

تجهيزات مباني (2)

الدكتور المهندس
علاء الدين أحمد حسام الدين

3

- ❖ مقدمة.
- ❖ دراسة خصائص الإنارة الطبيعية.
- ❖ أسس تصميم الإنارة.
- ❖ مصطلحات الإنارة.

في هذا الفصل سنقدم المصطلحات الأكثر أهمية والتي تساعد بشكل كبير على فهم عملية تصميم الإنارة للأماكن الداخلية. وبالطبع هناك العديد من المصطلحات الأخرى الكثيرة، والتي لن نقدمها هنا كونها ثانوية وغير مهمة، أو ربما اسمها يدل عليها، ولا تحتاج لشرح.

تم تصنيف المصطلحات إلى قسمين رئيسيين، وكل له مصطلحاته حسب التالي:

1. مصطلحات كميات الإنارة.

2. مصطلحات عامة.

1. مصطلحات كميات الإنارة:

- a. الفيض الضوئي **Luminous flux**.
- b. مستوى (سوية) الإنارة **Illuminance**.
- c. الشدة الضوئية **Luminous Intensity**.
- d. النصوع **Luminance**.

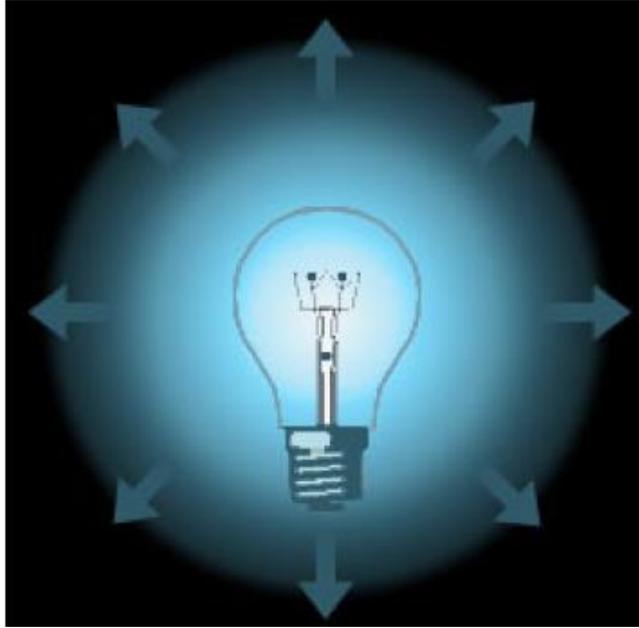
2. مصطلحات عامة.

- a. التجانس **Uniformity**.
- b. التباين **Contrast**.
- c. الوهج **Glare**.
- d. عامل الوهج الموحد **UGR**.

1. مصطلحات كميات الإنارة:

- a. الفيض الضوئي **Luminous flux**.
- b. مستوى (سوية) الإنارة **Illuminance**.
- c. الشدة الضوئية **Luminous Intensity**.
- d. النصوع **Luminance**.

الفيض الضوئي Luminous Flux:



هو كمية الضوء التي يعطيها المنبع الضوئي (المصباح الكهربائي) في جميع الاتجاهات، ويُرمز له بالرمز (Φ) أو بالرمز (F) . ويُقاس بوحدة اللومن (Lumen) التي يُرمز لها بالرمز (Lm) . وهو مهم جداً، فمن خلاله نستطيع اختيار الاستطاعة المناسبة لمصباح معين.

ويتم اختيار الفيض المناسب للمصباح المناسب في التطبيقات، وعادة ما تستخدم القيم التالية بشكل عام:

- ❖ للإضاءة العامة للأسقف ذات الارتفاع المنخفض أقل من 3 m - $(1000-2000\text{ Lm})$.
- ❖ للإضاءة العامة للأسقف ذات الارتفاع المتوسط حتى أقل من 5 m - حتى (5000 Lm) .
- ❖ للإضاءة العامة للأسقف ذات الارتفاع العالي - حتى (15000 Lm) .

وهذه القيم إرشادية، وقد تختلف باختلاف المكان وطبيعة النشاط.

تسمى النسبة بين الفيض الضوئي المنعكس من الجسم إلى الفيض الضوئي الساقط عليه بعامل الانعكاس (Reflection Factor)، ويرمز له بالرمز (ρ) .

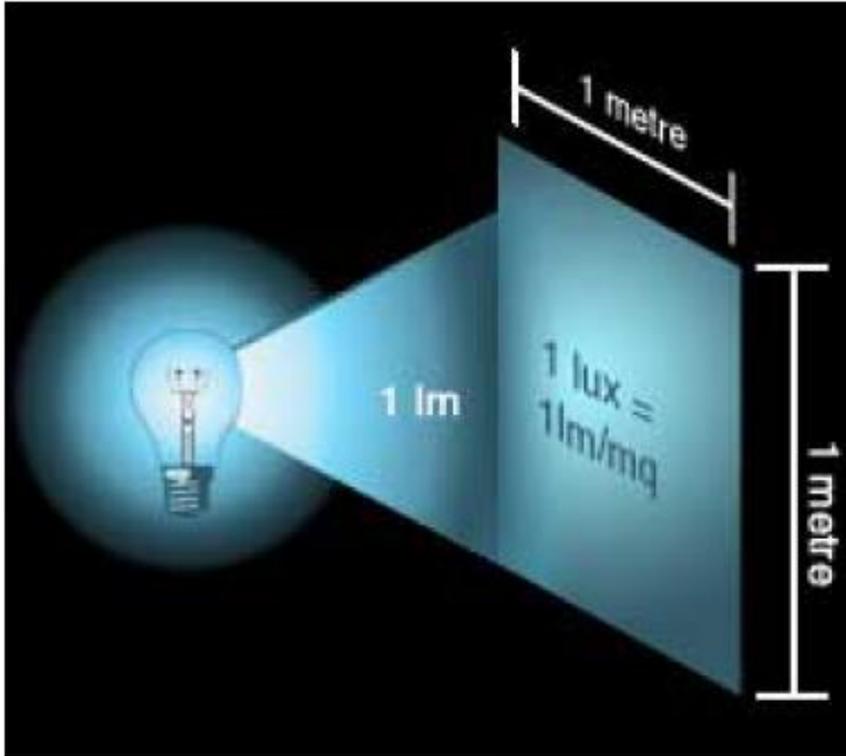
إذا سقط الضوء على سطح شفاف، فإن جزء من الضوء يُمتص، ولكن النسبة الأكبر منه تنفذ عبر السطح وتظهر على الجانب الآخر السطح.

تسمى النسبة بين الفيض الضوئي النافذ لجسم شفاف أو شبه شفاف وبين الفيض الضوئي الساقط عليه بعامل النفاذ (Transmission factor)، ويرمز له بالرمز (τ) .

تسمى النسبة بين الفيض الضوئي الممتص بواسطة الجسم وبين الفيض الضوئي الساقط عليه بعامل الامتصاص (Absorption factor)، ويُرمز له بالرمز (α) .

العلاقة بين عوامل الانعكاس والنفاذ والامتصاص هي: $\rho + \tau + \alpha = 1$

شدة الإنارة (مستوى (سوية) الإنارة) Illuminance:



تعبّر عن كمية الضوء في المكان، وهي كمية الفيض الضوئي الساقطة عمودياً على واحدة المساحة من سطح ما، ويُرمز لها بالرمز (E)، وتقاس بوحدة اللوكس (Lux).
ومن المهم معرفة سوية الإنارة حتى نتمكن من تحديد كمية الضوء المناسبة لمكان معين.

واحدة اللوكس (Lux) تعادل (Lm/m^2). فإذا قلنا أنه في المكاتب نحتاج إلى 500 Lux فإننا نحتاج 500 Lm لكل m^2 من المكتب.

فمثلاً إذا كان لدينا مكتب مساحته 10 m^2 فإننا نحتاج فيض ضوئي مقداره:

$$500[\text{Lux}] \times 10[\text{m}^2] = 5000[\text{Lm}]$$

أما في المكتب الذي مساحته 100 m^2 نحتاج فيض ضوئي مقدارها:

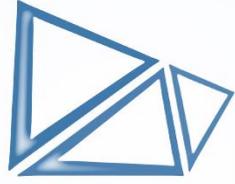
$$500[\text{Lux}] \times 100[\text{m}^2] = 50000[\text{Lm}]$$

بالطبع استخدام قيمة محددة لا تتعلق بالمساحة يجعل الأمر أسهل، لذلك نحن لا نقول بأننا نحتاج إلى $500 [\text{Lm}/\text{m}^2]$ ، فالمكتب الصغير يحتاج $5000 [\text{Lm}]$ والمكتب الكبير يحتاج $50000 [\text{Lm}]$ ، بل نقول أن كلا المكتبين له نفس سوية الإنارة، وهو $500 [\text{Lux}]$.

إن دقة المعلومات وصغر حجمها يجعلنا نحتاج إلى إنارة عالية. فمثلاً الشخص الذي يعمل في صناعة الساعات يحتاج إلى مستو عال من الإنارة يصل إلى **[Lux] 3000**، ونفس الشيء ينطبق على طبيب الأسنان، أما الممر فإننا لا نريد أن نرى أشياء صغيرة، وإنما نريد التنقل من مكان لآخر، فلذلك نحن لا نحتاج أكثر من **[Lux] 100**. وتعطي المواصفات العالمية كمية الضوء التي يُنصح بها على سطح العمل لأماكن مختلفة، وذلك حسب نوع النشاط. ويبين الجدول كمية الضوء على سطح العمل للعديد من التطبيقات:

شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته	شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته
500	<u>صناعات كهربائية</u> - لف وشائع	300	البان واجيان تعبئة زجاجات الحليب
1500	<u>ورشات تجميع</u> - أعمال دقيقة		
2000	- أعمال دقيقة جداً		
1000	- التعبير والمراقبة	300	<u>صناعة المعجنات</u> - مناطق العمل العامة
		500	- الديكور، المراقبة
	<u>ورشات أعمال زجاجية</u>		
200	- غرف ومراكز الخلط	200	<u>معامل الحفظ والتعليب</u> - مناطق العمل الداخلية
300	- التشكيل، النفخ	300	- تقطيع ، مزج
500	- الديكور	500	- تعبئة ، تغليف
750	- النقش بالحموض	500	-غرف التحكم والمراقبة
		750	- المخابر
	<u>معامل جلود</u>	1000	- تحضير الألوان
750	- الضغط، التلميع		
1000	- القص والخياطة		
1500	- أنصنيف، المطابقة		
	<u>معامل النسيج</u>	300	<u>معامل شوكولا</u> - مناطق العمل العامة
300	- التمشيط، النفش	500	- الديكور، المراقبة
500	- اللف ، الغزل		
750	- نسيج بسيط	300	<u>المصابغ (تنظيف)</u> - غسيل
1000	- نسيج صوفي	500	- تجهيز اللائحة، التأشير
1500	- المراقبة	500	- طوي، تصنيف
		1000	-كوي يدوي دقيق
	<u>ورشات نجارة</u>		
200	- ورشات النشر والقطع		<u>معامل الورق</u>
750	- التجهيز والإنهاء والمراقبة	300	- صالات التصنيع

شدة الإنارة (لوكس)	الموقع المراد إنارته	شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته
	<u>المكاتب</u>		
300	- غرف الاجتماعات والمؤتمرات		<u>المنازل:</u>
500	- مكاتب عادية		- غرف النوم
1000	- مكاتب رسم أو تخطيط	50	إنارة عامة
	<u>المدارس:</u>	200	إنارة موضعية فوق الرأس
300	- صفوف تدريس، قاعات محاضرات		- الحمامات
		100	عامّة
500	- مخابر، مكتبات، غرف مطالعة	500	عند المرأة
		100	غرف المعيشة
500	- غرف فنون	100	عامّة
		500	للقراءة، الخياطة ...
	<u>المحلات والمخازن</u>	100	- الأدراج
			- المطابخ
300	- حلويات	300	عامّة
500	- خدمة ذاتية	500	أماكن العمل
750	- مخازن (سوبر ماركت)	300	- غرف العمل
500	- غرف عرض		
	<u>المتاحف وصلات المعارض</u>		
	إنارة عامة لمعرضات	300	<u>الضادق</u>
150	حساسة للضوء	200	- البهر - الاستقبال
	إنارة عامة لمعرضات غير حساسة للضوء	500	- غرف الطعام
300			- المطابخ
		100	- غرف النوم والحمامات
		300	عامّة
			موضعية
	<u>المسارح</u>		<u>دور السينما</u>
100	- الصالة	50	- الصالة
200	- الردهات	150	- الردهات



جامعة
المنارة

MANARA UNIVERSITY

شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته	شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته
	المشافي		بيع آلات وتجهيزات
200	- الممرات نهاراً	300	- آلات كبيرة
70	- الممرات مساءً	500	- آلات متوسطة
5	- الممرات ليلاً	750	- آلات دقيقة
	غرف المرضى:	1000	- آلات دقيقة جداً
100	- إضاءة عامة	2000	- آلات دقيقة أكثر دقة
200	- إضاءة للقراءة		
5	- إضاءة مسائية		أعمال الطباعة
5	- إضاءة مناوبة		- آلات الطباعة والتجليد
	الفحوص - المعالجة:	500	- ورشات يدوية
300	- إضاءة عامة	750	- النقش، التدقيق
1000	- إضاءة موضعية	1000	
	قسم العناية المشددة		الأدوات المنزلية
300-100	- إضاءة عامة	150	- مستودعات تخزين
	- إضاءة موضعية، إذا كانت	300	- تغليف وتعبئة
1000	ضرورية.		
	مخابر:		مؤسسة البريد والهاتف
700	- إضاءة عامة	300	- إضاءة الطاولات
1000	- إضاءة موضعية	500	- استلام المراسلات
	العيادات السنية:		محطات القطارات والحافلات
300	- إضاءة عامة		- قاعة الانتظار
1000	- جراحة بشكل عام	200	- محاسب البطاقات
5000	- فجوة الفم	500	- تفتيش الأمتعة
	حجرات العمليات	200	- الأورقة
		100	- ممرات لعربات المحطة
1000	- إضاءة عامة	100	- مغاسل (W.C)
2000	- مكان العملية	200	
على الأقل			



سطح العمل يختلف باختلاف النشاط

تحقيق مستوى الإنارة حسب المواصفات العالمية أو المحلية لا يعني أن الإنارة جيدة، إنما يعني أن الإنارة كافية. فمستوى الإنارة لا يعبر عن جودة الإنارة وإنما يعبر عن كمية الإنارة.



إنارة مباشرة (أجهزة لها عاكس)



إنارة مباشرة منتشرة (أجهزة لها ناشر)



إنارة غير مباشرة

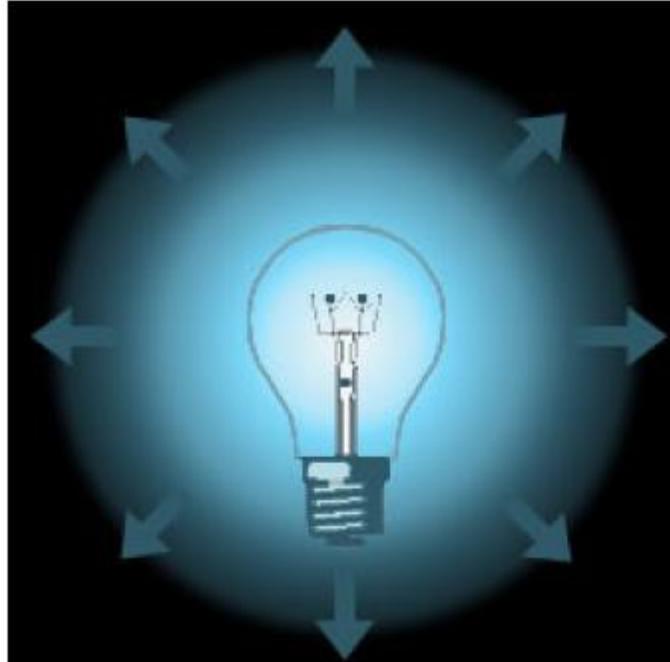


إنارة مباشرة (Down light)

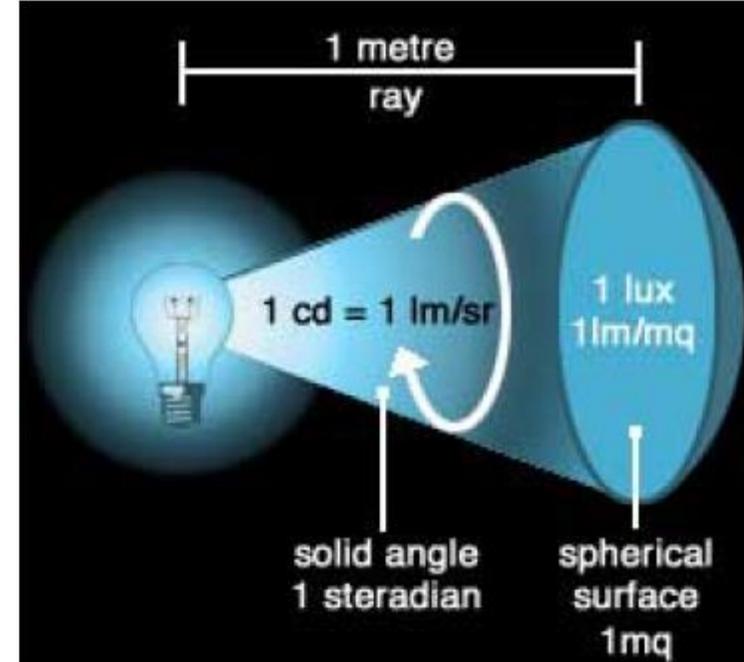
في المثال التالي نلاحظ مكتب تمت إنارته بـ **500 Lux** بعدة طرق مختلفة، حيث نلاحظ أن هناك فرق واضح في نوعية الإنارة تؤثر على النشاط والراحة النفسية وجاذبية المكان، لذلك من الخطأ الاعتماد حصرياً على مستوى الإنارة مثل ما هو شائع عند العديد من المهندسين. ولا بد من أخذ العوامل السابقة بالحسبان.

الشدة الضوئية Luminous Intensity:

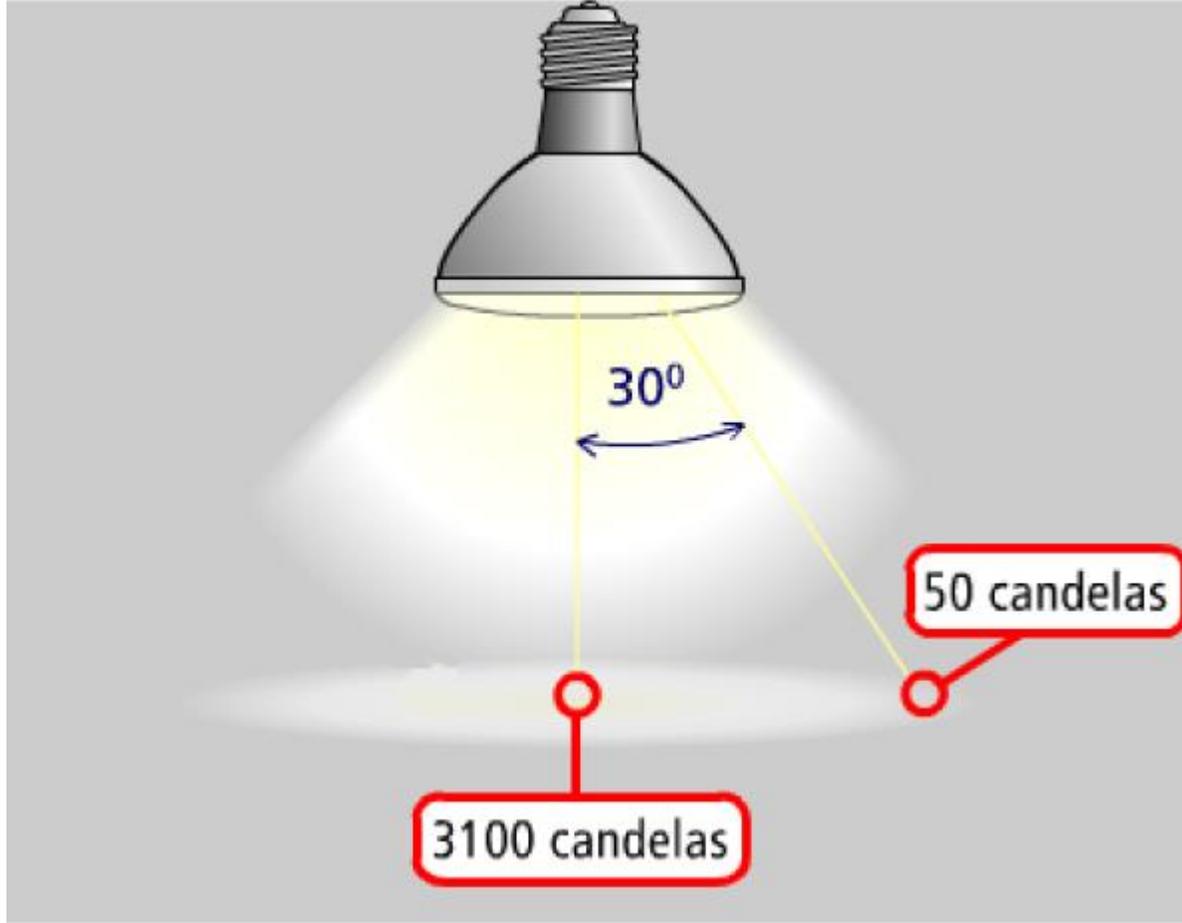
هي قدرة المنبع الضوئي على انبعاث الفيض الضوئي (Φ) في وحدة الزاوية المجسمة في اتجاه معين. وهي تعبر عن كمية الضوء في اتجاه محدد. فبينما يعبر الفيض الضوئي عن كمية الضوء في كافة الاتجاهات، فإن الشدة الضوئية تكون في اتجاه محدد. ويُرمز لها بالرمز (I)، وتقاس بوحدة الكانديلا (Candela) (cd).



الفيض الضوئي هو كمية الضوء في كافة الاتجاهات



الشدة الضوئية هي كمية الضوء في اتجاه معين



تبرز أهمية الشدة الضوئية في الإنارة
المركزة، حيث أننا نريد معرفة قوة
الضوء في اتجاه معين. فمثلاً المصباح
المبين بالشكل تبلغ شدته الضوئية في
الزاوية صفر (تحتة مباشرة) 3100 Cd
بينما عند الزاوية 30° فتساوي 50 Cd .

يمكن تشبيه الحالة السابقة بخرطوم ماء يتدفق منه الماء بكمية معينة. فإذا قمنا بالضغط على هذا الخرطوم فإن الماء سيصل لمنطقة أبعد مع أن كمية تدفق الماء ستكون متساوية في الحالتين، ولكن ضغط الماء جعله مركزاً أكثر.

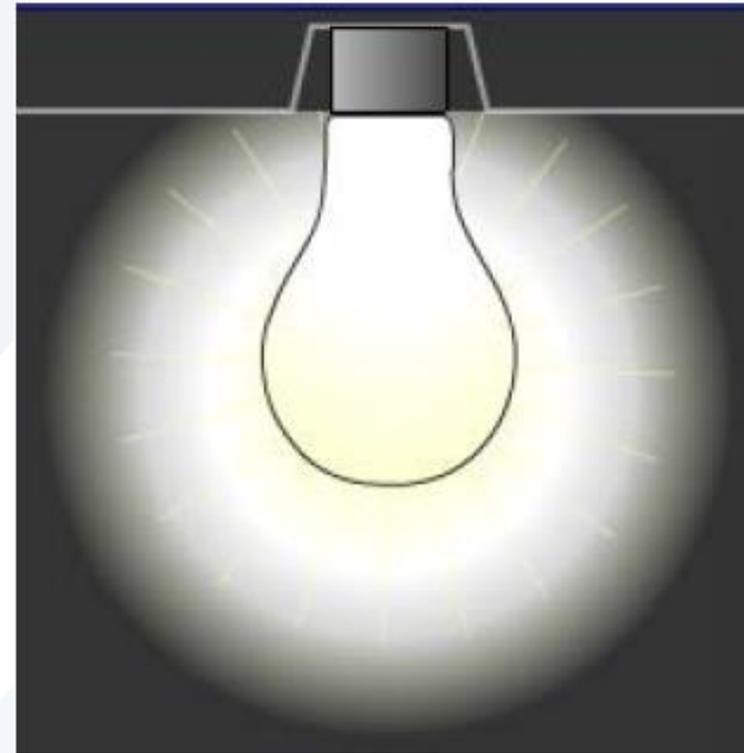


يمكن تشبيه التدفق (الفيض) الضوئي بكمية الماء، بينما ضغط الماء يشبه بالشدة الضوئية. فقد تتساوى كمية الماء، ولكن الضغط يكون مختلف. ونفس الشيء قد يتساوى الفيض الضوئي لمصباحين، بينما تختلف شدتهما الضوئية.

هناك نوع من المصابيح يعطي الضوء في جميع الاتجاهات، بينما هناك نوع يعطي الضوء في اتجاه محدد لوجود عاكس له. وطبعاً المصباح ذو العاكس تكون شدته الضوئية أقوى، فالعاكس يعمل عمل الضغط على خرطوم الماء



المصباح ذو العاكس ينشر الضوء بزاوية معينة



مصباح ينشر الضوء في جميع الاتجاهات

دائماً تكون الشدة الضوئية أعلى للأجهزة أو المصابيح التي لها حزمة ضيقة وذلك لنفس كمية الفيض الضوئي.



النصوع (الوضوح) (السطوع) Luminance:

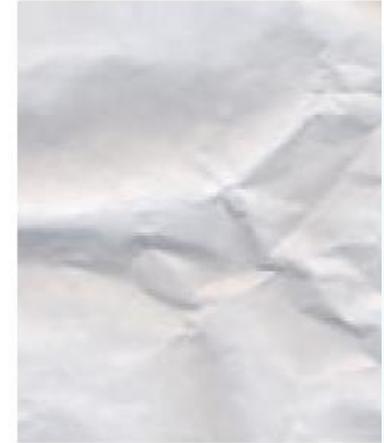
هو ما تراه العين من مقدار نصوع الضوء. فقد تكون بعض العناصر أكثر نصوعاً من أخرى. ويقاس بوحدة $[cd/m^2]$.

ويعرف النصوع لسطح مضيء أو سطح عاكس بأنه عبارة عن الشدة الضوئية لهذا السطح في اتجاه معين مقسوماً على مساحته الحقيقية أو الظاهرية أي مساحته المسقطه كما ترى من هذا الاتجاه . أي أن النصوع يمثل كثافة الشدة الضوئية في اتجاه معين، ويُرمز له بالرمز (L). ويُعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$L = \frac{I [cd]}{A [cm^2]} [cd/cm^2]$$

حيث: L – الوضوح أو النصوع، I – شدة الإنارة، A – المساحة الحقيقية.

لتوضيح هذا المصطلح نفرض أن **500 Lux** تسقط على ورقة بيضاء وسوداء في نفس الوقت. في هذه الحالة فإن العين ترى ان الورقة البيضاء هي اكثر نصوصاً من السوداء بالرغم من أن مستوى الإنارة هو نفسه في الحالتين.



ترى العين العناصر الفاتحة أكثر نصوصاً من الغامقة عن نفس سوية الإنارة

فتكون كمية النصوص التي تراها العين من الورقة البيضاء هي **100 cd/m²** أما الورقة السوداء فتكون كمية النصوص هي **10 cd/m²**.



لو فرضنا أنه يوجد سوية إنارة مقدارها $200 [Lux]$ على طاولة مكتب لونها بيج، فنجد أن النصوع على الورقة البيضاء يكون أكثر من الطاولة، والسبب هو إنعكاس الضوء من الورقة البيضاء يكون أكبر.

هذا المصطلح (النصوع) هو أحد أهم المصطلحات في علم الإنارة، لأنه في الحقيقة هو ما تراه العين، وما تحس به. ويعد أهم مصطلح على الإطلاق في تصميم إنارة يعتمد على الجودة. فبمعرفته يستطيع المصمم تحديد نصوع الإنارة لجميع العناصر الموجودة في المكان، وجعل المكان ملائم.

لمعرفة أهمية هذا المصطلح في تصميم الإنارة نقدم هذا المثال الذي يعتمد على الألوان التمثيلية لقيم مستوى الإنارة وقيم نصوعها.

لتكن لدينا هذه الغرفة المبينة بالشكل، ولنحدد اعتماداً على الألوان التمثيلية قيم مستوى ونصوع الإنارة.

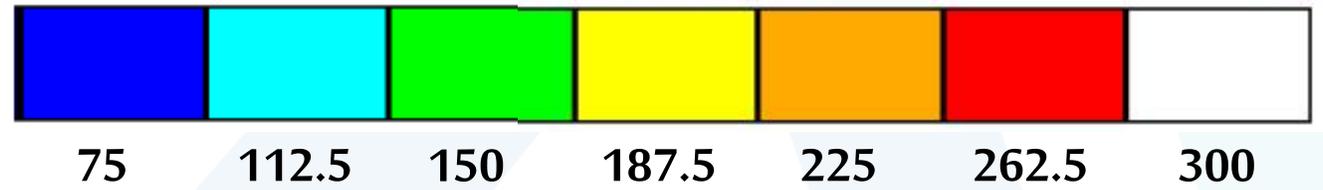
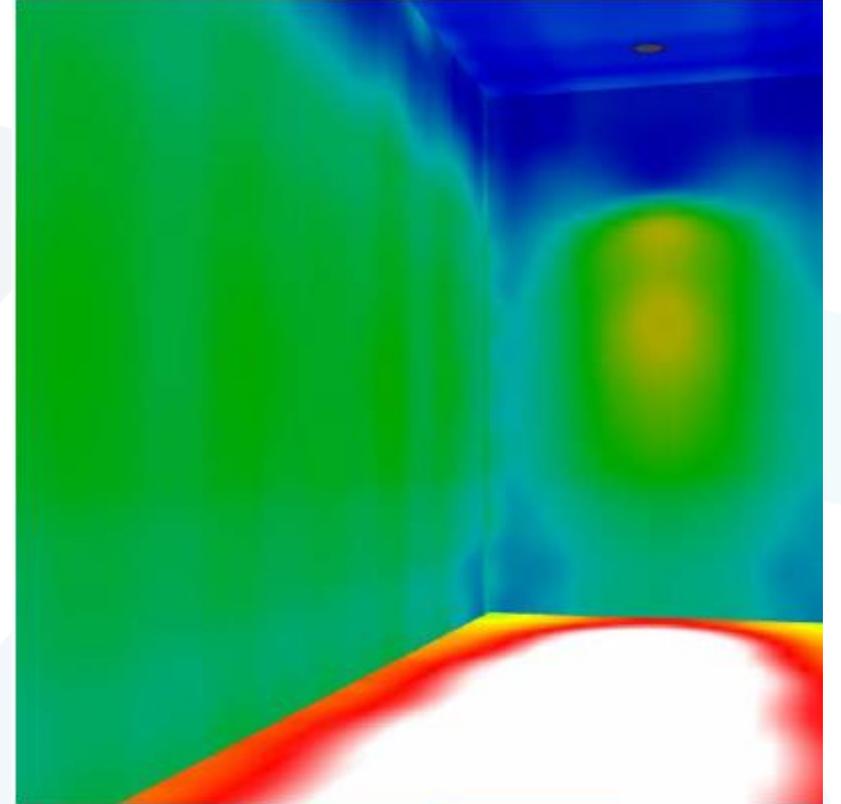
نلاحظ أن أرضية الغرفة رمادية داكنة وجدرانها بيج فاتح، وما نريد معرفته هو أي الأسطح أكثرها من حيث مستوى الإنارة وأيها أكثر نصوعاً، وذلك باستخدام البرامج الحاسوبية، ($E=300 \text{ Lux}$) للغرفة.

ربما يكون واضحاً لدينا هنا بأن الجدار هو أكثر نصوعاً من الأرضية ولننظر إلى نتائج حسابات برنامج حساب الإنارة التالية:



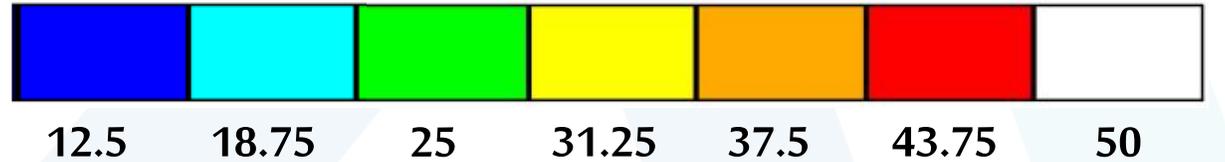
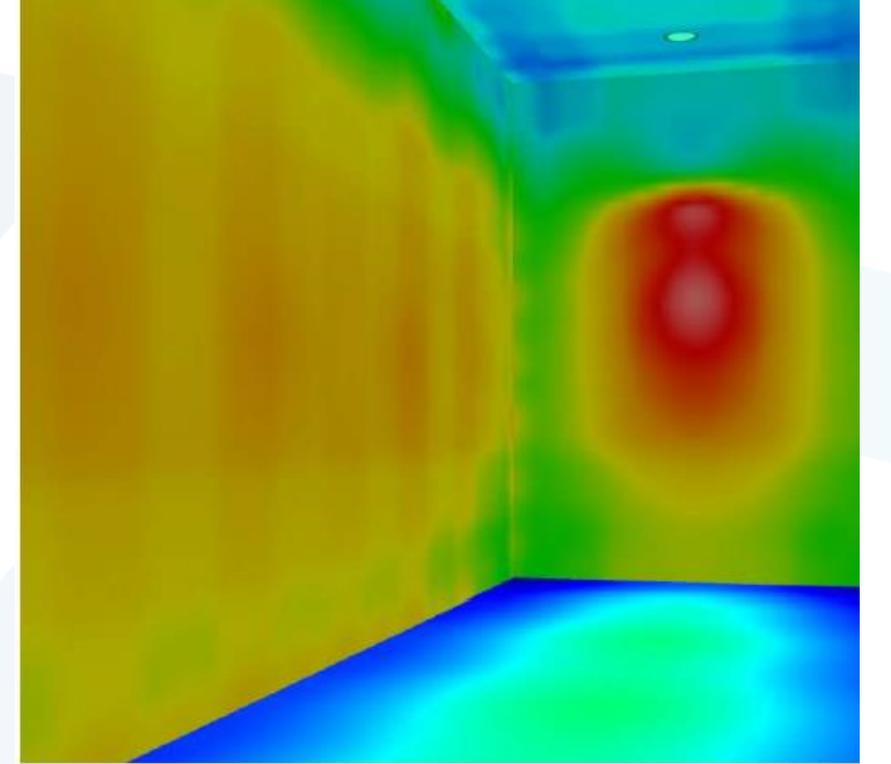
نتائج سوية الإنارة [Lux]:

نلاحظ أن الأرضية عليها كمية أعلى من الضوء. فسوية الإنارة عليها يبلغ **300 Lux**، بينما الجدار كانت سوية الإنارة عليه بحدود **150 Lux** أي نصف كمية الضوء على الأرضية.



نتائج نصوص الإنارة [Cd/m^2]:

نلاحظ أن الجدار الجانبي له لون بين البرتقالي والأحمر، لذلك نجد به خطوط حمراء، وكمية النصوص بحدود $40\text{cd}/\text{m}^2$ ، أما الأرضية فنصوعها أقل من $20\text{cd}/\text{m}^2$



يتم تحديد قيم النصوص بالاعتماد على مستوى الإنارة أو العكس من العلاقة التالية:

سوية الإنارة × عامل الانعكاس

= النصوص

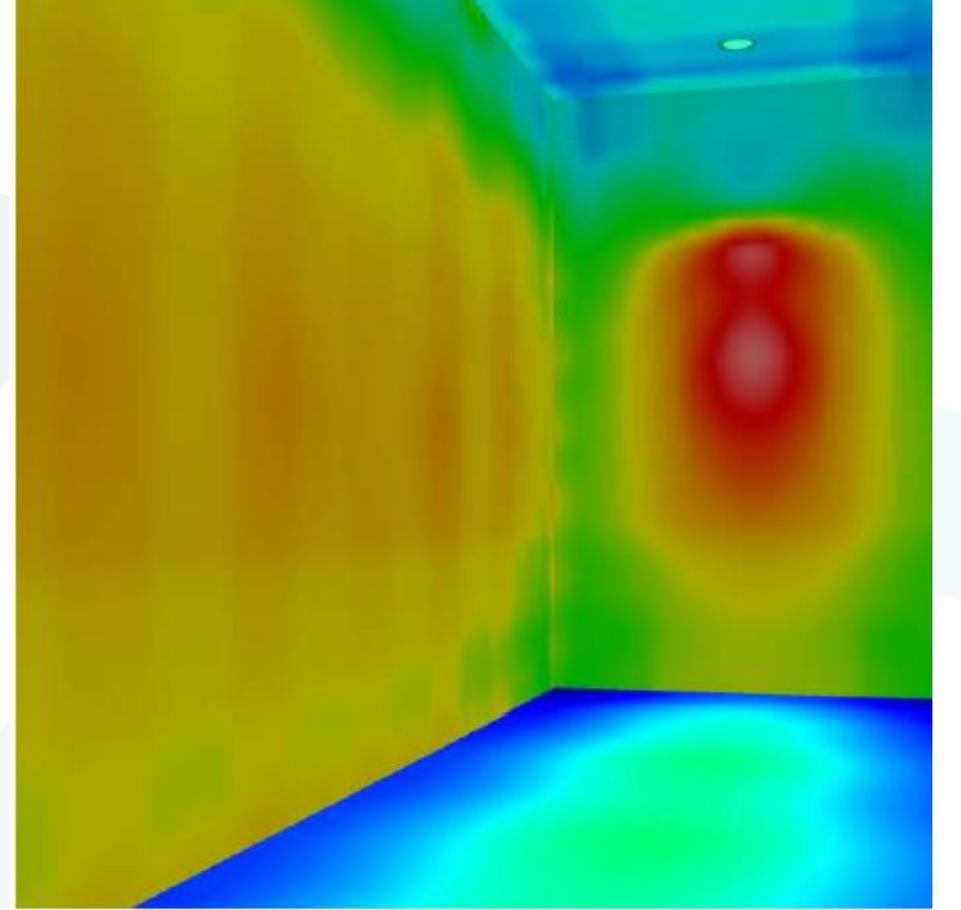
π

النتائج السابقة:

الجدران	الأرضية	
150 lux	300 lux	سوية الإنارة
40 cd/m ²	20 cd/m ²	النصوص
بيج فاتح	رمادي داكن	لون السطح
77 %	18 %	عامل الإنعكاس

النتيجة

يظهر من النتائج أن سوية الإنارة هو معيار غير مناسب لما تراه العين، ولا يعني أن المستوى الأعلى من الإنارة تراه العين أكثر نصوعاً، ففي الغرفة شاهدنا ان الجدار تراه العين أكثر نصوعاً بمقدار الضعف مع أن كمية الإنارة عليه هي نصف ما على الأرضية.



12.5

18.75

25

31.25

37.5

43.75

50

والسؤال: إذا كان النصوص مهم جداً لأنه يعبر عما تراه العين فلماذا توصي المواصفات العالمية بحساب مستوى الإنارة وليس النصوص؟

المواصفات العالمية تضع قيم مستوى الإنارة لسطح العمل والذي يكون سطح افتراضي فمثلاً نحن نعرف أن المكان هو مكتب مثلاً وأن ارتفاع الطاولة **75 cm** ولكن لا نعلم ما هو لونها وما هو لون العناصر الأخرى التي ستستخدم في ذلك المكان. لذلك تم وضع سوية الإنارة وليس مستوى النصوص، ولكن عدم وضع المواصفات العالمية لهذه القيم لا يعني إهمال هذا العامل فكلما توفرت لدينا معلومات أكثر عن المكان كلما كان اختيار نوع الإنارة المناسب أسهل لنا. ففي الشوارع مثلاً وبما أن لها لون ثابت معروف مسبقاً فإن المواصفات العالمية تطلب مستوى النصوص **[cd/m²]** وليس مستوى الإنارة **[Lux]**.

نصوع المصباح (المنبع الضوئي) لا يحدد مستوى قوة الإنارة التي يعطيها، فمثلاً القمر له نصوع بحدود $2500 \text{ [cd/m}^2\text{]}$ ولكن الإنارة الناتجة عنه لا تتجاوز 1 [lux] . كذلك الأمر بالنسبة للإشارات الضوئية في الطرقات والتي يمكن رؤيتها عن بعيد، ولكنها لا تعطي إنارة، وأيضاً النجوم اللامعة من مسافات بعيدة جداً إلا أنها لا تعطي إنارة.

معرفة مصطلح النصوع مهم جداً سواء أكان لانعكاس الضوء او لمصدر ضوئي.

الحسابات الهندسية للإنارة الداخلية

طرق حساب الإنارة الداخلية

تستخدم في حسابات الإنارة الداخلية ثلاث طرق هي:

1. طريقة اللومن: حساب الإنارة الوسطية.

2. طريقة عامل الاستخدام (الطريقة المبسطة):

يتم تحديد شدة الإنارة المناسبة ثم حساب الفيض الكلي اللازم وبعد اختيار نوع المصباح والجهاز المناسب يتم حساب عدد أجهزة الإنارة اللازمة.

3. حساب الانارة باستخدام برامج حاسوبية خاصة: (Dialux , Calculux , Nardeen)

1. طريقة اللومن:

تعد هذه الطريقة من أكثر الطرق شيوعاً، وتأخذ بالحسبان الانعكاسات الضوئية الناتجة عن الجدران والسقف والأرض، وعامل الصيانة الدورية للتجهيزات .

تتميز هذه الطريقة بأنها سهلة وتعطى مباشرة الإنارة الوسطية.

لإجراء الحسابات بهذه الطريقة يتم اتباع الخطوات التالية:

أ- يتم اختيار سوية الإنارة الوسطية حسب أحد النظم العالمية أو الوطنية المعروفة وذلك وفقاً لفئة المكان ووظيفته. يمكن استخدام الجداول التالية:

شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته	شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته	شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته	شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته	شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته	شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته
200	المشافي - الممرات نهراً	300	بيع آلات وتجهيزات - آلات كبيرة	500	صناعات كهربائية - لف وشائع	300	البيان واجبان تعينة زجاجات الحليب	300	المكاتب - غرف الاجتماعات والمؤتمرات	50	المنازل: - غرف النوم
70	- الممرات مساءً	500	- آلات متوسطة	1500	ورشات تجميع - أعمال دقيقة	500	صناعة المعجنات - مناطق العمل العامة	500	- مكاتب عادية	200	- إنارة عامة
5	- الممرات ليلاً	750	- آلات دقيقة جداً	2000	- أعمال دقيقة جداً	300	- مناطق العمل العامة	1000	- مكاتب رسم أو تخطيط	300	- إنارة موضعية فوق الرأس
100	غرف المرضى: - إضاءة عامة	1000	- آلات دقيقة أكثر دقة	1000	- التعبير والمراقبة	500	- الديكور، المراقبة	300	المدارس: - صفوف تدريس، قاعات	100	- الحمامات
200	- إضاءة للقراءة	2000	أعمال الطباعة - آلات الطباعة والتجليد	200	ورشات أعمال زجاجية - غرف ومراكز الخلط	500	معامل الحفظ والتعليب - مناطق العمل الداخلية	300	- محاضرات	500	- حمامات عامة
5	- إضاءة مسائية	500	- ورشات يدوية	300	- تشكيل، النفخ	300	- تقطيع، مزج	500	- مخابر، مكاتب، غرف مطالعة	500	- عند المرأة
5	- إضاءة متناوبة	750	- النقش، التدقيق	500	- الديكور	500	- تعبئة، تغليف	500	- غرف فنون	100	- غرف المعيشة
300	الفحوص - المعالجة: - إضاءة عامة	1000	الأدوات المنزلية - مستودعات تخزين	750	معامل جلود - الضغط، التلميع	500	- غرف التحكم والمراقبة	500	المحلات والمخازن - حلويات	500	- حمامات عامة
1000	- إضاءة موضعية	150	- تغليف وتعينة	1000	- القص والخياطة	1000	- المخابر	300	- مخازن (سوبر ماركت)	500	- أماكن العمل
300-100	قسم العناية المشددة - إضاءة عامة	300	مؤسسة البريد والهاتف - إضاءة الطاولة	1500	معامل النسيج - التمشيط، النفش	300	معامل شوكولا - مناطق العمل العامة	500	- مخازن (سوبر ماركت)	300	- غرف العمل
1000	- إضاءة موضعية، إذا كانت ضرورية.	500	- استلام المراسلات	300	معامل النسيج - التمشيط، النفش	500	- الديكور، المراقبة	750	- مخازن (سوبر ماركت)	500	- غرف العمل
700	مخابر: - إضاءة عامة	300	محطات القطارات والحافلات - قاعة الانتظار	500	المصايغ (تنظيف) - غسيل	150	المصايغ (تنظيف) - تجهيز اللانحة، التأشير	500	- مخازن (سوبر ماركت)	300	- غرف العمل
1000	- إضاءة موضعية	500	- محاسب البطاقات	750	- نسيج بسيط	500	- تجهيز اللانحة، التأشير	500	- مخازن (سوبر ماركت)	500	- غرف النوم والحمامات
300	العيادات السنوية: - إضاءة عامة	200	- تفتيش الأمتعة	1000	- نسيج صوفي	500	- طوي، تصفيف	300	- مخازن (سوبر ماركت)	100	- حمامات عامة
1000	- جراحة بشكل عام	500	- الأورقة	1500	ورشات نجارة - ممرات لعربات المحطة	1000	- كروي يدوي دقيق	500	- مخازن (سوبر ماركت)	300	- موضعية
5000	- فجوة الفم	200	- ممرات لعربات المحطة	200	معامل الورق - ورشات النشر والقطع	300	معامل الورق - ورشات النشر والقطع	500	- مخازن (سوبر ماركت)	100	دور السينما - الصالة
1000	حجرات العمليات - إضاءة عامة	100	- مفاصل (W.C)	750	- تجهيز والإنهاء والمراقبة	300	- صالات التصنيع	200	- مخازن (سوبر ماركت)	200	- الردهات
2000	- مكان العملية	200							- مخازن (سوبر ماركت)		
على الأقل									- مخازن (سوبر ماركت)		

ب- يتم حساب عامل المكان أو دليل الغرفة أو قرينة انكسار المكان **Room Index**.

وهو عامل يتعلق بأبعاد الغرفة أو المكان المراد إنارته، ويعطى بالعلاقة التالية:

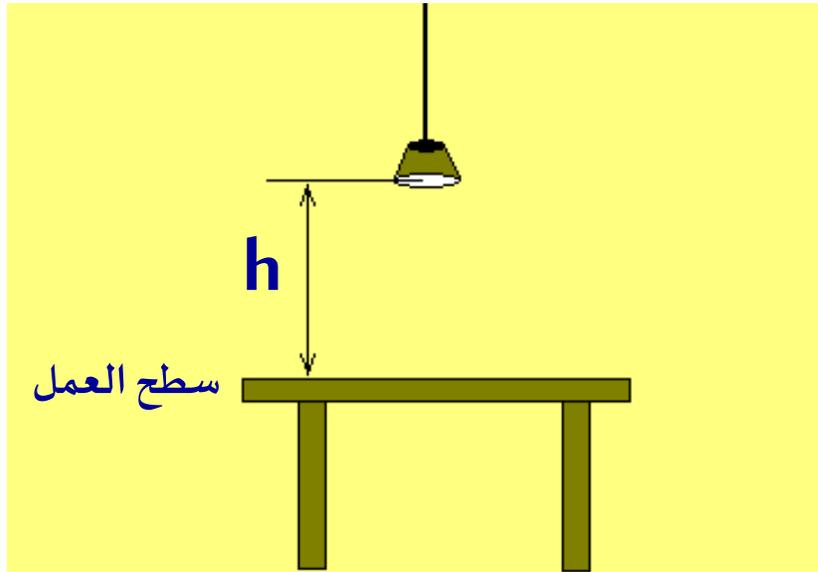
$$K = \frac{l \cdot w}{h \cdot (l + w)}$$

حيث:

l - طول المكان أو الغرفة، [m].

w - عرض المكان أو الغرفة، [m].

h - الارتفاع الهندسي لجهاز الإنارة، [m].



يمثل الارتفاع الهندسي لجهاز الإنارة المسافة بين جهاز الإنارة ومستوى العمل في حالة نظام الإنارة المباشر ونصف المباشر، وبين السقف ومستوى العمل، ويحسب من العلاقة:

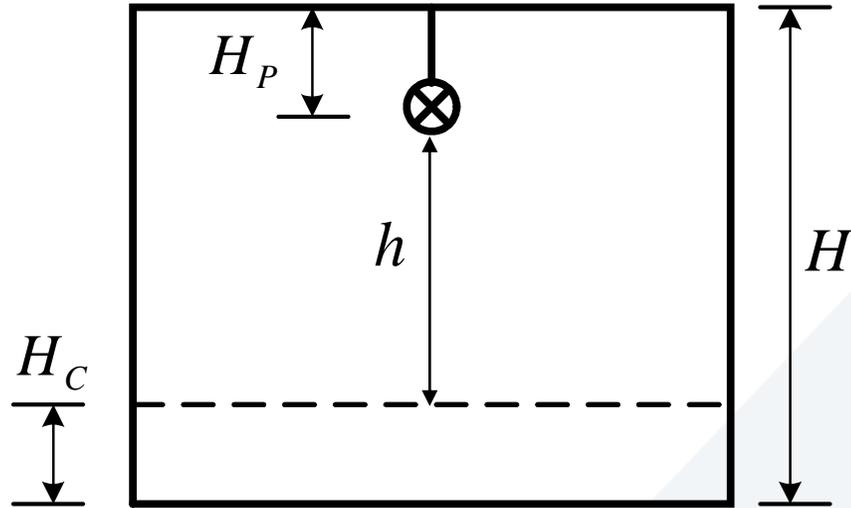
$$h = H - (H_C + H_P)$$

حيث:

H - ارتفاع المكان أو الغرفة، [m].

H_C - ارتفاع مستوى العمل، [m].

H_P - الارتفاع بين السقف وجهاز الإنارة، [m].



ج- حسب عامل المكان يتم تحديد عامل الاستخدام، وعوامل انعكاس الأسقف والجدران والأرض، ويتم تحديد عامل الصيانة.

عامل الاستخدام : (Utilization Factor)

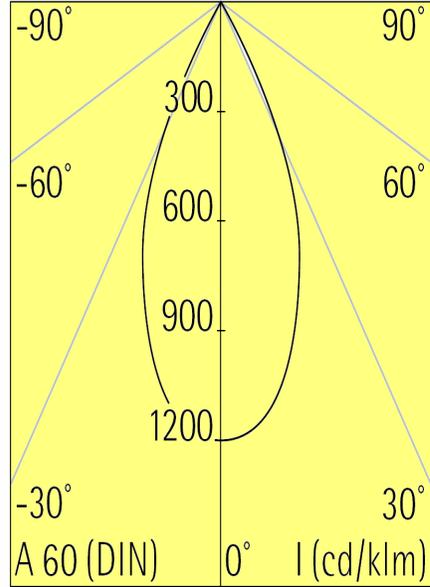
هو النسبة بين الفيض الضوئي الفعال F_n والفيض الضوئي الكلي F لجميع مصادر الإنارة الموجودة، وهو أقل من الواحد دائماً، ويرمز له بالرمز η_R .

يعتمد عامل الاستخدام على عدة عوامل أهمها:

- التوزيع الضوئي للجهاز.
- نسبة الخرج الضوئي للجهاز. Light output ratio.
- الخواص الانعكاسية للسقف والجدران وسطوح العمل وتؤخذ القيم الوسطية لعوامل الانعكاس لغرفة ذات ألوان فاتحة (0.7) للسقف، (0.5) للجدران، (0.3) للأرض.
- أبعاد الغرفة وارتفاع الجهاز عن سطح العمل والتي يتم بموجبيها تحديد عامل المكان، أو دليل الغرفة. K (Room Index)

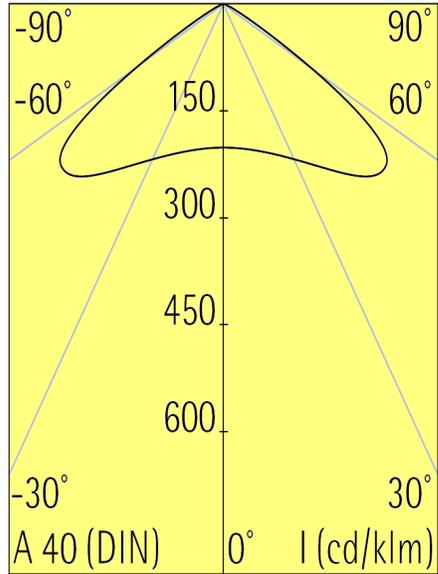
- تعطى عوامل الاستخدام حسب عامل المكان، والخواص الانعكاسية للأسقف والجدران وسطوح العمل، ونوعية الجهاز المستخدم، من خلال جداول خاصة لعدد كبير من الأجهزة النموذجية وهذه هي الطريقة الأسرع.
- كما تعطي الشركات الصانعة جدولاً تفصيلياً لكل جهاز وتؤخذ هذه الجداول عدة أشكال، وتبين الجداول التالية نماذج ما تقدمه الشركات الصانعة لأنواع من أجهزة الإنارة.

عامل الاستخدام لإنارة مباشرة حزمة ضيقة



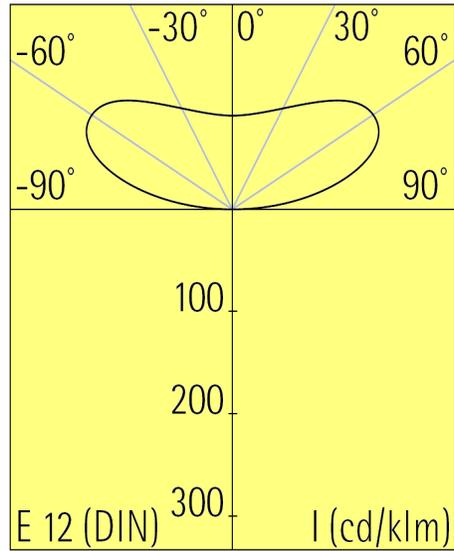
η_R	Q_C	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.20	0.00
	Q_W	0.70	0.50	0.50	0.20	0.20	0.50	0.20	0.20	0.00
	Q_F	0.50	0.20	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
k										
0.60		1.04	0.86	0.84	0.81	0.80	0.84	0.80	0.80	0.78
1.00		1.17	0.95	0.92	0.90	0.88	0.91	0.88	0.87	0.85
1.25		1.26	1.06	0.98	0.98	0.95	0.97	0.95	0.94	0.92
1.50		1.30	1.04	1.00	1.00	0.97	0.99	0.97	0.96	0.94
2.00		1.35	1.07	1.02	1.04	1.00	1.01	0.99	0.98	0.97
2.50		1.38	1.09	1.03	1.06	1.02	1.02	1.01	0.99	0.97
3.00		1.41	1.11	1.05	1.08	1.03	1.03	1.02	1.00	0.99
4.00		1.43	1.11	1.05	1.09	1.03	1.03	1.02	1.00	0.98

عامل الاستخدام لإنارة مباشرة حزمة عريضة



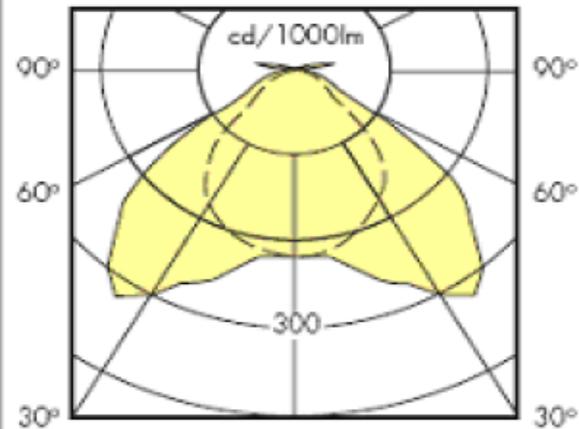
η_R	Q_C	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.20	0.00
	Q_W	0.70	0.50	0.50	0.20	0.20	0.50	0.20	0.20	0.00
	Q_F	0.50	0.20	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
k										
0.60		0.63	0.43	0.42	0.31	0.31	0.41	0.31	0.30	0.26
1.00		0.87	0.63	0.61	0.51	0.50	0.59	0.49	0.49	0.44
1.25		0.99	0.73	0.70	0.62	0.61	0.68	0.60	0.59	0.55
1.50		1.06	0.79	0.76	0.69	0.67	0.74	0.66	0.65	0.61
2.00		1.17	0.88	0.83	0.79	0.76	0.81	0.75	0.73	0.70
2.50		1.23	0.93	0.89	0.86	0.82	0.86	0.81	0.79	0.76
3.00		1.29	0.98	0.92	0.91	0.87	0.90	0.86	0.84	0.81
4.00		1.34	1.02	0.96	0.96	0.91	0.94	0.90	0.88	0.85

عامل الاستخدام لإنارة غير مباشرة حزمة عريضة



η_R	Q_C	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.20	0.00
	Q_W	0.70	0.50	0.50	0.20	0.20	0.50	0.20	0.20	0.00
	Q_F	0.50	0.20	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
k'										
0.60		0.27	0.14	0.14	0.07	0.07	0.11	0.05	0.03	0
1.00		0.43	0.25	0.25	0.15	0.15	0.19	0.11	0.05	0
1.25		0.50	0.31	0.30	0.20	0.20	0.23	0.14	0.07	0
1.50		0.56	0.36	0.35	0.25	0.24	0.26	0.18	0.08	0
2.00		0.65	0.43	0.42	0.32	0.31	0.30	0.22	0.10	0
2.50		0.71	0.49	0.47	0.38	0.37	0.34	0.26	0.11	0
3.00		0.76	0.53	0.51	0.43	0.41	0.36	0.29	0.12	0
4.00		0.82	0.58	0.55	0.49	0.47	0.40	0.34	0.14	0

Cat. No. BAL224Z



LOR: 0.72
ULOR: 0.04
DLOR: 0.68

SHR nom: 2.00
SHR max: 2.00

Utilisation factors / TM5

Reflectances			Room Index									
C	W	F	0.75	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	
70	50	20	42	50	55	59	64	67	69	72	74	
	30		37	45	50	54	60	63	66	69	72	
	10		33	41	47	51	56	60	63	67	70	
50	50	20	41	48	53	56	61	64	66	69	70	
	30		36	44	49	53	58	61	63	66	68	
	10		33	40	46	49	55	58	61	64	67	
30	50	20	39	46	51	54	58	61	63	65	67	
	30		35	43	48	51	56	59	61	64	65	
	10		32	40	45	48	53	56	59	62	64	
0	0	0	30	37	42	46	50	53	55	58	60	
BZclass			4	4	4	4	4	4	4	4	4	

عامل الصيانة: Maintenance Factor

نتيجةً لتجمّع الغبار والدخان والأوساخ على المصابيح فإن الضوء الصادر منها يصبح أقل، كذلك فإن اتساخ الجدران والسقف يؤدي إلى نقصان الضوء المنعكس منها.

يعرّف عامل الصيانة η_F بأنه النسبة بين متوسط شدة الإنارة على سطح العمل عند الشروط العادية، وبين متوسط شدة الإنارة عندما تكون التركيبات نظيفة تماماً.

يعبر هذا العامل عن مدى الصيانة الدورية التي يمكن تنفيذها، كما يتعلق بكتامة الجهاز ضد الغبار وحسب نظافة المكان ومدى التلوث في أجواء المنشأة، وتتراوح قيمة عامل الصيانة بين 0.5 و 0.8.

د- وفقاً لما سبق يتم حساب الفيض الضوئي الكلي اللازم من العلاقة:

$$\Phi_{\text{tot}} = \frac{E \cdot A}{\eta_R \cdot \eta_F} [\text{lum}]$$

حيث:

-E سوية الإنارة، [Lux=Lm/m²].

-A مساحة المكان، [m²].

- η_R عامل الاستخدام.

- η_F عامل الصيانة.

الفيض الضوئي لمصابيح الفلوريسانت.

تركيب المصباح	استطاعة المصباح		الفيض الضوئي حسب درجة اللون lm	المردود الضوئي مع وجود وشيعة lm W ⁻¹
	بدون وشيعة W	مع وشيعة W		
مصباح مستقيم	4	10	120	12
	6	12	220-240	18-20
	8	14	310-350	22-25
	10	14	460-480	33-34
	13	19	500-650	26-34
	15	19.5	580-600	30-31
	16	21	750-900	36-43
	20	25	800-1230	28-49
	25	32	1150-1720	36-54
	30	39	1500-1900	38-49
40	51	1750-2600	28-51	
65	78	2600-4800	33-62	
مصباح حرف U	16	21	720-920	34-44
	20	25	830-1000	33-40
	40	50	1850-2700	37-54
	65	78	3300-4050	42-52
مصباح دائري	22	27	980-1100	36-41
	32	42	1500-1900	36-45
	40	50	2150-2700	43-54

هـ - يتم اختيار نوع أجهزة الإنارة المراد استخدامها وقيمتها الضوئية Φ_L من الجداول التالية:

استطاعة المصباح W	الفيض الضوئي at 225 V lm	المردود الضوئي at 225 V lm W ⁻¹
15	120	8-0
25	230	9-2
40	430	10-8
60	730	12-2
75	960	12-8
100	1380	13-8
150	2220	14-9
200	3150	15-8
300	5000	16-7
500	8400	16-8
1000	18800	18-8
2000	40000	20-0

الفيض الضوئي
للمصابيح المتوهجة.

و - نحسب عدد الأجهزة التي تعطي الفيض الضوئي المطلوب من العلاقة:

$$N = \frac{\phi_{tot}}{n \cdot \phi_L}$$

حيث:

- N - عدد الاجهزة المستخدمة لانارة المكان المطلوب.
- ϕ_{tot} - الفيض الضوئي الكلي اللازم لانارة المكان.
- ϕ_L - الفيض الضوئي الذي يقدمه المصباح الواحد.
- n - عدد المصابيح المركبة في كل جهاز إنارة.

تعتمد بعض المرجعيات العلمية إلى استخدام الطريقة المبسطة لحسابات الإنارة الداخلية والتي تسمى طريقة عامل الاستخدام، حيث يتم تحديد شدة الإنارة المناسبة ثم حساب الفيض الكلي اللازم وبعد اختيار نوع المصباح والجهاز المناسب يتم حساب عدد أجهزة الإنارة اللازمة حسب المراحل التالية:

2- طريقة عامل الاستخدام:

$$\Phi_{\text{tot}} = \frac{1.25 \times E \times A}{\eta_R}$$

1- يتم حساب الفيض الضوئي اللازم لإنارة الموقع بالعلاقة:

حيث:

Φ_{tot} - الفيض الضوئي الكلي اللازم لإنارة الموقع، [Lm].

E - شدة الإنارة المناسبة لطبيعة الموقع، [Lux].

1.25 - عامل تقادم المصابيح والأجهزة. وإدخاله في المعادلة يؤدي لتلافي أثر نقص المردود الضوئي للمصابيح بمرور الزمن وتراكم الغبار.

η_R - عامل الاستعمال، وتحدد قيمته بشكل أساسي اعتماداً على طريقة الإنارة، وبشكل ثانوي على عامل الاستثمار لجهاز الإنارة الذي يتعلق بشكل الجهاز وأبعاد الغرفة وسطوح الانعكاس. ويمكن للدارس الاعتماد على الجدول التالي لعامل الاستعمال حسب طبيعة الموقع والتقدير الفني للدارس.

عامل الاستخدام حسب طريقة الإنارة.

طريقة الإنارة	مجال عامل الاستخدام
إنارة مباشرة	0.45 – 0.6
إنارة نصف مباشرة	0.45 - 0.55
إنارة متناظرة	0.35 – 0.50
إنارة نصف غير مباشرة	0.35 – 0.45
إنارة غير مباشرة	0.25 – 0.35

2- بعد معرفة الفيض الضوئي الكلي اللازم لإنارة الموقع يحدد الدارس الأجهزة والمصابيح المناسبة. وبمعرفة الفيض الضوئي الذي يقدمه كل مصباح وعدد المصابيح بكل جهاز يمكن تحديد عدد الأجهزة اللازمة من العلاقة:

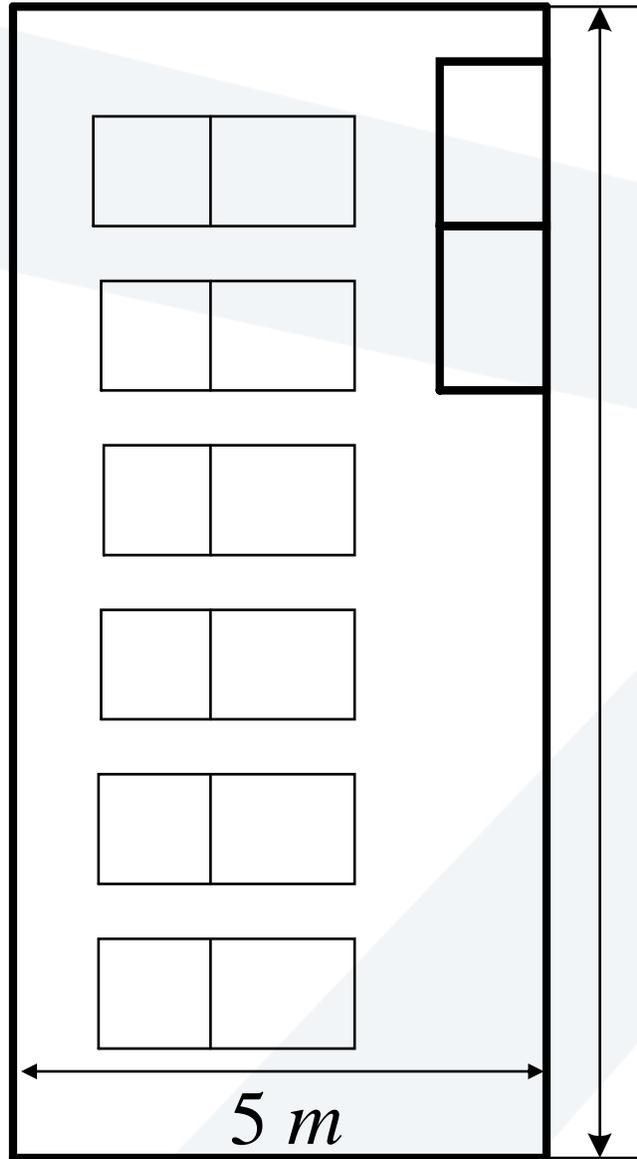
$$N = \frac{\Phi_{tot}}{n \cdot \Phi_L}$$

حيث:

- N** - عدد الاجهزة المستخدمة لانارة المكان المطلوب.
- Φ_{tot}** - الفيض الضوئي الكلي اللازم لانارة المكان.
- Φ_L** - الفيض الضوئي الذي يقدمه المصباح الواحد.
- n** - عدد المصابيح المركبة في كل جهاز إنارة.

تطبيق عملي:

المطلوب دراسة إنارة المكتب المبين بالشكل.



إن دراسة الإنارة تعني تحديد عدد ونوع وتوزيع أجهزة ومصابيح الإنارة اللازمة لهذا المكتب. وتتم الدراسة كما يلي:

شدة الإضاءة E التي توصي بها الأنظمة الأوروبية.



شدة الإضاءة (لوكس)	الموقع المراد إثارته	شدة الإضاءة	الموقع المراد إثارته
	المكاتب		المنازل:
300	- غرف الاجتماعات والمؤتمرات		- غرف النوم
500	- مكاتب عادية		إضاءة عامة
1000	- مكاتب رسم أو تخطيط	50	إضاءة موضعية فوق الرأس
	المدارس:	200	- الحمامات
300	- صفوف تدريس، قاعات محاضرات	100	عامة
500	- مخابر، مكاتب، غرف مطالعة	500	عند المرأة
500	- غرف فنون	100	- غرف المعيشة
	المحلات والمخازن	500	عامة
		100	للقراءة، الخياطة ...
300	- حلويات	100	- الأدراج
500	- خدمة ذاتية	300	- المطابخ
750	- مخازن (سوبر ماركت)	300	عامة
500	- غرف عرض	500	أماكن العمل
	المتاحف وصالات المعارض	300	- غرف العمل
		300	الفنادق
150	إضاءة عامة لمعرضات	300	- البهو - الاستقبال
	حساسة للضوء	200	- غرف الطعام
300	إضاءة عامة لمعرضات غير حساسة للضوء	500	- المطابخ
		100	- غرف النوم والحمامات
		300	عامة
		300	موضعية
	المسارح		دور السينما
100	- الصالة	50	- الصالة
200	- الردهات	150	- الردهات

نحدد شدة الإضاءة المقترحة من الجدول التالي:

E = 500 Lux

شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته	شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته
	المشافي		بيع آلات وتجهيزات
200	- الممرات نهائياً	300	- آلات كبيرة
70	- الممرات مساءً	500	- آلات متوسطة
5	- الممرات ليلاً	750	- آلات دقيقة
	غرف المرضى:	1000	- آلات دقيقة جداً
100	- إضاءة عامة	2000	- آلات دقيقة أكثر دقة
200	- إضاءة للقراءة		
5	- إضاءة مسائية		
5	- إضاءة مناوبة		
	الفحوص - المعالجة:	500	أعمال الطباعة
300	- إضاءة عامة	750	- آلات الطباعة والتجليد
1000	- إضاءة موضعية	1000	- ورشات يدوية
	قسم العناية المشددة		- النقش، التدقيق
300-100	- إضاءة عامة		الأدوات المنزلية
	- إضاءة موضعية، إذا كانت ضرورية.	150	- مستودعات تخزين
1000	مخابير:	300	- تغليف وتعبئة
700	- إضاءة عامة		مؤسسة البريد والهاتف
1000	- إضاءة موضعية	300	- إضاءة الطاولات
	العيادات السنية:	500	- استلام المراسلات
300	- إضاءة عامة		محطات القطارات والحافلات
1000	- جراحة بشكل عام	200	- قاعة الانتظار
5000	- فجوة الفم	500	- محاسب البطاقات
	حجرات العمليات	200	- تفتيش الأمتعة
		100	- الأورقة
1000	- إضاءة عامة	100	- ممرات لعربات المحطة
2000	- مكان العملية	200	- مغاسل (W.C)
	على الأقل		

شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته	شدة الإنارة	الموقع المراد إنارته
500	صناعات كهربائية	300	البنان واجيان
	- لف وشائع		تعبئة زجاجات الحليب
	ورشات تجميع		
1500	- أعمال دقيقة		صناعة المعجنات
2000	- أعمال دقيقة جداً	300	- مناطق العمل العامة
1000	- التعبير والمراقبة	500	- الديكور، المراقبة
	ورشات أعمال زجاجية		معامل الحفظ والتعليب
200	- غرف ومراكز الخلط	200	- مناطق العمل الداخلية
300	- التشكيل، النفخ	300	- تقطيع ، مزج
500	- الديكور	500	- تعبئة ، تغليف
750	- النقش بالحموض	500	- غرف التحكم والمراقبة
	معامل جلود	750	- المخابير
750	- الضغط، التلميع	1000	- تحضير الألوان
1000	- القص والخياطة		معامل شوكولا
1500	- التصنيف، المطابقة	300	- مناطق العمل العامة
	معامل النسيج	500	- الديكور، المراقبة
300	- التمشيط، النقش		المصايغ (تنظيف)
500	- اللف ، الغزل	300	- غسيل
750	- نسيج بسيط	500	- تجهيز اللائحة، التأشير
1000	- نسيج صوفي	500	- طوي، تصنيف
1500	- المراقبة	1000	- كوي يدوي دقيق
	ورشات نجارة		معامل الورق
200	- ورشات النشر والقطع		- صالات التصنيع
750	- التجهيز والإنهاء والمراقبة	300	

نختار عامل الاستعمال من الجدول التالي: $\eta_R = 0.45$ ←

مجال عامل الاستعمال	توزع الضوء	طريقة الإنارة
0.45 – 0.6		إنارة مباشرة
0.45 – 0.55		إنارة نصف مباشرة
0.35 – 0.50		إنارة متناظرة
0.35 – 0.45		إنارة نصف غير مباشرة
0.25 – 0.35		إنارة غير مباشرة

$$A = 5 \times 10.5 = 52.5 \text{ m}^2$$

يتم حساب مساحة المكتب:

$$\phi_{\text{tot}} = \frac{1.25 \times E \times A}{\eta_R}$$

نحسب الفيض الضوئي الكلي اللازم:

$$\phi_{\text{tot}} = \frac{1.25 \times 500 \times 52.5}{0.45} = 72917 \text{ Lum}$$

الفيض الضوئي لمصابيح الفلورسانت .

تركيب المصباح	استطاعة المصباح		الفيض الضوئي حسب درجة اللون lm	المردود الضوئي مع وجود وشيعة lm W ⁻¹
	بدون وشيعة W	مع وشيعة W		
مصباح مستقيم	4	10	120	12
	6	12	220-240	18-20
	8	14	310-350	22-25
	10	14	460-480	33-34
	13	19	500-650	26-34
	15	19.5	580-600	30-31
	16	21	750-900	36-43
	20	25	800-1230	28-49
	25	32	1150-1720	36-54
	30	39	1500-1900	38-49
40	51	1750-2600	28-51	
65	78	2600-4800	33-62	
مصباح حرف U	16	21	720-920	34-44
	20	25	830-1000	33-40
	40	50	1850-2700	37-54
	65	78	3300-4050	42-52
مصباح دائري	22	27	980-1100	36-41
	32	42	1500-1900	36-45
	40	50	2150-2700	43-54

نحدد نوع جهاز الإنارة المستخدم
وليكن فلوريسانت 3X40 Watt

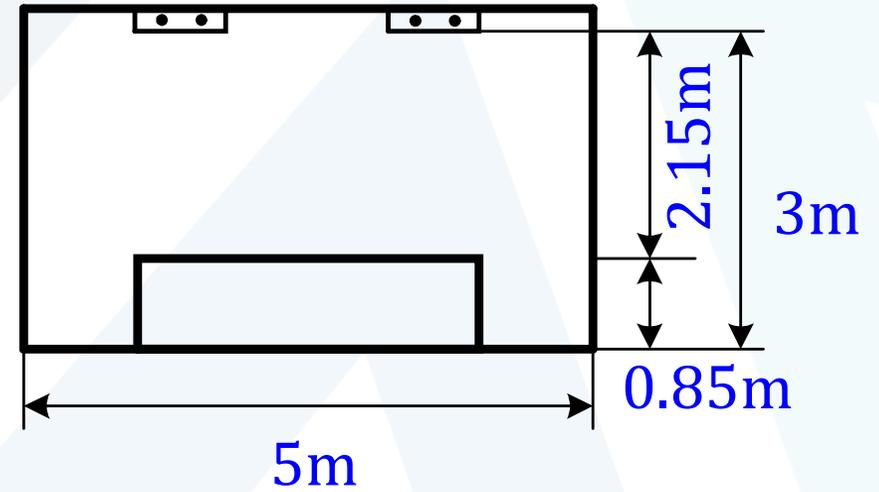
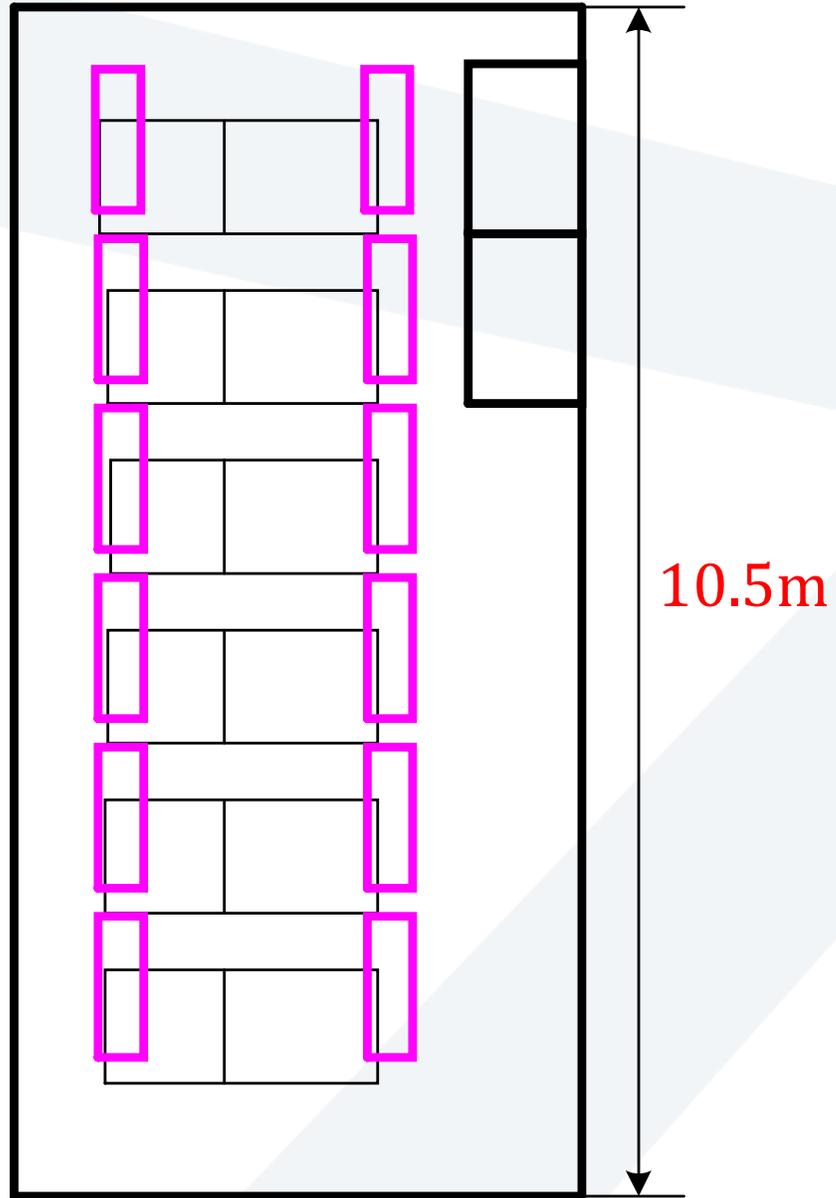
من الجدول المبين نحدد
الفيض الضوئي لكل جهاز
إنارة وليكن 3X2000 Lum

نحدد عدد الأجهزة اللازم لإنارة المكتب:

$$N = \frac{\phi_{\text{tot}}}{n \cdot \phi_L}$$

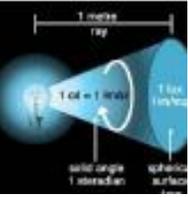
$$N = \frac{72917}{3 \times 2000} = 12$$

توزيع الأجهزة كما هو موضح بالشكل:



الفيض الضوئي للمصابيح الوهاجة.

استطاعة المصباح W	الفيض الضوئي at 225 V lm	المردود الضوئي at 225 V lm W ⁻¹
15	120	8-0
25	230	9-2
40	430	10-8
60	730	12-2
75	960	12-8
100	1380	13-8
150	2220	14-9
200	3150	15-8
300	5000	16-7
500	8400	16-8
1000	18800	18-8
2000	40000	20-0

المصطلح	التعريف	الرمز	الوحدة	الشكل المناسب
الفيض الضوئي Luminous flux	كمية الإنارة بكافة الاتجاهات	Φ	[Lm]	
سوية الإنارة Illuminance	كمية الإنارة على سطح	E	[Lux]	
الشدة الضوئية Luminous Intensity	كمية الإنارة بزاوية محددة	I	[cd]	
النصوع Luminance	ما تراه العين من نصوع	L	[cd/m ²]	

