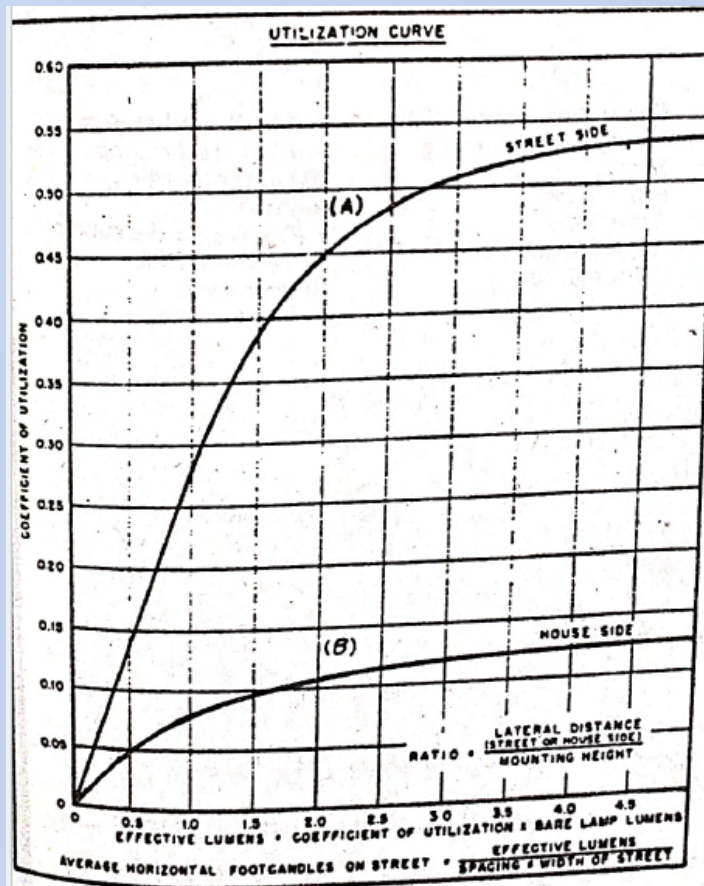


➤ محاسبات روشنایی:

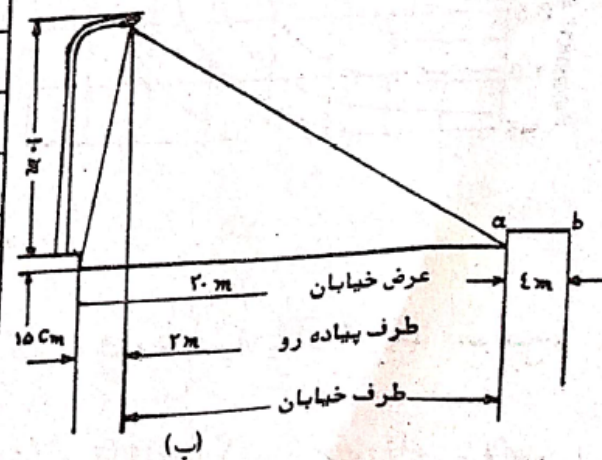
مثال) در خیابانی با مشخصات زیر (شکل ب) از چراغ نوع ۳ با پخش عمودی متوسط، که منحنی ضریب بهره آن در شکل الف نشان داده شده است، استفاده شده است. شار نوری لامپ ۲۳۰۰۰ لومن می باشد. مطلوب است:

الف: مقدار شار نوری چراغ که به سطح خیابان تابیده می شود.

ب: مقدار شار نوری چراغ که به پیاده رو سمت راست تابیده می شود.



(الف)



➤ محاسبات روشنایی:

الف:

$$\frac{\text{فاصله طرف خیابان}}{\text{ارتفاع نصب}} = \frac{18}{10} = 1.8$$

$$cu_s = 0.432$$

$$\frac{\text{فاصله طرف پیاده‌رو}}{\text{ارتفاع نصب}} = \frac{2}{10} = 0.2$$

$$cu_p = 0.023$$

$$cu_{ts} = 0.432 + 0.023 = 0.455$$

$$\phi_{ts} = 23000 \times 0.455 = 10465 \text{ lm}$$

➤ محاسبات روشنایی:

ب:

$$\frac{\text{فاصله } ob}{\text{ارتفاع نصب}} = \frac{18 + 4}{10 - 0.15} = 2.2$$

$$cu_{ob} = 0.468$$

$$\frac{\text{فاصله } oa}{\text{ارتفاع نصب}} = \frac{18}{10 - 0.15} = 1.83$$

$$cu_{oa} = 0.44$$

$$cu_{tp} = 0.468 - 0.44 = 0.028$$

$$\phi_{ts} = 23000 \times 0.028 = 644lm$$

➤ محاسبات روشنایی:

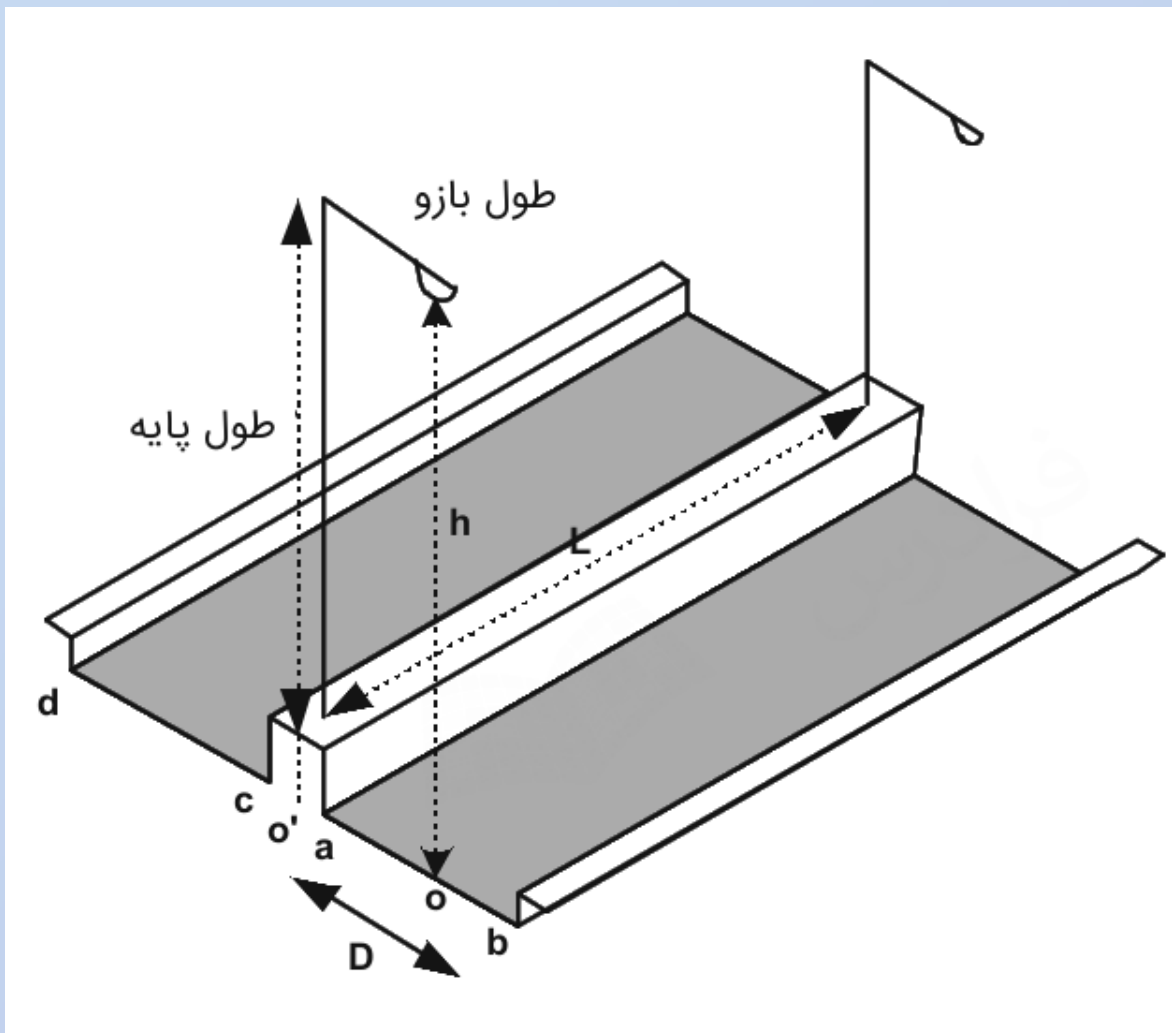
اصطلاحات به کار رفته در طراحی روشنایی معابر:

D: عرض جاده

h: ارتفاع متوسط چراغ

L: طول اسپن

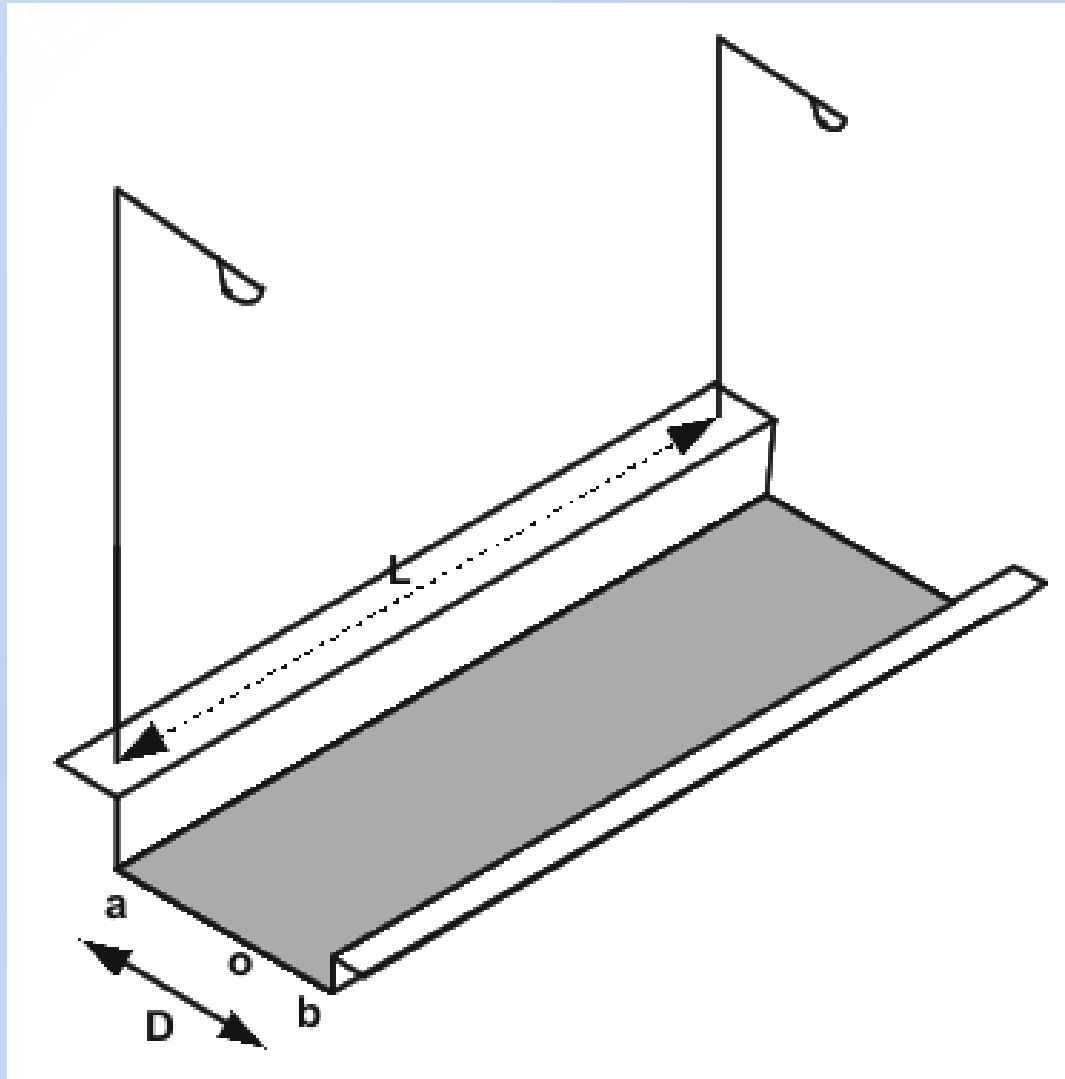
c و d: در نصب بلواری وجود دارند.



➤ محاسبات روشنایی:

انواع روشهای نصب دکل‌های روشنایی معابر:

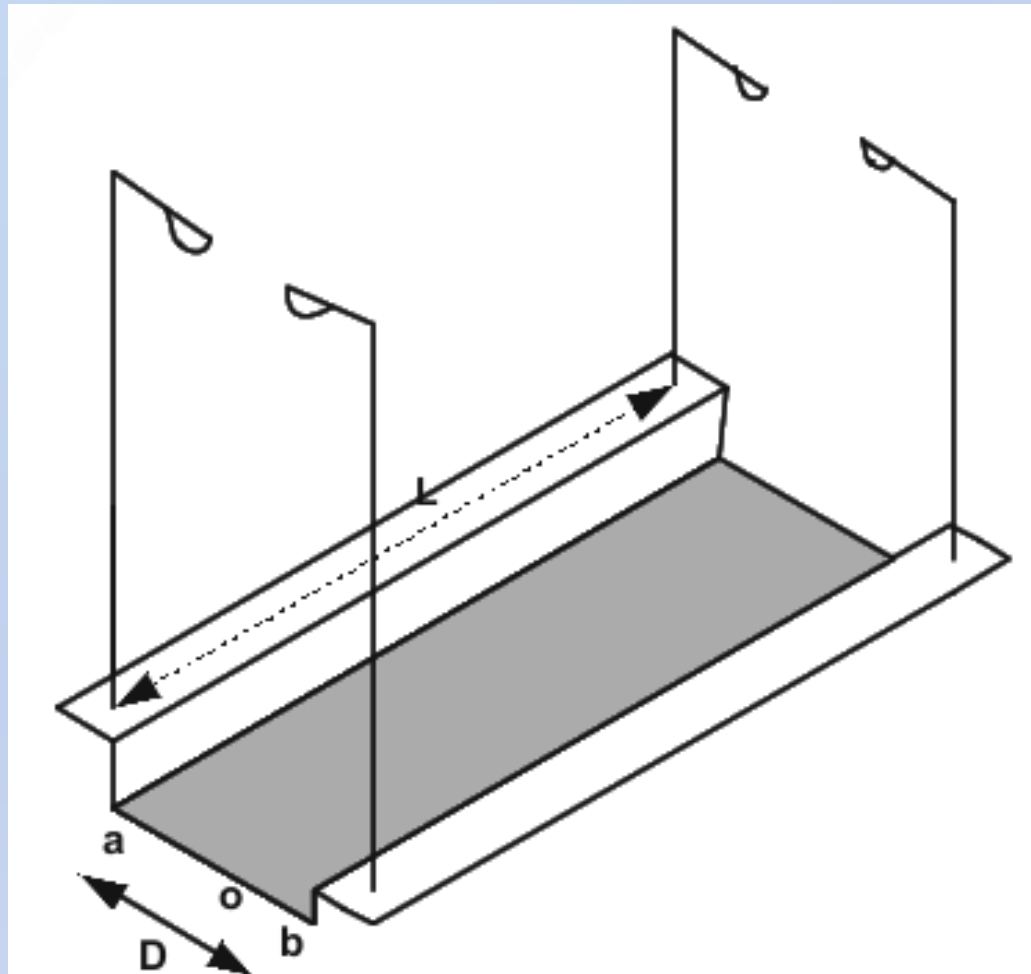
۱- روش یک طرفه: در این روش، همه دکلها در یک طرف خیابان نصب می‌شود و در خیابانهای باریک کاربرد دارد.



➤ محاسبات روشنایی:

انواع روشهای نصب دکل‌های روشنایی معابر:

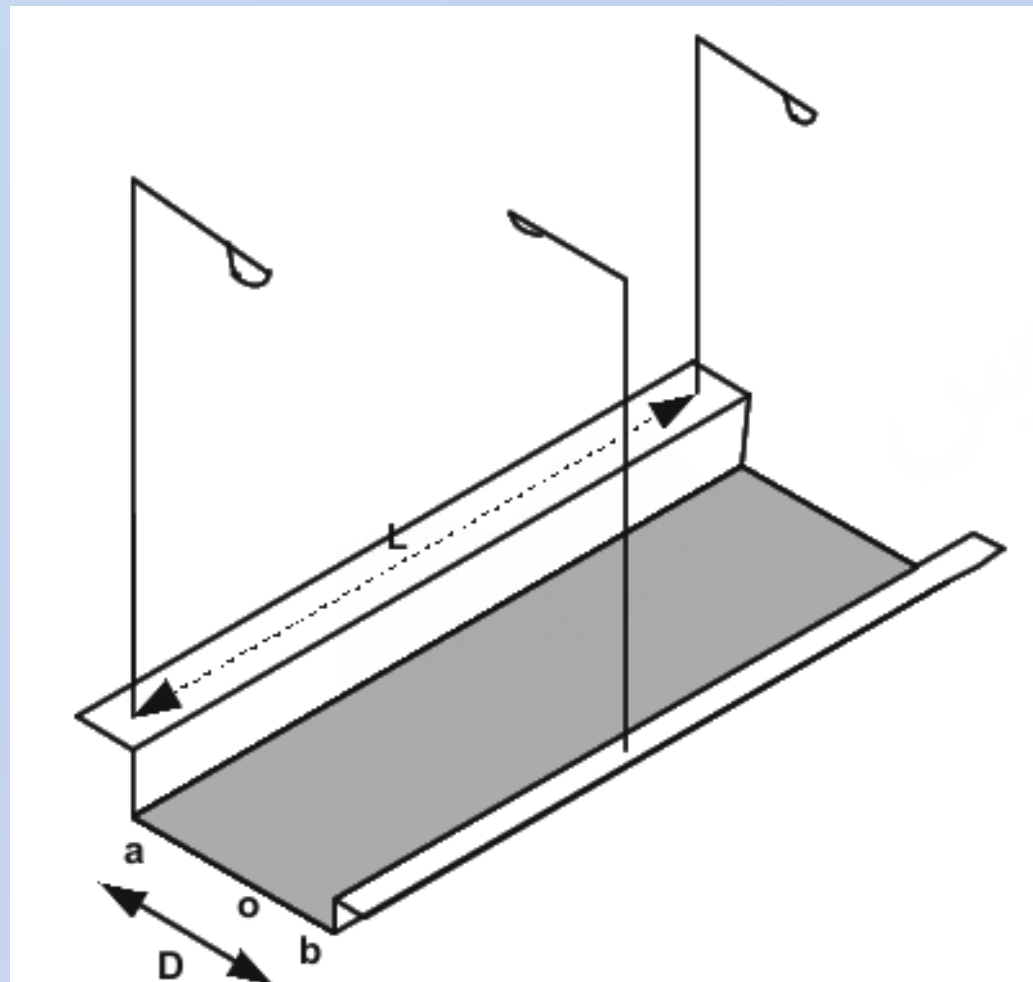
۲- روش دو طرفه: در این روش، دکلها در هر دو طرف خیابان و در روبه‌روی هم نصب می‌شوند. کاربرد آن در خیابانهای عریض می‌باشد.



➤ محاسبات روشنایی:

انواع روشهای نصب دکل‌های روشنایی معابر:

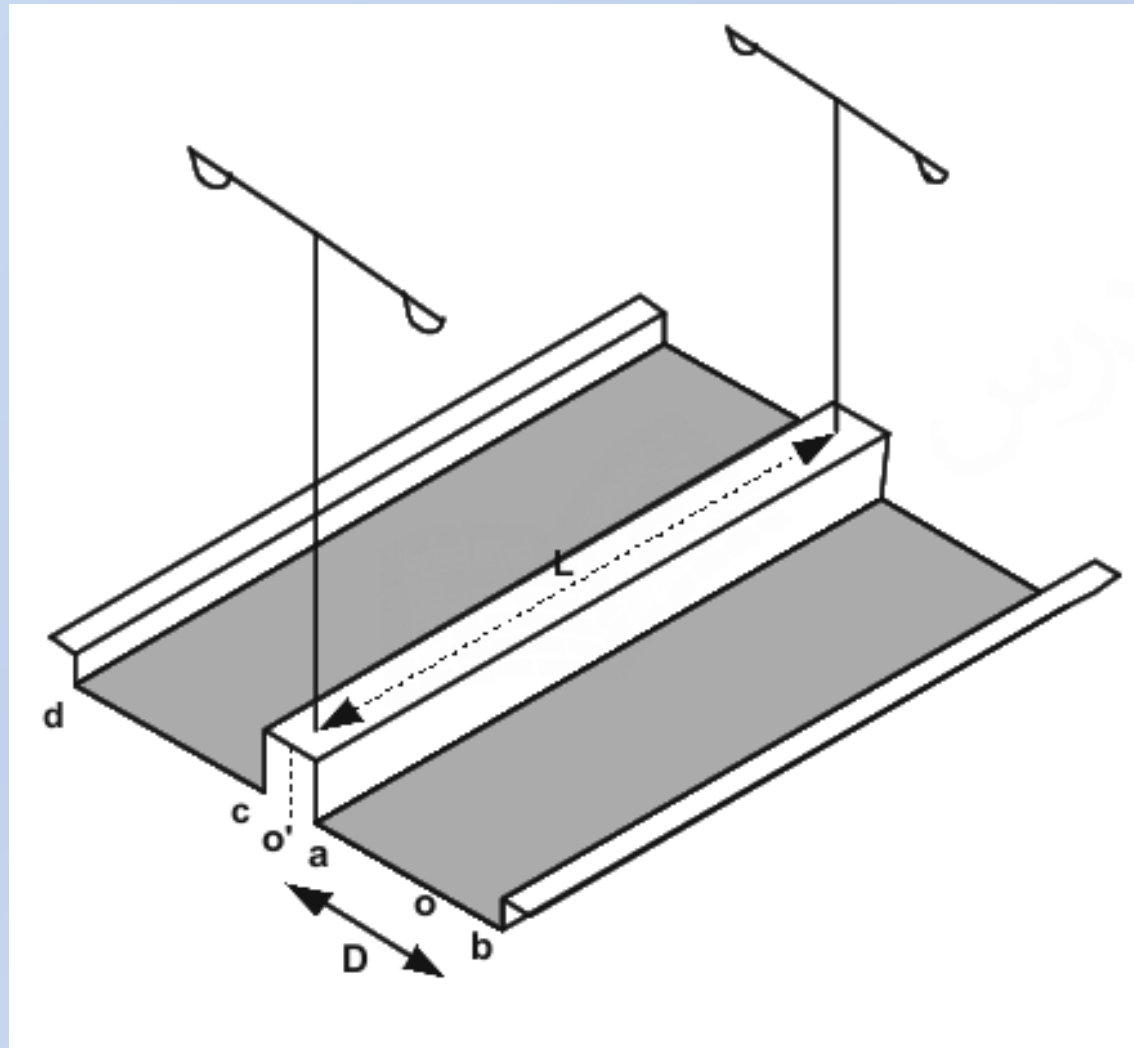
۳- روش زیگزاگ: در این روش، دکل‌ها به صورت زیگزاگ در طرفین خیابان نصب می‌شوند. کاربرد آن در خیابانهای با عرض متوسط می‌باشد.



➤ محاسبات روشنایی:

انواع روشهای نصب دکل‌های روشنایی معابر:

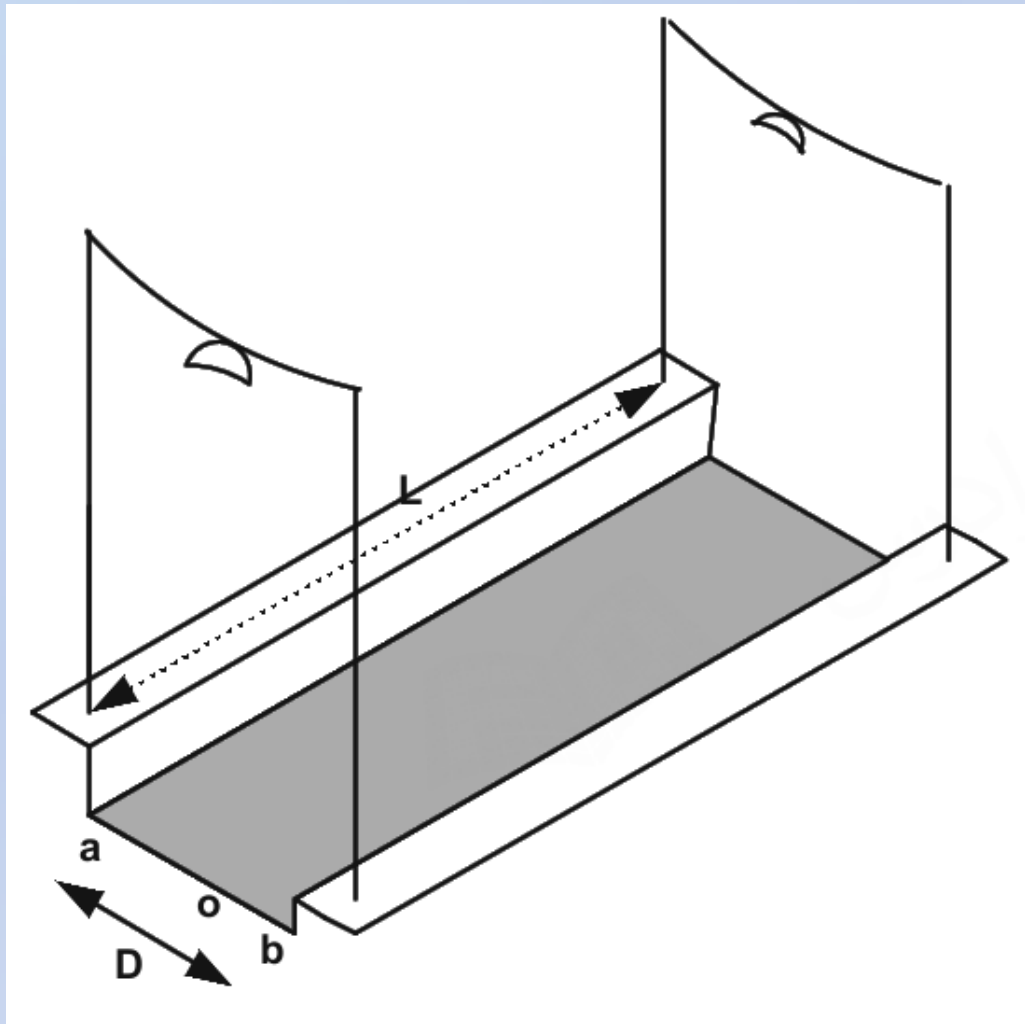
۴- روش بلواری: در این روش، دکل‌ها دارای چراغهای دابل بوده و در وسط بلوار نصب می‌شوند. کاربرد آن در خیابانهای عریض دوطرفه می‌باشد.



➤ محاسبات روشنایی:

انواع روشهای نصب دکل‌های روشنایی معابر:

۵- روش وسط با کابل هوایی: در این روش، چراغها با استفاده از سیم‌بکسل در وسط خیابان مهار می‌شوند. کاربرد آن در خیابان‌هایی می‌باشد که در طرفین آن درختکاری صورت گرفته است.



➤ محاسبات روشنایی:

الگوریتم محاسبه روشنایی معابر:

۱- انتخاب شدت روشنایی متوسط بر اساس حجم عابرین و ترافیک

نکته: در طراحی روشنایی معابر به سبب این که در فضای باز قرار داریم از مؤلفه غیرمستقیم چگالی شار روشنایی صرف نظر می نماییم.

شدت روشنایی متوسط خیابان براساس حجم عابرین و ترافیک

حجم ترافیک تعداد وسایل نقلیه عبوری از دو طرف در ساعت هنگام شب				حجم عبور و مرور عابرین پیاده
خیلی سبک	سبک	متوسط	سنگین	
(زیر ۱۵۰)	(۵۰۰-۱۵۰)	(۱۲۰۰-۵۰۰)	(بالا تر از ۱۲۰۰)	
شدت روشنایی	شدت روشنایی	شدت روشنایی	شدت روشنایی	
(لوکس)	(لوکس)	(لوکس)	(لوکس)	
۶	۹	۱۱	۱۳	سنگین
۴	۶	۹	۱۱	متوسط
۲	۴	۶	۹	سبک

➤ محاسبات روشنایی:

روشنایی متوسط لازم بر اساس مقررات آلمانی

رنگ خیابان		نوع خیابان
تیره	روشن	
(لوکس)	(لوکس)	
۱۶	۸	خیابان‌های اصلی با تراکم ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت در هر طرف
۱۲	۶	خیابان اصلی با حجم ترافیک ۵۰۰ وسیله نقلیه در ساعت در هر طرف
۸	۴	خیابان‌های رابط بین نقاط مسکونی و خیابان‌های اصلی
۱	-	خیابان‌های واقع در مناطق مسکونی

➤ محاسبات روشنایی:

شدت روشنایی لازم جهت معابر (توصیه انجمن مهندسان آمریکا)

وضعیت اطراف معبر			نوع معبر
تجاری	فی مابین .	مسکونی	
شدت روشنایی (لوکس)	شدت روشنایی (لوکس)	شدت روشنایی (لوکس)	
۶	۶	۶	آزادراه
۲۲	۱۵	۱۱	بزرگراه
۱۳	۱۰	۶	خیابان رابط بین اصلی و فرعی
۱۰	۶	۴	خیابان فرعی
۶	۴	۲	کوچه اتومبیل رو
۱۰	۶	۲	پیاده رو
۲۲	۱۱	۵	محل عبور عابر پیاده

➤ محاسبات روشنایی:

۲- انتخاب نوع لامپ از نظر اقتصادی، نور و میزان مه و همچنین انتخاب ترتیب نصب چراغ لامپهایی که در روشنایی معابر مورد استفاده قرار می گیرند انواع مختلف دارند.

لامپ رشته دار، که دارای امتیازهایی از قبیل ارزانی لامپ، سادگی، نور طبیعی، عدم احتیاج به وسایل اضافی جهت کنترل و در مقابل دارای عیوبی از جمله عمر کم، مصرف زیاد برق و در نتیجه هزینه سالانه افزون تر می باشد.

لامپ فلورسنت، که امروزه کمتر در روشنایی معابر مورد استفاده قرار می گیرد لکن دارای بهره نوری، عمر و بازده خوب می باشد. از معایب این لامپ عمر کوتاه و احتیاج به چراغهای طویل و وسایل کنترل می باشد.

لامپ جیوه ای، که دارای بازده خوب و عمر زیاد و نور سفیدرنگ می باشد به وفور در روشنایی معابر مورد استفاده قرار می گیرد.

لامپ سدیم، که دارای نور تقریباً زرد، بازده بسیار خوب و عمر طولانی است و در جاده ها، به ویژه جاده های مه آلود، که تنها روشنایی و دید مورد نظر می باشد و رنگ نور و اشیاء اهمیت چندانی نداشته باشد مورد استفاده قرار می گیرد.

لامپ متال هالید، که دارای رنگ نور خوب، بازده خوب و عمر زیاد می باشد و در مناطقی که وضوح رنگ اشیاء نیز حائز اهمیت باشد مورد استفاده قرار می گیرد.

لامپ LED، که دارای بازدهی مناسب و طول عمر بالا می باشد.

➤ محاسبات روشنایی:

مقایسه لامپهای مورد استفاده در معابر

نوع	وات	بهره نوری تقریبی (لومن بر وات)	عمر تقریبی (ساعت)
جیوه‌ای	۱۷۵ - ۱۰۰۰	۵۵	۲۴۰۰۰
متال هالاید	۱۷۵ - ۱۰۰۰	۹۰	۱۲۰۰۰
سدیم فشار زیاد	۴۰۰	۱۱۰	۱۶۰۰۰
	۱۰۰۰	۱۳۰	۱۶۰۰۰
سدیم فشار کم	۶۰ - ۱۸۰	۱۸۰	۱۱۰۰۰
رشته‌دار	۲۰۰ - ۱۰۰۰	۱۸	۱۰۰۰
فلورسنت	۴۰ - ۱۲۰	۷۰	۶۰۰۰

➤ محاسبات روشنایی:

۳- انتخاب ارتفاع نصب (h) و لامپ مورد استفاده

جدول زیر برای شارهای نوری مختلف ارتفاع نصب را ارائه کرده است به گونه‌ای که کنتراست مناسب ایجاد و از خیرگی و چشم‌زدگی جلوگیری خواهد شد.

ارتفاع نصب (متر)	شار نوری لامپ (لومن)
۱۰.۵	۲۰۰۰۰
۱۰.۵ تا ۱۳.۵	۲۰۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰
۱۳.۵ تا ۱۸	۴۵۰۰۰ تا ۹۰۰۰۰

➤ محاسبات روشنایی:

۴- تعیین ضریب بهره با استفاده از روابط و منحنی ضریب بهره

ضریب بهره برای نصب یک طرفه، زیگزاگ، روبه‌رو و وسط با کابل هوایی:

$$CU = CU_{oa} + CU_{ob}$$

ضریب بهره برای نصب بلواری:

$$CU = CU_{oa} + CU_{ob} + CU_{od} - CU_{oc}$$

۵- یافتن شار نوری کل

شار نوری کل برای نصب یک طرفه و نصب در وسط با کابل هوایی:

$$\varphi = \varphi'$$

شار نوری کل برای نصب زیگزاگ، بلواری و روبه‌رو:

$$\varphi = 2\varphi'$$

➤ محاسبات روشنایی:

۶- محاسبه طول اسپن

$$L = \frac{\Phi \cdot CU \cdot LLF}{E_{av} \cdot D}$$

$$LLF = LLD \times LDD$$

LLF: ضریب کاهش نور بر اثر کار کردن و کهنه شدن لامپ و چراغ

LLD: ضریب کاهش نور بر اثر فرسودگی لامپ

LDD: ضریب کاهش نور بر اثر کثیف شدن سطح چراغ، که تابع نوع محیط از نظر حجم ترافیک، نوع وسایل نقلیه (بنزینی یا گازوئیلی)، نفوذپذیری چراغ از گرد و غبار و فاصله زمانی بین گردگیریها می باشد.

➤ محاسبات روشنایی:

محیط نصب چراغ از منظر آلودگی قابل تقسیم به پنج دسته می‌باشد.

۱- محیط خیلی تمیز (منحنی A): معابر آسفالت، بدون مواد چسبنده در هوا، با ترافیک آهسته و ممنوع برای تردد کامیونها

۲- محیط تمیز (منحنی B): معابر آسفالت، بدون مواد چسبنده در هوا، با ترافیک متوسط سواریها و کامیونها و آزادراههای واقع در مناطق محدود نشده

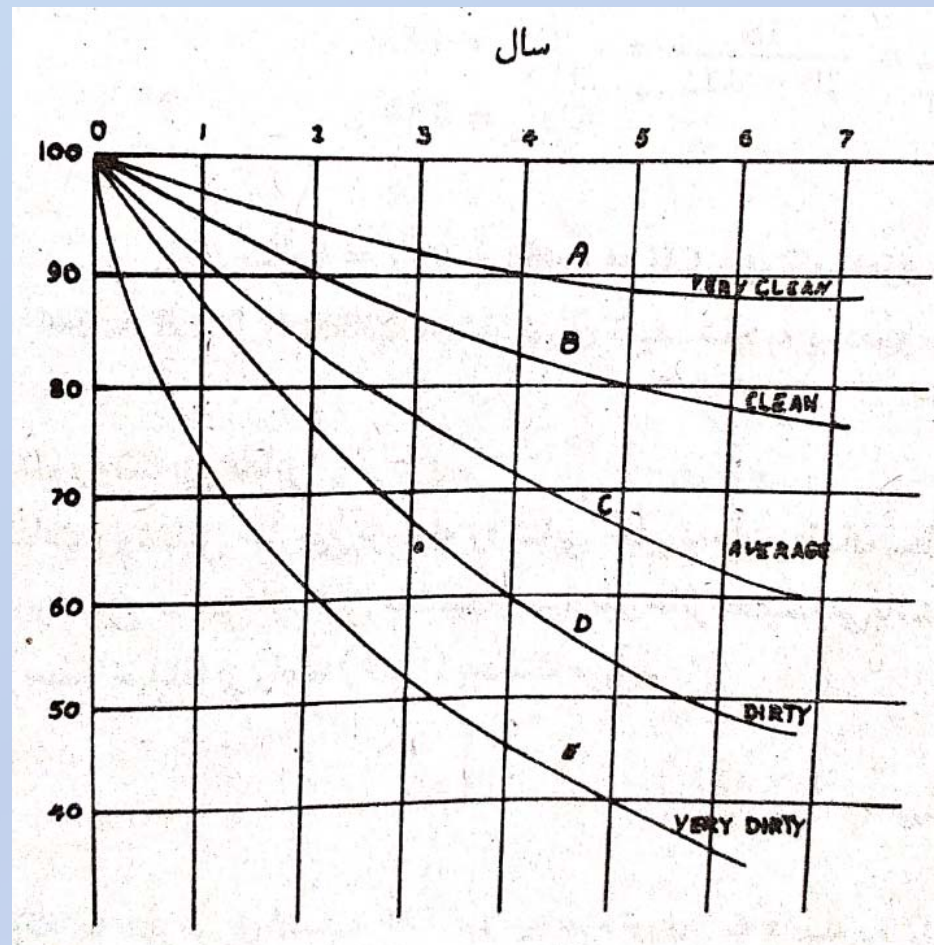
۳- محیط متوسط (منحنی C): مانند محیط تمیز با ترافیک بیشتر

۴- محیط کثیف (منحنی D): مناطق محدودشده به وسیله ساختمانها با حجم ترافیک سواری و کامیون بالاتر از حد متوسط

۵- محیط خیلی کثیف (منحنی E): مناطق تجاری و صنعتی با عبور کامیونها، اتوبوسها و با وجود گرد و غبار چسبنده در هوا و ترافیک سنگین

➤ محاسبات روشنایی:

نمونه منحنی ضریب کاهش نور بر اثر کثیف شدن سطح چراغ (LDD):



محور افقی فاصله زمانی بین گردگیری چراغها بر حسب سال و محور عمودی ضریب کاهش نور LDD می باشد.

➤ محاسبات روشنایی:

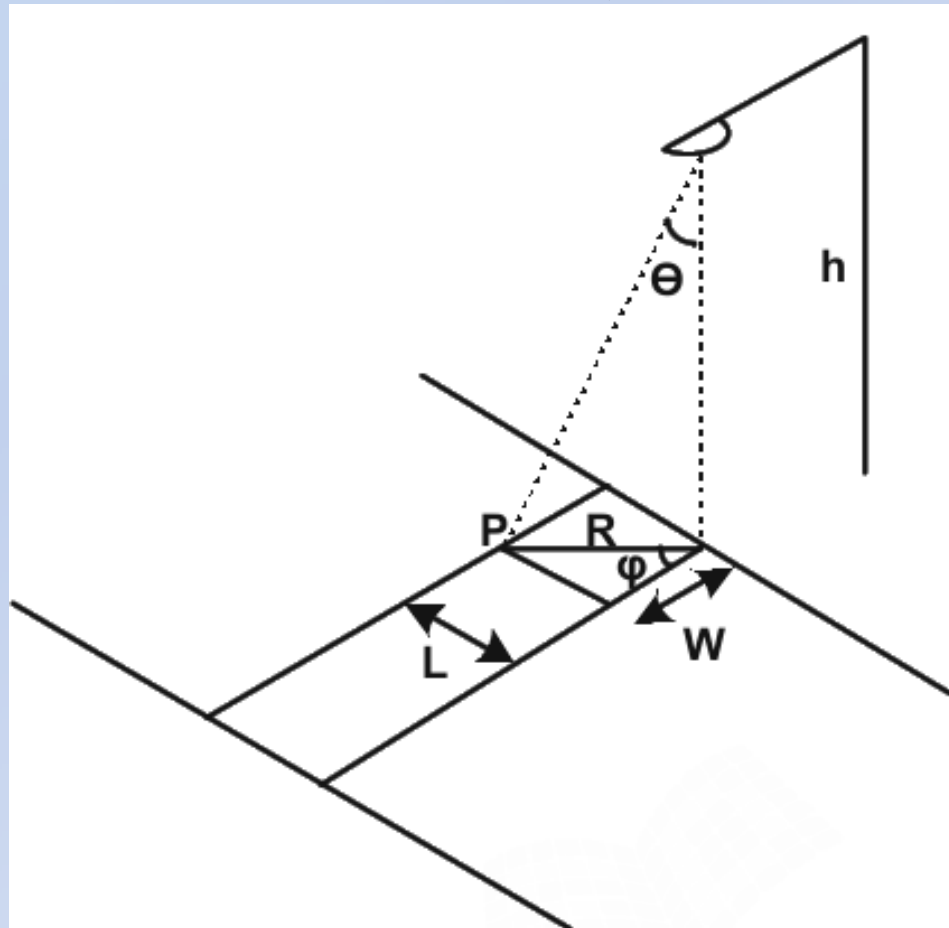
۷- محاسبه یکنواختی:

برای محاسبه یکنواختی، نقاطی را در سطح خیابان که می‌توانند شدت روشنایی ماکزیمم یا مینیمم داشته باشند حدس زده و شدت روشنایی نقاط مذکور را با استفاده از روش نقطه به نقطه به دست می‌آوریم. یا این که به وسیله یکی از منحنیهای ایزوکندل، ایزولوکس و پخش نور از روابط زیر شدت روشنایی ناشی از هر نقطه را به دست می‌آوریم.

$$E = \frac{I(\theta, \phi)}{r^2} \cdot \cos \theta$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{L}{W}$$

$$\theta = \gamma = \tan^{-1} \frac{R}{h}$$



➤ محاسبات روشنایی:

نسبت شدت روشنایی مینیمم به ماکزیمم و مینیمم به متوسط نباید از مقادیر مندرج در جدول زیر کمتر باشد.

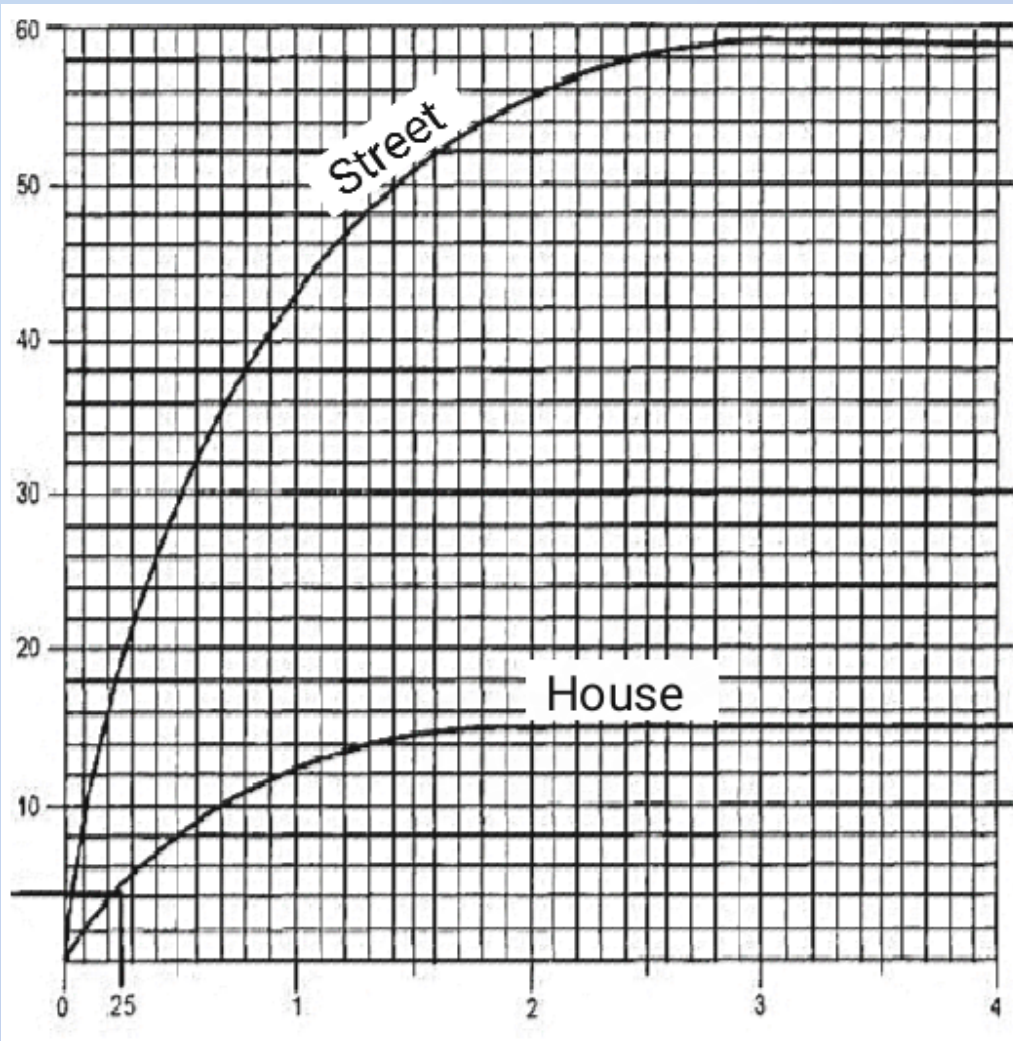
در محاسبه شدت روشنایی یک نقطه باید نور حاصل از چند چراغ مجاور که نقش قابل توجهی در روشنایی نقطه مذکور دارند را در نظر گرفت.

نسبت یکنواختی حداقل جهت معابر

نسبت یکنواختی (حداقل)				نوع خیابان
مقررات آلمان		انجمن مهندسان روشنایی آمریکا		
۱:۶	۱:۳	-	۱:۳	خیابان اصلی با حجم ترافیک ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت در هر طرف
۱:۶	۱:۳	-	۱:۳	خیابان اصلی با حجم ترافیک ۵۰۰ وسیله نقلیه در هر طرف
۱:۸	۱:۴	-	۱:۳	خیابان‌های رابط بین نقاط مسکونی و خیابان‌های اصلی
-	-	-	۱:۶	خیابان‌های واقع در مناطق مسکونی

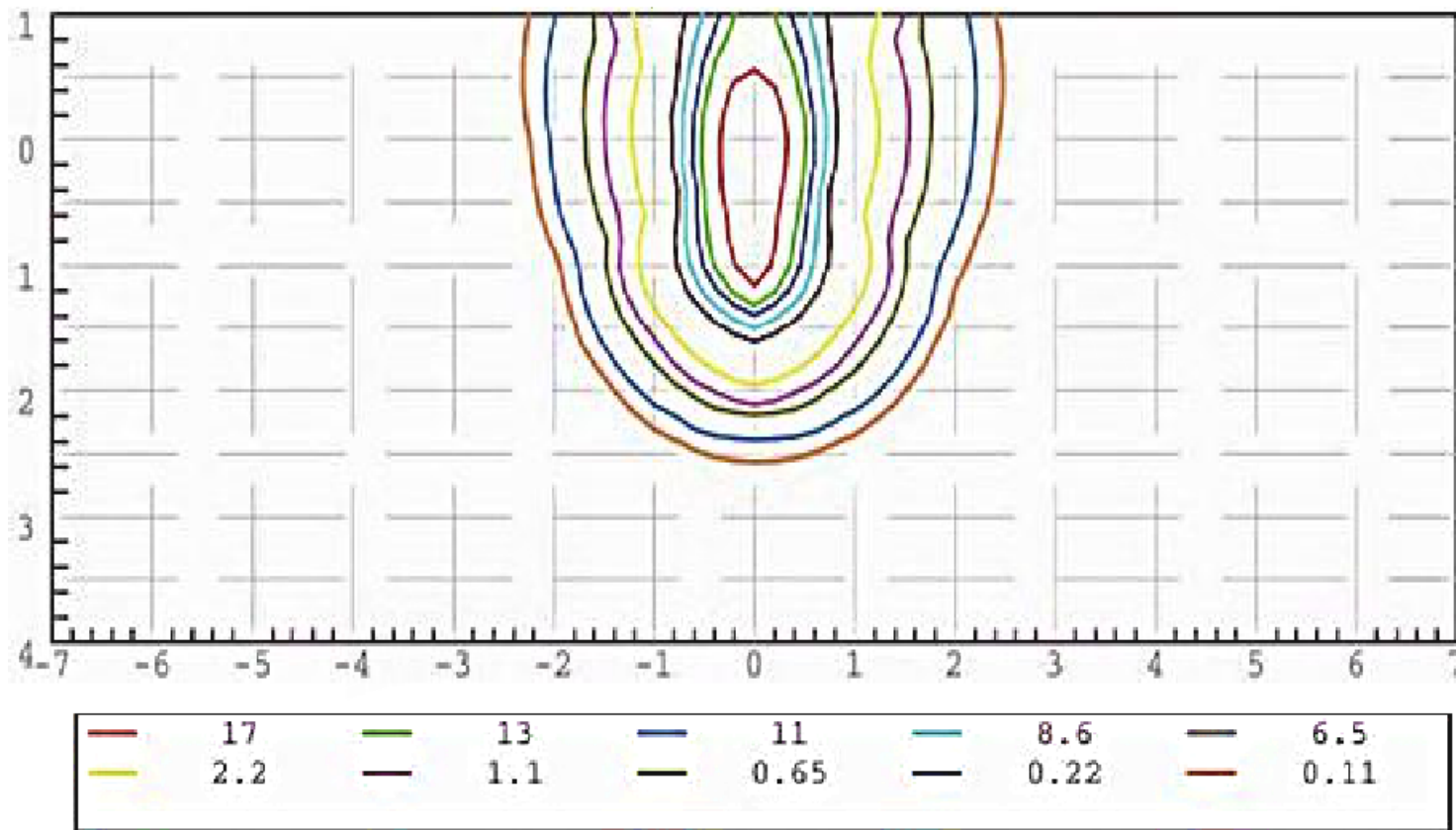
➤ محاسبات روشنایی:

مثال) در خیابانی با عرض ۲۲ متر و طرف پیاده روی ۲ متر، از چراغهایی با نصب روبه رو با ارتفاع دکل ۱۰ متر استفاده شده است. اگر از لامپ بخار جیوه ۲۵ وات با شار نوری ۱۳۰۰۰ لومن در این چراغ استفاده شود، طول اسپن چراغها چقدر خواهد بود؟ ($LLF=0.7$ و $E=15 \text{ lux}$)



➤ محاسبات روشنایی:

منحنی ایزولوکس برای لامپ بخار جیوه مثال داده شده)



height	factor
5m	4
6m	2.778
7m	2.041
8m	1.563
9m	1.235
10m	1
11m	0.826
12m	0.694
13m	0.592
14m	0.510

➤ محاسبات روشنایی:

$$\frac{oa}{h} = \frac{2}{10} = 0.2 \rightarrow CU_{oa} = 0.02$$

$$\frac{ob}{h} = \frac{20}{10} = 2 \rightarrow CU_{ob} = 0.43$$

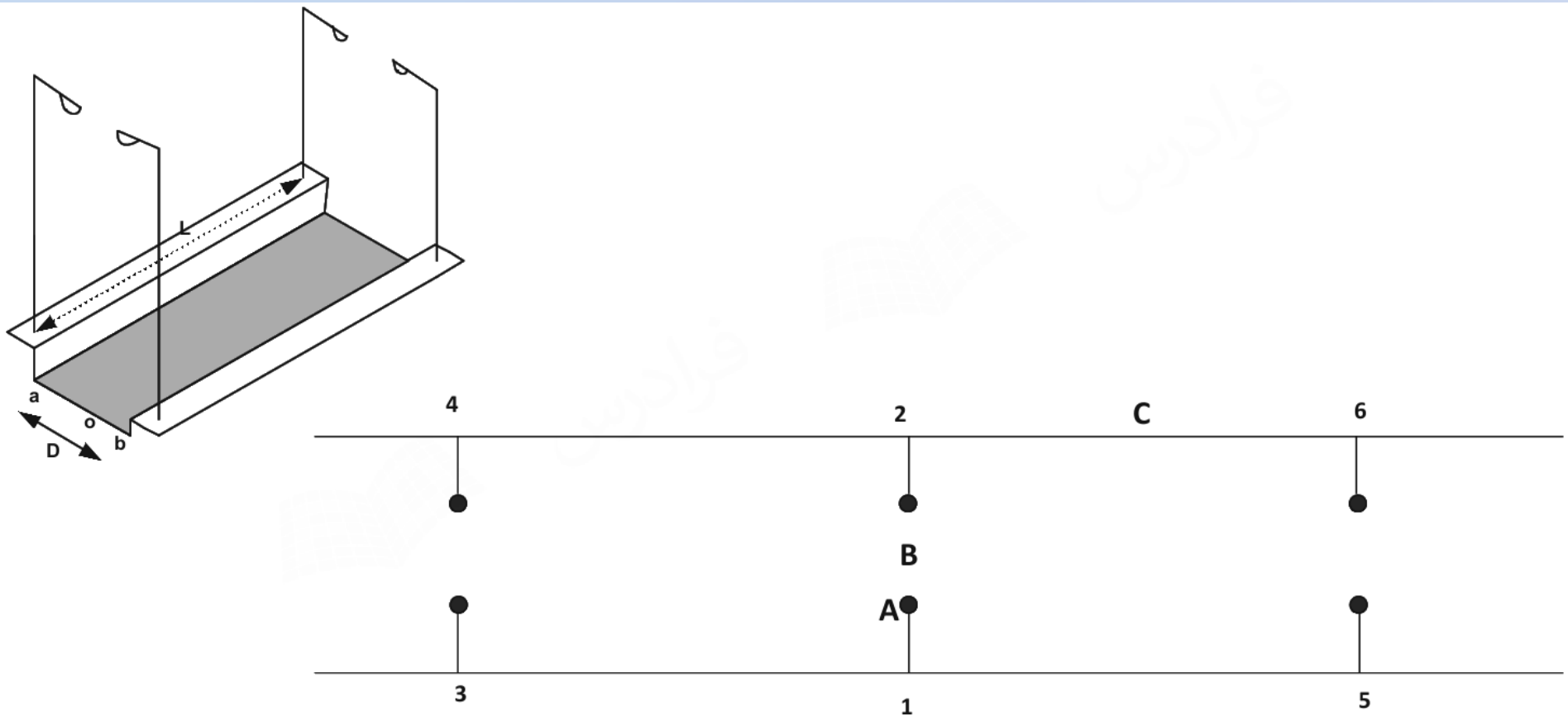
$$CU_t = CU_{oa} + CU_{ob} = 0.45$$

$$\phi = 2\phi' = 2 \times 13000 = 26000 \text{ lumen}$$

$$L = \frac{\phi \times CU \times LLF}{E \times W} = \frac{26000 \times 0.45 \times 0.7}{15 \times 22} = 24.82 \text{ m}$$

➤ محاسبات روشنایی:

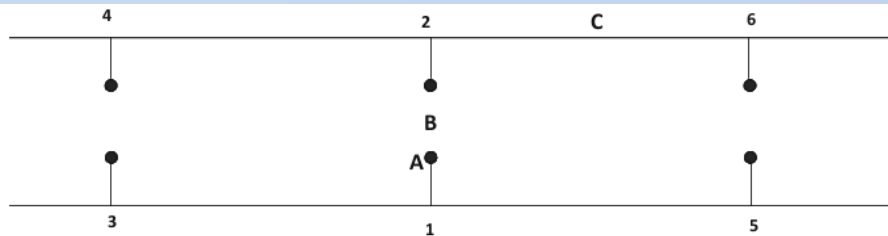
محاسبه یکنواختی مثال ارائه شده) برای این منظور نمای دید از بالای خیابان رسم می‌شود. معمولاً سه دکل (در اینجا شش دکل چون آرایش به صورت نصب روبه‌رو می‌باشد) رسم می‌گردد و نقاط A (زیر چراغ)، B (ما بین دو چراغ) و C (سمت پیاده‌رو) برای محاسبه یکنواختی در نظر گرفته می‌شود.



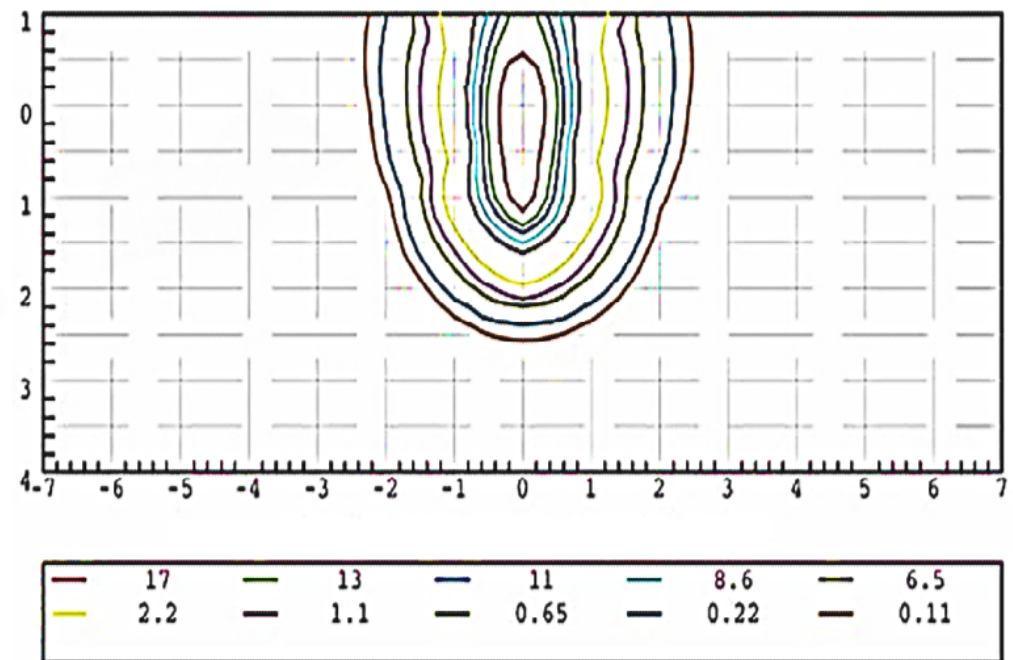
➤ محاسبات روشنایی:

محاسبه یکنواختی مثال ارائه شده

A_1 نور ناشی از چراغ ۱ در نقطه A، A_2 نور ناشی از چراغ ۲ در نقطه A و الی آخر می باشد.



نقطه	L	W	L/h	W/h	E
A1	0	0	0	0	17
A2	0	18	0	1.8	2.2
A3	25	0	2.5	0	0.11
A4	25	18	2.5	1.8	0
A5	25	0	2.5	0	0.11
A6	25	18	2.5	1.8	0
جمع					19.42

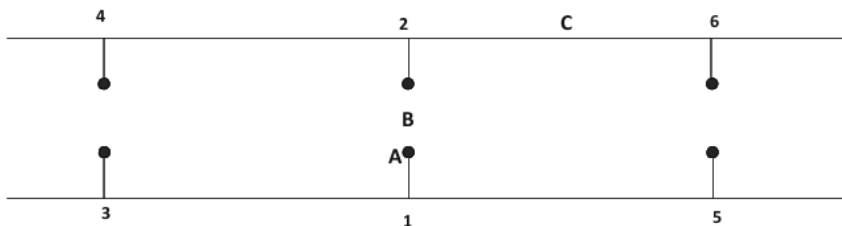


RATIO OF DISTANCE TO MOUNTING HEIGHT

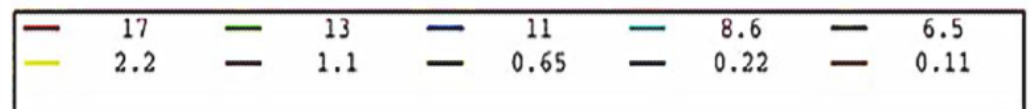
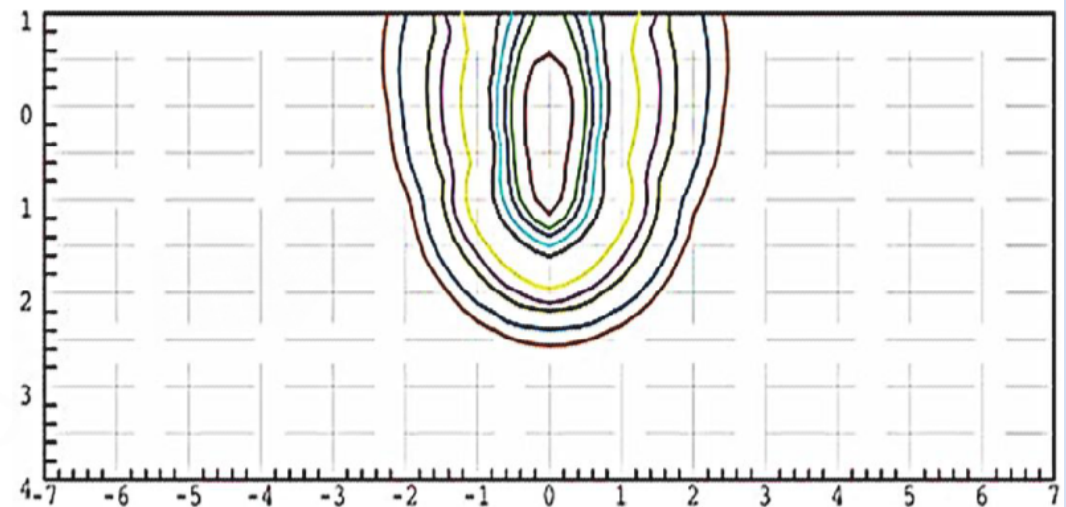
➤ محاسبات روشنایی:

محاسبه یکنواختی مثال ارائه شده)

B_1 نور ناشی از چراغ ۱ در نقطه B، B_2 نور ناشی از چراغ ۲ در نقطه B و الی آخر می باشد.



نقطه	L	W	L/h	W/h	E
B1	0	9	0	0.9	17
B2	0	9	0	0.9	17
B3	25	9	2.5	0.9	0
B4	25	9	2.5	0.9	0
B5	25	9	2.5	0.9	0
B6	25	9	2.5	0.9	0
جمع					34

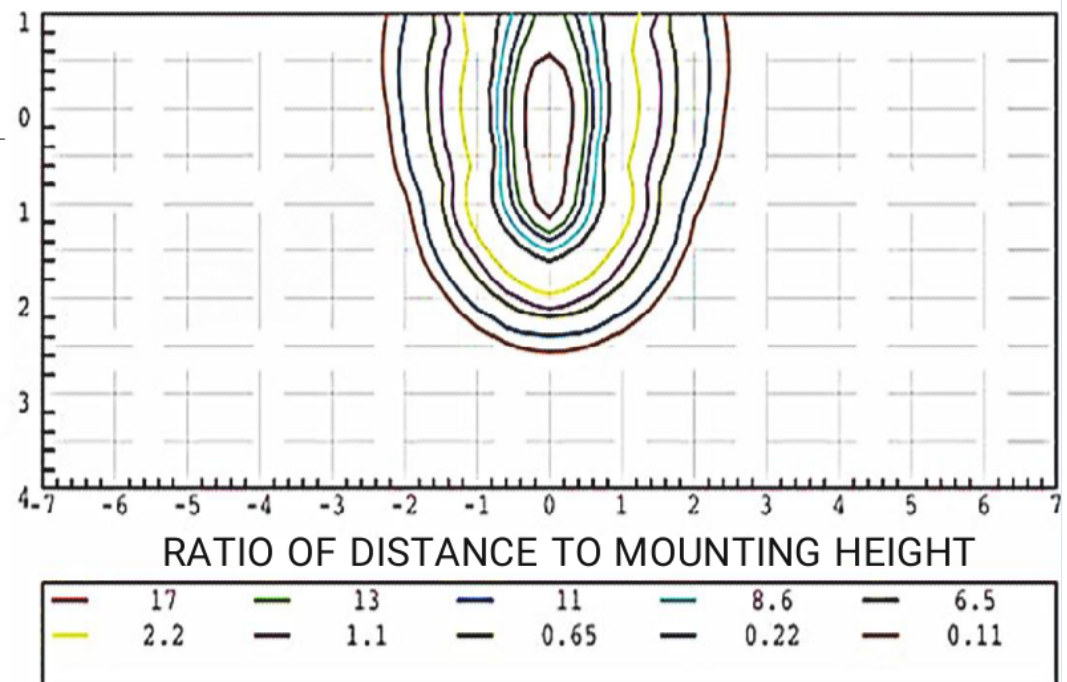
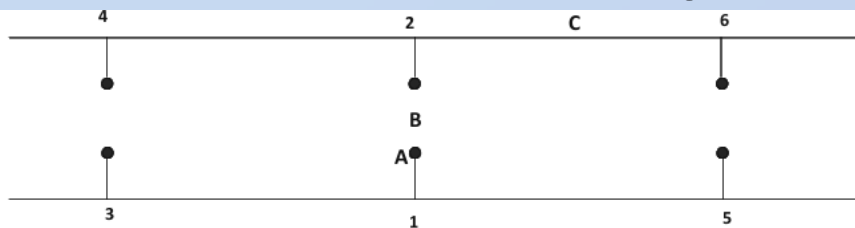


RATIO OF DISTANCE TO MOUNTING HEIGHT

➤ محاسبات روشنایی:

محاسبه یکنواختی مثال ارائه شده

C_1 نور ناشی از چراغ ۱ در نقطه C، C_2 نور ناشی از چراغ ۲ در نقطه C و الی آخر می باشد.
 E_{av} از تقسیم E_{new} (در اینجا ۱۵ لوکس است.) بر LLF (در اینجا ۰/۷ است.) برابر ۲۱/۴۲ لوکس به دست می آید که از آن در شرط یکنواختی به صورت زیر استفاده می شود.



نقطه	L	W	L/h	W/h	E
C1	12.5	20	1.25	2	0.22
C2	12.5	2	1.25	0.2	3
C3	37.5	20	3.75	2	0
C4	37.5	2	3.75	0.2	0
C5	12.5	20	1.25	2	0.22
C6	12.5	2	1.25	0.2	3
جمع					6.44

$$\frac{E_{Min}}{E_{Max}} = \frac{6.44}{34} = 0.19 \geq \frac{1}{6}$$

$$\frac{E_{Min}}{E_{new}} \geq \frac{1}{3}$$

➤ محاسبات روشنایی:

روشنایی محوطه‌های باز و پارکینگها:

در روشنایی محوطه‌های باز از چراغهایی با منحنی پخش نور نامتقارن که حداکثر شدت نور آنها در زوایای حدود ۶۰ تا ۷۵ درجه اتفاق می‌افتد و بعد از این زوایا شدت نورشان به شدت کاهش می‌یابد استفاده می‌شود.

در این محوطه‌ها فاصله بین چراغها تقریباً $4/5$ برابر ارتفاع نصب آنها انتخاب می‌شود.

در روشنایی پارکینگها فاصله پایه‌ها در طول باید ضریبی از $9/1$ متر باشد و در عرض بستگی به عرض پارکینگ دارد، این مطلب با توجه به استانداردهایی که طول اتومبیلها دارند باید مد نظر قرار گیرد.

در این طراحی‌ها، منحنی ضریب بهره در قالب یک نمودار ارائه می‌گردد و مانند طراحی روشنایی برای معابر طرف خیابان و طرف پیاده‌رو در نظر گرفته نمی‌شود.

در این طراحی‌ها، معمولاً منحنی پخش نور یا جدول θ بر حسب $I(\theta)$ ارائه می‌گردد و از منحنیهای ایزولوکس و ایزوکنندل استفاده نمی‌شود.

➤ محاسبات روشنایی:

الگوریتم محاسبه روشنایی محوطه‌های باز و پارکینگها:

- ۱- انتخاب شدت روشنایی متوسط (۱۵ تا ۲۰ لوکس)
- ۲- انتخاب لامپ مورد نظر (بخارسدیم، بخار جیوه، متال هالید یا پاور ال. ای. دی) و تعیین شار نوری لامپ مورد نظر از روی کاتالوگ سازنده
- ۳- انتخاب چراغ مناسب
- ۴- محاسبه ماکزیمم فاصله طولی چراغها

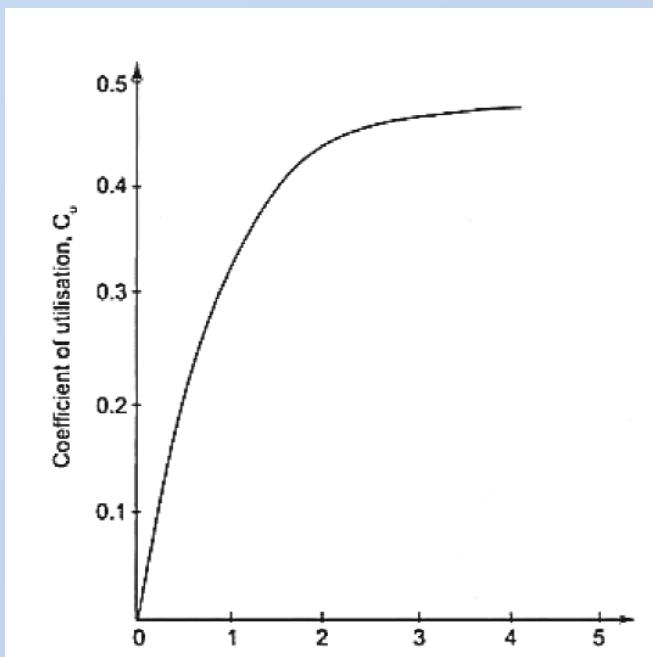
$$L_{max} = 4.5 \times h$$

اگر محوطه پارکینگ باشد باید این طول ضربی از ۹/۱ متر در نظر گرفته شود.
h معمولاً در اندازه‌های ۱۴، ۱۸ و ۳۰ متر قرار دارد.

۵- تعیین ضریب بهره از روی منحنی و ضریب بهره کل با توجه به تعداد دکلها

۶- محاسبه شار نوری کل با در نظر گرفتن ضریب کل کاهش نور (LLF)

$$E_{av} = \frac{\Phi \times cu \times LLF}{A}$$



➤ محاسبات روشنایی:

۷- محاسبه تعداد لامپهای مورد نیاز

$$n = \frac{\phi}{\phi'}$$

۸- محاسبه تعداد چراغها و دکلها

۹- چک کردن یکنواختی نور در بعضی از نقاط

بَا فَشْكُرْ لِرِزْقِ جِهَنَّا