تأسیسات الکتریکی

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

هدف: آشنایی با مهندسی روشنایی و تأسیسات الکتریکی

مدرس: کاظم وارثی (kzm.varesi@gmail.com)

هم‌نیاز: -

- روشنایی: تعریف و ماهیت نور، اشعه مادون قرمز و ماوراء بنفش، کمیت‌های نورسنجی، استانداردهای روشنایی، محاسبات روشنایی داخلی و خارجی.
- ساختمان و راه‌اندازی لامپ‌ها: رشته‌ای، فلورسنت، جیوه‌ای، سدیم، کم‌مصرف.
- ایمنی و حفاظت در تأسیسات الکتریکی.
- محاسبات سطح مقطع سیم و کابل و سیم‌کشی هوایی.
- فیوز و محاسبات آن.
- طراحی تابلو.
- برآورد بار و تقاضا برای بارهای صنعتی و تجاری.
- زمین کردن (الکتریکی و حفاظتی)، اندازه‌گیری مقاومت زمین، رله‌های زمین و سایر ادوات و رله‌های مرتبط.
- انواع سیستم‌های توزیع برق.
- سیستم‌های اضطراری.
- آشنایی با آسانسور و پله‌های برقی
- تصحیح ضریب قدرت در کارخانجات.
- سیستم‌های هشدار دهنده.
- سیستم‌های جریان ضعیف شامل آنتن و سیستم تلفن.
- آشنایی با نرم‌افزارهای مربوطه.
- پروژه

تأسیسات الکتریکی

❑ مراجع

[۱] مهندسی تأسیسات الکتریکی، دکتر حسن کلهر، شرکت سهامی انتشار، چاپ بیست و چهارم، ۱۳۹۵.
[۲] مهندسی روشنایی، دکتر حسن کلهر، شرکت سهامی انتشار، چاپ بیست و هشتم، ۱۳۹۵.
[۳] لامپ‌ها و محاسبات روشنایی فنی، محمدمهدی موحدی، چاپ چهارم، ۱۳۷۵.
[۴] روشنایی فنی (شاخهٔ: کاردانش، گروه تحصیلی: برق، زیرگروه: الکتروتکنیک، رشته‌های مهارتی: برق ساختمان)، محمدحسن اسلامی، شهرام خدادادی و علیرضا حجرگشت، ناشر: شرکت چاپ ونشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ سوم، ۱۳۹۴.

[5] Mechanical and Electrical Equipment for Buildings [12th Edition], by: Walter T. Grondzik & Alison G. Kwok. Wiley, 2014.
[6] Electrical Installations Hand Book, Siemens I, II, III.
[7] The Lighting Handbook, Zumtobel Lighting GmbH, 5th edition, revised and updated: July 2017.

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ مقدمه

با استفاده از روش نقطه به نقطه می‌توان شدت روشنایی در هر نقطه دلخواه را که از یک یا چند چراغ نتیجه می‌شود به‌دست آورد. این روش برای محاسبات روشنایی خارجی در محیطهایی که سطوح منعکس‌کننده ندارند مناسب است و جوابهای دقیقی به‌دست می‌دهد. در انجام محاسبات روشنایی داخلی با این روش لازم است اثر سطوح منعکس‌کننده مثل دیوارها و سقف را به طریق دیگری محاسبه کرد و به جواب اضافه کرد. برای سادگی کار، گاهی از بعضی انعکاسهای موجود صرفنظر می‌شود و در نتیجه جوابهای به‌دست آمده از جوابهای واقعی کوچکتر می‌شوند.

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از منابع نقطه‌ای

اگر اندازه فیزیکی منابع نوری از فاصله بین منبع و نقطه تحت محاسبه خیلی کوچک باشد، منبع نقطه‌ای نامیده می‌شود. منبع نقطه‌ای A را درنظر بگیرید که شدت نوری به‌صورت $I(\theta)$ دارد. شدت روشنایی در نقطه P در روی صفحه عمود بر شعاع AP برابر است با :

$$E = \frac{I(\theta)}{r^2}$$

شدت روشنایی روی صفحه افقی E_h در نقطه P برابر حاصلضرب مقدار بالا در $\cos\theta$ است

$$E_h = \frac{I(\theta)}{r^2}\cos(\theta) = \frac{I(\theta)}{h^2}\cos^3(\theta)$$

به همین ترتیب شدت روشنایی روی صفحه عمودی E_v در نقطه P برابر است

$$E_v = \frac{I(\theta)}{r^2}\sin\theta = \frac{I(\theta)}{h^2}\cos^2\theta\sin\theta$$

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

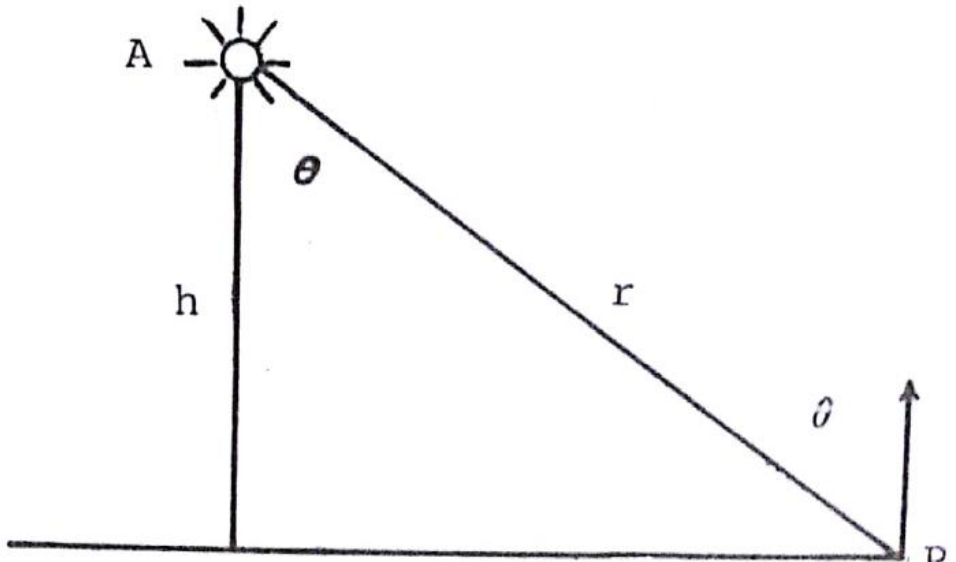
❖ شدت روشنایی ناشی از منابع نقطه‌ای

روشن است که برای انجام محاسبات منحنی پخش نور $I(\theta)$ لازم است. در صورتی که منحنی پخش متقارن نباشد باید منحنیهای متعددی داده شود تا اطلاع کافی موجود باشد.

$$E = \frac{I(\theta)}{r^2}$$

$$E_h = \frac{I(\theta)}{r^2}\cos(\theta) = \frac{I(\theta)}{h^2}\cos^3(\theta)$$

$$E_v = \frac{I(\theta)}{r^2}\sin\theta = \frac{I(\theta)}{h^2}\cos^2\theta\sin\theta$$



شکل ۴ ـ ۱ : روشنایی از منبع نقطه‌ای

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از منابع نقطه‌ای

مثال ۴ ـ ۱

چهار لامپ در ارتفاع ۸ متری زمین در چهار گوشه یک سطح مربع به ضلع ۴ متر قرار دارند. هر لامپ دارای شدت نور ۲۵۰ کاندیلا در نیم فضای پایین و صفر در نیم فضای بالاست.

الف ـ شدت روشنایی زیر یک چراغ و در وسط مربع را روی سطح زمین محاسبه و مقایسه کنید.

الف : زیر یک چراغ داریم:

$$E_h = \frac{250}{(8)^2} \times 1 + 2 \times \frac{250}{8^2 + 4^2} \times \frac{8}{\sqrt{8^2 + 4^2}} + \frac{250}{8^2 + 4^2 + 4^2} \times \frac{8}{\sqrt{8^2 + 4^2 + 4^2}}$$

$$= 11.62 \quad \text{لوکس}$$

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از منابع نقطه‌ای

مثال ۴ ـ ۱

چهار لامپ در ارتفاع ۸ متری زمین در چهار گوشه یک سطح مربع به ضلع ۴ متر قرار دارند. هر لامپ دارای شدت نور ۲۵۰ کاندیلا در نیم فضای پایین و صفر در نیم فضای بالاست.

الف ـ شدت روشنایی زیر یک چراغ و در وسط مربع را روی سطح زمین محاسبه و مقایسه کنید.

در وسط اتاق با استفاده از (۴ ـ ۲) داریم:

$$E_h = 4 \times \frac{250}{8^2 + 2^2 + 2^2} \times \frac{8}{\sqrt{8^2 + 2^2 + 2^2}} = 13.09 \quad \text{لوکس}$$

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از منابع نقطه‌ای

مثال ۴ ـ ۱

چهار لامپ در ارتفاع ۸ متری زمین در چهارگوشه یک سطح مربع به ضلع ۴ متر قرار دارند. هر لامپ دارای شدت نور ۲۵۰ کاندیلا در نیم فضای پایین و صفر در نیم فضای بالاست.

ب ـ اگر این محوطه را به‌صورت اتاقی با سقف و دیوارهای منعکس‌کننده کامل درآوریم شدت روشنایی متوسط کف اتاق چقدر خواهد شد؟

ب: اگر سقف و دیوارها منعکس‌کننده کامل باشند همه نور بالاخره به کف اتاق می‌رسد، لذا شدت روشنایی متوسط با خارج قسمت کل شار نوری بر سطح برابر می‌شود.

$$E = \frac{4\times\phi}{A} = \frac{4\times I\times\Omega}{A} \longrightarrow E_h = \frac{4\times(250\times 2\pi)}{4\times 4} = 392.70 \quad \text{لوکس}$$

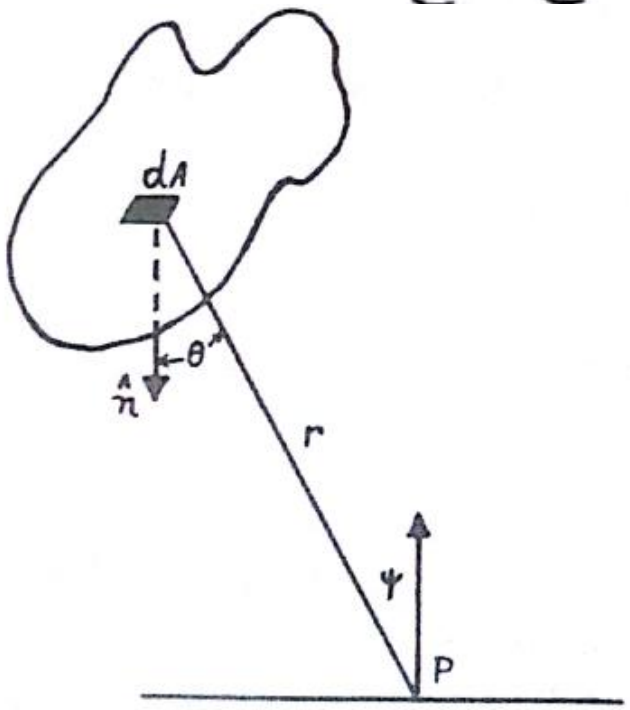
از این مثال به‌خوبی به سختی روشن کردن فضاهای باز نسبت به محیطهای بسته پی می‌برید.

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از منابع گسترده

برای محاسبه شدت روشنایی ناشی از یک منبع گسترده مطابق شکل ۴ ـ ۲ هر نقطه از آن را به‌عنوان یک منبع نقطه‌ای درنظر می‌گیریم و نتیجه را روی سطح منبع درخشنده انتگرال می‌گیریم.



شکل ۴ ـ ۲ : شدت روشنایی ناشی از منبع گسترده

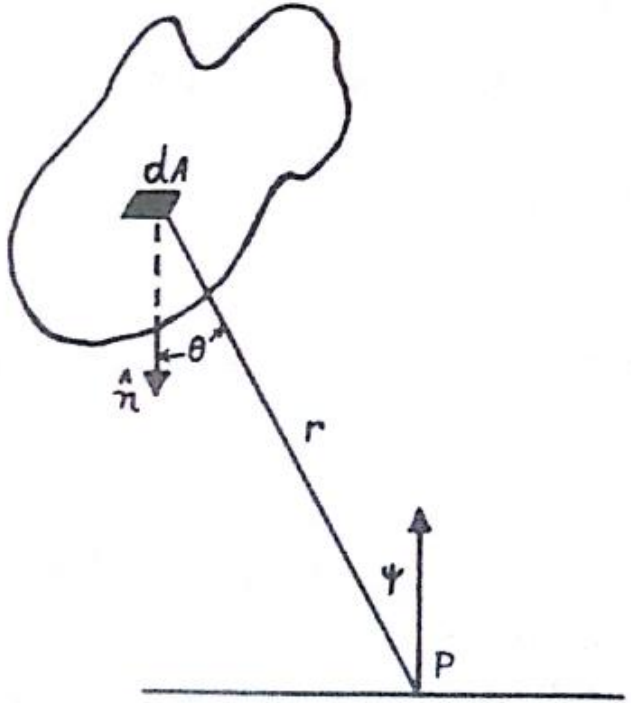
روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از منابع گسترده

اگر درخشندگی منبع گسترده را برابر L کاندیلا بر مترمربع سطح درنظر بگیریم، شدت نور ناشی از ذره نشان داده شده به سطح dA در جهت عمود بر این سطح dI_0 مطابق (۲ ـ ۱۳) برابر است با :

$$L = \frac{dI_0}{dA} \Rightarrow dI_0 = LdA$$



شکل ۴ ـ ۲ : شدت روشنایی ناشی از منبع گسترده

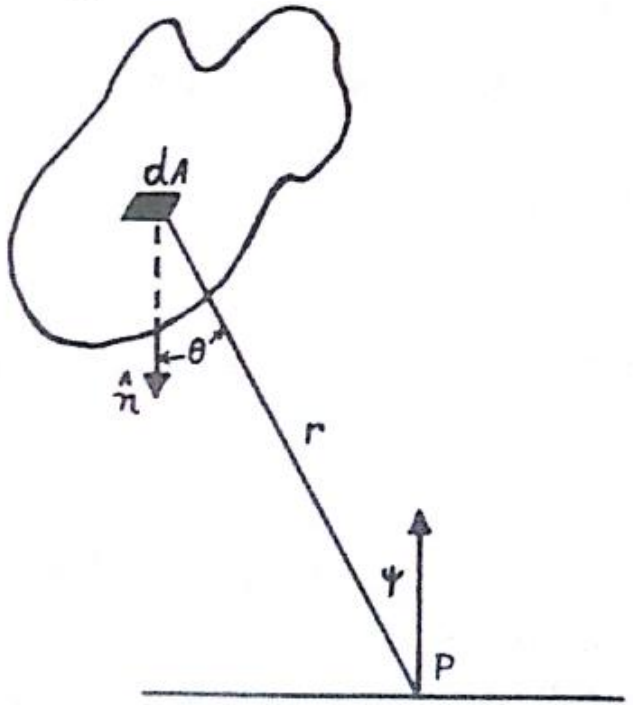
روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از منابع گسترده

غالب منابع درخشنده گسترده به‌علت داشتن سطوح ناصاف نسبت به طول موج امواج مرئی، مطابق قانون لامبرت با تغییرات کسینوسی تشعشع می‌کنند و لذا در هر زاویه

$$dI(\theta) = dI_0 Cos\theta = LdA\ Cos\theta$$



شکل ۴ ـ ۲ : شدت روشنایی ناشی از منبع گسترده

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از منابع گسترده

بنابراین شدت روشنایی ناشی از ذره dA در نقطه P روی صفحه افق برابر است با :

$$dE_h = \frac{dI(\theta)}{r^2} Cos\psi = \frac{LdACos\theta\ Cos\psi}{r^2}$$

در نتیجه شدت روشنایی در نقطه P روی صفحه افق برابر است با :

$$E_h = \int_{\text{سطح منبع گسترده}} \frac{LCos\theta\ Cos\psi}{r^2} dA \qquad (۴-۴)$$

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از منابع گسترده

به همین ترتیب شدت روشنایی در نقطه روی صفحه عمود برابر است با :

$$E_v = \int_{\text{سطح منبع گسترده}} \frac{L\cos\theta\sin\psi}{r^2}\, dA \qquad (۵-۴)$$

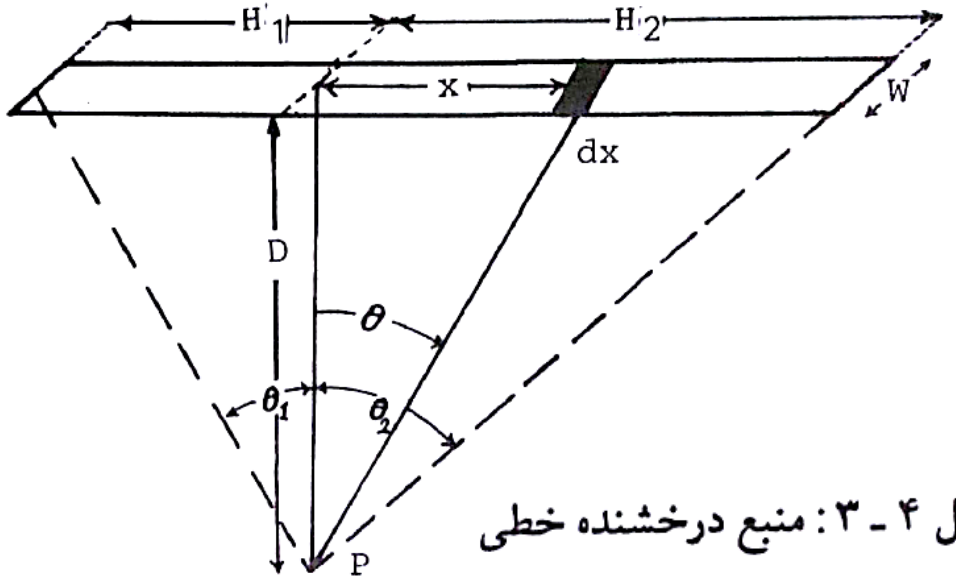
در مواردی که انتگرالهای بالا به سهولت قابل محاسبه نیست، می توان با استفاده از کامپیوتر شدت روشنایی را در هر نقطه محاسبه نمود.

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

در لامپهای فلورسنت نسبت طول لامپها به قطر آنها خیلی بزرگ است و می‌توان آنها را به‌صورت منابع خطی درنظر گرفت. با توجه به استفاده افزاینده از لامپهای فلورسنت در سیستمهای روشنایی اهمیت تحلیل منابع خطی روشن است. یک منبع خطی را مطابق شکل ۴ ـ ۳ درنظر بگیرید که دارای درخشندگی ثابت L کاندیلا بر مترمربع است و دارای عرض W متر و طول H متر است.



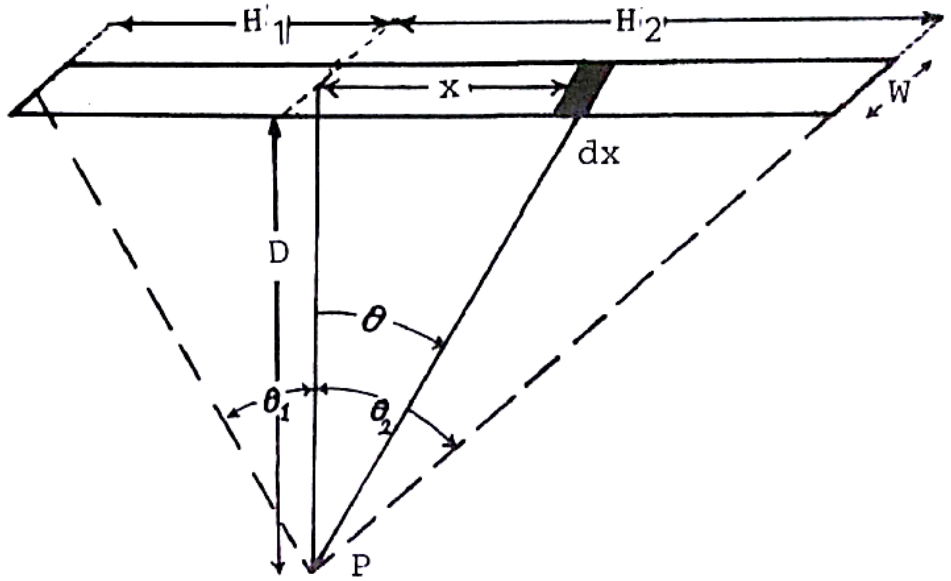
شکل ۴ ـ ۳ : منبع درخشنده خطی

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

هدف، محاسبه شدت روشنایی در نقطه P مستقیماً زیر نقطه‌ای از لامپ به فواصل H_1 و H_2 از دو انتهای لامپ است. فاصله عمودی P از لامپ D فرض شده است.



شکل ۴ ـ ۳ : منبع درخشنده خطی

روشنایی

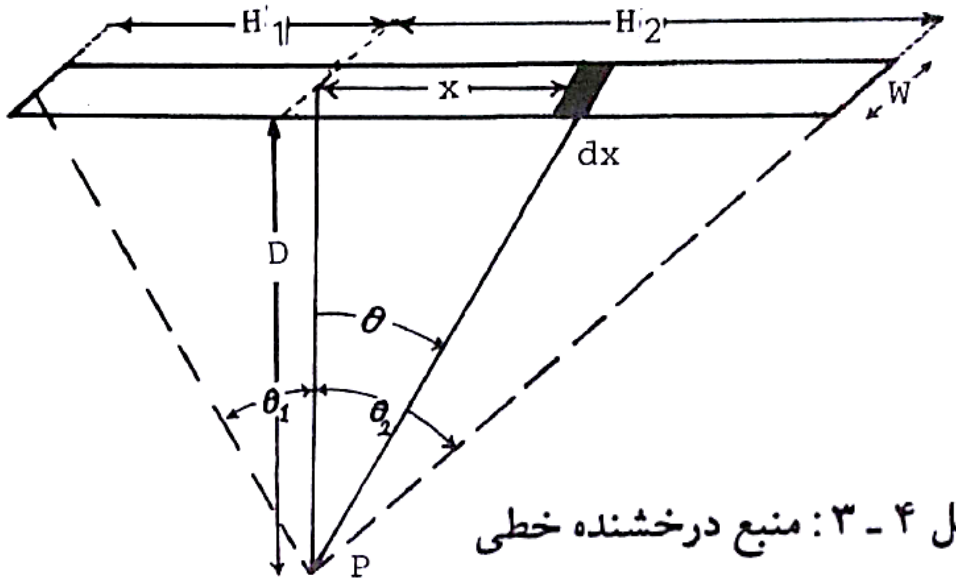
✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

۴-۳-۱- شدت روشنایی در نقطه P روی سطح افقی

با استفاده از (۴-۴) چون ψ با θ برابر است برای ذره به ابعاد W و dx در فاصله x چنین داریم:

$$E_h = \int_{\text{سطح منبع گسترده}} \frac{L\cos\theta\,\cos\psi}{r^2}\,dA \longrightarrow dE_h = \frac{L\cos\theta\,\cos\theta\,W dx}{r^2}$$



شکل ۴-۳: منبع درخشنده خطی

$$\frac{x}{D} = \tan\theta \longrightarrow dx = \frac{D d\theta}{\cos^2\theta}$$

$$r^2 = x^2 + D^2 = D^2(\tan^2\theta + 1) = \frac{D^2}{\cos^2\theta}$$

$$dE_h = \frac{LW}{D}\cos^2\theta\,d\theta$$

روشنایی

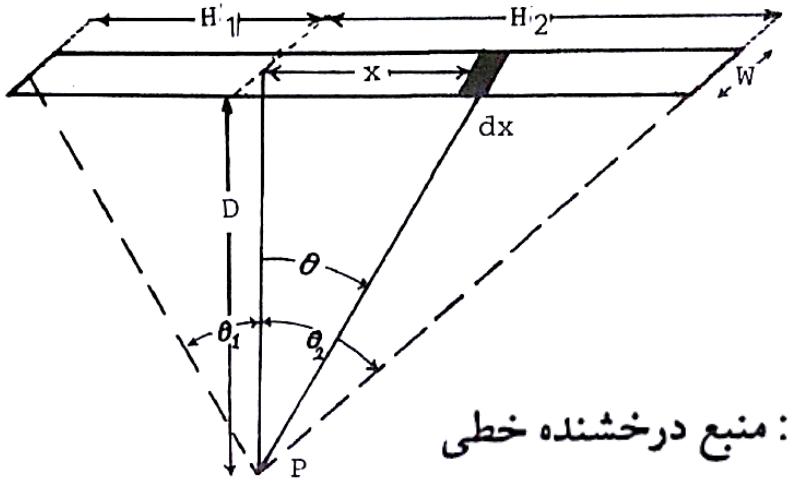
✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

برای محاسبه E_h این رابطه را نسبت به θ بین θ_2 و $-\theta_1$ انتگرال می‌گیریم.

$$E_h = \frac{LW}{D}\int_{-\theta_1}^{\theta_2} \mathrm{Cos}^2\theta \, d\theta = \frac{LW}{2D}\int_{-\theta_1}^{\theta_2} (1 + \mathrm{Cos}2\theta)d\theta$$

$$E_h = \frac{LW}{2D}\left[\theta_2 + \frac{\mathrm{Sin}2\theta_2}{2} + \theta_1 + \frac{\mathrm{Sin}2\theta_1}{2}\right] \qquad (۶-۴)$$



شکل ۴ ـ ۳ : منبع درخشنده خطی

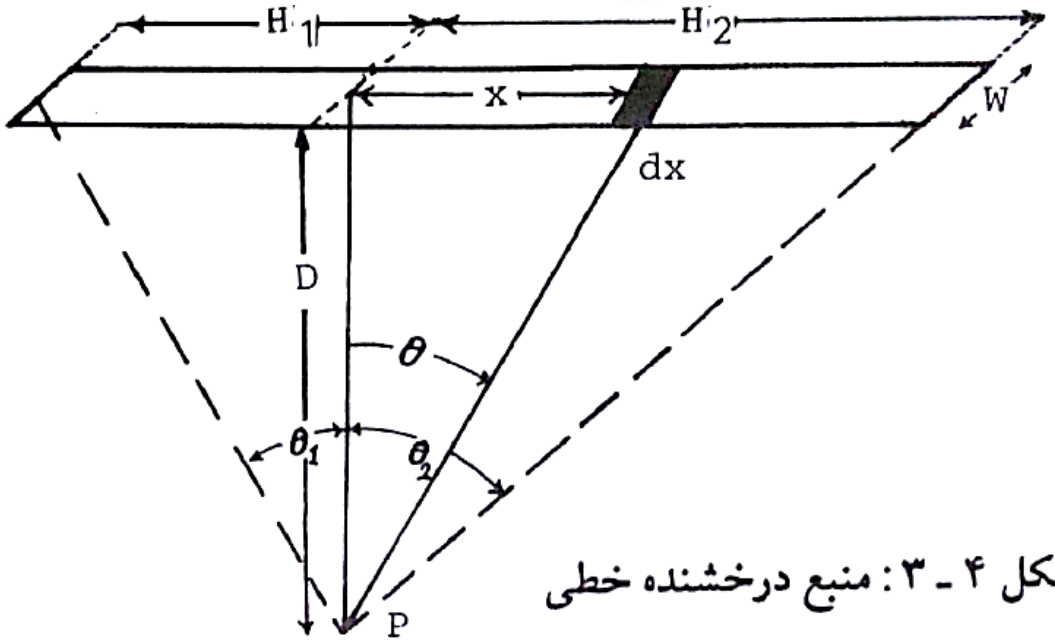
روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

یا با توجه به $\mathrm{Sin}2\theta = 2\mathrm{Sin}\theta\ \mathrm{Cos}\theta$ چنین می‌نویسیم:

$$E_h = \frac{LW}{2D}\left[\tan^{-1}\frac{H_2}{D} + \frac{H_2 D}{H_2^2 + D^2} + \tan^{-1}\frac{H_1}{D} + \frac{H_1 D}{H_1^2 + D^2}\right] \quad (۷-۴)$$



شکل ۴ ـ ۳ : منبع درخشنده خطی

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

حال به بررسی دو حالت خاص می‌پردازیم. اگر H_2 و H_1 را خیلی کوچک اختیار کنیم منبع گسترده به منبع نقطه‌ای با $I_0 = LW\Delta H$ تبدیل می‌شود که بالای نقطه P واقع است و در نقطه P روی صفحه افق روشنایی برابر $\frac{LW\Delta H}{D^2}$ تولید می‌کند. ملاحظه می‌کنید که رابطه (۴ - ۷) هم در این حالت همین جواب را به‌دست می‌دهد.

$$E_h = \frac{LW}{2D}\left[\tan^{-1}\frac{H_2}{D} + \frac{H_2 D}{H_2^2 + D^2} + \tan^{-1}\frac{H_1}{D} + \frac{H_1 D}{H_1^2 + D^2}\right] \quad (۴-۷)$$

$$L = \frac{I}{S} = \frac{I}{W \times \underbrace{(H_1 + H_2)}_{\Delta H}}$$

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

در حالت خاص دیگر که H_1 و H_2 خیلی بزرگ انتخاب شوند، رابطه (۴ ـ ۷) به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$E_h = \frac{\pi LW}{2D} \qquad (۴ ـ ۸)$$

که نشان می‌دهد برای منابع خطی برخلاف منابع نقطه‌ای شدت روشنایی با مجذور فاصله کاهش نمی‌یابد بلکه با معکوس فاصله تغییر می‌کند.

$$E_h = \frac{LW}{2D}\left[\tan^{-1}\frac{H_2}{D} + \frac{H_2 D}{H_2^2 + D^2} + \tan^{-1}\frac{H_1}{D} + \frac{H_1 D}{H_1^2 + D^2}\right] \qquad (۴ ـ ۷)$$

روشنایی

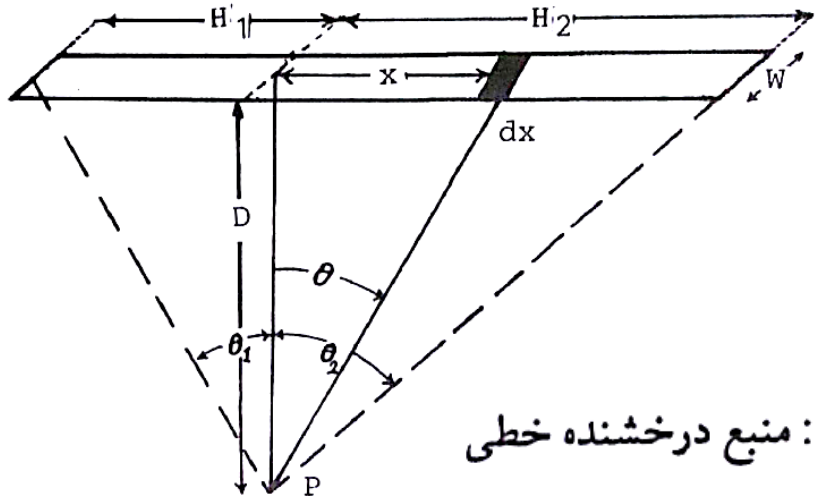
✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

یک لامپ فلورسنت به درخشندگی $E_h = \frac{\pi LW}{2D}$ ، L در همه جهات شدت روشنایی مطابق رابطه ایجاد می‌کند. بنابراین شار نوری از واحد طول لامپ فلورسنت چنین است:

$$\phi_1 = \frac{\pi LW}{2D} \times 2\pi D = \pi^2 LW \qquad (۹-۴)$$

این رابطه بسیار بااهمیت است چون ارتباط بین درخشندگی سطح و شار نوری خروجی از هر متر طول لامپ را به‌دست می‌دهد.



شکل ۴ ـ ۳ : منبع درخشنده خطی

روشنایی

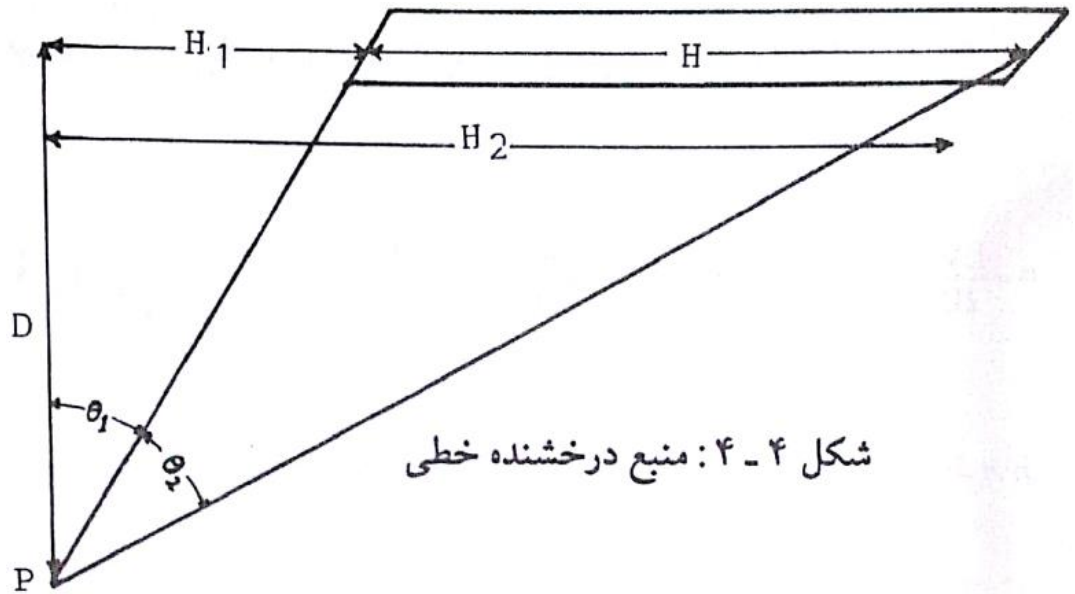
✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

اگر تصویر نقطه P مطابق شکل ۴ - ۴ خارج از لامپ قرار گیرد انتگرال را بین θ_2 و θ_1 محاسبه می‌کنیم و نتیجه چنین می‌شود:

$$E_h = \frac{LW}{2D}\left[\theta_2 + \frac{\sin 2\theta_2}{2} - \theta_1 - \frac{\sin 2\theta_1}{2}\right] \qquad (۴-۱۰)$$

و یا



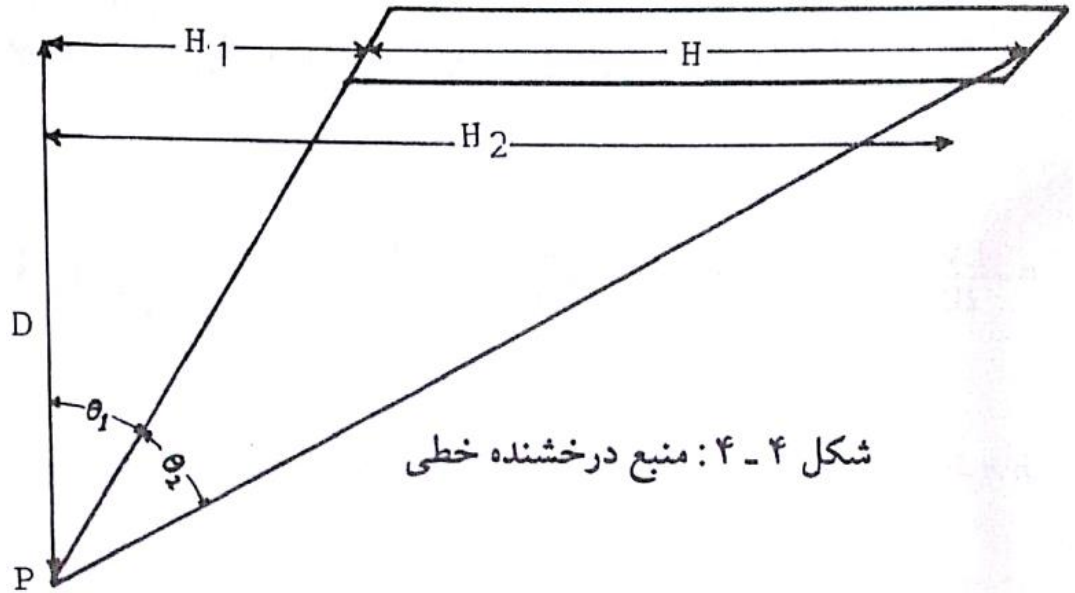
شکل ۴ - ۴ : منبع درخشنده خطی

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

$$E_h = \frac{LW}{2D}\left[\tan^{-1}\frac{H_2}{D} + \frac{H_2 D}{H_2^2 + D^2} - \tan^{-1}\frac{H_1}{D} - \frac{H_1 D}{H_1^2 + D^2}\right] \quad (۱۱-۴)$$



شکل ۴ـ۴ : منبع درخشنده خطی

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

۴ـ۳ـ۲ـشدت روشنایی در نقطه P روی سطح عمودی

با استفاده از (۴ ـ ۵) چون ψ و θ برابرند برای ذره به ابعاد W و dx در نقطه x (شکل ۴ ـ ۳) چنین داریم:

$$dE_v = \frac{L\cos\theta\,|\sin\theta|\,W dx}{r^2}$$

$$\frac{x}{D} = \tan\theta$$

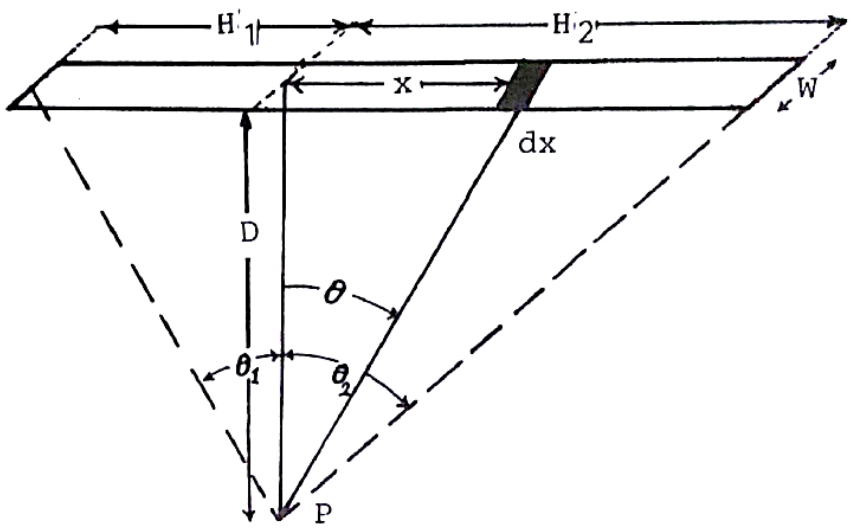
$$dx = \frac{D d\theta}{\cos^2\theta}$$

$$r = \frac{D}{\cos\theta}$$

$$dE_v = \frac{LW}{D}\cos\theta\,|\sin\theta|\,d\theta$$

چون

و



شکل ۴ ـ ۳ : منبع درخشنده خطی

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

برای محاسبه E_v رابطه بالا را انتگرال می‌گیریم

$$E_v = \int_{-\theta_1}^{\theta_2} \frac{LW}{D} \cos\theta \,|\sin\theta|\, d\theta = \frac{LW}{D} \int_0^{\theta_2} \cos\theta \sin\theta \, d\theta + \frac{LW}{D} \int_0^{\theta_1} \cos\theta \sin\theta \, d\theta$$

$$E_v = \frac{LW}{2D} (\sin^2\theta_2 + \sin^2\theta_1) = \frac{LW}{2D} \left(\frac{H_2^2}{H_2^2 + D^2} + \frac{H_1^2}{H_1^2 + D^2} \right) \qquad (۱۲-۴)$$

در صورتی که طول لامپ خیلی بزرگ انتخاب شود یعنی θ_2 و θ_1 هر دو برابر ۹۰ درجه شوند داریم

$$E_v = \frac{LW}{D}$$

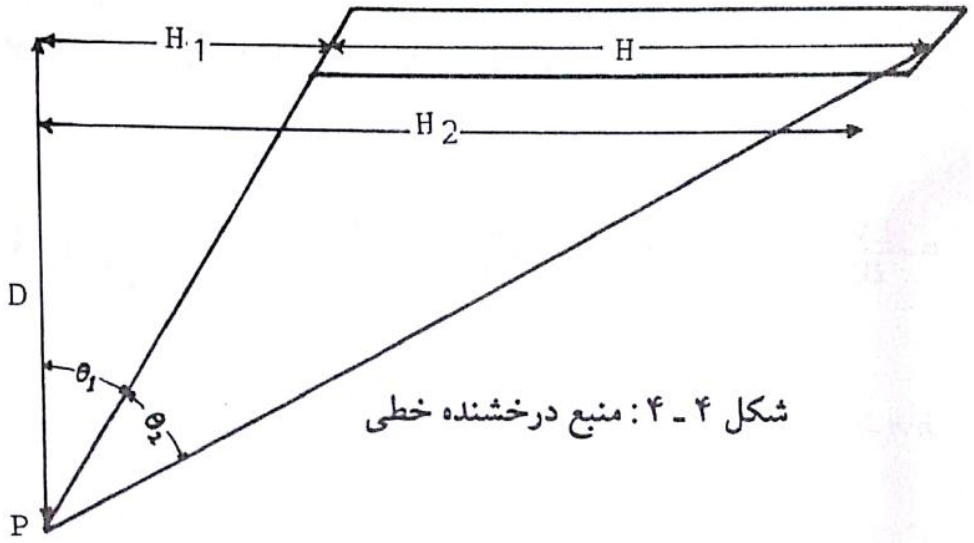
روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

اگر تصویر نقطه P مطابق شکل ۴ ـ ۴ خارج از لامپ قرار گیرد، انتگرال را بین θ_2 و θ_1 محاسبه می‌کنیم و نتیجه چنین می‌شود:

$$E_v = \frac{LW}{2D}(\sin^2\theta_2 - \sin^2\theta_1) = \frac{LW}{2D}\left(\frac{H_2^2}{H_2^2 + D^2} - \frac{H_1^2}{H_1^2 + D^2}\right) \quad (۱۳ ـ ۴)$$



شکل ۴ ـ ۴ : منبع درخشنده خطی

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

مثال ۴ـ۲

یک منبع خطی با درخشندگی یکسان ۵۴۵۰ کاندیلا بر مترمربع به عرض ۵/۱ سانتیمتر و به طول ۳ متر در ارتفاع ۱/۲ متر بالای میز کار نصب شده است. شدت روشنایی را روی سطح افقی روی میز کار در زیر نقاط زیر حساب کنید.

الف ـ در یک انتهای منبع

الف : با استفاده از معادله (۴ ـ ۷) و توجه به اینکه H_2 برابر ۳ و H_1 برابر صفر است:

$$E_h = \frac{LW}{2D}\left[\tan^{-1}\frac{H_2}{D} + \frac{H_2 D}{H_2^2 + D^2} + \tan^{-1}\frac{H_1}{D} + \frac{H_1 D}{H_1^2 + D^2}\right] \quad (۴ ـ ۷)$$

$$E_h = \frac{5450 \times 5.1 \times 10^{-2}}{2 \times 1.2}\left[\tan^{-1}\frac{3}{1.2} + \frac{3 \times 1.2}{3^2 + 1.2^2}\right] = 177.79 \quad \text{لوکس}$$

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

مثال ۴ـ۲

یک منبع خطی با درخشندگی یکسان ۵۴۵۰ کاندیلا بر مترمربع به عرض ۵/۱ سانتیمتر و به طول ۳ متر در ارتفاع ۱/۲ متر بالای میز کار نصب شده است. شدت روشنایی را روی سطح افقی روی میز کار در زیر نقاط زیر حساب کنید.

ب ـ در وسط منبع

ب: با استفاده از معادله (۴ـ۷) و توجه به اینکه $H_1 = H_2 = 1.5$

$$E_h = \frac{LW}{2D}\left[\tan^{-1}\frac{H_2}{D} + \frac{H_2 D}{H_2^2 + D^2} + \tan^{-1}\frac{H_1}{D} + \frac{H_1 D}{H_1^2 + D^2}\right] \quad (۴\text{ـ}۷)$$

$$E_h = \frac{5450 \times 5.1 \times 10^{-2}}{2 \times 1.2}\left[2 \times \tan^{-1}\frac{1.5}{1.2} + 2 \times \frac{1.5 \times 1.2}{1.5^2 + 1.2^2}\right] = 320.54 \text{ لوکس}$$

روشنایی

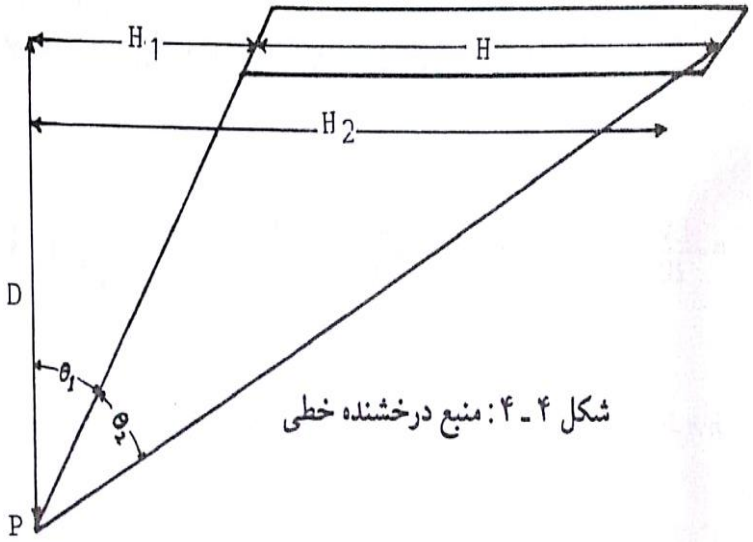
✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

مثال ۴ـ۲

یک منبع خطی با درخشندگی یکسان ۵۴۵۰ کاندیلا بر مترمربع به عرض ۵/۱ سانتیمتر و به طول ۳ متر در ارتفاع ۱/۲ متر بالای میز کار نصب شده است. شدت روشنایی را روی سطح افقی روی میز کار در زیر نقاط زیر حساب کنید.

پ ـ در فاصله ۱/۵ متری از یک انتهای منبع.



شکل ۴ـ۴: منبع درخشنده خطی

پ: با استفاده از معادله (۴ـ۱۱) و توجه به اینکه $H_2 = 4.5$ و $H_1 = 1.5$

$$E_h = \frac{LW}{2D}\left[\tan^{-1}\frac{H_2}{D} + \frac{H_2 D}{H_2^2 + D^2} - \tan^{-1}\frac{H_1}{D} - \frac{H_1 D}{H_1^2 + D^2}\right] \quad (۴ـ۱۱)$$

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

مثال ۴ـ۲

یک منبع خطی با درخشندگی یکسان ۵۴۵۰ کاندیلا بر مترمربع به عرض ۵/۱ سانتیمتر و به طول ۳ متر در ارتفاع ۱/۲ متر بالای میز کار نصب شده است. شدت روشنایی را روی سطح افقی روی میز کار در زیر نقاط زیر حساب کنید.

پ ـ در فاصله ۱/۵ متری از یک انتهای منبع.

پ: با استفاده از معادله (۴ـ۱۱) و توجه به اینکه $H_2 = 4.5$ و $H_1 = 1.5$

$$E_h = \frac{5450 \times 5.1 \times 10^{-2}}{2 \times 1.2}\left[\tan^{-1}\frac{4.5}{1.2} + \frac{4.5 \times 1.2}{4.5^2 + 1.2^2} - \tan^{-1}\frac{1.5}{1.2} - \frac{1.5 \times 1.2}{1.5^2 + 1.2^2}\right] = 20.30 \quad \text{لوکس}$$

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

مثال ۴ـ۳

۶ لامپ فلورسنت ۴۰ واتی در یک خط افقی در فضای باز نصب شده‌اند و فاصله بین لامپهای مجاور، کوچک و قابل صرفنظر است. شار نوری هر لامپ ۳۰۰۰ لومن است و نور آنها کاملاً پخش شده است. طول هر لامپ ۱/۲ متر است. شدت روشنایی روی سطح افقی در نقطه‌ای مستقیماً زیر مرکز لامپ سوم و به فاصله عمودی ۵ متر از لامپها را حساب کنید.

شار نوری از واحد طول لامپ فلورسنت چنین است:

$$\frac{3000}{1.2} = \pi^2 LW \quad \leftarrow \quad \phi_I = \frac{\pi LW}{2D} \times 2\pi D = \pi^2 LW$$

$$LW = \frac{3000}{1.2\pi^2} = 253.30 \quad \text{کاندیلا بر متر}$$

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع خطی

مثال ۴ـ۳

۶ لامپ فلورسنت ۴۰ واتی در یک خط افقی در فضای باز نصب شده‌اند و فاصله بین لامپهای مجاور، کوچک و قابل صرفنظر است. شار نوری هر لامپ ۳۰۰۰ لومن است و نور آنها کاملاً پخش شده است. طول هر لامپ ۱/۲ متر است. شدت روشنایی روی سطح افقی در نقطه‌ای مستقیماً زیر مرکز لامپ سوم و به فاصله عمودی ۵ متر از لامپها را حساب کنید.

با استفاده از (۴ـ۷) و توجه به اینکه H_2 برابر ۴/۲ و H_1 برابر ۳ متر است داریم:

$$E_h = \frac{LW}{2D}\left[\tan^{-1}\frac{H_2}{D} + \frac{H_2 D}{H_2^2 + D^2} + \tan^{-1}\frac{H_1}{D} + \frac{H_1 D}{H_1^2 + D^2}\right] \quad (۴\text{ـ}۷)$$

$$LW = \frac{3000}{1.2\pi^2} = 253.30$$

$$E_h = \frac{253.30}{2 \times 5}\left[\tan^{-1}\frac{4.2}{5} + \frac{4.2 \times 5}{4.2^2 + 5^2} + \tan^{-1}\frac{3}{5} + \frac{3 \times 5}{3^2 + 5^2}\right]$$

$$= 55.04 \quad \text{لوکس}$$

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع سطحی

در تأسیسات روشنایی امروزی در بسیاری موارد از منابع سطحی به‌صورت سقفهای درخشان استفاده می‌شود. نور طبیعی هم از سطوح پنجره‌ها و نورگیرها به داخل اتاقها می‌رسد. همچنین سطوح اتاقها که نور از منابع دریافت می‌کنند، به‌صورت منابع سطحی نور را پخش می‌کنند. به این دلایل محاسبه شدت روشنایی ناشی از سطوح بااهمیت است. سطوح معمول بیشتر به شکل مستطیل یا دایره‌ای هستند که در قسمتهای زیر بررسی می‌شوند.

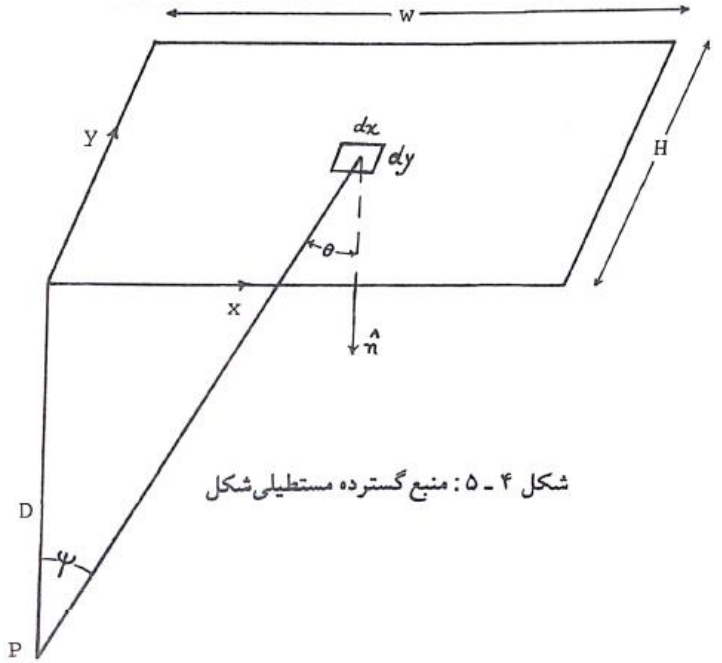
روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع سطحی

۴ ـ ۴ ـ ۱ ـ شدت روشنایی ناشی از یک سطح مستطیلی

یک منبع مستطیلی را مطابق شکل ۴ ـ ۵ درنظر بگیرید که دارای درخشندگی یکنواخت L کاندیلا بر مترمربع است و دارای طول و عرض W و H است. هدف محاسبه روشنایی روی سطح افقی در نقطه P است. این نقطه روی خط عمود بر منبع که از یک رأس منبع می‌گذرد و در فاصله D از آن قرار دارد واقع است.

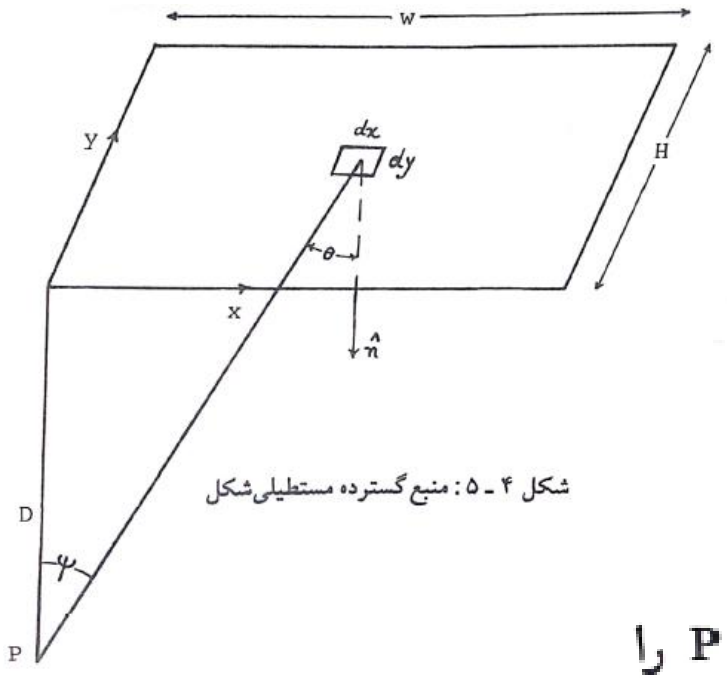


شکل ۴ ـ ۵ : منبع گسترده مستطیلی‌شکل

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع سطحی



شکل ۴ ـ ۵ : منبع گسترده مستطیلی‌شکل

روشنایی افقی در نقطه P برابر است با:

$$E_h = \frac{L}{2}\left\{\frac{H}{\sqrt{D^2+H^2}}\,\mathrm{Sin}^{-1}\frac{W}{r_1} + \frac{W}{\sqrt{D^2+W^2}}\,\mathrm{Sin}^{-1}\frac{H}{r_1}\right\} \qquad (۱۴-۴)$$

r_1 به قرار زیر است:

$$r_1 = \sqrt{D^2+H^2+W^2}$$

به همین ترتیب می‌توان شدت روشنایی روی سطح قائم در صفحه عمود بر W در نقطه P را محاسبه کرد که چنین می‌شود:

$$E_v = \frac{L}{2}\left\{\tan^{-1}\frac{W}{D} - \frac{D}{\sqrt{D^2+H^2}}\,\mathrm{Sin}^{-1}\frac{W}{r_1}\right\} \qquad (۱۵-۴)$$

روشنایی

✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

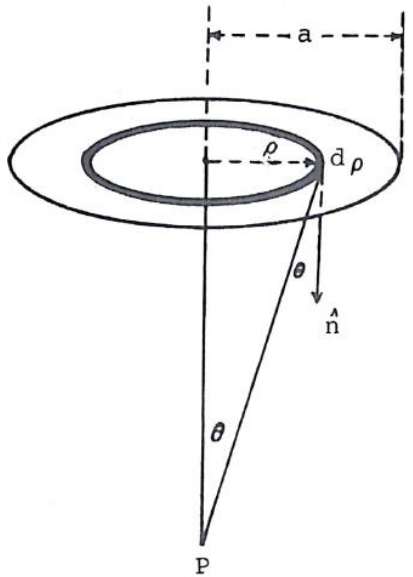
❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع سطحی

۴ـ۴ـ۲ـ شدت روشنایی ناشی از سطح دایره‌ای

سطح منور دایره‌ای مطابق شکل ۴ ـ ۶ را به شعاع a درنظر بگیرید که دارای درخشندگی یکنواخت L کاندیلا بر مترمربع است.

هدف محاسبه شدت روشنایی روی سطح افقی در نقطه P به فاصله D از صفحه منور است.

$$E_h = \pi L \frac{a^2}{a^2 + D^2} \qquad (۱۷ - ۴)$$



شکل ۴ ـ ۶ : سطح منور دایره‌شکل

روشنایی

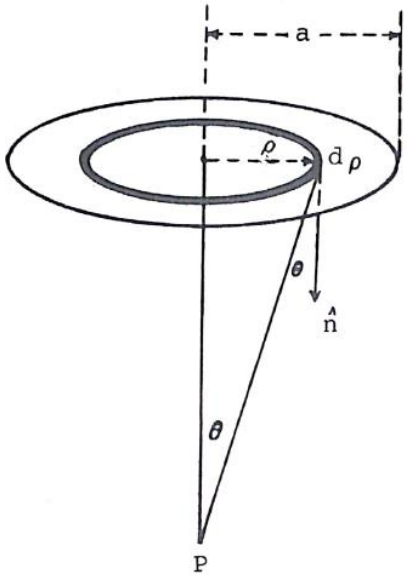
✓ محاسبات روشنایی – روش نقطه به نقطه

❖ شدت روشنایی ناشی از یک منبع سطحی

حالا دو حالت خاص را بررسی می‌کنیم. اگر a نسبت به D خیلی کوچک باشد، منبع گسترده مثل یک منبع نقطه‌ای به شدت نور $\pi a^2 L$ عمل می‌کند و اگر a خیلی بزرگ باشد، شدت روشنایی برابر πL می‌شود که بالنتیجه برای منبع سطح مستطیلی بی‌نهایت بزرگ برابر است. باز هم تأکید می‌کنیم که شدت روشنایی ناشی از یک منبع سطحی بزرگ برخلاف منبع خطی و منبع نقطه‌ای تابع فاصله نقطه از منبع نیست.

$$L = \frac{I}{S} = \frac{I}{\pi a^2}$$

$$E_h = \pi L \frac{a^2}{a^2 + D^2} \qquad (۱۷-۴)$$



شکل ۴ ـ ۶ : سطح منور دایره‌شکل