



دانشگاه فنی انقلاب اسلامی

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:

طراحی روشنایی معابر:

مقدمه:

زندگی امروزی ایجاب می‌کند که با پایان گرفتن روز، فعالیت‌های اجتماعی پایان نیافته و تا پاسی از شب نیز ادامه پیدا کند. لازمه این امر وجود روشنایی کافی در معابر و خیابانهاست.

افزایش روزافزون وسایل نقلیه موتوری و عبور و مرور عابرین در خیابانها، روشنایی کافی را جهت تردد در شب و کاهش تصادفات و تلفات انسانی ضروری می‌سازد.

همچنین روشن ساختن معابر در شب باعث افزایش امنیت اجتماعی شده و از جرائم و تخلفاتی که تاریکی شب پوششی جهت ارتکاب آنهاست می‌کاهد.

پس هدف از روشنایی معابر حفظ سلامت و راحتی رانندگان و عابرین پیاده و افزایش امنیت و بهبود وضع ترافیک در شب می‌باشد.

➤ محاسبات روشنایی:

در طراحی روشنایی معابر از منظر درجه اهمیت پارامترهای درخشندگی، خیرگی و کنتراست در قیاس با شدت نور در اولویت قرار می‌گیرد. طراحی روشنایی معابر باید دارای ویژگیهای زیر باشد:

۱- دارای شدت روشنایی متوسط مناسب در سطح خیابان باشد.

میزان شدت روشنایی لازم جهت معابر بستگی به وضعیت محل، میزان عبور و مرور، نوع فعالیت عابرین، سرعت و حجم ترافیک شبانه دارد.

شدت روشنایی لازم جهت معابر (توصیه انجمن مهندسان آمریکا)

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

➤ محاسبات روشنایی:

چون در زیر چراغهای ثابت خیابانی، رانندگان معمولاً اجسام را به صورت اشیاء تیره در مقابل زمینه روشنی که توسط درخشندگی خیابان و اطراف آن ایجاد می شود مشاهده می کنند، درخشندگی سطح خیابان و در نتیجه ضریب انعکاس آن نیز حائز اهمیت خاص است.

انتشارات فیلپس در این مورد جهت خیابانها و جاده های مختلف از نظر رنگ و نوع آسفالت ضرایبی را تعریف می کند که با ضرب کردن آنها در شدت روشنایی لازم جهت خیابان با آسفالت معمولی می توان شدت روشنایی متوسط لازم جهت خیابان مربوطه را به دست آورد.

ضرایب شدت روشنایی متوسط برای آسفالتهای مختلف

رنگ آسفالت	فوق العاده روشن	بالا تر از حد متوسط	متوسط	پایین تر از حد متوسط	فوق العاده تیره
ضریب	۰/۸	۰/۹	۱	۱/۲	۱/۴

➤ محاسبات روشنایی:

نکته: در طراحی روشنایی برای مکانهای خاص مانند تقاطعها، پلها، پیچها، شیبهای تند، میادین و مکانهایی که سابقه تصادف زیادتری داشته باشند، می‌بایست حد روشنایی بیشتری از مقادیر موجود در جداول در نظر گرفته شود.

۲- یکنواختی روشنایی در سطح معابر رعایت شده باشد.

انجمن مهندسان روشنایی آمریکا معیار یکنواختی را نسبت شدت روشنایی حداقل به متوسط در سطح خیابان قرار داده است. اما بعضی مجامع روشنایی این نسبت را کافی ندانسته و علاوه بر آن نسبت شدت روشنایی حداقل به حداکثر را نیز مورد توجه قرار داده و مقادیری جهت آن توصیه می‌کنند.

نسبت یکنواختی حداقل جهت معابر (توصیه انجمن مهندسان آمریکا و مقررات آلمان)

نسبت یکنواختی (حداقل)				نوع خیابان
مقررات آلمان		انجمن مهندسان روشنایی آمریکا		
$\frac{E_{MIN}}{E_{MAX}}$	$\frac{E_{MIN}}{E_m}$	$\frac{E_{MIN}}{E_{MAX}}$	$\frac{E_{MIN}}{E_m}$	
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 ساعت 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:

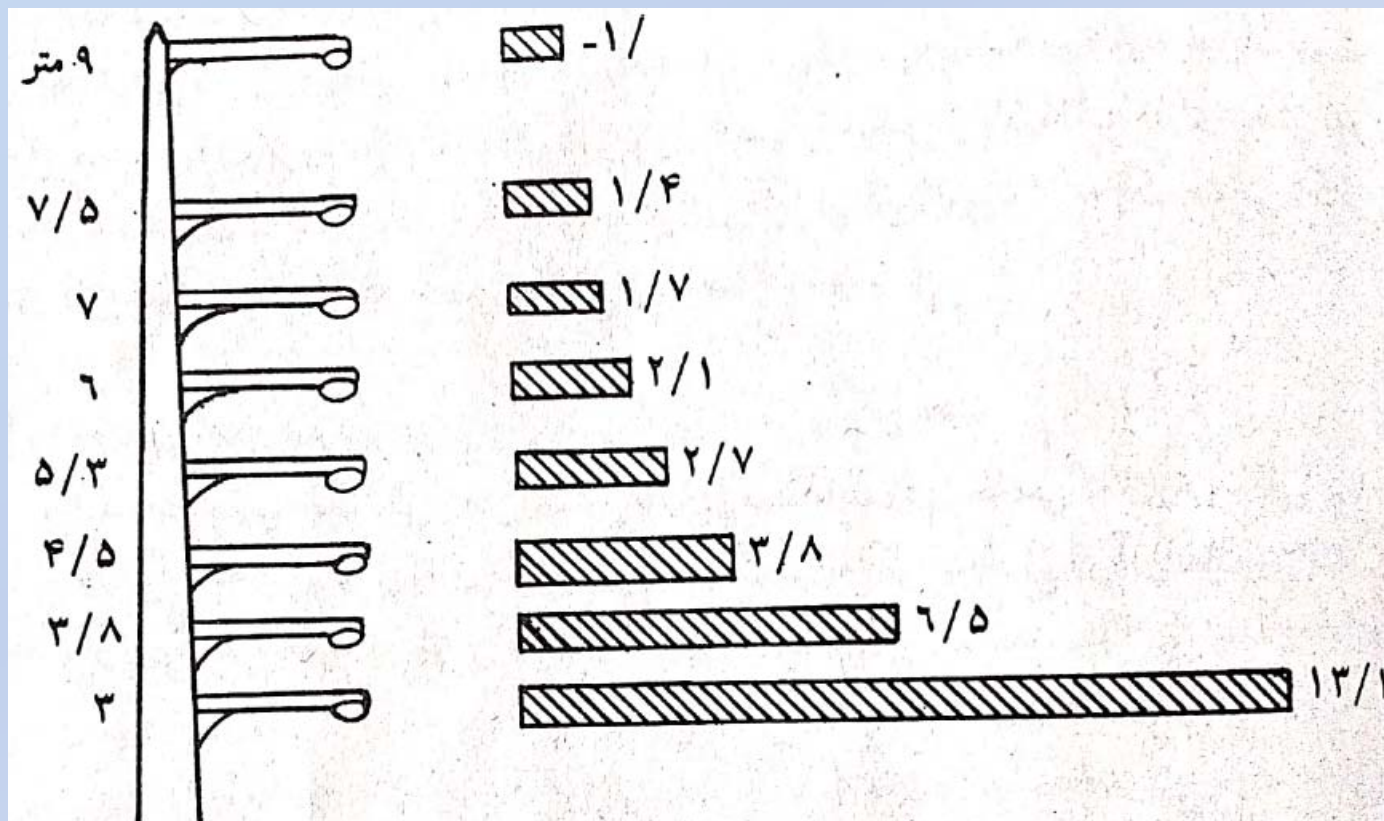
۳- از چشم‌زدگی جلوگیری نماید.

هنگامی که اشعه‌های مستقیم نور چراغ با شدت زیاد در محور دید رانندگان و عابرین قرار گیرد ایجاد چشم‌زدگی می‌کند.

جهت جلوگیری از چشم‌زدگی حاصل از چراغهای خیابانی می‌توان روشهای مختلفی را به کار برد.

روش اول: افزایش ارتفاع نصب چراغ (افزایش ارتفاع دکل)

نمودار کاهش چشم‌زدگی نسبت به ارتفاع نصب (شار نوری لامپ ثابت)



➤ محاسبات روشنایی:

در صورتی که شار نوری متغیر باشد می توان ارتفاع نصب را جهت جلوگیری از چشم زدگی مانند جدول زیر در نظر گرفت.

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

روش دوم) استفاده از چراغهای cut-off

در این چراغها شدت نور ماکزیمم در زوایای بزرگ نسبت به محور عمود چراغ که معمولاً در محور دید رانندگان قرار می گیرد، اتفاق نمی افتد.

۴- اقتصادی باشد.

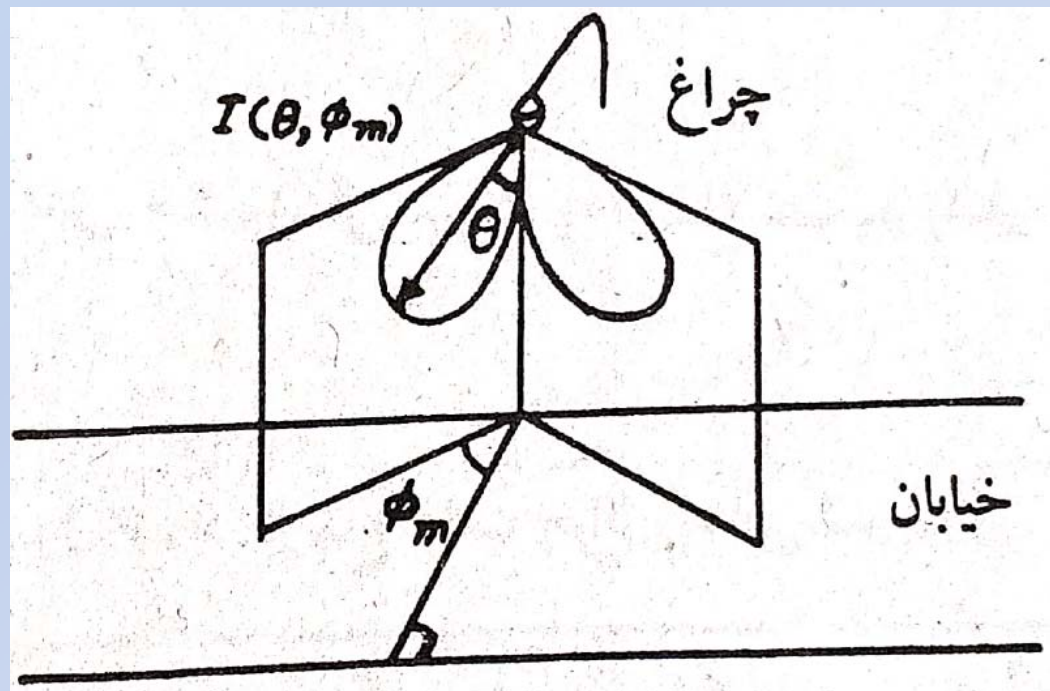
➤ محاسبات روشنایی:

مشخصات چراغهای مورد استفاده در معابر:

چراغهایی که در روشنایی معابر مورد استفاده قرار می‌گیرند به علت عدم تقارن خیابان نسبت به محل نصب چراغ و لزوم تابانیدن بیشتر شار نوری لامپ به سطح خیابان اغلب دارای پخش نور غیرمقارنند. لذا جهت نشان دادن چگونگی پخش نور آنها در فضا نمی‌توان به یک منحنی اکتفا نمود و لازم است از دو یا چند منحنی استفاده شود.

۱- منحنی پخش عمودی نور

این منحنی قطبی چگونگی پخش نور چراغ را در صفحه عمودی خاصی که از زاویه افقی ϕ_m می‌گذرد نشان می‌دهد. ϕ_m زاویه‌ای است افقی که شدت نور ماکزیمم چراغ در آن اتفاق می‌افتد.



➤ محاسبات روشنایی:

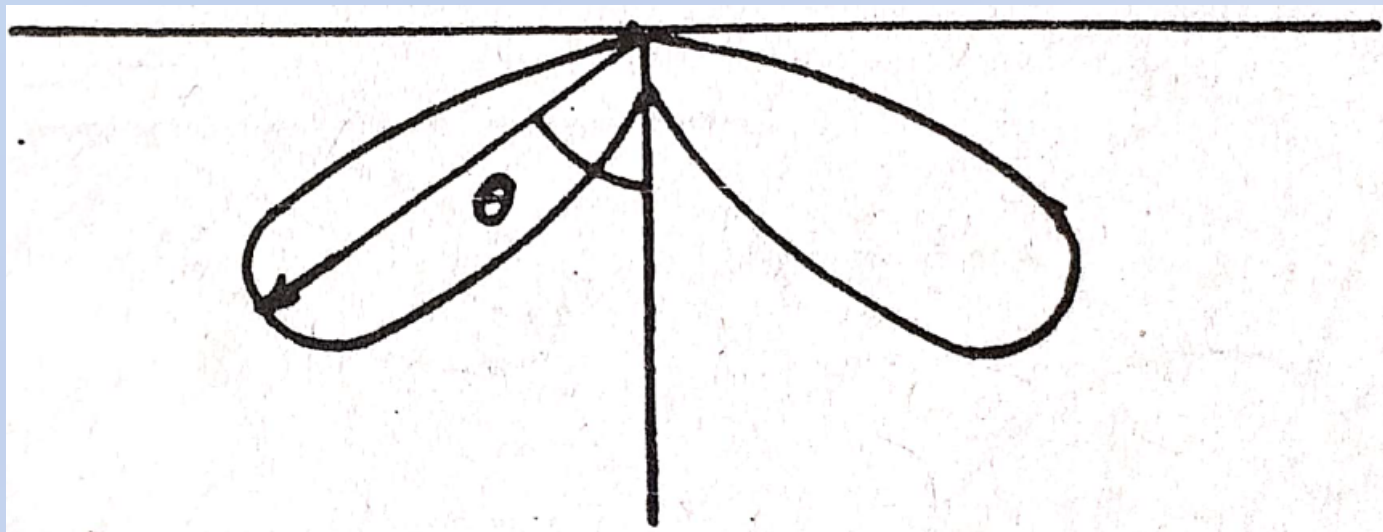
انجمن مهندسان روشنایی آمریکا چراغهای خیابانی را بر اساس پخش عمودی نورشان به سه دسته به شرح زیر تقسیم بندی می کند.

۱- چراغ با پخش عمودی کوتاه (Short distribution): شدت نور ماکزیمم در زاویه عمودی ۴۵ تا ۶۶ درجه از محور عمود

۲- چراغ با پخش عمودی متوسط (Medium distribution): شدت نور ماکزیمم در زاویه عمودی ۶۶ تا ۷۵ درجه از محور عمود

۳- چراغ با پخش عمودی بلند (Long distribution): شدت نور ماکزیمم در زاویه عمودی ۷۵ تا ۸۰ درجه از محور عمود

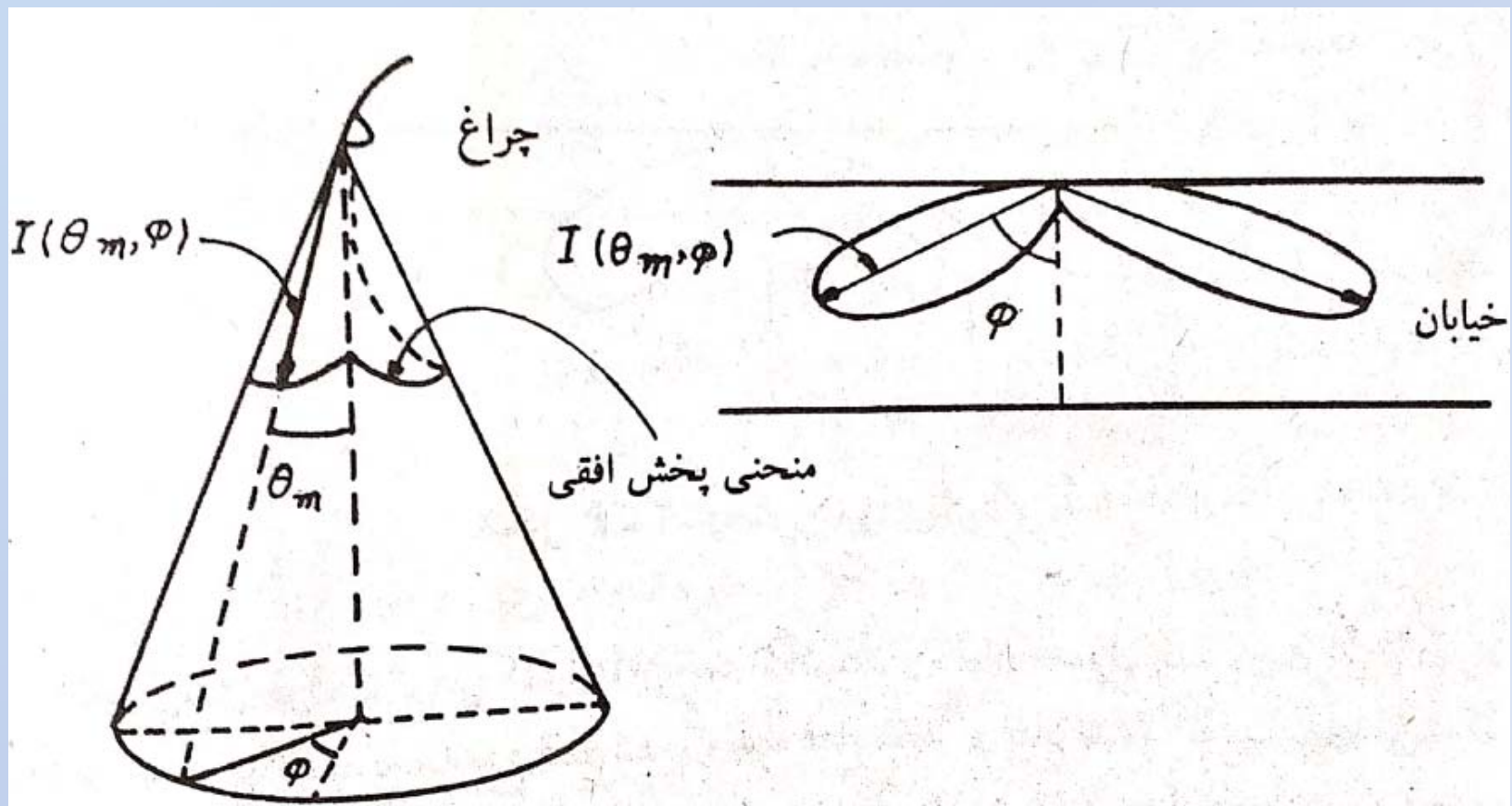
پخش عمودی کوتاه



➤ محاسبات روشنایی:

۲- منحنی پخش افقی نور

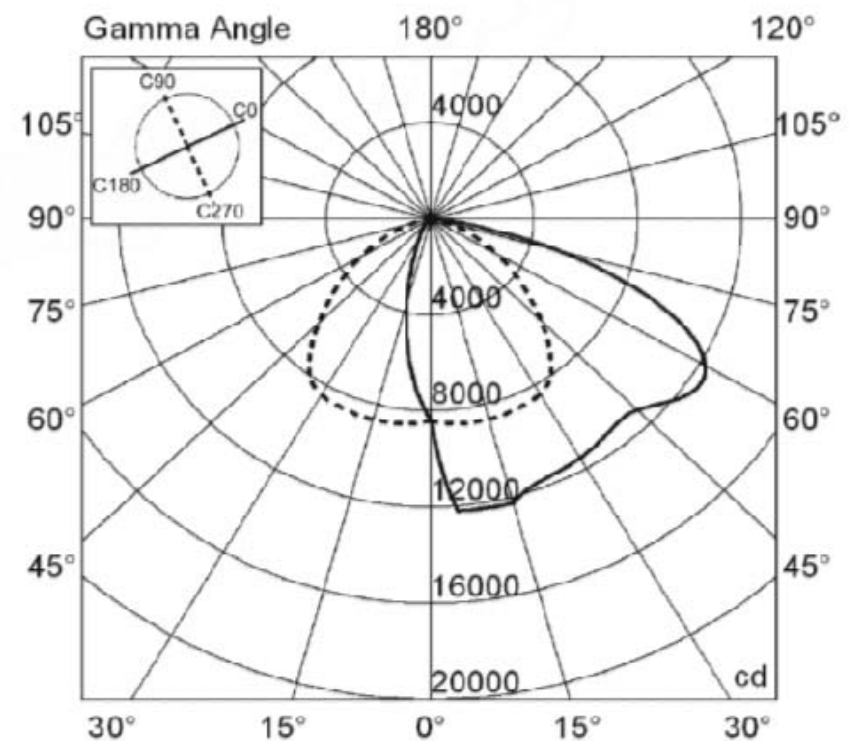
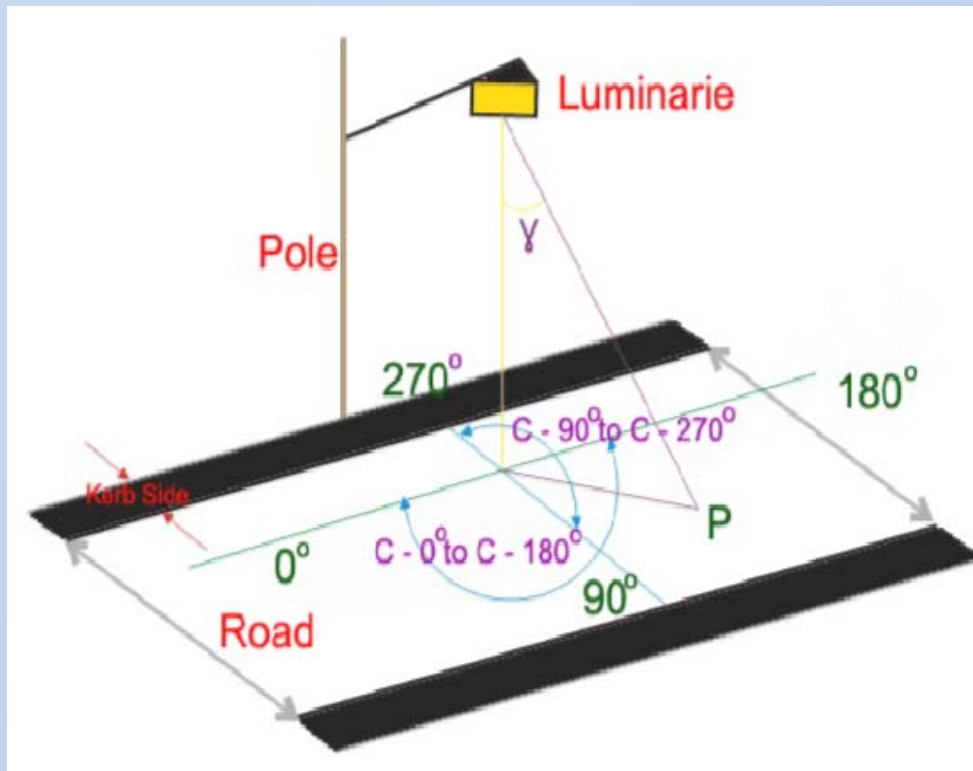
این منحنی تغییرات شدت نور چراغ را در زاویه عمودی θ_m و زوایای افقی صفر تا 360° درجه مشخص می‌سازد. θ_m زاویه عمودی است که شدت نور ماکزیمم چراغ در آن اتفاق می‌افتد. جهت تصور بهتر می‌توان این منحنی را چگونگی توزیع شدت نور بر سطح مخروطی که از زاویه θ_m می‌گذرد فرض کرد.



➤ محاسبات روشنایی:

نمونه منحنی پخش نور چراغهای خیابانی:

معمولاً این منحنی در شار نوری ۱۰۰۰ لومن رسم می‌گردد و برای شارهای نوری بالاتر یک ضریب تصحیح لازم می‌باشد.



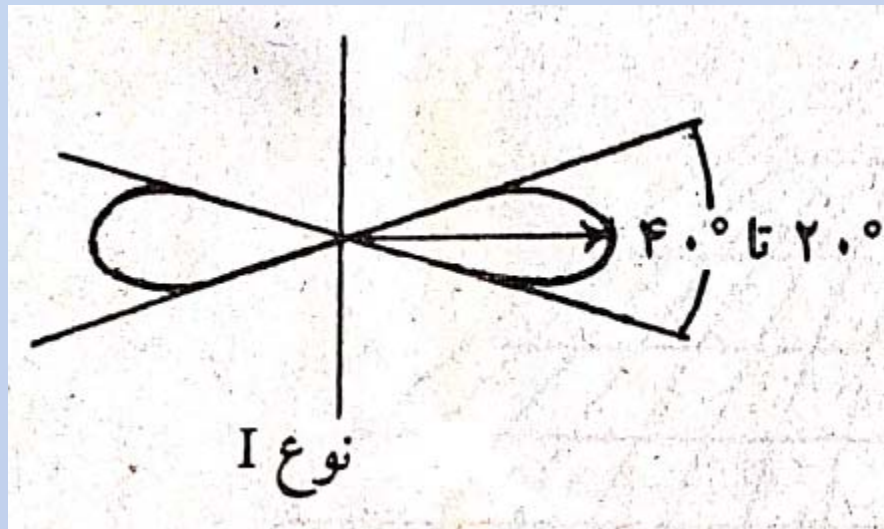
➤ محاسبات روشنایی:

پخش نور چراغ در صفحه افق با توجه به شکل هندسی محیطی که می‌خواهیم روشنایی آنجا را تأمین کنیم می‌تواند متقارن یا نامتقارن باشد.

در خیابانها به علت داشتن شکل هندسی مستطیلی معمولاً از چراغ با منحنی پخش غیرمتقارن استفاده می‌شود، زیرا به این طریق می‌توان از تابش نور به مناطقی که روشنایی آنجا مدنظر نیست جلوگیری کرد و بیشتر شار نوری چراغ را به سطح خیابان تابانید و در نتیجه به بازدهی سیستم روشنایی افزود.

در میادین و چهارراه‌ها به علت وجود تقارن می‌توان از چراغ با پخش افقی متقارن استفاده کرد به شرط آن‌که در وسط میدان یا چهارراه نصب شود.

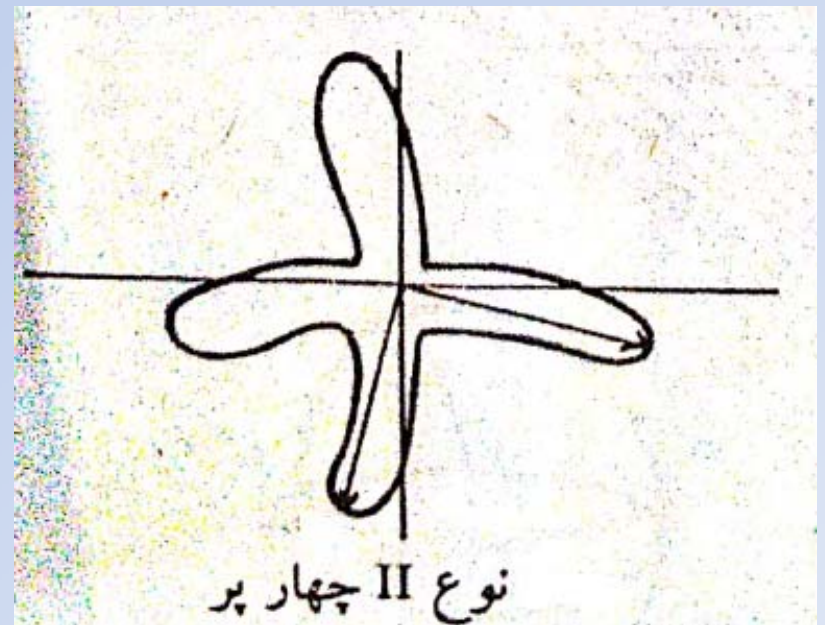
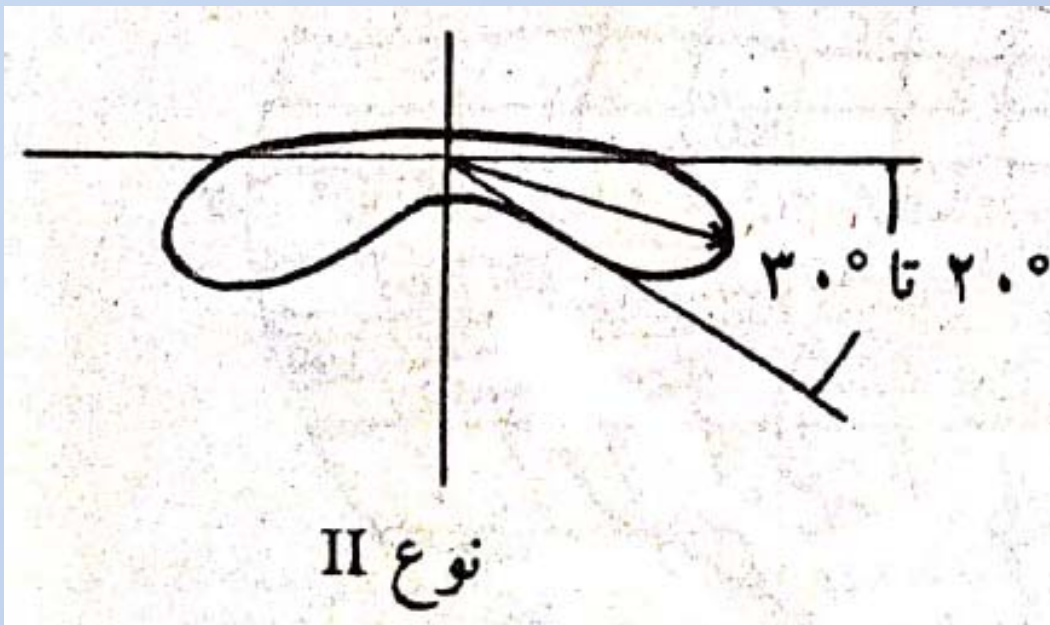
انجمن مهندسان روشنایی آمریکا چراغهای خیابانی را بر اساس چگونگی پخش افقی نور آنها به ۵ نوع تقسیم‌بندی می‌کند.



نوع (۱) پخش دوطرفی
برای نصب در وسط خیابان مناسب است.

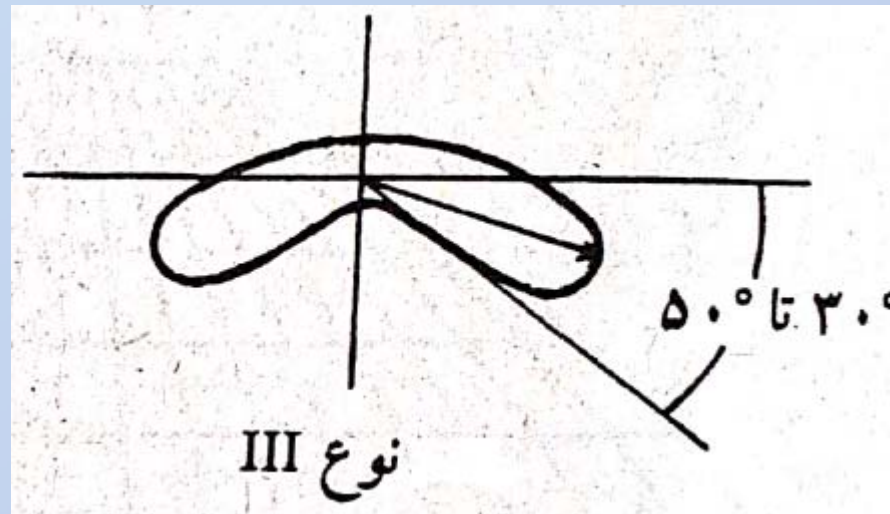
➤ محاسبات روشنایی:

نوع ۲) پخش غیرمتقارن باریک
در خیابانهای باریک به صورت نصب یکطرفه و در خیابانهای پهن تر به صورت نصب روبه‌رو مورد استفاده قرار می‌گیرد.

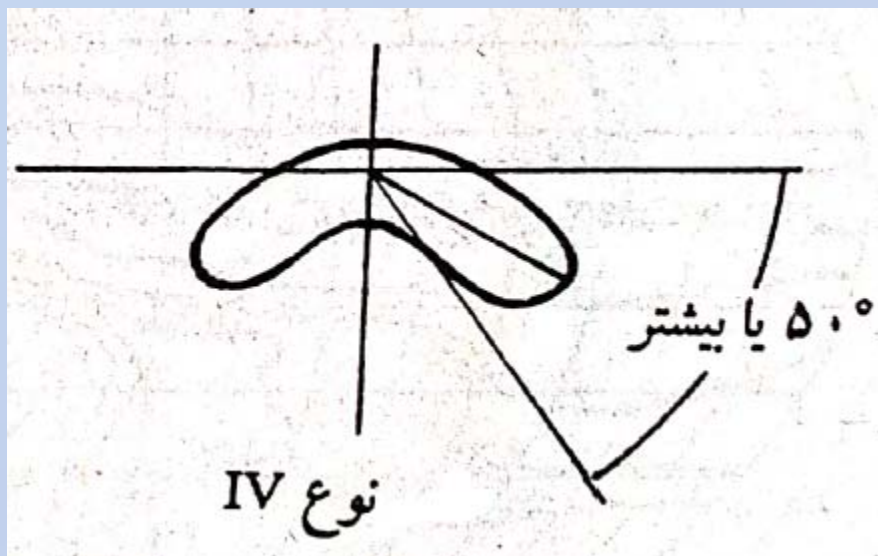


➤ محاسبات روشنایی:

نوع ۳) پخش غیرمتقارن با عرض متوسط
در خیابانها با عرض متوسط و زیاد مورد استفاده قرار می گیرد.

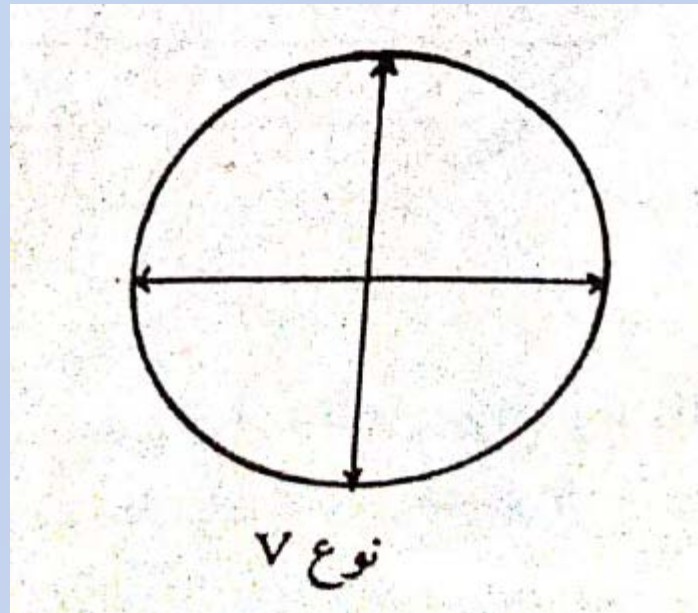


نوع ۴) پخش غیرمتقارن پهن
برای نصب در خیابانهای عریض مناسب است.



➤ محاسبات روشنایی:

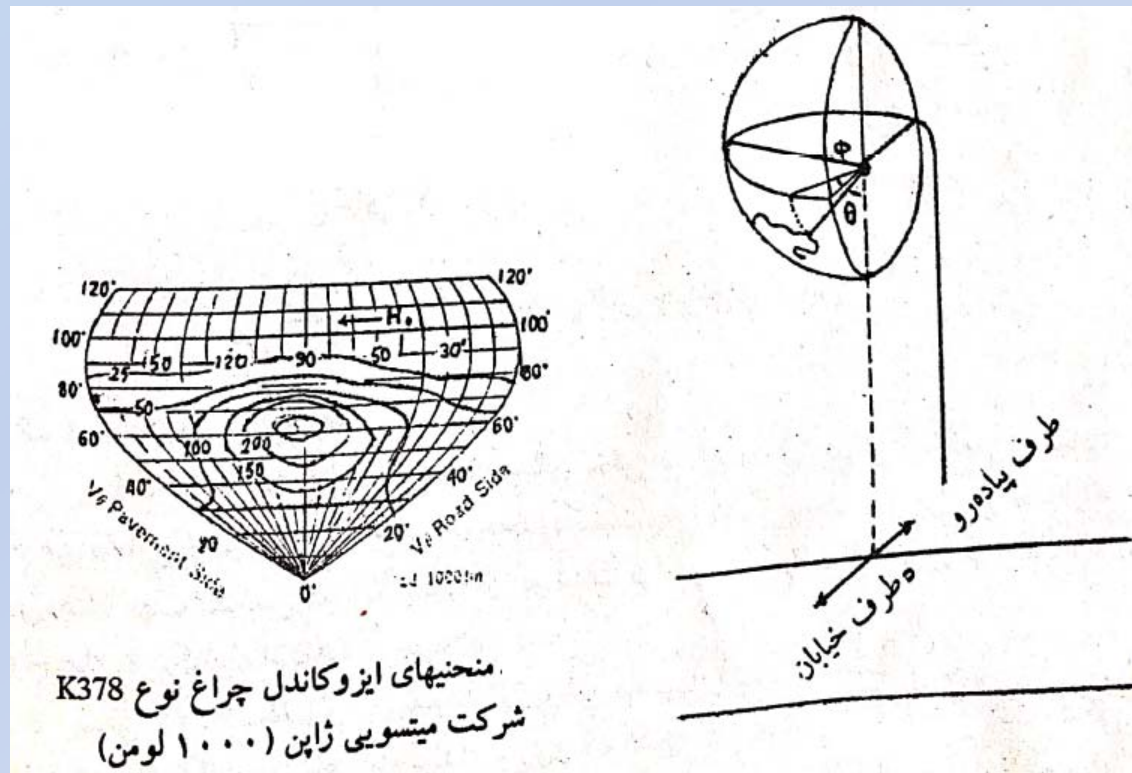
نوع ۵) پخش متقارن
برای نصب در چهارراه‌ها مناسب است.



➤ محاسبات روشنایی:

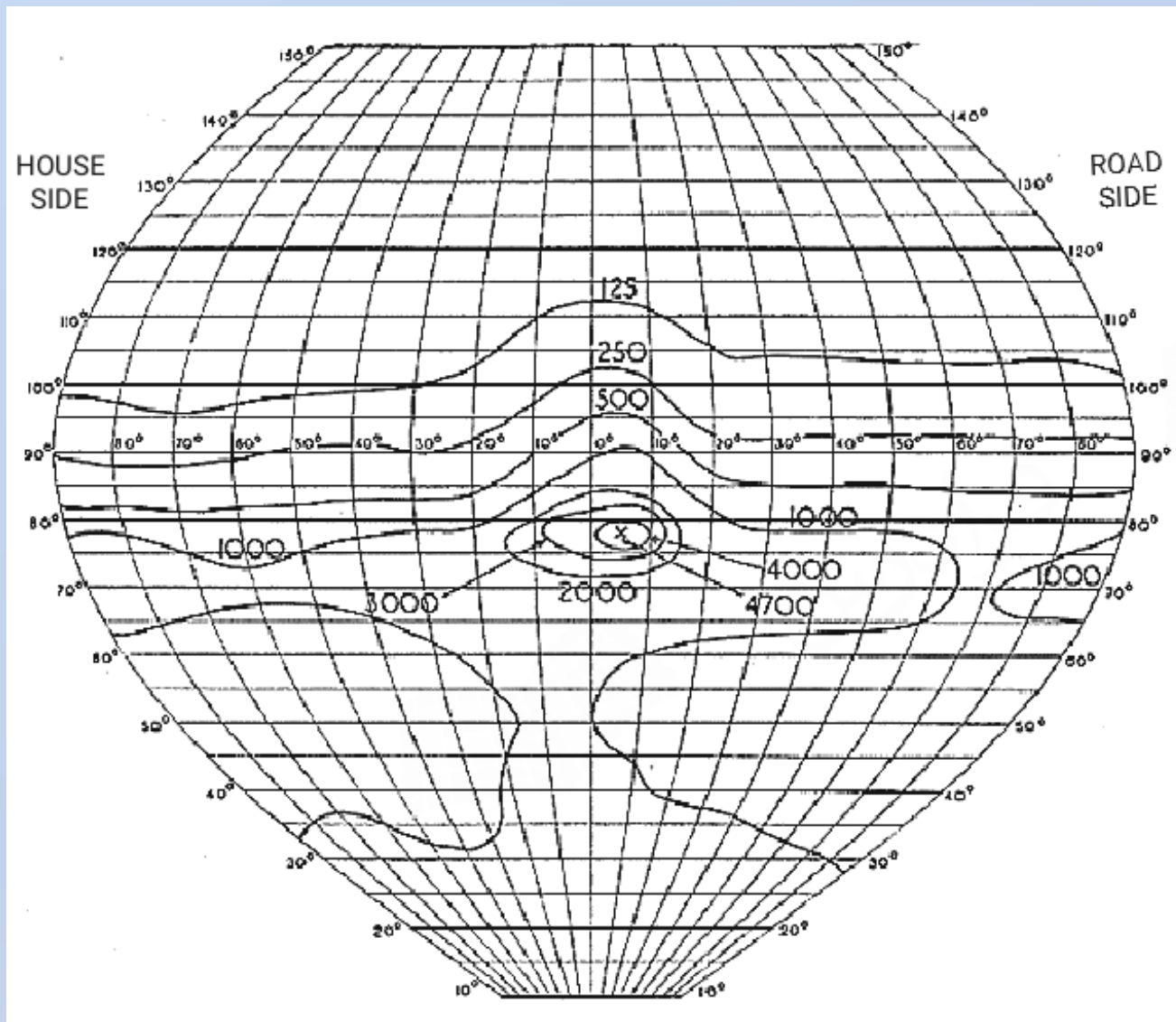
منحنی ایزوکاندل:

از آنجایی که منحنیهای پخش افقی و عمودی نور برای جهات خاص فضایی ترسیم می‌شوند یک دید محدود نسبت به چگونگی پخش نور چراغ در فضا ارائه می‌دهند. جهت مشخص نمودن کیفیت توزیع شدت نور در تمام جهات فضایی $I(\theta, \Phi)$ از منحنیهای ایزوکاندل استفاده می‌شود. این منحنی مکان هندسی جهاتی از فضا است که دارای شدت نور یکسان می‌باشند. نموداری که منحنیهای ایزوکاندل بر روی آن کشیده می‌شوند در حقیقت سطح نیمکره شکلی است که چراغ در مرکز آن قرار دارد. علت استفاده از نیمکره به جای کره این است که پخش نور چراغ نسبت به صفحه عمودی که از چراغ و پایه آن می‌گذرد تقارن کامل دارد. معمولاً این منحنی برای شار نوری ۱۰۰۰ یا ۱۰۰۰۰ لومن رسم می‌شود. محور عمودی مقادیر θ و محور افقی مقادیر Φ را مشخص می‌سازد.



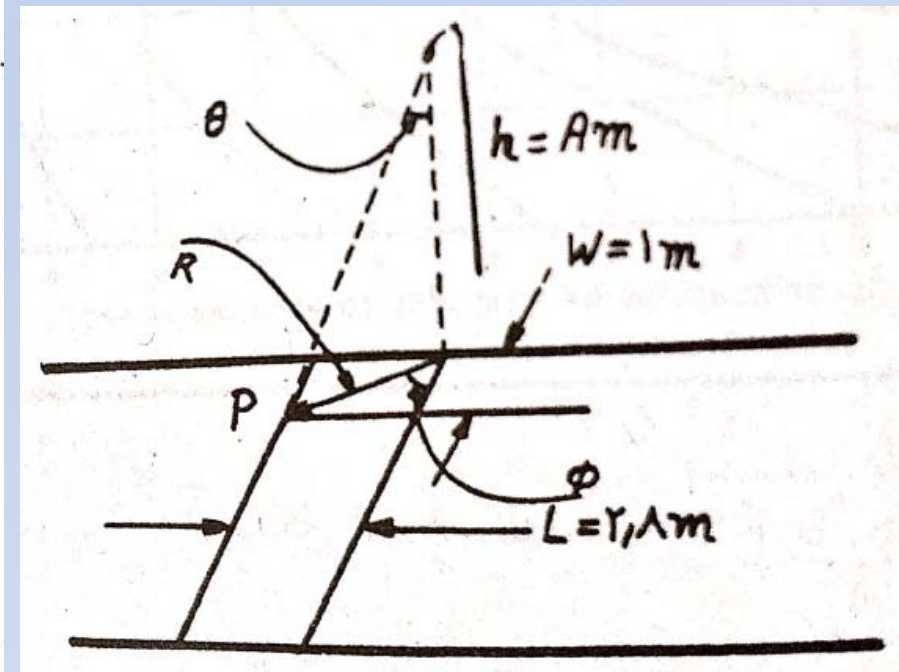
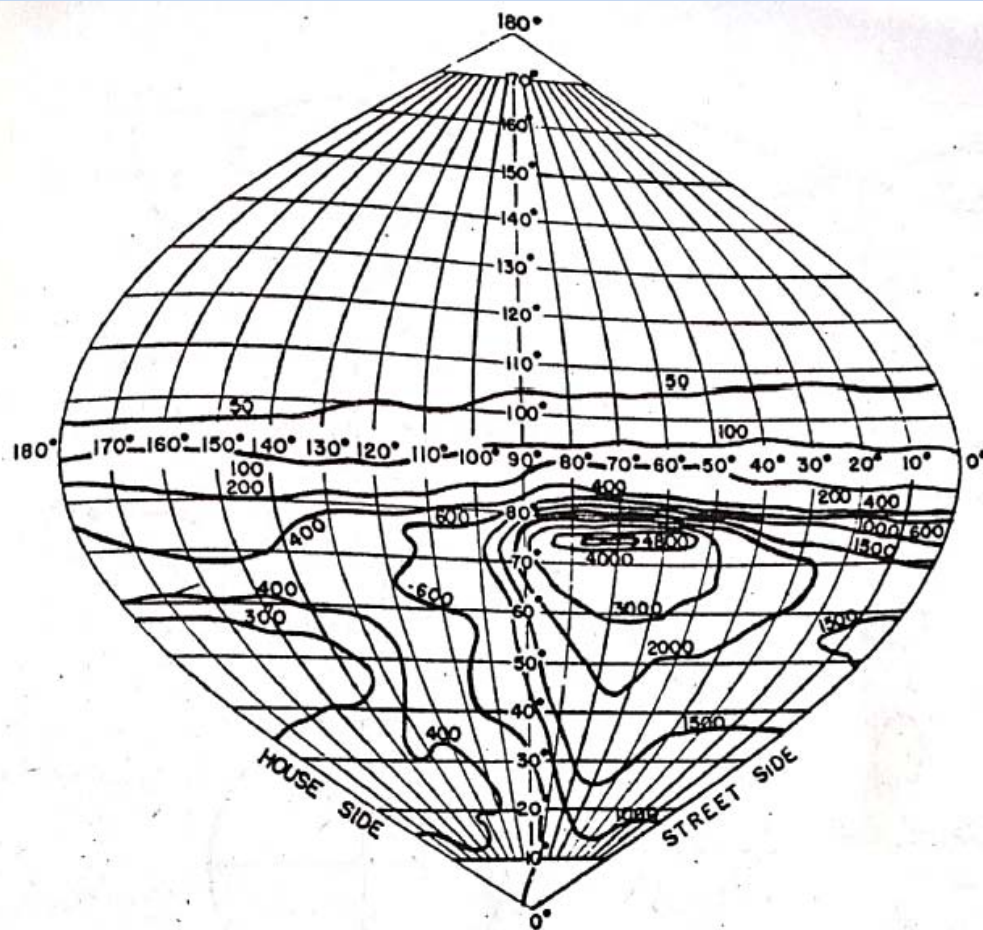
➤ محاسبات روشنایی:

نمونه ای از یک منحنی ایزوکندل:



➤ محاسبات روشنایی:

مثال) جهت تأمین روشنایی خیابانی از چراغ نوع ۳ با پخش عمودی متوسط، که منحنی ایزوکندل آن مانند شکل زیر است، استفاده شده است. مطلوب است شدت روشنایی حاصل از یک چراغ در نقطه P روی سطح خیابان. شار نوری لامپ مورد استفاده ۱۳۵۰۰ لومن می باشد.



منحنیهای ایزوکاندل چراغ نوع III با پخش عمودی متوسط برای لامپ رشته دار (۱۰۰۰۰ لومن)

➤ محاسبات روشنایی:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{L}{W} = \tan^{-1} \frac{2.8}{1} = 70.35^\circ$$

$$R = \sqrt{L^2 + W^2} = \sqrt{2.8^2 + 1^2} = 2.97 \text{ m}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{R}{h} = \tan^{-1} \frac{2.97}{8} = 20.36^\circ$$

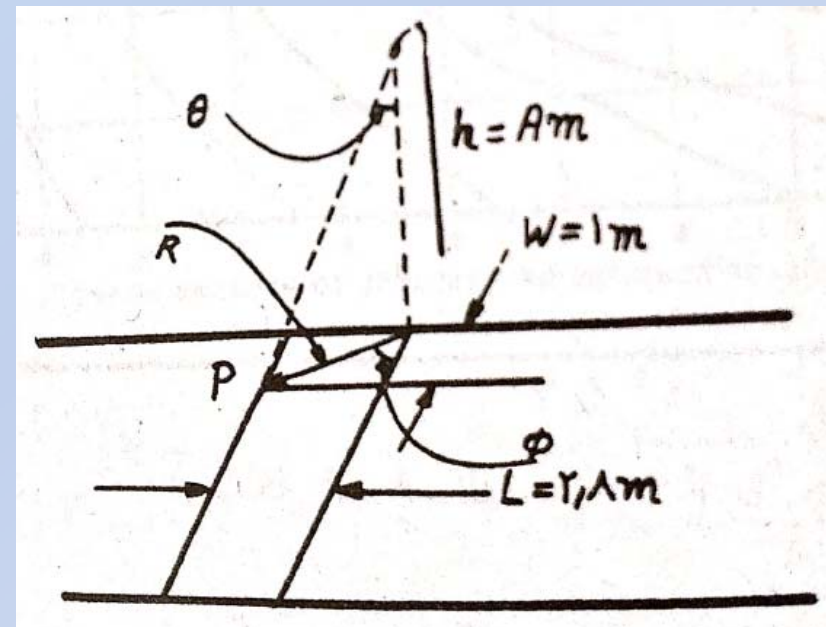
از روی منحنی ایزوکنندل برای ۱۰۰۰ لومن داریم:

$$I' = 1000 \text{ cd}$$

$$I = 1000 \times \frac{13500}{1000} = 1350 \text{ cd}$$

برای چراغ با لامپ ۱۳۵۰۰ لومن خواهیم داشت:

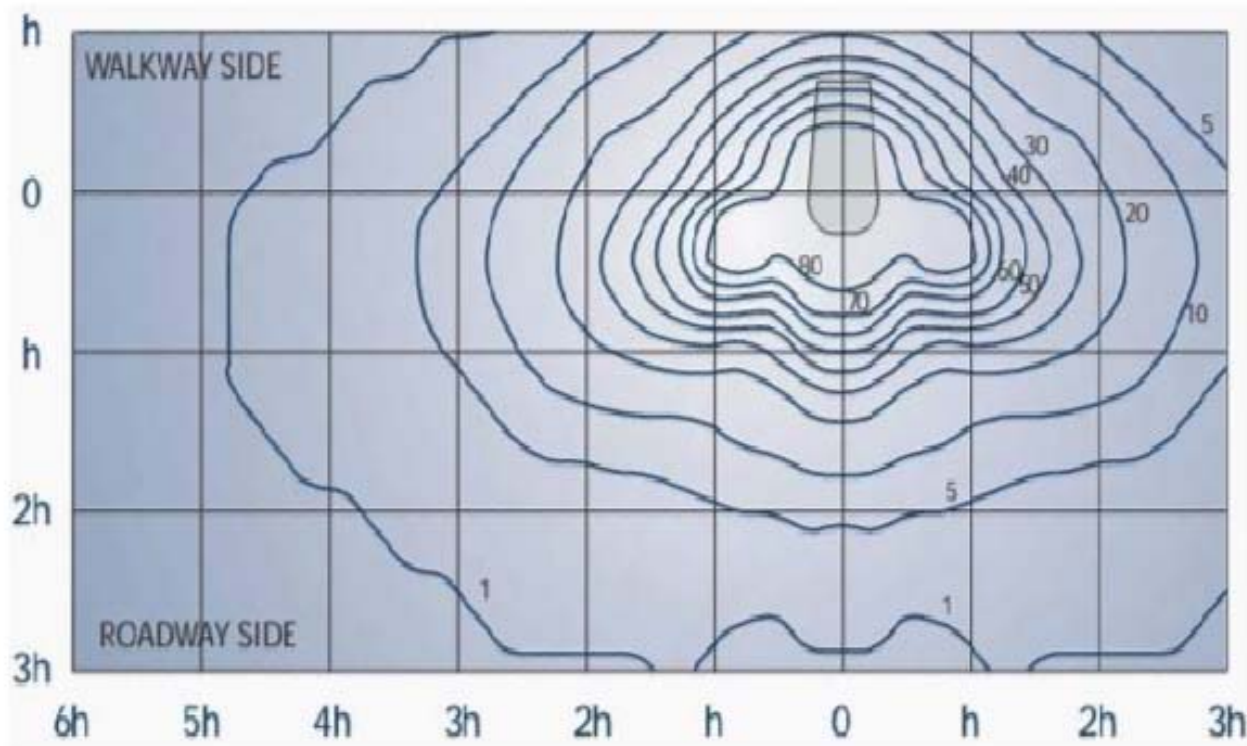
$$E = \frac{I}{h^2} \cdot \cos^3 \theta = \frac{1350}{8^2} \cdot (0.937)^3 = 17.38 \text{ lx}$$



➤ محاسبات روشنایی:

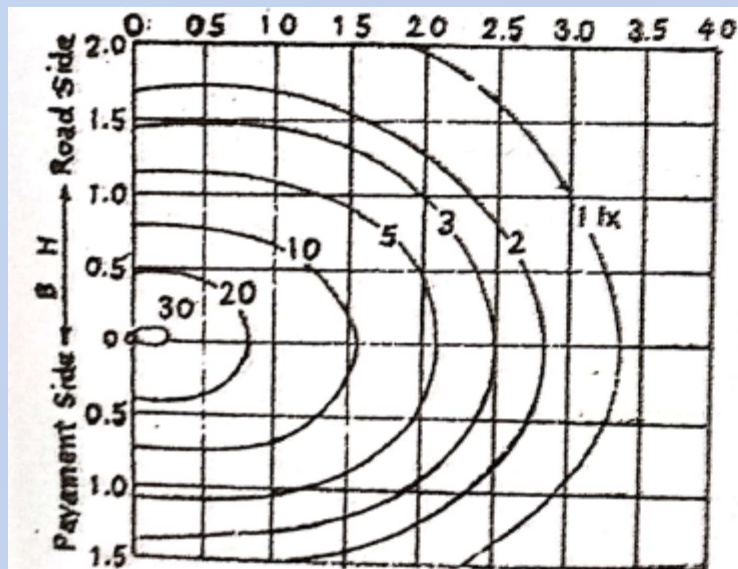
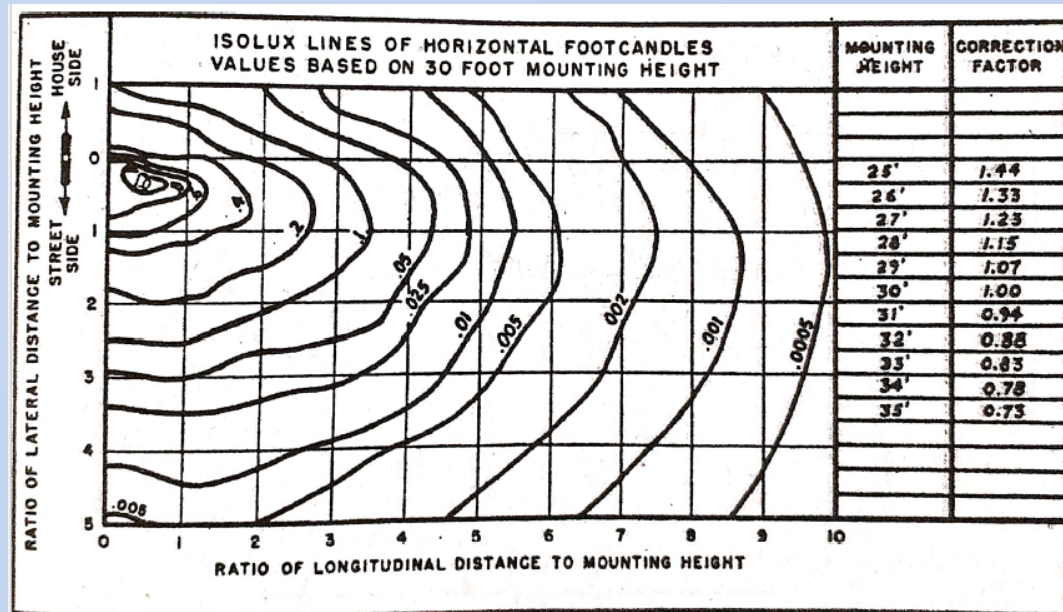
منحنی ایزولوکس:

این منحنی‌ها چگونگی توزیع شدت روشنایی اولیه (E_{new}) حاصل از چراغ بر سطح خیابان را مشخص می‌کنند. این منحنیها مکان هندسی نقاطی در سطح خیابان هستند که دارای شدت روشنایی یکسان می‌باشند. مقادیر شدت روشنایی یا به صورت مقادیر واقعی برای شار نوری مشخص و یا به صورت نرمالیزه (تمام مقادیر بر شدت روشنایی ماکزیمم تقسیم می‌شوند) روی منحنیها نوشته می‌شوند. محور افقی این نمودار نسبت L/h یا L و محور عمودی نسبت W/h یا W می‌باشد و فرض می‌شود که سایه چراغ بر سطح خیابان در مبداء این منحنی قرار دارد. لازم به توضیح می‌باشد که معمولاً این نمودار در ارتفاع دکل ۱۰ متر رسم می‌شود.



➤ محاسبات روشنایی:

دو نمونه منحنی ایزولوکس با مقادیر شدت روشنایی واقعی و مقادیر شدت روشنایی نرمالیزه:



Conversion Factor (CF)
Changes in Mounting
Height.

6m = 2.78

8m = 1.56

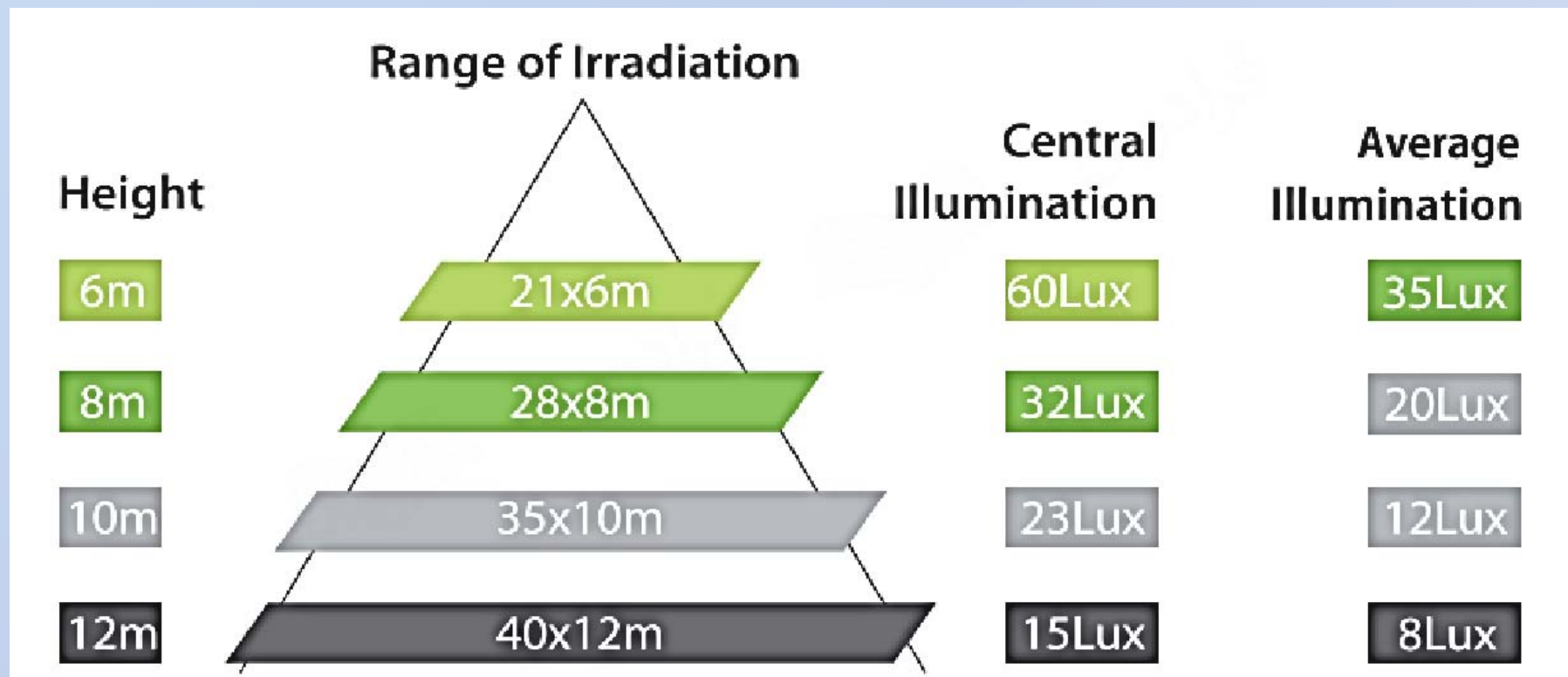
10m = 1.00

12m = 0.70

• B/H Ratio between
horizontal distance
(B) and mounting
height (H).
• Figures on the curves
show the initial
illumination

➤ محاسبات روشنایی:

در بعضی از کاتالوگها از دیاگرام زیر به جای منحنی ایزولوکس استفاده می شود. اگر چراغی را در رأس هرم تصور کنیم برای دکلهای مختلف با ارتفاعهای داده شده می توان سطوح مختلفی را مطابق با ابعاد نوشته شده بر روی هرم روشن نمود. ملاحظه می گردد که با افزایش ارتفاع دکل فضای تحت پوشش چراغ و یکنواختی نور افزایش می یابد اما در عوض میزان شدت روشنایی در زیر چراغ و میزان شدت روشنایی متوسط کاهش می یابد.



بَا فَشْكُرْ لِرِزْقِ جِهَنَّا