

النظم والاساليب العلمية لقياسات الإضاءة الصناعية في مشروعات التصميم الداخلي.  
An undemanding approach for resolving systems and scientific methods of artificial lighting measurements in interior design projects

د. ايمان ابراهيم بدر سركن  
مدرس بقسم التصميم الداخلي والاثاث، جامعة الملك عبد العزيز، المملكة العربية السعودية.

ملخص البحث Abstract:

**الكلمات الدالة Keywords:**  
الفيض الضوئي  
شدة الإضاءة  
الفاعلية الضوئية  
قوانين القياسات الضوئية  
معامل الصيانة  
عامل الشكل  
الكفاءة الضوئية  
قانون التربيع العكسي  
معاملات الانعكاس.

يعتمد نجاح التصميم الداخلي على قدرة المصمم على الإبداع والتشكيل مع مراعاة مبادئ وقوانين الإضاءة واللون واختيار الخامات وحساب معاملات الانعكاس والإمتصاص للألوان والخامات وعلاقة ذلك بالإضاءة الطبيعية للمكان حيث يتحدد عمل المصمم الداخلي في توزيع وحساب الإضاءة للمشروعات الهندسية برسم إطار ابتدائي لعناصر التصميم الداخلي المقترح - وعلى المصمم أن يقوم بتغييرات متعددة بالنسبة لمصادر الإضاءة وخامات التصميم والألوان المقترحة حتى يتأكد في النهاية من عدم وجود أي تباين في إضاءة الأسطح الداخلة في التصميم والتي تؤدي إلى متاعب عضوية ونفسية لدى المستخدمين للمكان.  
اهتم البحث بدراسة ومناقشة وتحليل الإعتبارات الوظيفية والجمالية وأساليب الحسابات الرياضية في ضبط وتحديد الإضاءة السليمة في مشروعات التصميم الداخلي بهدف الوصول للألية الحاكمة لعملية التصميم الضوئي الناتج وبما يضمن تحقيق الهوية وبلورتها في إطار عام يساعد المصمم الداخلي على الابتكار والتطوير .

Paper received 6<sup>th</sup> January 2015, accepted 24<sup>th</sup> February 2015, published 1<sup>st</sup> of April 2015

§ إمكانية تطبيق قوانين القياسات الإضاءة لوضع الخيارات الأساسية لتصميم الإضاءة من أجل الوصول إلى القيم الحقيقية التي يحتاجها التصميم الداخلي من الإضاءة الصناعية بهدف تطوير التصميم وتحقيق الجوانب الابتكارية.

**أهمية البحث Study significance:**

تكمن أهمية البحث في أنه يساهم في تحقيق الاعتبارات البصرية الخاصة بالإضاءة الإصطناعية، وإبراز الدور الهام الذي تحققه جودة تصميم الإضاءة في تحقيق الراحة العضوية والنفسية للإنسان بأسلوب علمي ورياضي وكذلك بجوانب فنية وابتكارية بهدف ضبط وتحسين التكوين العام للتصميم الداخلي

**حدود البحث Delimitations:**

§ **حدود موضوعية:** من خلال وضع إطار دقيق بدراسة النظم والأساليب العلمية الحديثة لقياسات الإضاءة الصناعية الليلية دون التطرق للإضاءة الطبيعية في فترات النهار وذلك لمشروعات التصميم الداخلي

§ **حدود مكانية:** تتحدد بدراسة المؤثرات والقياسات الضوئية المختلفة داخل إطار مشروعات التصميم الداخلي داخل مصر وخارجها

§ **حدود زمنية:** في الفترة الحالية وقت إعداد البحث

**منهج البحث Methodology:**

يعتمد البحث المنهج النظري والمنهج الاستقرائي والوصفي التحليلي من خلال دراسة مفاهيم الإضاءة ومبادئها والاعتبارات والنظم والأساليب الحديثة المتبعة في قياسات الإضاءة الصناعية وكذلك محاولة التطبيق من خلال نموذج تصميمي لإستقرء وتحليل القياسات التي تم التوصل لدراستها من المناهج السابقة الذكر.

**أولاً: طبيعة الضوء:**

الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تقع ضمن الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic spectrum وتتميز بأنها موجات مرئية ولها تردد ( $\alpha$ ) وطول موجة ( $\gamma$ ) وتترك العين الطيف ما بين 4.000 انجسترم ، والذي يمثل اللون البنفسجي إلى 7.000 انجسترم ويمثل اللون الأحمر ( $6 - 1 - p$ ) ، والطيف

**مقدمة Introduction:**

إن التصميم الجيد للإضاءة ودراسة تأثيراتها بالدقة الرياضية الكامنة ومحاكاتها بصريا بشكل دقيق ، كل هذه النظم والأساليب العلمية تتطلب وضع قوانين دقيقة لضمان أن تصميمات الإضاءة تطابق المتطلبات الأساسية بشكل صحيح إذ أن الإضاءة هي العنصر الغير مادي الحاكم لجودة الرؤية ، ومن الواجبات الأساسية للمصمم الداخلي معرفة النظم الصحيحة والأساليب العلمية والواقعية عن الإضاءة لما تشكله من أهمية لخلق الظروف التي تحدد محيط ومعالم الرؤية ويوصل لنا إحساسنا بالتصميم وشكله وهويته بما يعكسه من تأثيرات ضوئية تثير إدراكنا بالعناصر والمفردات الداخلية.

في هذه الدراسة نحاول الوصول إلى أهم النظم والأساليب العلمية لقياسات الإضاءة الصناعية والإستفادة منها في مشروعات التصميم الداخلي من خلال المعادلات المتغيرة وفقا للتصميم الداخلي والخامات المستخدمة وموقع المنشأ ووظيفته المبني الأساسية وهذه المعادلات تستخدم لضبط الإضاءة الداخلية من حيث التأثير العضوي والنفسى على المستخدمين بشكل علمي وصحيح وتوضع أيضا ضمن برامج رقمية متخصصة في حساب وتصميم الإضاءة الصناعية لتحقيق أعلى معدلات الأداء والجودة في التصميم والقياسات الدقيقة.

**مشكلة البحث Statement of the problem:**

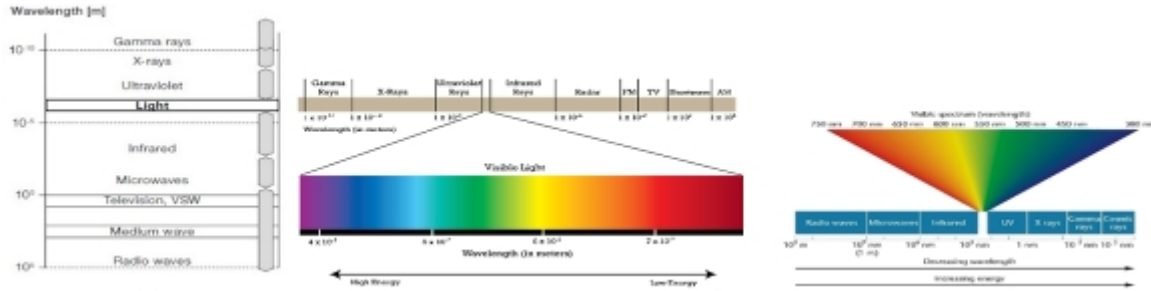
يمكن صياغة مشكلة البحث في صورة تساؤل ما هي إمكانية التحكم في الإضاءة الصناعية ومتغيراتها وضبط معدلاتها القياسية في التصميم الداخلي للمنشآت المختلفة والأنشطة المتغيرة بأسلوب علمي دقيق - وما مدى تأثير ذلك على تحقيق الراحة البصرية للمستخدمين.

**اهداف البحث Objectives:**

§ إستخدام النظم الحديثة والأساليب العلمية في مجال قياسات الإضاءة الصناعية اللازمة بالفضاء الداخلي للمنشآت العامة والخاصة وذلك من خلال استخدام القوانين الرياضية بطريقة يدوية وأيضا من خلال برامج رقمية متخصصة في تصميم الإضاءة وقياساتها طبقا لطبيعة النشاط المقترح.

العلاقة:  
التردد  $\times$  طول الموجة = سرعة الضوء

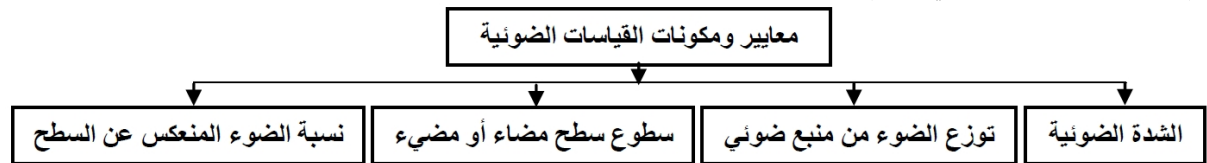
الكهرومغناطيسي يمثل شكلا عاما لكل أنواع الإشعاعات المعروفة حتى الآن مرتبة حسب تردداتها وأطوال موجاتها وترتبط بين هاتين



شكل (1) الضوء المرئي تقع أطواله الموجية بين 380، 770 نانومتر

**مصطلحات الإضاءة وتعريفات الكميات الضوئية ووحداتها:**

بعد التطرق لوسائل الإنارة (المصابيح بأنواعها) يجب علينا معرفة القياسات الضوئية فرع من الفيزياء التطبيقية يتعلق بقياس التالي: أهم المصطلحات المستخدمة في مفهوم الإضاءة.



- ( $L_v$ ) هو الضياء ( $cd/m^2$ )
- ( $F$ ) هو التدفق الضوئي أو القدرة الضوئية ( $lm$ )
- ( $\Phi$ ) هو الزاوية بين ناظم السطح والاتجاه المحدد
- ( $A$ ) هو مساحة السطح ( $m^2$ ) - ( $\Omega$ ) هو الزاوية المجسمة ( $sr$ )

**الفيض الضوئي Luminous flux:**

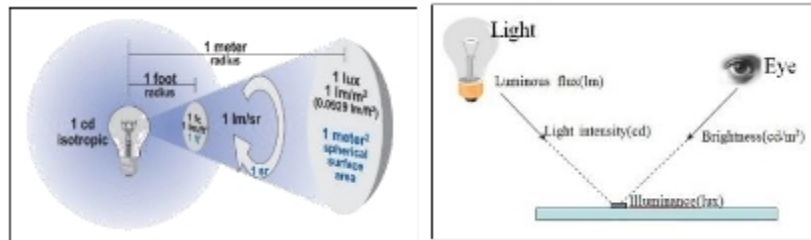
هو عبارة عن كمية الضوء المنبعث من مصدر ضوئي في وحدة الزمن وفي جميع الاتجاهات. ووحدة الفيض الضوئي هي اللومن Lumen. (8 - p 1) حيث لومن : هي الوحدة الدولية لقياس التدفق الضوئي

والقياسات الضوئية هي قياسات إشعاعات محصورة في المجال من الطيف الكهرومغناطيسي الذي تتحسس به عين الإنسان، الذي يدعى الضوء المرئي الذي تقع أطواله الموجية بين 380، 770 نانومتر تقريبا، مع مراعاة الحساسية الطيفية للعين.

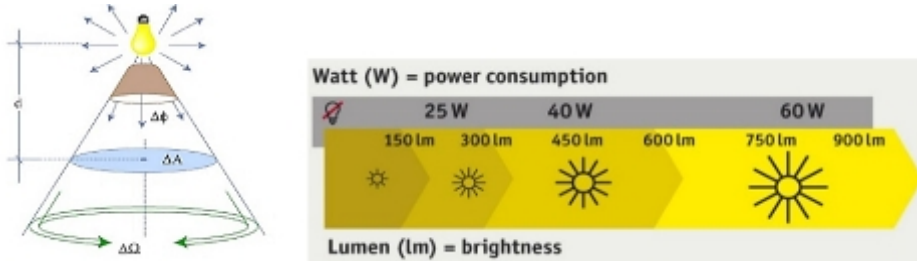
**الضياء Luminance:**

هو قياس الشدة الضوئية في وحدة المساحة للضوء المنتشر في إحدى الاتجاهات. أو هي شدة الإضاءة المنبعثة من وحدة المساحة للسطح المضيء - ووحدة الإضاءة وفق نظام الوحدات الدولي هي شمعة على المتر المربع ( $cd/m^2$ ) (20 - p 2)

يعرف الضياء بالمعادلة:



شكل (2) الضياء يمثل شدة الإضاءة المنبعثة من وحدة المساحة للسطح المضيء



شكل (3) ارتباط زيادة كمية الضوء المنبعث في جميع الإتجاهات من وحدة الإضاءة بالقدرة الكهربائية للوحدة

المضاء. (42 - p 3)

مثل ذلك: شدة الإضاءة اللازمة للقراءة والكتابة : يمكن وضع معادلة لشدة الإضاءة على مساحة سطح المكتب على النحو التالي :

**شدة الإضاءة ( E ) Illumination:**

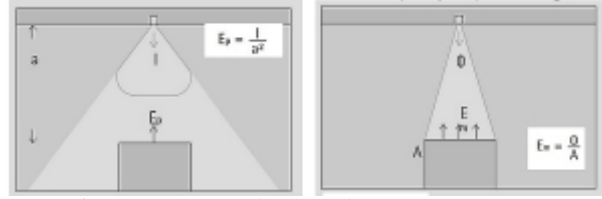
هي عبارة معدل توزيع الضوء على السطح المضاء، و وحدة شدة الإضاءة هي كمية الضوء الساقط على وحدة المساحة من السطح

من خلال زاوية مخروطية صغيرة. (11 - p 4) ، وهي قدرة المصدر الضوئي على إرسال الضوء باتجاه محدد وهي حاصل قسمة التدفق الضوئي على الزاوية المجسمة .. ويعبر عنه برمز الشمعة (Candle power) والزاوية المجسمة (Solid Angle) المعادلة:  $I = \Phi / \Omega$

### الفاعلية الضوئية **luminous efficacy**:

هي العامل الذي يحدد نسبة التدفق الضوئي مقدراً باللومن إلى الاستطاعة الكهربائية الفعلية اللازمة لتحقيق الإشعاع الضوئي بالواط وتقاس هذه الفاعلية باللومن/وات.

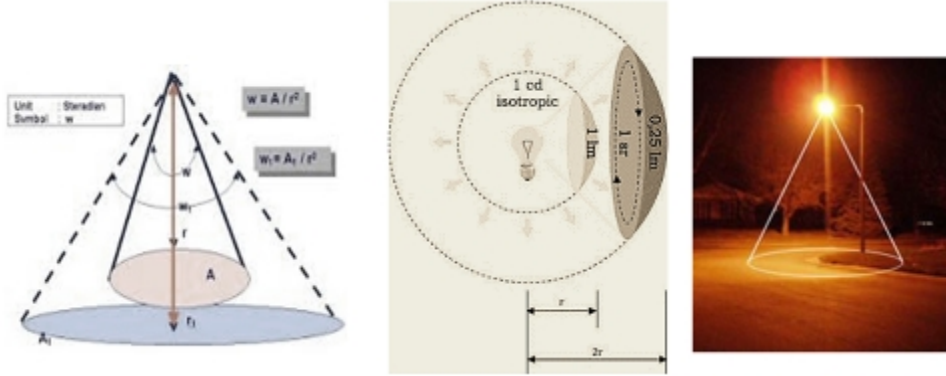
$$E_m = \frac{\Phi}{A} \quad E_p = \frac{I}{a^2}$$



ش (4) شدة الإضاءة اللازمة على نقطة محددة على سطح المكتب:

### شدة الإضاءة **Luminous intensity (L)**:

تعرف شدة الإضاءة بكمية الضوء المنبعثة من مصدر ضوئي



شكل (5) شدة الإضاءة يتم تحديدها بمعرفة التدفق الضوئي والزاوية المجسمة والمسافة عن مسطح العمل

كيفية السيطرة عليها.



ش (6) جودة الإضاءة تعتمد على التكامل بين محاور أساسية هي احتياجات المستخدم والعمارة والإقتصاد والبيئة (p. 26 - 5) .

### - إعتبرات حاكمة للعملية التصميمية:

- تشمل وضع البدائل المختلفة للحلول التصميمية باستخدام خطة الإضاءة المقترحة وهي:
- § عمل مخطط الإضاءة electrical plan بناء على التصميم الداخلي المقترح وتحديد أماكن التحكم electrical switch ومأخذ القوى الكهربائية الرئيسي.
- § تحديد أوجه العلاقة بين الإضاءة الطبيعية Natural Lighting بكل معطياتها والتخطيط للإضاءة الصناعية بناء على هذه البيانات.
- § علاقة التصميم الضوئي بالتشكيل العمراني للمحتوى الفراغي.
- § وضع التصميم المبدئي Preliminary Design ومراجعتها

### الاعتبارات الرئيسية لتصميم الإضاءة الصناعية داخل المحتويات الفراغية المختلفة:-

التصميم بالإضاءة يمر بمراحل متكاملة طبقاً لطبيعة النشاط والغرض الأساسي الذي يتم التخطيط له لتحقيق جودة الإضاءة وذلك طبقاً لعدة متطلبات نذكر منها:

**متطلبات إنسانية:** تعتمد بصورة مباشرة على الخبرات والتوقعات والدراسات التي تبحث في الدراسات الإنسانية للتوصل إلى أفضل النتائج التصميمية

**متطلبات تصميمية:** ترتبط بالنسق العام والتكوين ونوع التشكيل والطراز للوصول لأفضل النتائج

**متطلبات اقتصادية وبيئية:** تعتمد بشكل كبير على تكنولوجيا التصنيع والتركييب وعلاقة الوحدات بالبيئة والتكلفة الإجمالية ، كما تستند بشكل رئيسي على البحوث العلمية المتخصصة.

فالمصمم الداخلي يجب أن يملك الرؤية الصحيحة في التصميم الضوئي بالتالي التصور المثالي لأفضل صورة يبدو عليها المنشأ وهذه المعرفة تميزه تعد عملية فنية بالإضافة لكونها عملية هندسية نظراً لكون العمليات الحسابية والرياضية تعتبر تكاملية بعد تحديد التصور العام للتصميم الكلي، وعلى الرغم من إختلاف الأنشطة داخل المحتويات الفراغية المختلفة إلا أنه يمكن تقسيم هذه المراحل وفقاً للتسلسل الزمني إلى التالي :

### - إعتبرات سابقة لمرحلة التصميم:

- تتعلق هذه المرحلة بالإعداد لوضع خطة الإضاءة بعد الإنتهاء من وضع المقترحات التصميمية للمشروع ، وهي مرحلة هامة لأنها المؤهلة لوضع خطط الإضاءة الصحيحة وهي :
- § تحديد النشاط المطلوب داخل المحتوى الفراغي ومدى أهمية الإضاءة المناسبة لطبيعة النشاط.
- § تحديد الفئة المستهدفة User وتحقيق إحتياجاتهم من شدة ونوعية الإضاءة.
- § الوصول إلى المتطلبات الأساسية للراحة النفسية والعضوية Psychological and organic comfort للمستخدم باستخدام الإضاءة.
- § تحديد معايير وانماط الإضاءة Lighting Type مع تحديد

§ تطوير التفاصيل وإبراز الجوانب الإيحائية في التصميم  
**اعتبارات ما بعد عملية التصميم:**  
 تعتمد على تعزيز وتقوية النتائج النهائي للتصميم المقترح بحيث يصل لأفضل التأثيرات:  
 تحديد التأثيرات الضوئية للمحتوى الفراغي .  
 تحديد التركيبات الضوئية المناسبة من الناحية التقنية وكذلك مواضعها المثلى.  
 جودة التشطيبات النهائية والصيانة لوحدة الإضاءة.

مع فريق العمل بالكامل وتحديد أهم النقاط الإيجابية والسلبية وإجراء عملية التقييم الذاتي Self assessment  
 § وضع التصميم النهائي للمشروع.  
**اعتبارات تطوير عملية التصميم الضوئي:**  
 مرحلة متقدمة تأتي كمخرجات لعملية التقييم والتعديل وذلك بهدف عزل كل السلبيات والتأكيد على الإيجابيات في التصميم  
 § اختيار نوع الإضاءة والتقنيات المستخدمة فيها.  
 § اختيار وحدات الإضاءة المناسبة.

**جدول (1) الاعتبارات والمواصفات القياسية في التصميم الضوئي لمشروعات التصميم الداخلي:**

م	الإعتبارات
1	يتم تحديد نوعية الإضاءة طبقاً لنوعية النشاط داخل المحتوى الفراغي (P 32 - 6)
2	جودة الإضاءة المطلوبة
3	الراحة البصرية
4	كمية الإضاءة المطلوبة
5	تأثير تلوث البيئة المحيطة
6	دراسة طبيعة المكان
7	اختيار وحدات الإضاءة
8	درجة حرارة وحدات الإضاءة
9	جهد وحدات الإضاءة
10	فاصل وموزع التيار
11	طبيعة سطح ناشر الضوء
12	العمر الافتراضي لوحدات الإضاءة
13	مستوى نظافة سطح الاماكن المضاءة
14	إنخفاض التدفق الضيائي للمصابيح نتيجة للاستعمال
15	إنخفاض التدفق الضيائي
16	عامل الفقد الكلي
17	تحديد عدد وحدات الإضاءة وشدة كلا منها.
18	تحديد اماكن وحدات الإضاءة
19	مراجعة الإضاءة بعد التصميم

**الإضاءة السفلية (Down Lighting):**

تكون ذات تأثيرات مباشرة وتوضع عادة في تجاويف السقف ويستخدم هذا النوع بشكل كبير محققاً نواح خيالية وتأملات تخدم المستخدم ، وفي حالة الاعتماد على هذا النوع فقط قد يظهر التصميم بشكل مظلم لذا يحتاج لإنارة جدارية مساندة.

**الإضاءة العلوية (Up Lighting):**

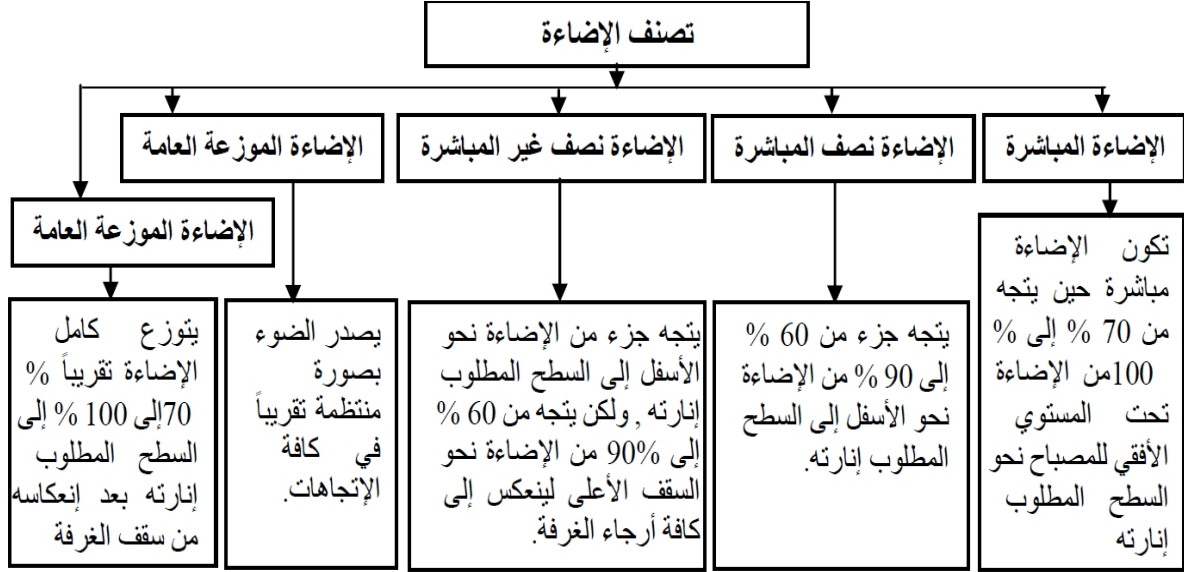
وهي تعزز الشعور بالارتفاع ، حيث تستطيع أن تجعل المكان يبدو أكثر رحابة واتساعاً مما هو عليه فيتم تسليط الضوء على السقف بشكل مباشر ، هذا النوع أكثر مرونة من النوع الأول فممكن أن

**أنواع أجهزة الإضاءة:**

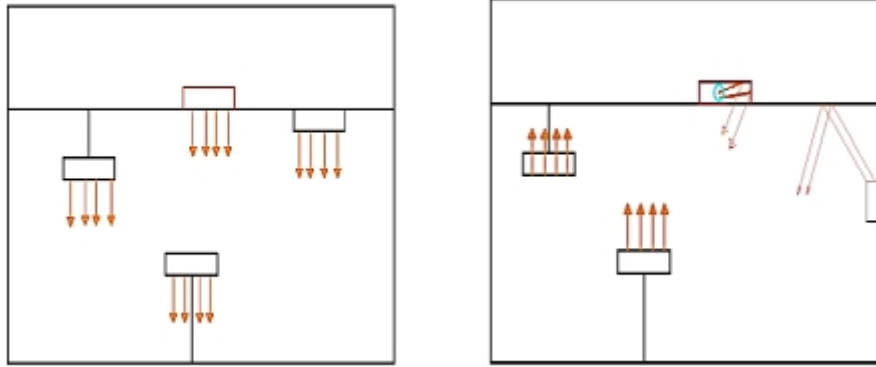
إن جهاز الإضاءة يمثل أداة لتوجيه أو نشر أو تعديل الضوء الصادر من المنبع لزيادة فعاليته ومردوده ، وجعله أكثر راحة للعين ، ويشمل الجهاز: المنبع مع توصيلاته الكهربائية، وأدوات تثبيته ، والهيكل والغطاء (16 ، P 15 - 7) ومن خلال تصنيف أجهزة الإضاءة نستطيع إيجاد المردود الخاص بنوعية الإضاءة كما في الشكل (7)

وبناء على التصنيف السابق لنوع الإضاءة نستطيع أن نحدد بشكل آخر مرتبط بنفس المفهوم ولكن بتحليل نمط الإضاءة

يكون بمستويات مرتفعة أو منخفضة وحسب خصوصية التصميم. (8, P.386)

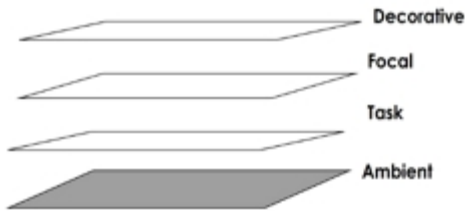


ش (7) تصنيف الإضاءة وأنماطها



ش (8) الإضاءة المباشرة وغير مباشرة .

الفضاءات الداخلية أو الخارجية وإذا كان التصميم تقليدي أو معاصر بما يضمن بالوصول للتصميم الضوئي الجيد - (10- P.385)



ش (9) أساليب استخدام مستويات الإضاءة في التصميم الداخلي

#### قوانين القياسات الضوئية:

تفيد قوانين القياسات الضوئية في تصميم المقاييس الضوئية ووضع الحلول الرياضية التي تبرز لدى إجراء القياسات الضوئية. من هذه القوانين الأساسية هو قانون التربيع العكسي - وقانون جيب التمام

#### قانون التربيع العكسي

ينص على أن الاستضاءة من منبع ضوئي نقطي تتناسب عكساً مع مربع البعد عن المنبع. فإذا كانت شدة المنبع الضوئية، على سبيل المثال، 10 cd كانت الاستضاءة على سطح يبعد عنه 1m هي 10 lx وكانت 40 lx على سطح يبعد 0.5m حيث أن d المسافة المباشرة من المصدر الضوئي والنقطة المطلوب إيجاد شدة الإضاءة عندها. ويكتب القانون عند مسافة معينة : (p.25 - 12)

#### إضاءة الجدران : (Wall Lighting)

يتم تسليط الإضاءة السقفية على الجدران بشكل مباشر لتجهيز جزء من نظام الإضاءة المتكامل، يحقق هذا النوع تركيزاً على الأجزاء المهمة الموجودة كالتكوينات الخاصة واللوحات.

#### إضاءة المعالم المميزة : (Feature Lighting)

تستخدم لغرض إضاءة المعالم المميزة في المكان والتأكيد من خلالها على التفاصيل المهمة حيث تكون الإضاءة غير مباشرة ومخفية في أغلب الأحيان، فالعين البشرية تتحرك لا شعورياً على مكان الضوء وتستخدم الإضاءة النقطية (Spot Lighting) لهذا الغرض.

#### أساليب التفكير بالتصميم الضوئي بشكل مستويات متتابعة :-

تحدد طرق التصميم بالإضاءة إلى أربعة مستويات ذات ترتيب تصاعدي بداية من الإضاءة العامة ثم الإضاءة المهمة الرئيسية ثم إضاءة المركزة في نقاط بؤرية وأخيراً الإضاءة التي تعكس هوية التصميم المقترح.

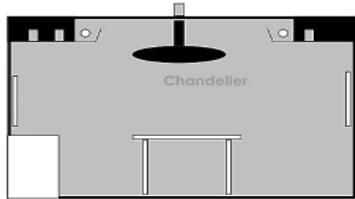
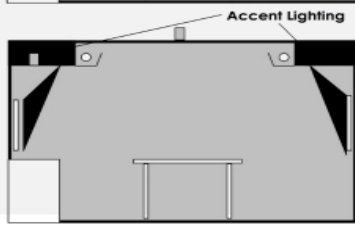
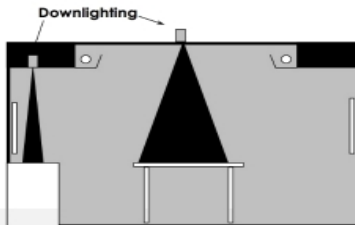
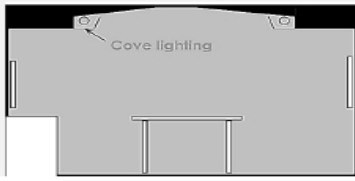
يتمثل التفكير بالفلسفة التصميمية المرتبطة بالتصميم الضوئي الصناعي ما يحاول المصمم إيصاله من خلالها واحدة من أهم المراحل التي يتوقف عليها نجاح النتاج النهائي للمشروع - (9- P.7)

إن التفكير بمستويات الإضاءة بهذا الأسلوب يضمن الوصول لتحقيق التصميم الضوئي الناجح ويراعى أن يكون التعبير غير مباشر، فالتصميم الجيد قادر على تحديد العناصر المهمة والتركيز عليها ومعالجتها وبما يعزز انجاح الفكرة الأساسية بالتالي فإن التركيز على العناصر سواء كانت الإضاءة على مستوى



جدول (2) مستويات التصميم الضوئي التحليلي

المستوى	التوضيح
الإضاءة العامة	حيث تعمل على تجهيز مستوى متجانس الإضاءة للجزء المراد اضاءته سواء كانت سطوح أو تفاصيل وهي قادرة على خلق بيئة ذات رؤية مريحة وآمنة للحركة.
الإضاءة الموقعية	تعمل على اضاءة مناطق محددة نسبيا لأداء المهمات البصرية والفعاليات المحددة فعادة ما توضع الإضاءة قريبة للجزء المراد التركيز عليه لاستخدامه بشكل أكثر فاعلية، كما انها تجزء الفضاء على عدد من المساحات وتعزز ما يخلقه الفضاء من انطباع عام وتعمل على تقويته.
الإضاءة البؤرية	تتمثل بإضاءة نقاط بؤرية مع انماط من الضوء والظلال داخل الفضاء فاستخدامها يهدف لتخفيف الرتابة والتأكيد على المعالم المميزة وتركز الانتباه على العناصر والمقتنيات البارزة من خلال قوة الإضاءة
إضاءة إبراز التصميم	ذات اهداف تصميمية زخرفية بالتالي يمكن توظيفها في تعزيز جمالية الفضاء وهوية التصميم (11 - p. 40)



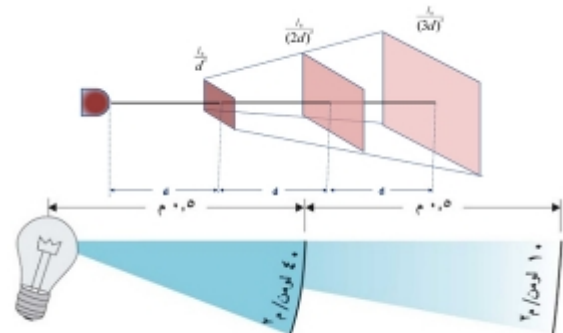
Height	E Avg.	E Max.	Diameter
1.0M	13672 Lx	17448 Lx	48 cm
2.0M	3471 Lx	4397 Lx	81 cm
3.0M	1542 Lx	1958 Lx	122 cm
4.0M	887 Lx	1088 Lx	162 cm
5.0M	555 Lx	690 Lx	200 cm

$I = \Phi / \Omega$  (cd = lm / sr)  
1 cd = 1,000 mcd

ش (11) جدول تناقص شدة الإضاءة عكسيا مع بعد المسافة بين مصدر الإضاءة ومسطح العمل تزيد مساحة بقعة الضوء كلما بعد السطح المضاء عن المنبع ويتم توزيع الضوء بمستويات واحدة - (4 p19)

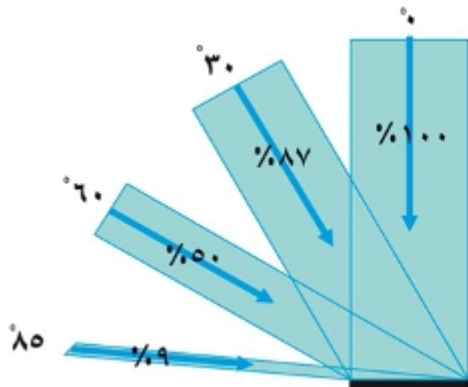
قانون جيب التمام في الإضاءة: -

تتناسب شدة الإضاءة (E) تناسباً طردياً مع جيب تمام الزاوية المحصورة بين المستقيم الواصل بين المصدر وتلك النقطة والمستقيم المباشر (12- p.27)



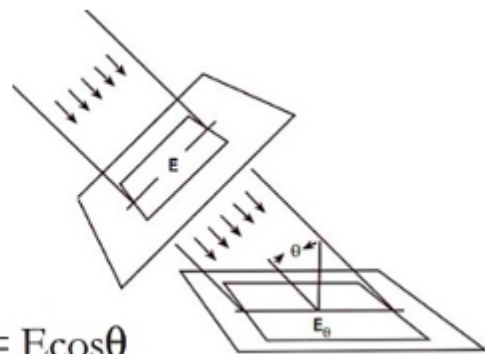
$E = \frac{I}{d^2}$  (lx) or (ft.cd)

ش (10) يوضح قانون التربيع العكسي حيث استضاءة سطح تتناسب عكسياً مع مربع البعد عن المنبع



$E_{\theta} = E \cos \theta$

ش (12) قانون التجيب: تتناسب الاستضاءة على سطح مع تجيب الزاوية بين منحنى الضوء و السطح المراد اضاءته



الخطوات الرئيسية لحساب الإضاءة الاصطناعية داخل المحتويات الفراغية المختلفة جدول (3):

الخطوة	التحليل والتوضيح	المرجعية
أولاً	إختيار وحدة الإضاءة طبقاً للشكل والأداء	إختيار المصمم الداخلي
ثانياً	تحديد أسلوب الإضاءة (مباشرة - غير مباشرة - شبة مباشرة - شبة غير مباشرة - موزع منتظم) تبعاً لنوعية الوظيفة داخل الفراغ	من خلال التصميم المقترح
ثالثاً	تحديد نوع وحدات الإضاءة المستخدمة وتحديد مستوى شدة الإضاءة ( طبقاً لوظيفة المكان) تؤخذ قيمة شدة الإضاءة من الجداول	من خلال جداول محددة لذلك
رابعاً	تحديد جودة العاكس المستخدم (V)	من خلال جداول محددة لذلك
خامساً	معاملات الانعكاس للسقف والحوائط (Pw / Pc)	من خلال جداول محددة لذلك
سادساً	معامل الشكل (K)	من خلال جداول محددة لذلك
سابعاً	تحديد معامل الكفاءة الضوئية للإضاءة المستخدمة	من خلال المعادلات

معاملات الانعكاس على نوع تشطيب السطح ولون الطلاء ودرجته ونوعه ويوجد جدول بمعاملات الانعكاس لبعض الأسطح والألوان.

**علاقة الإضاءة باللون**

تؤدي الإضاءة دوراً مهماً في التأثيرات التي تحدثها الألوان لدى استخدامها في الفراغ الداخلي، إذ أن إختلاف قيم شدة الإضاءة يسبب تغيراً في قيمة اللون Value كما أن للإضاءة الملونة تأثيراً في صفة اللون Hue حيث يتغير اللون عند تسليط إضاءة ذات لون عليه، كما تؤدي الألوان دوراً أساسياً في إضاءة الفراغ الداخلي إذ أن استخدام ألوان فاتحة يزيد من عامل الإنتشار (الإشعاع الضوئي) Global Illumination كما تزيد الألوان الداكنة لدى استعمالها من قوة الإضاءة المستخدمة سواء كانت طبيعية أو اصطناعية. (10- p. 362)

**علاقة الضوء بلون الأسطح وانعكاساتها:**

للإضاءة دور مهم في التأثيرات التي تحدثها الألوان في الفراغ الداخلي إذ إن إختلاف قيم شدة الإضاءة يسبب تغيراً في قيمة اللون، كما أن للضوء تأثيراً في صفة اللون ومن ناحية أخرى للألوان نفسها دور في إضاءة الفراغ الداخلي، لأن استخدام ألوان فاتحة يزيد من الإشعاع الضوئي، كما تزيد الألوان الداكنة لدى استعمالها من قوة الضوء المستخدم سواء كان طبيعياً أم اصطناعياً جدول (4) ألوان الأسطح ومعامل انعكاسها الضوئية

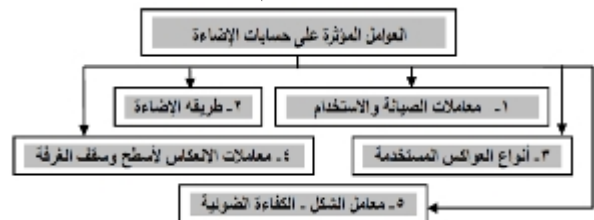
معامل الانعكاس	اللون	معامل الانعكاس	اللون	معامل الانعكاس	اللون
82%	الأبيض	42%	الوردي	45%	اللون الرمادي
73%	الأبيض المصفر	38%	الأخضر المائي	43%	اللون البيج
70%	الأصفر الليموني	27%	الأزرق التركوازي	16%	اللون الجوزي
62%	الأصفر الذهبي	21%	الأحمر الفاتح	12%	اللون البني
60%	الشمسوا الفاتح	19%	الأصفر الرملي	48%	الأزرق السماوي
33%	اللون السندبادي				

ويقسم الضوء الساقط على السطح إلى ثلاثة أجزاء بنسب مختلفة



**العوامل المؤثرة على حسابات الإضاءة داخل المحتويات الفراغية المختلفة:**

هناك عدة عوامل مؤثرة في حسابات الإضاءة يجب أخذها في الاعتبار عن حساب الإضاءة ومن أهم هذه العوامل:



ش (13) العوامل المؤثرة على حسابات الإضاءة

**أولاً: معاملات الصيانة والاستخدام:**

**§ معامل الصيانة (M) Maintenance Factor**

يمثل هذه العامل مقدار الفقد الناتج عن معدل الصيانة من حيث التنظيف الدوري للوحدات وتغيير وحدات الإضاءة عند انقضاء عمرها الافتراضي أو عند تلفها، وقيمه هذا المعامل اقل من (1) ويقل كلما كانت الصيانة رديئة.

**§ معامل الاستخدام (U) Utilization factor**

يمثل هذا المعامل نسبة ما يصل من الضوء إلى مستوى العمل إلى الضوء الكلي المنبعث من وحدات الإضاءة، وهو اقل من (1) وتتوقف قيمته على نوع وحدات الإضاءة المستخدمة. وباحتماس هذين المعاملين تصبح العلاقة:

$$\phi = \frac{EA}{MU} \text{ Lumen} \quad \text{Lux} = \frac{\phi}{A} M.U$$

**ثانياً: طريقة الإضاءة ونوع الوحدات المستخدمة**

توجد عدة طرق للإضاءة الداخلية تستخدم فيها وحدات إضاءة تناسب كل طريقة وتختار منها الطريقة المناسبة للمكان المطلوب إضاءته، وبالرجوع للجداول الخاصة التي تبين تصنيفاً لهذه الطرق.

**ثالثاً: نوع العواكس المستخدمة**

يستخدم العاكس لتوجيه الضوء المنبعث من المصدر الضوئي مع وجود بعض الفقد من الفيض الضوئي لهذا المصدر في مقابل ذلك التوجيه.

**رابعاً: معاملات الانعكاس والامتصاص والنفاذ لأسطح الغرفة**

تؤثر طبيعة أسطح الغرفة تأثيراً كبيراً في حسابات الإضاءة عن طريق انعكاس الضوء الساقط على هذه الأسطح. وتتوقف

الفيض الضوئي الساقط عليه.

3- معامل الامتصاص (A) Coefficient of Absorption وهو النسبة بين الفيض الضوئي الممتص بالسطح إلى الفيض الضوئي الساقط عليه.

4- معامل النفاذ (T) Coefficient of Transmission وهو النسبة بين الفيض الضوئي النافذ من السطح المضاء إلى الفيض الضوئي الساقط عليه.

$$R + A + T = 1$$

**خامسا : معامل الشكل (K):**

يرمز له بالحرف (K) ، وبه يتم تحديد علاقة رياضية بين كل من طول وعرض الحجرة ومسافة إرتفاع تعليق أجهزة الإضاءة عن سطح العمل داخل الحجرة .

يرمز لطول الحجرة (L)

يرمز لعرض الحجرة (W)

إرتفاع تعليق أجهزة الإضاءة عن سطح العمل (H<sub>e</sub>) وتكون المعادلة كالتالي

يتم ثبات كلا القيمتين (0.2 - 0.8) في هذه المعادلة

$$K = \frac{.8 W + .2 L}{H_e}$$

**حساب الفيض الضوئي الكلي اللازم لإضاءة حجرة ما علينا**

**اتباع التالي**

**أولاً :** تحديد شدة الإضاءة (E) اللازمة على سطح العمل داخل هذه الغرفة.

**ثانياً :** الحصول على الفيض الضوئي الكلي المطلوب ( الذي يمثّل الفيض الضوئي لمجموع وحدات الإضاءة المستعملة) من خلال المعادلة التالية:

$$\text{Luminous flux } L = \frac{E \times A}{F} = \text{الفيض الضوئي الكلي}$$

حيث (L) تقدر بالليومن ، (E) تقدر بوحدة اللوكس وتؤخذ من جدول شدة الإضاءة

(A) تمثل مسطح الحجرة مقدرة بالمتر المربع

(F) تؤخذ من جداول معامل الكفاءة الكلية جدول (7)

**مثال تطبيقي لحساب الفيض الضوئي الكلي لغرفة فندقية**

حساب الفيض الضوئي الكلي لغرفة فندقية أبعادها كما بالشكل (14)



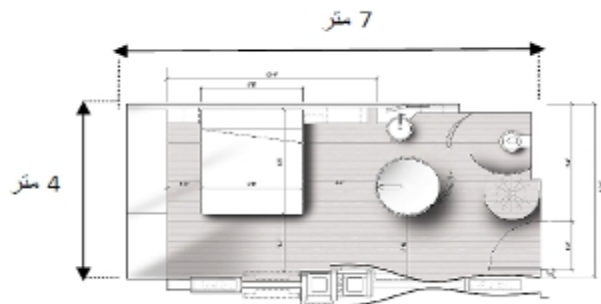
جدول (5) قياس نسب انعكاس المواد للضوء وتصنيف خواصها (<http://www.kenanaonline.net> - 15)

جدول رقم (4)		
قياس نسب انعكاس المواد للضوء وتصنيف خواصها		
المادة	النسبة المئوية للانعكاس	الخواص
* العكاس منظم (Pecular)	90-80	يمكن التحكم في اتجاه الانعكاس
	85-75	من هذه المواد وتلك فهي تستخدم لإضاءة شلال جمالي مزار
	70-60	
	65-60	
	65-55	
* الاقتران (Spread)	80-70	هذه المواد تفرس الضوء وتنعكس جزءا منه انعكاسا منتظما
	55-50	
	53-55	
* دهن التوليد	90-60	
	70-60	
* انتشار (Diffuse)	90-75	في هذه الحالة تظهر المادة
	80-75	العاكسة مضاءة بانتظام في كل الاتجاهات لذلك تستخدم هذه المواد في كثير من الأحيان لإضاءة خلفية مضاءة
	65-35	

جدول رقم (2)		
المادة	النسبة المئوية للانعكاس	الخواص
* الزجاج	90-80	1. الامتصاص بسيط والنفاذ مركز
	85-75	2. تستخدم كغطاء وفي بعض المصباح
	40-15	3. الامتصاص بسيط يستخدم في غطاء المصباح لإضاءة بعض الإضاءة الخلفية
		4. معامل الامتصاص كبير نسبيا
* البلاستيك :	92-70	1. امتصاص بسيط بغير التناثر
	70-30	2. يستخدم كواقي للمصباح القوارية
	90-مفر	3. معامل الامتصاص كبير نسبيا
		4. يستخدم كغطاء للمصباح القوارية
* الرخام	50-30	1. معامل الامتصاص كبير نسبيا
		2. مادة ناعمة للضوء ممتازة
		3. تستخدم في نوافذ العرض
* الألمنيوم	20-50	1. لها امتصاص كبير والتناثر جيد
		2. يسلط الضوء عليها لإضاءة أعمال ذات مظهر جيد

كما تتأثر النسبة المئوية للانعكاس باختلاف الخامات المستخدمة في عمليات النهو لمشروعات التصميم الداخلي مما يؤثر على درجة امتصاص وانعكاس الضوء من المسطحات المختلفة ويمثل هذه الأجزاء الثلاثة معاملات هي:

- 1- معامل الانعكاس (R) Coefficient of Reflection
- 2- وهو النسبة بين الفيض الضوئي المنعكس من السطح إلى



ش (14) رسم توضيحي لمقاسات الغرفة



وقد نفترض الأسلوب المتبع هو (الإضاءة المباشرة) ، ونوع وحدات الإضاءة هي (وحدات الإضاءة المتوهجة) ، والسقف بلون بيج (فاتح الدرجة) ، الحوائط بلون أبيض (فاتح الدرجة) ، فإننا نجد أن من خلال تحليل الجداول المرفقة

**أولاً : تحديد معامل الشكل (K) (من خلال المعادلة)**

$$K = \frac{.8 W + .2 L}{H_e}$$

**ثالثاً : تحديد عامل هبوط القيمة من خلال الجداول**

يتم استنتاجها من خلال الجداول بعد معرفة قيمة معامل الكفاءة الضوئية

معامل هبوط القيمة = 1.3

رابعاً : تحديد معامل الكفاءة الضوئية الكلية من خلال المعادلة التالية

$$\text{معامل الكفاءة الضوئية الكلية} = \frac{\text{معامل الكفاءة الضوئية الكلية من الجدول}}{\text{عامل هبوط القيمة (هـ) من الجدول}} = \frac{0.425}{1.30} = 0.327$$

هناك بعض التطبيقات في مستويات الإضاءة تتباين طبقاً لجهود العمل المراد القيام به وبعض المعايير الشخصية للمستخدمين من ناحية الجهد والصعوبة في تفريق هذه المادة (كالحجم ، التباين ، الحركة ... وغير ذلك) وبالرغم من أن هناك دراسات مختبرية على إنجاز الرؤية فإن هناك دراسات في إنجاز الرؤية تحت ظروف مختلفة في الإضاءة - (13 p.435)

وبالرغم من أن جمعية مهندسي الإضاءة (L.E.S) Illumination Engineering Society of North America

وإعتمادها التوصيات النوعية والكمية لإشتقاق الإضاءة القياسية لمختلف الأغراض والنشاطات التي درست بشكل مكثف أبحاث العالم Blackwell ، لا تزال هناك بعض الملاحظات وبعض الفحوص في هذا المجال غير متفق عليها ، وعلى سبيل المثال ان المستويات العالية من الإضاءة ربما تميل إلى تقليل الفروق بمواصفات المادة وذلك بتقليل الظل لتشخيص مواصفات الشيء وهنا يمكن القول أن شكل دليل الوضوح يظهر بصورة أقل

طول الحجرة (L) = 8 متر  
عرض الحجرة (W) = 4 متر  
الإرتفاع الكلي بين السقف والأرضية = 3 متر  
إرتفاع سطح العمل عن الأرضية (مسطح السرير) = 0.45 متر  
إرتفاع تعليق أجهزة الإضاءة أسفل السقف بمسافة 0.15 متر

$$K = \frac{.8 (4) + .2 (8)}{2.40} = 2$$

قيمة معامل الشكل (K) = 2

**ثانياً : استنتاج معامل الكفاءة الضوئية الكلية (من خلال الجداول)**

بالرجوع إلى جدول رقم ( ) ومن خلال تحديد نوع الإضاءة (المباشرة) وقيمة عامل الشكل (2) وتحديد درجة لون السقف (فاتح) ودرجة لون الحوائط (فاتح) نستطيع إستنتاج معامل الكفاءة الضوئية الكلية = 0.425

**رابعاً : حساب الفيض الضوئي الكلي اللازم لإضاءة حجرة ما علينا إتباع التالي**

$$\text{الفيض الضوئي الكلي} = \frac{E \times A}{F} = \text{Luminous flux } L$$

حيث (L) تقدر بالليومن ، (E) تقدر بوحد اللوكس وتؤخذ من جدول شدة الإضاءة لغرفة فندقية جدول رقم (6)  
L = 100 لوكس

$$A = 4 \times 8 = 32 \text{ متر}^2$$

قيمة معامل الكفاءة الضوئية الكلية F = 0.327 - كما سبق إيجاده في الخطوة السابقة

$$L = \frac{100 \times 32}{0.327} = 9786 \text{ Lm}$$

**مستوى الإضاءة داخل المنشآت وارتباطها بالنشاطات العملية:**

جدول (6) تحديد شدة الإضاءة تبعاً لنوع النشاط داخل الفراغ الداخلي (35 , P. 34 - 1)

المنشأة (L.E.S)	المنشأة (L.E.S)	المنشأة (L.E.S)	المنشأة (L.E.S)	المنشأة (L.E.S)	المنشأة (L.E.S)	المنشأة (L.E.S)
المنشآت السكنية	المنشآت الإدارية	الفنادق	المنشآت التجارية	المنشآت السكنية	المنشآت الإدارية	المنشآت التجارية
المدخل	مكاتب	مطبخ الفنادق والمطاعم	أقسام البيع	60	500-250	350
غرف النوم	أرشيف	قاعات عامة	طاولات العرض المركزية	50	180	500
غرف الجلوس والمطالعة	حجرات رسم هندسي	صالات طعام في المطاعم	واجهات العرض	500	300	1000
غرف الأطفال	غرف حسابات	قاعات مطالعة	ممرات	150	250	100
الحمامات	مكتبات	غرف فندقية	أماكن إنتظار	100	500	200

							والمطابخ
300	إستقبال بالأسواق	200	صالات انتظار	1000	مصارف	300	تغيير الملابس
المنتشآت العامة							
300	قاعات مؤتمرات	150	الدرج بالمباني	200	صالات الإنتظار	300	صالات الألعاب
200	القراءة بالمكتبات	100	قاعات الإستقبال	100	حجرات المرضى	400	حجرة العمليات

بالإضافة للجدول السابقة فإن الأشخاص ذوي القدرة الإبصارية الضعيفة كالمسنين ، تكون درجة الرؤية عندهم أقل من الأشخاص تحت سن 40 عام كما في الجدول (7)، جدول (7) يوضح مستويات الإضاءة وإرتباطها بالفئات العمرية ولتقليل هذا الفرق ينبغي زيادة الإضاءة ووضع معادلة لحساب كمية الضوء بالنسبة للمسنين.

تصنيف الإضاءة	مستويات الإضاءة (LUX)			نوع الإضاءة المطلوبة
	مستخدمون تحت سن 40 سنة	مستخدمون 40 إلى 45 سنة	مستخدمون 55 سنة فيما فوق	
A	30	40	50	إضاءة ضعيفة جدا
B	50	75	100	إضاءة ضعيفة
C	100	150	200	إضاءة متوسطة
D	250	400	500	إضاءة مرتفعة

تحديد معامل الكفاءة الضوئية الكلية باختلاف نوع وحدات الإضاءة:

جدول (8) معامل الكفاءة الضوئية الكلية (36: 29: 11, P. 29)

معامل الكفاءة الضوئية الكلية باستخدام وحدات الإضاءة (التوهج - بخار الزئبق - بخار الصوديوم)											
عامل هبوط القيمة هـ	السقف									عامل الشكل ك	أسلوب الإضاءة (أ) كفاءة جهاز الإضاءة (ب) الضوء المنبعث لأعلى (ج) الضوء المنبعث لأسفل
	متوسط الدرجة			فاتح الدرجة			فاتح جدا				
	الحوائط			الحوائط			الحوائط				
	غامق	متوسط	فاتح	غامق	متوسط	فاتح	غامق	متوسط	فاتح		
1.30	0.185	0.220	0.265	0.185	0.220	0.270	0.185	0.225	0.275	1	إضاءة مباشرة أ : 75% ب : صفر ج : 75
1.30	0.275	0.305	0.345	0.275	0.305	0.355	0.275	0.315	0.365	1.5	
1.30	0.340	0.375	0.415	0.340	0.375	0.425	0.345	0.385	0.435	2	
1.25	0.395	0.425	0.470	0.395	0.430	0.475	0.400	0.435	0.485	2.5	
1.25	0.440	0.465	0.505	0.440	0.470	0.505	0.440	0.475	0.520	3	
1.25	0.505	0.530	0.560	0.505	0.535	0.565	0.505	0.525	0.575	4	
1.25	0.550	0.570	0.595	0.550	0.575	0.605	0.550	0.580	0.610	5	
1.25	0.580	0.600	0.620	0.585	0.605	0.630	0.585	0.610	0.635	6	
1.25	0.630	0.645	0.660	0.630	0.645	0.665	0.630	0.650	0.670	8	
1.40	0.165	0.200	0.245	0.175	0.270	0.260	0.180	0.220	0.275	1	إضاءة شبه مباشرة أ : 83% ب : 18 ج : 65
1.40	0.245	0.285	0.325	0.265	0.300	0.350	0.270	0.315	0.370	1.5	
1.40	0.310	0.345	0.380	0.325	0.360	0.410	0.340	0.385	0.440	2	
1.35	0.360	0.385	0.425	0.380	0.415	0.455	0.400	0.440	0.495	2.5	
1.35	0.400	0.425	0.465	0.420	0.455	0.490	0.440	0.480	0.530	3	
1.35	0.460	0.485	0.515	0.485	0.515	0.550	0.510	0.545	0.585	4	
1.35	0.505	0.525	0.550	0.530	0.555	0.585	0.560	0.590	0.620	5	
1.35	0.530	0.550	0.570	0.560	0.585	0.610	0.590	0.615	0.645	6	
1.35	0.575	0.590	0.605	0.610	0.625	0.645	0.640	0.655	0.680	8	

### ثانيا : اختيار قوة إضاءة وحدات الإضاءة

بعد أن تم تحديد الفيض الكلي الواجب الحصول عليه ، كما تم إختيار نوع وحدات الإضاءة الواجب استخدامها بناء على خواص كل نوع منها ، وبإفترض العدد التقريبي لوحدات

الجزء الأول يشير إلى أسلوب الإضاءة المتبع  
الجزء الثاني يشير إلى قيم عامل الشكل للحجرة  
الجزء الثالث يشير إلى قيم التغيير لمعامل الكفاءة الكلية للإضاءة  
تبعاً لدرجات ألوان السقف والحوائط  
الجزء الأخير يشير إلى قيم عامل هبوط القيمة

المطلوب ، وفي هذه الحالة تزداد شدة الإضاءة على سطح العمل.

### نموذج تطبيقي

نفس أبعاد الغرفة الفندقية بالنموذج التطبيقي السابق قد حصلنا على مجموع وحدات إضاءة التوهج المفروض تركيبها ينبعث منها فيض ضوئي كلي مقداره 9786 ليومن. بالكشف في جدول خواص لمبات التوهج المرفق - وبافتراض جهد التغذية بالتيار الكهربائي يساوي 110 فولت يصبح عدد وحدات الإضاءة إذا ما إختارنا القدرة الكهربائية للوحدة مساوية 100 وات نجد من خلال الجدول أن اللمبات ينبعث منها فيضا ضوئيا مقداره 1450 ليومن وبقسمة مقدار الفيض الضوئي الكلي السابق الحصول عليه وهو 9786 ليومن على مقدار الفيض الضوئي لكل وحدة إضاءة وهو 1450 ليومن ينتج عدد اللمبات المطلوبة

$$\text{عدد وحدات الإضاءة المطلوبة} = \frac{9786}{1450} = 6 \text{ وحدات إضاءة تقريبا}$$

جدول (9) خواص وحدات الإضاءة المتوهجة

خواص وحدات الإضاءة (لمبات التوهج)				
نموذج وحدة الإضاءة	القدرة الكلية المستهلكة - وات		الفيض الضوئي - ليومن	
	110 فولت	220 فولت	110 فولت	220 فولت
لمبات التوهج	15	120	145	9
	25	230	260	10
	40	350	450	11
	60	620	790	13
	75	850	1000	13
	100	1250	1450	14
	150	2000	2450	16
	200	2900	3400	17
	300	4600	5400	18
	500	8400	9600	19

تكون مربعة أو مستطيلة، وبسبب انعكاسات الأشعة الضوئية تكون الإنارة غير منتظمة وضعيفة في الجوانب، ويعالج تدني مستوى الإنارة في جوانب الغرفة بزيادة عدد الأجهزة أو استطاعتها عند الجوانب والأركان

ولحساب توزيع اللمبات بأسلوب الإضاءة المباشرة أو الشبه مباشرة يجب إتباع المعادلة التالية

$$\frac{1}{0.7} = \frac{ع}{م}$$

§ أن تكون المسافة بين محوري جهازين متتاليين ضعف المسافة بين الجدار والجهاز، ولكن الغرف غالبا ما تكون مربعة أو مستطيلة، وبسبب انعكاسات الأشعة الضوئية تكون الإنارة غير منتظمة وضعيفة في الجوانب، ويعالج تدني مستوى الإنارة في جوانب

الإضاءة من واقع تصميم المشروع ، كما أنه بقسمة الفيض الضوئي الكلي على عدد وحدات الإضاءة فإنه يمكننا أن نستنتج بسهولة الفيض الضوئي الواجب إنبعائه من كل وحدة إضاءة ، ثم بالإستعانة بجدول خواص وحدات الإضاءة نحدد المصباح الذي يقترب فيضه الضوئي ما أمكن من المقدار المفروض إنبعائه من كل وحدة إضاءة.

وفي حالة إذا ما كانت الإختلافات كبيرة بين مقدار الفيض الضوئي الناتج لكل وحدة إضاءة ومقادير الفيض الضوئي بالجدول المشار إليها ، حيث يمكننا إعادة العمل وتصحيح عدد وحدة إضاءة بالنقص أو الزيادة ، وإعادة التصميم وترتيب أوضاعها منفردة أو داخل أجهزة الإضاءة ، وذلك بجعلها قريبة من بعض أو بإبعادها ، وإذا لم نستطيع تعديل وحدات الإضاءة أو أجهزة الإضاءة فعلينا أن نستعمل وحدة الإضاءة الأقوى ذات الفيض الضوئي الأعلى من المقدار

### الأسس المتبعة في توزيع أجهزة الإضاءة الصناعية:

يجب حسن اختيارها وتوزيع وحدات الإنارة على أساس الحجم والسطوح والنوعية وتنظيمها بأنماط مدروسة لتحقيق التكامل بين الجوانب التصميمية ومستلزمات الإنارة ، هناك أسس متعددة يبني عليها توزيع الأجهزة منها:

§ أن تكون المسافة بين محوري جهازين متتاليين ضعف المسافة بين الجدار والجهاز، ولكن الغرف غالبا ما

### إرتفاع اللمبة عن سطح العمل

المسافة بين لمبتين متتاليتين

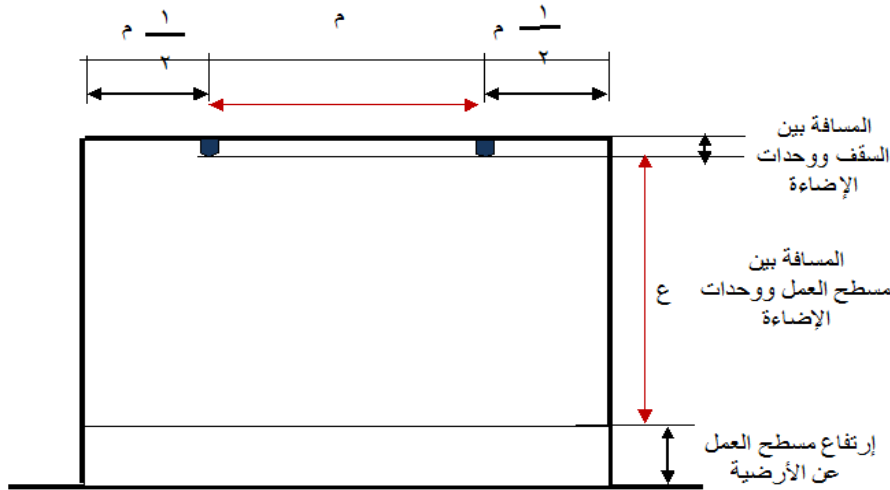
### الأسس المتبعة في توزيع أجهزة الإضاءة الصناعية:

يجب حسن اختيارها وتوزيع وحدات الإنارة على أساس الحجم والسطوح والنوعية وتنظيمها بأنماط مدروسة لتحقيق التكامل بين الجوانب التصميمية ومستلزمات الإنارة ، هناك أسس متعددة يبني عليها توزيع الأجهزة منها:

ولحساب توزيع اللمبات بأسلوب الإضاءة المباشرة أو الشبه مباشرة يجب إتباع المعادلة التالية

الغرفة بزيادة عدد الأجهزة أو استطاعتها عند الجوانب والأركان

$$\frac{1}{0.7} = \frac{ع}{م} = \frac{\text{إرتفاع اللبة عن سطح العمل}}{\text{المسافة بين لمبتين متتاليتين}}$$



ش (15) يجب في جميع الحالات السابقة أن تكون المسافة بين وحدات الإضاءة (م) في وسط السقف ضعف المسافة بين التقاء السقف مع الحائط الجانبي والصف الأول بجانب الحائط كما في الشكل.

الاصطناعية .

- حسن اختيار وحدات الإنارة والتأكد من التخلص من الحرارة الناتجة عنها بطرق هندسية ومراعاة ذلك عند حساب إهمال تكييف الهواء .
- حسن اختيار المصابيح ذات الأطياف المناسبة وذلك لإبراز الألوان المطلوبة في الفراغات.

#### استخدام البرنامج DIALux في حسابات الإضاءة الداخلية

- يستخدم البرنامج DIALux لتصميم الإنارة الداخلية والخارجية وفقاً لنظام EN 12464 part 2 وذلك باستخدام الطريقة الوسطية والنقطية وفقاً للمراحل التالية: (7- P. 17)
- إنشاء ملف المشروع.
- تحديد أبعاد الفراغ المدروس من حيث الطول و العرض و ارتفاع جهاز الإضاءة المقترح .
- تحديد عوامل الانعكاس على الجدران و الأرض والسقف.
- تحديد شدة الإضاءة اللازمة .
- إجراء حسابات الإضاءة و تحديد عدد الأجهزة اللازمة لكل فراغ وطريقة ترتيبها.
- النتائج التي توضح سوية الإضاءة في الأماكن المختلفة من الفراغ .

في حالة إستخدام وحدات إضاءة مغطاه من أعلى بلوح زجاجي كعاكس للإضاءة يجب أن لا تزيد النسبة عن :

$$\frac{1}{1.5 : 1} = \frac{ع}{م} = \frac{\text{إرتفاع المصدر عن سطح العمل}}{\text{المسافة بين مصدرين متتاليتين}}$$

وفي حالة إستعمال لمبات فلورسنت مركبة داخل أجهزة عاكسة يجب أن لا تزيد النسبة عن نفس القيمة السابقة.

#### بعض الأسس المتبعة في توزيع أجهزة الإضاءة الصناعية:

- العلاقة بين تباعد الأجهزة وارتفاع الجهاز لضمان انتظام جيد للإنارة على سطح العمل، ويجب إن تراعى العلاقات العملية في ارتفاع الجهاز وتباعد الأجهزة عن بعضها البعض. (14- P. 56)
- محاولة الوصول إلى إنارة منتظمة في الفراغ .
- يجب الاستفادة من الأنماط الهندسية للإنارة وذلك لزيادة الاهتمام بأماكن معينه في الفراغ أو كسر الرتابة في الفراغات
- إنارة الجوانب يعطي طابع الهدوء والراحة أحيانا وذلك طبقاً لنوع الإضاءة واللون المستخدم .
- الاهتمام بالإنارة الطبيعية ودراسة وضع النوافذ وكذلك الفتحات السماوية لتكون متناسقة مع الإضاءة



ش (16)

- Leuchten GmbH, Lüdenscheid Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden 1. Edition 1992
- 4- National Framework for Energy Efficiency, **the Basics of Efficient Lighting**, Areference Manual for Training in Efficient Lighting Principles First Edition, December 2009.
- 5- Stefan Graf, **Daylighting and Integrated Design Considerations**, international association of lighting designers, Huron Valley, July 13, 2012
- 6- Peter McLean, **Electric Lighting – Design Techniques**, Queensland University of Technology, built environment Australia – the Australian council of building design professions LTD, 2004.
- 7- أحمد عادل السقطي ، استخدام البرمجيات في حسابات الإنارة الداخلية وتصميم شبكات التغذية الكهربائية ، الجمهورية العربية السورية ، جامعة دمشق ، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية ، قسم هندسة الطاقة الكهربائية ، 2007م
- 8- زينب حسين رؤوف ، التصميم الضوئي الليلي عامل مساعد للإبداع المعماري ، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 27 ، العدد 11 - 2009م.
- 9- Jeglitaza, Iris. **(Lighting and Building)** International fair for Architectural and Technology, Frankfort, 2001
- 10- حسام ديس وزيت – عبد الرزاق معاد ، البعد الوظيفي والجمالي للألوان في التصميم الداخلي المعاصر ، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية المجلد الرابع والعشرون – العدد الثاني ، 2008م.
- 11- Alexander D. Ryer, **Light Measurement Handbook**, International Light, Library of Congress, *Second Printing, Printed in the United States of America*, 1998.
- 12- لطفي ، حسنين ، أثر الإضاءة في بناء الفضاء الافتراضي الداخلي ، اطروحة ماجستير مقدمة لقسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية ، 2001م.
- 13- Nackals, J.L., **“Interior lighting: for environmental designers**, John Wiley and sond, New York, 1967.
- 14- Steffy. Gary, **Architectural Lighting Designs**, Second edition , LC,IEC, Fields , 2002
- 15- دراسات جدوى الصناعات الكهربائية ، دراسة جدوى مشروع إنتاج وسائل الإضاءة الداخلية ، المجلس القومي للمرأة - وحدة المشروعات الصغيرة / الصندوق الإجتماعي للتنمية/ <http://www.kenanaonline.net/> . 2006.
- يوضح شكل (16) شكل البرنامج ومراحل الإعداد للمشروع ، ويعتمد البرنامج على وضع جميع القياسات الضوئية السابقة الذكر في إطار رقمي يسهل معها إنجاز المشروعات الهندسية المختلفة بشكل دقيق وإمكانية إجراء التعديلات بطريقة التغذية الراجعة كما تساعد البرامج الرقمية في تعدد الحلول في مراحل إعداد التصميم ومراحل اتخاذ القرار
- الإستنتاجات**
- من خلال البحث تم التوصل لمجموعة من الاستنتاجات التي تتعلق بعملية تصميم الإضاءة الصناعية والتي يجب أن يضعها المصمم الداخلي في إعتبراته التصميمية للوصول للنتائج النهائي السليم
- أهمية إلمام المصمم الداخلي بأنماط الإضاءة وأهم المعايير المادية والإيحائية للإضاءة وأساليب توزيعها بالمحتويات الفراغية المختلفة والأنشطة المتعددة بطريقة صحيحة وبما يتماشى مع طبيعة التصميم الداخلي.
  - يجب أن يتم إدراج القياسات الرياضية لتصميم الإضاءة الصناعية ضمن مشروعات التصميم الداخلي باستخدام النظم والأساليب العلمية ، وذلك بهدف تحقيق جوانب الراحة النفسية والعضوية للمستخدمين.
  - التأكيد على وضع خطة الإضاءة الصناعية ضمن مشروعات التصميم الداخلي في مراحل تطور العمليات التصميمية وليس بعد الإنتهاء من وضع القرارات النهائية للتصميم وذلك بهدف دعم الفكرة والفلسفة العامة والهوية التصميمية
  - ضرورة إستخدام المصمم الداخلي للتقنيات والبرامج الرقمية الحديثة للمساهمة في وضع التصميم الضوئي للمشروعات والحصول على أدق النتائج القياسية في حساب وتوزيع الإضاءة وكذلك وضع حلول تجريبية واقعية قبل مرحلة تنفيذ المشروعات.
  - لتحقيق التجانس في مستويات الإضاءة الطبيعية والصناعية يجب وضع آليه لحساب الفيض الضوئي اللازم للمحتوى الفراغي وفي حالة وجود نقصان في مستوى الإضاءة الطبيعية يتم إضافة إضاءة صناعية مكملة في فترات النهار بمقدار معدل النقصان لتحقيق الراحة الضوئية بالمكان.
- المراجع والمصادر**
- 1- Zumtobel Lighting GmbH, **“The Lighting Handbook”**, Dornbirn, AUSTRIA, 4th Edition, revised and updated: October 2013
  - 2- Alma E. F. Taylor, **Illumination Fundamentals**, Optical Research Associates, the Lighting Research Center, Pasadena, California, 2000.
  - 3- Rüdiger Ganslandt and Harald Hofmann, **Handbook of Lighting Design**, ERCO