



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:

تعیین شدت روشنایی در نقاط خاص (روش نقطه به نقطه):

روش لومن یا شار نوری، شدت روشنایی متوسط (E_{av}) روی میز کار را به دست می‌دهد. در حالی که در بسیاری از موارد پس از تعیین شدت روشنایی متوسط لازم است شدت روشنایی در بعضی نقاط خاص مثل روشن‌ترین و تاریک‌ترین نقطه اتاق را تعیین کنیم و از رضایت‌بخش بودن یکنواختی روشنایی اطمینان حاصل کنیم.

با استفاده از روش نقطه به نقطه می‌توان شدت روشنایی در هر نقطه دلخواه را که از یک یا چند چراغ نتیجه می‌شود با استفاده از قضیه جمع آثار به دست آورد.

این روش برای محاسبات روشنایی خارجی در محیط‌هایی که سطوح منعکس‌کننده ندارند مناسب است و جوابهای دقیقی به دست می‌دهد. در انجام محاسبات روشنایی داخلی با این روش لازم است اثر سطوح منعکس‌کننده مثل دیوارها و سقف را به طریقی محاسبه کرده و به جواب افزود.

برای سادگی کار، گاهی از بعضی انعکاسهای موجود صرف‌نظر می‌شود و در نتیجه جوابهای به دست آمده از جوابهای واقعی کوچکتر می‌باشند.

➤ محاسبات روشنایی:

شدت روشنایی ناشی از منابع نقطه‌ای:

اگر اندازه فیزیکی منابع نوری از فاصله بین منبع و نقطه تحت محاسبه خیلی کوچک باشد، منبع نور نقطه‌ای نامیده می‌شود.

لازم به توضیح می‌باشد در این درس در روش نقطه به نقطه صرفاً به محاسبه منابع نوری نقطه‌ای پرداخته شده است. بدیهی است جهت محاسبه شدت روشنایی ناشی از منابع گسترده، منابع خطی، منابع سطحی و منابع دایره‌ای محاسبات قدری پیچیده‌تر خواهد بود.

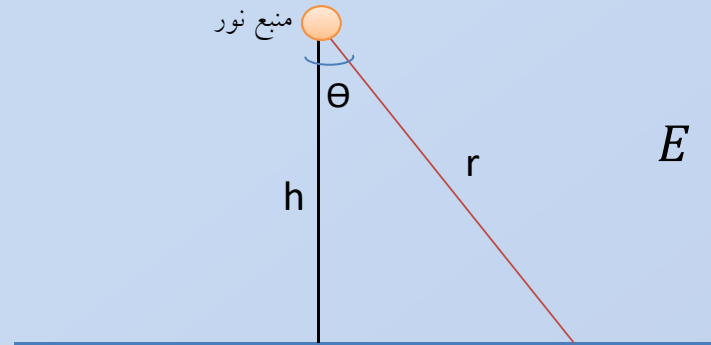
روش کار:

برای محاسبه شدت روشنایی در یک نقطه خاص ابتدا مؤلفه مستقیم شدت روشنایی و سپس مؤلفه غیر مستقیم شدت روشنایی را تعیین می‌کنیم. نهایتاً با جمع مؤلفه‌های مستقیم و غیرمستقیم (حاصل از انعکاس) شدت روشنایی در نقطه مورد نظر، شدت روشنایی کل به دست خواهد آمد.

برای به دست آوردن مؤلفه مستقیم شدت روشنایی ناشی از یک منبع نوری نقطه‌ای پیش‌تر اقدام نموده بودیم.

➤ تعاریف و کمیت‌های روشنایی:

محاسبه چگالی شار روشنایی حاصل از یک منبع نوری نقطه‌ای (جهت یادآوری):



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

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

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

$$E = \frac{I}{\left(\frac{h}{\cos \theta}\right)^2} \cdot \cos \theta = \frac{I}{h^2} \cdot (\cos \theta)^3$$

$$E \propto I$$

$$E \propto \frac{1}{h^2}$$

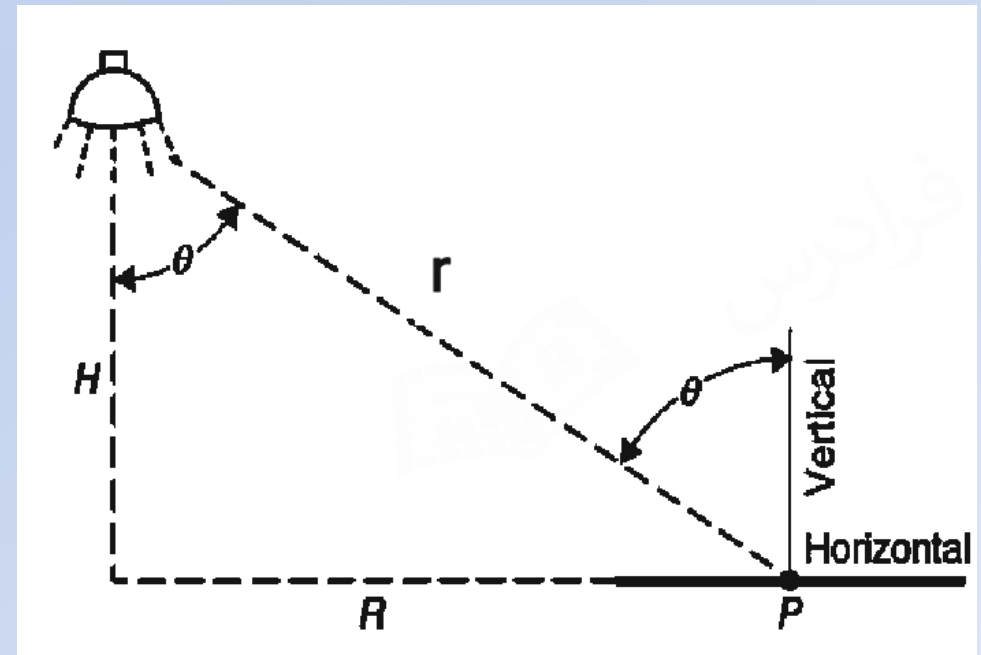
$$E \propto (\cos \theta)^3$$

➤ محاسبات روشنایی:

مؤلفه مستقیم چگالی روشنایی حاصل از یک منبع نوری نقطه‌ای:
مؤلفه مستقیم چگالی روشنایی قابل تجزیه و بیان به صورت دو مؤلفه چگالی روشنایی در راستای عمود و قائم می‌باشد. به عبارت دیگر مؤلفه مستقیم بردار چگالی شار نوری از حاصل جمع برداری مؤلفه‌های عمودی و افقی به دست می‌آید. $I(\theta)$ نیز منحنی پخش شدت نور لامپ می‌باشد که توسط سازنده ارائه می‌گردد.

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

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



➤ محاسبات روشنایی:

مؤلفه غیرمستقیم چگالی روشنایی:

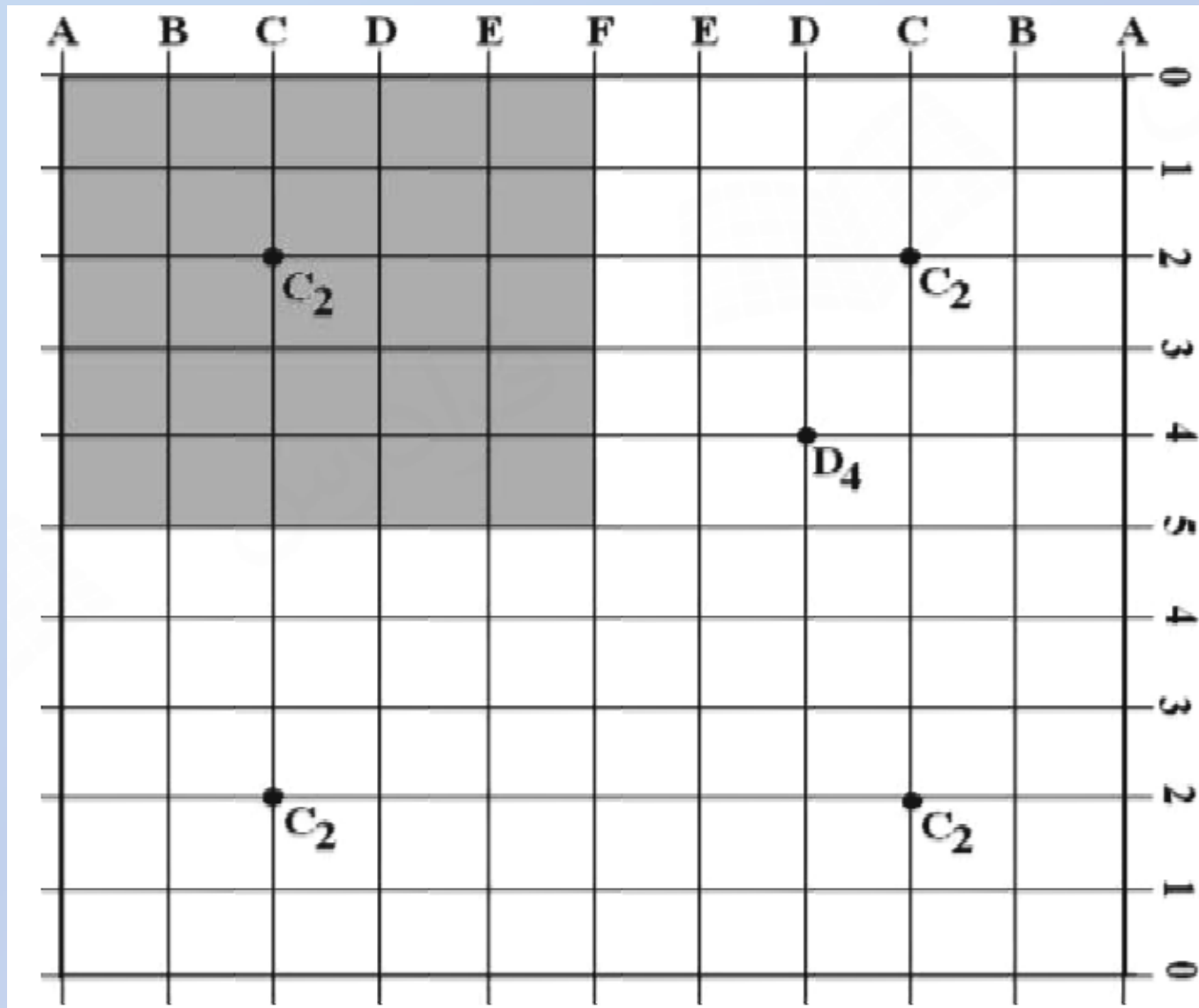
برای محاسبه مؤلفه غیرمستقیم، ابتدا ضریب موقعیت نقطه را در اتاق به دست می‌آوریم و سپس با استفاده از جداول مربوطه مؤلفه غیرمستقیم شدت روشنایی را تعیین می‌کنیم.

بدیهی است که مؤلفه غیرمستقیم از انعکاس از سقف و دیوارها نتیجه می‌شود. در بعضی نقاط، سقف به طور مؤثرتر و در برخی نقاط دیگر دیوارها به نحو مؤثرتری در تعیین مؤلفه غیرمستقیم نقش ایفاء می‌کنند.

برای تعیین موقعیت نقطه در اتاق، اتاق را در طول به ۱۰ قسمت برابر تقسیم و نقاط را با A تا F مشخص می‌کنیم. همچنین اتاق را در عرض به ۱۰ قسمت برابر تقسیم و نقاط را با اعداد 0 تا 5 مشخص می‌کنیم. در نتیجه در این تقسیم‌بندی هر نقطه با یک حرف و یک عدد مشخص می‌شود. به عنوان مثال وسط اتاق نقطه F5 خواهد بود.

این نحوه تقسیم‌بندی در ادامه قابل مشاهده می‌باشد.

➤ محاسبات روشنایی:



➤ محاسبات روشنایی:

حال با استفاده از موقعیت و RCR ضریب موقعیت هر نقطه را در اتاق با استفاده از جدول زیر به دست می‌آوریم و با RPM (Room Position Multiplier) نشان می‌دهیم.

RCR	Points Along Length Of Room					
	A	B	C	D	E	F
0	1	.24	.42	.47	.48	.48
	2	.24	.36	.42	.44	.46
	3	.23	.32	.37	.40	.42
	4	.22	.28	.32	.35	.37
	5	.21	.25	.28	.31	.33
	6	.20	.23	.26	.28	.29
	7	.18	.21	.23	.25	.26
	8	.17	.18	.21	.22	.23
	9	.15	.17	.18	.19	.20
	10	.14	.16	.16	.17	.18
1	1	.42	.74	.81	.83	.84
	2	.36	.51	.60	.63	.66
	3	.32	.40	.48	.51	.53
	4	.28	.33	.40	.42	.44
	5	.25	.29	.33	.36	.38
	6	.23	.26	.29	.31	.33
	7	.21	.23	.26	.28	.29
	8	.18	.20	.23	.25	.26
	9	.17	.18	.20	.21	.22
	10	.16	.17	.18	.19	.20
2	1	.47	.81	.90	.92	.93
	2	.42	.60	.68	.72	.78
	3	.37	.48	.58	.61	.64
	4	.32	.40	.48	.50	.52
	5	.28	.33	.40	.42	.44
	6	.26	.29	.35	.37	.38
	7	.23	.26	.30	.32	.33
	8	.21	.23	.26	.27	.28
	9	.18	.20	.23	.24	.25
	10	.16	.18	.19	.21	.22
3	1	.48	.83	.92	.94	.95
	2	.44	.63	.72	.77	.82
	3	.40	.51	.61	.65	.69
	4	.35	.42	.50	.54	.58
	5	.31	.36	.42	.46	.49
	6	.28	.31	.37	.39	.41
	7	.25	.28	.32	.34	.35
	8	.22	.25	.27	.29	.30
	9	.19	.21	.24	.25	.26
	10	.17	.19	.21	.22	.23
4	1	.48	.84	.93	.95	.96
	2	.46	.66	.78	.82	.85
	3	.42	.53	.64	.69	.73
	4	.37	.44	.52	.58	.62
	5	.33	.38	.44	.49	.52
	6	.29	.33	.38	.41	.43
	7	.26	.29	.33	.35	.37
	8	.22	.26	.28	.30	.31
	9	.20	.22	.25	.26	.27
	10	.18	.19	.22	.23	.24
5	1	.48	.84	.93	.95	.97
	2	.46	.68	.83	.85	.87
	3	.42	.57	.67	.71	.75
	4	.37	.48	.57	.61	.64
	5	.33	.42	.48	.52	.54
	6	.30	.36	.40	.43	.45
	7	.27	.30	.34	.36	.37
	8	.23	.26	.29	.30	.31
	9	.20	.23	.25	.26	.27
	10	.18	.20	.22	.23	.24

RCR	Points Along Length Of Room					
	A	B	C	D	E	F
0	1	.24	.42	.47	.48	.48
	2	.24	.36	.42	.44	.46
	3	.23	.32	.37	.40	.42
	4	.22	.28	.32	.35	.37
	5	.21	.25	.28	.31	.33
	6	.20	.23	.26	.28	.29
	7	.18	.21	.23	.25	.26
	8	.17	.18	.21	.22	.23
	9	.15	.17	.18	.19	.20
	10	.14	.16	.16	.17	.18
1	1	.42	.74	.81	.83	.84
	2	.36	.51	.60	.63	.66
	3	.32	.40	.48	.51	.53
	4	.28	.33	.40	.42	.44
	5	.25	.29	.33	.36	.38
	6	.23	.26	.29	.31	.33
	7	.21	.23	.26	.28	.29
	8	.18	.20	.23	.25	.26
	9	.17	.18	.20	.21	.22
	10	.16	.17	.18	.19	.20

➤ محاسبات روشنایی:

ضرایب درخشندگی دیوارها (LC_w) برای مقادیر مختلف ρ_{cc} و ρ_w و $\rho_{fc}=0.2$ در جدول زیر آمده است. این ضرایب قسمتی از ضرایب بهره است که از انعکاس دیوارها نتیجه می شود.

نوع لامپ و ماکزیمم فاصله مجاز	Pcc	80			70			50		
	Pw	50	30	10	50	30	10	50	30	10
	RCR	WLC for Pfc=0.2								
 MAX. spacing 0.8MH	0									
	1	.13	.08	.02	.13	.07	.02	.12	.07	.02
	2	.13	.07	.02	.12	.07	.02	.11	.06	.02
	3	.12	.06	.02	.11	.06	.02	.10	.06	.02
	4	.11	.06	.02	.10	.05	.02	.10	.05	.02
	5	.10	.05	.02	.10	.05	.01	.09	.05	.01
	6	.10	.05	.01	.09	.05	.01	.09	.04	.01
	7	.09	.05	.01	.09	.04	.01	.08	.04	.01
	8	.09	.04	.01	.08	.04	.01	.08	.04	.01
	9	.08	.04	.01	.08	.04	.01	.08	.04	.01
	10	.08	.04	.01	.08	.04	.01	.07	.04	.01

➤ محاسبات روشنایی:

ضرایب درخشندگی ناحیه سقف (LC_{cc}) برای مقادیر مختلف ρ_{cc} و ρ_w و $\rho_{fc}=0.2$ در جدول زیر آمده است. این ضرایب قسمتی از ضرایب بهره است که از انعکاس سقف نتیجه می شود.

نوع لامپ و ماکزیمم فاصله مجاز	Pcc	80			70			50		
	Pw	50	30	10	50	30	10	50	30	10
	RCR	CCLC for Pfc=0.2								
 MAX. spacing 0.8MH	0									
	1	.13	.08	.02	.13	.07	.02	.12	.07	.02
	2	.13	.07	.02	.12	.07	.02	.11	.06	.02
	3	.12	.06	.02	.11	.06	.02	.10	.06	.02
	4	.11	.06	.02	.10	.05	.02	.10	.05	.02
	5	.10	.05	.02	.10	.05	.01	.09	.05	.01
	6	.10	.05	.01	.09	.05	.01	.09	.04	.01
	7	.09	.05	.01	.09	.04	.01	.08	.04	.01
	8	.09	.04	.01	.08	.04	.01	.08	.04	.01
	9	.08	.04	.01	.08	.04	.01	.08	.04	.01
	10	.08	.04	.01	.08	.04	.01	.07	.04	.01

➤ محاسبات روشنایی:

نکته) در این روش ضریب بهره (CU) نیز دارای مؤلفه‌های مستقیم و غیرمستقیم خواهد بود.

مؤلفه غیرمستقیم ضریب بهره را که با ICU (Indirect Coefficient Utilization) نشان می‌دهیم به کمک رابطه زیر به دست می‌آوریم:

$$ICU = LC_w + RPM(LC_{cc} - LC_w)$$

شدت روشنایی حاصل از مؤلفه غیرمستقیم افقی:

$$E_1 = \frac{\varphi \times ICU}{A} = \frac{n\Phi' \times ICU}{A}$$

➤ محاسبات روشنایی:

ضریب انعکاس تشعشعات دیوار (WRRC):

$$WRRC = \frac{LC_w}{\rho_w} - WDRC$$

WDRC برای هر نوع لامپ متفاوت می باشد و در جداول ارائه شده توسط سازندگان مندرج می باشد.

نوع لامپ و ماکزیم فاصله مجاز	Pcc	80			70			50			0	WDRC
	Pw	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0	
	RCR	Pfc=0.2										
 MAX. spacing 0.8MH	0	0.6	0.6	0.6	0.58	0.58	0.58	0.56	0.56	0.56	0.5	
	1	0.54	0.52	0.5	0.52	0.51	0.49	0.50	0.49	0.48	0.44	0.14
	2	0.48	0.45	0.43	0.47	0.44	0.42	0.45	0.43	0.41	0.39	0.13
	3	0.43	0.4	0.37	0.42	0.39	0.37	0.41	0.38	0.36	0.34	0.12
	4	0.39	0.35	0.32	0.38	0.35	0.32	0.37	0.34	0.32	0.30	0.11
	5	0.35	0.31	0.28	0.35	0.31	0.28	0.34	0.30	0.28	0.26	0.11
	6	0.32	0.28	0.25	0.32	0.28	0.25	0.31	0.27	0.25	0.23	0.10
	7	0.29	0.25	0.22	0.29	0.25	0.22	0.28	0.25	0.22	0.21	0.09
	8	0.26	0.22	0.2	0.26	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20	0.18	0.09
	9	0.24	0.2	0.17	0.24	0.2	0.17	0.23	0.20	0.17	0.16	0.08
	10	0.22	0.18	0.15	0.21	0.18	0.14	0.20	0.18	0.15	0.14	0.08

➤ محاسبات روشنایی:

شدت روشنایی حاصل از مؤلفه غیرمستقیم قائم:

$$E_2 = \frac{\varphi \times WRRC}{A}$$

شدت روشنایی کل:

$$E_t = E_1 + E_2 + E_v + E_h$$

تست یکنواخت بودن شدت روشنایی در دو نقطه F5 و A0:

$$\frac{E_{min}}{E_{max}} \geq \frac{1}{6}$$

➤ محاسبات روشنایی:

نکته) در این روش می‌توانیم به جای این که در هر مرحله شدت روشناییهای مستقیم و غیرمستقیم را حساب کنیم، ضریب بهره کلی را به روش زیر به دست آوریم و سپس برای محاسبه شدت روشنایی کل اقدام نماییم.

$$CU_{\text{کل}} = CU_{\text{مستقیم}} + ICU + WRRC$$

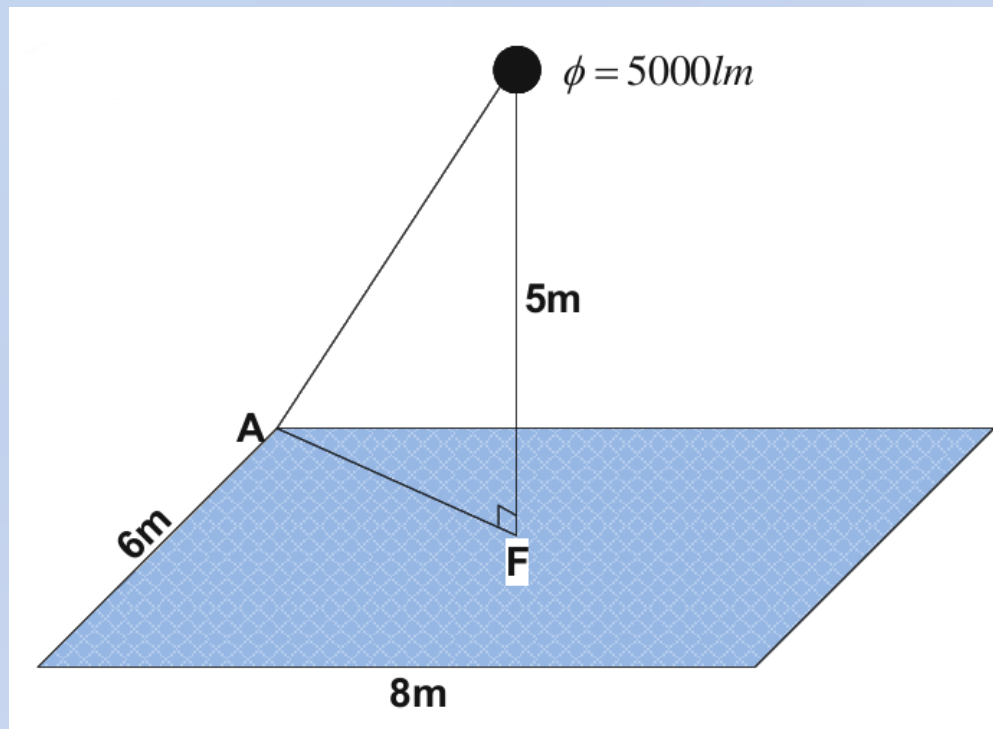
$$E_{av} = \frac{\varphi \times CU_{total}}{A}$$

نکته) در این روش از ضریب نگهداری (MF یا TLLF) صرف نظر شد و شدت روشناییها در شرایط نصب اولیه محاسبه گردید. می‌توان در پایان کار شدت روشنایی متوسط را در این ضریب ضرب نمود تا ضریب کلی کاهش نور نیز در نظر گرفته شود.

➤ محاسبات روشنایی:

مثال) در شکل زیر شدت روشنایی حاصل از مؤلفه مستقیم را با توجه به جدول پخش نور ارائه شده برای لامپ مورد نظر در شار ۱۰۰۰ لومن در نقاط A و F به دست آورید.
منحنی پخش نور چراغها به صورت زیر است:

θ	0	10	15	20	25	30	35	40	45
$I(\theta)$	380	360	340	300	270	230	190	170	150



➤ محاسبات روشنایی:

$$E_A = \frac{I(\theta)}{h^2} \cdot \cos^3 \theta = \frac{150 \times 5}{5^2} \cdot \cos^3 45 = 10.61 \text{ lux}$$

$$E_F = \frac{I(\theta)}{h^2} \cdot \cos^3 \theta = \frac{380 \times 5}{5^2} \cdot \cos^3 0 = 76 \text{ lux}$$

بَا فَشْكُرْ لِرِزْقِ جِهَنَّا