

نورپردازی استاندارد در اتاق معاینه

(ارائه شده در گفتگوی علمی گروه اپتومتری روشنا)

بهروز مالکی



گروه اپتومتری روشنا

این بحث در دو قسمت شدت نور و رنگ نور استاندارد خدمتتون ارائه میشه.

قسمت اول شدت نور:

Luminous Flux (lm)

Luminous Intensity (cd)

Illuminance (Lm/m²) (Lux)

Luminance (cd/m²)

Luminous Flux (Φ_v) is energy per unit time (dQ/dt) that is radiated from a source over visible wavelengths. The SI unit of luminous flux is the lumen (lm).

luminous intensity is a measure of the wavelength-weighted power emitted by a light source in a particular direction per unit solid angle, The SI unit of luminous intensity is the candela (cd). In simple terms the solid angle is that fraction of the surface of a sphere that a particular object covers, as seen by an observer at the sphere's center.

illuminance is the total luminous flux incident on a surface, per unit area.

Luminance is a photometric measure of the luminous intensity per unit area of light travelling in a given direction. It describes the amount of light that passes through, is emitted or reflected from a particular area, and falls within a given solid angle.

Term	SI Unit	Non-SI Unit	Conversion Factor
Illuminance	lux (lx)	Phot	10000
		Footcandle	10.76
Luminance	cd/m ²	Stilb	10000
		Apostilb	0.3183
		Lambert	3183
		Millilambert	3.183
		Footlambert	3.426
		cd/ft ²	10.76
		cd/in ²	1550

تو تصاویر بالا سعی شده کلیه تعریفهای مرتبط با مبحث فوتومتری و واحدهای اون رو بیاریم. البته برای موضوع صحبتمون فقط با دو مفهوم luminous flux و illuminance سر و کار داریم.

تعریف illuminance: همونطور که تو تصویر هم قید شده، illuminance عبارت است از مقدار انرژی نوری که به واحد سطح می تابه. واحدش در سیستم بین المللی SI لوکس یا لومن بر متر مربع هست.

اول لازمه که بدونیم روشنایی یک اتاق معاینه اپتومتری چند لوکس باید باشه. استاندارد EN12464-1 این مقدار رو ۵۰۰ لوکس اعلام کرده. البته در نسخه قبلی این استاندارد این عدد ۳۰۰ بود ولی از نسخه ۲۰۱۱ به بعد ۵۰۰ لوکس قید شده.

European standard EN 12464-1. "Lighting of indoor workplaces". June 2011.		E _m
Eye examination rooms	General lighting	500
	Examination of the outer eye	1000
	Reading and colour vision tests with vision charts	500

حالا میرسیم به اصل مطلب، از کجا بفهمیم روشنایی اتاق ما چند لوکسه؟

دو تا راه داره: یه راه ساده ولی گرون، یه راه یکم پیچیده ولی ارزون!

اول راه ساده (ولی گرون)؛ روش اندازه گیری با فوتومتر: یه دستگاه illuminance meter میخرید. اون رو روی میز کارتون بطور افقی و رو به سقف میزارید و روشنایی محیط اتاقتون رو بدست میارید. اما وقتی بخواید پول خرج خرید این دستگاه کنید، احساس خواهید کرد که این روش هم خیلی سخته.

(البته یه نرم افزار اندرویدی به اسم Lux Lite Dash وجود داره که میتونید با نرم افزار بازار دانلود و روی گوشیتون نصب کنید و برای اندازه گیری مقدار illuminance بکار ببرید.)



بریم سراغ روش ارزونتر یا روش محاسباتی (روشی که ما در اینجا بکار میبریم، روش لومن نام دارد). اول لازم هست که Luminous Flux یا شار نوری رو تعریف کنیم. مفهوم Luminous Flux نشاندهنده میزان انرژی نوری هست که در واحد زمان از یک منبع نوری خارج میشه.

گفتیم illuminance نشان دهنده انرژی نوری رسیده به واحد سطح هست. پس کاری که ما میخواییم با روش محاسباتی انجام بدیم اینه که اون ۵۰۰ لوکس (روشنایی استاندارد اتاق معاینه اپتومتری) رو ضرب در مساحت اتاقمون بکنیم تا میزان کلی انرژی نوری که باید به سطح کار برسه رو حساب کنیم. بعد مقدار بدست آمده رو تقسیم به شار نوری یک لامپ میکنیم تا تعداد لامپ مورد نیاز رو بدست بیاریم.

مطابق فرمول زیر که در آن E_{av} مقدار لوکس توصیه شده برای اتاق معاینه چشمی، A مساحت اتاق و Θ میزان کلی انرژی نوری که باید به سطح کار برسه هست.

$$\Theta = E_{av} * A$$

البته کار در عمل به این سادگی نیست، چون باید فاکتورهای مثل انعکاس نور از دیوارها و کف و سقف و ضریب بهره و ضریب نگهداری قاب چراغ را هم در نظر بگیریم. در نهایت فرمول به صورت زیر در میاید که در آن CU ضریب بهره و MF ضریب نگهداری قاب چراغ میباشد.

$$\Theta = \frac{E_{av} * A}{MF * CU}$$

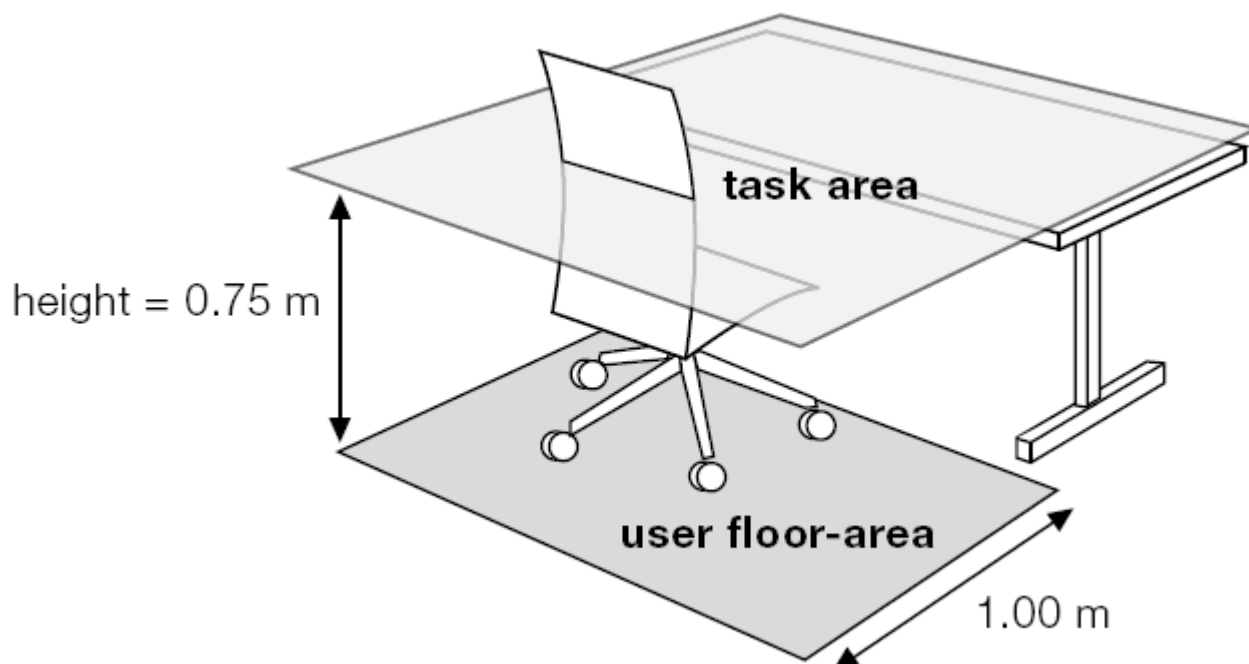
MF یا ضریب نگهداری (Maintenance Factor) نشاندهنده میزان افت نور در اثر گذشت عمر لامپ و نیز جمع شدن گرد و خاک روی چراغ و دیوارها و سقف میباشد که بسته میزان گرد و خاک محیط و نوع طراحی چراغ متفاوت میباشد و میشه بطور تقریبی از جدول زیر آنرا بدست آورد:

میزان گرد و خاک محیط	لامپ بدون حفاظ	چراغ محفظه دار باز	چراغ محفظه دار و شبکه دار	چراغ محفظه دار کاملاً بسته
زیاد	0.8	0.75	0.75	0.7
متوسط	0.75	0.7	0.7	0.65
کم	0.7	0.65	0.6	0.55

CU یا ضریب بهره (Coefficient of Utilization) نسبت شار نوری مفیدی که به سطح کار میرسد به کل شار نوری تولید شده توسط لامپهاست که بستگی به میزان جذب و انعکاس نور از سطح سقف، دیوارها و کف و نیز بستگی به منحنی پخش نور چراغ دارد. برای بدست آوردن CU از جداول مخصوصی استفاده میشود. البته برای استفاده از جدول، ابتدا لازم هست که ضریب اتاق (Room Index) را بدست بیاوریم. ضریب اتاق، اثر طول و عرض و ارتفاع اتاق بر روشنایی رسیده بر سطح کار را نشان میدهد. فرمول محاسبه ضریب اتاق برای نورپردازی مستقیم و نیمه مستقیم عبارت است از:

$$K_r = \frac{L * W}{h (L + W)}$$

L طول اتاق، W عرض اتاق و h فاصله چراغ از سطح کار میباشد (ارتفاع سطح کار را معمولاً ۸۵ سانتی متر از کف در نظر میگیرند).



اطلاعات بعدی مورد نیاز برای استفاده از جدول ضریب بهره، میزان انعکاس نور از سطح سقف و دیوارها میباشد که مطابق شکل زیر این اعداد را انتخاب میکنیم (در طراحی رنگ سقف و دیوارها و کف، معمولا باید رنگ سقف را روشن، رنگ دیوار را متوسط و رنگ کف را تیره در نظر گرفت).

Line	Basic Downward L.O.R. %	Ceiling	Reflection Factor %								
			سقف رنگ روشن			سقف رنگ متوسط			سقف رنگ تیره		
		Walls	70	50	30	50	30	10	50	30	10
		Room Index	50	30	10	50	30	10	50	30	10
			دیوار رنگ روشن			دیوار رنگ متوسط			دیوار رنگ تیره		

نهایتا ضریب بهره را به کمک ضریب اتاق، میزان انعکاس نور از سطح سقف و دیوارها مطابق شکل زیر از جدول تعیین CU (که ضمیمه میباشد) به دست می آوریم. مطابق شکل زیر در لامپ مهتابی بدون

پوشش، برای ضریب اتاق ۱.۵۰ و انعکاس سقف ۵۰ درصد (سقف رنگ متوسط) و انعکاس دیوار ۱۰ درصد (دیوار رنگ روشن)، ضریب بهره مساوی ۰.۴۰ می باشد.

Description of fitting, and Typical Downward Light Output Ratio %	Typical Outline	Basic Down- ward L.O.R. %	Reflection Factor %									
			Ceiling	70			50			30		
			Walls	50	30	10	50	30	10	50	30	10
			Room Index									
(F) Bare lamp on ceiling (F) Batten fitting (60-70)		65	0.60	0.29	0.24	0.19	0.27	0.22	0.19	0.24	0.21	0.19
			0.80	0.37	0.31	0.27	0.35	0.30	0.25	0.31	0.28	0.24
			1.00	0.44	0.37	0.33	0.40	0.35	0.31	0.35	0.32	0.29
			1.25	0.49	0.42	0.38	0.45	0.40	0.36	0.39	0.36	0.33
			1.50	0.54	0.47	0.42	0.50	0.44	0.40	0.43	0.40	0.37
			2.00	0.60	0.52	0.49	0.54	0.49	0.45	0.48	0.44	0.41
			2.50	0.64	0.57	0.53	0.57	0.53	0.49	0.52	0.48	0.45
			3.00	0.67	0.61	0.57	0.60	0.57	0.53	0.56	0.52	0.49
			4.00	0.71	0.66	0.62	0.64	0.61	0.57	0.59	0.55	0.52
			5.00	0.74	0.70	0.66	0.68	0.64	0.61	0.62	0.58	0.54

مثال:

بیابید محاسبات را برای یک اتاق معاینه فرضی انجام دهیم. فرض کنیم اتاق معاینه شما به اتاق ۴ در ۳ و رنگ سقف و دیوارها روشن است و می خواهیم در اتاق از لامپ مهتابی بدون پوشش استفاده کنیم. ارتفاع چراغها از سطح میز ۲ متر و میزان گرد و غبار محیط متوسط است.

اول به نگاه دیگر به فرمول کلی و اطلاعات موجود بندازیم.

$$\Theta = \frac{E_{av} * A}{MF * CU}$$

$$E_{av} = 500 \text{ lux}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

$$W = 3 \text{ m}$$

$$A = L * W = 12 \text{ m}^2$$

→ MF = 0.75 با توجه به بدون پوشش بودن لامپ و میزان گرد و غبار متوسط

حالا باید ضریب اتاق را برای بدست آوردن CU محاسبه کنیم.

$$K_r = \frac{L \cdot W}{h(L+W)} = \frac{4 \cdot 3}{2 \cdot (4+3)} = 0.87$$

مطابق شکل زیر به کمک قسمت مربوط به لامپ مهتابی بدون پوشش در جدول تعیین CU، مقدار ۰.۳۷ را برای CU را بدست میآوریم.

Description of fitting, and Typical Downward Light Output Ratio %	Typical Outline	Basic Downward L.O.R. %	Reflection Factor %								
			Ceiling			Walls			Room Index		
			70	50	30	50	30	10	50	30	10
(F) Bare lamp on ceiling (F) Ballen fitting (60-70)		65	0.60	0.29	0.24	0.19	0.27	0.22	0.19	0.24	0.21
			0.80	0.37	0.31	0.27	0.35	0.30	0.25	0.31	0.28
			1.00	0.44	0.37	0.33	0.40	0.35	0.31	0.35	0.32
			1.25	0.49	0.42	0.38	0.45	0.40	0.36	0.39	0.36
			1.50	0.54	0.47	0.42	0.50	0.44	0.40	0.43	0.40
			2.00	0.60	0.52	0.49	0.54	0.49	0.45	0.48	0.44
			2.50	0.64	0.57	0.53	0.57	0.53	0.49	0.52	0.48
			3.00	0.67	0.61	0.57	0.60	0.57	0.53	0.56	0.52
			4.00	0.71	0.66	0.62	0.64	0.61	0.57	0.59	0.55
			5.00	0.74	0.70	0.66	0.68	0.64	0.61	0.62	0.58

و در نهایت همه دیتای موجود را در فرمول اصلی قرار می دهیم تا میزان کلی انرژی نوری مورد نیاز را بدست آوریم.

$$\Theta = \frac{E_{av} \cdot A}{MF \cdot CU} = \frac{500 \cdot 12}{0.75 \cdot 0.37} = 21621.62$$

پس مقدار کل انرژی نوری لازم برای اتاقمون با مشخصات گفته شده و فرمول فوق عبارت است از ۲۱۶۲۱.۶۲ لوکس.



حالا باید ببینیم چند تا لامپ میتونه این نور رو تامین بکنه؟ معمولاً مقدار شار نوری یا luminous flux هر لامپی روی جعبش نوشته میشه. مثل شکل زیر که مال یه لامپ کم مصرفه.

میبینید که شار نوری این لامپ کم مصرف ۱۴۰۰ لومن هست. پس اگه بخوایم اتاق معاینه خود رو با این لامپ روشن کنیم باید از ۱۵ تا لامپ استفاده کنیم.

$$21621.62 / 1400 = 15.44$$

ولی خوشبختانه لامپ های دارای شار نوری بیشتر هم وجود دارند. جدول زیر را ببینید:

Lumens to watts table

Lumens	Incandescent light bulb watts	Fluorecent / LED watts
375 lm	25 W	6.23 W
600 lm	40 W	10 W
900 lm	60 W	15 W
1125 lm	75 W	18.75 W
1500 lm	100 W	25 W
1800 lm	120 W	30 W
2250 lm	150 W	37.5 W
2400 lm	160 W	40 W
3000 lm	200 W	50 W
3600 lm	240 W	60 W
5400 lm	360 W	90 W

میبینید که شار نوری یک لامپ مهتابی ۶۰ وات ۳۶۰۰ لومن هست. پس اگه بخوایم تو اتاق معاینه ذکر شده در بالا از لامپ مهتابی ۶۰ وات استفاده کنیم به ۶ تا لامپ نیاز داریم.

$$21621.62 / 1400 = 6$$

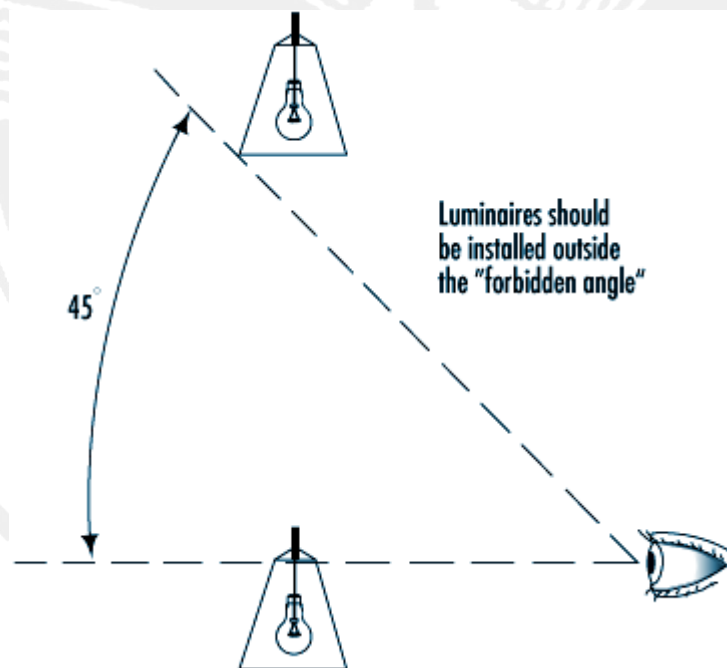
چند تا نکته پایانی:

محاسبات فوق برای اتاق بدون پنجره هست. در اتاق های پنجره دار روش محاسباتی جواب نمیده و باید از روش اندازه گیری با فوتومتر استفاده کرد.

لامپها را باید در فواصل مساوی از هم قرار بدهید و همچنین فاصله لامپهای انتهایی از دیوار باید نصف فاصله بین دو لامپ باشه. میتونید از فرمول زیر برای محاسبه فاصله بین دو لامپ استفاده کنید که در آن X فاصله بین لامپها و n تعداد لامپها میباشد:

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

چراغها را در ارتفاعی نصب کنید که باعث ایجاد حالت خیرگی نشوند (در خارج از زاویه ممنوعه ۴۵ درجه ای که در شکل زیر نشان داده شده).



قسمت دوم یعنی رنگ نور:

رنگ نور برای تستهای معمولی مثل VA خیلی مهم نیست ولی در تست دید رنگ اهمیت به سزایی داره. تستهای دید رنگ گفته میشه باید در نور Day light انجام بشن. البته چون در طول روز نور خورشید به یک رنگ ثابت نیست و مثلاً در هنگام طلوع و غروب رنگ نور متمایل به نارنجی و در وسط روز

متماایل به آبی هست، توصیه میشه که سنجش دید رنگ زیر نور مستقیم خورشید نباشه ولذا در نیمکره شمالی مقابل یک پنجره رو به شمال و در نیمکره جنوبی مقابل یک پنجره رو به جنوب صورت بگیره.

برای استفاده از نور مصنوعی باید با مفهوم دمای رنگ آشنا باشیم. رنگ نور را با مفهوم دمای رنگ یا Color Temperature و با واحد کلوین میسنجند. هرچه دمای رنگ بالاتر باشد رنگ متمایل به آبی و هرچه دما پایین تر باشد رنگ متمایل به نارنجی هست. درست مثل هنگام طلوع که رنگ نور متمایل به نارنجیه و دمای هوا کمتره و موقع ظهر که نور متمایل به آبی و دمای هوا بالاتره. البته این فقط یک مثال برای ماندن مطلب تو ذهنه.

Temperature	Light Sources
1,000 K	Candles; oil lamps
2,000 K	Very early sunrise; low effect tungsten lamps
2,600 K	Household light bulbs
3,000 K	Studio lights, photo floods
4,000 K	Clear flashbulbs
4,300 K	Subtronic, Seacam Strobes
4,800 K	Ikelite Strobes
5,000 K	Typical daylight; electronic flash
5,400 K	SEA & SEA Strobes
5,600 K	The sun at noon, INON strobes
6,000 K	Bright sunshine with clear sky
7,000 K	Slightly overcast sky
8,000 K	Hazy sky
9,000 K	Open shade on clear day
10,000 K	Heavily overcast sky
11,000 K	Sunless blue skies
12,000+ K	Open shade on a clear day



برای تست دید رنگ منبع نور استاندارد C توصیه میشود. این نور را میتوان توسط چراغهای مخصوص تامین کرد که متاسفانه در ایران موجود نیستند. پس باید یه فکری به حال خودمون بکنیم. دمای نور day light که برای تست دید رنگ توصیه شده ۶۵۰۰ کلوین هست.



در دماهای پایین تر یعنی نور متمایل به نارنجی (نور لامپهای تنگستن رشته ای) ممکنه کسانی که مشکل دید رنگ دارند به اشتباه سالم تشخیص داده شوند. دمای نور را میتونید با Chrome meter اندازه بگیرید.



متأسفانه قیمتش گرونه حدود ۳۰۰۰ دلار. البته دمای رنگ نور، روی جعبه لامپها زده میشه.

و این هم بعنوان حسن ختام:

مقایسه دمای رنگ سه لامپ رشته ای، کم مصرف آفتابی (نارنجی) و کم مصرف مهتابی (سفید)

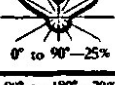
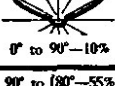
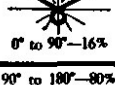
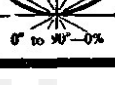


یه شاخص دیگه هم در مورد لامپها وجود داره که شاخص رنگدهی یا Color Rendering Index هست که عباره از نسبت تشخیص رنگ اجسام در زیر یک منبع نور نسبت به تشخیص رنگ در زیر نور خورشید. بالاترین شاخص رنگدهی مربوط به نور خورشید و ۱۰۰ میباشد. ایراد لامپهای فلورسنت کم بودن که شاخص رنگدهی (حداکثر حدود ۶۵) آنها نسبت به چراغهای استاندارد مخصوص تست دید رنگ (۱۰۰) هست.

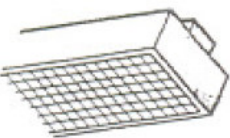
دقت کنید که برای تامین نور مناسب جهت تست دید رنگ، استفاده از لامپهای فلورسنت ایده جالبی نیست چرا که معمولا طیف نوری آنها گسسته است و رنگ دهی یا Color Rendering Index پایینی دارند. بهترین کار تبدیل دمای نور لامپهای رشته ای به دمای ۶۵۰۰ کلوین به کمک فیلترهای ژلاتینی عکاسی است.

جدول تعیین ضریب بهره (CU)

Color (Reflecting Value) of			Light (70%)			Medium (50%)		Dark (30%)
Ceiling Walls			Light (50%)	Medium (35%)	Dark (20%)	Medium (35%)	Dark (20%)	Dark (20%)
Reflector Type	Light Output	Room Ratio	Coefficients of Utilization					
 Bowl-Frosted Lamp	 90° to 180°-34% 0° to 90°-51%	1	.34	.31	.28	.29	.26	.24
		1½	.41	.38	.35	.35	.33	.30
		2	.47	.44	.41	.40	.38	.35
		3	.53	.50	.47	.45	.43	.40
		5	.59	.56	.53	.50	.48	.45
 Bowl-Frosted Lamp	 90° to 180°-20% 0° to 90°-60%	1	.40	.37	.34	.35	.33	.32
		1½	.47	.44	.41	.42	.39	.38
		2	.52	.48	.46	.46	.43	.42
		3	.58	.55	.52	.52	.49	.47
		5	.62	.60	.58	.57	.55	.52
 With Reflector	 90° to 180°-6% 0° to 90°-58%	1	.31	.28	.26	.28	.25	.25
		1½	.37	.34	.32	.33	.31	.31
		2	.42	.39	.37	.38	.36	.36
		3	.47	.44	.42	.43	.41	.41
		5	.51	.49	.46	.48	.46	.45
 Light Opal	 90° to 180°-35% 0° to 90°-40%	1	.23	.20	.17	.18	.16	.14
		1½	.30	.26	.23	.24	.21	.19
		2	.35	.31	.28	.28	.25	.22
		3	.41	.37	.34	.33	.30	.26
		5	.48	.44	.41	.39	.36	.31
 Diffusing Bowl	 90° to 180°-20% 0° to 90°-60%	1	.32	.28	.26	.27	.25	.23
		1½	.40	.36	.33	.34	.32	.30
		2	.45	.41	.38	.39	.37	.35
		3	.52	.47	.44	.45	.42	.40
		5	.59	.54	.51	.51	.48	.46
 Reflector and Bowl	 90° to 180°-17% 0° to 90°-55%	1	.32	.28	.26	.28	.25	.25
		1½	.39	.35	.33	.34	.31	.30
		2	.44	.40	.38	.39	.36	.35
		3	.49	.45	.43	.44	.41	.40
		5	.54	.50	.48	.49	.46	.45
 Light Opal	 90° to 180°-60% 0° to 90°-25%	1	.27	.24	.21	.20	.17	.14
		1½	.34	.30	.27	.25	.22	.18
		2	.39	.35	.32	.29	.26	.21
		3	.45	.41	.38	.34	.31	.25
		5	.51	.47	.44	.40	.37	.29
 Dense Opal	 90° to 180°-70% 0° to 90°-10%	1	.24	.21	.19	.16	.14	.10
		1½	.30	.27	.24	.20	.18	.13
		2	.34	.31	.28	.23	.21	.15
		3	.39	.36	.33	.27	.25	.18
		5	.45	.42	.39	.32	.30	.21
 Diffusing Plate Bottom	 90° to 180°-55% 0° to 90°-16%	1	.25	.22	.20	.18	.17	.14
		1½	.30	.27	.25	.22	.21	.17
		2	.34	.31	.29	.25	.24	.19
		3	.38	.36	.34	.29	.28	.22
		5	.43	.41	.40	.33	.32	.24
 Clear Lamp	 90° to 180°-80% 0° to 90°-0%	1	.22	.19	.17	.14	.12	.07
		1½	.27	.24	.22	.17	.15	.09
		2	.31	.28	.26	.20	.18	.11
		3	.36	.33	.31	.24	.22	.13
		5	.42	.39	.37	.28	.26	.16

Color (Reflecting Value) of			Light (70%)			Medium (50%)		Dark (30%)
Ceiling Walls			Light (50%)	Medium (35%)	Dark (20%)	Medium (35%)	Dark (20%)	Dark (20%)
Reflector Type	Light Output	Room Ratio	Coefficients of Utilization					
 Bowl-Frosted Lamp	90° to 180°-34%	1	.34	.31	.28	.29	.26	.24
	 0° to 90°-51%	1½	.41	.38	.35	.35	.33	.30
		2	.47	.44	.41	.40	.38	.35
		3	.53	.50	.47	.45	.43	.40
		5	.59	.56	.53	.50	.48	.45
 Bowl-Frosted Lamp	90° to 180°-20%	1	.40	.37	.34	.35	.33	.32
	 0° to 90°-60%	1½	.47	.44	.41	.42	.39	.38
		2	.52	.48	.46	.46	.43	.42
		3	.58	.55	.52	.52	.49	.47
		5	.62	.60	.58	.57	.55	.52
 With Reflector	90° to 180°-6%	1	.31	.28	.26	.28	.25	.25
	 0° to 90°-58%	1½	.37	.34	.32	.33	.31	.31
		2	.42	.39	.37	.38	.36	.36
		3	.47	.44	.42	.43	.41	.41
		5	.51	.49	.46	.48	.46	.45
 Light Opal	90° to 180°-35%	1	.23	.20	.17	.18	.16	.14
	 0° to 90°-40%	1½	.30	.26	.23	.24	.21	.19
		2	.35	.31	.28	.28	.25	.22
		3	.41	.37	.34	.33	.30	.26
		5	.48	.44	.41	.39	.36	.31
 Diffusing Bowl	90° to 180°-20%	1	.32	.28	.26	.27	.25	.23
	 0° to 90°-60%	1½	.40	.36	.33	.34	.32	.30
		2	.45	.41	.38	.39	.37	.35
		3	.52	.47	.44	.45	.42	.40
		5	.59	.54	.51	.51	.48	.46
 Reflector and Bowl	90° to 180°-17%	1	.32	.28	.26	.28	.25	.25
	 0° to 90°-55%	1½	.39	.35	.33	.34	.31	.30
		2	.44	.40	.38	.39	.36	.35
		3	.49	.45	.43	.44	.41	.40
		5	.54	.50	.48	.49	.46	.45
 Light Opal	90° to 180°-60%	1	.27	.24	.21	.20	.17	.14
	 0° to 90°-25%	1½	.34	.30	.27	.25	.22	.18
		2	.39	.35	.32	.29	.26	.21
		3	.45	.41	.38	.34	.31	.25
		5	.51	.47	.44	.40	.37	.29
 Dense Opal	90° to 180°-70%	1	.24	.21	.19	.16	.14	.10
	 0° to 90°-10%	1½	.30	.27	.24	.20	.18	.13
		2	.34	.31	.28	.23	.21	.15
		3	.39	.36	.33	.27	.25	.18
		5	.45	.42	.39	.32	.30	.21
 Diffusing Plate Bottom	90° to 180°-55%	1	.25	.22	.20	.18	.17	.14
	 0° to 90°-16%	1½	.30	.27	.25	.22	.21	.17
		2	.34	.31	.29	.25	.24	.19
		3	.38	.36	.34	.29	.28	.22
		5	.43	.41	.40	.33	.32	.24
 Clear Lamp	90° to 180°-80%	1	.22	.19	.17	.14	.12	.07
	 0° to 90°-0%	1½	.27	.24	.22	.17	.15	.09
		2	.31	.28	.26	.20	.18	.11
		3	.36	.33	.31	.24	.22	.13
		5	.42	.39	.37	.28	.26	.16

Description of fitting, and Typical Downward Light Output Ratio % (L.O.R.)	Typical Outline	Basic Down- ward L.O.R. %	Ceiling	Reflection Factor %											
				70			50			30					
				Walls	50	30	10	50	30	10	50	30	10		
			Room Index												
(F) Open-end enamel trough (75-85)		75													
(F) Closed-end enamel trough (65-83)			0.60	0.36	0.31	0.28	0.35	0.31	0.28	0.35	0.31	0.28			
(T) Standard dispersive industrial reflector (77)			0.80	0.45	0.40	0.37	0.44	0.40	0.37	0.44	0.40	0.37			
			1.00	0.49	0.45	0.40	0.49	0.44	0.40	0.48	0.43	0.40			
			1.25	0.55	0.49	0.46	0.53	0.49	0.45	0.52	0.48	0.45			
			1.50	0.58	0.54	0.49	0.57	0.53	0.49	0.55	0.52	0.40			
			2.00	0.64	0.59	0.55	0.61	0.58	0.55	0.60	0.56	0.54			
			2.50	0.68	0.63	0.60	0.65	0.62	0.59	0.64	0.61	0.58			
			3.00	0.70	0.65	0.62	0.67	0.64	0.61	0.65	0.63	0.61			
			4.00	0.73	0.70	0.67	0.70	0.67	0.65	0.67	0.67	0.64			
(T) Enamel deep-bowl reflector (72)			5.00	0.75	0.72	0.69	0.73	0.70	0.67	0.70	0.70	0.67			
(F) Shallow fitting with diffusing sides, optically designed downward reflecting surfaces (55).			50												
(T) Industrial reflector with diffusing globe (50)		0.60		0.24	0.21	0.19	0.23	0.21	0.19	0.23	0.20	0.19			
		0.80		0.30	0.27	0.24	0.29	0.26	0.24	0.29	0.26	0.24			
		1.00		0.33	0.30	0.27	0.32	0.29	0.27	0.32	0.29	0.27			
		1.25		0.36	0.33	0.30	0.35	0.32	0.30	0.35	0.32	0.30			
		1.50		0.39	0.36	0.33	0.38	0.35	0.33	0.33	0.34	0.32			
		2.00		0.43	0.39	0.37	0.41	0.39	0.36	0.40	0.37	0.36			
		2.50		0.45	0.41	0.39	0.43	0.41	0.39	0.42	0.40	0.36			
		3.00		0.46	0.43	0.41	0.44	0.42	0.41	0.43	0.42	0.40			
		4.00		0.48	0.45	0.44	0.46	0.45	0.43	0.45	0.44	0.42			
5.00	0.50	0.47		0.46	0.48	0.47	0.45	0.47	0.45	0.44					
(F) Recessed (modular) diffuser (43-54)		50													
(F) Shallow ceiling- mounted diffusing panel (40-55)			0.60	0.21	0.18	0.16	0.21	0.18	0.16	0.20	0.18	0.16			
			0.80	0.28	0.24	0.22	0.27	0.24	0.22	0.26	0.24	0.22			
			1.00	0.32	0.29	0.26	0.31	0.28	0.26	0.30	0.28	0.26			
			1.25	0.35	0.32	0.29	0.34	0.31	0.29	0.32	0.30	0.28			
			1.50	0.37	0.34	0.31	0.36	0.33	0.31	0.34	0.32	0.30			
			2.00	0.41	0.37	0.35	0.39	0.37	0.34	0.38	0.36	0.34			
			2.50	0.43	0.40	0.38	0.42	0.39	0.37	0.40	0.38	0.37			
			3.00	0.45	0.42	0.40	0.44	0.41	0.40	0.42	0.40	0.39			
			4.00	0.47	0.44	0.43	0.46	0.44	0.42	0.44	0.42	0.41			
		5.00	0.49	0.46	0.45	0.47	0.46	0.44	0.46	0.44	0.43				

Description of fitting, and Typical Downward Light Output Ratio %	Typical Outline	Basic Down- ward L.O.R. %	Reflection Factor %									
			Ceiling	70			50			30		
			Walls	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Room Index												
(F) Suspended opaque- aided fitting, upward and downward light, diffuser or louver beneath (40-50)		45										
			0.60	0.26	0.24	0.20	0.26	0.22	0.19	0.24	0.20	0.19
			0.80	0.36	0.30	0.28	0.33	0.29	0.26	0.31	0.27	0.24
			1.00	0.41	0.36	0.32	0.37	0.33	0.30	0.34	0.30	0.27
			1.25	0.45	0.41	0.36	0.41	0.37	0.34	0.37	0.33	0.30
			1.50	0.49	0.45	0.40	0.44	0.40	0.37	0.39	0.35	0.33
			2.00	0.55	0.50	0.46	0.48	0.45	0.42	0.42	0.39	0.37
			2.50	0.58	0.53	0.50	0.51	0.48	0.45	0.45	0.42	0.40
			3.00	0.60	0.56	0.53	0.53	0.50	0.48	0.47	0.44	0.42
			4.00	0.63	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.48	0.46	0.44
5.00	0.65	0.62	0.60	0.57	0.55	0.53	0.50	0.48	0.46			
(F) Plastic trough, louvered (45-50)		50										
			0.60	0.26	0.22	0.19	0.25	0.21	0.19	0.24	0.20	0.18
			0.80	0.34	0.29	0.26	0.32	0.28	0.25	0.31	0.27	0.24
			1.00	0.39	0.34	0.30	0.36	0.32	0.29	0.34	0.31	0.28
			1.25	0.43	0.38	0.34	0.39	0.36	0.33	0.37	0.34	0.31
			1.50	0.46	0.41	0.37	0.42	0.39	0.36	0.39	0.36	0.33
			2.00	0.50	0.46	0.43	0.43	0.42	0.40	0.43	0.39	0.37
			2.50	0.53	0.49	0.46	0.49	0.46	0.43	0.45	0.42	0.40
			3.00	0.55	0.51	0.49	0.51	0.48	0.46	0.47	0.45	0.43
			4.00	0.58	0.54	0.52	0.53	0.51	0.49	0.48	0.47	0.45
5.00	0.60	0.57	0.55	0.55	0.53	0.51	0.50	0.48	0.47			
(F) Plastic trough unlouvered		70										
			0.60	0.33	0.28	0.25	0.32	0.26	0.25	0.31	0.27	0.25
			0.80	0.42	0.37	0.33	0.41	0.36	0.33	0.40	0.36	0.33
			1.00	0.48	0.43	0.38	0.46	0.42	0.38	0.45	0.42	0.38
			1.25	0.52	0.47	0.43	0.50	0.46	0.42	0.49	0.45	0.42
			1.50	0.56	0.51	0.47	0.54	0.50	0.46	0.52	0.48	0.45
			2.00	0.62	0.56	0.53	0.58	0.55	0.51	0.56	0.52	0.50
			2.50	0.65	0.60	0.57	0.61	0.58	0.55	0.59	0.56	0.53
			3.00	0.67	0.63	0.60	0.64	0.61	0.58	0.62	0.59	0.56
			4.00	0.70	0.66	0.64	0.67	0.64	0.61	0.64	0.62	0.59
5.00	0.73	0.69	0.67	0.69	0.67	0.64	0.66	0.64	0.62			
(T) Near-spherical diffu- sar, open beneath(50)		50										
			0.60	0.28	0.22	0.18	0.25	0.20	0.17	0.22	0.18	0.16
			0.80	0.39	0.30	0.26	0.33	0.28	0.23	0.27	0.25	0.22
			1.00	0.43	0.36	0.32	0.38	0.34	0.29	0.31	0.29	0.26
			1.25	0.48	0.41	0.37	0.42	0.38	0.33	0.34	0.32	0.29
			1.50	0.52	0.46	0.41	0.46	0.41	0.37	0.37	0.35	0.32
			2.00	0.58	0.52	0.47	0.50	0.46	0.43	0.42	0.39	0.36
			2.50	0.62	0.56	0.52	0.54	0.50	0.47	0.45	0.42	0.40
			3.00	0.65	0.60	0.56	0.57	0.53	0.50	0.48	0.45	0.43
			4.00	0.71	0.64	0.61	0.60	0.56	0.54	0.51	0.48	0.46
5.00	0.68	0.68	0.65	0.62	0.59	0.57	0.53	0.50	0.48			

Description of fitting, and Typical Downward Light Output Ratio %	Typical Outline	Basic Down- ward L.O.R. %	Reflection Factor %									
			Ceiling	70			50			30		
			Walls	50	30	10	50	30	10	50	30	10
			Room Index									
(F) Bare lamp on ceiling (F) Batten fitting (60-70)		65										
			0.60	0.29	0.24	0.19	0.27	0.22	0.19	0.24	0.21	0.19
			0.80	0.37	0.31	0.27	0.35	0.30	0.25	0.31	0.28	0.24
			1.00	0.44	0.37	0.33	0.40	0.35	0.31	0.35	0.32	0.29
			1.25	0.49	0.42	0.38	0.45	0.40	0.36	0.39	0.36	0.33
			1.50	0.54	0.47	0.42	0.50	0.44	0.40	0.43	0.40	0.37
			2.00	0.60	0.52	0.49	0.54	0.49	0.45	0.48	0.44	0.41
			2.50	0.64	0.57	0.53	0.57	0.53	0.49	0.52	0.48	0.45
			3.00	0.67	0.61	0.57	0.60	0.57	0.53	0.56	0.52	0.49
			4.00	0.71	0.66	0.62	0.64	0.61	0.57	0.59	0.55	0.52
5.00	0.74	0.70	0.66	0.68	0.64	0.61	0.62	0.58	0.54			
Enclosed plastic diffuser (45-55)		50										
			0.60	0.29	0.24	0.19	0.27	0.22	0.19	0.24	0.21	0.19
			0.80	0.34	0.29	0.26	0.32	0.28	0.25	0.29	0.26	0.24
			1.00	0.40	0.35	0.31	0.37	0.33	0.30	0.33	0.30	0.28
			1.25	0.44	0.39	0.35	0.40	0.36	0.33	0.36	0.33	0.31
			1.50	0.47	0.42	0.38	0.43	0.39	0.36	0.38	0.35	0.33
			2.00	0.52	0.47	0.44	0.47	0.44	0.41	0.41	0.39	0.37
			2.50	0.55	0.51	0.48	0.50	0.47	0.44	0.44	0.42	0.40
			3.00	0.58	0.54	0.51	0.52	0.49	0.47	0.47	0.45	0.43
			4.00	0.61	0.57	0.54	0.55	0.52	0.50	0.49	0.47	0.45
5.00	0.63	0.59	0.57	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47			

گروه اپتومتری روشنا