دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	النظم والأساليب العلمية لقياسات الإضاءة الصناعية في مشروعات التصميم الداخلي
المصدر:	مجلة التصميم الدولية
الناشر:	الجمعية العلمية للمصممين
المؤلف الرئيسي:	سركن، إيمان إبراهيم بدر
المجلد/العدد:	مج5, ع2
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2015
الشهر:	إبريل
الصفحات:	401 - 413
رقم MD:	984448
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
اللغة:	Arabic
قواعد المعلومات:	HumanIndex
مواضيع:	مشروعات التصميم الداخلي، قياسات الإضاءة، الإضاءة الصناعية
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/984448

© 2021 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

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:
يعتمد نجاح التصميم الداخلي على قدرة المصمم على الإبداع والتشكيل مع مراعاة مبادئ وقوانين الإضاءة واللون وإختيار الخامات وحساب معاملات الإنعكاس والإمتصاص للألوان والخامات وعلاقة ذلك بالإضاءة الطبيعية للمكان حيث يتحدد عمل المصمم الداخلي في توزيع وحساب الإضاءة للمشروعات الهندسية برسم إطار إبتدائي 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 للآلية الحاكمة لعملية التصميم الضوئي الناتج وبما يضمن تحقيق الهوية وبلورتها في إطارعام يساعد المصمم الداخلي على الإبتكار والتطوير .

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

Paper received 6th January 2015, accepted 24th February 2015, published 1st of April 2015

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 االمتطلبات 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 المنشأه ووظيفه المبنى الأساسية وهذه المعادلات تستخدم لضبط الإضاءة الداخلية من حيث التأثير العضوى والنفسي 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.
- 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 الإبتكارية.

أهمية البحث Study significance:

تكمن أهمية البحث في أنه يسهم 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 وإبتكارية 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:

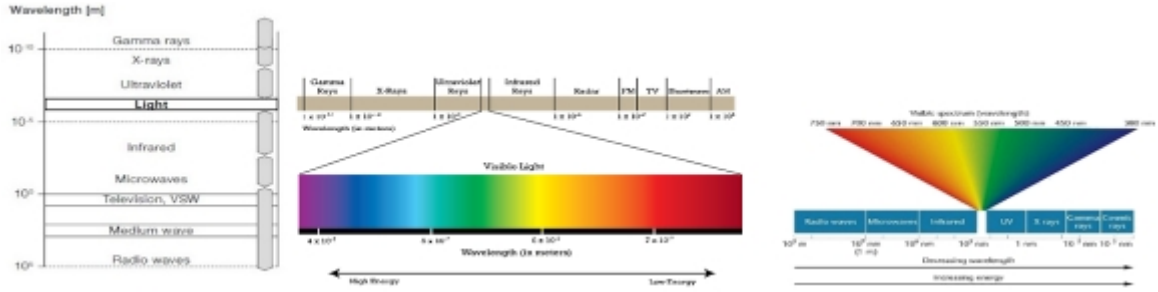
يعتمد البحث المنهج النظري والمنهج الاستقرائي والوصفي التحليلي من خلال دراسة مفاهيم الإضاءة ومبادئها والاعتبارات والنظم والأساليب الحديثة المتبعة في قياسات الإضاءة الصناعية وكذلك محاولة التطبيق من خلال نموذج تصميمي لإستقراء وتحليل القياسات التي تم التوصل لدراستها من المناهج السابقة الذكر.

أولا :طبيعة الضوء:

الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تقع ضمن الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic spectrum وتتميز بأنها موجات مرئية ولها تردد (α) وطول موجة (γ) وتدرك العين الطيف ما بين 4.000 انجسترم ، والذي يمثل اللون البنفسجي إلى 7.000 انجسترم ويمثل اللون الأحمر(6 p – 1) ، والطيف

الكهرومغناطيسي يمثل شكلا عاما لكل أنواع الإشعاعات المعروفة حتى الآن مرتبة حسب ترددتها وأطوال موجاتها وتربط بين هاتين القيمتين العلاقة:

التردد × طول الموجة = سرعة الضوء



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 أهم المصطلحات المستخدمة في مفهوم الإضاءة.

القياسات الضوئية photometry

القياسات الضوئية فرع من الفيزياء التطبيقية يتعلق بقياس التالي:

معايير ومكونات القياسات الضوئية

الشدة الضوئية	توزع الضوء من منبع ضوئي	سطوع سطح مضاء أو مضيء	نسبة الضوء المنعكس عن السطح

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

الضياء Luminance:

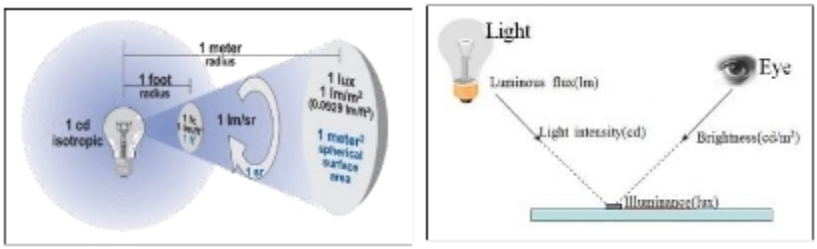
هو قياس الشدة الضوئية في وحدة المساحة للضوء المنتشر في إحدى الاتجاهات. أو هي شدّة الإضاءة المنبعثة من وحدة المساحة للسطح المضيء - ووحدة الإضاءة وفق نظام الوحدات الدولي هي شمعة على المتر المربع(cd/m^2) (2 – p 20)

يعرف الضياء بالمعادلة:

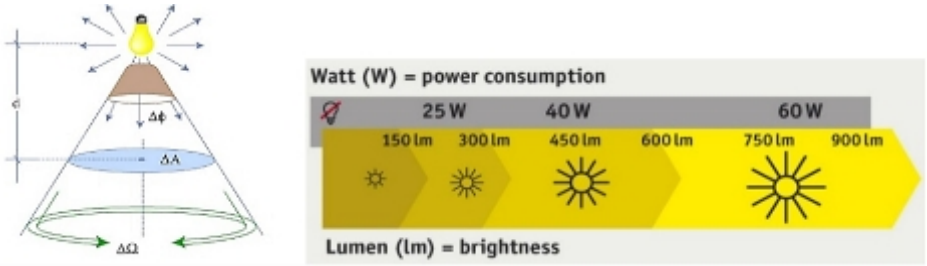
- **(L_V)** هو الضياء(cd/m^2)
- **(F)** هو التدفق الضوئي أو القدرة الضوئية(lm)
- **(Φ)** هو الزاوية بين ناظم السطح والاتجاه المحدد
- **(A)** هو مساحة السطح (m^2) - **(Ω)** هو الزاوية المجسمة (sr)

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



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



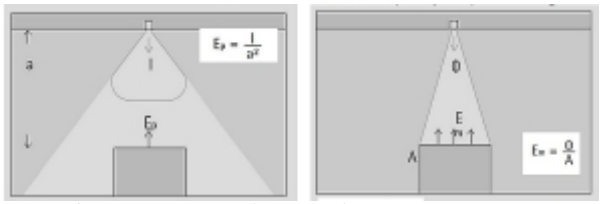
شكل (3) ارتباط زيادة كمية الضوء المنبعث في جميع الإتجاهات من وحدة الإضاءة بالقدرة الكهربائية للوحدة

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 المضاء. (3 – p 42)

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

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



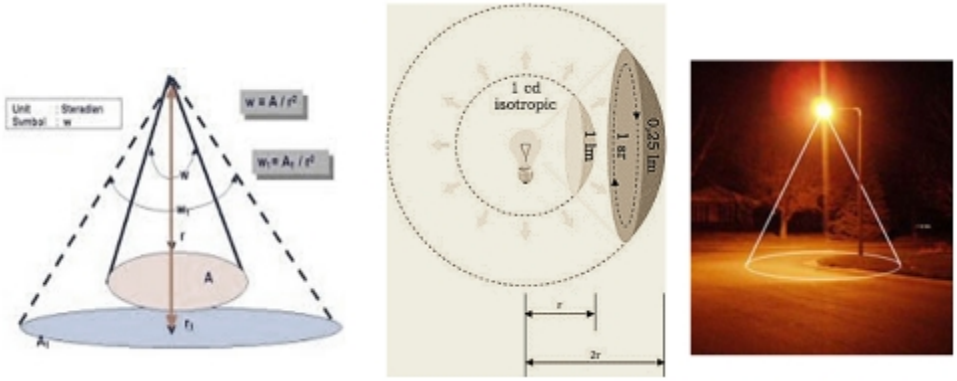
ش (4) شدة الإضاءة اللازمة على نقطة محددة على سطح المكتب:

شدة الاستضاءة (L) Luminous intensity:

تعرف شدة الإستضاءة بكمية الضوء المنبعثة من مصدر ضوئي 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 مقدرًا باللومن إلى الاستطاعة الكهربائية الفعلية اللازمة لتحقيق الإشعاع الضوئي بالواط وتقاس هذه الفاعلية باللومن/وات.



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

الإعتبارات الرئيسية لتصميم الإضاءة الصناعية داخل المحتويات الفراغية المختلفة :-

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

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

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

متطلبات إقتصادية وبيئية : تعتمد بشكل كبير على تكنولوجيا التصنيع والتركيب 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 عمليه فنية بالإضافة لكونها عملية هندسية نظرا لكون العمليات الحسابية والرياضية تعتبر تكميلية بعد تحديد التصور العام للتصميم الكلي، وعلى الرغم من إختلاف الأنشطة داخل المحتويات الفراغية المختلفة إلا انه يمكن تقسيم هذه المراحل ووفقاً للتسلسل الزمني إلى التالي :

- **إعتبارات 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 للمستخدم Psychological and organic comfort بإستخدام الإضاءة.
- § تحديد معايير وانماط الإضاءة Lighting Type مع تحديد كيفية السيطرة عليها.

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

- **إعتبارات حاكمة للعملية التصميمية:**

تشمل وضع البدائل المختلفة للحلول التصميمية بإستخدام خطة الإضاءة المقترحة وهي:

- § عمل مخطط الإضاءة electrical plan بناءا على التصميم الداخلي المقترح وتحديد أماكن التحكم electrical switch ومأخذ القوى الكهربية الرئيسي.
- § تحديد أوجه العلاقة بين الإضاءة الطبيعية Natural Lighting بكل معطياتها والتخطيط للإضاء الصناعية بناء على هذه البيانات.
- § علاقة التصميم الضوئي بالتشكيل العمراني للمحتوى الفراغي.
- § وضع التصميم المبدئي Preliminary Design ومراجعته

مع فريق العمل بالكامل وتحديد أهم النقاط الإيجابية والسلبية وإجراء عملية التقويم الذاتي Self assessment

§ وضع التصميم النهائي للمشروع.

إعتبارات تطوير عملية التصميم الضوئي:

مرحلة متقدمة تأتي كمخرجات لعملية التقويم والتعديل وذلك بهدف عزل كل السلبيات والتأكيد على الإيجابيات في التصميم

§ اختيار نوع الاضاءة والتقنيات المستخدمة فيها.

§ اختيار وحدات الإضاءة المناسبة.

§ تطوير التفاصيل وإبراز الجوانب الإيحائية في التصميم

إعتبارات ما بعد عملية التصميم:

تعتمد على تعزيز وتقوية النتاج 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 لوحدات الإضاءة.

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

م	الإعتبارات	تحليل وتوضيح المواصفات القياسية المطلوبة
1	***نوعية النشاط***	*يتم تحديد نوعية الإضاءة طبقا لنوعية النشاط داخل المحتوى الفراغي (32 P - 6)*
2	**جودة الاضاءة المطلوبة**	إذا زاد نصوع جسم ما في مجال الرؤية فقد يؤدي ذلك اما الى تعذر الرؤية او الى اجهاد ابصاري وفي كلتا الحالتين يقال ان العين تعاني من الإبهار البصري الذي يعتمد على : نصوع مصادر الضوء - عدد مصادر الضوء وحجمها الظاهري - النصوع العام للمنطقة المحيطة بمجال الرؤية (نصوع الخلفية) - موضع مصدر الضوء بالنسبة لمجال الرؤية.
3	**الراحة البصرية**	تتمثل في : مصادر الاضاءة الطبيعية مثل النوافذ والأبواب - تصميم وتوزيع وحدات الإضاءة في اماكن مناسبة داخل الحيز المضاء - يفضل ان يكون انعكاس الجسم للضوء اكبر من انعكاس الخلفية المحيطة به - يتم توزيع الاضاءة بحيث يسقط الضوء على الجسم من اتجاهات عديدة.
4	**كمية الاضاءة المطلوبة**	العوامل الاساسية التي تحدد القيمة المناسبة للاستضاءة هي: نوع النشاط - خصائص الوظيفة المطلوبة من حيث حجم المكان وتباينه الضوئي والزمن المسموح به - أهمية الاداء الابصاري من حيث الدقة والسرعة –الفئة العمرية للمستخدمين - درجة الانعكاسية - مستوى شدة الاستضاءة
5	**تأثير تلوث البيئة المحيطة**	يمكن تصنيف مدى تلوث الجو المحيط بالمكان المراد اضاءته الى خمس درجات: نظيف جدا – نظيف – متوسط - غير نظيف - غير نظيف جدا
6	**دراسة طبيعة المكان**	دراسة طبيعة المحتوى الفراغي للحصول على وصف للمكان مثل: ابعاد المكان - معامل انعكاس الحوائط والسقف والارضية - مستوى وعدد ساعات التشغيل في اليوم الواحد
7	**اختيار وحدات الإضاءة**	اختيار نوع وحدات الإضاءة المناسبة بالإضافة لعوامل شكل وحدات الإضاءة وتكلفتها.
8	**درجة حرارة وحدات الاضاءة**	كل وحدة مكونة من مصباح وناشر للضوء الخاص به لها منحنى خصائصي مميز يبين العلاقة بين التدفق الضيائي ودرجة الحرارة المحيطة
9	**جهد وحدات الاضاءة**	تختص هذه الخطوة بدراسة تغير خواص المصابيح مع التغيير في الجهد عن القيمة المقننة
10	**فاصل وموزع التيار**	يتأثر التدفق الضيائي للمصباح اذا كان فاصل وموزع التيار المستخدم غير مناسب
11	**طبيعة سطح ناشر الضوء**	أي تغيير في خواص المواد المستخدمة في صناعة ناشر الضوء يؤدي الى نقص في التدفق الضوئي الخارج منه ، وقد لوحظ ان خواص الزجاج او الالومنيوم لا تتغير مع الزمن بينما تتغير خواص المينا والدهانات الاخرى وجميع انواع اللدائن مع الزمن
12	**العمر الإفتراضي لوحدات الإضاءة**	عندما يكون نظام الاضاءة جديدا فان معدل احتراق المصابيح يكون صغيرا جدا في اول الامر ولكن مع تقادم النظام واقتراب المصابيح من عمرها الافتراضي يزداد هذا المعدل زيادة كبيرة بحيث يؤدي الى انخفاض كبير في مستوى الاستضاءة اذا لم يتم استبدال المصابيح التالفة .
13	**مستوى نظافة سطح الاماكن المضاءة**	تختص هذه الخطوة بانخفاض مستوى الاضاءة نتيجة لاتساخ حوائط وسقف وارضية الغرف المضاءة ، فقد لوحظ ان تراكم الاتربة على حوائط وسقف الغرفة يؤدي الى انخفاض الاضاءة داخل الغرفة ، ويمكن تعيين معامل الاتساخ ببدلالة النسبة الفجوية للغرفة ودرجة تلوث جو الغرفة ومعدل التنظيف ونوع نظام الاضاءة المستخدم
14	**إنخفاض التدفق الضيائي للمصابيح نتيجة للاستعمال**	يقصد بالعمر العملي للمصباح بانه الفترة الزمنية التي يستخدم فيها المصباح بحيث لا تقل فعاليته الضيائية فيها عن حد معين ، ويحدد الصانع معيارا لانخفاض التدفق الضيائي بالتقادم يعرف بمعامل انتقاص التدفق الضيائي Lamp Lumen Depreciation LLD
15	**انخفاض التدفق الضيائي**	انخفاض التدفق الضيائي المنبعث من ناشر نتيجة مستوى النظافة حيث يؤدي اتساخ كشاف الانارة Luminaire الى انخفاض في التدفق الضيائي وتقدر قيمته هذا الانخفاض بمعامل يعرف بالانتقاص الاتساخي لكشاف الانارة Luminaire Dirt Depreciation - LDD
16	**عامل الفقد الكلي**	عامل الفقد الضوئي Light Loss Factor عرف بعامل الصيانة Maintenance Factor ويلاحظ انه عندما يصعب الحصول على عامل من هذه العوامل فاننا نفرض قيمة تساوي الواحد.
17	**تحديد عدد وحدات الاضاءة وشدة كلا منها.**	تختص هذه الخطوة بحساب عدد تركيبات الانارة المستخدمة وشدة اضاءة كل منها بمعلومية : مساحة سطح التشغيل - التدفق الضوئي لكل مصباح - عامل الفقد الضوئي LLF - معامل الانتفاع للمصابيح بمعلومية معامل انعكاس الارضية والحوائط والسقف
18	**تحديد اماكن وحدات الاضاءة**	يجب عند تصميم وتوزيع الإضاءة داخل الفضاء ان مراعاة انتظام الاضاءة في الاماكن المختلفة ، ويجب انتظام الاضاءة بجعل الاستضاءة عند اي نقطة داخل الغرفة تعادل 15% من قيمة التصميم
19	**مراجعة الاضاءة بعد التصميم**	يجب مراجعة صحة التصميم من حيث مواءمة الاضاءة داخل الفضاء للغرض الذي تستخدم فيه ويتم ذلك بالقياس العملي لمستويات الاضاءة داخل الغرفة ومراجعة العوامل المستخدمة في التصميم

أنواع أجهزة الإضاءة:

إن جهاز الإضاءة يمثل أداة لتوجيه أو نشر أو تعديل الضوء الصادر من المنبع لزيادة فعاليته ومردوده ، و جعله أكثر راحة للعين , و يشمل الجهاز: المنبع مع توصيلاته الكهربائية, وأدوات تثبيته , والهيكل و الغطاء (16 , 15 P - 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 أخر مرتبط بنفس المفهوم ولكن بتحليل نمط الإضاءة

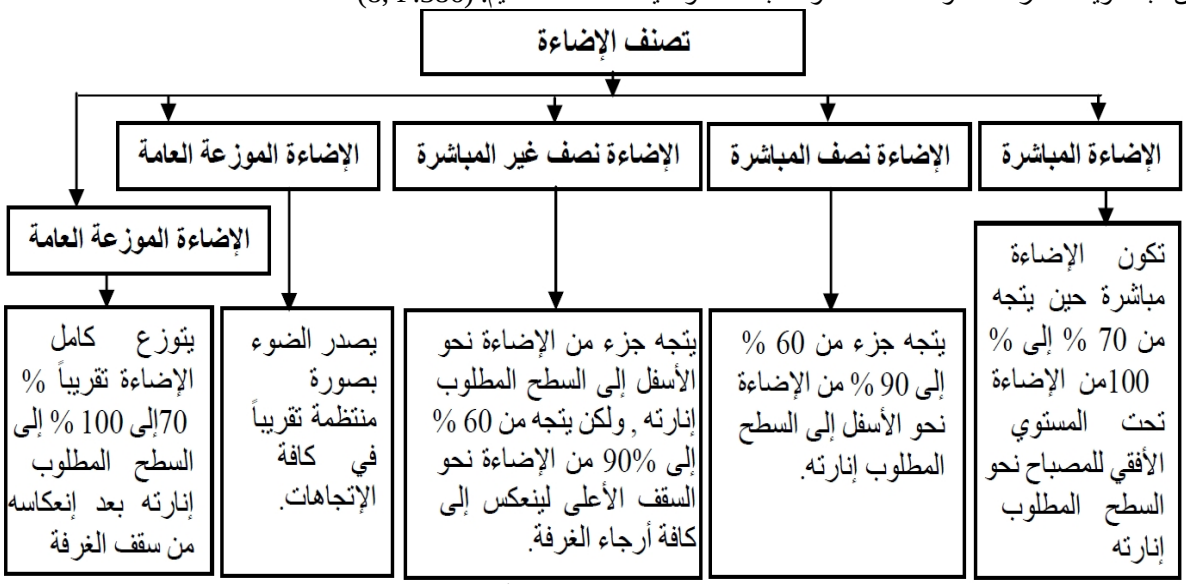
الإضاءة السفلية : (Down Lighting)

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

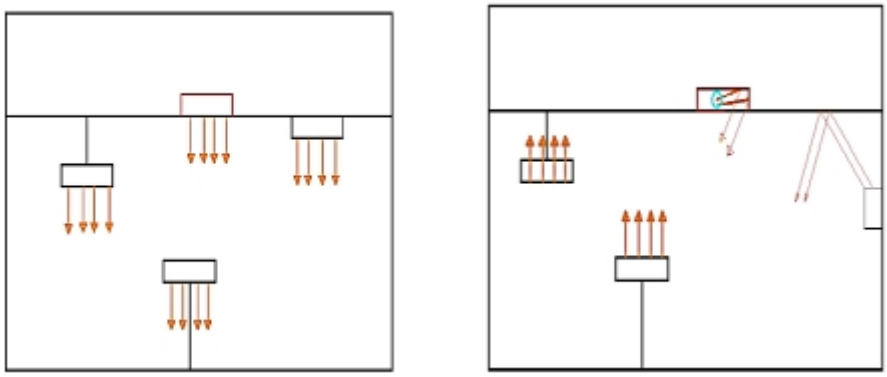
الإضاءة العلوية : (Up Lighting)

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

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



ش (7) تصنيف الإضاءة وأنماطها



ش (8) الإضاءة المباشرة والغير مباشرة .

<u>إضاءة الجدران : (Wall Lighting)</u>

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

<u>إضاءة المعالم المميزة : (Feature Lighting)</u>

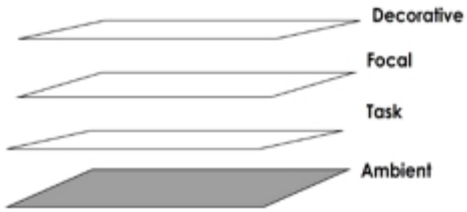
تستخدم لغرض إضاءة المعالم المميزة في المكان والتأكيد من خلالها على التفاصيل المهمة حيث تكون الإضاءة غير مباشرة ومخفية في أغلب الأحيان ، فالعين البشرية تتحرك لا شعورياً على مكان الضوء وتستخدم الإضاءة النقطية (Spot Lighting) لهذا الغرض.

<u>أساليب التفكير بالتصميم الضوئي بشكل مستويات متتابعة -:</u>

تتحدد طرق التصميم بالإضاءة إلى أربعة مستويات ذات ترتيب تصاعدي بداية من الإضاءة العامة ثم الإضاءة المهمات الرئيسية ثم إضاءة المركزة في نقاط بؤرية وأخيرا 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 الاسلوب 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 الاساسية بالتالي فان التركيز على العناصر سواء كانت الإضاءة على مستوى الفضاءات الداخلية أو الخارجية واذا كان التصميم تقليدي أو معاصر بما يضمن بالوصول للتصميم الضوئي الجيد (10- P.385)



ش (9) أساليب إستخدام مستويات الإضاءة في التصميم الداخلي

<u>قوانين القياسات الضوئية:</u>

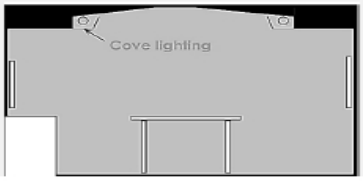
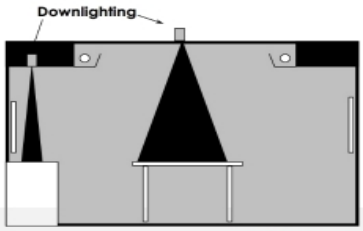
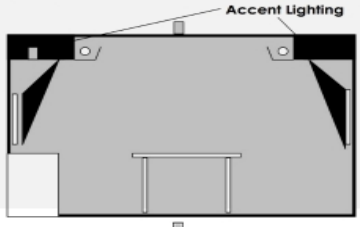
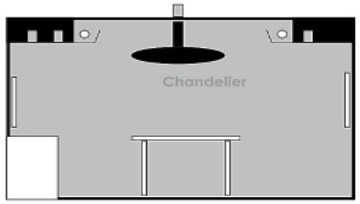
تفيد قوانين القياسات الضوئية في تصميم المقاييس الضوئية ووضع الحلول الرياضية التي تبرز لدى إجراء القياسات الضوئية. من هذه القوانين الأساسية هو قانون التربيع العكسي – وقانون جيب التمام

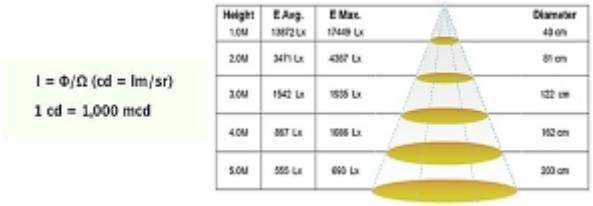
<u>قانون التربيع العكسي</u>

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

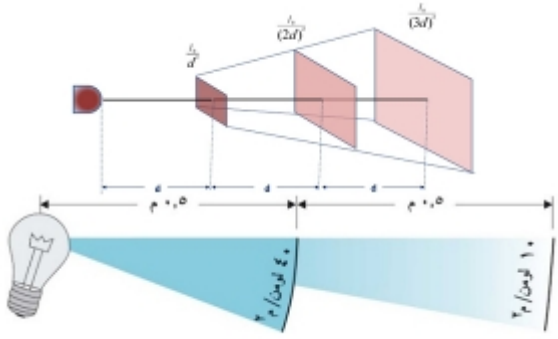
حيث أن d المسافة المباشرة من المصدر الضوئي والنقطة المطلوب إيجاد شدة الإضاءة عندها. ويكتب القانون عند مسافة معينة : (12 - p.25)

جدول (2) مستويات التصميم الضوئي

المستوى	التحليل	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 اكثر 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 والتاكيد على المعالم المميزة وتركز الانتباه على العناصر والمقتنيات البارزة من خلال قوة الإضاءة	
اضاءة ابراز التصميم	ذات اهداف تصميمية زخرفية بالتالي يمكن توظيفها في تعزيز جمالية الفضاء وهوية التصميم (11 – p. 40)	



ش (11) جدول تناقص شدة الإستضاءة 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)

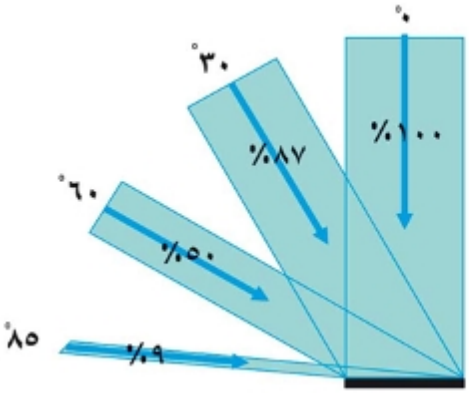


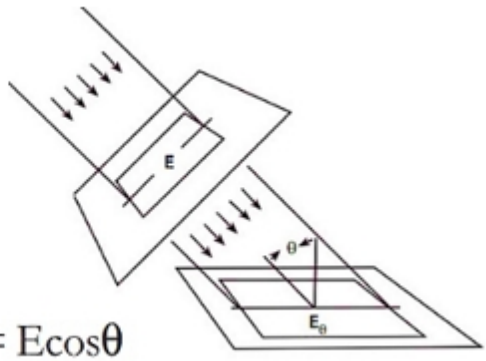
$$E = \frac{I}{d^2}\,(\text{lx}) \text{ or } (\text{ft.cd})$$

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

<u>قانون جيب التمام في الإضاءة: -</u>

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





$$E_\theta = E\cos\theta$$

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

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

الخطوة	التحليل والتوضيح	المرجعية
أولا	▪ إختيار وحدة الإضاءة طبقا للشكل والأداء	إختيار المصمم الداخلي
ثانيا	▪ تحديد أسلوب الإضاءة (مباشرة – غير مباشرة – شبة مباشرة – شبة غير مباشرة – موزع منتظم) تبعا لنوعية الوظيفة داخل الفراغ	من خلال التصميم المقترح
ثالثا	▪ تحديد نوع وحدات الإضاءة المستخدمة وتحديد مستوى شدة الإستضاءه (طبقا لوظيفة المكان) تؤخذ قيمة شدة الإستضاءة من الجداول	من خلال جداول محددة لذلك
رابعا	▪ تحديد جودة العاكس المستخدم (V)	من خلال جداول محددة لذلك
خامسا	▪ معاملات الانعكاس للسقف والحوائط (Pw / Pc)	من خلال جداول محددة لذلك
سادسا	▪ معامل الشكل (K)	من خلال جداول محددة لذلك
سابعا	▪ تحديد معامل الكفاءة الضوئية للإضاءة المستخدمة	من خلال المعادلات

العوامل المؤثرة على حسابات الإضاءة داخل المحتويات الفراغية المختلفة:

هناك عده عوامل مؤثره في حسابات الإضاءة يجب أخذها في الاعتبار عن حساب الإضاءة ومن أهم هذه العوامل :

ش (13) العوامل المؤثرة على حسابات الإضاءة

أولا: معاملات الصيانة والاستخدام:

§ معامل الصيانة Maintenance Factor (M)

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 Utilization factor (U)

يمثل هذا المعامل نسبه 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.

وباحتساب هذين المعاملين تصبح العلاقة:

$$\phi = \frac{E\,A}{M\,U}\ Lumen \qquad E_{Lux} = \frac{\phi}{A}\ M.U$$

ثانيا : طريقه الإضاءة ونوع الوحدات المستخدمة

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

ثالثا : نوع العواكس المستخدمة

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

رابعا : معاملات الانعكاس والامتصاص والنفاذ لأسطح الغرفة

تؤثر طبيعة أسطح الغرفة تأثيرا كبيرا في حسابات الإضاءة عن طريق انعكاس الضوء الساقط علي هذه الأسطح .وتتوقف معاملات الانعكاس على نوع تشطيب السطح ولون الطلاء ودرجته ونوعه ويوجد جدول بمعاملات الانعكاس لبعض الأسطح والألوان.

علاقة الإضاءة باللون

تؤدي الإضاءة دورا مهما في التأثيرات التي تحدثها الألوان لدى إستخدامها في الفراغ الداخلي ، إذ أن إختلاف قيم شدة الإضاءة يسبب تغيرا في قيمة اللون Vallue كما أن للإضاءة الملونة تأثيرا في صفة اللون Hue حيث يتغير اللون عند تسليط إضاءة ذات لون عليه ، كما تؤدي الألوان دورا أساسيا في إضاءة الفراغ الداخلي إذ أن استخدام ألوان فاتحة يزيد من عامل الإنتشار (الإشعاع الضوئي) Global Illumination كما تزيد الألوان الدافئة لدى استعمالها من قوة الإضاءة المستخدمة سواء كانت طبيعية أو إصطناعية.(10- p. 362)

علاقة الضوء بلون الأسطح وانعكاساتها:

للإضاءة دور مهم في التأثيرات التي تحدثها الألوان في الفراغ الداخلي إذ إن اختلاف قيم شدة الإضاءةيسبب تغيراً في قيمة اللون ,كما أن للضوءتأثيراً في صفة اللون ومن ناحية أخرى للألوان نفسها دور في إضاءة الفراغ الداخلي ,لأن استخدام ألوان فاتحة يزيد من الإشعاع الضوئي ، كما تزيد الألوان الدافئة لدى استعمالها من قوة الضوء المستخدم سواء كانطبيعياً أم اصطناعيا

جدول (4) الوان الأسطح ومعامل إنعكاساتها الضوئية

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

وينقسم الضوء الساقط على السطح إلى ثلاثة أجزاء بنسب مختلفة

جزء يمتص	جزء ينعكس	جزء ينفذ من السطح المضاءة

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

جدول رقم (1)
قياس نسب انعكاس المواد للضوء وتصنيف خواصها

المادة	النسبة المئوية للانعكاس	الخواص
• انعكاس منتظم (Peular)		
مرآة زجاجية	90-80	يمكن التحكم في اتجاه الانعكاس من هذه المواد وذلك فهي تستخدم لإعطاء شكل جمالي مؤثر
مرآة بلاستيكية	85-75	
الومنيوم مصقول	70-60	
كروم مصقول	65-60	
صلب غير قابل للصدأ	65-55	
زجاج ذات لون أسود	5	
• انتشار (Spread)		
الومنيوم ساتيني	80-70	
كروم ساتيني	55-50	
الومنيوم مطفي	55-55	هذه المواد تفرض الضوء وتعكس جزءا منه انعكاسا منتظما
صيني		
• دهان الومنيوم	90-60	
	70-60	
• إنتشار (Diffuse)		
دهان أبيض	90-75	في هذه الحالة تظهر المادة العاكسة مضاءة بانتظام في كل الاتجاهات لذلك تستخدم هذه المواد في كثير من الأحيان لإعطاء خلفية مضاءة
زجاج مصنفر	80-75	
حجر جيري	65-35	

جدول رقم (2)

المادة	النسبة المئوية للانعكاس	الخواص
* الزجاج		
زجاج نقي	90-80	1. الامتصاص بسيط والنفاذ مركز
زجاج معتقر	85-75	2. تستخدم كغطاء واقي لبعض المصابيح
زجاج صيني	40-15	3. الامتصاص بسيط يستخدم في غطاء المصابيح لإعطاء بعض الإضاءة الخلفية
		4. معامل الامتصاص كبير نسبيا
• البلاستيك :		
عدسات بلاستيكية	92-70	1. امتصاص بسيط يغير التشار
بلاستيك أبيض	70-30	2. يستخدم كواقي للمصابيح الفلورية
بلاستيك ملون	90-صفر	3. معامل الامتصاص كبير نسبيا
		4. يستخدم كغطاء للمصابيح الفلورية
• الرخام	50-30	1. معامل الامتصاص كبير نسبيا
		2. مادة نادرة للضوء ممتازة
		3. تستخدم في نوافذ العرض
* الألبستر	20-50	1. لها امتصاص كبير والتشار جيد
		2. يسقط الضوء عليها لإعطاء أشكال ذات مظهر جيد

كما تتأثر النسبة المئوية للإنعكاس بإختلاف الخامات المستخدمة في عمليات النهو لمشروعات التصميم الداخلي مما يؤثر على درجة إمتصاص وإنعكاس الضوء من المسطحات المختلفة

ويمثل هذه الأجزاء الثلاثة معاملات هي:

1- معامل الانعكاس Coefficient of Reflection (R)

2- وهو النسبة بين الفيض الضوئي المنعكس من السطح إلى الفيض الضوئي الساقط عليه.

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

4- معامل النفاذ Coefficient of Transmission (T) 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_e)

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 إتباع التالي

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

ثانيا : الحصول على الفيض الضوئي الكلي المطلوب (الذي يمثل الفيض الضوئي لمجموع وحدات الإضاءة المستعملة) من خلال المعادلة التالية:

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

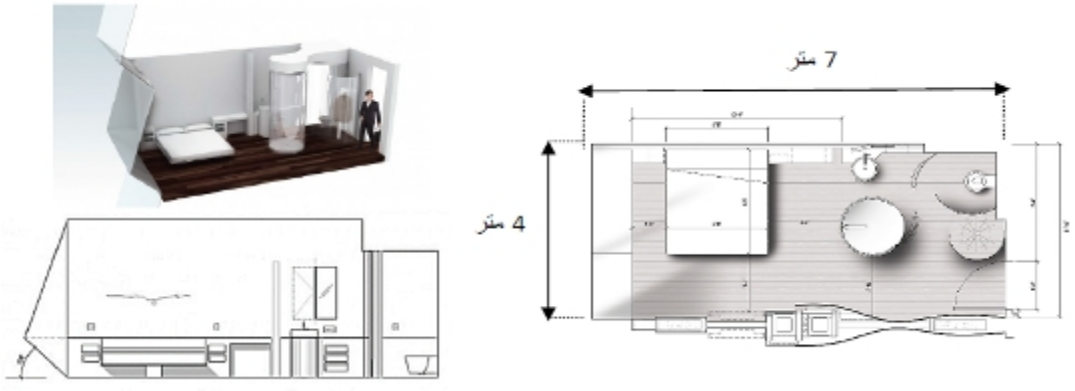
حيث (L) تقدر بالليومن ، (E) تقدر بوحدة اللوكس وتؤخذ من جدول شدة الإضاءة

(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)



ش (14) رسم توضيحي لمقاسات الغرفة

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

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

قيمة معامل الشكل (K) = 2

ثانيا : استنتاج معامل الكفاءة الضوئية الكلية (من خلال الجداول)

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

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

أولا : تحديد معامل الشكل (K) (من خلال المعادلة)

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

ثالثا : تحديد عامل هبوط القيمة من خلال الجداول

يتم استنتاجها من خلال الجداول بعد معرفة قيمة معامل الكفاءة الضوئية
معامل هبوط القيمة = 1.3
رابعا : تحديد معامل الكفاءة الضوئية الكلية من خلال المعادلة التالية

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

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

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

حيث (L) تقدر باللليومن ، (E) تقدر بوحدة اللوكس وتؤخذ من جدول شدة الإضاءة لغرفة فندقية جدول رقم (6)
L = 100 لوكس
$A = 4 \times 8 = 32$ متر^2
قيمة معامل الكفاءة الضوئية الكلية F = 0.327 - كما سبق إيجاده في الخطوة السابقة

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

مستوى الإضاءة داخل المنشآت وإرتباطها بالنشاطات العملية:

هناك بعض التطبيقات في مستويات الإضاءة تتباين طبقا لجهد 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)
وبالبرغم 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 المواصفات 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 الشيئ وهنا يمكن القول أن شكل دليل الوضوح يظهر بصورة أقل

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

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

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

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

جدول (7) يوضح مستويات الإضاءة وإرتباطها بالفئات العمرية

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

تحديد معامل الكفاءة الضوئية الكلية بإختلاف نوع وحدات الإضاءة:

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

معامل الكفاءة الضوئية الكلية باستخدام وحدات الإضاءة (التوهج – بخار الزئبق – بخار الصوديوم)										
أسلوب الإضاءة (أ) كفاءة جهاز الإضاءة (ب) الضوء المنبعث لأعلى (ج)الضوء المنبعث لأسفل	عامل الشكل ك	السقف								عامل هبوط القيمة هـ
		فاتح جدا			فاتح الدرجة			متوسط الدرجة		
		الحوائط			الحوائط			الحوائط		
		فاتح	متوسط	غامق	فاتح	متوسط	غامق	فاتح	متوسط	غامق
إضاءة مباشرة أ : 75% ب : صفر ج : 75	1	0.275	0.225	.0185	0.270	0.220	0.185	0.265	0.220	0.185	1.30
	1.5	0.365	0.315	0.275	0.355	0.305	0.275	0.345	0.305	0.275	1.30
	2	0.435	0.385	0.345	0.425	0.375	0.340	0.415	0.375	0.340	1.30
	2.5	0.485	0.435	0.400	0.475	0.430	0.395	0.470	0.425	0.395	1.25
	3	0.520	0.475	0.440	0.505	0.470	0.440	0.505	0.465	0.440	1.25
	4	0.575	0.525	0.505	0.565	0.535	0.505	0.560	0.530	0.505	1.25
	5	0.610	0.580	.0550	0.605	0.575	0.550	0.595	0.570	0.550	1.25
	6	0.635	0.610	0.585	0.630	0.605	0.585	0.620	0.600	0.580	1.25
	8	0.670	0.650	0.630	0.665	0.645	0.630	0.660	0.645	0.630	1.25
إضاءة شبه مباشرة أ : 83% ب : 18 ج : 65	1	0.275	0.220	0.180	0.260	0.270	0.175	0.245	0.200	0.165	1.40
	1.5	0.370	0.315	0.270	0.350	0.300	0.265	0.325	0.285	0.245	1.40
	2	0.440	0.385	0.340	0.410	0.360	0.325	0.380	0.345	0.310	1.40
	2.5	0.495	0.440	0.400	0.455	0.415	0.380	0.425	0.385	0.360	1.35
	3	0.530	0.480	0.440	0.490	0.455	0.420	0.465	0.425	0.400	1.35
	4	0.585	0.545	0.510	0.550	0.515	0.485	0.515	0.485	0.460	1.35
	5	0.620	0.590	.0560	0.585	0.555	0.530	0.550	0.525	0.505	1.35
	6	0.645	0.615	0.590	0.610	0.585	0.560	0.570	0.550	0.530	1.35
	8	0.680	0.655	0.640	0.645	0.625	0.610	0.605	0.590	0.575	1.35

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

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 ، وبإفتراض العدد التقريبي لوحدات

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

وفي حالة إذا ما كانت الإختلافات كبيرة بين مقدار الفيض الضوئي الناتج لكل وحدة إضاءة ومقادير الفيض الضوئي بالجداول 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 المطلوب ، وفي هذه الحالة تزداد شدة الإضاءة على مسطح 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 - وبإفتراض جهد التغذية بالتيار الكهربي يساوي 110 فولت يصبح عدد وحدات الإضاءة إذا ما إخترنا القدرة الكهربائية للوحدة مساوية 100وات
نجد من خلال الجدول أن اللمبات ينبعث منها فيضا ضوئيا مقدارة 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		الفاعلية الضوئية - ليومن / وات	
		110فولت	220فولت	110فولت	220فولت
لمبات التوهج	**15**	145	120	9	8
	25	260	230	10	8
	40	450	350	11	9
	60	790	620	13	10
	75	1000	850	13	11
	100	1450	1250	14	12
	150	2450	2000	16	13
	200	3400	2900	17	14
	300	5400	4600	18	15
	500	9600	8400	19	17

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 يبنى عليها توزيع الأجهزة منها:

§ 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 الغرفة بزيادة عدد الأجهزة أو استطاعتها عند الجوانب والأركان

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

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

الأسس المتبعة في توزيع أجهزة الإضاءة الصناعية:

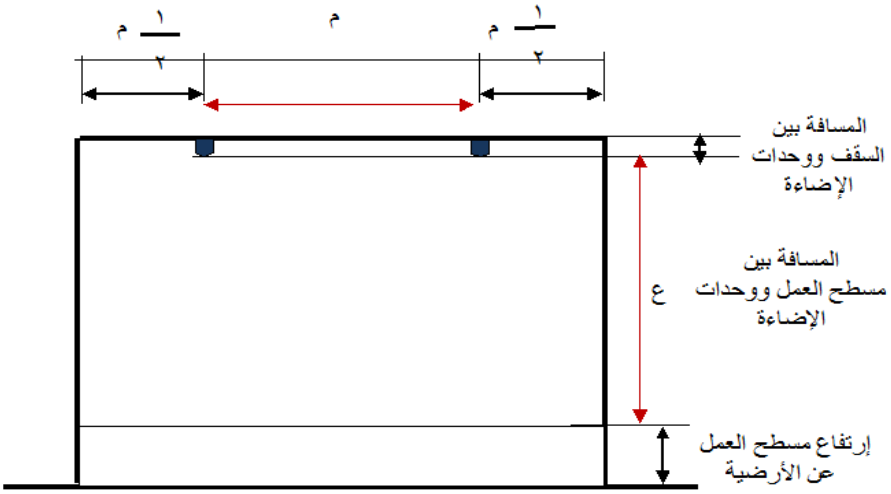
يجب حسن اختيارها وتوزيع وحدات الإنارة على أساس الحجم والسطوح والنوعية وتنظيمها بأنماط مدروسة لتحقيق التكامل بين الجوانب التصميمية ومستلزمات الإنارة ، هناك أسس متعددة يبنى عليها توزيع الأجهزة منها:

§ 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

الغرفة بزيادة عدد الأجهزة أو استطاعتها عند الجوانب والأركان

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

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



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.

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

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

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 طبقا لنوع الإضاءة واللون المستخدم .
- الاهتمام بالإنارة الطبيعية ودراسة وضع النوافذ وكذلك الفتحات السماوية لتكون متناسقة مع الإضاءة 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 والخارجيةوفقاً لنظام EN 12464 part 2 وذلك باستخدام الطريقة الوسطية والنقطيةوفقاً 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 .

ش (16)

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 إعتباراته التصميمية للوصول للنتاج النهائي السليم

- أهمية إلمام المصمم الداخلي بأنماط الإضاءة وأهم المعايير المادية والإيحائية للإضاءة وأساليب توزيعها بالمحتويات الفراغية المختلفة والأنشطة المتعددة بطريقة صحيحة وبما يتماشي مع طبيعة التصميم الداخلي.
- يجب أن يتم إدراج القياسات الرياضية لتصميم الإضاءة الصناعية ضمن مشروعات التصميم الداخلي بإستخدام 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 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 ،العدد11 - 2009م.

9- Jeglitaza, Iris. **(Lighting and Building)** International fair for Architectural and Technology, Frankfort, 2001

10- حسام دبس 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 القومى للمرأة - وحدة المشروعات الصغيرة / الصندوق الإجتماعى للتنمية /http://www.kenanaonline.net . 2006.