جمهورية العراق

وزارة الإعمار والإسكان

الهيئة العامة للمباني

وزارة التخطيط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

مدونة الإنارة الداخلية

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٢/٤٠٢

الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

جمهورية العراق

وزارة الإعمار والإسكان

الـهيئـة العامـــة للمبانـــي

وزارة التخـطـيـط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

مدونـة الإنـارة الداخلية

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٢/٤٠٢

الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

اللجنـــــــــــــــة العليا لمشـــــروع المـــــواصفات الفنيـــة والمدونـــات العراقيـــــــــــة

محمد صـاحب الدراجـــي / وزيـــر الاعمـــــار والاســـــــكان / رئيـس اللجنـــــــــــة

اسـتبرق ابراهيـم الشـــوك / الوكيـــل الاقـدم لـــوزارة الاعمـــــــــار والاســـــــــكان

د.حميد علي عمران الانباري / عضو هيئة المســتشـــــارين / الامانـة العامة لمجلس الـــــــوزراء

سعـد عبـد الوهـــــــاب / رئيس الجهاز المركزي للتقييس والسـيطرة النوعية / رئيس اللجنة الفنيـة

حســين مجيـد حســين / مديرعام الهيئة العامة للمباني / وزارة الإعمار والإسكان / مديرالمشـــروع

ريـاض حمـودي الوزيـــر/ مدير عام التخطيط والمتابـــعة / وزارة البلديـات والأشغـال العامـــــة

جـلال حسيـن حســـــن / مدير عام شـركة الرشـــــيد / وزارة الصنـــــاعة والمعـــــادن

لـــــواء كريـــم العبيـــدي/ وزارة البـيـــئـــة

د.نميـر خورشيـــد سعـــيد / قسم هندســة البناء والانشـــاءات / الجامعـة التكنولوجيـــــــــــــــة

رعد عبد الجليل عبد الامير/ مدير عام دائرة التصـاميـــم الهندسية / وزارة الموارد المائيـــــــــــة

صـــادق محمـود الشمـــري / مدير عام شـــركة ابن الرشـــــــــد / أمانة بغـــــــــــــــــــداد

خضـير عباس داود/ مديرعام دائرة شؤون المحافظات غير المنتظمة في اقليم/ وزارة العلوم والتكنولوجيـا

الفريـــق العـــــامـــل على اعـــــــــداد

مدونـــــــة الانـــــارة الداخليـــــــــــة

الاستاذ الدكتـــــــــور/ إيهـاب عبد الرزاق حســـــين

الاستاذ الدكتـــــــــور/ سعـــد سفـــاح حســـون

الاستـــــــــــــاذ / هـلال عبد الحسين عبـــود

الفريـــق العـــــامـــل علـــى تدقيـــــــق

مدونـــــــة الانـــــارة الداخليـــــــــــة

الاستاذ الدكتـــــــــور/ رشيـــد حمـيد الربيعـــــــي

الاستاذ الدكتـــــــــور/ ضـــاري يوسـف محمـــــــود

الاستاذ الدكتـــــــــور/ كنعـــــان علـــي جـــــلال

اللجنـــــــــــــــة الفنيـــــــــــــــة للمشـــــــروع

الخبير المهندس سعـد عبـد الوهـــاب / رئيس اللجنـــــة

الدكتور المهندس علي عبـــــد الحسيـــــن مجبـــــــل

الدكتور الجيولـوجـي فـــراس فيصـــل عبـد الحميـــــد

ر.مهندسين أقدم حســـــيـــن محمـــــد علـــــــــي

الدكتورالمهندس خالـــد احـــمـــد جـــــــــــودي

الدكتورالمهندس خالـــــــد كامـــــــــــــل داود

الدكتورالمهندس رائـــــد رمـــــــزي العمـــــــري

الدكتورالمهندس محمـــــــــد مصلـــح ســـــلمـــان

ر.مهندسين أقدم داود عـــــــــواد حـــمـــــــود

الدكتور المهندس ليـــــث خـــالـــــد كامـــــــــل

ر.مهندسين أقدم نيـــــران حســـــيـــن علـــــوان

ر.مهندســـين جنـــان رضـــــــا محـــمـــــــد

اللجنـــــــــة الاداريـــــــــة للمشـــــــــروع

الخبير المهندس حسين مجيـد حسيـن / مديـرالمشـــروع

الدكتورالمهندس رائـــد حســـــــــــن عبـــــود

م.ر.مهندسيـــن الهـام ابراهيـــم عـــبـد الـــــرزاق

لجنـــــــــة متابعـــــــــة المدونـــــــــة

الخبير المهنـدس جبار حمزة لطيـــف / رئيـــس اللجنـــة

ر.مهنـدسين أقدم داود عـــــــــواد حمـــــــــود

تقديم

بسم الله الرحمن الرحيم

لَئِنْ كانَ يَحِقُّ للأُمَمِ والأفرادِ أنْ تفْتخرَ بنتاجِها الفِكْريّ و العِلْميّ مِمّا يُجَلِّي مَنْقبَةً ظاهِرةً، أو مَزيَّةً يَصْعُبُ مَرامُها، فلوزارةِ الاعمارِ والاسْكانِ السَّبْقُ والقدْحُ المُعَلَّى في أنْ تكُونَ قد اضْطَلَعتْ بأعباءِ قيادةِ مهمةِ مشروعِ إصدارِ مُدَوَّناتِ ومواصفاتِ البناءِ في العراق.

فانْبرتْ لهُ بعزيمةٍ ماضيةٍ وغايةٍ شَمّاءَ لاتقفُ دُونَها غايةٌ، بأنْ كَلّفتْ أُولي العِرفانِ وأهلِ التحصيلِ في كلِّ علمٍ (من عُلُومِ مُدَوَنَّاتِ ومواصفاتِ البناء) مِمَّن هُمْ أهْلٌ للاعدادِ، أَعَانَهم في ذلك نُظراءُ لَهم بالرّأيِ و المَشُورةِ مُدَقِقينَ عَمَلِ أقرانِهم، مُؤازرينَ لَهُم برأيٍ حَصِيفٍ ومَشُورةٍ صَواب .

فَسَارَتْ عَمَلِيّةُ إعْدَادِ كُلِّ مُدَوّنَةٍ على رَوِيّةٍ يَحْدُوها عَقْدٌ مُوَثَّق، مُيَمِّمَةً سَمْتَ غايتِها مُقْتَصَّةً أَثَرَ تَجَارب الآخرينَ في مُدَوّنَاتهم، تَنْحُو نَهْجَاً مُسَدَّداً. فَجَاءَتْ حَسَنَةَ الدِّيباجةِ، مُحْكَمَةَ التّبويبِ، مُطَّرَدَةَ الفُصُولِ، جَزِيلَةَ المَبْحَثِ، مَبْسُوطَةَ العِبَارةِ، مُسْتَوْعِبَةً لأطْرافِ غاياتِها، على النّحوِالذي بَيْنَ يَديّ قَارِئِها.

وما بقيَ على عَاتقِ الغيرِ إلّا الانتفاعُ من عُصَارةِ الفِكْرِ هذهِ بجَلِيلِ المَنفعةِ وأَرْجَاها، وأنْ تَتَضَافرَ الجّهُودُ نَحْوَ جَعْلِها مَوْضِعِ التّطبيقِ والإلْزامِ، بنيَّةٍ جَازِمةٍ حَازِمةٍ. وعندَ ذلك لَنْ يَغدُوَ المَطْلَبُ صَعْباً في أنْ يأتيَ البناءُ في العراق مُحْكَمَ السّمَاتِ والأشْرَاطِ تخطيطاً وتنفيذاً وإشرافاً واستعمالاً .

ووزارةُ الإعمارِوالإسكانِ تَضَعُ هذهِ المُدَوَّنَةَ لَبِنَةً تَرْصُفُها لإعْلاءِ صَرْحِ رايةِ العلمِ والبناءِ في عِراقِنا العزيز، واللهُ المُوفِّقُ لِسَواءِ السبيلِ. إنهُ نِعْمَ الهادي ونِعْمَ النصير.

المهندس
محمد صاحب الدراجي
وزير الإعمار و الإسكان
رئيس اللجنة العليا
لمشروع المدونات و المواصفات العراقية

تقديم فريق الاعداد

بسم الله الرحمن الرحيم

بتوفيق من الله وفضل وقع الاختيار على فريقنا لإعداد مدونة الإنارة الداخلية من قبل الجهات ذات العلاقة. لا يخفى على احد اهمية اعداد مدونات البناء عموما وخاصة مدونة الإنارة الداخلية بما يتلاءم والظروف البيئية العراقية، اذ ان وجود المدونات يساهم في تطوير قطاع التشييد والعمل على وفق المواصفات المحلية والاقليمية والعالمية بما يؤمن اداءً جيداً وفعال حيث تم في هذه المدونة تحديد متطلبات الإنارة لأماكن العمل الداخلية والأشخاص وتمكينهم من المهمات البصرية بفعالية وراحة خلال جميع أوقات العمل. كما تؤكد المدونة على ضرورة المحافظة على متطلبات الإنارة الداخلية القياسية لضمان العمل الفعال والسلامة والمصلحة العامة.

لقد حرص فريق الاعداد على تضمين هذه المدونة كافة المعلومات المطلوبة في اعمال الإنارة الداخلية للمباني، حيث تكونت المدونة من ستة ابواب واعتمدت في توصيف العمل على احدث المواصفات العالمية في حالة عدم وجود مواصفة عراقية مختصة. ويسر فريق الاعداد، وهو يضع بين ايدي المختصين هذه المدونة، ان يقدم شكره وتقديره الى اللجنة العليا لمشروع المدونات وإدارة مشروع اعداد وتطوير وتحسين مواصفات وتشريعات ومدونات البناء واللجنة الفنية لمشروع اعداد المدونات وكافة الجهات التي ساهمت في اظهار هذه المدونة كما ويسرنا ان نستقبل اي اراء او ملاحظات من شأنها تحسين المدونة مستقبلاً.

ومن الله التوفيق.

د. إيهاب عبد الرزاق حسين الحيالي

رئيس فريق الاعداد

المحتوى

الباب لأول توطئة عامة (Generality)		
1-1	مقدمة	1/1
2-1	المجـال	1/1
3-1	الهـدف	2/1
4-1	تعاريف	2/1
1/4-1	وحدات القياس	2/1
2/4-1	تعاريف الإنارة والاستنارة	3/1
3/4-1	تعاريف الإبهار	6/1
4/4-1	تعاريف الانعكاس	7/1
5/4-1	تعاريف اللون والمرئيات	9/1
6/4-1	تعاريف تراكيب الإنارة والمصابيح	10/1
7/4-1	تعاريف تصميمية	12/1
الباب الثاني اعتبارات عامة (General Considerations)		
1-2	معطيات تصميم الإنارة	1/2
1/1-2	البيئة المضيئة	1/2
2/1-2	توزيع السطوع	2/2
3/1-2	الاستنارة	2/2
1/3/1-2	قيم الاستنارة الموصى بها للمساحات المستهدفة	3/2
2/3/1-2	مقياس الاستنارة	3/2
3/3/1-2	قيم الاستنارة للمناطق المجاورة	4/2
4/3/1-2	التجانس (الانتظامية)	4/2
2-2	الإبهار	4/2
1/2-2	حجب الإبهار	5/2

2/2-2	الإبهار المزعج (غير المريح)	6/2
3/2-2	الانعكاسات الحاجبة أو الإبهار المنعكس	6/2
3-2	الاتجاهية	7/2
4-2	التشكيل	7/2
5-2	الإنارة الموجهة للمهام البصرية	7/2
6-2	مظاهر اللون	7/2
1/6-2	مظهر (شكل) اللون	7/2
2/6-2	إظهار الألوان (مصداقية الألوان)	8/2
7-2	ضوء النهار	8/2
8-2	الترجرج والتأثيرات التذبذبية	9/2
9-2	الاعتبارات الحرارية	10/2
10-2	المصادر الكهربائية لبدء الإشعال	11/2
11-2	التراكيب الكهربائية في الأماكن المعرضة للانفجار	11/2
12-2	أقسام الأجهزة الكهربائية تبعاً لنوعية الحماية ضد الانفجار	12/2
الباب الثالث **أنظمة ومعدات الإنارة الداخلية** **(Systems and Equipment of Interior Lighting)**		
1-3	أنواع أنظمة الإنارة الداخلية	1/3
1/1-3	التصنيف بحسب طريقة التوزيع	1/3
2/1-3	التصنيف بحسب التوجيه	1/3
3/1-3	التصنيف بحسب نوع المصدر الضوئي	4/3
2-3	معدات الإنارة الداخلية	5/3
1/2-3	المصابيح	5/3
2/2-3	تراكيب التحكم لمصابيح التفريغ	8/3
1/2/2-3	رؤوس ومواسك المصابيح	9/3
2/2/2-3	الكوابح	10/3
3/2/2-3	بادئات التشغيل	11/3
4/2/2-3	المكثفات	11/3

5/2/2-3	أجهزة الإنارة	11/3
3/2-3	توصيات	11/3
3-3	الصيانة	12/3
1/3-3	صيانة المصابيح وتراكيب الإنارة	13/3
2/3-3	تردي أداء المصابيح وحسابات الاستنـارة	13/3
4-3	وحدات الإنارة المستعملة في حالة الطوارئ وعلامات الخروج	13/3
الباب الرابع **التوصيات العامة للإنارة الداخلية** **(General Recommendations for Internal Lighting)**		
1-4	توصيات للإنارة الكهربائية	1/4
2-4	جداول مهمة	29/4
الباب الخامس **طرائق حساب وتصميم الإنارة الداخلية** **(Design and Calculation Methods for Interior Lighting)**		
1-5	طرائق حساب الإنارة	1/5
2-5	الاستنارة المتوسطـة على مستوى أفقي	1/5
1/2-5	تصميم الإنارة الداخلية باستعمال طريقة اللومن	2/5
1/1/2-5	العوامل المؤثرة في تصميم الإنارة الداخلية	2/5
2/1/2-5	مستوى الاستنارة	2/5
3/1/2-5	خطوات تصميم الإنارة الداخلية	2/5
3-5	الاستنارة على نقطة	5/5
1/3-5	الاستنارة الكلية	5/5
2/3-5	الاستنارة المباشرة الناتجة من مصدر نقطي للضوء	5/5
3/3-5	الاستنارة المباشرة الناتجة من مصدر خطي للضوء	6/5
4-5	الاستنارة غير الاتجاهية	7/5
5-5	الاستنارة المتوسطة على مستوٍ رأسي	8/5
6-5	الانارية واستنارة سطوح الغرفة	9/5
7-5	حسابات الإبهار	9/5
8-5	التصنيف النطاقي بحسب التصنيف النطاقي البريطاني	9/5

1/8-5	مقدمة	9/5
2/8-5	أساس التصنيف النطاقي (BZ)	10/5
9-5	قيـاس الاستنـارة	10/5
1/9-5	طريقة القياس	11/5
2/9-5	قياس الاستنارة المستوية	12/5
3/9-5	قياس الاستنارة غير الاتجاهية	13/5
	الباب السادس **شروط ومعايير الإنارة الداخلية الفعالة** **(Conditions and Criterions of Efficient Interior Lighting)**	
1-6	مقدمة	1/6
2-6	القدرة والوقت	2/6
3-6	الأجهزة المرشدة للطاقة	2/6
4-6	أهداف طاقة الإنارة	3/6
1/4-6	كثافة القدرة المتوسطة المركبة على المساحة	3/6
5-6	إدارة الطاقة	3/6
1/5-6	اختيار معدات التحكم	3/6
2/5-6	الربط بالإنارة الطبيعية	5/6
3/5-6	الإستنارة الثابتة (المصانة)	5/6
4/5-6	الإشغال	5/6
5/5-6	التحكم الآلي	5/6
6/5-6	التحكم بالصيانة	6/6
7/5-6	العوامل الإنسانية	6/6
8/5-6	التكاليف واستعمال الطاقة	7/6
9/5-6	الطاقة والاحتياج (الطلب)	7/6
6-6	معدات التحكم بالإنارة	7/6
1/6-6	الإطفاء	8/6
2/6-6	خفت الإنارة / التنظيم	8/6
3/6-6	الخفت للتأثيرات الضوئية	9/6

7-6	مصابيح اشباه الموصلات الثنائية المشعة	9/6
1/7-6	العمر التشغيلي	10/6
2/7-6	الفعالية المنيرية	10/6
3/7-6	الانارة الباردة	10/6
4/7-6	التكلفة الاقتصادية الاولية	10/6
5/7-6	المصداقية اللونية	10/7
الملاحق		
الملحق (أ)	**أمثلة توضيحية في تصميم الإنارة الداخلية**	
الملحق (ب)	**المصطلحات الفنية**	

الباب الأول
توطئــة عـــامة (Generality)

1-1 المقدمة (Introduction):

الإنارة الجيدة تخلق بيئة بصرية تمكن الناس من النظر والتحرك بأمان، ومن أداء المهام البصرية بفعالية ودقة من دون التسبب بأي إجهاد بصري أو عدم ارتياح. وتكون الإنارة إما طبيعية أو صناعية أو كلتيهما.

تتطلب الإنارة الجيدة الحصول على إنارة كافية وجيدة على سطح العمل، ولكن في الكثير من الحالات تعتمد الرؤية على الطريقة التي يصل بها الضوء وعلى خصائص الألوان للمنبع الضوئي والأسطح مع مستوى الابهار من النظام.

لم تقتصر هذه المدونة (الكود) لتوصيف الإنارة فحسب بل تضمنت أيضاً الحدود القصوى للإبهار المزعج والحد الأدنى لمعامل إظهار الألوان للمنبع الضوئي، وذلك للعديد من أماكن العمل وأنواع المهام. كما تم عرض جميع المعطيات التي تخلق ظروفاً بصرية مريحة.

جميع القيم الموصى بها تأخذ بعين الاعتبار التوازن المعقول بين متطلبات الأداء الوظيفي الفعال والصحي والآمن، ويمكن تحقيق هذه القيم مع حلول عملية مرشدة للطاقة.

وهناك أيضا معطيات بصرية مريحة للإنسان مثل القدرة على الإدراك البصري وخصائص وصفات المهمة البصرية التي منها يتم الحصول على جودة المهارات البصرية للشخص ومن ثم مستوى الأداء. إن تعزيز تلك العوامل المؤثرة في بعض الحالات يمكن أن يحسن الأداء بدون الحاجة لرفع قيمة الإنارة.

2-1 المجال (Scope):

إن هذه المدونة تحدد متطلبات الإنارة لأماكن العمل الداخلية والأشخاص وتمكينهم من المهمات البصرية بفعالية وراحة خلال جميع أوقات العمل. كما تؤكد على ضرورة المحافظة على متطلبات الإنارة الداخلية القياسية لضمان العمل الفعال والسلامة والمصلحة العامة.

كما توضح طرائق تصميم أنظمة الإنارة والتقنيات المتبعة لأماكن العمل المختلفة. كما تشمل تعاريف ومصطلحات للإنارة ومبادئ عامة للإنارة الداخلية وحساباتها.

كما إنها متماشية مع إرشادات هيئة الإنارة الدولية (CIE) إلى حد كبير، ومطابقة لمدونات الإنارة الداخلية لبعض الدول المجاورة التي تمتلك نفس الظروف المناخية.

1-3 الهدف (Goal):

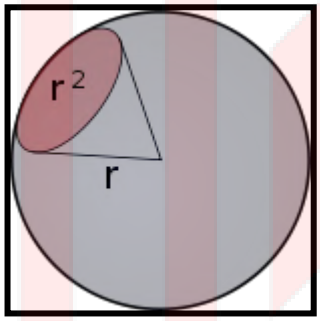
إن الهدف الأساسي من هذه المدونة هو توضيح الأسس والمبادئ الصحية والسليمة في تصميم الإنارة الداخلية للمباني على وفق المعايير التالية:

1. الحصول على الحد الأدنى والمناسب من الإنارة لغرض تحقيق الاستقرار النفسي للإنسان في عمله وفي أوقات راحته إلى جانب الإسهام في المحافظة على صحة الإنسان وسلامته.
2. الحصول على درجة الدقة العالية في تنفيذ العمل المطلوب من حيث تباين الأشياء عن خلفياتها وضرورة تمييز القطع سريعة الحركة أو البعيدة.
3. اختيار الطيف الضوئي المناسب والمريح للعين وتوجيه سقوطه توجيهاً صحيحاً.
4. ضرورة تجنب الإبهار وتوزيع الضوء توزيعا متساوياً فوق السطوح وفي المحيط المجاور لمكان العمل.

1-4 تعاريف (Definitions):

1-4/1 وحدات القياس:

أ) **(وحدة الزاوية المجسمة) ستراديان (Steradian):** تعرف بانها الزاوية المجسمة التي تقابل مساحة من سطح كرة مقدارها مربع نصف قطر هذه الكرة، ويرمز لها بالرمز (Sr). كما مبين في الشكل (1-4/1).



الشكل (1-4/1) يبين الزاوية المجسمة.

ب) **قنديل (Candela):** تعرف بانها وحدة قياس الشدة المنيرية بالنظام الدولي (SI)، وتساوي لومن واحد لكل زاوية مجسمة (ستراديان واحد) ويرمز لها بالرمز (cd) أو (Lm/Sr).

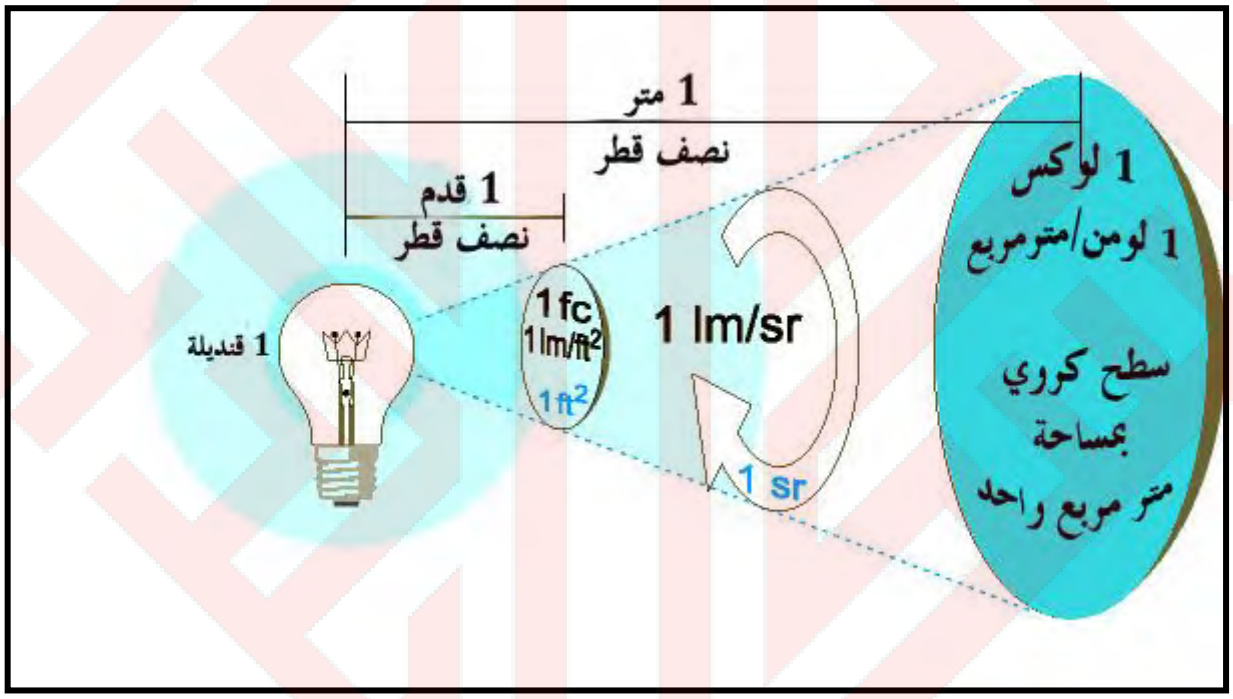
ج) **لومن (Lumen):** هو وحدة قياس الدفق المنير بالنظام الدولي (SI) ويعرف بأنه الدفق المنير المنبعث من مصدر ضوء نقطي خلال زاوية مجسمة تساوي ستراديان واحد (1 Steradian) وذي شدة منيرية تساوي واحد قنديل (1 Candela) ويرمز له بالرمز (Lm).

د) **لوكس (Lux):** هو وحدة قياس الاستنارة بالنظام الدولي (SI)، ويساوي لومن واحد لكل متر مربع، ويرمز له بالرمز (Lux).

هـ) **قدم – شمعة (Foot - Candle):** هي وحدة قياس الاستنارة وتساوي لومن/قدم مربع وتساوي (10.764) لوكس، ويرمز لها بالرمز (fc) أو (Ft-cd).

و) **قنديل لكل متر مربع (Candela Per Square Meter):** هي وحدة الانارية بالنظام الدولي (SI)، وهي انارية ناشر منتظم ومنبسط (Flat Uniform Diffuser) يصدر (ط) لومن لكل متر مربع. حيث (ط) النسبة الثابتة و وحداتها (cd/m^2).

الشكل (1-2/4) يبين مخططاً توضيحياً لتعاريف وحدات الإنارة.



الشكل (1-2/4) مخطط توضيحي لتعاريف وحدات الإنارة.

1-2/4 تعاريف الإنارة والاستنارة (Luminous and Illuminance):

أ) **الدفق المنير (Luminous Flux):** يعرف بانه كمية الضوء الخارج من مصدر الضوء ويرمز له بالرمز (Φ) و وحدة قياسه لومن.

ب) الدفق المنير التصميمي (Lighting Design Lumens): هو معدل خرج الضوء لكل نوع من المصابيح خلال عمره التشغيلي. ويرمز له بالرمز (LDL) و وحدة قياسه لومن (Lm).

ج) **الشدة المنيرية (Luminous Intensity):** تعرف الشدة المنيرية لمصدر ضوء نقطي باتجاه معلوم بأنها الدفق المنير لوحدة الزاوية المجسمة في ذلك الاتجاه، وهي الدفق المنير على سطح صغير مركز في الاتجاه المعلوم وعمودي عليه مقسوما على الزاوية المجسمة (مقاسة بالستراديان) التي يقابلها ذلك السطح الصغير ورأسها في مركز مصدر الضوء.

يرمز للشدة المنيرية بالرمز (I) وتحسب من المعادلة التالية:-

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} .(1/4\text{-}1)$$

حيث:-

I = الشدة المنيرية لومن/ستراديان (Lm/Sr) أو قنديل (cd).

ω = الزاوية المجسمة ستراديان.

Φ = الدفق المنير لومن.

د) **الفعالية المنيرية (Luminous Efficacy):** هو نسبة الدفق المنير الصادر عن المصباح الى القدرة المقررة لذلك المصباح.

هـ) **المنيرية (Luminousity):** هو الإحساس الابصاري (الإحساس بالرؤية) المرتبط بكمية الضوء المنبعث من مساحة معينة. يستعمل أحيانا مصطلح "السطوع" (Brightness) للغرض ذاته.

و) **الاستنارة (Illuminance):** وهي كثافة الدفق المنير الساقط على سطح ما، وتساوي الدفق المنير مقسوما على مساحة السطح نفسه عندما يكون منارا بانتظام. تحسب الاستنارة من المعادلة التالية:-

$$E = \frac{d\Phi}{dA} . (2/4\text{-}1)$$

حيث:-

E= الاستنارة باللوكس.

A= مساحة السطح بالمتر المربع.

Φ = الدفق المنير باللومن.

و وحدة قياس الاستنارة لومن/ متر مربع (Lm/m^2) أو لوكس (Lux).

ز) **الاستنارة العملية (Service Illuminance):** هي متوسط الاستنارة خلال دورة الصيانة لتراكيب الإنارة على مساحة معينة. وتكون تلك المساحة إما المساحة الكلية لمستوى العمل في الداخل أو مساحة سطح الجسم (Visual Task) والسطح المحيط به و وحدة قياسها لوكس (Lux).

ح) **الاستنارة العملية القياسية (Standard Service Illuminance):** هي الاستنارة العملية الموصى بها للظروف القياسية وتخضع للتعديل بحسب ظروف خاصة و وحدة قياسها لوكس (Lux).

ط) **استنارة غير اتجاهية (Scalar Illuminance):** هي متوسط الاستنارة على سطح كرة صغيرة جدا بأكمله موضوعة في نقطة معينة. ويرمز لها بالرمز (E_s) و وحدة قياسها لوكس وتسمى الاستنارة الكروية المتوسطة (Mean Spherical Illuminance).

ي) **معدل الاستنارة (Average Illuminance):** هي ناتج قسمة الدفق المنير الكلي الواصل الى سطح ما على مساحة ذلك السطح و وحدة قياسها لوكس. ويرمز لها بالرمز (E).

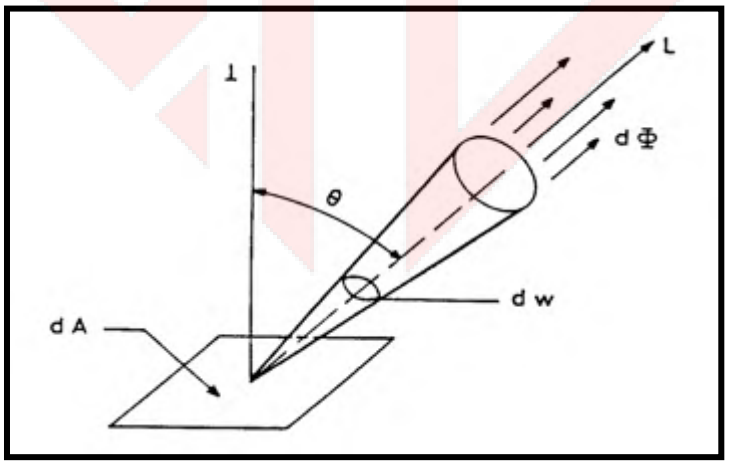
ك) **الإنارة (Illumination):** هي عملية إنارة جسم ما.

ل) **الانارية (Luminance):** تعرف الانارية باتجاه معين وعلى نقطة من سطح حقيقي أو خيالي بأنها ناتج قسمة الدفق، الواقع على عنصر من السطح المشتمل على النقطة والمنتشر باتجاهات محصورة ضمن مخروط يحتوي الاتجاه المعين، على حاصل ضرب زاوية المخروط المجسمة في مساحة المسقط العمودي لعنصر السطح على مستوٍ عمودي على الاتجاه المعين. ويكون الدفق المنير إما خارجا من سطح مصدر أو مارا به أو واصلا إليه وكما هو موضح في الشكل (1–3/4).

يرمز للانارية بالرمز (L) وتحسب من المعادلة التالية:–

$$L = d^2\Phi/(d\omega\, dA\, Cos\theta) \quad (3/4\text{-}1)$$

و وحدة قياسها قنديل/متر مربع (cd/m^2).



الشكل (1–3/4) أشكال الدفق المنير.

م) معدل الإنارية (Average Luminance):

يمكن أن يعرف معدل الانارية بأحد التعريفين التاليين:

أولا: هو كمية الدفق المنير الذي يصدر عن السطح لكل وحدة زاوية مجسمة ولكل وحدة مساحة.

ثانيا: هو مقدار الشدة المنيرية عند زاوية معينة مقسومة على مسقط مساحة تركيب الإنارة عند تلك الزاوية.

ن) معامل الانارية (Luminance Factor):

هو نسبة انارية سطح عاكس منظور إليه باتجاه معين الى انارية سطح ناشر منتظم أبيض مثالي منار بطريقة مطابقة. ويمكن أن يكون معامل الانارية لسطح غير مطفأ أكبر أو أقل من الانعكاسية. ويعبر عنه بالعلاقة التالية:-

$$\text{معامل الانارية} = \frac{\text{الانارية (قنديل/متر مربع)}}{\text{الاستنارة (لوكس)}} \times \text{ط} \quad (4/4-1)$$

حيث:-

ط = النسبة الثابتة.

س) متوسط الاستنارة الاسطوانية (Mean Cylindrical Illuminance):

هو متوسط الاستنارة على السطح المنحني لاسطوانة صغيرة جدا موضوعة في نقطة ما. وما لم يحدد محور الاسطوانة يكون ذلك المحور رأسيا، ويرمز لمتوسط الاستنارة الاسطوانية بالرمز (E_c) و وحدة قياسه لوكس (Lux).

3/4-1 تعاريف الإبهار (Glare):

أ) الإبهار (Glare):

هو الإحساس البصري الذي ينتج من المناطق الناصعة ضمن حدود الرؤية ويصاحبه عدم ارتياح او انخفاض في القدرة على رؤية التفاصيل بسبب توزيع الانارة غير المناسب او التفاوت الكبير في السطوع.

ب) الإبهار المزعج غير المريح (Discomfort Glare):

هو الإبهار الذي يتسبب في عدم ارتياح في الرؤية، من دون الضرورة في التسبب في امكانية الرؤية الكاملة للاجسام.

ج) الإبهار المعيق (Disability Glare):

هو الإبهار الذي يضعف القدرة على الابصار ورؤية التفاصيل الدقيقة وليس بالضرورة ان يكون الابهار المعيق مصاحباً للإبهار المزعج، ويحدث الابهار المعيق عادةً في انارة الشوارع ومصابيح السيارات.

د) دليل الإبهار (Glare Index):

هو دليل كمي يساعد على تحديد مرتبة الإبهار المزعج الناتج عن تراكيب إنارة معينة بحسب درجة الازعاج، والحد المسموح به للإبهار المزعج من تراكيب الإنارة.

ه) دليل إبهار ضوء النهار (Daylight Glare Index):

هو دليل إبهار يساعد على تقييم الإبهار المزعج عن طريق النوافذ، والحدود المسموح بها.

4/4-1 تعاريف الانعكاس (Reflection):

أ) الانعكاسية (Reflectance):

هي نسبة الدفق المنير المنعكس من سطح ما الى الدفق المنير الساقط على ذلك السطح، ويرمز لها بالرمز (ρ).

وتحسب من المعادلة التالية:-

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i} \times 100\% \quad (5/4\text{-}1)$$

حيث:-

ρ = الانعكاسية كنسبة مئوية.

Φ_r = الدفق المنير المنعكس باللومن.

Φ_i = الدفق المنير الواصل الى السطح باللومن.

ب) الانعكاس الحاجب (Veiling Reflection):

هو مصطلح يطلق عادة على الانعكاس الذي يؤدي الى الابهار المزعج المصاحب للقراءة ويحجب تفاصيل قراءة كتاب او مجلة بسبب سطوع اوراق الكتاب.

ج) الانعكاس المختلط (Mixed Reflection):

هو انعكاس جزء منه منتظم والجزء الآخر ناشر مثل الانعكاس من طلاء غير لماع أملس.

د) الانعكاس المرآوي (Specular Reflection, Regular Reflectance):

هو انعكاس من دون انتشار طبقا لقوانين الانعكاس كما في المرآة.

ه) الانعكاس المنتشر (Diffuse Reflection):

هو انعكاس ينتشر فيه الضوء المنعكس بحيث يكون الانعكاس المنتظم ضئيلا مثل الانعكاس من طلاء مطفأ غير أملس مثل انعكاس الجدران المكسوة (بالبورك).

و) انعكاسية تجويف الأرضية (Floor Cavity Reflectance):

هي الانعكاسية المكافئة لحجم الجزء الواقع تحت مستوى العمل من الغرفة، ويرمز لها بالرمز (ρ_{fc}).

ز) انعكاسية تجويف السقف (Ceiling Cavity Reflectance):

هي الانعكاسية المكافئة لحجم الجزء الواقع فوق مستوى تراكيب الإنارة من الغرفة، ويرمز لها بالرمز (ρ_{cc}).

ح) انعكاسية تجويف الغرفة (Room Cavity Reflectance):

هي الانعكاسية المكافئة لحجم الجزء الواقع بين مستوى العمل ومستوى تراكيب الإنارة من الغرفة ويرمز لها بالرمز (ρ_{Rc}).

ط) الانعكاسية الفعالة (Effective Reflectance):

هي الانعكاسية التقديرية لسطح ما مبنية على المساحات النسبية وانعكاسيات المواد المكونة لسطوحها. تكون انعكاسية الجدار الفعالة شاملة انعكاسيات سطح الجدار والشبابيك والخزائن وغيرها من الأشياء التي تشكل جوانب الغرفة، ويرمز لها بالرمز (ρ_{eff}).

ي) التباين (Contrast):

يستعمل مصطلح التباين بمفهومين اساسيين هما:-

الذاتي: يدل على الفرق بين مظهري جزأين في الحقل المرئي ينظر إليهما معا او على التتابع، وقد يكون الفرق ناتجا من اختلاف السطوع أو اللون أو كليهما.

الموضوعي: يدل على النسبة العددية المطلقة لفرق الانارية بين جزأين ينظر إليهما معا. ويرمز للتباين بالرمز (C) ويحسب من المعادلة التالية:-

$$C = \frac{|L_2 - L_1|}{L_1} \quad (6/4\text{-}1)$$

حيث:-

C = التباين

L_1 = إنارية الخلفية المباشرة للجسم.

L_2 = إنارية الجسم.

5/4-1 تعاريف اللون والمرئيات:

أ) اللونية (Chromaticity):

هي طول الموجة السائدة او المتممة ومظاهر نقاء اللون مأخوذة معا.

ب) مصداقية اللون (Colour Rendering):

هي تعبير عام لمظهر لون الأجسام عند إنارتها بضوء من مصدر معلوم بالمقارنة مع مظهر تلك الأجسام عند إنارتها من المصدر الطبيعي (ضوء النهار). ان المصداقية الجيدة للون تعني تشابه المظهر اللوني للشيء مع مظهره اللوني بتأثير ضوء معين يكون ضوء النهار غالباً. وبالتالي فإن خصائص مصداقية اللون لمصباح معين تتناول المظهر اللوني للأشياء المنارة بذلك المصباح تحت ظروف معينة.

ج) التوزيع الطيفي (Spectral Distribution):

هو خاصية التكوين الطيفي للضوء، أو خاصية التغير الطيفي لبعض خصائص مادة ما (مثل الانعكاسية) عند أطوال موجات ضمن الطيف المرئي معبرا عنه بقيم نسبية أو مطلقة.

د) حدة إنارة الجسم المرئي (Acuity of Visual Task):

هي المقدرة على التمييز بين تفاصيل جسم قريب جدا بعضها من بعض.

ه) طبيعة المهمة البصرية (Visual Task):

وتعرف بانها العناصر المرئية للمهمة المراد انارتها.

و) الحقل المرئي (Visual Field):

هو المحل الهندسي (Locus) في الفراغ للأجسام أو النقاط التي تمكن رؤيتها باتجاه معين.

ز) درجة حرارة اللون (Colour Temperature):

هي درجة حرارة (بمقياس كلفن) تحدد اللون المطلوب تحديدا دقيقا. وتمثل درجة حرارة جسم مشع اسود (Black Body Radiator) يصدر إشعاعا ذا خصائص لونية متطابقة مع المصدر الضوئي المعني. ويعرف الجسم الأسود بأنه مشع حراري ذو درجة حرارة منتظمة يكون الإشعاع الصادر عنه في جميع أجزاء الطيف هو الحد الاقصى الممكن الحصول عليه من أي مشع حراري عند درجة الحرارة نفسها.

ح) درجة حرارة اللون المناظرة (Correlated Colour Temperature):

هي درجة حرارة مشع كامل (Full Radiator) يصدر إشعاعا ذا لونية أقرب ما تكون لمصدر الضوء المعني.

مثال: يكون لون المشع الكامل عند درجة حرارة لون مقدارها K^o (3400) أقرب ما يكون لمصباح فلوري أبيض.

ط) دليل مصداقية اللون (Colour Rendering Index):

يمثل هذا الدليل بالنسبة للمصادر الضوئية، مقياسا لدرجة تطابق الألوان المراد قياسها الصادرة عن أجسام معينة، مع تلك الألوان الصادرة عن الأجسام المرئية نفسها إذا كانت في ظروف إنارة مرجعية معلومة.

ي) مظهر اللون (Colour Appearance):

مظهر اللون لمصدر ضوء هو اللون الناتج لسطح أبيض عند إنارته بذلك المصدر، وهو درجة الدفء المرافقة للون المصدر. وتوصف المصابيح ذات درجة حرارة اللون المنخفضة بأنها ذات مظهر لون دافئ، كما توصف المصابيح ذات درجة حرارة اللون العالية بأنها ذات مظهر لون بارد.

6/4-1 تعاريف تراكيب الانارة والمصابيح:

أ) تركيب الإنارة (Luminaire):

يقصد بتركيب الانارة كل من المصباح أو المصابيح وتركيب التحكم وماسكات المصابيح والاجزاء التي تتحكم بتوزيع الضوء وجميع التوصيلات الكهربائية الداخلية الملحقة بها والملاحق اللازمة للتثبيت.

ب) تركيب إنارة محكم (Proof Luminaire):

هو بشكل عام تركيب إنارة قادر على تحمل أخطار معينة مثل الامطار والغبار. يتضمن هذا المصطلح تركيب الإنارة المحكمة والكتومة، كما يتضمن كذلك تركيب الإنارة المقاومة للتآكل.

ج) مصباح توهجي (Incandescent Lamp):

هو مصباح ضوؤه ناتج من فتيلة مسخنة الى درجة التوهج بتمرير تيار كهربائي فيها. وتستخدم فتيلة التنغستون في معظم المصابيح التوهجية ولذلك تسمى مصابيح تنغستون. ان مصباح هالوجين تنغستون مصباح توهجي مملوء بغاز يحتوي نسبة معينة من الهالوجين.

د) مصباح تفريغي (Discharge Lamp):

هو مصباح ضوؤه ناتج بطريقة التفريغ الكهربائي (إما مباشرة أو بإثارة الفوسفور) خلال غاز او بخار فلز أو خليط من غازات أو أبخرة متعددة. ومن انواعه:

1) مصباح بخار معدني (Metal Vapor Lamp):

هو مصباح تفريغي ضوؤه ناتج بشكل رئيس من بخار عنصر معدني، وتعتبر مصابيح (بخار) الزئبق ومصابيح (بخار) الصوديوم كمثالين على ذلك. ان مصباح التفريغ الزئبقي الفلوري (Fluorescent Mercury Discharge Lamp) ذا الضغط العالي هو مصباح زئبقي ذو ضغط عال ينتج ضوؤه جزئيا بواسطة تفريغ كهربائي خلال بخار الزئبق وجزئيا بإثارة طبقة مادة فلورية (مطلية على السطح الداخلي لبصيلة المصباح الخارجية) بواسطة الإشعاع فوق البنفسجي الناتج من التفريغ.

2) مصباح فلوري (Fluorescent Lamp):

هو مصباح تفريغي انبوبي ينبعث معظم ضوئه بإثارة طبقة من مادة فلورية مرسبة على جدار الأنبوب الزجاجي، تثار بإشعاع فوق بنفسجي ناتج من التفريغ، ويساهم الطلاء الفلوري في تحسين خصائص ترجيع اللون للمصباح.

3) مصباح هاليدي، مصباح هاليدي زئبقي، مصباح هاليدي معدني:
(Halide Lamp; Mercury Halide Lamp; Metal Halide Lamp)

هو مصباح تفريغي ضوؤه ناتج من إشعاع من خليط بخار معدني (عادة هو زئبق ومنتجات تفكك الهاليدات مثل هاليدات الثاليوم وهاليدات الانديوم وهاليدات الصوديوم). ويمكن أن تعطي هذه المصابيح مصداقية لونية أفضل أو فعالية منيرية أعلى من تلك التي يتم الحصول عليها من مصابيح البخار النقي.

ه) مصابيح اشباه الموصلات الثنائية المشعة (Light Emitting Diode (LED) Lamps):

هي مصابيح تنتج ضوءاً مرئياً من مرور التيار باتجاه واحد في مكون الكتروني شبه موصل ثنائي (Diode).

7/4-1 تعاريف تصميمية:

أ) فعالية الدائرة المنيرية (Circuit Efficacy):

تعرف فعالية الدائرة بانها كمية الدفق المنير باللومن الصادر عن المصباح لكل واط من القدرة المقررة لذلك المصباح وجهاز التحكم التابع له. و وحدة قياسها لومن/واط (Lm/W).

ب) نسبة التجانس (Uniformity Ratio):

هي نسبة الاستنارة الدنيا الى الاستنارة المتوسطة، وتعتبر أحياناً أنها نسبة الاستنارة الدنيا الى الاستنارة القصوى. وتطبق هذه النسبة على قيم الاستنارة فوق مستوى العمل وفوق أماكن العمل.

ج) ارتفاع التثبيت (Mounting Height):

هو المسافة المقاسة بين مستوى تراكيب الانارة ومستوى العمل المطلوب إنارته. ويرمز له بالرمز (h_m).

د) نسبة التباعد الى الارتفاع (Spacing/Height Ratio):

هي نسبة المسافة بين مركزي تركيبي إنارة متجاورين الى ارتفاع التثبيت، وعند توزيع تراكيب الإنارة بشكل تربيعي فإن هذه النسبة تساوي التباعد مقسوما على ارتفاع التثبيت، وتحسب هذه النسبة من المعادلة التالية:-

$$S/h_m = \frac{1}{h_m}\sqrt{A/N} \quad .(7/4\text{-}1)$$

حيث:-

S= التباعد بالمتر.

A= المساحة الكلية للأرضية بالمتر المربع.

N = عدد تراكيب الإنارة.

h_m = ارتفاع التثبيت بالمتر.

ه) معامل الغرفة (Room Index):

ويرتبط بأبعاد الغرفة ويستعمل عند حساب معامل الاستفادة وخصائص أخرى لتراكيب الإنارة. يُرمز لمعامل الغرفة بالرمز (RI) وتحسب من المعادلة التالية:-

$$RI = \frac{L \times W}{h_m (L + W)} .(8/4\text{-}1)$$

حيث :-

L = طول الغرفة بالمتر.

W = عرض الغرفة بالمتر.

h_m = ارتفاع مركز مصدر الضوء فوق مستوى العمل بالمتر.

و) نسبة جزء الدفق (Flux Fraction Ratio):

هي نسبة الدفق الصاعد الى الدفق الهابط من تركيب إنارة. وتدل هذه النسبة كذلك على نسبة جزء الدفق العلوي إلى جزء الدفق السفلي، ويرمز لها بالرمز (FFR).

ز) نسبة الخرج البصري (Optical Output Ratio):

هي نسبة خرج الضوء لتركيب إنارة، مقاسا تحت ظروف عملية محددة الى خرج الضوء للمصباح أو المصابيح عندما تعمل ضمن تركيب الإنارة منفردة.

ح) نسبة خرج الضوء (العامل) (Working Light Output Ratio):

هي نسبة الضوء الكلي الخارج من تركيب الإنارة في ظروف عملية معينة الى الضوء الخارج من المصباح أو المصابيح في ظروف مرجعية. ويرمز لها بالرمز (WLOR).

ط) نسبة خرج الضوء الصاعد (Upward Light Output Ratio):

هي نسبة خرج الضوء الكلي لتركيب الإنارة فوق المستوى الافقي في ظروف عملية معلومة الى خرج الضوء من المصباح أو المصابيح في ظروف مرجعية. ويرمز لها بالرمز (ULOR).

ي) نسبة خرج الضوء الهابط (Downward Light Output Ratio):

هي نسبة الضوء الكلي الخارج من تركيب الإنارة تحت المستوى الافقي في ظروف عملية معلومة الى خرج الضوء للمصباح أو المصابيح في ظروف مرجعية. ويرمز لها بالرمز (DLOR).

ك) النسبة المباشرة (Direct Ratio):

هي جزء الدفق الهابط الكلي الذي يسقط مباشرة الى مستوى العمل من تراكيب الانارة ويرمز لها بالرمز (DR).

ل) معامل الاستفادة (Utilization Factor):

يعرف بأنه نسبة ما يصل مستوى سطح العمل من الدفق المنير مقسوما على الدفق الكلي للمصباح. وتعتمد قيمة هذه النسبة جزئيا على أبعاد الغرفة وعلى انعكاسيات سطوحها وعلى العواكس في تراكيب الانارة . ويرمز له بالرمز (UF).

م) معامل مصداقية التباين (Contrast Rendering Factor):

هو نسبة التباين المقاس عند أداء مهمة معينة في ظروف نظام إنارة معين، الى التباين في ظروف الإنارة المرجعية.

ن) معامل الصيانة (Maintenance Factor):

هو نسبة الاستنارة التي تقدمها تراكيب إنارة معينة في ظروف الاتساخ المتوسطة (Average Condition of Dirtiness) المتوقعة أثناء الاستعمال الى الاستنارة المقدمة من التراكيب نفسها عندما تكون نظيفة. يكون معامل الصيانة دائما أقل من (1) ويرمز له بالرمز (MF).

س) معامل ضوء النهار (Daylight Factor):

هو نسبة الاستنارة على نقطة في مستوٍ معلوم في حيز ما نتيجة الضوء الواصل اليها بطريقة مباشرة وغير مباشرة من سماء ذات انارية معلومة ومفترضة، الى الاستنارة على مستوٍ أفقي الناتجة من نصف كرة غير محجوبة من تلك السماء. يستثنى ضوء الشمس المباشر من كل من قيمتي الاستنارة.

ع) معامل نقصان الضوء (Light Loss Factor):

هو نسبة الاستنارة التي تقدمها تراكيب إنارة معينة عند زمن محدد، الى الاستنارة الأولية (Initial Illuminance) عندما تكون التراكيب حديثة. ويرمز له بالرمز (LLF).

ف) مستوى العمل (Working Plane):

يعرف بانه السطح المرجعي الذي تتم به المهمة البصرية **(Visual task)** وهو المستوي الذي يتم به العمل عادة.

ص) النظام النطاقي البريطاني (British Zonal System)(BZ):

هو نظام تصنيف لتراكيب الإنارة (Luminaires) بحسب توزيعها للضوء الهابط. وذلك طبقا لما هو وارد في التقرير الفني المرقم (2) لجمعية مهندسي الإنارة البريطانية (IES).

المراجع

[1] كودات البناء الوطني الأردني– المجلد الثالث والعشرون – الجزء الثاني – كودة الإنارة الداخلية.

[2] الدليل الإرشادي لتطبيق الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية في المباني" *المجلد الأول: أعمال التصميم* ".

[3] المواصفة القياسية السعودية "*كود الاضاءة لاماكن العمل الداخلية* ".

[4] CIE S 008/E-2001standard "*Lighting of Indoor Work Places*", ISO 8995:2002(E).

[5] IES Lighting Handbook, Application Volume, Illuminating Engineering Society of North America, 1981.

[6] CIE Guide to Interior Lighting Commission International, L'Eclairage, 1975.

[7] IES Technical Report No.10, Evaluation of Discomfort Glare, The Illumination Engineering Society, London, 1972.

[8] IES Technical Report No.4, Daytime Lighting in Buildings, The Illuminating Engineering Society, London, 1972.

[9] IES Technical Report No.11, The Calculation of Direct Illumination from Linear Sources, The Illuminating Engineering Society, London, 1968.

[10] IES Technical Report No.2, The Calculation of Utilization Factors – The BZ Method, The Illuminating Engineering Society, London, 1961.

الباب الثاني
اعتبارات عامة
(General Considerations)

2-1 معطيات تصميم الإنارة:

2-1/1 البيئة المضيئة:

الإنارة الجيدة المتداولة في أماكن العمل هي أكثر من توفير الرؤية الجيدة للمهمة. من الضروري أن تؤدى المهمات بسهولة وراحة. ولذلك فإن الإنارة يجب أن تفي بجميع النواحي الكمية والنوعية التي تتطلبها البيئة. وبصفة عامة يجب أن تحقق الإنارة الامور التالية:

- الراحة البصرية، بحيث يجب ان يكون هنالك إحساس بالراحة لدى العاملين.
- الأداء البصري، حيث يتمكن العاملون من أداء مهامهم البصرية بسرعة ودقة حتى تحت أي ظروف صعبة وعلى فترات طويلة.
- السلامة البصرية، أي أن يرى الأشخاص طريقهم بوضوح ويتجنبون المخاطر.

ولتحقيق ذلك، يجب أن يلتفت لجميع المعطيات المؤثرة في البيئة المضيئة. والمعطيات الرئيسة هي:

- توزيع السطوع.
- الاستنارة.
- الابهار.
- اتجاهية الضوء.
- النواحي اللونية للمنبع الضوئي والسطوح.
- الوميض.
- ضوء النهار.
- الصيانة.

ملاحظة: بالإضافة إلى الإنارة هناك معطيات بصرية مؤدية للراحة وتؤثر على الأداء البصري للشخص مثل:

أ- **خصائص** المهمة المشددة (الحجم والشكل والوضوح واللون ومعامل الانعكاس للخلفية).

ب- القدرة البصرية لعين الشخص (حدة البصر وإدراك العمق وإدراك الألوان).

الالتفات لهذه العوامل يمكن أن يعزز الأداء البصري من دون الحاجة إلى قيمة استنارة أعلى.

2/1-2 توزيع السطوع:

ينتشر توزيع السطوع في المجال البصري بمستوى التكيف للعين بما يؤثر على رؤية المهمة. إن تكيف العين لمستوى متوازن من السطوع مطلوب لزيادة:

- حدة البصر.
- حساسية التباين (التميز بين الفروقات الصغيرة نسبيا بين قيم السطوع).
- فعالية عمل عدسة العين (مثل التكيف والتحدب أو التقعر أو تغيير حجم عدسة العين أو حركة العين).

ويؤثر توزيع السطوع غير المتوازن في مجال الرؤية على الراحة البصرية ويجب تجنبه للأسباب التالية:

- مستويات السطوع المرتفعة جدا يمكن أن تزيد الإبهار.
- تباين السطوع المرتفع جدا يتسبب في إجهاد بصري نتيجة التكيف المستمر للعيون.
- مستويات السطوع المنخفضة وكذلك تباين السطوع المنخفض يتسبب في بيئة عمل معتم غير مشجعة.
- يجب أن يلفت الانتباه للتكيف عند التحرك من منطقة لمنطقة في نفس المبنى.

مستويات السطوع للسطوح مهمة ويمكن الحصول عليها من معاملات الانعكاس للسطوح وقيم الاستنارة على تلك السطوح.

وفيما يلي ندرج نطاق معاملات الانعكاس لأغلب السطوح الداخلية:

- السقف (0.6-0.9).
- الجدران (0.3-0.8).
- سطوح العمل (0.2-0.6).
- الأرضية (0.1-0.5).

3/1-2 الاستنارة:

قيم الاستنارة وتوزيعها على المساحات المستهدفة والمناطق المحيطة بها، لها دور كبير في كيفية إدراك الشخص ومدى تحقيقه للمهام البصرية بسرعة وأمان وراحة.

بالنسبة للفراغات التي لا تعرف فيها المساحات المستهدفة وطبيعة العمل فإن المساحة الكلية تؤخذ كمساحة مستهدفة. إن جميع قيم الاستنارة في هذه المدونة هي قيم قياسية وتوفر السلامة البصرية في العمل واحتياجات الأداء البصري.

2-1/3/1 قيم الاستنارة الموصى بها للمساحات المستهدفة:

قيم الاستنارة هي قيم قياسية على المساحات المستهدفة فوق السطوح المرجعية الأفقية أو العمودية أو المائلة. ويجب أن لا تقل قيم الاستنارة القياسية على المساحات المستهدفة عن القيم المعطاة في الجدول (4-1/2) بدون النظر إلى العمر وظروف الرؤية العادية مع الأخذ بعين الاعتبار العوامل التالية:

- متطلبات المهام البصرية.
- السلامة.
- النواحي الفسيولوجية والنفسية مثل الراحة البصرية.
- النواحي الاقتصادية.
- الخبرات العملية.

يمكن تعديل قيمة الاستنارة بالانتقال بخطوة واحدة على الأقل على قياس الاستنارة. إذا اختلفت الظروف البصرية من الفرضيات المعتادة، يجب زيادة قيم الاستنارة عندما يكون:

- التباين المنخفض غير معتاد في المهام البصرية.
- العمل البصري حرجاً.
- تصحيح الأخطاء مكلفاً.
- الدقة والإنتاجية العالية ذات أهمية كبرى.
- القدرة البصرية للعامل أقل من المعتاد.

يمكن تقليل قيمة الاستنارة القياسية عندما:

- تكون التفاصيل ذات حجم كبير والتباين مرتفعاً.
- تجرى المهمة البصرية بوقت قصير.

يجب أن لا تقل قيمة الاستنارة القياسية عن (200) لوكس عندما يكون العمل مستمرا.

2-2/3/1 مقياس الاستنارة:

يمثل معامل الضرب (1.5) أصغر فرق ممكن مؤثر على قيمة الاستنارة. في ظروف الاستنارة المعتادة، مثل قيمة الاستنارة الأفقية (20) لوكس الحد الأدنى المطلوب لتمييز ملامح الإنسان وهي أقل قيمة في مقياس الاستنارة وهو كالتالي: (20-30-50-75-100-150-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000).

2-1/3/3 قيم الاستنارة للمناطق المجاورة:

يجب أن تكون قيمة الاستنارة في المنطقة المجاورة مرتبطة بقيمة الاستنارة في منطقة العمل (المساحة المستهدفة) ويجب أن يكون هناك توزيع سطوع متوازن بشكل جيد ضمن مجال الرؤية. يمكن أن تسبب التغيرات المفاجئة في قيم الاستنارة حول المساحات المستهدفة إجهاداً بصرياً وعدم ارتياح. يمكن أن تقل قيم الاستنارة في المنطقة المجاورة وفي الخلفية عن قيمة الاستنارة في المساحة المستهدفة ولكن يجب أن لا تقل عن القيم المعطاة في الجدول (2-1/1).

الجدول (2-1/1) قيم الاستنارة على المساحة المستهدفة والمجاورة وفي الخلفية.

الاستنارة على المساحة المستهدفة (لوكس)	الاستنارة على المساحة المجاورة (لوكس)	الاستنارة في الخلفية (لوكس)
1000	750	500
750	500	300
500	300	200
300	200	200
أقل من أو تساوي 200	نفس القيمة على المساحة المستهدفة	نفس القيمة على المساحة المستهدفة

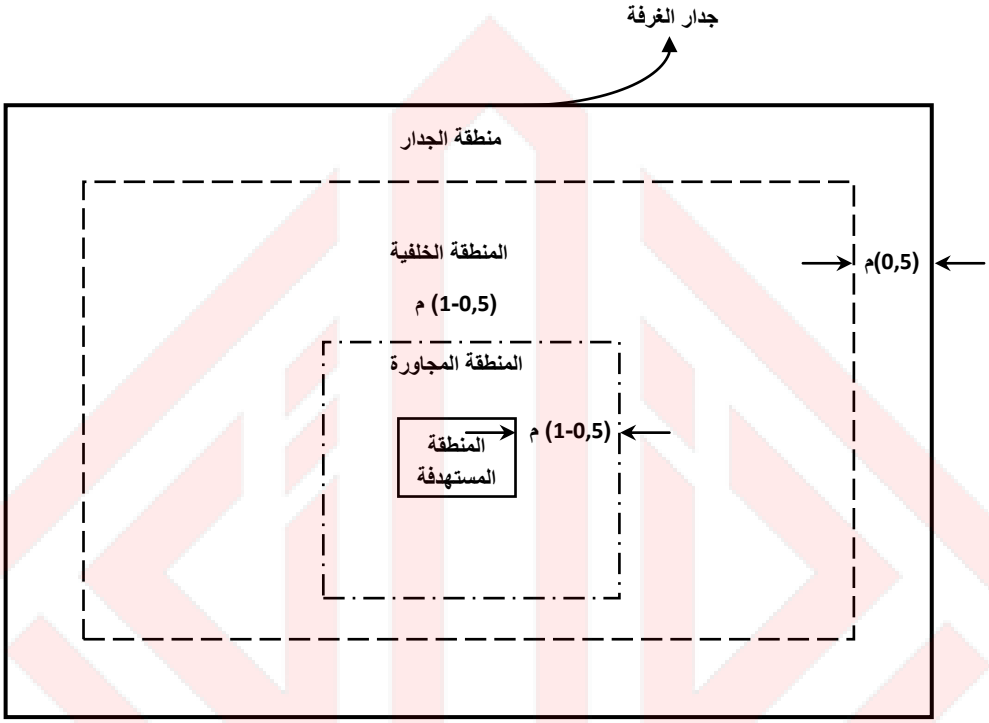
2-1/3/4 التجانس (الانتظامية):

تجانس الاستنارة هو نسبة أقل قيمة إلى القيمة المتوسطة. يجب أن تتغير قيم الاستنارة تدريجيا، كما ويجب أن تكون الاستنارة على المساحات المستهدفة منتظمة قدر الإمكان، حيث يجب أن لا تقل عن (0.7). ويجب أن لا يقل التجانس في المنطقة المجاورة عن (0.5) وكذلك تجانس الإنارة في الخلفية يجب أن لا يقل عن (0.5) ولكن بعد حذف مسافة (0.5) متر من الجدار حول كل غرفة كما في الشكل (2-1/1).

2-2 الإبهار:

الابهار هو الإحساس البصري الناتج من المناطق الساطعة ضمن مجال الرؤية. وهذا الإحساس إما يكون ابهاراً مزعجاً أو ابهاراً معيقاً. ويمكن أن يكون الابهار نتيجة السطوح اللامعة وهذا يعرف بالإبهار المنعكس. من الضروري أن نضع حداً للإبهار لتفادي الأخطاء والإجهاد البصري والحوادث. نجد الإبهار المعيق في الإنارة الخارجية عادة ولكن يمكن أن يحدث في المناطق الداخلية عند استعمال كشافات موجه أو مصادر ضوئية ساطعة كبيرة الحجم مثل النوافذ في المناطق ضعيفة الإنارة.

في أماكن العمل الداخلية تظهر مشكلة الابهار المزعج من المصابيح الساطعة أو النوافذ، ولو وضعنا حداً لقيم الابهار المزعج ولم تتعد القيم القصوى، فلن تكون هناك مشكلة في الابهار.



الشكل (2-1/1) مخطط توضيحي لتوزيع الاستنارة بشكل متجانس.

2-1/2 حجب الابهار:

يحدث الإبهار نتيجة قيم السطوع المرتفعة أو التباين المرتفع ضمن مجال الرؤية ويمكن أن يعيق رؤية الأجسام. يجب تجنب الابهار عن طريق حجب المصابيح أو تظليل النوافذ بواسطة ستائر. كما يجب أن لا تقل زوايا الحجب بالنسبة لقيم سطوع المصابيح عن القيم المعطاة في الجدول (2-1/2).

الجدول (2-1/2) قيم زاوية الحجب لسطوع المصباح.

سطوع المصباح (كيلو قنديل / م^2) (kcd/m^2)	زاوية الحجب
من 1 إلى 20	10°
من 20 إلى 50	15°
من 50 إلى 500	20°
أكبر من 500	30°

لا يجب أن تطبق زوايا الحجب على المصابيح التي لا تظهر في مجال رؤية العامل خلال فترة العمل المعتاد أو عندما لا يسبب المصباح أي ابهار ملحوظ للعامل.

2-2/2 الإبهار المزعج (غير المريح):

يجب الحصول على تقييم الابهار المزعج لأي تركيبة إنارة بواسطة الطريقة المجدولة لتقييم الابهار الموحد من الهيئة الدولية للإنارة اعتمادا على المعادلة التالية:

$$UGR = 0.8 \cdot \log\left(\frac{0.25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{\rho^2}\right) \quad (1/2\text{-}2)$$

حيث:

L_b: سطوع الخلفية (cd/m^2).

L: سطوع الأجزاء المضيئة من المصباح في اتجاه عين المشاهد (cd/m^2).

ω: الزاوية الصلبة للأجزاء المضيئة لكل مصباح باتجاه عين المشاهد (Steradian).

ρ: معامل الوضع لكل مصباح والذي يرتبط بإزاحتها من خط الرؤية.

إذا كانت تركيبة الإنارة مكونة من عدة أنواع مختلفة من المصابيح بتوزيع إنارة مختلف أو أنواع مختلفة من المصابيح، فيجب أن تحسب قيمة الابهار لجميع أنواع المصابيح وتؤخذ أعلى قيمة للإبهار وتكون هي القيمة التي تؤخذ للتركيبة ويجب أن لا تتعدى القيم القصوى الموصى بها. كما يجب أن توثق جميع الفرضيات عند حساب قيم الابهار.

3-2/2 الانعكاسات الحاجبة أو الابهار المنعكس:

الانعكاسات الناتجة من السطوح المصقولة ضمن المهمة البصرية (تسمى أحيانا الانعكاسات الحاجبة أو الابهار المنعكس) يمكن أن تؤثر سلبا على الرؤية والإبصار. ويمكن تفاديها أو تقليلها من خلال الطرائق التالية:

- ترتيب المصابيح وأماكن العمل (تجنب وضع المصابيح في المنطقة الحرجة).
- انهاء السطوح (تستعمل مواد غير لامعة للسطوح).
- تقليل سطوع المصابيح.
- تكبير أو زيادة المساحة المضيئة للمصابيح.
- استعمال سطوح جدران وسقوف بألوان فاتحة (تجنب البقع الساطعة).

2-3 الاتجاهية:

تستعمل الإنارة الموجهة لإظهار وإبراز الأجسام، ولإظهار النسيج ولتحسن مظهر الاشخاص في الفراغ. وهذا يوصف بمصطلح "التشكيل". ويمكن للإنارة الموجهة أن تحسن من رؤية المهام البصرية.

2-4 التشكيل:

يشير التشكيل إلى التوازن بين الضوء الموجه والمتناثر. وهو من خواص جودة الإنارة لكل أنماط الأماكن الداخلية افتراضا. يتحسن المظهر العام لأي مكان داخلي عندما تضاء الملامح التركيبية والاشخاص والأجسام بحيث يظهر الشكل والنسيج بوضوح وارتياح. يحدث هذا عندما يأتي الضوء من اتجاه واحد بشكل واضح، والظلال الناتجة ضرورية للتشكيل الجيد بدون أي التباس. ولكن لا يجب أن تكون الإنارة موجهة بشكل كبير حيث أن هذا يسبب ظلال قوية، ولا أن تكون متناثرة بشكل كبير لكي لا يختفي تأثير التشكيل تماما وتنتج من ذلك بيئة ضوئية معتمة.

2-5 الإنارة الموجهة للمهام البصرية:

يمكن للإنارة من اتجاه محدد أن تظهر التفاصيل ضمن المهمة البصرية وأن تزيد الرؤية وتجعل المهمة أسهل للأداء وهي ضرورية بشكل خاص للمهام التي فيها تفاصيل دقيقة.

2-6 مظاهر اللون:

تصنف جودة اللون للمصابيح ذات الضوء الأبيض بواسطة عاملين مؤثرين:

- مظهر اللون للمصباح نفسه.
- خاصية إظهار اللون للمصباح الذي يؤثر على مظهر ألوان الأجسام والأشخاص المضاءين بالمصباح نفسه.

يجب أن يتم التعامل مع هذين العاملين المؤثرين بشكل منفصل.

2-6/1 مظهر (شكل) اللون:

يرجع مظهر الألوان لمصباح معين إلى اللون الظاهر (لونية المصباح) للضوء المنبعث من المصباح. يمكن وصفه بواسطة درجة حرارة الألوان المرتبطة. وتقسم المصابيح عادة إلى ثلاث مجموعات بحسب درجة حرارة اللون المرتبطة كما هو موضح في الجدول (2-6/1).

الجدول (2-1/6) قيم درجة حرارة اللون المرتبطة بمظهر اللون.

مظهر اللون	درجة حرارة اللون المرتبطة
أبيض دافئ (Warm white)	أقل من 3300 كلفن
أبيض طبيعي (Natural white)	بين (3300 و5300) كلفن
أبيض بارد (Cool white)	أكبر من 5300 كلفن

اختيار مظهر اللون يعتمد على النواحي النفسية وعلى اعتبارات جمالية لما يمكن اعتباره طبيعي. يعتمد الاختيار على قيمة الاستنارة وألوان الغرفة والأثاث والجو المحيط والتطبيق.

وبصفة عامة يفضل استعمال الضوء الأبيض البارد في الأجواء الحارة ويفضل استعمال الأبيض الدافئ في الأجواء الباردة.

2-2/6 إظهار الألوان (مصداقية الألوان):

من الضروري للأداء البصري والإحساس بالارتياح والصحة أن تظهر ألوان الأجسام وبشرة الإنسان، في أي بيئة بشكل طبيعي وصحيح وبطريقة تظهر الاشخاص أكثر جاذبية وصحة.

لإعطاء إشارة لخصائص مصداقية الألوان لأي مصدر ضوئي، تم تقديم دليل مصداقية الألوان وبقيمة قصوى (100) (هذا يعني أن جميع ألوان الأجسام ترى بشكل حقيقي بدون تغيير) وينقص هذا الرقم بتناقص جودة مصداقية الألوان.

يجب أن لا تستعمل المصابيح التي لها دليل مصداقية الألوان الأقل من (80) في الأماكن الداخلية حيث يعمل الاشخاص لفترات طويلة، باستثناء إنارة الأماكن ذات الأسقف المرتفعة (الأماكن الصناعية بسقوف أعلى من 6 متر) والإنارة الخارجية، ولكن يجب تأمين الطرائق المناسبة لضمان استعمال المصابيح ذات الدليل المرتفع لمصداقية اللون حتى في الأماكن الصناعية المأهولة بشكل دائم وعندما يجب تمييز ألوان السلامة.

2-7 ضوء النهار:

يمكن أن يزود ضوء النهار كل الإنارة أو جزء منها للمهام البصرية. يتغير ضوء النهار بمستواه وطيفه مع الوقت ولذلك فهو يعطي تغييراً داخل المكان. يمكن أن يخلق ضوء النهار تشكيلاً محدداً بسبب طبيعة تدفقه افقياً من النوافذ الجانبية.

يمكن الحصول على ضوء النهار عن طريق فتحات بالسقف أو أي منافذ أخرى. تزود النوافذ ميزة الاتصال بالعالم الخارجي وهذا يفضله أغلب الاشخاص ولكن يجب تجنب التباين الزائد وعدم الارتياح الحراري الناتج من دخول ضوء الشمس المباشر الى أماكن العمل.

يجب استعمال طريقة مناسبة لحجب أشعة الشمس المباشرة، مثل المظلات والستائر بحيث لا تضرب أشعة الشمس الأشخاص أو السطوح الواقعة ضمن مجال الرؤية. في الأماكن الداخلية التي بها نوافذ جانبية يتناقص ضوء النهار بشكل سريع عند البعد من النوافذ. يجب أن لا يقل معامل ضوء النهار عن (1%) على سطح العمل على بعد 3 متر من الجدار الذي به النافذة وعلى بعد متر واحد من الجدران الجانبية.

يجب أن تكون هناك إنارة صناعية إضافية لضمان الحصول على الاستنارة المطلوبة على سطح العمل ولتوازن توزيع السطوع داخل الغرفة.

يمكن استعمال مفاتيح تشغيل يدوية أو آلية أو مفاتيح خفت الإنارة لضمان التكامل بين الإنارة الصناعية والطبيعية. لتقليل الابهار من النوافذ يجب استعمال ستائر.

8-2 الترجرج والتأثيرات التذبذبية (Flickering and Stroboscopic Effect):

إن خرج الضوء لجميع المصابيح العاملة بفولتية متناوبة (AC) يتغير بشكل دوري. ويكون ذلك التغير صغيرا للمصابيح ذات الفتيلة وملحوظا لمصابيح التفريغ بما في ذلك المصابيح الفلورية. ويسبب هذا التغيير في خرج الضوء ما يسمى بالترجرج أو التأثيرات التذبذبية.

(أ) الترجرج:

يحدث التغير الدوري الأساسي الذي يساوي (50) هيرتز في الضوء المنبعث من المصابيح التي تعمل عادة على مصدر طاقة متناوب الفولتية تردده (50) هيرتز. وهذا التغير سريع جدا ولا يمكن كشفه بصريا بسهولة. وفي بعض مصابيح التفريغ يحدث التغير ذو التردد (50) هيرتز، ويشعر بعض الأشخاص به. ويوجد لدى بعض الأشخاص حساسية خاصة للتأثير الذي قد يسبب إزعاجا ابصاريا. كذلك قد يكون الترجرج ظاهرا إذا كان الحقل الابصاري يتضمن مساحات كبيرة ذات انعكاسيات عالية مثل أرضية قاعة رياضية ذات لون فاتح.

ويحدث الترجرج الذي يساوي (50) هيرتز في المصابيح الفلورية قرب الأقطاب الكهربائية بشكل رئيس عند نهايتي المصباح، ويكون ملحوظا أكثر في المصابيح ذات التيار المقنن العالي. ويمكن تخفيض ذلك مثلا باستعمال أغلفة داخلية حول القطب الكهربائي، أو بحجب طرفي المصباح. ويزداد الترجرج عادة كلما تقادمت المصابيح الفلورية.

يحدث الترجرج في مصابيح التفريغ عالية الشدة الزئبقية والهاليدية والصوديوم بشكل جزئي بسبب حركة القوس حول رؤوس القطب الكهربائي. ويكون الترجرج ملحوظا في المصابيح ذات

الأغلفة الشفافة أكثر منه في المصابيح ذات الكسوة الفلورية الداخلية للبصيلة الخارجية. ولا يسبب الترجرج في مصابيح التفريغ عالي الشدة مشكلات في الإنارة العامة عادةً إذا ركبت المصابيح على ارتفاع عال، كما في المصانع ذات القاعات المرتفعة. وإذا استعملت المصابيح على ارتفاعات اقل لاماكن عمل داخلية، فإن الترجرج في بعض الحالات يكون مزعجا. ويمكن استعمال دوائر خاصة لإنقاص أو إزالة ذلك التأثير.

(ب) التأثيرات التذبذبية:

تكون الأنماط التذبذبية الناتجة من المكائن الدوارة والأجسام المتحركة الأخرى بسبب التغيرات في خرج الضوء مزعجة إذا ما تم ملاحظة النمط التذبذبي على جسم يختبر عن قرب. وقد يكون ذلك خطرا إذا كان مرئيا على المكائن المتحركة، مما يستدعي اتخاذ إجراءات لإنقاص ذلك التأثير.

(ج) توصيات:

1. يمكن تخفيض الترجرج الناتج عن تغيير خرج الضوء للمصابيح الفلورية ذات التيار المقنن العالي، حيث يكون ذلك ضروريا، وذلك باستعمال مصابيح ذات أقطاب كهربائية محمية بحجاب أو بحماية أطراف تلك المصابيح بستار أو باستعمال دوائر تشغيل كهربائية خاصة. ويفضل تغيير المصابيح الفلورية فور ملاحظة الترجرج فيها.
2. في حالات خاصة يمكن إنقاص شدة الأنماط التذبذبية الناتجة من المصابيح الفلورية أو مصابيح التفريغ عالي الشدة عن طريق تركيب مصابيح توهجية قريبة من السطح لتكمل إنارة المساحة الحرجة.
3. يمكن إنقاص الترجرج والتأثيرات التذبذبية باستعمال إحدى الدوائر الكهربائية التالية:-

- مصدر طاقة ثلاثي الطور، مع توزيع المصابيح على الأطوار الثلاثة والتخطيط لتراكب الضوء بشكل يفي بالغرض من مصابيح مربوطة بطورين على الأقل.
- دوائر كهربائية سابق - لاحق (Lead-Lag) للمصابيح الفلورية، ودوائر تقويم (Rectifying) لبعض أنواع مصابيح التفريغ عالي الشدة.
- مصدر طاقة ذي تردد أكثر من (50) هيرتز، إذا كان ذلك اقتصاديا.

2-9 الاعتبارات الحرارية:

تعتبر المصابيح الكهربائية وسيلة فعالة لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. وتكون الطاقة الحرارية الناتجة أما طاقة منقولة بالحمل أو التوصيل أو الإشعاع. أما الضوء نفسه فيولد حرارة لا

تسخن الهواء مباشرة بل ترفع درجة حرارة السطح الذي يمتصه. لذا فإن المعلومات المتوفرة عن كمية كل نوع من أنواع الطاقة التي تصدر عن المصابيح الكهربائية تكون ذات فائدة كبيرة في تحليل أداء ذلك المصباح وتأثيره على الاعتبارات الحرارية للمبنى.

2-10 المصادر الكهربائية لبدء الاشعال:

مصدر الاشعال هو ببساطة الطاقة اللازمة لبدء اشعال المحيط المتفجر في المناطق الخطرة.

إن الأجهزة والمعدات الكهربائية يمكن ان تكون مصادر اشعال، ومنها على سبيل المثال المفاتيح الكهربائية، معدات بدء الحركة في المحركات، قواطع الدورة، المأخذ الكهربائي، حيث ممكن ان تكون هذه الطاقة على شكل شرارة كهربائية تتولد عند فتح القاطع او المفتاح الكهربائي او عند غلقه.

المعدات الكهربائية مثل تراكيب الانارة او المحركات الكهربائية تصنف كمنتجات للحرارة وستصبح هذه المعدات مصادر للإشعال اذا تجاوزت حرارة سطحها نقطة الاتقاد للخليط او الغاز او الابخرة والغبار الموجود قربها.

كما يمكن ان يكون مصدر الاشعال الفشل غير الطبيعي للأنظمة الكهربائية او الاتصال السيء للنهائيات الكهربائية او قواعد الانارة حيث تتولد الشرارة الكهربائية وكذلك عند تلف العوازل بسبب التقادم او القطع.

2-11 التراكيب الكهربائية في الأماكن المعرضة للانفجار:

عند تواجد خليط من الغازات القابلة للاشتعال مع الهواء، فإن الاشعال يحدث بمجرد تكون شرارة في الخليط، وكذلك يحدث الانفجار عند تعرض الهواء المحمل بذرات من مواد مشتعلة لشرارة مثل: ذرات التبن في الأماكن الزراعية. وحيث إن الشرارة قد تحدث من التراكيب الكهربائية إذا لم يراع في تركيبها مثل هذه الظروف، لذلك في التراكيب المثبتة في الأماكن المعرضة للانفجار يجب أخذ كل الاحتياطات اللازمة لمثل هذه الظروف.

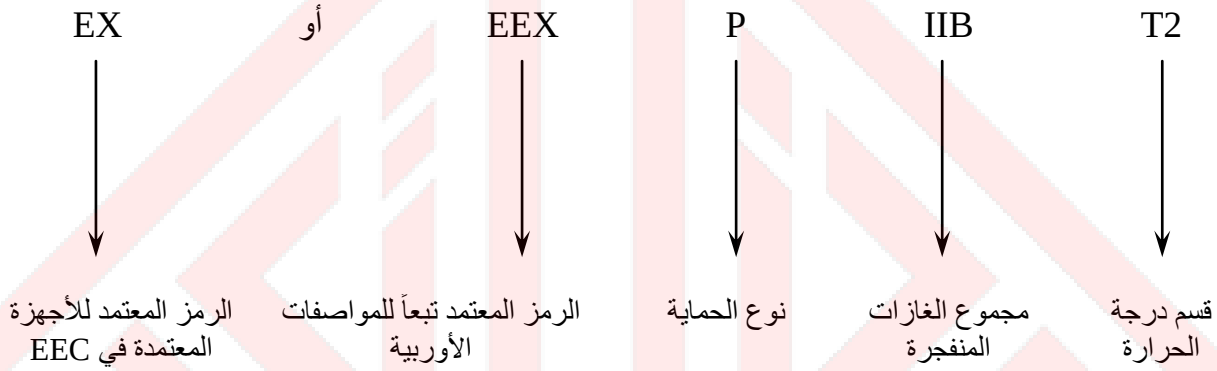
ويمكن تقسيم الأماكن المعرضة للانفجار بحسب احتمالية تشكل الغازات المنفجرة إلى ثلاث مناطق:

1. المنطقة صفر (Zone 0): وتشمل المناطق التي توجد فيها الغازات القابلة للانفجار لمدة طويلة.
2. المنطقة 1 (Zone 1): وتشمل على المناطق التي توجد فيها الغازات القابلة للانفجار أحياناً.
3. المنطقة 2 (Zone 2): وتشمل على المناطق التي يتوقع فيها تواجد الغازات القابلة للانفجار نادراً لمدة قصيرة.

ويمكن تقسيم الأماكن المعرضة للانفجار تبعاً لتكون الأتربة المشتعلة في الهواء إلى:

1. المنطقة 10 (Zone 10): وتشمل على المناطق التي يتواجد فيها مخلوط من الهواء مع الاتربة المشتعلة لمدة طويلة.
2. المنطقة 11 (Zone 11): وتشمل على المناطق التي يتواجد فيها مخلوط من الهواء مع الاتربة المشتعلة لمدة قصيرة.

وفيما يلي الرموز المستعملة مع الأجهزة الكهربائية المستخدمة في الأماكن المعرضة للانفجار تبعا للمواصفات القياسية العالمية IEC:



والرمز التالي هو الرمز المعتمد والذي يستعمل مع المعدات المعتمدة من قبل وحدة اختبارات EEC:

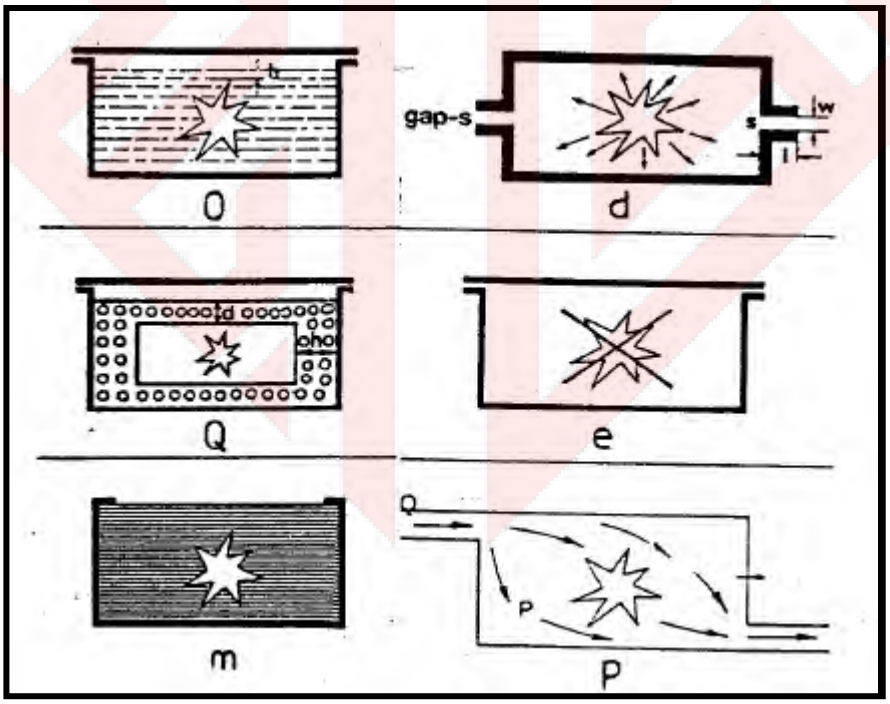
12-2 أقسام الأجهزة الكهربائية تبعاً لنوعية الحماية ضد الانفجار:

لقد قامت المواصفة العالمية القياسية IEC بتقسيم الأجهزة الكهربائية تبعاً لنوعية الحماية ضد الانفجار إلى:

1. أجهزة ذات أغلفة بحماية ضد اللهب (d): فعند حدوث انفجار بداخل أغلفة هذه الأجهزة فإن هذه الاغلفة تتحمل الضغط الناتج عن الانفجار، وتمنع انتقال هذا الانفجار إلى الحيز المحيط الذي يحتوي على غازات قابلة للاشتعال، ومنها على سبيل المثال: القواطع وأجهزة التحكم والمحركات والمحولات.
2. أجهزة ذات أمان زائد (e): وهذا النوع من الحماية يمنع ارتفاع درجة الحرارة وحدوث شرر في داخل هذه الأجهزة قد ينتقل للخارج، ويستعمل هذا النوع من الحماية في علب التوصيل ولوحات التحكم والمحركات الاستنتاجية ذات القفص السنجابي ووحدات الإضاءة.

3. أجهزة مضغوطة (P): وفي هذا النوع من الحماية يسمح بإمرار غازات خاملة بصفة مستديمة داخل أغلفة هذه الأجهزة بضغط أعلى من ضغط الحيز المحيط، والذي يحتوي على خليط من الغازات المتفجرة، وهذا النوع من الحماية يستعمل في الأجهزة الكبيرة والغرف الكبيرة.
4. أجهزة ذات أمان ذاتي (I): وهذا النوع من الحماية خاص بالأجهزة التي لا تولد شرارة كافية لإحداث انفجار في الحيز المحيط، الذي يحتوي على خليط من الغازات المنفجرة، ويستعمل هذا النوع من الحماية مع أجهزة القياس.
5. غمر في الزيت (O): وهذا النوع من الحماية خاص بالمعدات المغمورة كلياً أو جزئياُ في الزيت، وبالتالي فإن الشرارة لا يمكن أن تصل إلى الحيز المحيط والقابل للانفجار الموجود فوق مستوى الزيت، ومنها على سبيل المثال المحولات.
6. أجهزة ممتلئة بمسحوق (Q): وهذا النوع من الحماية خاص بالمعدات الممتلئة بمسحوق يمنع انتقال الشرر إلى الحيز القابل للانفجار، ومنها على سبيل المثال: المكثفات والمصهرات والدوائر الإلكترونية.
7. أجهزة ذات قالب (m): وهذا النوع من الحماية خاص بالمعدات التي توضع العناصر المصدرة لشرار داخل قالب من مادة لا تسمح بانتقال الشرارة أو الحرارة إلى الحيز القابل للانفجار مثل: القواطع الصغيرة وأجهزة البيان وأجهزة الاستشعار.

والشكل (2-1/12) يمثل المخططات الوصفية لأقسام حماية الأجهزة.



الشكل (2-1/12) المخططات الوصفية لأقسام حماية الأجهزة.

المراجع

[1] الدليل الإرشادي لتطبيق الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية في المباني" *المجلد الأول: أعمال التصميم* ".

[2] المواصفة القياسية السعودية "*كود الاضاءة لاماكن العمل الداخلية* ".

[3] CIE S 008/E-2001standard, "*Lighting of Indoor Work Places*", ISO 8995:2002(E).

[4] IES Lighting Handbook, Application Volume, Illuminating Engineering Society of North America, 1981.

[5] CIE Guide to Interior Lighting Commission International, L'Eclairage, 1975.

[6] IES Technical Report No.10, Evaluation of Discomfort Glare, The Illumination Engineering Society, London, 1972.

[7] IES Technical Report No.4, Daytime Lighting in Buildings, The Illuminating Engineering Society, London, 1972.

[8] CIBSE – TM 10, Technical Memoranda, The Calculation of Glare Indices, 1985, The Chartered Institution of Building Services Engineers, London.

الباب الثالث

أنظمة ومعدات الإنارة الداخلية

(Systems and Equipment of Interior Lighting)

3-1 أنـواع أنظمـة الإنـارة الداخلية (Types of Interior Lighting Systems):

3-1/1 التصنيف بحسب طريقة التوزيع :

تصنف أنظمة الإنارة، بحسب طريقة توزيعها للضوء ومواقع تراكيب الإنارة، الى الأنواع التالية:-

- **الإنارة العامة (General Lighting):**

يكون نظام الإنارة الذي يعطي إنارة منتظمة تقريبا على مساحة مستوى العمل كلها نظام إنارة عام. وفي هذا الصنف من أنظمة الإنارة تكون تراكيب الإنارة مرتبة في مخطط متماثل وملائم للخصائص الإنشائية والمعمارية للمكان.

- **الإنارة العامة المحددة الموضع (Localized General Lighting):**

تكون تراكيب الإنارة في هذا النوع من أنظمة الإنارة مرتبة ترتيبا وظيفيا بالنسبة للجسم المرئي ومكان العمل.

- **الإنارة الموضعية (Local Lighting):**

تكون تراكيب الإنارة في هذا النوع من أنظمة الإنارة مرتبة لتنير مساحة صغيرة نسبيا تحتوي على الجسم المرئي والأشياء المحيطة به مباشرة.

- **الإنارة المحيطة بالجسم المرئي (Task-Ambient Lighting):**

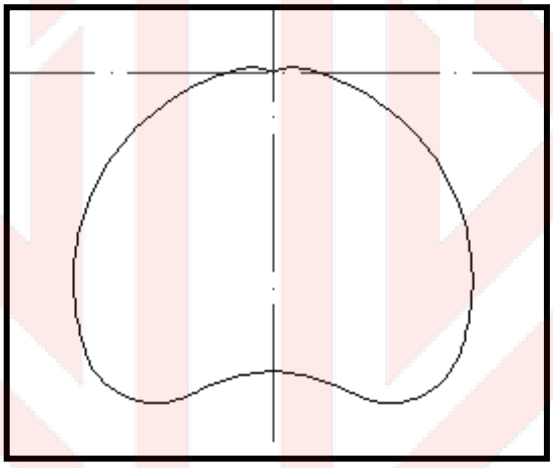
في هذا النوع من نظام الإنارة تكون تراكيب الإنارة مركبة في الأثاث أو الأرضية وموجهة إلى أماكن مختلفة لتنير الأجسام المرئية.

3-1/2 التصنيف بحسب التوجيه:

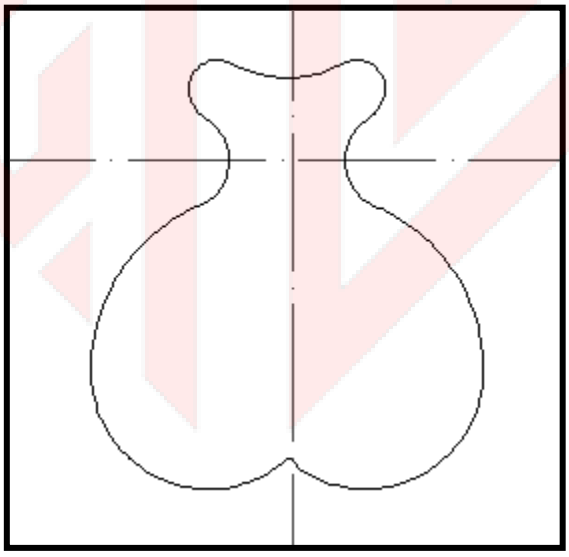
تصنف نظم الانارة على حسب كمية الاستنارة الموجهة الى اسفل تراكيب الانارة في اتجاه مستوى التشغيل وكمية الاستنارة الموجهة الى الاعلى. ويعطي الجدول (3-1/1) تبيانا لنظم الانارة الموصى بها عمليا. وتبين الاشكال (3-1/1)-(3-1/5) نماذج توزيع الشدة المنيرية المبينة في الجدول (3-1/1).

الجدول (3-1/1) نظم الإنارة الموصى بها عمليا.

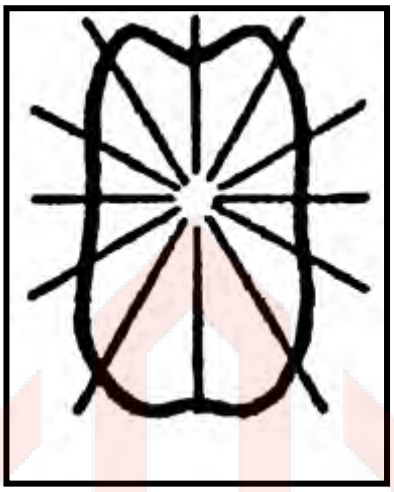
ت	نوع النظام	توزيع الاستنارة الناشئة من تركيب الانارة	
		الى الاعلى %	الى الاسفل %
1	مباشر	0-10	100-90
2	شبه مباشر	10-40	90-60
3	تناثري	40-60	60-40
4	شبه غير مباشر	60-90	40-10
5	غير مباشر	90-100	10-0



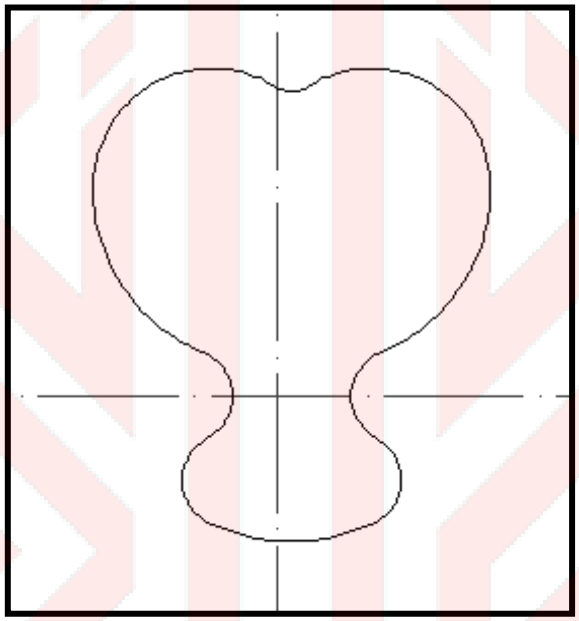
الشكل (3-1/1) نموذج توزيع الشدة المنيرية لتركيب انارة مباشرة.



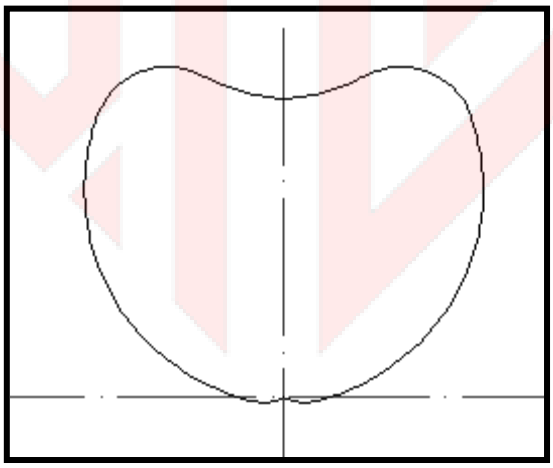
الشكل (3-2/1) نموذج توزيع الشدة المنيرية لتركيب انارة شبه مباشر.



الشكل (3–3/1) نموذج توزيع الشدة المنيرية لتركيب نمطي للإنارة المتناثرة.



الشكل (3–4/1) نموذج توزيع الشدة المنيرية لتركيب انارة شبه غير المباشر.



الشكل (3–5/1) نموذج توزيع الشدة المنيرية لتركيب للإنارة غير المباشر.

3-1/3 التصنيف بحسب نوع المصدر الضوئي:

كما ويمكن أن تصنف أنظمة الإنارة حسب نوع مصدر الضوء الى:

1- نظام الإنارة الكهربائية:

(أ) تتطلب مواصفات معظم أنظمة الإنارة العامة تقديم استنارة معينة على مستوى عمل معلوم، يكون أفقيا غالباً. وتتطلب كذلك انتظامية مقبولة فوق ذلك المستوى، وربما تتطلب أيضا مطابقة توصيات دليل الإبهار. فعند التصميم يتم اختيار مصابيح وتراكيب إنارة مناسبة، ومن ثم يتم تحديد عدد التراكيب التي تحقق متطلبات انتظامية الاستنارة بطريقة اللومن للتصميم الواردة في الباب الخامس. كما يجب أن تكون المعلومات المستعملة في الحسابات دقيقة لتقليل استهلاك الطاقة.

(ب) يتم حساب دليل الإبهار لتراكيب الإنارة بطريقة مناسبة. فإذا كانت القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الحدية الموصى بها للاستعمال فيمكن حينئذ إنقاص تلك القيمة بتعديل نظام الإنارة أو تعديل انعكاسيات السطوح أو تعديل كليهما.

2- نظام الإنارة باستخدام ضوء النهار الطبيعي:

تهتم الإنارة باستعمال ضوء النهار الطبيعي بشكل رئيس بمنسوب وتوزيع ضوء النهار في الأماكن الداخلية، وبتحديد الإبهار الناتج من ضوء النهار والتأثيرات الحرارية والتأثيرات الاتجاهية والمناطق المرئية المقابلة للشبابيك.

3- نظام الإنارة المشترك من الإنارة الكهربائية وضوء النهار الطبيعي:

يعتمد هذا النوع من انظمة الإنارة على الاستفادة من ضوء النهار الطبيعي إضافة الى الإنارة الكهربائية.

4- نظام الإنارة في حالة الطوارئ:

تستعمل أنظمة الإنارة للطوارئ في الحالات التالية:-

- الإنارة من أجل الهروب وتستعمل في حالة حدوث إخفاق في مصدر الطاقة الرئيس لإنارة ممرات الهروب في المبنى عند الخطر واستعمالها بطريقة آمنة وفعالة في جميع الأوقات.
- الإنارة الاحتياطية وتستعمل لتأمين استمرار بعض النشاطات المهمة في المبنى عند حدوث إخفاق في مصدر الطاقة الرئيس.

وسيأتي في نهاية هذا الباب تفصيل اكثر لانارة الطوارئ.

3-2 معدات الإنارة الداخلية:

3-2/1 المصابيح:

أيا كان نوع المصباح فهو ليس الا اداة لتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ضوئية عن طريق مرور التيار عبر وسط قد يكون صلبا (المصباح التوهجي) او غازيا (مصابيح التفريغ الغازي). وتوجد اصناف عديدة تختلف من حيث التصميم والاداء فمنها ما هو للإنارة وبعضها للاستعمالات الطبية واخرى لأغراض الاشارة ومصابيح قاتلة للجراثيم وغيرها. وما يهمنا هنا هي تلك المستعملة للإنارة.

يجب ان تكون البيانات المبينة على المصابيح وأغلفتها بخط واضح ومقروء وثابت وقوي التحمل. وتضم هذه البيانات، بالإضافة إلى اسم المنتج والعلامة التجارية وبلد المنشأ، البيانات الفنية الضرورية مثل الجهد المقرر والتردد والقدرة ولون الإنارة وتصنيف المصباح.

يتم اتباع تعليمات الشركة الصانعة عند التركيب، وخاصة فيما يتعلق بالمكان المسموح تركيب المصباح فيه.

وفيما يلي أنواع المصابيح شائعة الاستعمال في الإنارة الداخلية:-

1- المصابيح الفتيلية (Filament Lamps) وتتضمن:

أ- المصابيح التوهجية (Incandescent Lamps).

ب- مصابيح التنغستون-هالوجين (Tungsten-Halogen Lamps).

2- مصابيح التفريغ (Discharge Lamps) وتتضمن:

أ- المصابيح الفلورية الأنبوبية (fluorescent lamps).

ب-مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط المنخفض ((low pressure sodium lamp(SOX)

ج- مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط العالي ((high pressure sodium lamp (HPS)

د- مصابيح بخار الزئبق ذات الضغط العالي ((high pressure mercury lamp (HPM)

هـ-مصابيح الهاليد المعدنية (metal halide lamp).

3- مصابيح اشباه الموصلات الثنائية المشعة (Light Emitting Diode (LED) Lamps)

هي مصابيح تنتج ضوءاً مرئياً عند مرور التيار باتجاه واحد في مكون الكتروني شبه موصل ثنائي وعادة ما يكون الضوء الناتج منها احادي الحزمة (monochrome) ولكن في الآونة الاخيرة تم انتاج مصابيح تستطيع اصدار طيف اكبر بحيث يغطي الطيف البصري (اللون الابيض). ويمكن لهذه المصابيح ان تبعث اشعة ضمن الحزمة تحت الحمراء او فوق البنفسجية.

أما الخصائص الرئيسة للمصابيح فيجب ان تكون مطابقة لما هو مبين في الجدول (3-2/1).

الجدول (3-1/2) الخصائص الرئيسة للمصابيح.

نوع المصباح	رمز المصباح	تسمية المصباح	الخصائص التكوينية والتشغيلية للمصباح	الفعالية المنيرية للمصباح (لومن/واط)
فلوري أنبوبي Mini Compact Fluorescent (MCF)	A	نورث لايت (North Light)	المصابيح الفلورية الأنبوبية مصادر ضوء خطية ذات تفريغ ذي ضغط منخفض وذات فروق في مظاهر اللون وترجيع اللون نظرا لكون جدارها الداخلي مطليا بمواد فسفورية مختلفة. تنقص فعالية هذه المصابيح بشكل عام كلما تحسن ترجيع اللون. تعطي هذه المصابيح حال تشغيلها على الحامي أو على البارد خرج ضوء يتأثر بدرجة الحرارة المحيطة. يمكن تعتيم هذه المصابيح إذا استعملت مع تركيب تحكم خاص. جميع هذه المصابيح لها أوضاع تشغيل عالمية. يمكن الحصول على مصابيح ذات قدرة أقل مما هي مسجلة في هذا الجدول.	(40-20)
	B	ضوء نهار صناعي (Artificial Daylight)		(40-20)
	C	ضوء النهار (Daylight)		(65-45)
	D	طبيعي (Natural)		(50-30)
	E	لون حقيقي-37 True color-37		(45-20)
	F	لون-84 Colour-84		(65-45)
		ابيض زيادة (Plus-white)		(65-45)
	G	ديلوكس طبيعي		(35-15)
	H	أبيض (White)		(125-2)
	I	أبيض دافئ (Warm White)		(65-45)
	J	ديلوكس، أبيض دافئ (40) Deluxe , Warm White		(40-20)
مصابيح تفريغ ذات ضغط عال	K	زئبقي هاليدي Mercury Halide (Metal Bulb (MBI))	مصباح تفريغ عالي الضغط زئبقي ذو أنبوب من السليكا المصهورة داخلها هاليدات الفلز بها بصيلة نقية يمكن الحصول على بعضها ذات عواكس. زمن التشغيل للحصول على خرج ضوء كامل يساوي (5) دقائق وتتطلب إعادة التشغيل (10) دقائق أو أقل من ذلك إذا استعملت معها دوائر خاصة.	(70-45)
		زئبقي هاليدي Mercury Halide (Linear Metal Bulb (MBIL))	هو مصباح (MBI) ولكن بشكل خطي ويكون عادة ذا بصلة خارجية. وهو ذو تشغيل أفقي فقط.	(70-40)
		فلوري زئبقي هاليدي Mercury Halide Fluorescent Metal Bulb (MB)	هو مصباح (MBI) ولكن ذو كسوة فلورية على الجدار الداخلي للبصلة الخارجية.	(70-45)
	L	فلوري زئبقي Mercury Fluorescent Metal Bulb (MBF)	مصباح زئبقي ذو ضغط عال وذو أنبوب تقوس كهربائي من السليكا المصهورة. بصلته الخارجية مطلية بمادة فلورية لزيادة نسبة الضوء الأحمر كما ان زمن التشغيل وزمن إعادة التشغيل مثل مصباح (MBI).	(50-35)

نوع المصباح	رمز المصباح	تسمية المصباح	الخصائص التكوينية والتشغيلية للمصباح	الفعالية المنيرية للمصباح (لومن/واط)
		فلوري زئبقي عاكس Fluorescent Metal Bulb with Reflector (MBFR)	مثل (MBF) إلا أن له عاكساً داخلياً.	(45-40)
		زئبقي تنغستن فلوري Tungsten-Fluorescent Metal Bulb (MBTF)	مثل (MBF) وله فتيلة من التنغستن مع أنبوب تقوس كهربائي لتعمل كخانق و تزيد من الضوء الأحمر المنبعث. أوضاع تشغيله كما يصفها الصانع.	(20-12)
	M	صوديوم ذو ضغط عال SOdium Neon (SON)	مصابيح صوديوم ذات ضغط عال مع أنبوبة تقوس كهربائي ضمن بصلة ناشرة خارجية. زمن تشغيلها (2) دقيقة حتى تصل الى خرجها من الضوء كاملا. وزمن إعادة تشغيلها يساوي (1) دقيقة إذا استعمل معها حارق خارجي. أوضاع تشغيلها كما يصفها الصانع.	(110-60)
		صوديوم ذو ضغط عال Tubular-SON (SON-T)	هو مصباح (SON) ذو مغلف أنبوبي خارجي نقي. أوضاع تشغيله كما يصفها الصانع.	(110-55)
		صوديوم ذو ضغط عال Linear-SON (SON-L)	هو مصباح خطي (SON) ذو مغلف خارجي أنبوبي نحيف ونقي. يساعد على درجة عالية من التحكم بالضوء اذا ما أريد الحصول على ذلك.أوضاع تشغيله كما يصفها الصانع.	(110-55)
		صوديوم ذو ضغط عال Reflector-SON (SON-R)	هو مصباح (SON) ذو بصلة داخلية عاكسة. أوضاع تشغيله كما يصفها الصانع.	(80-75)
مصابيح تفريغ ذات ضغط منخفض (باستثناء المصابيح الفلورية الأنبوبية)	N	صوديوم ذو ضغط منخفض Sodium OXide (SOX)	هي مصابيح صوديوم ذات تفريغ ضغط منخفض لها أنبوب زجاجي للتقوس الكهربائي بشكل (U) ضمن بصلة خارجية. البصلة الخارجية وأنبوب التقوس متحدتان معا كوحدة واحدة. زمن التشغيل للوصول الى خرج الضوء الكامل حوالي (20) دقيقة، وزمن اعادة التشغيل (3) دقائق. اوضاع التشغيل كما يصفها الصانع.	(135-70)
		صوديوم ذو ضغط منخفض LInear Sodium lamp (SLI)	مثل (SOX) الا ان له أنبوب تقوس كهربائي خطي. أوضاع تشغيله كما يصفها الصانع.	(110-65)
توهجي	P	تنغستن هالوجين (T/H)	مصابيح صغيرة المقاسات ذات فتيلة تنغستن ولها أنبوب نقي أو ناشر من السليكا أو لها بصلة تحتوي على هاليدات أو هالوجينات تمنع من اسودادها وتزيد من عمرها أو فاعليتها التي تكون منخفضة نسبياً. الأنواع الخطية منها مخصصة للتشغيل الأفقي فقط.	(25-17)
	Q	تنغستن للإنارة	لها فتيلة تنغستن ضمن بصلة نقية ناشرة من الزجاج داخلها غاز خامل. ذات مفعولية منخفضة نسبيا ذات خرج ضوء مباشرة للتشغيل الكامل. خرج ضوئها حساس للتغير في الفولتية تشغل وتخفف شدة إنارتها بسهولة.	(18-8)

يبين الجدول **(3-2/2)** مقارنة بين اهم خاصيتين لجميع انواع المصابيح الا وهما الفعالية المنيرية ومصداقية اللون علما ان الارقام المذكورة في تغير مستمر وذلك للتطور التكنولوجي المستمر.

الجدول (3-2/2) الفعالية المنيرية ومصداقية الالوان لمصابيح مختلفة.

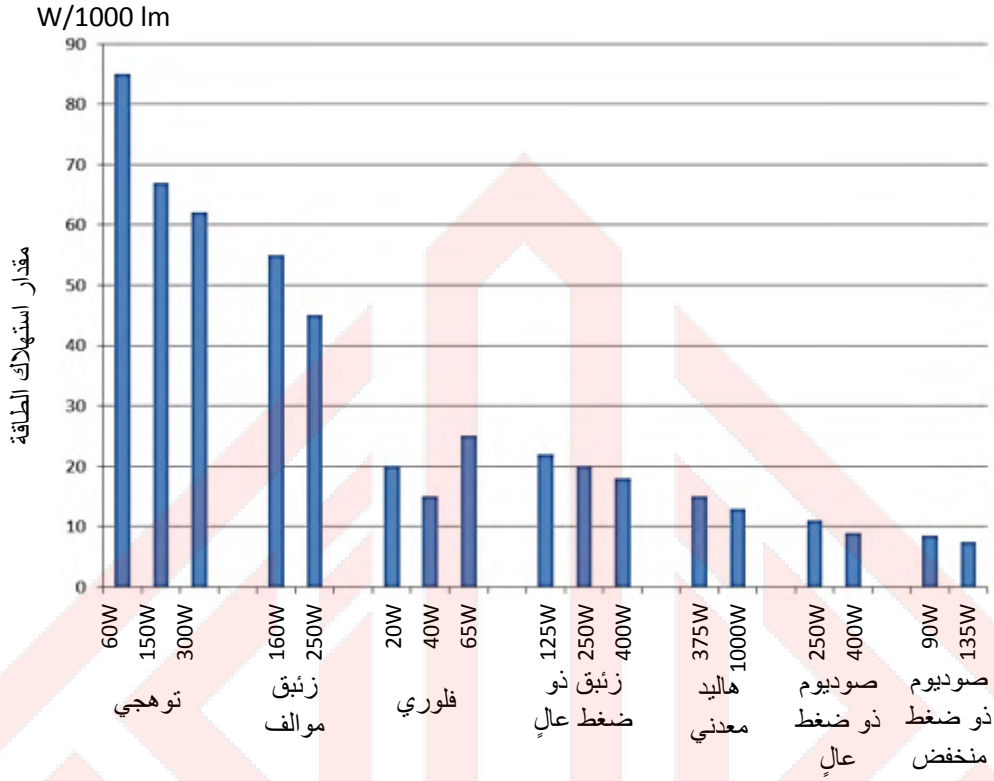
ت	نوع المصباح	الاستعمال النموذجي	الفعالية المنيرية (لومن/واط)	دليل الالوان %
1	متوهج عادي	الانارة المنزلية	13	100
2	متوهج عالي القدرة	انارة داخلية على ارتفاعات كبيرة	18	100
3	تنكستن-هالوجين	الإنارة الغامرة	21	100
4	زئبق ذو ضوء موالف	بديل للمصباح المتوهج	20	70
5	زئبق ذو ضغط عالٍ	انارة الشوارع والانارة الداخلية في المصانع	55	40
6	هاليد معدني	الانارة الداخلية في المصانع	75-100	70-90
7	فلوري	إنارة عامة	80-90	55-85
8	صوديوم ذو ضغط عالٍ	انارة الشوارع والمناطق التجارية	115	20
9	صوديوم ذو ضغط منخفض	انارة الشوارع	185	45

أما المخطط المبين في الشكل (3-1/2) فيبين مقارنة بين مجموعة من المصابيح من جهة استهلاكها للطاقة الكهربائية على اساس الواط لكل الف لومن.

3-2/2 تراكيب التحكم لمصابيح التفريغ (Control Gear):

(أ) يشمل تركيب التحكم مجموعة الكوابح والمكثفات وأجهزة البدء المستعملة في دوائر مصابيح التفريغ. هذا، ويتحكم الخانق بتيار القوس الكهربائي (Arc Current) كما تستعمل المكثفات لتعديل معامل القدرة ولمنع التداخل مع موجات الإرسال الإذاعي، كما تقوم أجهزة البدء بتزويد نبضات فولتية عالية لبدء التفريغ من خلال البخار أو الغاز الموجود داخل بصيلة المصباح.

(ب) تستهلك جميع الكوابح طاقة كهربائية، لذا تكون فعالية دائرة المصباح معتمدة على الطاقة الكلية التي يستهلكها المصباح وتركيب التحكم التابع له.



الشكل (3-1/2) مخطط يبين مقارنة بين مقدار القدرة الكهربائية المستهلكة (واط/1000 لومن) لأنواع مختلفة من المصابيح.

3-2/2/1 رؤوس ومواسك المصابيح:

تكون رؤوس ومواسك المصابيح من مادة مناسبة مقاومة للتآكل ومن النوع محكم التثبيت بغلاف المصباح الزجاجي ومقاوم لحرارة التشغيل المعتادة، كما تكون مطابقة للمواصفة IEC-60061-4.

أ- رؤوس المصابيح:

تكون رؤوس المصابيح مطابقة للمواصفة IEC-60061-1.

ب- مواسك المصابيح:

- ❖ تكون مواسك المصابيح بصفة عامة مطابقة للمواصفتين IEC 60061-2, IEC 60838-1.
- ❖ تكون مواسك المصابيح الكهربائية ذات المسمارين مطابقة للمواصفة IEC-61184.
- ❖ تتطابق مواسك مصابيح التوهج الخطية مع المواصفة IEC 60838-2.
- ❖ تطابق مواسك المصابيح اللولبية المواصفتين IEC 60238 , IEC 60399.
- ❖ تطابق مواسك المصابيح الفلورية الأنبوبية المواصفة IEC 60400.

3-2/2/2 الكوابح:

تكون جميع الكوابح من النوع المتكامل المؤلف من وحدة تصحيح معامل القدرة وحماية من ارتفاع درجة الحرارة. ومعامل قدرتها 95% كحد أدنى، ودرجة حرارتها المقررة تكون (130/55/125) درجة مئوية، أي ان الارتفاع في درجة حرارة الملف في الحالات غير العادية هو 125 درجة مئوية وأن 55 درجة مئوية هي الارتفاع في درجة حرارة الملف عند التشغيل العادي اما أعلى درجة حرارة للملف فهي 130 درجة مئوية، كما تكون تلك الكوابح من النوع الذي يمنع ارتعاش الضوء المرئي للمصباح.

أ- كوابح المصابيح الفلورية:

- تكون كوابح المصابيح الفلورية مطابقة للمواصفتين IEC 60920 و IEC 60921 وغلافها من ألواح معدنية درجة حمايتها IP 20 (انظر الجدول (3-2/3))، كما تكون ملفاتها معزولة ومضغوطة بمادة صمغية عازلة.
- تكون الكوابح الإلكترونية التي تعمل على تيار متناوب مطابقة للمواصفتين IEC 60928 و IEC60929 .
- تكون الكوابح الإلكترونية التي تعمل على تيار مستمر مطابقة للمواصفتين IEC 60924 و IEC 60925.
- تكون الكوابح الإلكترونية القابلة للتحكم في مستوى الإنارة للمصابيح الفلورية قادرة على تخفيض مستوى الإنارة حتى نسبة 10% من مستوى الإنارة الكامل.
- تكون قادرة على إطلاق الإنارة عند أي نسبة بدون إحداث وميض حتى الوصول إلى مستوى الإنارة الكامل.

ب- كوابح مصابيح التفريغ:

- تطابق كوابح مصابيح التفريغ المواصفات IEC 60704 و IEC 60922 و IEC60923.
- يمكن أن تستعمل كوابح مصابيح التفريغ بالتوافق مع مشعل خارجي.
- يمكن استعمال مشعل خارجي مع مصابيح التفريغ، يوضع مع ملف الكابح في غلاف واحد، بالإضافة إلى مكثف تحسين معامل القدرة. ويكون الغلاف من صفائح معدنية ذات درجة حماية IP 53 (انظر الجدول (3-2/3)).
- تكون ملفاتها معزولة ومشربة ومضغوطة بمادة صمغية عازلة وتخرج منها 3 أطراف توصيل لموافقة جهد التغذية الكهربائية.

3-2/2/3 بادئات التشغيل:

- تكون بادئات التشغيل الخاصة بالمصابيح الفلورية الأنبوبية ذات باعث مسبق التسخين كما تكون من النوعية التي تقوم بإشعال المصابيح بدون حدوث ارتعاش.
- أجهزة البدء (غير البادئات المتوهجة) تكون مطابقة للمواصفتين IEC 60926، IEC 60927.
- تكون بادئات تشغيل المصابيح الفلورية ذات مدى من 18 واط حتى 65 واط ويكون مدى حرارة الإشعال من 20 إلى 80 درجة مئوية.
- يفضل استعمال بادئات التشغيل الإلكترونية للمصابيح الفلورية الأنبوبية.

3-2/2/4 المكثفات:

- تكون مكثفات المصابيح الفلورية الأنبوبية ودوائر مصابيح التفريغ الأخرى مطابقة للمواصفتين IEC 61048 و IEC 61049.
- تكون ذات نهايات ذاتية الربط مناسبة لعملية التوصيل السريع.

3-2/2/5 أجهزة الإنارة:

تكون أجهزة الإنارة مطابقة للمواصفتين IEC 60598-1، IEC 60598-2. ويتعين على المقاول اختيار أجهزة الإنارة بحيث تكون درجة حماية غلافها من حيث مقاومتها لدخول الغبار والماء مناسبة لموقع التركيب، ويتحدد ذلك بحسب المواصفة IEC 60598، انظر الجدول (3-2/3).

3-2/3 توصيات:

أ- يتم اختيار المصابيح بحسب متطلبات الإنارة واستعمالاتها وبحسب متطلبات توفير الطاقة. ولمعظم التمديدات فإنه يمكن اختيار المصابيح المناسبة من الجدول (3-2/1)، كما أنه يمكن الحصول على المعلومات الفنية عن تلك المصابيح من الشركات الصانعة.

ب- يكون تشغيل المصابيح بحسب الظروف التي صممت من أجلها وعلى الفولتية المقررة لها وفي حدود درجات الحرارة المحيطة المناسبة. كما تكون تلك المصابيح محمية من الصدمة الحرارية والصدمة الميكانيكية.

ت- تحتاج مصابيح التفريغ إلى تركيب تحكم يضمن بدء اشتغالها بطريقة صحيحة. كما يجب ألا يركب تركيب التحكم في مكان ترتفع درجة الحرارة فيه عن الدرجة المقررة للمصباح.

ث- تكون قدرة كل من القابلوات والمصاهر والمبدلات المستعملة في دوائر مصابيح التفريغ مناسبة لتيار البدء ولتيار التشغيل الكامل للدائرة الكهربائية وللتيارات العابرة (Transient Currents).

الجدول (3-3/2) درجة الحماية الدولية من حيث المقاومة للماء والغبار.

ت	نوع الحماية	الرموز الدالة على الحماية الدولية (IP)	
1	IP 20	0	2
		لا توجد حماية ضد الماء	ذات حماية ضد دخول الأجسام الصلبة الغريبة التي قطرها أكبر من أو يساوي 12.5مم
2	IP 40	0	4
		لا توجد حماية ضد الماء	ذات حماية ضد دخول الأجسام الصلبة الغريبة التي قطرها أكبر من أو يساوي 1مم
3	IP 53	3	5
		حماية ضد رش الماء	حماية جزئية ضد دخول الغبار بحيث لا يؤثر على عمل الوحدة
4	IP 55	5	5
		حماية ضد الماء المندفع	حماية جزئية ضد دخول الغبار بحيث لا يؤثر على عمل الوحدة
5	IP65	5	6
		حماية ضد الماء المندفع	حماية كاملة ضد الغبار(محكم)
6	IP66	6	6
		حماية ضد الماء المندفع تحت ضغط	حماية كاملة ضد الغبار(محكم)
7	IP68	8	6
		حماية ضد التغطيس في الماء	حماية كاملة ضد الغبار(محكم)

3-3 الصيانة (Maintenance):

تحافظ الصيانة الجيدة لنظام الإنارة على أداء الأجهزة والمكان الداخلي وتزيد من درجة السلامة. كما تبقي على الأداء الجيد ضمن حدود التصميم. وتساعد على إبقاء الحمل الكهربائي والتكاليف في الحد الأدنى. هذا، وتشمل الصيانة استبدال المصابيح المعطوبة وإصلاح الاجزاء التالفة من تراكيب الإنارة أو استبدالها وتنظيف تلك التراكيب والشبابيك الزجاجية والسطوح الداخلية للغرفة ضمن برنامج زمني منتظم.

3-3/1 صيانة المصابيح وتراكيب الإنارة (Lamps and Luminaries Servicing):

(أ) استبدال المصابيح (Lamp Replacement):

تكون دورة الاستبدال لنوع معين من المصابيح طبقا لتوصيات الشركة الصانعة. وتتعين تلك الدورة جزئيا من المعلومات المتوفرة عن معدل الأعطال في ذلك النوع، وجزئيا من المعلومات المتوفرة عن انخفاض خرج الضوء من المصابيح مع مرور الزمن على تشغيلها.

(ب) تنظيف المصابيح وتراكيب الإنارة (Cleaning of Lamps and Luminaries):

يعتمد كل من معدل تراكم الأوساخ فوق المصابيح وتراكيب الإنارة وفترة دورة التنظيف الاقتصادية على درجة تلوث الجو الذي تعمل فيه، وعلى تصميمها. ويؤدي تراكم الأوساخ على تراكيب الإنارة والمصابيح الى تخفيض الاستنارة الناتجة عنها بنسبة كبيرة.

3-3/2 تردي أداء المصابيح وحسابات الاستنـــارة:

يجب اعتبار تردي أداء المصابيح وتراكيب الإنارة وسطوح الغرفة عند حسابات الإنارة، وذلك بأخذ معامل الصيانة في الاعتبار، وهو نسبة الاستنارة التي يقدمها نظام إنارة معين في ظروف متوقعة متوسطة الاتساخ عمليا الى الاستنارة الناتجة عن النظام نفسه عندما يكون نظيفا، وذلك لمستوى العمل الواحد.

3-4 وحدات الإنارة المستعملة في حالة الطوارئ وعلامات الخروج:
(Emergency lighting and exit fixtures)

1- يكون تركيب انارة الطوارئ معدا للتثبيت على قاعدته أو جانبه.
2- يزود التركيب بغطاء من الألمنيوم ذى عدسة منشورية من الأكريلك أو من زجاج الأوبال الأبيض لتوجيه الضوء أسفل التركيب مباشرة.
3- يزود التركيب بمصباحين على الأقل شديدي التوهج ويعملان على جهد منخفض ولايقل العمر الافتراضى لكل منهما عن خمس سنوات من التشغيل المستمر.
4- جميع الأسلاك المستعملة داخل الوحدة يجب أن لا تقل مساحة مقطعها عن 1 مم2 وتكون قادرة على تحمل درجة حرارة لا تقل عن 150 درجة مئوية، كما تكون تلك الأسلاك مخفية داخل مجرى خاص بها في جسم الوحدة.
5- يصنع جسم تركيب علامات الخروج بنفس مواصفات جسم تركيب الإنارة فى حالة الطوارئ ويزود بغطاء من الزجاج الحرارى (Ceramic Fired Glass) أو الأكريلك أو الألياف الزجاجية ويكتب عليها بحروف بيضاء على خلفية حمراء أو خضراء كلمة "خروج" باللغة العربية

أو "EXIT" بالإنجليزية مع رسم سهم أو بدونه ويكون مقاس الكتابة 150 × 20 مم^2 على الأقل أو طبقا للوارد في المواصفات الفنية للمشروع.

6- تركب العلامات على هيئة شرائح زجاجية مقاومة للضوء تدخل فى جسم الوحدة التي تحتوى على مصدر الانارة.

7- يجب أن تكون كل الأجزاء المعدنية فى كل من تركيبي إنارة الطوارئ وعلامات الخروج معالجة بمانع للصدأ بعد التصنيع وقبل الطلاء بالطبقة النهائية، مع إمكان تزويد التركيب بشبكة واقية مصنوعة من سلك بقطر 5 مم مع طلائها بطلاء نهائى متجانس مع لون غطاء الوحدة، أو تكون الشبكة من الحديد غير القابل للصدأ.

8- تكون التغذية الكهربائية لكل من التركيبين طبقا للمدون فى الشروط والمواصفات الفنية، إما بصفة دائمة من شبكة تغذية المبنى فى حالات التشغيل العادية أو من مصدر تيار مستمر مركزى فى المبنى، وتكون التراكيب فى هذه الحالة معتمدة على المصدر الخارجى وتبقى مضيئة سواء كان مصدر التيار العادى موجودا أو لا، أو تضىء هذه التراكيب وقت الطوارئ فقط، حيث تغذى حينئذ من مصدر التيار المستمر المركزى بالمبنى عن طريق مفتاح يعمل على توصيل الوحدة تلقائيا عندما يفصل المصدر (Automatic Switch). كما يمكن تزويد كل وحدة إنارة ببطارية من النيكل كادميوم القابلة للشحن مع دائرة الشاحن توضع داخل التركيب. وتقوم البطارية بتغذية وحدة الإنارة فقط عند انقطاع مصدر التغذية العادى، وذلك باستعمال مفتاح قلاب آلى، على أن تكون سعة البطارية كافية للتشغيل المستمر لمدة ساعة أو ساعتين أو ثلاث ساعات طبقا للمحددات الموضوعة فى الشروط والمواصفات للعملية.

المراجع

[1] كودات البناء الوطني الأردني- المجلد الثالث والعشرون- الجزء الثاني- كودة الإنارة الداخلية.

[2] الدليل الإرشادي لتطبيق الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية في المباني" *المجلد الأول: أعمال التصميم* ".

[3] المواصفة القياسية السعودية "*كود الاضاءة لاماكن العمل الداخلية* ".

[4] CIE S 008/E-2001standard, "*Lighting of Indoor Work Places*", ISO 8995:2002(E).

[5] IES Lighting Handbook, Application Volume, Illuminating Engineering Society of North America, 1981.

[6] CIE Guide to Interior Lighting Commission International, L'Eclairage, 1975.

[7] IES Technical Report No.10, Evaluation of Discomfort Glare, The Illumination Engineering Society, London, 1972.

[8] IES Technical Report No.4, Daytime Lighting in Buildings, The Illuminating Engineering Society, London, 1972.
[9] CIBSE – TM 10, Technical Memoranda, The Calculation of Glare Indices, 1985, The Chartered Institution of Building Services Engineers, London.
[10] IES Technical Report No.9, Depreciation and Maintenance of Interior Lighting, The Illuminating Engineering Society, London, 1967.
[11] IES Technical Report No.11, The Calculation of Direct Illumination from Linear Sources, The Illuminating Engineering Society, London, 1968.
[12] IES Technical Report No.2, The Calculation of Utilization Factors – The BZ Method, The Illuminating Engineering Society, London, 1961.

الباب الرابع
التوصيات العامة للإنارة الداخلية
(General Recommendations for Internal Lighting)

الكائنات الحية بصورة عامة تعدل سلوكها وتصرفاتها طبقا للضوء الطبيعي. لكن الانسان اخترع الضوء الصناعي لتحسين البيئة الليلية، مما ادى الى ظهور مشاكل بيئية وفسلجية جدية (يطلق عليها عادة التلوث الضوئي) ان لم تكن هذه الانارة مسيطراً عليها بشكل جيد. ومن المشاكل التي قد تكون واضحة للعيان عدم التمكن من النوم بسبب الانارة الداخلة من خلال الشبابيك الى الغرفة القريبة من الانارة الخارجية عادةً او قد تعرقل رؤية السماء والنجوم ليلا للذين يرغبون بذلك متعةً او دراسةً. لذا فأن الاكثار من الانارة الصناعية يكون سبباً رئيساً للتلوث البيئي بالإضافة الى الضياع الكبير للطاقة. هنالك معايير كثيرة للإنارة الجيدة والتوجيه الجيد للمصابيح تجب مراعاتها والتي يمكن ادراجها ضمن هذا الباب.

1-4 توصيات للإنارة الكهربائية (Recommendations for Electric Lighting):

يشمل الجدول (4-1/1) توصيات للإنارة الكهربائية لعدد كبير من الأماكن الداخلية والأجسام المرئية من حيث القيم القياسية الموصى بها للاستنارة العملية المتوسطة، وموقع مستوى القياس، والمصابيح المناسبة وميزاتها. يجب مراعاة الملاحظات التالية عند التعامل مع الجدول (4-1/1):

(أ) يجب تعيين الموقع الدقيق للسطح المرئي إذا أمكن ذلك ليساعد على تخفيض تكاليف الطاقة. كما أنه يجب عدم الافتراض بأن الجسم المرئي يقع على مستوٍ أفقي يرتفع 0.85 متر فوق منسوب الأرضية. وإذا لم يكن موقع الجسم المرئي على المستوى الرأسي محددا عند التصميم، فإنه يكون من الضروري الافتراض بأن متوسط الاستنارة الأسطوانية يكون مساويا للاستنارة القياسية العملية الموصى بها.

(ب) تم اختيار الاستنارات القياسية الواردة في الجدول (4-1/1) من القيم التالية الواردة في النشرة الفنية المرقمة (29) (Guide on Interior Lighting) الصادرة عن هيئة الإنارة الدولية (CIE):

(5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000)(Lux).

حيث تمثل كل قيمة من قيم الاستنارة القياسية هذه زيادة ملموسة في التأثير الذاتي. بعض القيم غير الواردة ضمن هذه القيم تمت التوصية بها لبعض الاستعمالات الخاصة مثل مواقع معينة في المستشفيات حيث يتطلب الأمر استنارة ضمن حدود حرجة.

(ج) ان قيم الاستنارة غير الاتجاهية (Scalar) الواردة في الجدول (4-1/1) موصى بها للمواقع التي ليس فيها جسم مرئي محدد وهي متوسط قيم الاستنارة للمكان الداخلي ككل وعلى ارتفاع 1.2 متر فوق سطح الأرضية.

(د) أينما يرد مصطلح تركيب الإنارة المضمون (Luminary Proof)، في الجدول (4-1/1) فإنه يشير الى أن ذلك التركيب يجب أن يتحمل أخطارا معينة صمم لمقاومتها.

(هـ) لمعرفة معاني الرموز الدالة على المصابيح المناسبة راجع الجدول (3-2/1).

الجدول (4-1/1) قيم الاستنارة القياسية المطلوبة

بحسب نوع المبنى والمكان والسطح المرئي وموضع القياس

(أ)البيوت السكنية والفنادق (Homes and Hotels)

الجدول (4-1/1) (أ) البيوت السكنية والفنادق (Homes and Hotels)				
المكان والسطح المرئي	**الاستنارة القياسية (لوكس)**	**موضع القياس**	**الرموز الدالة على المصابيح المناسبة**	**ملاحظات**
اولاً:- المنازل السكنية				
غرف المعيشة				
عام	50	مستوى العمل	D,E,F,G,I,J,Q	يجب ان تكون تراكيب الإنارة ومواضعها قادرة على توفير جوٍ خالٍ من الإبهار غير المرغوب فيه للشاغرين. من الجيد توفر إمكانية التحكم بشدة الإنارة باستعمال معتمات لتنويع الإنارة.
الاعمال اليدوية كالخياطة وغيرها	500	السطح المرئي	D,E,F,G,I,J,Q	
غرف الدراسة				
غرفة المكتب	300	سطح الطاولة	D,E,F,G,I,J,Q	
غرفة المذاكرة	500	سطح الطاولة	D,E,F,G,I,J,Q	

الجدول (4-1/1) (أ) البيوت السكنية والفنادق (Homes and Hotels)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
غرف النوم				
في اثناء النوم	10	رأس السرير	D,E,F,G,I,J,Q	يمكن استعمال إنارة إضافية لأغراض خاصة.
في اوقات اليقظة	150	رأس السرير	D,E,F,G,I,J,Q	
المطابخ				يمكن استعمال إنارة إضافية للطباخات
أماكن تحضير الطعام	500	سطح مكان العمل	D,E,F,G,I,J,Q	
الحمامات				يجب استعمال تراكيب إنارة مقاومة للرطوبة ومضمونة.
الحمامات	100	أرضية الحمام	D,E,F,G,I,J,Q	
أماكن أخرى				
غرفة كي الملابس	500	منضدة العمل	H,I,Q	يجب حجب الأماكن ذات الانارية العالية عن النظر عند صعود الدرج أو نزوله.
صالات الدخول	200	أرضية المكان	D,E,F,G,I,J,Q	
صحن الدرج	150	أرضية المكان	D,E,F,G,I,J,Q	
السلالم	100	الدرجات	D,E,F,G,I,J,Q	
الممرات وممرات الخروج	100	أرضية المكان	D,E,F,G,I,J,Q	
المشاغل	300	منضدة العمل	H,I,Q	
المرآب	50	أرضية المرآب	H,I,Q	
ثانياً:- دور المسنين والعجزة (Old People's Homes)				
تزاد الاستنارة بمعدل 50 بالمائة الى 100 بالمائة عما هو موصى به للبيوت السكنية أعلاه ويجب تفادي الإبهار. كما يجب إبراز الدرجات والعوارض الأخرى وكذلك يجب تركيب مفاتيح إنارة ذات طريقين (Tow way switches) للممرات والسلالم.				
ثالثاً:- الفنادق (Hotels)				
قاعات الدخول				
عام	غير اتجاهية	120 سم فوق أرضية القاعة.	D,E,F,G,J,K,L,Q	

الجدول (4-1/1) (أ) البيوت السكنية والفنادق (Homes and Hotels)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
الاستقبال ومكاتب الحجز والمحاسبة والايداع	300	سطح المكتب	D,E,F,G,J,K,L, Q	
غرف النوم والحمامات	كما ورد في غرف النوم والحمامات في البيوت السكنية.			
	اماكن الخدمة والمطاعم			
عام	100	سطح الطاولة	D,E,F,G,J,Q	
قاعات الاستراحة	100 غير اتجاهية	120 سم فوق الأرضية	D,E,F,G,J	
أماكن خدمة الزبائن والخدمة السريعة	150	سطح الطاولة	D,E,F,G,I,J,Q	
المطابخ	كما هو وارد في مطابخ المباني العامة			
المخازن والاقبية	150	أرضية الغرفة	H,I,Q	قد يتطلب الأمر استعمال تراكيب إنارة مضمونة.
غرف غسيل الملابس	300	مستوى العمل	C,H,I,Q	

تتمة الجدول (4-1/1)

(ب) المباني العامة (Public Buildings)

تتمة الجدول (4-1/1) (ب) المباني العامة (Public Buildings)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
اولاً:- المكاتب (Offices)				
الاستعلامات	300	سطح مكتب العمل	C,D,E,F,H,I,K,L	
غرف استراحة	150	اماكن الجلوس	C,D,E,F,H,I,K,L	

تتمة الجدول (4-1/1) (ب) المباني العامة (Public Buildings)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
مكاتب عامة	500	سطح مكتب العمل	C,D,E,F,H,I,K,L	يجب تخفيض الانعكاسات الحاجبة للحد الأدنى.
مكاتب عامة ذات حيز عميق	750	سطح مكتب العمل	C,D,E,F,H,I,K,L	
غرف الأضابير	300	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I,K,L	يتطلب الأمر استعمال تراكيب إنارة مضمونة
غرف الاجتماعات	750	سطح الطاولة	D,E,F,J,Q	يجب مراعاة الأعمال المختلفة للقاعة كالاجتماعات والمحاضرات
مكاتب المدراء	500	سطح مكتب العمل	D,E,F,J,Q	
قاعات العمليات المصرفية				يجب تخفيض الانعكاسات الحاجبة للحد الأدنى باستعمال الموضع المناسب لتراكيب الإنارة.
الأماكن العامة	300	الأرضية	D,E,F,H,I,K,L, M,P,Q	
أماكن العمل وغرف الحاسبات الإلكترونية	500	سطح المكتب او مستوى العمل	D,E,F,H,I,K,L	
مكاتب الرسم				حيث يكون مصداقية اللون مهما تستعمل المصابيح (A) أو (D) أو (E). يجب استعمال إنارة موضعية.
طاولات الرسم	750	سطح الطاولة	A,C,D,E,F,H,I, K,L	
غرف تصوير المخططات	300	سطح الطاولة	A,C,D,E,F,H,I, K,L	
الرسم بالحاسبة CAD	500	سطح المكتب	A,C,D,E,F,H,I, K,L	
ثانياً:- المحلات والمكاتب التجارية (Shops)				
دكاكين تقليدية ذات مناضد و معروضات على الجدران	500	أفقيا على سطح المنضدة	A,D,E,F,G,H,I,J, K,L,P,Q	يملي نوع البضاعة مقدار مصداقية اللون المطلوب، كما أن الإنارة الموضعية أو المحددة الموضع تكون مطلوبة لتعزيز إنارة معروضات معينة.
محلات تجارية ذات خدمة ذاتية (المولات الصغيرة).	500	رأسيا على البضاعة المعروضة	D,E,F,G,H,I,K,L ,P,Q	
الأسواق الكبيرة جدا (المولات)	1000	أفقيا على مستوى العمل	D,E,F,G,H,I,K,L ,M,P,Q	

تتمة الجدول (4-1/1) (ب) المباني العامة (Public Buildings)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
المعارض التجارية				قد تكون السطوح الرأسية مهمة. تستعمل المصابيح (A) أو (D) أو (E) حيث تكون مصداقية اللون ذات أهمية.
معارض السيارات	500	رأسيا على السيارة	A,C,D,F,H,I,L,P,Q	
المعارض العامة	500	رأسيا على البضاعة	A,C,D,F,H,I,L,P,Q	
الأسواق المسقفة				
أماكن الحركة أو الممرات	100-200 او (100) غير اتجاهية	الأرضية	D,E,F,H,I,K,L,M,Q	
ثالثاً:- قاعات الاجتماعات العامة وقاعات العروض السينمائية والمسارح (Assembly Halls, Cinemas and Theatres)				
قاعات المشاهدة والاستماع				
المسارح والسينمات	100	أفقيا على سطح المقعد	D,E,F,J,P,Q	وسائل التعتيم مطلوبة.
متعددة الأغراض	100-500	أفقيا على سطح المقعد	D,E,F,H,I,J,K,L,M,P,Q	يجب توفر إمكانية تغيير الانارية لتلائم الغرض.
مكاتب الحجز	300	سطح المكتب	D,E,F,J,Q	
غرف تغيير الملابس	300	سطح الطاولة	J,Q	يتطلب الأمر إنارة إضافية للمرايا
صالات الدخول	75 (متجهة)	1.2 متر فوق الأرضية	D,E,F,J,P,Q	
المنصات وأماكن التمثيل		إنارة خاصة		
غرفة معدات العرض السينمائي	150	الجهة العاملة من جهة الإسقاط	H,I,Q	
رابعاً:- أماكن العبادة				
الصالة	150	الأرضية	D,E,F,H,I,J,K,L,M,P,Q	

تتمة الجدول (4-1/1) (ب) المباني العامة (Public Buildings)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
المنبر او المحراب	150	مستوى المنبر او المحراب	D,E,F,H,I,J,K,L, M,P,Q	
خامساً:- المعاهد والكليات والجامعات				
قاعة المحاضرات (Further Education Establishments)				
عام	300	سطح المكتب	D,E,F,H,I,K,L	
السبورات	500	المستوى الرأسي	D,E,F,H,I,K,L	
طاولات الإيضاح	500	سطح الطاولة	D,E,F,H,I,K,L	
قاعات المناقشات	500	سطح الطاولة	D,E,F,H,I,K,L	
قاعات الرسم و الفن	500	حامل اللوحة	A,B,D,E	قد يملي نوع المختبر مصداقية لون معين، كما أن الإنارة الموضعية قد تكون مطلوبة
المختبرات	500	سطح الطاولة	A,C,D,E,F,H,I, Q	
المشاغل (Workshops)	بحسب نوع العمل في المشغل وكما هو وارد في المشاغل في المباني الصناعية الجدول(4-1/1)			
غرف الهيئة التدريسية ومساكن وغرف للطلبة.	كما هو وارد في المباني العامة الجدول (4-1/1)			
الملاعب الرياضية الداخلية	كما هو وارد في مباني الرياضة الداخلية وقاعات الرياضة متعددة الأغراض الجدول (4-1/1)			
سادساً:- المكتبات (Libraries)				
رفوف الكتب	150	مستوى الأرضية	C,D,E,F,H,I,K,L	
طاولات المطالعة	300	سطح الطاولة	C,D,E,F,H,I,K,L	
غرف المطالعة				
صحف ومجلات	300	سطح المكتب	C,D,E,F,H,I,K,L	
مطالعة ومراجعة	500	سطح المكتب		
التصنيف والفهرسة	500	سطح المكتب	C,D,E,F,H,I,K,L	
مخازن الكتب	100	مستوى الأرضية	C,S,E,F,H,I,K,L	
سابعاً:- المتاحف والمعارض الفنية				
عام				

تتمة الجدول (4-1/1) (ب) المباني العامة (Public Buildings)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
معروضات غير حساسة للضوء	300	المعروضات	A,B,D,E,F,H,I,J,K,P,Q	يوصى باستعمال الحد الأقصى للاستنارة
معروضات حساسة للضوء	150	المعروضات	A,D,J,Q	
الأماكن التابعة لها كالمداخل والممرات وبيوت الدرج	كما هو وارد لكل منها في المباني العامة الجدول (4-1/1)			
ثامناً:- المدارس				
قاعات الاجتماعات				يمكن استعمال وسائل تعتيم للمسرح ومكان عرض الأفلام.
عام	300	مستوى العمل	D,E,F,H,I,K,L,Q	
المنصة ومكان التمثيل	إنارة خصوصية			
أماكن التدريس و قاعات المحاضرات				يجب تجنب الانعكاسات من سطح السبورة وضمان انتظامية معقولة للاستنارة على سطحها.
عام	300	مستوى العمل	D,E,F,H,I,Q	
السبورة	500	المستوى الرأسي	D,E,F,H,I,Q	
مقاعد الإيضاح والشرح	500	سطح المقعد	D,E,F,H,I,Q	
غرف التربية الفنية وأعمال الخياطة والموسيقى وغيرها	500	مستوى العمل	A,D,E,F,H,I,Q	يمكن استعمال إنارة موضعية.
المختبرات ومختبرات الحاسبات الالكترونية	500	سطح المنضدة	A,C,D,E,F,H,I,Q	
المشاغل	300	مستوى العمل	C,H,I,Q	يمكن استعمال إنارة موضعية
غرف الموظفين والمطابخ	كما هو وارد في المباني العامة الجدول (4-1/1)			
قاعات الطعام	150	سطح الطاولة	D,E,F,H,I,Q	
قاعات الرياضة الداخلية	300	سطح الأرضية	C,H,I,K,L,M,Q	يتطلب الأمر استعمال إنارة مقاومة للصدمات.
تاسعاً:- محطات القطار				
مكاتب الحجز	500	سطح الطاولة	C,H,I,K,L,Q	
مكاتب الطرود والانتظار والمؤمن				
عام	150	الأرضية	C,H,I,K,L,Q	

تتمة الجدول (4-1/1) (ب) المباني العامة (Public Buildings)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
أماكن التجمع والانتظار	100-200 أو غير اتجاهية	1.2 متر فوق سطح الأرضية	C,D,E,F,H,I,J,K,L,M,P,Q	
المطاعم وأماكن الشرب	كما هو وارد لذلك في الفنادق.			
عاشراً:- المستشفيات (Hospitals)				
غرف التخدير				
عام	300	المقعد/النقالة	E	
موضعي	1000	رأس النقالة	P,Q	
أماكن المعاينة				
عام	300	مستوى العمل	E,P,Q	
فحص	1000	طاولة الفحص	P,Q	
الممرات				
عام	150	الأرضية	D,E,H,I,K,L,P,Q	
ممرات الأجنحة				يعرف الصباح بأنه من الوقت الذي يكون فيه المرضى يقظين حتى يكون في الجناح ضوء النهار كاف. ويعرف المساء بأنه الوقت الذي يكون فيه ضوء النهار في الجناح غير كاف حتى حلول الليل.
نهاراً / ممرات داخلية	300	الأرضية	E,Q	
نهاراً / ممرات مفتوحة لضوء النهار	300	الأرضية	E,Q	
صباحا او مساءا	150	الأرضية	E,Q	
ليلا	5-10	الأرضية	Q	
الردهات				
عام	300	مستوى العمل	E	
معالجة	1000	طاولة الفحص	P,Q	
الفحص				
عام	300	مستوى العمل	E	
الفحص الموضعي	1000	طاولة الفحص	P,Q	

تتمة الجدول (4-1/1) (ب) المباني العامة (Public Buildings)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
المعالجة المكثفة				
رأس السرير	30-50	مستوى العمل	E	
الممرات بين الأسرّة	100	مستوى العمل	E	
المراقبة	400	السرير	E	
المراقبة الموضعية	1000	السرير	P,Q	
مكان المشرف النهاري	300	سطح المقعد	E	
مكان المشرف الليلي	30	سطح المقعد	H,I,Q	
المختبرات				
عام	300	سطح الطاولة	E,Q	
فحص	500	طاولة الفحص	E,P,Q	
أماكن الممرضات				
صباحا / نهارا / مساءا	300	سطح الطاولة	E,Q	يعرف الصباح والمساء في الجناح كما ورد في عمود (ملاحظات) الصفحة السابقة
ليلا (الطاولات)	30	سطح الطاولة	H,I,Q	
ليلا (النقالات الطبية)	100	سطح النقالة	H,I,Q	
قاعات العمليات				
عام	400 الى 500	مستوى العمل	E	مع استعمال إنارة خاصة
موضعي	10000 الى 50000	سطح الطاولة	P,Q	
(بين الأسرة)				الإنارة في حدها الأدنى.
عام	100	الأرضية	E,Q	
الردهات (رأس السرير)				
صباحا/مساءا	30-50	رأس السرير (أفقيا)	E,Q	قد يتطلب الامر انارة اضافية لاغراض القراءة والمطالعة

تتمة الجدول (4-1/1) (ب) المباني العامة (Public Buildings)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
لذوي الأمراض النفسية	1-5	راس السرير (أفقيا)	Q	
للمراقبة	5	راس السرير (أفقيا)	Q	
أماكن الأشعة السينية (x)				
عام	200	طاولة الأشعة	E,Q	
التشخيص	200	طاولة الأشعة	E,Q	
مكان العمل	400	طاولة الأشعة	E,Q	
الغرفة المظلمة لتظهير الأفلام	50	سطح الطاولة	Q	
حادي عشر:- أماكن الجراحة (Surgeries)				
عام	300	مستوى العمل	E	
غرف العمليات	1000	سطح السرير	D,E,F,H,I,J,Q	بالإضافة الى متطلبات انارة خاصة بين 10,000 الى 100,000 لوكس
غرف الانتظار	150	سطح الطاولة	D,E,F,H,I,J,Q	
جراحة الأسنان (الكرسي)				إنارة خاصة
الإنارة العامة	500	سطح الطاولة	E	الإنارة يجب ان لا تحتوي على وهج
عند المريض	1000	سطح الكرسي	E	جهاز إنارة موضعي للفحص
مكان العمليات	5000	سطح الطاولة	E	قد يتطلب قيم أعلى من 5000 لوكس
مطابقة بياض الأسنان	5000	سطح الطاولة	E	درجة حرارة اللون على الأقل 5000 كلفن
المختبرات	500	سطح الطاولة	E	
ثاني عشر:- العيادات الاستشارية (Consulting Rooms)				
عام	300	مستوى العمل	D,E,F,H,I,J,Q	
طاولة الفحص	500	سطح الطاولة	E,Q	يفضل استعمال إنارة موضعية
جدار فحص العين وخرائط الرؤية القريبة.	500	لوحة الرموز	D,E,F,H,I,J,Q	يتطلب الأمر إنارة منتظمة على الخرائط

تتمة الجدول (4-1/1)

(ج) المرافق المشتركة للمباني العامة (Public Buildings Common Areas)

تتمة الجدول (4-1/1) المرافق المشتركة للمباني العامة (Public Buildings Common Areas)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
(1) أماكن الحركة (Circulation Areas)				
الممرات	100 غير اتجاهية	1.2 متر فوق منسوب الأرضية	C,D,E,F,H,I,J,L,M,Q	
مصاعد الأشخاص	150	منسوب الأرضية	C,D,E,F,H,I	
السلالم	150	الدرجة	C,D,E,F,H,I,J,L,M,Q	يجب تجنب الانعكاسات البراقة من الدرجات.
السلالم الكهربائية	150	الدرجة	C,D,E,F,H,I,J,L,M,Q	
(2) المداخل (Entrances)				
قاعات الانتظار	150 غير اتجاهية	1.2 متر فوق منسوب الأرضية	C,D,E,F,H,I,J,K,L,M,P,Q	
مكاتب الاستعلامات	150	سطح المكتب	C,D,E,F,H,I,J,K,L,M,P,Q	
المداخل	200	سطح المكتب	C,D,E,F,H,I,Q	
(3) المطابخ (Kitchens)				
مخازن الطعام	150	منسوب الأرضية	D,E,F,H,I,Q	
أماكن تحضير الطعام	500	مستوى العمل	D,E,F,H,I,Q	
(4) المراكز الطبية والإسعافات الأولية				
غرف الاستشارة وأماكن المعالجة	500	المكتب او السرير	D,E,P,Q	يجب توفر إنارة للفحص.
المخازن الطبية	100	راسيا على الرفوف	D,E,H,I,Q	
غرف الاستراحة	150	السرير	D,E,Q	
(5) الأماكن الخارجية (Outdoor)				

تتمة الجدول (4-1/1) المرافق المشتركة للمباني العامة (Public Buildings Common Areas)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
المداخل الخاضعة للمراقبة وبوابات الخروج	150	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,N,P,Q	يتغير مستوى العمل بحسب المتطلبات.
المخازن وساحات تجميع البضائع	30	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,N,P,Q	يجب أخذ الحواجز بعين الاعتبار
(6) مطاعم الموظفين (Staff Restaurants)				
غرف وقاعات الطعام	200	سطح الطاولة	D,E,F,H,I,J,Q	
اماكن الخدمة الذاتية	300	سطح المنضدة	D,E,F,H,I,J,Q	
(7) غرف الموظفين (Staff Rooms)				
غرف تبديل الملابس ودورات المياه	150	الأرضيات	D,E,F,H,I,J,Q	
غرف الاستراحة	150	ارتفاع الطاولة	D,E,F,H,I,J,Q	
(8) المخازن وغرف البضائع				
عام	150	المستوى الرأسي	C,H,I,K,L,Q	
(9) الاتصالات (Telecommunications)				
غرف البدالات ذات الوصلات الكهربائية	500	أفقيا على لوحة المفاتيح	C,D,F,H,I,J,L,Q	يجب تجنب الانعكاسات البراقة من لوحة التحكم. ويجب تقليل الانارية على الإشارات المارة من الداخل.
غرف البدالات غير السلكية	300	لوحة المفاتيح	C,D,F,H,I,K,L,Q	
غرف الأجهزة	150	المستوى الرأسي عند منسوب الأرضية	C,D,F,H,I	يجب تجنب الانعكاسات البراقة من الاجهزة

تتمة الجدول (4-1/1)

(د) مباني الرياضة الداخلية والألعاب الرياضية والاستمتاعية

(Indoor Sport, Games and Recreational Buildings)

تتمة الجدول (4-1/1) (د) مباني الرياضة الداخلية والألعاب الرياضية والاستمتاعية (Indoor Sport, Games and Recreational Buildings)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
(1) قاعات الرياضة متعددة الأغراض (Multi-Purpose Sports Halls)				
العاب ميدان، كرة السلة، كرة الطائرة، تنس الريشة، الجمباز، الجودو، والمبارزة بالسيف، البلياردو وغيرها.	300-700	الأرضية	C,D,E,F,H,I,K,L,M,P,Q	تتطلب بعض الألعاب إنارة جانبية موضعية (مثل الشبكة في لعبة تنس الريشة).
(2) تنس الريشة (Badminton)				
وطني و دولي	300	رأسيا بمواجهة الشبكة	C,D,E,F,H,I,Q	
نوادٍ	200	رأسيا بمواجهة الشبكة	C,D,E,F,H,I,Q	
استمتاعي	200	الساعة	C,D,E,F,H,I,Q	
(3) الملاكمة (Boxing)				
وطني و دولي	2000	أرضية الحلبة	K,L,M,P,Q	
نوادٍ	1000	أرضية الحلبة	K,L,M,P,Q	
استمتاعي	300	أرضية الحلبة	K,L,M,P,Q	
(4) قاعات الرياضة الداخلية (Gymnasia)				
عام	500	الأرضية	C,D,F,H,I,K,L,M,P,Q	يتطلب الأمر تراكيب إنارة مقاومة للصدم.
(5) هوكي الجليد والتزلج على الجليد (الحلبات الداخلية)				
وطني ودولي	750	الحلبة	C,D,F,H,I,K,L,M,P,Q	
نوادٍ	500	الحلبة	C,D,F,H,I,K,L,M,P,Q	

تتمة الجدول (4-1/1) (د) مباني الرياضة الداخلية والألعاب الرياضية والاستمتاعية (Indoor Sport, Games and Recreational Buildings)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
استمتاعي	300	الحلبة	C,D,F,H,I,K,L, M,P,Q	
(6) التنس الأرضي (الساحات الداخلية)				
وطني ودولي	750	الساحة	C,D,G,H,I,K,L, M,P,Q	ضرورة تحديد الإبهار من تراكيب الإنارة.
نوادٍ	500	الساحة	C,D,E,F,H,I,K,L ,M,P,Q	
استمتاعي	500	الساحة	C,D,F,H,I,K,L, M,P,Q	
(7) إصابة الهدف بالبندقية والمسدس (الرماية) (Rifle and Pistol Shooting)				
الهدف	1000	راسيا على الهدف	C,D,F,H,I,P,Q	
منطقة الرماية	300	الأرضية	C,D,F,H,I,P,Q	
المنطقة بين الهدف ومكان الرماية	150	الأرضية	C,D,F,H,I,P,Q	
(8) السباحة (Swimming)				
	وطني ودولي			تلزم تراكيب إنارة مضمونة وسهلة المنال من أجل الصيانة. يجب اختيار مواضع تراكيب الإنارة والشبابيك بحيث لا يحدث إبهار مزعج منها أو من الانعكاس من سطح الماء.
أحواض السباحة	500	سطح الماء	C,D,F,H,I,K,L, M,P,Q	
مكان المتفرجين	150	مستوى المقعد	C,D,F,H,I,K,L, M,P,Q	
	نوادٍ واستمتاع			
أحواض السباحة	300	سطح الماء	C,D,F,H,I,K,L, M,P,Q	
مكان المتفرجين	150	مستوى المقعد	C,D,F,H,I,K,L, M,P,Q	
أحواض تدريب السباحة	300	سطح الماء	C,D,F,H,I,K,L, M,P,Q	
(9) تنس الطاولة (Table Tennis)				
	وطني ودولي			

تتمة الجدول (4-1/1) (د) مباني الرياضة الداخلية والألعاب الرياضية والاستمتاعية (Indoor Sport, Games and Recreational Buildings)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
منطقة اللعب	500	سطح الطاولة	C,D,F,H,I,P,Q	
مكان المتفرجين	150	مستوى المقعد	C,D,F,H,I,K,L, M,P,Q	
نوادٍ				
منطقة اللعب	300	سطح الطاولة	C,D,F,H,I,P,Q	
استمتاع				
منطقة اللعب	150- 300	سطح الطاولة	C,D,F,H,I,P,Q	

(هـ) المباني الصناعية وعمليات التصنيع (Industrial Buildings and Processes)

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
(1) مصانع الطائرات و عنابر الصيانة (Aircraft Factories and Hangers)				
مكان إنتاج القطع المخزنة	750	المكائن	C,H,I,K,L,M,Q	يتطلب الأمر تراكيب إنارة منقولة. يجب اعتبار تراكيب الإنارة الغاطسة في الأرضية قد يتطلب الأمر استعمال تراكيب إنارة مضمونة.
التركيب والتفتيش	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,Q	
فحص مكائن الطائرة	750	الماكينة	C,H,I,K,L,M,Q	
التصنيع والتفتيش	500	الطائرة / أفقيا أو رأسيا	C,D,E,F,K,L,M	
(2) أماكن تجميع الاليات				
عمل عارض	200	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,Q	
عمل غير دقيق مثل تجميع الهياكل والمكائن الثقيلة	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,Q	

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
عمل متوسط مثل تجميع المكائن وأجسام المركبات	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,Q	
(3) المخابز (Bakeries)				
عام	300	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I,K,L,Q	
الأعمال اليدوية	500	مستوى العمل	A,D,E,F,Q	
(4) ورش تجليد الكتب (Book Binderies)				
الطي واللصق والتخريم والخياطة	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,Q	
القص والتجميع والكبس	750	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,Q	
(5) مصانع الأحذية (Boot and shoe Factories)				
التصنيف والتدريج	1500	مستوى العمل	A,D,E	
القطع والكبس	1500	مستوى العمل	A,D,E	
(6) مصانع تعبئة الحليب والمشروبات				
أماكن العمليات الصناعية	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,Q	قد يتطلب الأمر تراكيب إنارة مضمونة
التفتيش على الزجاجات	إنارة خاصة			
(7) مصانع التعليب والحفظ (Canning and Preserving Factories)				
التحضير	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,Q	يجب استعمال تراكيب إنارة مغلفة
العملية الآلية الصناعية	200	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,Q	
التفتيش				
مواد أولية	750	مستوى العمل	A,D,E	
مواد منتهية	إنارة خاصة			
(8) مصانع السجاد (Carpet Factories)				
اللف على روافد	300	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I	

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
التصميم وقطع الألواح المزركشة وغيرها من العمليات التحضيرية	500	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I,K,L	
الغزل والتصليح	750	مستوى العمل	A,D,E	
التفتيش				يتطلب الأمر إنارة موضعية.
عام	1000	سطح التفتيش	A,D,E	
الصباغة	750	السجادة	A,D,E	
(9) مصانع الشوكولاته والحلويات (Chocolate & Confectionery Factories)				
عام	300	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I,K,L	
عمليات آلية	200	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I,K,L	
ديكور يدوي وتفتيش	500	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I,K,L,Q	
(10) مصانع الملابس (Clothing Factories)				
التفصيل	750	مستوى العمل	A,B	
الخياطة	1000	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I	يجب توفير إنارة موضعية على المكائن.
الكبس	500	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I	
التفتيش	1500	مستوى العمل	A,D,E	
الخياطة اليدوية	1500	مستوى العمل	A,D,E,Q	
(11) مخازن التبريد (Cold Stores)				
عام				
تشغيل ثابت	300	الأرضية	C,H,I,K,L,M,P,Q	
تشغيل قليل	150	الأرضية	C,H,I,K,L,M,P,Q	
التجزئة والتجميع والنقل	300	الأرضية	C,H,I,K,L,M,P,Q	
(12) مشاغل صب المعادن (Die Sinking Shops)				
عام	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
عمل دقيق	1500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
(13) مشاغل صباغة (Dye Works)				

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
أماكن عامة	300	مستوى العمل	A,C,D,E,F,H,K,L	
الغمس	1000	سطح التفتيش	A,B,Q	يمكن استعمال إنارة موضعية.
المختبرات ومكاتب الصباغين	1000	المناضد	A,B	
الاختبار النهائي	1500	سطح التفتيش	A,B,Q	
(14) محطات توليد الكهرباء (Electrical Generating Stations)				
غرف التوربينات والغلايات				قد يتطلب الأمر إنارة موضعية اضافية على أجهزة القياس.
غرف الغلايات والمنصات	150	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,P,Q	
غرف التحكم				
الطاولات	300	على اللوحة	C,D,E,F,H,I,K,L	يجب تجنب الانعكاسات البراقة من زجاج الأجهزة واللوحات..
اللوحة الراسية	300	على اللوحة	C,D,E,F,H,I,K,L	
مؤخرة اللوحات	150	مستوى الأرضية.	C,D,E,F,H,I,K,L	
المحطات الفرعية وغرف الإبدال				
غرف مولدات الديزل	150	الأرضية	C,H,I,K,L,M,P,Q	إنارة موضعية على الأجهزة وأجهزة التحكم.
غرف الإبدال وتراكيب المبدلات	200	رأسي على تراكيب المبدلات.	C,H,I,K,L,M,P,Q	
(15) مشاغل النحت على المعادن والأخشاب (Engraving Shops)				
يدويا	1500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,Q	قد يتطلب الأمر مساعدات بصرية
آليا باستعمال ماكينات				
عام	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
دقيق	1500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
(16) المباني الزراعية (Farm Building)				
مشاغل المزارع				
عام	100	الأرضية	C,H,I,L,M,P,Q	قد يتطلب الأمر إنارة موضعية
المنضدة أو الماكينة	300	مستوى العمل	C,H,I,L,M,P,Q	
تفتيش الإنتاج	500	السطح المرئي	C,H,I,L,M,P,Q	
اماكن (الاستلام والتخزين)	100	الأرضية	C,H,I,L,M,P,Q	
حظائر الحيوانات المريضة والحاضنات	50	الأرضية	C,H,I,L,M,P,Q	
الساحات	20	الأرض	C,H,I,L,M,N,P,Q	
(17) محطات مكافحة الحرائق (Fire Stations)				
غرف الأجهزة	300	الأرض	C,H,I,K,L,M	
الساحات الخارجية	30	الأرض	C,H,I,K,L,M,P,Q	
(18) مطاحن الحبوب (Flour Mills)				
المدحلة، المصفاة والأكياس	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	قد يتطلب الأمر تراكيب إنارة مضمونة.
طاولات الترطيب	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
(19) سباكة المعادن (Foundries)				
الصب والحقن والقولبة وصناعة القوالب الأولية	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	من المحتمل أن يكون معامل الصيانة منخفضا.
القولبة الدقيقة عمل القوالب	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
(20) مصانع الأثاث				
مخازن المواد الأولية	100	الأرضية	C,H,I,K,L,M,Q	قد يتطلب الأمر تراكيب إنارة مضمونة.
مخازن البضائع المشطبة	150	الأرضية	C,H,I,K,L,M,Q	
مواءمة الخشب والتجميع				
النشر غير الدقيق والقطع	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,Q	
المكننة وتجميع الأجزاء	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,Q	
صناعة الخزائن				

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
تصنيف القشرة وتحضيرها	1000	مستوى العمل	A,D,E	
كبس القشرة	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
مخازن القطع	150	الأرضية	C,H,I,K,L,M	
التجهيز والتفتيش النهائي	750	مستوى العمل	C,D,E,H,I,K,L	
التنجيد (الدوشمة)				يتطلب الأمر تراكيب إنارة مضمونة.
تفتيش القماش	1500	مستوى العمل	A,D,E	
الحشو والتغطية	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
الانزلاق (Slipping)	750	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
القص والخياطة	750	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
صناعة الحشوة (Mattress Making)				
التجميع	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
وضع الشريط على الحافات	1000	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
غرف الأدوات				يتطلب الأمر تراكيب إنارة مضمونة
عام	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
المناضد	750	قمة المنضدة	C,H,I,K,L,M	
غرفة الرش والطلاء				قد يتطلب الأمر إنارة مضمونة.
انهاء (تشطيب) اللون	500	مستوى العمل	A,B,D,E	
الانهاء النقي	300	مستوى العمل	C,H,I,L	
(21) الكراجات (Garages)				
المدرج الخارجي (External Apron)				تجنب الإبهار للساكنين بالقرب من الكراجات. تكون تراكيب الإنارة المضمونة في حفر التصليح ضرورية وقد تلزم في أماكن أخرى.
عام	50	الأرض	C,H,I,K,L,M,P,Q	
أماكن الوقوف (الداخلية)	30	الأرض	C,H,I,K,L,M,P,Q	
التصليح بشكل عام، حفر التشحيم، والتلميع.	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,P,Q	

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
(22) معامل صناعة وتعبئة الغاز (Gas Stations)				
ممرات المشاة والمنصات	50	الممر	C,H,I,K,L,M,N,P,Q	
مصانع الغاز	100	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,P,Q	
اجهزة الضابط والقياس والمضخات.	150	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,P,Q	
(23) عمليات تصنيع الزجاج (Glass works and Processes)				
غرف الصهر والثني والتليين	150	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	يحتمل حدوث انعكاسات براقة من سطح الزجاج ويحتمل أن يكون معامل الصيانة منخفضا.
غرف الخلط والتشكيل (النفخ والسحب واللف والقطع والتسوية والتلميع والتصليب)	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
الانهاء (أعمال الزخرفة والحك والحفر والتفضيض).	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
القطع اللماع			يتطلب إنارة خصوصية	
التفتيش				
عام	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,Q	
دقيق			يتطلب إنارة خصوصية	
(24) مصانع الحياكة (Knitwear Factories)				
المكائن	500	الإبر	C,D,E,F,H,I	
مكائن الحياكة المستديرة	750	الإبر	C,D,E,F,H,I	يجب توفير إنارة موضعية اضافية على المكائن.
مكائن الدرز والإغلاق	100	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I	
الوصل والتوصيل	1000	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I	
التصليح	1500	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I	
الاختبار والانهاء اليدوي	1500	مستوى العمل	A,D,E	قد يتطلب انارة اضافية لأغراض التفتيش
(25) أعمال الحديد والصلب (Iron and Steel Works)				

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
الأدراج، البوابات الصغيرة، اماكن التسوية، أماكن التحميل.	150	الأرضية	C,H,I,K,L,M,P,Q	
غرف المكائن والأجهزة والمحركات	150	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,P,Q	
غرف الصهر والأفران والعمليات الصناعية	150	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,P,Q	قد يتطلب الأمر تراكيب إنارة مضمونة.
التصنيع النهائي والانهاء.	150	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M,P,Q	
التفتيش على الصفائح	150	سطح التفتيش	C,H,I,K,L,M,P,Q	قد يتطلب الأمر تراكيب إنارة مضمونة.
التفتيش على القصدرة	إنارة خصوصية بحسب الحالة			
(26) مصانع المجوهرات وورش الاعمال الدقيقة				
عام	500	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I,K,L,P,Q	
عمليات صناعية دقيقة	1000	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I,K,L,P,Q	يتطلب الأمر عادة وسائل بصرية.
عمليات صناعية على الاجزاء الصغيرة.	3000	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I,K,L,P,Q	
القطع والتلميع	1500	مستوى العمل	A,D,E,P,Q	
(27) المكاوي وأعمال التنظيف الجافّة (Laundries and Dry Cleaning Works)				
التسلم والتصنيف والغسيل والتجفيف والكي	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L	
الكي اليدوي والكبس والتفتيش والتصليح وإزالة البقع.	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,Q	
(28) مصانع الأعمال الجلدية				
عام	300	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I,K,L,M	
الكبس والتلميع	750	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I,K,L,M	
القطع والخياطة والترقيع	1000	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I,K,L,M	
التصنيف والمواءمة	1500	مستوى العمل	A,B	

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
(29) مصانع الورق				
صناعة الورق والورق المقوى				
عام	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	قد تلزم تراكيب إنارة مضمونة.
العمليات الصناعية الآلية	200	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
مطاحن لب الخشب والمصانع التحضيرية	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
التفتيش والتصنيف	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
عمليات تحويل الورق				
عام	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
الطباعة المرافقة للورق	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
(30) الأعمال الصيدلانية والكيميائية الدقيقة				
الصناعات الصيدلانية				
الخلط والتجفيف وعمل الأقراص والتعقيم والغسل وتحضير المحاليل وتعبئتها ووضع الملصقات والتعبئة.	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
التفتيش	750	مستوى العمل	A,D,E	
الصناعات الكيمائية الدقيقة				
عمليات التصنيع	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
الانهاء الكيميائي الدقيق	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
مخازن المواد	200	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
التفتيش	750	مستوى العمل	A,D,E	
(31) أعمال البلاستيك (Plastic Works)				
الصقل والحقن والضغط والنفخ للقولبة و تصنيع الصفائح و التشكيل و قطع الحافات والتلميع والتلصيق	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
(32) ورش الصفائح (Plating Shops)				
الأحواض والأحواض المائية	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	قد يتطلب الأمر تراكيب إنارة مضمونة. قد يتطلب الأمر إنارة موجهة.
الصقل والتلميع والجلي بالحك	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
الصقل والتلميع النهائي	750	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
(33) مصانع الفخار (Potteries)				
السحق، ضغط المرشح، غرفة الفرن، القولبة، التنظيف، التجفيف والتزجيج، والحرق	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
الطلاء والتلوين والزخرفة	750	مستوى العمل	A,D,E	
(34) أعمال الطباعة (Printing works)				
مسابك حروف الطباعة (Type Founders)				
اعمال التحضير، السبك اليدوي والآلي.	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
تجميع الحروف والتصنيف.	750	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
غرف صف الحروف (Composing Rooms)				
الصف اليدوي والإلزام والتوزيع	750	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	يجب الاهتمام باتجاهات الإنارة.
أجزاء الماكنة ولوحة المفاتيح	750	النسخة	C,H,I,K,L,M	
أجزاء الماكنة والسكب	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
طباعة استدلالية (Proof Presses)	500	لوحة الأساس (Bed plate)	A,B,C,D,E,F,H,I,K,L,M	اذا كانت مصداقية اللون مهمة تستعمل المصابيح (A, D, E)
القراءة التصحيحية	750	المكتب	A,B,C,D,E,F,H,I,K,L,M	
الطاولات المضاءة	300	سطح الطاولة	C,H,I,K,L,M	
غرفة مكائن الطباعة				
المكابس	500	الدحارج	C,H,I,K,L,M	

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
ما قبل التجهيز	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
التفتيش على الصفحات المطبوعة	1000	سطح التفتيش	A,B,D,E	
إعادة الإنتاج التخطيطي (Graphic Reproduction)				
عام	500	مستوى العمل	A,B,C,D,E,F,H,I,K,L,M	
فحص الدقة والتصحيح	1000	مستوى العمل	A,B,C,D,E,F,H,I,K,L,M	
الإنتاج الملون والتفتيش على الطباعة وتثبيت اللون.	1500	مستوى العمل	B	
(35) مصانع إنتاج المطاط (Rubber Processing Factories)				
إطار تحضير النسيج (Fabric Preparation Creels)				
الغمس والقولبة والتركيب والصقل	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
عمل الإطارات والأنابيب الداخلية (التهوية)	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
(36) مصانع الصابون (Soap Factories)				
الأماكن العامة	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
العمليات الآلية	200	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	يجب تجنب الانعكاسات البراقة من اللوحات.
لوحات التحكم	300	اللوحات	C,H,I,K,L,M	
المكائن	300	المكائن	C,H,I,K,L,M	
(37) مصانع الفولاذ الإنشائي وتصنيعه (Structural Steel Fabrication Plants)				
عام	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
الانهاء النهائي	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
(38) مصانع المنسوجات القطنية (Textile Mills Cotton or Linen)				
النفخ والغزل واللف على بكرات والمشط وعمل الخيوط	300	مستوى العمل (رأسيا)	C,D,E,F,H,I	يجب استعمال إنارة موضعية.

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
التصنيف والتقييس والصبغ والغزل لخيوط دقيقة	500	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I	
السحب		المستوى الرأسي		
النسيج				
القماش الأولي	750	مستوى العمل	AC,D,E,F,H,I	
أنماط الأقمشة الدقيقة	1000	مستوى العمل	AC,D,E,F,H,I	
التفتيش	1500	مستوى العمل	A	يفضل استعمال إنارة موضعية.
(39) مصانع المنسوجات الحريرية (صناعي أو طبيعي)				
النقع بالماء التلوين المؤقت، التكييف، عمل اللفة	300	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I	
اللف، اللي، الكبس، الخرط، الحشو الخياطة.	500	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I	
مكائن حياكة الفرشات المنبسطة	500	مستوى العمل	C,D,E,F,H,I	
السحب	1000	المستوى الرأسي	C,D,E,F,H,I	
التفتيش	1500	سطح التفتيش	A	يفضل استعمال إنارة موضعية.
(40) مصانع المنسوجات الصوفية				
النسج				
الأصواف الثقيلة	500	مستوى العمل	AC,D,E,F,H,I	
الغزلات المتوسطة	750	مستوى العمل	AC,D,E,F,H,I	
الغزلات الدقيقة	1000	مستوى العمل	AC,D,E,F,H,I	
إزالة الشوائب من النسيج	1000	سطح التفتيش	AC,D,E,F,H,I	

تتمة الجدول (4-1/1) (هـ) المباني الصناعية والعمليات الصناعية (Industrial Buildings and Processes)				
المكان والسطح المرئي	الاستنارة القياسية (لوكس)	موضع القياس	الرموز الدالة على المصابيح المناسبة	ملاحظات
التصليح	1500	سطح التفتيش	AC,D,E,F,H,I	قد يتطلب الأمر إنارة موضعية موجهة.
التفتيش الأولي	1000	سطح التفتيش	A,D,E	
الأعمال النهائية	3000	سطح التفتيش	A	
(41) مصانع التبغ (Tobaco Factories)				
العمليات الآلية	500	مستوى العمل	A,D,E	
عمليات يدوية	750	مستوى العمل	A,D,E	
(42) مشاغل اللحام الكهربائي واللحام بالقصدير (Welding and Soldering Shops)				
اللحام بالغاز أو القوس الكهربائي، اللحام الأولي.	300	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
لحام متوسط، لحام بالنحاس	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,M	
لحام دقيق، لحام بالنقطة	1000	مستوى العمل	C,H,I,K,L,Q	يمكن استعمال إنارة موضعية.
لحام دقيق جدا، لحام الأعمال الإلكترونية.	1500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,Q	قد يتطلب الأمر إنارة موضعية.
(43) مشاغل الأعمال الخشبية (Wood Working Shops)				
النشر الأولي والعمل على المنضدة	300	المناضد	C,H,I,K,L,MQ	قد تكون المكائن الدوارة غير المحمية مستعملة. يتطلب الأمر استعمال إنارة موضعية بمصابيح التنغستون لتجنب التأثيرات التذبذبية ، كما أن إنارة المستويات الرأسية على المنضدة مهمة.
التقييس، التخطيط المسح الأولي، عمل الي متوسط وعلى المناضد، اللصق والتجميع.	500	مستوى العمل	C,H,I,K,L,MQ	
عمل دقيق على المناضد وعمل آلي، التنعيم الدقيق والانهاء	750	مستوى العمل	C,H,I,K,L,MQ	

2-4 جداول مهمة:

في ما يلي ندرج بعض الجداول المهمة التي تستعمل في تصميم الانارة اذ يبين الجدول (4-1/2) القيمة العددية للرموز المعتمدة لحساب معامل الغرفة من المعادلة (4-1/4) في حين يبين الجدول (4-2/2) معامل الغرفة (RI) بالنسبة لأبعاد السقف والجدران ومستوى العمل اما الجدول (4-3/2) فيبين مقدار معامل الاستفادة (UF) لوحدات الاستنارة.

ان معامل الاستفادة للمصابيحِ والأجسام المنيرة الأخرى في الغُرَفِ المُغلقةِ يَعتمدُ على عدد مِنْ العواملِ الرئيسةَ وهي كالتّالي:

1. توزيع الانارة مِنْ المصباحِ (نشر، مباشر أَو نصف مباشر).
2. عوامل انعكاس السقفِ، جدرانِ والأرضيةِ.
3. الشكل الهندسي للغرفةِ المنارة.

إن الشكل الهندسي للغرفةِ والعلاقةِ بين العرضِ، الطولِ والارتفاع للغرفةَ لهما الدور الأكثر أهميةً في استعمال مصادرِ الضوء.

الجدول (4-2/1) القيم العددية للرموز المستعملة في معامل الغرفة.

معامل الغرفة رقماً	معامل الغرفة رمزاً
اقل من 0.7	J
0.7 – 0.9	I
0.9 – 1.12	H
1.12 – 1.38	G
1.38 – 1.75	F
1.75 – 2.25	E
2.25 – 2.75	D
2.75 – 3.5	C
3.5 – 4.5	B
اكثر من 4.5	A

الجدول (4-2/2) معامل الغرفة.

ارتفاع السقف (م)												
اضاءة غير مباشرة او شبه غير مباشرة	2.5 to 2.75	3.0 to 3.25	3.5 to 4.0	4.25 to 5.0	5.25 to 6.0	6.25 to 7.25	7.5 to 9.0	9.25 to 11	11.5 to 15.0		
منسوب التعليق فوق سطح التشغيل (م)											
اضاءة مباشرة او شبه مباشرة	2 to 2.25	2.4 to 2.55	2.7 to 2.85	3.0 to 3.25	3.5 to 4.0	4.25 to 5.0	5.25 to 6.0	6.25 to 7.25	7.5 to 9.0	9.25 to 11	11.5 to 15.0
عرض الغرفة (م)	طول الغرفة (م)	رمز معامل الغرفة									
2.5 to 2.75	2.4 to 3.0	H	I	J	J						
	3.0 to 4.2	H	I	I	J						
	4.2 to 6.0	G	H	I	J	J					
	6.0 to 9.0	G	G	H	I	J	J				
	9.0 to 12.6	F	G	H	I	J	J	J			
	اكثر من 12.6	E	F	G	H	I	J	J			
ارتفاع السقف (م)											
اضاءة غير مباشرة او شبه غير مباشرة	2.5 to 2.75	3.0 to 3.25	3.5 to 4.0	4.25 to 5.0	5.25 to 6.0	6.25 to 7.25	7.5 to 9.0	9.25 to 11	11.5 to 15.0		
منسوب التعليق فوق سطح التشغيل (م)											
اضاءة مباشرة او شبه مباشرة	2 to 2.25	2.4 to 2.55	2.7 to 2.85	3.0 to 3.25	3.5 to 4.0	4.25 to 5.0	5.25 to 6.0	6.25 to 7.25	7.5 to 9.0	9.25 to 11	11.5 to 15.0
عرض الغرفة (م)	طول الغرفة (م)	معامل الغرفة									
2.8 to 3.2	3.0 to 4.2	G	H	I	J	J					
	4.2 to 6.0	G	H	I	J	J	J				
	6.0 to 9.0	F	G	H	I	J	J				
	9.0 to 12.6	F	G	G	H	I	J	J			
	12.6 to 18.0	E	F	G	H	I	J	J			
	اكثر من 18.0	E	E	F	H	H	I	J			
3.3 to 3.75	3.0 to 4.2	G	H	I	I	J	J				
	4.2 to 6.0	F	G	H	I	J	J				
	6.0 to 9.0	F	G	G	H	I	J	J			
	9.0 to 12.6	E	F	G	H	I	J	J			
	12.6 to 18.0	E	F	F	G	H	I	J			
	اكثر من 18.0	E	E	F	G	H	I	J			
3.8 to 4.5	4.2 to 6.0	F	G	H	H	I	J	J			
	6.0 to 9.0	E	F	G	H	I	J	J			
	9.0 to 12.6	E	F	F	G	H	I	J	J		
	12.6 to 18.0	E	E	F	F	H	I	J	J		
	18.0 to 27.0	D	E	E	F	G	H	J	J		
	اكثر من 27.0	D	E	E	F	F	G	I	J	J	

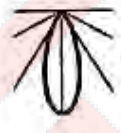
تتمة الجدول (4-2/2) معامل الغرفة.

عرض الغرفة (م)	طول الغرفة (م)	معامل الغرفة									
	ارتفاع السقف (م)										
	اضاءة غير مباشرة او شبه غير مباشرة	2.5 to 2.75	3.0 to 3.25	3.5 to 4.0	4.25 to 5.0	5.25 to 6.0	6.25 to 7.25	7.5 to 9.0	9.25 to 11	11.5 to 15.0	
	منسوب التعليق فوق سطح التشغيل (م)										
	اضاءة مباشرة او شبه مباشرة	2 to 2.25	2.4 to 2.55	2.7 to 2.85	3.0 to 3.25	3.5 to 4.0	4.25 to 5.0	5.25 to 6.0	6.25 to 7.25	7.5 to 9.0	9.25 to 11	11.5 to 15.0
عرض الغرفة (م)	طول الغرفة (م)	رمز معامل الغرفة										
4.8 to 5.5	4.2 to 6.0	E	F	G	H	I	J	J				
	6.0 to 9.0	E	F	F	G	H	I	J				
	9.0 to 12.6	D	E	F	G	H	H	J	J			
	12.6 to18.0	D	E	E	F	G	G	I	J	J		
	18.0-33.0	D	E	E	F	G	G	I	J	J		
	اكثر من 33.0	C	D	E	E	F	G	H	I	J		
5.6 to 6.5	6.0 to 9.0	D	E	F	G	H	I	J	J			
	9.0 to 12.6	D	E	F	G	H	I	J	J			
	12.6 to 18.0	D	D	E	E	F	G	I	J	J		
	18.0 to 27.0	C	D	E	E	F	G	H	J	J		
	27.0 to 42.0	C	D	D	E	F	F	H	I	I	J	
	اكثر من 42.0	C	D	D	E	F	F	H	H	I	J	
6.7 to 7.9	6.0 to 9.0	D	E	E	F	G	H	I	J	J		
	9.0 to 12.6	C	D	E	F	G	G	I	J	J		
	12.6 to 18.0	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J	
	18.0 to 27.0	C	D	D	E	F	F	H	I	J	J	
	27.0 to 42.0	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	
	اكثر من 42.0	C	C	D	E	E	F	G	H	I	I	J
	ارتفاع السقف (م)										
	اضاءة غير مباشرة او شبه غير مباشرة	2.5 to 2.75	3.0 to 3.25	3.5 to 4.0	4.25 to 5.0	5.25 to 6.0	6.25 to 7.25	7.5 to 9.0	9.25 to 11	11.5 to 15.0	
	منسوب التعليق فوق سطح التشغيل (م)										
	اضاءة مباشرة او شبه مباشرة	2 to 2.25	2.4 to 2.55	2.7 to 2.85	3.0 to 3.25	3.5 to 4.0	4.25 to 5.0	5.25 to 6.0	6.25 to 7.25	7.5 to 9.0	9.25 to 11	11.5 to 15.0
عرض الغرفة (م)	طول الغرفة (م)	رمز معامل الغرفة										
8.1 to 10.0	9.0 to 12.6	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J	
	12.6 to 18.0	C	C	D	D	F	F	H	H	I	J	
	18.0 to 27.0	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	J
	27.0 to 42.0	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	42.0 to 54.0	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	اكثر من 54.0	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J

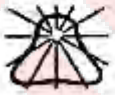
تتمة الجدول (4-2/2) معامل الغرفة.

معامل الغرفة											طول الغرفة (م)	عرض الغرفة (م)
	J	I	I	H	F	F	E	D	C	B	9.0 to 12.6	10.2 to 11.7
J	J	I	H	G	F	E	D	C	C	B	12.6 to 18.0	
J	J	H	H	F	E	E	C	C	C	A	18.0 to 27.0	
J	I	H	G	F	E	D	C	C	B	A	27.0 to 42.0	
I	H	G	F	F	E	D	C	C	B	A	42.0 to 60.0	
I	H	G	F	F	E	D	C	C	B	A	اكثر من 60.0	
J	I	I	H	G	F	E	C	C	B	A	12.6 to 18.0	12.0 to 13.7
J	I	H	G	F	E	D	C	B	B	A	18.0 to 27.0	
J	H	G	F	E	D	D	C	B	B	A	27.0 to 42.0	
I	H	G	F	E	D	D	C	B	A	A	42.0 to 60.0	
I	G	F	F	E	D	D	C	B	A	A	اكثر من 60.0	
ارتفاع السقف (م)												
		11.5 to 15.0	9.25 to 11	7.5 to 9.0	6.25 to 7.25	5.25 to 6.0	4.25 to 5.0	3.5 to 4.0	3.0 to 3.25	2.5 to 2.75	اضاءة غير مباشرة او شبه غير مباشرة	
منسوب التعليق فوق سطح التشغيل (م)												
11.5 to 15.0	9.25 to 11	7.5 to 9.0	6.25 to 7.25	5.25 to 6.0	4.25 to 5.0	3.5 to 4.0	3.0 to 3.25	2.7 to 2.85	2.4 to 2.55	2 to 2.25	اضاءة مباشرة او شبه مباشرة	
رمز معامل الغرفة											طول الغرفة (م)	عرض الغرفة (م)
J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	A	12.6 to 18.0	14.0 to 16.7
J	H	G	F	F	D	C	C	A	A	A	18.0 to 27.0	
I	G	F	F	E	D	C	C	A	A	A	27.0 to 42.0	
I	G	F	E	E	D	C	C	A	A	A	42.0 to 60.0	
H	G	F	E	E	D	C	C	A	A	A	اكثر من 60.0	
I	H	G	F	E	D	C	B	A	A	A	18.0 to 27.0	17.0 to 20.4
H	G	F	E	D	C	C	B	A	A	A	27.0 to 42.0	
H	F	E	E	D	C	C	B	A	A	A	42.0 to 60.0	
H	F	E	E	D	C	C	B	A	A	A	اكثر من 60.0	
I	G	F	E	D	C	B	A	A	A	A	18.0 to 27.0	20.7 to 27.4
H	F	F	E	D	C	B	A	A	A	A	27.0 to 42.0	
G	F	E	D	C	B	B	A	A	A	A	42.0 to 60.0	
G	F	E	D	C	B	B	A	A	A	A	اكثر من 60.0	

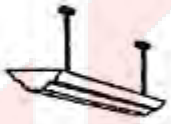
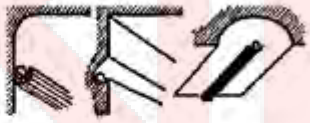
الجدول (4-3/2): معامل الاستفادة (UF) لوحدات الإنارة.

No	TYPE OF DISTRIBUTION AND EFFICIENCY CLASSIFICATION	TYPICAL EQUIPMENT REPRESENTATIVE OF EACH GROUP	Ceiling	75 %			50 %			30 %	
			Walls	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
			Room Index	COEFFICIENT OF UTILIZATION							
1			J	.40	.38	.36	.39	.38	.36	.39	.36
			I	.48	.46	.46	.47	.45	.45	.46	.43
			H	.51	.51	.50	.50	.50	.49	.50	.48
			G	.55	.54	.54	.54	.52	.52	.52	.51
			F	.58	.56	.55	.55	.55	.54	.55	.53
			E	.60	.59	.58	.59	.58	.57	.57	.56
			D	.64	.61	.60	.62	.60	.60	.60	.59
			C	.65	.63	.61	.63	.62	.60	.60	.60
			B	.65	.64	.63	.64	.62	.62	.62	.61
			A	.66	.65	.64	.64	.63	.62	.62	.62
2			J	.29	.27	.26	.28	.27	.26	.28	.26
			I	.34	.33	.32	.34	.32	.32	.32	.31
			H	.37	.36	.36	.36	.36	.35	.36	.34
			G	.39	.39	.38	.38	.38	.37	.38	.36
			F	.41	.40	.39	.40	.39	.38	.39	.38
			E	.43	.42	.42	.42	.42	.40	.41	.40
			D	.46	.44	.43	.44	.43	.42	.42	.42
			C	.46	.45	.44	.45	.44	.43	.43	.42
			B	.47	.46	.45	.46	.44	.44	.44	.44
			A	.47	.46	.46	.46	.45	.44	.44	.44
3			J	.17	.16	.16	.17	.16	.16	.17	.15
			I	.21	.20	.20	.20	.20	.19	.20	.19
			H	.22	.22	.21	.22	.21	.21	.21	.21
			G	.24	.23	.23	.23	.22	.22	.22	.22
			F	.25	.24	.24	.24	.23	.23	.23	.23
			E	.26	.25	.25	.25	.25	.24	.25	.24
			D	.27	.26	.26	.26	.26	.26	.26	.25
			C	.28	.27	.26	.27	.26	.26	.26	.26
			B	.28	.27	.27	.27	.27	.26	.26	.26
			A	.28	.28	.27	.28	.27	.27	.27	.26
4			J	.34	.29	.24	.34	.29	.24	.28	.24
			I	.42	.38	.34	.42	.37	.33	.37	.33
			H	.46	.43	.39	.45	.42	.39	.42	.39
			G	.50	.47	.43	.49	.46	.43	.45	.42
			F	.53	.50	.46	.52	.49	.46	.48	.45
			E	.58	.55	.51	.57	.54	.51	.53	.51
			D	.62	.59	.56	.61	.58	.56	.58	.56
			C	.64	.61	.58	.63	.60	.58	.60	.58
			B	.67	.65	.63	.66	.64	.62	.63	.61
			A	.69	.67	.65	.67	.66	.64	.65	.63
5			J	.32	.28	.25	.32	.28	.25	.27	.25
			I	.40	.36	.34	.39	.35	.33	.35	.33
			H	.43	.39	.37	.42	.39	.37	.39	.37
			G	.46	.43	.41	.45	.43	.41	.43	.41
			F	.48	.45	.43	.47	.45	.43	.45	.43
			E	.52	.50	.48	.51	.49	.47	.49	.47
			D	.56	.54	.52	.55	.53	.51	.53	.51
			C	.57	.55	.53	.56	.54	.52	.54	.52
			B	.60	.58	.56	.59	.57	.55	.57	.55
			A	.61	.59	.57	.60	.58	.57	.58	.56
6			J	.29	.24	.21	.28	.24	.21	.23	.21
			I	.36	.32	.29	.35	.31	.28	.30	.28
			H	.39	.36	.33	.38	.35	.33	.34	.32
			G	.43	.39	.36	.41	.38	.36	.37	.35
			F	.45	.42	.39	.43	.40	.38	.39	.38
			E	.49	.46	.44	.47	.45	.43	.43	.42
			D	.35	.50	.47	.51	.48	.46	.47	.46
			C	.54	.52	.49	.52	.50	.48	.48	.47
			B	.57	.55	.53	.55	.52	.51	.51	.50
			A	.59	.56	.54	.56	.54	.52	.52	.51
7			J	.26	.22	.19	.25	.22	.19	.21	.19
			I	.32	.29	.26	.31	.28	.26	.28	.26
			H	.35	.32	.30	.34	.32	.30	.31	.30
			G	.38	.35	.33	.37	.35	.32	.34	.32
			F	.40	.37	.35	.38	.36	.35	.36	.35
			E	.43	.41	.39	.42	.40	.38	.40	.38
			D	.46	.44	.42	.45	.43	.42	.43	.42
			C	.48	.46	.43	.46	.45	.43	.44	.43
			B	.50	.48	.46	.48	.47	.46	.46	.45
			A	.51	.49	.48	.50	.48	.47	.47	.46

تتمة الجدول (4-2/3)

No	TYPE OF DISTRIBUTION AND EFFICIENCY CLASSIFICATION	TYPICAL EQUIPMENT REPRESENTATIVE OF EACH GROUP	Ceiling	75 %			50 %			30 %	
			Walls	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
			Room Index	COEFFICIENT OF UTILIZATION							
8			J	19	16	14	18	16	14	16	14
			I	23	21	19	23	20	19	20	19
			H	25	23	22	25	23	22	23	22
			G	27	25	24	27	25	24	24	24
			F	29	27	25	28	26	25	26	25
			E	31	30	28	31	29	28	29	28
			D	34	32	30	33	32	30	31	30
			C	35	33	32	34	32	32	32	31
			B	36	35	34	35	34	33	34	33
			A	37	36	35	36	35	34	34	34
9			J	12	10	09	12	10	09	10	09
			I	14	13	12	14	13	12	13	12
			H	16	15	14	16	14	14	14	14
			G	17	16	15	17	16	15	15	15
			F	18	17	16	18	16	16	16	16
			E	20	19	18	19	18	18	18	18
			D	21	20	19	20	20	19	20	19
			C	22	21	20	21	20	20	20	20
			B	23	22	21	22	21	21	21	20
			A	23	22	22	22	22	21	22	21
10			J	29	24	22	27	23	21	22	20
			I	35	31	29	33	29	27	28	26
			H	39	35	33	36	33	31	31	29
			G	43	39	36	39	36	34	34	32
			F	46	42	38	42	39	36	37	34
			E	50	46	43	46	43	40	40	37
			D	54	49	46	49	46	43	43	41
			C	56	52	48	51	48	45	45	42
			B	60	56	52	54	50	48	47	45
			A	62	58	55	56	52	50	49	47
11			J	24	20	17	22	18	16	16	14
			I	30	25	23	27	23	20	21	19
			H	34	29	26	30	26	24	24	22
			G	37	33	30	33	29	27	27	25
			F	41	36	32	36	32	29	29	27
			E	45	41	37	40	36	33	32	30
			D	49	44	40	43	39	36	35	33
			C	52	47	43	45	41	38	37	35
			B	55	51	47	48	44	42	40	38
			A	57	53	50	50	46	44	41	40
12			J	16	12	09	12	09	07	06	05
			I	20	16	13	16	12	10	09	07
			H	24	19	16	18	14	12	11	08
			G	27	23	19	21	17	14	12	10
			F	30	25	21	23	19	16	14	12
			E	35	30	26	27	22	20	17	14
			D	38	33	29	29	25	22	19	17
			C	41	36	32	31	27	24	21	19
			B	46	41	37	34	31	29	23	21
			A	48	44	40	37	33	31	25	23
13			J	17	14	12	13	10	09	07	06
			I	22	18	16	16	13	12	09	08
			H	25	21	19	18	15	14	11	09
			G	29	25	21	21	18	16	12	11
			F	31	27	24	23	20	18	13	12
			E	35	31	28	26	22	20	15	14
			D	39	34	31	28	25	23	17	16
			C	41	37	34	30	27	25	18	17
			B	45	42	39	32	30	28	20	19
			A	47	44	41	34	32	30	22	20
14			J	15	12	10	10	08	07	04	04
			I	19	15	14	13	10	09	06	05
			H	22	18	16	14	12	10	08	06
			G	25	21	18	17	14	13	08	08
			F	27	24	21	19	16	14	09	08
			E	31	27	25	21	18	16	10	10
			D	34	30	28	22	20	19	12	11
			C	36	33	30	24	22	20	13	12
			B	40	37	34	26	25	23	14	14
			A	42	39	37	28	26	25	16	14

تتمة الجدول (4-2/3)

No	TYPE OF DISTRIBUTION AND EFFICIENCY CLASSIFICATION	TYPICAL EQUIPMENT REPRESENTATIVE OF EACH GROUP	Ceiling	75 %			50 %			30 %	
			Walls	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
			Room Index	COEFFICIENT OF UTILIZATION							
15			J	.13	.10	.09	.08	.07	.06	.04	.03
			I	.16	.13	.12	.11	.09	.08	.05	.05
			H	.19	.16	.14	.12	.10	.09	.06	.05
			G	.22	.19	.16	.15	.12	.11	.07	.06
			F	.24	.20	.18	.16	.14	.12	.08	.07
			E	.27	.24	.21	.18	.16	.14	.09	.08
			D	.30	.26	.24	.20	.18	.16	.10	.10
			C	.32	.29	.26	.21	.19	.18	.11	.10
			B	.35	.32	.30	.23	.21	.20	.12	.12
			A	.36	.34	.32	.25	.23	.21	.14	.12
16			J	.11	.09	.07	.07	.06	.05	.03	.03
			I	.14	.11	.10	.09	.08	.07	.04	.04
			H	.16	.13	.12	.10	.09	.08	.06	.04
			G	.18	.16	.13	.13	.10	.09	.06	0.6
			F	.02	.17	.15	.14	.12	.10	.07	.06
			E	.23	.20	.18	.15	.13	.12	.08	.07
			D	.25	.22	.20	.16	.15	.14	.09	.08
			C	.27	.24	.22	.18	.16	.15	.09	.09
			B	.29	.27	.25	.19	.18	.17	.10	.10
			A	.31	.29	.27	.21	.19	.18	.12	.10
17			J	.08	.06	.05	.05	.04	.04	.02	.02
			I	.10	.08	.07	.07	.06	.05	.03	.03
			H	.12	.10	.09	.08	.06	.06	.04	.03
			G	.13	.11	.10	.09	.08	.07	.04	.04
			F	.15	.13	.11	.10	.08	.08	.05	.04
			E	.17	.15	.13	.11	.10	.09	.06	.05
			D	.18	.16	.15	.12	.11	.10	.06	.06
			C	.19	.16	.16	.13	.12	.11	.07	.06
			B	.21	0.20	.18	.14	.13	.12	.08	.07
			A	.22	.21	.20	.15	.14	.13	.08	.08
18			J	.05	.04	.03	.03	.03	.02	.02	.01
			I	.06	.05	.04	.04	.04	.03	.02	.02
			H	.07	.06	.05	.05	.04	.04	.02	.02
			G	.08	.07	.06	.06	.05	.04	.03	.02
			F	.09	.08	.07	.06	.05	.05	.03	.03
			E	10	.09	.08	.07	.06	.06	.04	.03
			D	.11	.10	.09	.08	.07	.06	.04	.04
			C	.12	.11	.10	.08	.07	.07	.04	.04
			B	.13	.12	.12	.09	.08	.08	.05	.04
			A	.14	.13	.12	.10	.09	.08	.05	.05

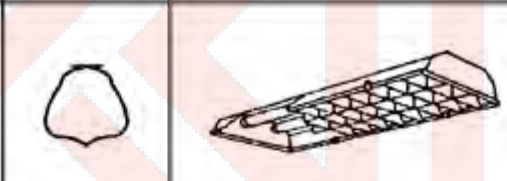
تتمة الجدول (4-2/3)

No	TYPE OF DISTRIBUTION AND EFFICIENCY CLASSIFICATION	TYPICAL EQUIPMENT REPRESENTATIVE OF EACH GROUP	Ceiling	75 %			50 %			30 %	
			Walls	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
			Room Index	COEFFICIENT OF UTILIZATION							
19			J	.37	.31	.27	.36	.31	.27	.31	.27
			I	.45	.41	.38	.45	.40	.37	.40	.37
			H	.49	.45	.42	.49	.45	.42	.45	.42
			G	.53	.49	.46	.53	.49	.46	.48	.46
			F	.56	.53	.49	.55	.52	.49	.51	.49
			E	.61	.58	.55	.60	.57	.55	.56	.55
			D	.66	.63	.60	.64	.62	.60	.61	.60
			C	.67	.65	.62	.66	.64	.62	.63	.61
			B	.71	.68	.66	.69	.67	.65	.66	.64
			A	.72	.70	.67	.71	.68	.67	.67	.66
20			J	.35	.31	.28	.34	.31	.28	.30	.28
			I	.43	.39	.37	.42	.39	.37	.39	.37
			H	.46	.44	.42	.46	.44	.42	.43	.42
			G	.50	.47	.45	.49	.47	.45	.46	.45
			F	.53	.50	.47	.51	.49	.47	.49	.47
			E	.56	.54	.51	.56	.54	.51	.53	.51
			D	.61	.58	.56	.59	.57	.56	.56	.56
			C	.62	.60	.57	.61	.58	.57	.58	.56
			B	.64	.62	.61	.63	.61	.60	.60	.59
			A	.65	.63	.61	.64	.62	.61	.61	.60
21			J	.43	.40	.39	.42	.40	.39	.40	.38
			I	.51	.50	.49	.50	.49	.48	.49	.46
			H	.55	.54	.53	.54	.53	.52	.53	.52
			G	.59	.58	.57	.58	.56	.55	.56	.55
			F	.61	.60	.58	.59	.58	.58	.58	.57
			E	.61	.63	.62	.63	.62	.61	.61	.60
			D	.68	.65	.64	.66	.65	.64	.64	.63
			C	.69	.67	.65	.67	.66	.61	.61	.61
			B	.70	.68	.67	.68	.67	.66	.66	.65
			A	.71	.70	.68	.69	.67	.67	.67	.66
22			J	.40	.36	.34	.39	.36	.34	.36	.33
			I	.48	.45	.43	.47	.44	.43	.44	.42
			H	.52	.50	.48	.51	.49	.47	.47	.47
			G	.55	.53	.52	.55	.52	.51	.52	.51
			F	.58	.56	.53	.56	.55	.53	.55	.53
			E	.62	.60	.58	.61	.59	.57	.58	.57
			D	.66	.63	.64	.64	.62	.61	.62	.61
			C	.67	.65	.62	.66	.64	.62	.63	.62
			B	.69	.67	.66	.67	.65	.64	.65	.64
			A	.70	.68	.67	.69	.67	.65	.66	.64
23			J	.40	.38	.36	.39	.38	.36	.38	.36
			I	.48	.46	.45	.47	.46	.45	.43	.43
			H	.52	.51	.50	.51	.50	.49	.50	.48
			G	.55	.54	.53	.54	.53	.52	.53	.51
			F	.37	.36	.55	.56	.55	.54	.55	.53
			E	.60	.59	.58	.59	.58	.57	.57	.56
			D	.61	.61	.60	.62	.60	.59	.60	.59
			C	.64	.63	.61	.63	.62	.60	.60	.60
			B	.65	.64	.63	.64	.63	.62	.62	.61
			A	.66	.63	.64	.64	.63	.62	.62	.62
24			J	.37	.34	.34	.36	.34	.31	.34	.31
			I	.45	.42	.41	.44	.41	.40	.41	.39
			H	.48	.46	.45	.49	.45	.44	.45	.44
			G	.52	.50	.48	.51	.49	.48	.49	.48
			F	.55	.52	.51	.50	.51	.50	.51	.50
			E	.57	.56	.54	.57	.55	.53	.55	.53
			D	.62	.59	.57	.60	.58	.57	.57	.57
			C	.63	.61	.58	.62	.59	.58	.59	.57
			B	.64	.62	.61	.63	.61	.60	.60	.59
			A	.66	.64	.62	.64	.62	.61	.62	.60
25			J	.27	.23	.20	.26	.23	.20	.22	.20
			I	.34	.30	.28	.33	.29	.27	.29	.27
			H	.37	.34	.31	.36	.33	.31	.32	.30
			G	.40	.37	.34	.39	.36	.34	.35	.33
			F	.42	.39	.37	.40	.38	.36	.37	.36
			E	.46	.43	.41	.45	.42	.40	.41	.40
			D	.49	.47	.44	.48	.46	.44	.44	.43
			C	.51	.49	.46	.49	.47	.46	.46	.44
			B	.53	.51	.49	.51	.49	.48	.48	.47
			A	.54	.53	.51	.53	.51	.49	.49	.48

تتمة الجدول (4-2/3)

No	TYPE OF DISTRIBUTION AND EFFICIENCY CLASSIFICATION	TYPICAL EQUIPMENT REPRESENTATIVE OF EACH GROUP	Ceiling	75 %			50 %			30 %	
			Walls	50%	30%	10%	50%	30	10	30%	10%
			Room Index	COEFFICIENT OF UTILIZATION							
26			J	.38	.36	.35	.38	.36	.35	.36	.35
			I	.46	.45	.44	.45	.44	.43	.44	.42
			H	.49	.49	.48	.49	.48	.47	.48	.47
			G	.53	.52	.51	.52	.51	.50	.51	.49
			F	.55	.54	.53	.53	.53	.52	.53	.51
			E	.57	.57	.56	.57	.56	.55	.55	.54
			D	.61	.59	.58	.59	.59	.57	.57	.56
			C	.62	.61	.59	.60	.59	.58	.58	.57
			B	.63	.62	.61	.61	.60	.59	.59	.58
			A	.64	.63	.62	.62	.61	.60	.60	.59
27			J	.31	.26	.23	.30	.26	.23	.26	.23
			I	.38	.34	.31	.37	.33	.31	.33	.31
			H	.41	.38	.34	.41	.38	.34	.37	.34
			G	.45	.41	.39	.44	.41	.39	.40	.39
			F	.47	.44	.41	.46	.43	.41	.43	.41
			E	.51	.48	.46	.50	.48	.46	.47	.46
			D	.55	.52	.50	.54	.52	.50	.51	.50
			C	.56	.54	.52	.55	.53	.52	.52	.51
			B	.59	.57	.55	.58	.56	.54	.55	.54
			A	.60	.58	.58	.59	.57	.56	.56	.55
28			J	.25	.22	.20	.24	.22	.20	.22	.20
			I	.31	.28	.26	.29	.28	.26	.28	.26
			H	.34	.31	.29	.32	.31	.29	.30	.28
			G	.36	.33	.32	.34	.33	.31	.32	.30
			F	.38	.35	.34	.36	.34	.33	.34	.32
			E	.40	.39	.38	.39	.37	.36	.37	.35
			D	.43	.41	.40	.42	.40	.39	.39	.38
			C	.45	.43	.42	.44	.41	.40	.40	.40
			B	.48	.45	.44	.47	.43	.42	.42	.41
			A	.50	.47	.46	.48	.46	.45	.45	.44
29			J	.52	.49	.47	.51	.49	.47	.48	.47
			I	.55	.53	.51	.54	.52	.51	.51	.50
			H	.57	.55	.53	.56	.54	.53	.53	.53
			G	.58	.57	.55	.57	.56	.55	.55	.54
			F	.59	.58	.57	.58	.57	.56	.56	.56
			E	.61	.60	.59	.60	.59	.58	.58	.57
			D	.63	.62	.61	.61	.61	.60	.60	.59
			C	.64	.64	.63	.63	.63	.62	.62	.61
			B	.65	.65	.64	.64	.64	.63	.63	.62
			A	.66	.66	.65	.65	.65	.64	.64	.63
30			J	.38	.32	.28	.37	.32	.28	.31	.28
			I	.47	.42	.39	.46	.41	.38	.40	.37
			H	.51	.47	.44	.50	.47	.43	.46	.43
			G	.55	.51	.48	.54	.51	.47	.50	.47
			F	.58	.54	.51	.57	.53	.51	.52	.50
			E	.63	.60	.57	.62	.59	.56	.58	.53
			D	.68	.64	.61	.66	.64	.61	.63	.60
			C	.70	.67	.63	.68	.65	.64	.64	.62
			B	.73	.70	.68	.71	.68	.67	.67	.66
			A	.74	.72	.70	.72	.70	.68	.69	.67
31			J	.34	.29	.25	.33	.29	.25	.28	.25
			I	.42	.38	.35	.41	.37	.34	.37	.34
			H	.46	.42	.39	.44	.42	.39	.41	.39
			G	.50	.46	.43	.48	.45	.41	.44	.41
			F	.53	.49	.46	.51	.47	.44	.47	.44
			E	.57	.54	.51	.56	.52	.50	.52	.50
			D	.61	.58	.55	.59	.56	.54	.56	.54
			C	.63	.60	.57	.61	.58	.56	.58	.56
			B	.66	.64	.61	.64	.60	.59	.60	.59
			A	.67	.65	.62	.66	.62	.61	.62	.60
32			J	.33	.28	.25	.33	.28	.25	.28	.25
			I	.41	.37	.34	.40	.36	.33	.36	.33
			H	.45	.41	.38	.44	.41	.38	.40	.38
			G	.48	.45	.42	.48	.45	.42	.43	.42
			F	.51	.48	.45	.50	.47	.45	.46	.45
			E	.56	.53	.50	.55	.52	.50	.51	.50
			D	.60	.57	.54	.58	.56	.54	.55	.54
			C	.61	.59	.56	.60	.57	.56	.57	.55
			B	.64	.62	.60	.62	.60	.59	.60	.58
			A	.63	.63	.61	.64	.62	.60	.61	.60

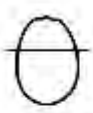
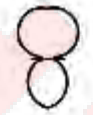
تتمة الجدول (4-2/3)

No	TYPE OF DISTRIBUTION AND EFFICIENCY CLASSIFICATION	TYPICAL EQUIPMENT REPRESENTATIVE OF EACH GROUP	Ceiling	75 %			50 %			30 %	
			Walls	50%	30%	10%	50%	3ø	1ø	30%	10%
			Room Index	COEFFICIENT OF UTILIZATION							
33			J	.29	.26	.23	.28	.26	.23	.25	.23
			I	.35	.32	.31	.35	.32	.30	.32	.30
			H	.38	.36	.34	.38	.36	.34	.35	.34
			G	.41	.39	.37	.41	.39	.37	.38	.37
			F	.44	.41	.39	.42	.41	.39	.40	.39
			E	.46	.45	.42	.46	.44	.42	.44	.42
			D	.50	.48	.46	.49	.47	.46	.46	.46
			C	.51	.49	.47	.50	.48	.47	.48	.46
			B	.53	.51	.50	.52	.50	.49	.49	.49
			A	.54	.52	.50	.53	.51	.50	.50	.49
34			J	.38	.32	.28	.37	.32	.28	.31	.28
			I	.47	.42	.39	.46	.41	.38	.41	.38
			H	.51	.47	.43	.50	.47	.43	.46	.43
			G	.55	.51	.47	.54	.51	.47	.49	.47
			F	.58	.54	.51	.56	.53	.51	.52	.51
			E	.63	.59	.56	.62	.59	.56	.58	.56
			D	.67	.64	.61	.66	.63	.61	.63	.61
			C	.69	.67	.64	.67	.65	.63	.64	.63
			B	.72	.70	.67	.71	.68	.67	.67	.66
			A	.74	.71	.69	.72	.70	.68	.69	.67
35			J	.33	.28	.26	.32	.28	.26	.28	.26
			I	.39	.36	.34	.39	.35	.34	.35	.34
			H	.43	.40	.38	.42	.40	.38	.39	.38
			G	.46	.43	.41	.45	.43	.41	.42	.41
			F	.48	.46	.43	.47	.45	.43	.45	.43
			E	.52	.50	.47	.51	.49	.47	.48	.47
			D	.55	.53	.51	.54	.52	.51	.52	.51
			C	.57	.55	.52	.56	.53	.52	.53	.52
			B	.59	.57	.56	.57	.56	.55	.55	.54
			A	.60	.58	.56	.59	.57	.56	.56	.55
36			J	.27	.24	.23	.27	.24	.23	.24	.23
			I	.33	.32	.28	.33	.30	.28	.30	.28
			H	.36	.34	.32	.36	.34	.32	.34	.32
			G	.39	.36	.35	.38	.36	.35	.36	.34
			F	.41	.39	.37	.40	.38	.37	.38	.37
			E	.44	.42	.40	.43	.42	.40	.42	.40
			D	.47	.45	.43	.46	.44	.43	.43	.42
			C	.48	.46	.45	.47	.45	.45	.44	.43
			B	.50	.48	.47	.49	.47	.46	.46	.45
			A	.51	.49	.48	.50	.48	.47	.47	.46
37			J	.26	.23	.21	.26	.23	.21	.23	.21
			I	.32	.29	.24	.31	.28	.27	.28	.27
			H	.35	.32	.31	.34	.32	.31	.32	.30
			G	.37	.35	.33	.37	.35	.33	.34	.33
			F	.39	.37	.35	.38	.37	.35	.37	.33
			E	.42	.40	.38	.41	.40	.38	.40	.38
			D	.45	.43	.41	.44	.42	.41	.41	.40
			C	.46	.45	.42	.45	.43	.42	.42	.41
			B	.48	.46	.45	.47	.45	.44	.44	.43
			A	.49	.47	.46	.48	.46	.45	.45	.44
38			J	.33	.31	.30	.33	.34	.30	.30	.29
			I	.40	.38	.38	.39	.38	.37	.38	.36
			H	.43	.42	.41	.42	.41	.41	.41	.40
			G	.46	.45	.44	.46	.44	.43	.44	.43
			F	.49	.47	.46	.47	.46	.45	.46	.45
			E	.51	.50	.49	.50	.49	.48	.49	.47
			D	.55	.52	.51	.53	.52	.50	.51	.50
			C	.55	.54	.52	.54	.53	.52	.52	.51
			B	.56	.55	.54	.55	.53	.53	.53	.52
			A	.57	.56	.55	.56	.55	.53	.54	.53
39			J	.29	.27	.26	.29	.27	.26	.27	.26
			I	.35	.34	.33	.35	.33	.33	.33	.31
			H	.38	.37	.36	.37	.36	.36	.36	.35
			G	.40	.39	.39	.40	.39	.38	.38	.38
			F	.43	.42	.40	.41	.40	.39	.40	.39
			E	.45	.44	.43	.44	.43	.42	.43	.42
			D	.48	.46	.45	.46	.45	.44	.45	.44
			C	.48	.47	.45	.47	.46	.45	.45	.45
			B	.50	.48	.47	.48	.47	.46	.46	.46
			A	.50	.49	.48	.49	.48	.47	.48	.46

تتمة الجدول (4-2/3)

No.	TYPE OF DISTRIBUTION AND EFFICIENCY CLASSIFICATION	TYPICAL EQUIPMENT REPRESENTATIVE OF EACH GROUP	Ceiling	75 %			50 %			30 %	
			Walls	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
			Room Index	COEFFICIENT OF UTILIZATION							
40	Metal Plastic	Metal Plastic	J	23	20	19	25	20	19		
			I	27	24	22	29	25	23		
			H	30	27	25	32	28	26		
			G	32	29	28	35	32	30		
			F	34	31	30	38	34	32		
			E	36	33	32	41	38	36		
			D	38	35	34	43	40	39		
			C	39	37	36	45	42	41		
			B	41	39	38	47	44	43		
			A	42	40	39	46	46	45		
41			J	29	26	23	28	26	23	25	23
			I	35	32	34	35	32	30	32	30
			H	38	36	34	38	36	34	35	34
			G	41	39	37	41	39	37	38	37
			F	44	44	39	42	41	39	40	39
			E	46	45	42	46	44	42	44	42
			D	50	48	46	49	47	46	46	46
			C	51	49	47	50	48	47	48	46
			B	53	51	50	52	50	49	49	49
			A	54	52	50	53	51	50	50	49
42			J	29	26	23	27	25	23	25	22
			I	35	32	34	33	31	30	30	28
			H	38	36	35	36	34	33	33	31
			G	41	39	38	39	37	35	35	34
			F	44	42	40	41	39	37	37	36
			E	47	45	43	44	42	41	39	38
			D	51	48	46	47	45	43	42	41
			C	52	50	47	48	46	45	43	42
			B	54	52	50	50	48	47	44	43
			A	55	53	51	51	49	48	46	44
43			J	21	17	14	20	16	14	16	14
			I	26	22	20	25	21	19	21	19
			H	29	25	23	26	25	22	24	22
			G	32	28	25	30	27	25	26	24
			F	34	30	27	33	30	27	29	27
			E	38	34	34	36	33	31	32	30
			D	41	37	34	39	36	34	35	33
			C	42	39	36	41	38	36	37	35
			B	45	42	39	42	40	39	39	38
			A	47	44	41	45	42	40	41	39
44			J	24	20	19	23	20	17	19	17
			I	30	26	23	29	25	23	25	23
			H	33	29	27	32	29	26	28	26
			G	36	32	30	34	32	29	30	29
			F	39	35	32	37	34	31	33	31
			E	42	39	35	41	38	33	36	34
			D	45	42	39	44	41	35	40	38
			C	47	44	41	45	42	40	41	39
			B	50	47	44	46	45	43	44	42
			A	52	49	46	50	47	45	45	44
45			J	23	19	17	23	18	16	17	16
			I	29	25	22	28	24	21	23	21
			H	32	28	23	31	28	25	26	24
			G	36	32	29	34	30	27	29	26
			F	40	35	34	37	33	30	31	29
			E	43	39	35	41	37	34	35	32
			D	47	42	39	44	40	37	38	36
			C	49	45	41	46	42	39	40	38
			B	52	48	45	49	45	43	43	41
			A	54	51	47	51	47	45	44	43
46			J	29	24	22	29	23	20	22	20
			I	37	32	28	36	30	27	29	27
			H	41	35	32	39	34	32	33	30
			G	46	41	37	43	38	34	37	33
			F	51	44	39	47	42	39	39	37
			E	55	49	44	52	47	43	44	41
			D	60	53	49	56	51	47	48	46
			C	62	57	52	56	53	50	51	48
			B	66	61	57	62	57	54	54	52
			A	68	64	60	65	60	57	56	55

تتمة الجدول (4-2/3)

No	TYPE OF DISTRIBUTION AND EFFICIENCY CLASSIFICATION	TYPICAL EQUIPMENT REPRESENTATIVE OF EACH GROUP	Ceiling	75 %			50 %			30 %	
			Walls	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
			Room Index	COEFFICIENT OF UTILIZATION							
47			J	.24	.20	.16	.22	.18	.16	.17	.15
			I	.30	.25	.23	.27	.23	.21	.22	.19
			H	.33	.29	.26	.31	.27	.24	.26	.22
			G	.37	.33	.30	.34	.30	.27	.27	.25
			F	.44	.36	.32	.36	.33	.31	.31	.27
			E	.45	.41	.37	.44	.37	.33	.33	.30
			D	.49	.44	.40	.44	.40	.37	.36	.33
			C	.51	.47	.43	.46	.42	.39	.38	.35
			B	.55	.51	.47	.49	.43	.43	.40	.38
			A	.57	.53	.50	.51	.47	.45	.42	.40
48			J	.26	.22	.18	.25	.20	.17	.19	.15
			I	.32	.28	.24	.30	.26	.23	.25	.22
			H	.35	.31	.29	.33	.30	.28	.29	.27
			G	.38	.34	.31	.36	.33	.30	.31	.29
			F	.42	.37	.34	.38	.35	.34	.33	.32
			E	.45	.42	.40	.43	.39	.37	.37	.35
			D	.49	.46	.43	.46	.43	.40	.40	.39
			C	.51	.48	.45	.47	.45	.43	.43	.41
			B	.54	.51	.48	.50	.48	.46	.45	.44
			A	.55	.53	.50	.52	.49	.48	.46	.45
49			J	.28	.25	.23	.23	.21	.19	.18	.16
			I	.34	.31	.29	.28	.26	.25	.22	.21
			H	.37	.34	.33	.31	.29	.28	.25	.24
			G	.41	.38	.36	.34	.32	.30	.27	.26
			F	.43	.41	.38	.35	.33	.32	.29	.27
			E	.46	.44	.42	.38	.37	.35	.31	.30
			D	.50	.47	.45	.41	.39	.37	.33	.32
			C	.52	.49	.46	.42	.40	.39	.34	.33
			B	.54	.51	.50	.44	.42	.41	.36	.35
			A	.56	.53	.51	.46	.43	.42	.37	.36
50			J	.26	.23	.20	.23	.21	.19	.19	.17
			I	.31	.28	.27	.28	.26	.24	.23	.20
			H	.35	.32	.30	.31	.28	.27	.26	.24
			G	.38	.35	.33	.34	.31	.30	.28	.27
			F	.41	.38	.35	.36	.34	.32	.30	.28
			E	.44	.42	.39	.39	.37	.35	.32	.31
			D	.48	.45	.42	.42	.39	.38	.34	.33
			C	.50	.48	.44	.43	.41	.39	.35	.34
			B	.53	.50	.48	.46	.43	.42	.37	.36
			A	.54	.52	.50	.47	.45	.43	.39	.37
51			J	.28	.23	.21	.23	.20	.18	.17	.16
			I	.33	.30	.28	.28	.25	.23	.22	.20
			H	.36	.33	.31	.30	.28	.26	.24	.23
			G	.39	.36	.34	.33	.30	.29	.26	.25
			F	.42	.39	.36	.35	.32	.31	.28	.26
			E	.45	.42	.40	.38	.36	.34	.30	.29
			D	.48	.45	.43	.40	.38	.36	.32	.31
			C	.50	.47	.44	.42	.39	.38	.33	.32
			B	.53	.50	.48	.43	.41	.40	.35	.34
			A	.54	.52	.49	.45	.43	.41	.36	.35
52			J	.27	.24	.22	.24	.22	.21	.21	.19
			I	.33	.30	.29	.29	.27	.29	.25	.23
			H	.36	.34	.32	.32	.30	.26	.28	.26
			G	.39	.37	.35	.36	.33	.32	.30	.28
			F	.43	.40	.37	.38	.35	.34	.31	.30
			E	.46	.43	.41	.41	.38	.37	.34	.32
			D	.50	.46	.44	.43	.41	.39	.36	.35
			C	.52	.49	.46	.45	.43	.41	.37	.36
			B	.55	.52	.50	.47	.45	.44	.38	.37
			A	.56	.54	.52	.49	.47	.45	.40	.38
53			J	.18	.14	.13	.14	.12	.10	.09	.08
			I	.22	.19	.17	.18	.15	.14	.12	.11
			H	.25	.22	.20	.20	.18	.16	.14	.13
			G	.28	.25	.22	.22	.20	.18	.16	.15
			F	.30	.27	.24	.24	.22	.20	.17	.16
			E	.34	.30	.28	.27	.24	.22	.19	.18
			D	.37	.33	.31	.29	.26	.25	.21	.20
			C	.39	.36	.33	.30	.28	.26	.22	.21
			B	.42	.39	.37	.32	.30	.28	.24	.23
			A	.44	.41	.39	.34	.32	.30	.25	.24

المراجع

[1] كودات البناء الوطني الأردني– المجلد الثالث والعشرون– الجزء الثاني– كودة الإنارة الداخلية.

[2] الدليل الإرشادي لتطبيق الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية في المباني" *المجلد الأول: أعمال التصميم* ".

[3] المواصفة القياسية السعودية "*كود الاضاءة لاماكن العمل الداخلية* ".

[4] CIE S 008/E-2001standard, "*Lighting of Indoor Work Places*", ISO 8995:2002(E).

[5] IES Lighting Handbook, Application Volume, Illuminating Engineering Society of North America, 1981.

[6] CIE Guide to Interior Lighting Commission International, L'Eclairage, 1975.

[7] IES Technical Report No.10, Evaluation of Discomfort Glare, The Illumination Engineering Society, London, 1972.

[8] IES Technical Report No.4, Daytime Lighting in Buildings, The Illuminating Engineering Society, London, 1972.

[9] CIBSE – TM 10, Technical Memoranda, The Calculation of Glare Indices, 1985, The Chartered Institution of Building Services Engineers, London.

[10] IES Technical Report No.9, Depreciation and Maintenance of Interior Lighting, The Illuminating Engineering Society, London, 1967.

[11] IES Technical Report No.11, The Calculation of Direct Illumination from Linear Sources, The Illuminating Engineering Society, London, 1968.

[12] IES Technical Report No.2, The Calculation of Utilization Factors – The BZ Method, The Illuminating Engineering Society, London, 1961.

الباب الخامس

طرائق حساب وتصميم الإنارة الداخلية

(Design and Calculation Methods for Interior Lighting)

5-1 طرائق حساب الإنارة:

تحسب الإنارة الداخلية بالمباني على أحد النظامين الآتيين:

(أ) إنارة عامة لكل المكان أو (أفقية).

(ب) إنارة عامة بالمكان بالإضافة إلى إنارة مركزة (نقطية) على أماكن العمل.

والنظام الأول هو المستعمل عموماً إذا كان مستوى الإنارة المطلوب مناسباً أي غير مرتفع جداً، حيث أن إنارة المكان كله بهذا المستوى ستكون باهظة التكاليف، وفي هذه الحالة يستعمل النظام الثاني حيث ينار المكان عند مستو معين (محدد) وتنار أماكن العمل بإنارة مركزة عند مستوٍ مرتفع مناسب للعمل الذي يؤدى في هذه الأماكن.

ويختار مستوى الإنارة (الاستنارة) في أي من النظامين بحسب الجدول (5-1/1).

الجدول (5-1/1) مستوى الإنارة للإنارة العامة والمركزة

مستوى الإنارة	إنارة عامة فقط لوكس (Lux)	إنارة عامة + إنارة مركزة	
		مركزة	عامة
ضعيف جدا	30	----	----
ضعيف	60	----	----
متوسط	120	250	20
عالٍ	250	500	40
عالٍ جدا	600	1000	80
فائق	----	4000	300

5-2 الاستنارة المتوسطة على مستوٍ أفقي:

(Average Illuminance on Horizontal Plane)

تعتمد الاستنارة العملية (Service Illuminance) التي يزود بها مستوٍ أفقي يقع في مكان داخلي ما بواسطة صفوف من تراكيب الإنارة مركبة فوق ذلك المستوى على كل مما يلي:-

- عدد المصابيح.
- الدفق المنير لتلك المصابيح.

- خصائص تراكيب الإنارة.
- أبعاد المكان الذي يقع فيه المستوى الأفقي.
- انعكاسيات سطوح ذلك المكان.
- مستوى الصيانة.

5-2/1 تصميم الإنارة الداخلية باستعمال طريقة اللومن:

تعتبر طريقة اللومن من أكثر الطرائق شيوعاً في حساب الاستنارة الناتجة عن عدد من المصابيح في حيز ما، والغرض منها إيجاد ترتيب ما لتراكيب الإنارة يعطي استنارة عملية محددة على مستوى العمل الأفقي بحيث تكون تلك التراكيب مركبة فوق مستوى العمل بترتيب منتظم.

5-2/1/1 العوامل المؤثرة في تصميم الإنارة الداخلية:

يجب عند التخطيط لتصميم تركيبات الإنارة الداخلية مراعاة العوامل التالية:

1. مستوى الاستنارة المطلوبة بحسب نوعية استعمال المكان.
2. أنظمة الإنارة المستعملة بحسب نوعية استعمال المكان.
3. طبيعة الموقع وألوان الجدران والسقوف ومساحة ونسب أبعاد السطح المراد انارته ومواد الانهاء.
4. اختيار أنواع المصابيح ومستوى تثبيت تراكيب الإنارة.
5. توزيع تراكيب الإنارة.
6. مستويات الإبهار.
7. مستويات تمييز ألوان الأجسام داخل المكان.

5-2/1/2 مستوى الاستنارة:

يعتمد مستوى الاستنارة المطلوب لأي هدف مرئي على العوامل التالية:

1. نوع العمل.
2. فترة العمل.
3. جودة الإنتاج المطلوب.
4. متوسط عمر مجموعة العمل أو الأشخاص الذين يتم تصميم مستوى الاستنارة لهم.
5. مستوى الاستنارة المطلوب في الفراغات.

5-2/1/3 خطوات تصميم الإنارة الداخلية:

(أ) مع مراعاة طبيعة استعمال المكان، يتم تحديد ما يلي:

1. مستوى الاستنارة المطلوب بالاستعانة بالجدول (4-1/1).
2. أنظمة توزيع الإنارة التي سيتم استعمالها.
3. نوع أو أنواع المصابيح وتراكيب الإنارة التي سيتم استعمالها.

(ب) يتم تحديد معامل الغرفة (RI) طبقاً لأبعاد المكان: الطول (L) والعرض (W) ومنسوب تعليق تركيب الإنارة وكذلك طبقا للأنظمة المستعملة في توزيع الإنارة وذلك من الجدول (4-2/2).

(ج) يتم تحديد معامل الاستفادة (UF) لتركيب الإنارة طبقاً لنوعية التركيب ومعامل الغرفة ومعامل انعكاس الضوء على السقف والجدران، وذلك من الجدول (4-3/2).

(د) يتم تحديد معامل الصيانة (MF) لتركيب الإنارة طبقاً لطبيعة الموقع. وتتراوح قيمة معامل الصيانة من (0.76 إلى 1) في حالة الصيانة الدورية المنتظمة، في حين تبلغ قيمته من (0.66 إلى 0.75) في حالة الصيانة غير المنتظمة لتراكيب الإنارة.

(هـ) بعد تحديد قيمة الاستنارة ونوعية المصابيح وتراكيب الإنارة يتم حساب عدد تراكيب الإنارة (N) المطلوبة من المعادلة التالية:-

$$N = \frac{E_{(h)} \times A}{\Phi \times UF \times MF} \quad (5-1/2)$$

حيث:-

N = عدد تراكيب الإنارة.

$E_{(h)}$ = الاستنارة المتوسطة على المستوى الأفقي (لوكس).

A = مساحة أرضية المكان بالمتر المربع.

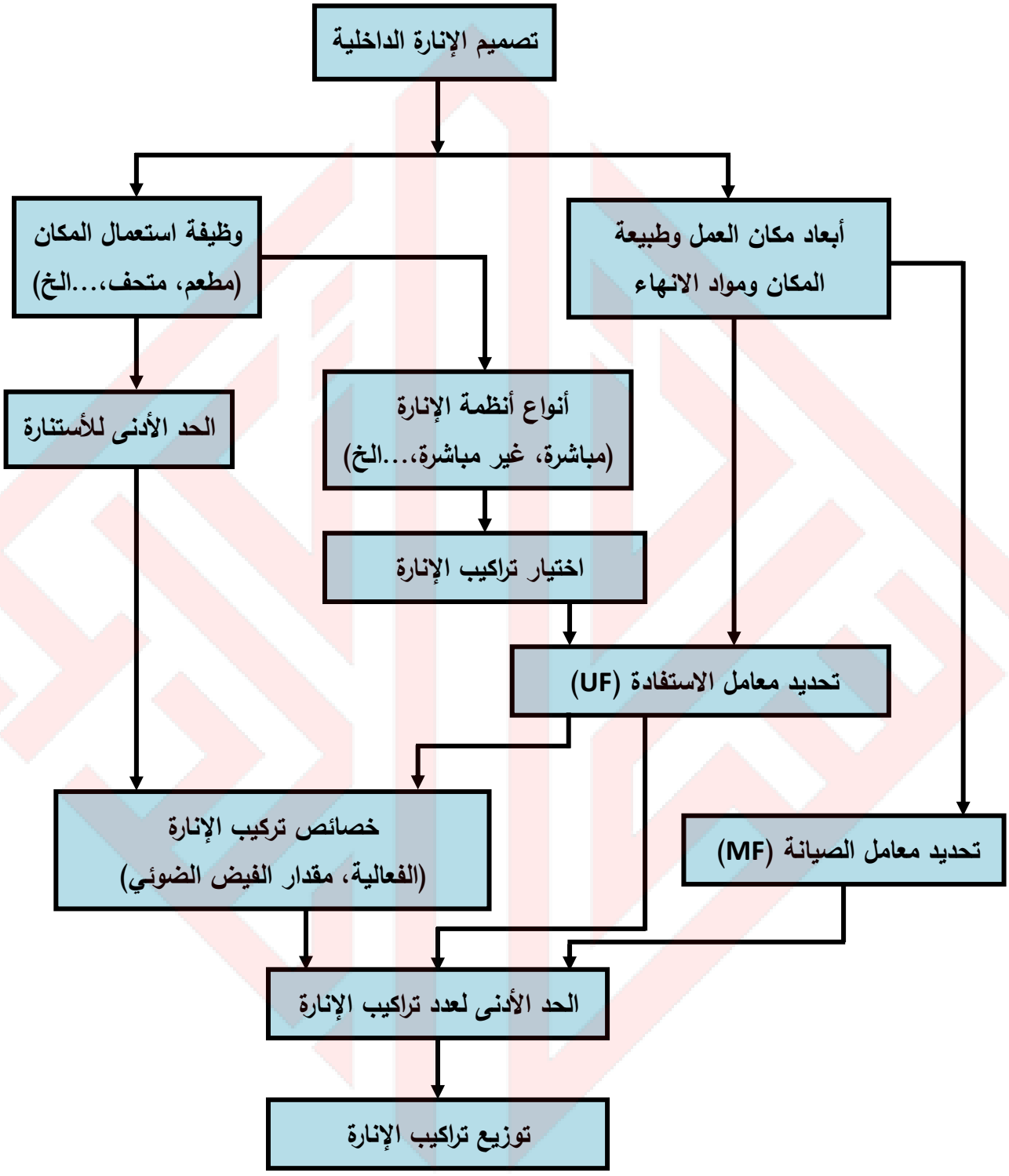
Φ = الدفق المنير لكل مصباح ويحصل عليه من النشرات الفنية للشركة المصنعة (لومن).

UF= معامل الاستفادة ويعين بحسب أبعاد المكان وانعكاسات سطوحه وترتيب التمديدات وتوزيع الدفق المنير ونسبة الاستفادة من خرج الضوء للمصابيح المستعملة (بالاعتماد على الجداول التي ترد في النشرات الفنية للشركات المصنعة لها).

MF= معامل الصيانة ويكون واردا في النشرات الفنية للشركات المصنعة.

- عندما تكون قيمة (N) المحسوبة من المعادلة (5-1/2) عدداً كسرياً، يتم تقريب القيمة المحسوبة إلى أقرب أكبر عدد الصحيح، (مثال: 5.3 تصبح 6 وهكذا).
- يمكن زيادة عدد تراكيب الإنارة إلى الرقم الذي يحقق عدة حلول لتوزيع هذه التراكيب، (فمثلا 11 يمكن زيادتها إلى 12) والتي تعطي توزيعاً بشكل (2 صف × 6 تراكيب إنارة) أو (3 صفوف × 4 تراكيب).

ويبين الشكل (5-1/2) رسما تخطيطيا للخطوات المتبعة في تصميم أعمال الإنارة الداخلية.



الشكل (5-1/2) رسم تخطيطي للخطوات المتبعة لتصميم الإنارة الداخلية.

5-3 الاستنارة على نقطة (Illuminance at a Point):

5-3/1 الاستنارة الكلية (Total Illuminance):

أ- تتكون الاستنارة الكلية على نقطة ما في مكان داخلي من مركبتين هما:

- المركبة المباشرة: المركبة المباشرة للاستنارة على نقطة هي الناتجة من ضوء يصل لهذه النقطة مباشرة صادراً عن تراكيب الإنارة.
- المركبة غير المباشرة: المركبة غير المباشرة للاستنارة على نقطة هي الناتجة من الضوء الواصل لهذه النقطة بعد الانعكاس والانعكاسات المتداخلة من سطوح المكان الداخلي فقط. والاستنارة الكلية على نقطة هي حاصل جمع المركبتين المباشرة وغير المباشرة عليها.

ب- يتطلب تقدير الاستنارة الناتجة مباشرة من تراكيب الإنارة على نقطة في مستوٍ من مكان داخلي معرفة تفاصيل توزيع الضوء لتلك التراكيب. وقد تكون تفاصيل توزيع الضوء هذه على شكل منحنيات قطبية (Polar Curves) للشدة المنيرية في المستوى الذي يحوي مركز تركيب الإنارة والنقطة المراد حساب الاستنارة عليها، أو تكون على شكل خطوط كونتورية للاستنارات المتساوية القيم (Isolux Contours) في المستوى الذي تقع فيه تلك النقطة.

5-3/2 الاستنارة المباشرة الناتجة من مصدر نقطي للضوء: (Direct Illuminance from Point Source)

أ- يعتبر تركيب الإنارة مصدرا نقطيا للضوء إذا كان أي بعد من أبعاده لا يزيد عن (1/5) المسافة بين مركزه وبين النقطة المراد حساب الاستنارة عليها.

ب- وبالاستعانة بما هو مبين في الشكل (5-3/2) تحسب مركبات الاستنارة المباشرة من مصدر نقطي للضوء شدته المنيرية ($I_{(\theta)}$) قنديل (cd) على النقطة (P) الواقعة على سطح بحيث تكون الزاوية المحصورة بين الخط العمودي على هذا السطح والخط الواصل بين مصدر الضوء والنقطة (P) مساوية (γ) من المعادلات التالية:-

1. تحسب مركبة الاستنارة المباشرة ($E_{(\gamma)}$) من المعادلة التالية:-

$$E_{(\gamma)} = \frac{I_{(\theta)} \text{Cos}^2\theta \text{Cos}\gamma}{h^2} \cdot \text{(Lux)} \quad (2/3\text{-}5)$$

2. تحسب مركبة الاستنارة المباشرة $E_{(n)}$ على مستوٍ عمودي على اتجاه الضوء الوارد الى النقطة (P) من المعادلة التالية:-

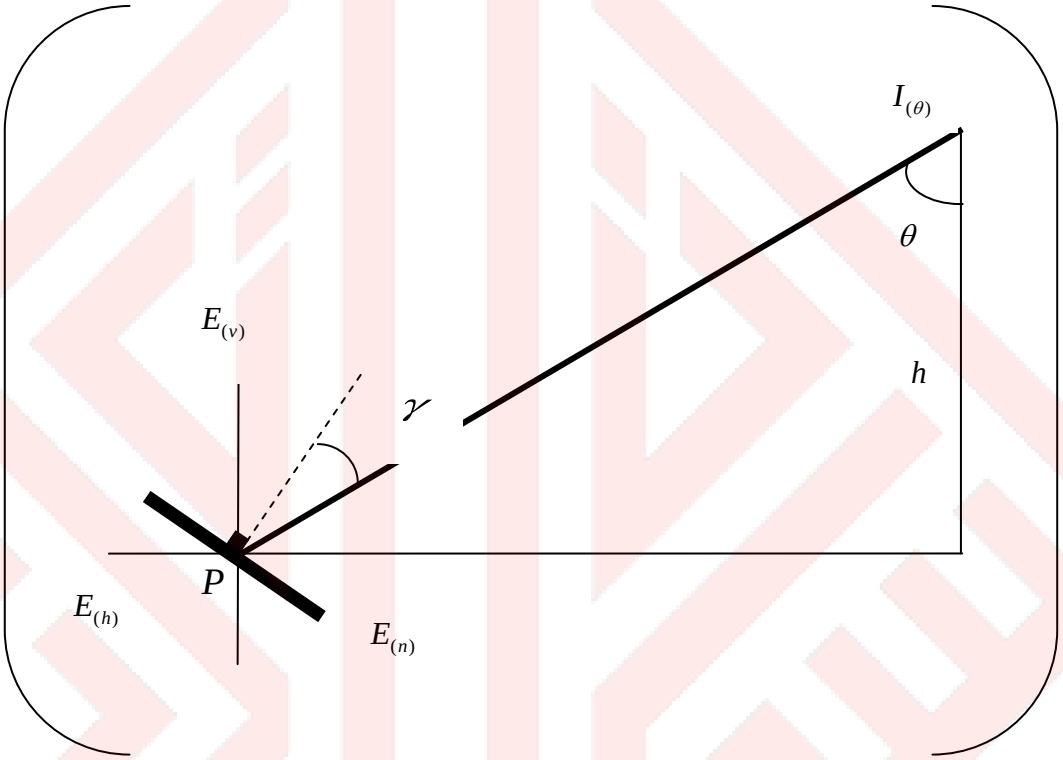
$$E_{(n)} = \frac{I_{(\theta)} \text{Cos}^2\theta}{h^2} \cdot \text{(Lux)} \quad (3/3\text{-}5)$$

3. تحسب مركبة الاستنارة المباشرة $E_{(h)}$ على مستوٍ أفقي يمر من النقطة (P) من المعادلة التالية:-

$$E_{(h)} = \frac{I_{(\theta)}\cos^3\theta}{h^2} \cdot (\text{Lux})(4/3\text{-}5)$$

4. تحسب مركبة الاستنارة على مستوٍ عمودي يمر من النقطة (P) من المعادلة التالية:-

$$E_{(v)} = \frac{I_{(\theta)}\cos^2\theta\sin\theta}{h^2} \cdot (\text{Lux})(5/3\text{-}5)$$



الشكل (5-3/2) مركبات الاستنارة المباشرة من مصدر ضوء نقطي على نقطة من سطح.

5-3/3 الاستنارة المباشرة الناتجة من مصدر خطي للضوء:

(Direct Illuminance from Linear Source):

اذا كان بعد مركز تركيب الإنارة الخطي عن النقطة المعنية لا يزيد عن خمسة أضعاف أطول بعد لذلك التركيب فإن المعادلات الواردة في البند (5-3/2) تكون غير دقيقة النتائج لحساب مركبة الاستنارة المباشرة على نقطة. لذا تتبع طريقة معامل المظهر (Aspect Factor Method) لهذه الغاية. وهذه الطريقة موضحة بالتفصيل في التقرير الفني المرقم (11) لجمعية مهندسي الإنارة البريطانية (IES).

5-4 الاستنارة غير الاتجاهية (Scalar Illuminance):

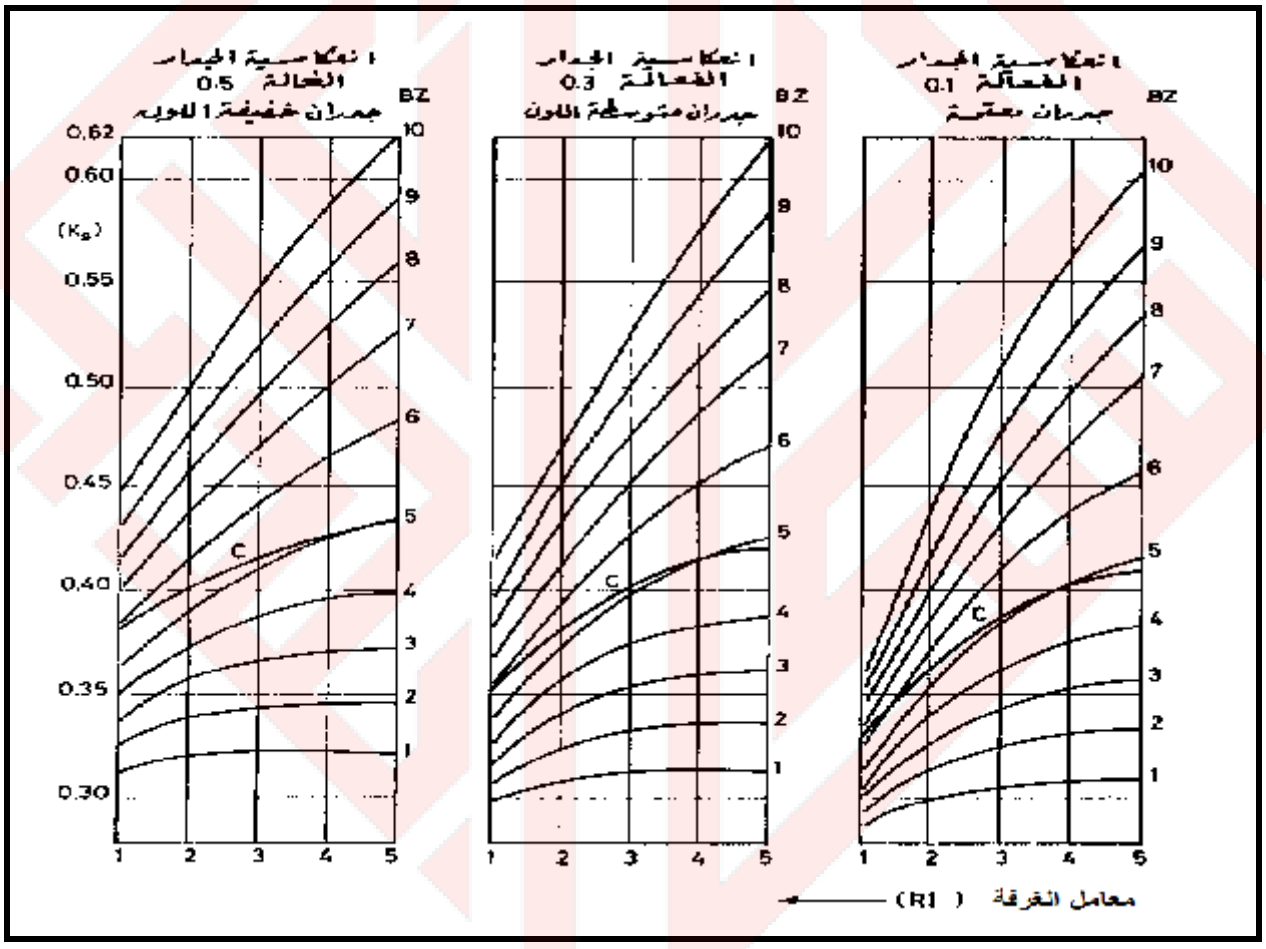
5-4/1 تتحدد العلاقة التقريبية بين الاستنارة غير الاتجاهية أو معدل الاستنارة الكروية $E_{(s)}$ والاستنارة الأفقية $E_{(h)}$ موضحة في المعادلة التالية:-

$$E_s = E_{(h)}(K_s + 0.5\rho_{fc}) \quad .(6/4-5)$$

حيث:-

K_s = معامل يعتمد على توزيع تركيب الإنارة للضوء وعلى أبعاد الغرفة والانعكاسية الفعالة لجدرانها. ويمكن اشتقاقه من الشكل (5-4/3).

ρ_{fc} = الانعكاسية الفعالة لتجويف أرضية الغرفة.



الشكل (5-4/3) الرسوم البيانية لإيجاد قيم (K_S).

تبين هذه المعادلة العلاقة التقريبية بين الاستنارة غير الاتجاهية والاستنارة الأفقية على نقطة معينة. كما تمثل العلاقة بين الاستنارة المتوسطة غير الاتجاهية والاستنارة المتوسطة الأفقية على مساحة معينة.

2/4-5 لمكان داخلي معين، يمكن إيجاد الدفق المنير الكلي اللازم لتوفير الاستنارة غير الاتجاهية المطلوبة بربط المعادلة الواردة في البند (5-1/4) مع المعادلة الواردة في العبارة (5-3/1/2).

3/4-5 يمكن ربط الاستنارة غير الاتجاهية مع الاستنارة الأفقية بواسطة المعلومات المعطاة في الجدول (5-1/4)، بشرط أن يكون المكان الداخلي ذا سقف وجدران ذات ألوان فاتحة.

يعطي المنحنى البياني (B_z) المناسب قيمة (K_S) للدفق الهابط ويعطي المنحنى البياني (c) قيمة (K_S) للدفق الصاعد. ولإيجاد القيمة الحقيقية يجب الاستكمال (Interpolating) بين هاتين القيمتين طبقا للمعاملات النسبية للدفق الهابط والدفق الصاعد للاستنارة الأفقية.

الجدول (5-1/4) تحويل الاستنارة غير الاتجاهية إلى استنارة على مستوٍ أفقي لمكان داخلي ذي سقف وجدران ذات ألوان فاتحة.

إنارة مباشرة أو شبه مباشرة ضوء صاعد BZ-3, 25%	معامل الغرفة (RI)								
	1.6-1.0			2.5			4.0		
انعكاسية تجويف الأرضية	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1
$E_{(h)} / E_s$	2.1	2.4	2.6	2.05	2.3	2.6	2.0	2.2	2.5
إنارة منتشرة عامة ضوء صاعد BZ-3 , 25%									
انعكاسية تجويف الأرضية	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1
$E_{(h)} / E_s$	1.9	2.2	2.3	1.8	2.0	2.2	1.7	1.9	2.1

5-5 الاستنارة المتوسطة على مستوٍ رأسي:
(Average Illuminance on a Vertical Plane):

1. بعض قيم الاستنارة المعطاة في الجدول (4-1/1) الوارد في الفصل (4-1) تشير إلى قيم الاستنارة على مستوٍ رأسي وحيثما يشار إلى جسم مرئي معين باتجاه معين (مثل لوحات التحكم في محطة توليد الكهرباء) يمكن حساب الاستنارة بتحوير في الطريقة الواردة في الفصل (5-3).
2. يكون متوسط الاستنارة على مستوٍ رأسي بعض الأحيان مقاسا مفيدا للسطوع الظاهر في غرفة حيث تكون السطوح الكبرى فيها معتمة قليلاً. ويعرف هذا في بعض الأحيان بمتوسط الاستنارة الاسطوانية (E_c) ويشتق متوسط الاستنارة على مستوٍ رأسي من المعادلة التالية:-

$$E_c = E_{(h)}(K_c + 0.5\rho_{fc}) \quad (5-7/)$$

حيث:-

K_c = معامل يمكن حسابه بدقة كافية لأغراض عملية عديدة من المعادلة التالية:-

$$K_c = 1.5K_s - 0.25 .(8/5-5)$$

حيث:-

K_s = ورد تعريفه في الفصل (5-4) ونجده من الشكل (5-3/4).

5-6 الانارية واستنارة سطوح الغرفة: (Luminance and Illuminance of Room Surfaces)

1. تحسب الانارية لسطح غير لامع (Matt) معبرا عنها بالوحدات الدولية (SI Units) من المعادلة التالية:

$$L = (E \times \rho)/\pi .(9/6-5)$$

حيث:-

L = الانارية بالقنديل/ المتر المربع.

E = الاستنارة (لوكس).

ρ = الانعكاسية.

π = النسبة الثابتة.

2. تنتج الاستنارة الكلية لسطح معين من الضوء الواصل إليه مباشرة من تراكيب الإنارة والضوء المنعكس إليه من جميع سطوح المكان الداخلي.

5-7 حسابات الإبهار (Glare Calculations):

يحسب دليل الإبهار طبقا للطريقة الموضحة في التقرير الفني المرقم (10) لجمعية مهندسي الإنارة البريطانية (IES).

5-8 التصنيف النطاقي بحسب التصنيف النطاقي البريطاني (British Zonal Classification):

5-8/1 مقدمة:

الغرض من التصنيف النطاقي بحسب التصنيف النطاقي البريطاني التعريف بخصائص الضوء الهابط لتراكيب الإنارة ولتبسيط حسابات معامل الاستفادة (UF) لتلك التراكيب وبالتالي لتبسيط

عمليات الحساب لتصميم الإنارة، وذلك بإيجاد تقدير حقيقي لمعامل الاستفادة (UF) قبل الاختيار النهائي لتراكيب الإنارة.

5-8/2 أساس التصنيف النطاقي (BZ):

يبنى التصنيف النطاقي لتراكيب الإنارة على حقيقة أنه في مكان داخلي معين فإن النسبة المباشرة (DR) لتلك التراكيب تحدد الاستفادة (Utterance) من الدفق الهابط. لذا فإن خصائص الاستفادة من تركيب الإنارة يمكن التعبير عنها بعلاقة بين النسبة المباشرة للتركيب وأبعاد المكان الداخلي وتوزيع التركيبات أي معامل الغرفة (RI). وهكذا فإن المنحنى الذي يمكن رسمه مثلا للعلاقة بين النسبة المباشرة ودليل الغرفة لأي تركيب إنارة يعتبر أيضا خاصية لأداء الإنارة بالاتجاه الهابط. وبذلك يمكن استنباط نظام للتصنيف بواسطة منحنيات بيانية تبين العلاقة بين النسبة المباشرة ودليل الغرفة لمجموعة أساسية من التوزيعات القطبية (Polar Curves) لها، وإعطاء رقم رمزي (Code Number) مع (BZ) لكل منحنى. عندئذ يمكن إعطاء أي تركيب إنارة رقما مع (BZ) لأقرب منحنٍ أساسي يكون أقرب ما يمكن للمنحنى الفعلي للتركيب. و لمعرفة طريقة التصنيف هذه يمكن الرجوع للتقرير الفني المرقم (2) لجمعية مهندسي الإنارة البريطانية (IES).

5-9 قيـاس الاستنـارة (Measurement of Illuminance):

تشمل معظم مواصفات الإنارة الاستنارة العملية. يتضمن تعريفها إن الاستنارة المقاسة تتغير مع الزمن من نقطة إلى أخرى في المكان الداخلي. يكون التغير ناتجا عن انخفاض خرج الضوء من تراكيب الإنارة حسب انعكاسيات سطوح الغرفة. عندما تكون التراكيب جديدة فإن الاستنارة المقاسة قد تكون أعلى من الاستنارة العملية المطلوبة. أما قبل تنظيف التراكيب واستبدال المصابيح التالفة قد تكون تلك القيمة أقل من المطلوب وإن كانت ضمن حدود مقبولة. وبعد استبدال المصابيح التالفة وتنظيف التراكيب وسطوح الغرفة فإن الاستنارة المقاسة تكون ثانيةً قريبة من القيمة الأولى. أن مدى هذا التغير في الاستنارة يعتمد على نوع المصابيح المستعملة وتكرار استبدال التالف منها وعلى تنظيف التراكيب وسطوح الغرفة. ولهذه الأسباب يلزم الانتباه عند تفسير توصيات الاستنارة وعند مقارنة تلك القيم الموصى بها بالقيم المقاسة، ولذلك فمن الأنسب التحقق من تصميم نظام الإنارة عندما يكون جديدا وعندما يكون المكان الداخلي قد جهز حديثا. لهذا تكون الاستنارة الأولية على السطح الأفقي مطلوبة، ويمكن اشتقاقها من القيمة العملية التصميمية باستعمال العلاقة التالية:-

$$E_{(hin)} = \frac{E_{(h)}}{MF} \times \Phi_{ro} .(10/9-5)$$

حيث:-

$E_{(h)}$ = الاستنارة العملية على السطح الأفقي.

$E_{(hin)}$ = الاستنارة الأولية على السطح الأفقي.

MF = معامل الصيانة.

Φ_{ro} = نسبة الدفق الأولية للمصباح.

ويتم الحصول على نسبة الدفق الأولية للمصباح من النشرات الفنية للشركة الصانعة.

5-9/1 طريقة القياس:

يصعب الحصول عمليا على استنارة منتظمة على مساحة المكان الداخلي كاملة. فعندما تكون نسبة الاستنارة الدنيا إلى الاستنارة المتوسطة تساوي (0.8) فإن استنارة اعتم نقطة في أي وقت قد تكون أقل بمقدار 20% من المتوسط وتكون استنارة اسطع نقطة أعلى بمقدار 20% من المتوسط. ولقياس الاستنارة المتوسطة يجب قراءة الاستنارة في نقاط يتفق على عددها وموقعها. ولهذا الغرض يوصى بإتباع الخطوات التالية:-

1. يقسم المكان الداخلي إلى مساحات متساوية مربعة الشكل كما هو مبين في الشكل (5-3/4).
2. تقاس الاستنارة في مراكز هذه المربعات ويحسب معدلها. وهذا المعدل يعطي قيمة تقديرية للاستنارة المتوسطة.

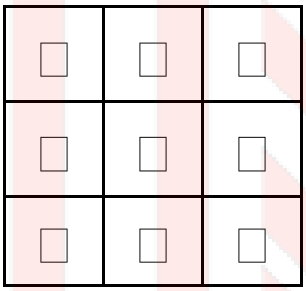
تعتمد دقة التقدير على عدد نقاط القياس وانتظامية الاستنارة.

يبين الجدول (5-2/9) العلاقة بين معامل الغرفة وعدد نقاط القياس الضرورية ليكون الخطأ أقل من (10) بالمائة. وتنطبق القيم الواردة في هذا الجدول عندما لا تتجاوز نسبة تباعدات التراكيب إلى ارتفاع تركيبها (1/1.5). وللحصول على نسبة خطأ تقل عن (5) بالمائة فإنه يجب مضاعفة عدد نقاط القياس.

عند انطباق نقاط القياس مع مساقط تراكيب الإنارة تكون نسبة الخطأ في القياس عالية، لذا يجب زيادة عدد نقاط القياس عما هو وارد في الجدول، حيث يعطي الجدول الحد الأدنى لعدد نقاط القياس وقد تلزم زيادة عددها ليتم الحصول على نقاط قياس متماثلة تلائم شكل المكان الداخلي.

يجب أن يتم القياس إما في الظلام أو بعد استبعاد ضوء النهار عن المكان الداخلي. و قبل إجراء القياس يجب تشغيل المصابيح لفترة حتى يستقر خرجها الضوئي. وإذا كانت المصابيح تفريغية بما في ذلك المصابيح الفلورية يجب انتظار(20) دقيقة على الأقل بعد تشغيلها حتى يستقر خرجها الضوئي. وإذا كانت المصابيح فلورية ضمن تراكيب إنارة مغلفة فإن فترة الانتظار بعد التشغيل قد تكون أطول.

يجب تعريض الخلية الضوئية لجهاز قياس الضوء لفترة زمنية مقدارها حوالي (5) دقائق قبل أخذ القراءة الأولى. كما يجب عدم تكوين ظلال على تلك الخلية في أثناء القياس.
حينما يكون ممكنا، يجب التحقق من فولتية مصدر الطاقة لنظام الإنارة عند القياس وتعديل القيمة المقاسة للاستنارة بناء على ذلك.



الشكل (5-9/4) تقسيم المكان الداخلي إلى مربعات لقياس الاستنارة.

الجدول (5-9/2) العلاقة بين معامل الغرفة وعدد نقاط القياس.

معامل الغرفة (RI)	عدد النقاط
أقل من (1)	4
(1) إلى ما دون (2)	9
(2) إلى ما دون (3)	16
(3) فما فوق	25

5-9/2 قياس الاستنارة المستوية (Measurement of Planner Illuminance):

يجب أن يكون جهاز قياس الضوء (Photometer) المستعمل في قياس الاستنارة المستوية ذا مدى قراءة يغطي قيم الاستنارة المراد قياسها من دون الحاجة إلى أخذ القراءات عندما يكون المؤشر ضمن (1/5) المدى الكلي له. وللعمل الدقيق فإنه يجب أن يكون لجهاز قياس الضوء خلية ضوئية معدلة لتأخذ في الحسبان تأثيرات الضوء الساقط عليه باتجاه مائل، أي خلية ضوئية معدلة لجيب التمام (Cosine-corrected Photocell). وإذا كان مقياس الضوء يستعمل لقياس الاستنارة في أنظمة إنارة ذات أنواع مختلفة من المصابيح، أو لقياس ضوء النهار، فيفضل استعمال خلية ضوئية معدلة الألوان. وإذا كانت الخلية الضوئية غير معدلة الألوان فإنه يجب تطبيق معامل التعديل المناسب (الذي تزوده عادة الشركة المُصَنِّعة).

إن القياسات على المستوى الأفقي يجب أن تتم على ارتفاع (0.85) متر فوق الأرضية، ما لم يتم النص على غير ذلك ويمكن استعمال قاعدة خشبية لتثبيت الخلية على الارتفاع المناسب وفي وضع أفقي.

3/9-5 قياس الاستنارة غير الاتجاهية (Measurement of Scalar Illuminance):

يجب أن تستجيب الأجهزة المستعملة لقياس الاستنارة غير الاتجاهية بالتساوي للضوء القادم إليها من جميع الجهات. ويمكن تحويل خلية ضوئية عادية لتحقيق ذلك، بوضع كرة ناشرة صغيرة فوقها وبمحاولة حجب (Masking) تلك الكرة تدريجيا فيمكن الحصول على استجابة متساوية للضوء القادم من أي اتجاه.

كما يمكن التحقق من ذلك باستعمال حزمة ضوئية موجهة (Collimated). وإذا لم يتوفر جهاز قياس ضوء مناسب فإنه يمكن الحصول على تقريب جيد للاستنارة غير الاتجاهية بقياس الاستنارة المستوية باستعمال خلية ضوئية عادية على كل وجه من أوجه جسم له أربعة أوجه منتظمة كل منها مثلث متساوي الأضلاع (Regular Tetrahedron) وحساب متوسط القراءات على الأوجه الأربع.

يمكن قياس الاستنارة غير الاتجاهية بطرائق أخرى، وحيث يراد قياس متجه الإنارة (Illumination Vector)، يجب أن تتوفر لذلك ميزات معينة في استعمال جهاز قياس ضوء ذي نصف كرة ناشرة فوق الخلية الضوئية. فإذا أخذت قراءتان على خطين مستقيمين بينهما زاوية تساوي $(180)^{o}$ فإن معدل القراءتين يكون مساويا للاستنارة غير الاتجاهية. وكبديل لذلك يمكن تركيب خليتين ظهرا لظهر (Back to Back)، كل منهما مغطى بنصف كرة ناشرة. ثم يؤخذ معدل القراءتين ويكون ذلك مساوياً للاستنارة غير الاتجاهية.

المراجع

[1] كودات البناء الوطني الأردني- المجلد الثالث والعشرون- الجزء الثاني- كودة الإنارة الداخلية.

[2] الدليل الإرشادي لتطبيق الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية في المباني" *المجلد الأول: أعمال التصميم* ".

[3] المواصفة القياسية السعودية "*كود الاضاءة لاماكن العمل الداخلية* ".

[4] CIE S 008/E-2001standard, "*Lighting of Indoor Work Places*", ISO 8995:2002(E).

[5] IES Lighting Handbook, Application Volume, Illuminating Engineering Society of North America, 1981.

[6] CIE Guide to Interior Lighting Commission International, L'Eclairage, 1975.
[7] IES Technical Report No.10, Evaluation of Discomfort Glare, The Illumination Engineering Society, London, 1972.
[8] IES Technical Report No.4, Daytime Lighting in Buildings, The Illuminating Engineering Society, London, 1972.
[9] IES Technical Report No.11, The Calculation of Direct Illumination from Linear Sources, The Illuminating Engineering Society, London, 1968.
[10] IES Technical Report No.2, The Calculation of Utilization Factors – The BZ Method, The Illuminating Engineering Society, London, 1961.

الباب السادس

شروط ومعايير الانارة الداخلية الفعالة

(Conditions and Criterions of Efficient Interior Lighting)

6-1 مقدمة:

يجب أن يتم توفير الإنارة البيئية البصرية المناسبة لأي مكان، وكذلك الإنارة المناسبة والكافية لأداء جملة من المهمات ولإعطاء الشكل المرغوب وذلك من خلال:

- استعمال المصباح المناسب ذي الفعالية العالية والذي يعطي أعلى إنارة بالنسبة للحرارة التشغيلية والطاقة الكهربائية المصروفة.
- استعمال المصابيح ذات التوزيع الطيفي المناسب للغرض المصممة له.
- توثيق تاريخ تركيب واستبدال المصابيح حيث أن هذا السجل البسيط سيساعد لتأسيس برنامج صيانة فعال.
- عدم التقيد بتوصية بعض المجهزين في استعمال نوع من المصابيح بعينه، بل تتم مراجعة المواصفات المقترحة وإختيار ما هو أكثر ملاءمة وتوفيرا من المصابيح المتوفرة في السوق ومن إنتاج جيد ومعتمد وبنفس القدرة والحرارة التشغيلية المناسبة لتركيب الإنارة.
- استعمال المصابيح الاقتصادية الموفرة للطاقة أينما أمكن ذلك بدلا من المصابيح التقليدية غير الاقتصادية. يجب أن يتحقق هذا الهدف من دون إهدار الطاقة. مع اهمية عدم إغفال النواحي البصرية عند تقليل إستهلاك الطاقة.

بالرغم من أن تكلفة طاقة الإنارة تعتبر أساسية إلا أنها تمثل في معظم الجهات أو الهيئات جزءًا صغيرًا من تكلفة جميع الأنشطة في أي مكان. فعلى سبيل المثال، تمثل تكلفة الأضرار(الناتجة من الظروف البصرية الرديئة) على جودة العمل والإنتاجية عدة أضعاف تكلفة الإنارة في مكتب أو مصنع (قد تصل تكلفة العمال إلى مئة ضعف تكلفة طاقة الإنارة) وبالتالي فإن ترشيد الطاقة على حساب صحة وفعالية الإنسان يعتبر إقتصاد خاطئاً ومزوراً.

التوصيات التي سترد فيما بعد تعطي توجيهاً لترشيد الطاقة في تراكيب الإنارة ويفترض أن تكون التصاميم الجيدة مدمجة مع استعمال الأجهزة والمعدات الحديثة. ويجب أن تحقق التصاميم الجديدة مستويات الاستنارة المطلوبة.

ويمكن استعمال تلك التوصيات لقياس فعالية الطاقة للتراكيب الموجودة (القديمة) ولتحديد ما إذا كانت تلك التراكيب تحتاج لبعض الإجراءات لتحقيق ترشيد مقبول للطاقة.

6-2 القدرة والوقت:

الطاقة المستهلكة لتركيب الإنارة (ك.و.س) (kWh) تعتمد على القدرة (كيلوواط) والوقت (ساعة) ويمكن تحقيق ترشيد الطاقة من خلال التالي:

1. إما باستعمال أجهزة إنارة عالية الفعالية لتحقيق أهداف تصميم الإنارة المطلوبة مع المحافظة على الحمل الكهربائي (القدرة الكهربائية) عند أقل مستوى.
2. أو باستعمال متحكمات فعالة بحيث لاتعمل الإنارة عند عدم الحاجة لها وبمعنى آخر تقليل الوقت لأقل مستوى.
3. أو باستعمال كلا المبدأين معًا.

يمكن لمصمم الإنارة أن يحد من القدرة الكهربائية وإستعمال الطاقة، ولكن المسؤولية الأخيرة تقع على المستعمل أو المشغل لتحقيق أعلى ترشيد ممكن للطاقة.

6-3 الأجهزة المرشدة للطاقة:

تعطى ضمن أجهزة الإنارة معلومات عن ترشيد وكفاءة الطاقة للمصابيح وتراكيب الانارة. في حين يمكن تحقيق متطلبات الإنارة للأماكن المختلفة في أي مبنى باستعمال مصابيح مختلفة، يجب تحقيق قيمة 65 لومن/واط وهي متوسط قيمة الفاعلية الفيضية الإبتدائية للدوائر الكهربائية لأجهزة الإنارة. يستثنى من ذلك أنظمة الطواريء والأجهزة غير الثابتة مثل تراكيب الانارة المثبتة على مسارات. ومن الممكن استعمال بعض الأجهزة غير المرشدة للطاقة مثل (وحدات تنغستن هالوجين) في بعض الأماكن مدمجة مع أجهزة مرشدة للطاقة (مثل المصابيح الفلورية مع كوابح إلكترونية عالية التردد) في أماكن أخرى.

ومن خلال الممارسة العملية، يلاحظ أن معظم الطاقة تهدر خارج ساعات العمل العادية عندما تترك الإنارة مضاءة مع عدم الحاجة لها. وبالرغم من أن بعض الإنارة ضروري لأغراض الأمن والنظافة، لذا يجب أن تركب متحكمات لتشغيل الإنارة الكاملة عند الظروف الطارئة ليلا.

ويمكن أيضاً أن لاتكون هناك حاجة للإنارة الصناعية خلال ساعات العمل عند توفر إنارة طبيعية كافية في المكان أو عندما تكون أماكن العمل غير مأهولة. لذا يجب تركيب متحكمات مناسبة للإنارة لتمكين مستعملي المبنى من تشغيل الإنارة التي يحتاجونها فعليا في أي وقت.

يجب أن يكون نظام التحكم مرنا بشكل كافٍ لتحقيق أي مستوى إنارة وإطفاء أي إنارة أخرى غير ضرورية. ويمكن تحقيق ذلك بواسطة:

1. استعمال مفاتيح تشغيل محلية موزعة في أماكن متفرقة في مكان العمل وليست مركزية عند نقطة الدخول.

2. مفاتيح تشغيل زمنية لتشغيل تراكيب الإنارة بحسب جدول زمني محدد.
3. تحكم تشغيل آلي بواسطة مستشعرات (متحسسات) حركة أو خفت للإنارة بواسطة متحسسات ضوئية لقياس مستوى الإنارة الطبيعية.

يجب أن يكون الهدف الأسمى تحقيق الإنارة المطلوبة بأقل استعمال ممكن للطاقة. من الممكن تركيب حمل كهربائي مرتفع مع أنظمة تحكم مناسبة لتخفيض ساعات الاستعمال فيتحقق إستهلاك أقل للطاقة، أو يمكن تركيب حمل كهربائي منخفض ولكن مع أنظمة تحكم خفيفة. لذلك من الضروري الاخذ بنظر الإعتبار كلا المبدأين.

6-4 أهداف الطاقة الكهربائية للإنارة:

6-4/1 كثافة القدرة المتوسطة المركبة على المساحة:

يعطي الجدول (6-4/1) أهداف كثافة القدرة المتوسطة لنطاق من التطبيقات لقيم معينة من الإستنارة المستهدفة القياسية، إستنادا على الممارسة الحالية الجيدة.

يمكن تحقيق تلك القيم باستعمال مصابيح ذات فعالية ضوئية عالية في تركيبة مصممة بشكل جيد، وهي مبنية على المعايير التالية:

- غرفة فارغة متوسطة الحجم (معامل الغرفة، 2.5).
- معاملات انعكاس لاجزاء الغرفة هي (السقف 0.7، الجدران 0.5، الأرضية 0.2).
- درجة عالية من الصيانة (تراكيب الانارة تنظف كل سنة، وسطوح الغرفة كل ثلاث سنوات وإستبدال جماعي للمصابيح كل 10000 ساعة).

ويجب ملاحظة أن القيم يمكن أن تزيد أو تنقص إذا كانت هناك إختلافات في المعايير المتبعة.

6-5 إدارة الطاقة:

يجب أن يصمم ويدار أي نظام إنارة لتحقيق تحكم جيد في الطاقة المستهلكة. يكون هذا ضرورياً أثناء ساعات العمل وخارجها ويتم من خلال:

6-5/1 إختيار معدات التحكم:

العوامل التي تؤثر على مواصفات معدات التحكم تشمل الإشغال ونمطه وضوء النهار المتوفر طراز الإنارة (قابلة للخفت أم لا) والمستوى المرغوب التحكم عنده وأخيرًا الكلفة.

الجدول (6-1/4) متوسط كثافة القدرة.

نوع المصباح	معامل مصداقية الالوان	الإستنارة المستهدفة لوكس	متوسط كثافة القدرة المركبة (واط /متر مربع)
تجاري والتطبيقات الاخرى المشابهة مثل المدارس والمحلات والمكاتب			
المصباح الفلوري ثلاثي الفسفور	80-90	300	7
		500	11
		750	17
المصباح الفلوري المدمج	80-90	300	8
		500	14
		750	21
الهاليد المعدني	60-90	300	11
		500	18
		750	27
التطبيقات الصناعية			
المصباح الفلوري ثلاثي الفسفور	80-90	300	6
		500	10
		750	14
		1000	19
الهاليد المعدني	60-90	300	7
		500	12
		750	17
		1000	23
صوديوم عالي الضغط	40-60	300	6
		500	11
		750	16
		1000	21

يجب أن تقارن كلفة نظام التحكم في أي تركيبة مع كلفة أي تركيبة تقليدية مع كلفة الفرق في إستهلاك الطاقة، وخاصة في حالة المباني الجديدة فإن الفرق يمكن أن يكون صغيرًا. بالنسبة للتراكيب القديمة يمكن أن تكون هناك عوائق عند إختيار المتحكمات حيث لا تعطي التوصيلات حرية التغيير.

إن استعمال شبكة منفصلة لإرسال إشارات أو ذبذبات لنقل المعلومات يمكن ان يقلل تلك العوائق ويعطى سماحية لتركيب نظام مركزي بدون التأثير على الأسلاك القائمة ،ولكن من الضروري التأكد من التوافق مع الدوائر الكهربائية ودوائر الإشارات. يمكن تركيب مفاتيح إعادة ضبط بدون التأثير على الأسلاك القائمة. وكحل بديل، يمكن استعمال مصابيح محتواة ذاتيا كل له المستشعر الخاص به (كحل عملي وإقتصادي أكثر من نظام التحكم المركزي).

6-5/2 الربط بالإنارة الطبيعية:

يمكن ربط صف أو أكثر من تراكيب الإنارة القريبة من النوافذ بخلايا ضوئية داخلية أو خارجية لمراقبة الإنارة الطبيعية وتعديل الإنارة الصناعية تبعا لذلك إما بالإطفاء أو خفت الإنارة.

6-5/3 الإستنارة الثابتة (القياسية):

يتم تصميم الإستنارة عند المستوى القياسي في البداية عندما تكون المصابيح جديدة وتراكيب الانارة وأسطح الغرف نظيفة. وستكون قيمة الإستنارة أعلى من مستوى التصميم بدرجة كبيرة، وهذا يعتمد على خصائص التركيب وبرنامج الصيانة الذي سيتبعه المستفيد. يمكن ربط أنظمة مصابيح الفلورية عالية التردد القابلة للضبط مع خلايا ضوئية تحافظ على بقاء مستوى الإنارة عند قيمة التصميم القياسية.

وعند تقادم النظام فإن أجهزة التحكم ستزيد آليا قدرة المصابيح، وسيعمل النظام عندها كحمل كامل للحصول على الإستنارة القياسية. وعندها يكون قد حان الوقت لإجراء عملية الصيانة.

يمكن لنظام التحكم نفسه أن يتلاءم مع تغيير الاستعمال. فإذا تغيرت وظيفة المساحة وتطلبت مستوى إنارة أقل يمكن ضبط النظام ليصل للمستوى المعدل.

6-5/4 الإشغال:

يمكن أن تحقق الإنارة المربوطة بالإشغال أو نمط الإشغال توفيراً ليس بالبسيط في استعمال الطاقة. وكمثال على رصد الاشغال عندما يستشعر الراصد إقتراب رافعة شوكية في ممرات مستودع ما يقوم بتشغيل الإنارة في تلك الممرات ومن ثم اعادة اطفائها عند عدم وجود شاغل للمكان وذلك من خلال ضبط وقت التأخير في نظام التحكم لتفادي التشغيل الزائد الذي قد يقصر عمر المصابيح. يمكن أن يطبق هذا الشكل من أشكال التحكم على نطاق أوسع من أنواع المصابيح على شرط أخذ خصائص التشغيل وإعادة التشغيل بالإعتبار.

6-5/5 التحكم الآلي:

يمكن أن يأخذ عدة أشكال، اذ يمكن لنظام التحكم بالوقت أن يطفيء أو يشغل جميع تراكيب الإنارة عند أوقات محددة. أو من الممكن أن يتم ضبطه ليرسل إشارات في أوقات محددة خلال اليوم (مثل فترة الغذاء) حيث يتم إطفاء بعض تراكيب الانارة (إذا كانت الإنارة الطبيعية كافية) أو إطفاء الإنارة في الأماكن غير المأهولة، لانتفاء الحاجة الى الإنارة.

يمكن أن يستعمل هذا النظام لتخفيض مستوى الإنارة في الصباح الباكر وقبل أن يصل معظم الموظفين أو في المساء لاجل عمليات التنظيف والأمن. من الضروري استعمال مفاتيح تشغيل مجاورة ومحلية ويدوية والأنظمة الآلية الأخرى. ويمكن للمتطلبات الامنية ان تستدعي وجود نظام تحكم مجاور لاجل الظروف الطارئة ليلاً.

تستعمل رواصد الإشغال لرصد تواجد الناس ومن ثم التحكم في الإنارة تبعاً.ويمكن أن تعتمد تلك الرواصد على الصوت أو الأشعة تحت الحمراء أو الميكروويف أو أي طرائق آخرى للرصد .يجب أن تدمج تقنية التاخير في وقت التشغيل مع نظام التحكم الالي لتفادي الإطفاءات المبكرة والتشغيلات الزائدة. إعتمادا على مساحة المنطقة وعدد السكان، فإنه من المحبذ أن تكون هناك درجة من التحكم الفردي لتمكين الفرد من إختيار ظروف الإنارة المناسبة. ففي المكاتب المنفردة يمكن أن يكون ذلك عن طريق كوابح ذات تردد عالٍ يتم التحكم فيها بمفاتيح لخفت الإنارة أو بمرسلات مناسبة. وعند رفع أو خفض مستويات الإنارة، في المكاتب الكبيرة يجب أن لاتؤثر المتحكمات المحلية بشكل ملحوظ على ظروف الإنارة والرؤية للمناطق المجاورة.

يمكن لأنظمة الإدارة والتحكم أن تنظم انارة كل مصباح في المناطق المنفردة. إن الميزة الأساسية لهذا النظام هي عند ترتيب المكاتب بشكل جديد سيمكن تعديل الإنارة من خلال الحاسوب لتناسب الترتيب الجديد. وبدمج متحكمات محلية مجاورة، فإنه يمكن عمل أي تغييرات في أماكن تراكيب الانارة وإعادة ترتيب مفاتيح التشغيل.

من الممكن ربط نظام إدارة الطاقة للمبنى مع نظام إدارة طاقة الإنارة لتنفيذ الأوامر الصادرة. وليس من العموم يستعمل نظام إدارة الطاقة للمبنى إقتصاديا للتحكم بمصابيح محددة، بل لتحقيق إزاحة أحمال أو إطفاء مناطق أوعزلها.

6-5/6 التحكم بالصيانة:

من الممكن من خلال نظام إدارة طاقة الإنارة فحص حالة الإنارة الأساسية وإنارة الطواريء. إذ يمكن برمجة النظام ليقوم بذلك آليا في أوقات محددة، ويتم فحص كل مصباح مع عمل سجل بذلك.

6-5/7 العوامل الإنسانية:

إن أنظمة التحكم المعرقلة يمكن أن تعطل بواسطة الموظفين أو قد يتم تخريبها، لهذا السبب يفضل عادة استعمال خافتات الضوء .أما الخلايا الضوئية ودوائر الإستشعار الأخرى فيجب أن تحتوي على زمن تأخير كافٍ لتفادي الإطفاءات المتفرقة والمشتتة والمعطلة التي تحدث عند الإستجابة الفورية لحظة إشعال مفتاح التشغيل.

يجب على أي نظام تحكم أن يضمن إعطاء ظروف الإنارة المقبولة للمستفيدين ويعطي أفضلية للسلامة والإرتياح البصري والفاعلية البصرية على موضوع ترشيد الطاقة.

6-5/8 الكلف واستهلاك الطاقة:

من أقوى العراقيل لأي تصميم، الكلف المادية(ماهي كلفة تركيب وتشغيل نظام التحكم المقترح). من الضروري بداية تقديم ميزانية للطاقة منطقية إقتصادياً وتوضح فيها أهداف التصميم. وفي كل المراحل يجب أن تضبط وتدقق الكلف الأساسية وكلف التشغيل.كما يجب أن تحتسب كلف طاقة استعمال الإنارة ضمن الاستعمال الكلي للمبنى.

يجب أن تكون طرائق التقييم المالي التي يتبعها المصمم مقبولة من طرف المالك. تجرى عادة مقارنة مع نماذج قائمة أو بديلة، اذا كانت المقارنة معقولة ومفهومة. كما يجب أن يجري تصميم النماذج بحسب مواصفات معروفة ومعتمدة.

6-5/9 الطاقة والإحتياج (الطلب):

إن التحكم في ترتيب حمل الإنارة سواء بالإطفاء أو الخفت بحيث يمكن الاستغناء عن الإنارة غير الضرورية وهذا سيقلل عدد الوحدات المستهلكة.

يحدث أقصى طلب على الطاقة بصورة عامة خلال النهار ووقتها تكون الإنارة الطبيعية كافية وممكن بعد ذلك خفض كلف أقصى طلب إذا كان من الممكن إزاحة الأحمال في هذه الأوقات.

وبالعكس يمكن إضافة إنارة الأمن الليلية بدون زيادة الحد الأقصى للإنارة النهارية.

كما يجب أن يتأكد المصممون من عدم التبذير في تصاميم الطاقة. على كل حال فإن أهم إعتبار لترشيد الطاقة هو الإعتبار المادي. فالقليل من المستفيدين هم على إستعداد لدفع مبالغ مالية زيادة لتحقيق توفير بالطاقة إذا كان هذا التوفير له عائد إستثمار معقول.

إذا كانت أهداف التصميم تستدعي وجود شروط معينة فيجب تحقيق تلك الشروط. وإن لم يتم تزويد هذه الشروط فإن التصميم لن يعتبر مرضياً وفاعلا بالرغم من إستهلاكه طاقة أقل.

6-6 معدات التحكم بالإنارة:

تعتبر أنظمة التحكم جزءا متلازما لأي تركيب إنارة. وتلك الأنظمة تأخذ عدة أشكال تبدأ من المفتاح الجداري البسيط إلى أن تكون جزءا من نظام معقد تتحكم به المعالجات الدقيقة وأنظمة إدارة المباني. وأياً كانت الطريقة فإن هدف نظام التحكم هو التأكد من أن الإنارة تعمل عند الحاجة لها وتعمل وبالشكل الصحيح. وسيتحقق تقليل استهلاك الطاقة بتحكم هذه الانظمة في الخرج الضوئي اما بالاطفاء او بخفتها المصابيح.

وطرائق التحكم هي:

- الإطفاء.
- خفت الإنارة / التنظيم.
- الخفت للتأثيرات الضوئية.

6-6/1 الإطفاء:

مبدئيا يمكن تشغيل جميع المصابيح ولكن كمية الخرج الضوئي المتوفر فور التشغيل والفترة اللازمة بين الإطفاء والتشغيل تختلف مع إختلاف طراز المصباح. يمكن تحقيق عملية الإطفاء والتشغيل بعدة طرائق مختلفة. الطريقة الأبسط هي المفتاح اليدوي. كما يمكن استعمال مفاتيح تحكم عن بعد داخل المصباح تحتوي على مرسل ومستقبل بالأشعة تحت الحمراء. كلا الطريقتين تتطلب اشتراك المستفيد بشكل مباشر. والطرائق البديلة هي التحكم بالمصابيح بواسطة مفاتيح زمنية. او عن طريق الإستجابة لتوفر الإنارة الطبيعبة أو لإشغال المكان.

تستعمل الخلايا الضوئية لإستشعار مستوى الإنارة الطبيعة في المكان، في حين تستعمل مستشعرات الإشغال للكشف عن وجود الناس في المكان. تعمل هذه المستشعرات إما عن طرائق الصوت أو الحركة أو حرارة الجسم.

هناك إشكالية خاصة بالمفاتيح اليدوية والتي كانت تحد من مرونتها في السابق وهي صعوبة التحكم بالمصابيح منفردة أو المجموعات الصغيرة من تراكيب الانارة بدون إضافة تكاليف مادية للتمديد. من الممكن إرسال إشارات تشغيل بواسطة أسلاك جهد منخفض أو بواسطة نبضات ذات تردد عالٍ من خلال أسلاك مصدر التغذية الكهربائي. وفي كل حال فإن تراكيب الانارة التي تطفأ وتشغل من دون سبب واضح تعتبر مشوهة ومثبطة لرضا الموظفين. وبالمقابل تسمح الكوابح الإلكترونية ذات التردد العالي الخاصة بالمصابيح الفلورية المنفردة للإستجابة بعدة طرائق مختلفة مثل الخفت او الإطفاء عند توفر الإنارة الطبيعية وإشغال المكان.

تعطي هذه الأنظمة مرونة كبيرة في أي تركيبة إنارة للتحكم بدون أي عراقيل مركزيا أو بواسطة الأفراد من أماكن عملهم.

2/6-6 خفت الإنارة / التنظيم:

ليس بالامكان خفض الإنارة لجميع المصابيح. وبالنسبة للمصابيح الممكن خفتها مثل المصابيح الفلورية الأنبوبية فانها تحتاج لمحول تشغيل خاص، يقلل الخفت من الطاقة المستهلكة للمصباح وليس بالضرورة بنفس النسبة للخرج الضوئي .كما يمكن أن يسبب تغييراً في لون الضوء. يمكن التحكم بخافتات الضوء يدويا أو آليا كإستجابة لوجود الإنارة الطبيعية.

يفضل استعمال أنظمة التردد العالي في الممارسة العملية الحالية حيث تكون الكوابح المنفردة قادرة على التحكم وزيادة أو إنقاص الخرج الضوئي لتناسب التغير في أنماط العمل والإحتياجات البصرية وهذا يجنب الحاجة إلى أنظمة تحكم مركزية.

إن طريقة إختيار وتصميم أنظمة التحكم بالإنارة وإدارة الطاقة موضحة بتفصيل أكثر في الفصل (6-5) إدارة الطاقة.

3/6-6 الخفت للتأثيرات الضوئية:

هناك مساحات خاصة في المباني التجارية وغير التجارية مثل ردهات المداخل وغرف الإجتماعات والمسارح والمطاعم والمتاحف وساحات العرض تستدعي الحاجة الى انارتها باسلوب متميز، لاسباب عديدة منها: القاء كلمة أوعرض صورة أو لفت الإنتباه أو لإظهار الشكل المعماري بدلا من تزويدها بانارة وظيفية مبسطة.

إن استعمال انظمة خفت الانارة في هذه الاماكن سيجعل انارتها ذات ميزتين رئيستين، هما:

أولا: إمكانية التحكم في شدة الدوائر المنفردة. وهذا يعطي إمكانية تغيير انارة المكان وإضافة تفاوتات دراماتيكية ودقيقة. ويمكن حفظ هذه المشاهد في أنظمة التحكم بحيث يسهل إسترجاعها أو إستدعائها بكبسة مفتاح بسيطة.

ثانياً: إمكانية الاستفادة المثلى من المكان، إذ لو كانت إنارة الغرفة مصممة لنشاط واحد فلن يكون من المناسب استعمالها لأغراض أخرى.وباستعمال أنظمة خفت الإنارة سيتمكن المستفيد من تعديل الإنارة لتحقيق الحاجات المتغيرة مثل العروض المرئية والإجتماعات والمؤتمرات.

يجب أن تكون أنظمة خفت الإنارة سهلة التشغيل. فهي باشكال متنوعة من مفتاح التحكم البسيط لدائرة أو لعدة دوائر مع القدرة على إستدعاء مشاهد إنارة معدة مسبقا حتى الأنظمة المعقدة لشبكة من الدوائر مع تغييرات إنارة آلية محددة في أوقات معينة.

6-7 مصابيح اشباه الموصلات الثنائية المشعة (Light Emitting Diode (LED) Lamps)

تعتبر مصابيح اشباه الموصلات الثنائية من احدث المصابيح ضمن قائمة الانارة الفعالة، وعلى الرغم ان الطيف المرئي لهذه المصابيح يقع ضمن حزمة ضيقة الا انه يمكن انتاج ضوء ابيض ضمن مواصفات معينة.

ولهذه المصابيح خصائص معينه ترشحها ان تكون مفضلة ضمن تطبيقات معينة او تتكامل مع بقية المصابيح الاخرى ومن هذه الخصائص:-

6-7/1 العمر التشغيلي:

تتميز هذه المصابيح بعمر تشغيلي طويل جدا، حيث ان التراكيب ذات التصميم الجيد يمكن ان تعطي حوالي 70 بالمئة من الفيض المصان بعد 50000 الف ساعة تشغيل وهذه الميزة تفوق مصباح التوهجية بعدة مرات وتفوق المصابيح الفلورية بمرتين او اكثر.

6-7/2 الفعالية المنيرية:

تعتبر هذه المصابيح من المصابيح التي لها فعالية منيرية عالية اذا ماقورنت بالمصابيح التوهجية ويمكن ان تصل بعض مصابيح اشباه الموصلات ذات اللون الابيض الى فعالية منيرية مقدارها 50 لومن/ واط في ظروف التشغيل الطبيعية.

6-7/3 الانارة الباردة:

لاتنتج هذه المصابيح حزمة ضوئية ضمن الترددات تحت الحمراء لذلك تصدر ضوءاً بارداً. لكن تنتج هذه المصابيح حرارة داخلية من عملية توليد الضوء نفسه ويمكن التخلص من هذه الحرارة بالتصميم الجيد للتركيب.

6-7/4 التكلفة الاقتصادية الاولية:

ان التكلفة الاقتصادية الاولية لتراكيب مصابيح اشباه الموصلات تعتبر عالية اذا ما قورنت بتراكيب المصابيح التوهجية ولكن اذا ماتمت المقارنة مع العمر التشغيلي الطويل لمصابيح اشباه الموصلات تكون الكلفة على المدى الطويل اقل.

6-5/7 المصداقية اللونية:

تطورت صناعة مصابيح اشباه الموصلات في الاونة الاخيرة واستطاعت بعض الشركات انتاج مصابيح تصل مصداقيتها اللونية الى 80-90 وهذا الرقم يفوق المصابيح الفلورية ولكنها بالتاكيد اقل من المصابيح التوهجية.

المراجع

[1] كودات البناء الوطني الأردني- المجلد الثالث والعشرون- الجزء الثاني- كودة الإنارة الداخلية.

[2] الدليل الإرشادي لتطبيق الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية في المباني"*المجلد الأول: أعمال التصميم* ".

[3] المواصفة القياسية السعودية "*كود الاضاءة لاماكن العمل الداخلية* ".

[4] CIE S 008/E-2001standard, "*Lighting of Indoor Work Places*", ISO 8995:2002(E).

[5] IES Lighting Handbook, Application Volume, Illuminating Engineering Society of North America, 1981.

[6] IES Technical Report No.4, Daytime Lighting in Buildings, The Illuminating Engineering Society, London, 1972.

[7] IES Technical Report No.9, Depreciation and Maintenance of Interior Lighting, The Illuminating Engineering Society, London, 1967.

[8] IES Technical Report No.11, The Calculation of Direct Illumination from Linear Sources, The Illuminating Engineering Society, London, 1968.

[9] IES Technical Report No.2, The Calculation of Utilization Factors – The BZ Method, The Illuminating Engineering Society, London, 1961.

الملحق (أ)

(أمثلة توضيحية في تصميم الإنارة الداخلية)

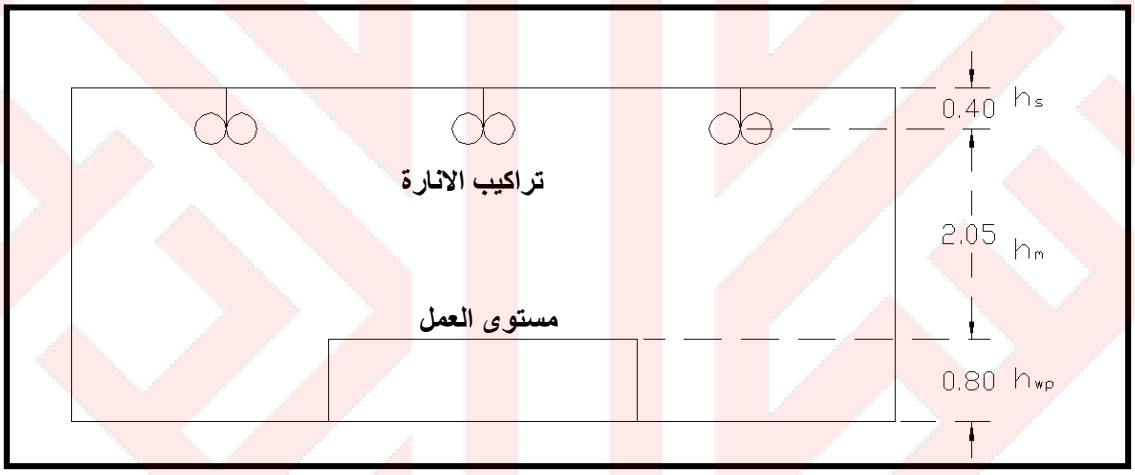
المثال (1):

قاعة للمحاضرات والامتحانات مطلية بطلاء ابيض ذي أبعاد (14×8×3.25) م المطلوب انارتها باستعمال مجموعة تراكيب انارة ثنائية المصابيح طول كل واحد منها (120) سم وذات تصنيف نطاقي بريطاني (BZ6) وذات ناشر موزع للضوء خصائصه كما يلي (DLOR = 0.45، ULOR = 0.4)

الحل:

من جدول رقم (4-1/1)(ب) خامسا "المعاهد والكليات والجامعات" يمكن أن نجد كلاّ من الاستنارة العملية ($E_{(h)}$) وتساوي (500 لوكس)، والرمز الدال على المصباح وهو (E)، كما تكون الانعكاسات الحاجبة في حدها الأدنى.

ومن الشكل (1) الذي يوضح ابعاد الغرفة نستطيع أن نجد الأتي:



الشكل (1) ارتفاع مستوى العمل وارتفاع التثبيت.

$h = 3.25$ m $h_s = 0.4$ m $h_{wp} = 0.8$ m $L = 14$ m $W = 8$ m $h_m = 2.05$ m

كما نقوم بإيجاد معامل الغرفة من المعادلة التالية:

$$RI = \frac{L \times W}{h_m (L + W)} \approx 2.5. \qquad (1)$$

يتم ايجاد معامل الاستفادة (UF) المقابل لانعكاسية تجويف السقف وانعكاسية تجويف الأرضية والانعكاسيات الفعالة للجدران الواردة في النشرات الفنية للشركة الصانعة لتراكيب الانارة. وإذا لم تتوفر المعلومات الكافية يتم الرجوع الى التقرير الفني المرقم (2) لجمعية مهندسي الإنارة (IES) البريطانية أو ما يعادله.

حيث وجد ان معامل الاستفادة لهذه الغرفة بالطلاء الابيض هو (0.72).

ومن المعلومات الفنية عن المصابيح المستعملة الصادرة عن الشركة المصنعة نجد أن الدفق المنير للمصباح الواحد (ϕ_i) يساوي (3200 لومن). وبذلك يكون الدفق المنير لتراكيب الانارة ($n_i \times \phi_i$) ويساوي (2×3200=6400 لومن).

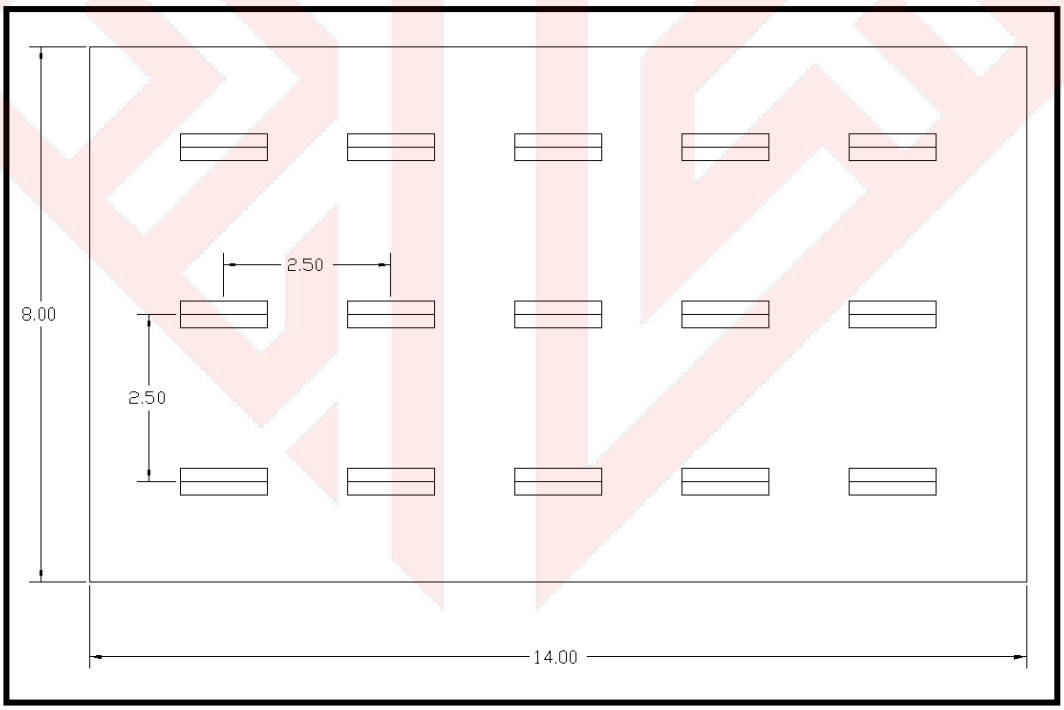
يتم تحديد قيمة معامل الصيانة (MF) وذلك حسب التقرير الفني رقم (9) لجمعية مهندسي الإنارة (IES) البريطانية وهو (0.9) باعتبار إن المنطقة نظيفة.

نقوم بحساب عدد تراكيب الانارة (N) اللازمة من خلال المعادلة التالية:

$$N = \frac{E_{(h)} \times W \times L}{n_i \times \phi_i \times UF \times MF} = 13.5 \approx 15. \qquad (2)$$

ثم يتم تعيين التوزيع العملي لتراكيب الانارة مع الأخذ في الحسبان ترتيب الصفوف وعدد تراكيب الانارة في كل صف، حيث تستعمل (5) صفوف في كل صف (3) تراكيب انارة كما في الشكل (2). كما يتم التحقق من المسافات بين تراكيب الانارة والصفوف والتي تساوي (2.5م × 2.5م). فإذا كان عدد تراكيب الانارة غير عملي فإنه يجب عندئذ تغيير نوع المصباح أو مقاسه أو تغيير نوع تراكيب الانارة.

ومن خلال المعادلة (2) يتم احتساب الاستنارة النهائية والتي تساوي تقريبا (556 لوكس) وكما يلاحظ فهي قريبة من الاستنارة العملية الموصى بها والتي تساوي (500 لوكس).



الشكل (2) رسم تخطيطي لتوزيع تراكيب الانارة.

المثال (2):

صالة رسم ذات أبعاد (13×8×3.25)م مطلوب إنارتها باستعمال مجموعة من المصابيح الفلورية بأبعاد 120سم^2 مصباح 40 واط. إحسب عدد المصابيح المطلوبة وتوزيعها وقيمة التيار المغذي لدوائر الإنارة؟

الحل:

من الجدول (4-1/1) نجد أن الاستنارة المطلوبة لصالة الرسم تساوي 500 لوكس.

وحيث أن المصابيح الفلورية من نوع الانارة المباشرة وباعتبار أن ارتفاع بوردات الرسم (1م) فإن منسوب تعليق المصابيح فوق سطح التشغيل يكون 2.25 م. وبذلك يمكن إيجاد معامل الغرفة (RI) من الجدول (4-2/2) بدلالة طول وعرض الصالة ونجد أن معامل الغرفة هو (C).

بفرض أن معامل انعكاس الضوء من الجدران (0.5) ومن السقف (0.75)، يمكن إيجاد معامل الاستفادة من الجدول (4-3/2) لتركيب الإنارة مع العاكس والناشر وهو يساوى (0.57).

ومن حيث أن فعالية المصابيح هي (80 لومن/واط)، لذا يكون الدفق المنير من تركيب الانارة الفلوري 2 مصباح بقدرة 40 واط هو 3200 لومن.

وبفرض أن معامل الصيانة (0.8) يمكن إيجاد عدد تراكيب الانارة من المعادلة التالية:

$$N = \frac{500 \times (13 \times 8)}{0.57 \times 0.8 \times 40 \times 80} = 17.82 \approx 18.$$

ويمكن توزيعها على أساس 6 صفوف، بواقع 3 تراكيب انارة في الصف، لتكون نسبة عدد تراكيب الانارة في الاتجاه الطولي : عدد تراكيب الانارة في الاتجاه العرضي 1:2.

وهي تساوي تقريباً نسبة الطول : العرض (8:13).

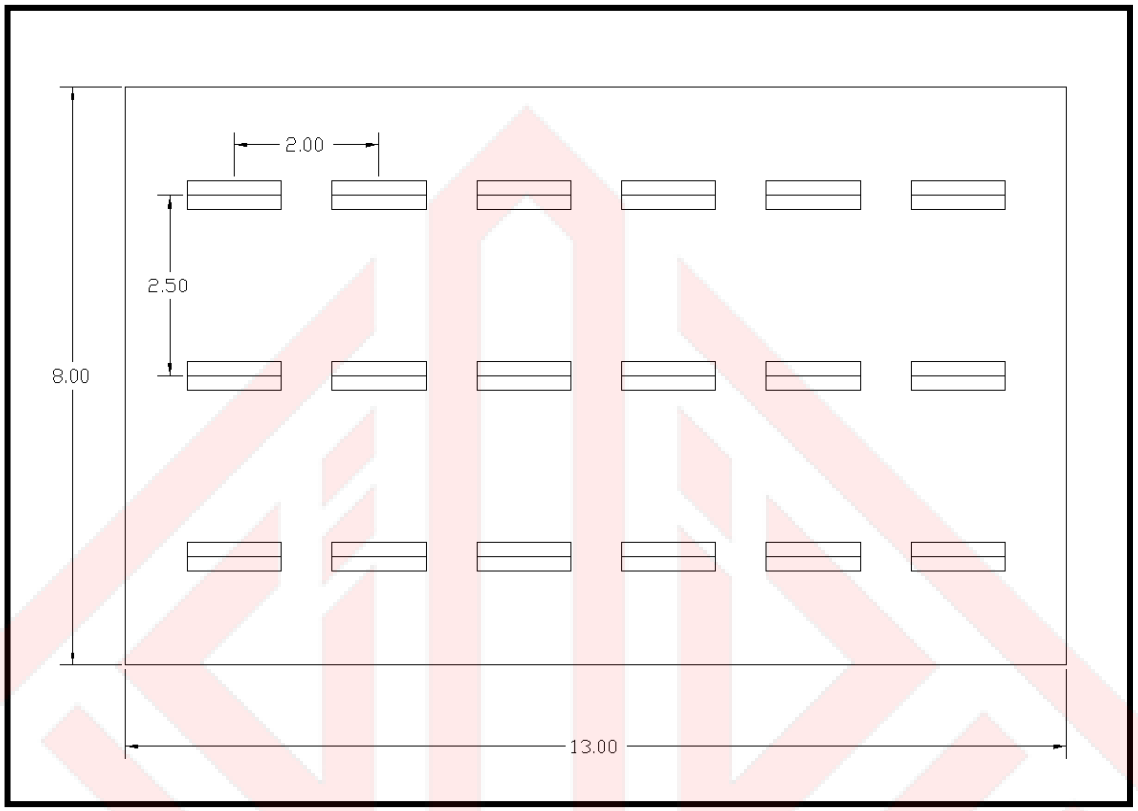
ويوضح الشكل (3) رسماً تخطيطياً لتوزيع تراكيب الانارة.

وباعتبار أن القدرة المفقودة في الملفين الكابحين لكل تركيب انارة هي (11 واط)، تصبح القدرة المستهلكة لكل تركيب انارة هي 91 واط.

وبتوصيل كل 6 تراكيب انارة على طور واحد يكون التيار المغذي لهذه الدائرة:

$$I = \frac{6 \times 91}{0.7 \times 220} = 3.54\ A.$$

وذلك باعتبار أن معامل القدرة لتركيب الانارة بمكثف هو (0.7).



الشكل (3) رسم تخطيطي لتوزيع تراكيب الانارة.

الملحق (ب)

(معجم المصطلحات الفنية)

(أ)	
إبهار	Glare
إبهار مباشر	Direct Glare
إبهار مزعج	Discomfort Glare
إبهار معيق	Disability Glare
إبهار منعكس	Reflected Glare
ابيض زيادة	Plus-white
اتساق	Coherence
اتصالات	Telecommunication
إحساس	Sensation
أحواض وحمامات مائية	Vats and Baths
ارتفاع التثبيت	Mounting Height
ارضية مكتملة الأنهاء	Finished Floor
أساس الألف لومن	Thousand Lumen Basis
استجمامي	Recreational
الاستكمال	Interpolation
الاستنارة	Illuminance
استنارة السطح	Task Illuminance
الاستنارة العملية	Service Illuminance
الاستنارة العملية القياسية	Standard Service Illuminance
استنارة غير اتجاهية	Scalar Illuminance
استنارة كروية متوسطة	Mean Spherical Illuminance
استنارة كلية	Total Illuminance
إطار تحضير النسيج	Fabric Preparation Creel
اعتبارات حرارية	Thermal Considerations
اعمال الحديد والصلب (الفولاذ)	Iron and Steel Works
أعمال الصفائح المعدنية	Sheet Metal Works

Gas Works	أعمال الغاز
Plastic Works	أعمال بلاستيك
Assembly Works	اعمال تجميع
Glass Works	اعمال زجاجية
Dye Works	اعمال صباغة
Pharmaceutical Works	أعمال صيدلانية
Casual Works	أعمال عرضية
Fine Chemical Works	أعمال كيميائية دقيقة
Shields	أغلفة
Electrodes	أقطاب كهربائية
Games	ألعاب
Circulation Areas	أماكن الحركة
Spray Booths	أماكن الرش بالدهان
Outdoors	أماكن خارجية
Illumination (Lighting)	إنارة
Standby Lighting	إنارة احتياطية
Display Lighting	إنارة معروضات
Escape Lighting	إنارة من أجل النجاة
Luminance	إنارية
Average Luminance	إنارية متوسطة
Mixed Reflection	انعكاس مختلط
Specular Reflection	انعكاس منتظم
Diffuse Reflection	انعكاس ناشر
Veiling Reflections	انعكاسات حاجبة
Reflectance	انعكاسية
Floor Cavity Reflectance	انعكاسية تجويف الأرضية
Ceiling Cavity Reflectance	انعكاسية تجويف السقف
Room Cavity Reflectance	انعكاسية تجويف الغرفة
Light Patterns	أنماط الضوء
Stroboscopic Patterns	أنماط تذبذبية

Finishes	إنهاءات
Acoustic Tiles	بلاطات عزل الصوت
General Considerations	توطئة عامة
Decorating	زخرفة (ديكور)
Air-handling	المعالجة الجوية
Average Illuminance	معدل الاستنارة
	(ب)
Rollers	بكرات
Rifle	بندقية
Between Comfort and Discomfort	بين الراحة والإزعاج
Old People Homes	بيوت المسنين
	(ت)
Directional Effects	تأثيرات اتجاهية
Stroboscopic Effects	تأثيرات تذبذبية
Contrast	تباين
Icing	تثليج
Modeling	تجسيم
Retouching	تحسين
Overlap	تراكب
Luminaries	تراكيب إنارة
Flicker	ترجرج
Colour Rendering	ترجيع اللون
Proof Luminaire	تركيب إنارة مضمون
Skating	تزلج على الجليد
Spinning	تشكيل
Fabrication	تصنيع
Rubber Processing	تصنيع المطاط
Classification	تصنيف
Veneer Sorting	تصنيف القشرة
British Zonal Classification (BZ)	تصنيف نطاقي بريطاني

Canning	تعليب
Cyclic Variation	تغيير دوري
Details	تفاصيل
Tinplate Inspection	تفتيش على القصدرة
Rectification	تقويم
Adaptation	تكيف
Polishing	تلميع
Upholstery	تنجيد
Table Tennis	تنس الطاولة
Tungsten Halogen	تنغستون هالوجين
	(ج)
Flux Fraction	جزء الدفق
Regular Tetrahedron	جسم رباعي الأوجه منتظم
Visual Task	جسم مرئي
Blackbody Radiator	جسم مشع اسود
Burnishing	جلي بالحك
	(ح)
Cubicles	حجيرات
Acuity of Visual Task	حدة السطح المرئي
Preserving	حفظ
Visual Field	حقل إبصاري (مرئي)
Rink	حلبة
	(خ)
Boarder Line	خط الفصل
Isolux Contours	خطوط كونتورية للاستنارة المتساوية
Cosine-Corrected Photocell	خلية ضوئية معدلة لجيب التمام
Image	خيال
Jute	خيش
	(د)
Warm	دافئ

Degree of Glare	درجة الإبهار
Lightness	درجة اللون
Colour Temperature	درجة حرارة اللون
Correlated Colour Temperature	درجة حرارة لون مناظرة
Luminous Flux	دفق منير
Glare Index	دليل الإبهار
Colour Rendering Index	دليل ترجيع اللون
Emulsion	دهان مستحلب
	(ر)
Code Number	رقم رمزي
Shooting	رمي
Indoor Sports	رياضة داخلية
	(ز)
Solid Angle	زاوية مجسمة
	(س)
Lead-lag	سابق- لاحق
Teak	ساج
External Aprons	ساحات خارجية
Indoor Courts	ساحات داخلية
Steradian	ستريديان
Hauling	سحب
Brightness	سطوع
General Brightness	سطوع عام
	(ش)
Luminous Intensity	الشدة المنيرية
	(ص)
Buffing	صقل
Mattress Making	صناعة الحشوة
Watch Making	صناعة الساعات
Wood Wool	صوف خشبي

(ض)	
ضوء نهار	Daylight
ضوء نهار اصطناعي	Artificial Daylight
(ط)	
طاولات الترطيب	Wetting Tables
طباعة استدلالية	Proof-press
طبيعة الأشخاص	Modeling of People
طريقة اللون للتصميم	Lumen Design Method
طريقة معامل المظهر	Aspect Factor Method
طوب فلاتون	Fletton
(ع)	
عامل الانارية	Luminance Factor
عامل الصيانة	Maintenance Factor
عامل الكابح	Ballast Factor
عامل ترجيع اللون	Colour Rendering Factor
عامل ضوء النهار	Daylight Factor
عامل نقصان الضوء	Light Loss Factor
عمل عارض	Casual Work
عمليات صناعية	Processes
(غ)	
غائرة	Recessed
غرف أجهزة المعايرة والأدوات	Gauge and Tool Rooms
غرف الاستشارات الطبية	Consulting Rooms
غرف الأكل	Dining Rooms
غرف البضائع	Stock Rooms
غرف التشكيل	Composing Rooms
غرف الجراحة	Surgeries
غرف الغلايات (المراجل)	Boiler Houses
غرفة الإسقاط	Projection Room
غير اتجاهي	Scalar

Matt	غير لامع
	(ق)
Visibility	قابلية الرؤية
Assembly Halls	قاعات الاجتماعات
Auditoria	قاعات الاستماع
Concert Halls	قاعات الاستماع للموسيقى
Etching	قالب
Foot-candle	قدم– شمعة
Proof Reading	قراءة تصحيحية
Cotton	قطن
Candela	قنديل
Lighting Criteria	قواعد الإنارة
	(ك)
Cafeteria	كافتيريا
Cricket	كريكيت (لعبة)
Quantity of Light	كمية الضوء
	(ل)
Glossy	لامعة
Soldering	لحام عادي (بالقصدير)
Welding	لحام كهربائي
Squash	لعبة الاسكواش
Bed Plate	لوحة
Lux	لوكس
Lumen	لومن
Chromaticity	لونية
	(م)
Industrial Building	مبانٍ صناعية
Transport Terminal Building	مباني محطات نقل
Illumination Vector	متجه الإنارة
Museum	متحف

Back to Back	متعاكسين ومتراصين
Multipurpose	متعدد الأغراض
Intermediate	متوسط
Mean cylindrical Illuminance	متوسط الاستنارة الاسطوانية
Flow Chart	مخطط انسيابي
Entrances	مداخل
Garages	مرائب
Forges	مسابك
Type Foundries	مسابك حروف الطباعة
Theatres	مسارح
Hospitals	مستشفيات
Ware Houses	مستودعات السلع
Working Plane	مستوى العمل
Pistol	مسدس
Slaughter House	مسلخ
Fall Radiator	مشع كامل
Workshop	مشغل
Plating Shop	مشغل تصفيح
Paint Shop	مشغل دهان
Die Sinking Shop	مشغل صب المعادن
Engraving Shop	مشغل نحت
Factories	مصانع
Lamp	مصباح
Low Pressure Sodium Lamp	مصباح بخار الصوديوم ذي الضغط المنخفض
Metal Vapour Lamp	مصباح بخار فلزي
High Intensity Discharge Lamp	مصباح تفريغ عالي الشدة
Discharge Lamp	مصباح تفريغي
Incandescent Lamp	مصباح توهجي
Fluorescent Lamp	مصباح فلوري
Tubular Fluorescent Lamp	مصباح فلورية أنبوبية

Halide Lamp	مصباح هاليدي
Metal Halide Lamp	مصباح هاليدي فلزي
Racket	مضرب
Kitchens	مطابخ
Canteen	مطعم
Utilization Factor	معامل الاستفادة
Room Index	معامل الغرفة
Dimmer	معتام
Equipment	معدات
Standard Average of Eye Sight	المعدل القياسي للنظر
Retorts	معوجات
Two Way Switch	مفتاح ذو طريقين
Circuit Efficacy	مفعولية الدائرة
Luminous Efficacy	المفعولية المنيرية
Offices	مكاتب
Server	مكان الحصول على الخدمة
Libraries	مكتبات
Gymnasia	ملاعب مسقفة
Lighting Systems	منظومات إنارة
Emergency Lighting systems	منظومات إنارة في حالة الطوارئ
Matching	مواءمة
Car Parks	مواقف السيارات
(ن)	
Flat Uniform	ناشر منتظم ومنبسط
Uniformity Ratio	نسبة الانتظامية
Spacing/Height Ratio	نسبة التباعد الى الارتفاع
Optical Output Ratio	نسبة الخرج البصري
Direct Ratio	النسبة المباشرة
Flux Fraction Ratio	نسبة جزء الدفق
Upward Light Output Ratio	نسبة خرج الضوء الصاعد

Working Light Output Ratio	نسبة خرج الضوء العامل
Weaving	نسج
Day lighting System	نظام الإنارة باستعمال ضوء النهار
Combined System	نظام مشترك
British Zonal System	نظام نطاقي بريطاني

الهيئة العامة للمباني

مشروع المدونات و المواصفات العراقية

www.codat.imariskan.gov.iq

E.mail:moch.codat@codat.imariskan.gov.iq

moch.codat@yahoo.com

moch.codat@gmail.com