# الفصل السابع : الإضاءة الطبيعية

- مقدمة
- أشكال الإضاءة الطبيعية
- تعريفات
- المجال البصرى
- التباين
- الزغللة
- مكونات الإضاءة الطبيعية الداخلية
- قياس مركبات الإضاءة الطبيعية الداخلية
  * مركبة السماء
  * المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية
  * المركبة المنعكسة من العناصر الداخلية
  * العوامل المؤثرة فى مركبات الضوء
- معامل الإضاءة الطبيعية
- توزيع الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ
- تصميم الإضاءة الطبيعية
  * طريقة CIE
  * الطريقة التجريبية
  * اعتبارات هامة فى تصميم الإضاءة
  * اعتبارات خاصة لاستخدام الإضاءة الطبيعية فى المناطق الحارة

الفصل السابع

# الإضاءة الطبيعية

**مقدمة :**

يحقق استخدام الإضاءة الطبيعية Daylight الراحة البصرية والنفسية لدى الكثيرين . فقد دلت الدراسات على تفضيلها على الإضاءة الصناعية حيث تتعدد مميزاتها ، إذ يسبب التوجيه الأفقى للأشعة الضوئية شكلاً معقولاً للظلال وحداً أدنى للانعكاسات المزعجة وإضاءة ممتازة للأسطح الرأسية . كذلك فإن تنوعه التدريجى على مدى ساعات النهار يؤدى إلى تأقلم العين دون مجهود ، فيعتبر هذا تمريناً بصرياً مفيداً ، وفى نفس الوقت بعداً عن ملل الإضاءة الثابتة .

وعلاوة على ذلك تعتبر الإضاءة الطبيعية الوسط الصحيح لمراجعة وتكوين الألوان ، كما أن الحرارة الناتجة عن استعمالها تقل كثيراً عن معظم أنواع الإضاءة الصناعية .

وفى المناطق الحارة تتوافر الإضاءة الطبيعية لفترة طويلة من اليوم .

وتعتبر الإضاءة الطبيعية ناجحة عندما تحقق هدفين أساسيين :

أولهما إنارة الفراغ الداخلى ومحتوياته بطريقة منتظمة تحقق الجمال والراحة النفسية والبصرية .

وثانيهما التركيز على أغراض معينة لتوضيح ملمسها وشكلها ، أو فى حالة وجود نشاط معين مثل القراءة مثلاً يتم إنارة المكان بدرجة تسمح بتأدية هذا النشاط بكفاءة عالية .

وبالتأكيد فإن تحقيق الغرض الثانى يكون أسهل عندما يكون مكان النشاط ثابتاً مثل القراءة أو الكتابة إذ يمكن تحديد أماكن المناضد والمقاعد المثلى بالنسبة لمصدر الضوء ، وبالطبع تزداد العملية صعوبة حينما تتعدد وظائف المكان الواحد .

## أشكال الإضاءة الطبيعية :

الشمس هى مصدر الضوء الطبيعى ، وتتوقف شدة الإضاءة فى مكان معين وفى ساعة محددة على زوايا سقوط أشعة الشمس التى تتغير بتغير خط العرض والتاريخ وساعات النهار ، كذلك على الحالة الجوية من حيث وجود سحب أو غبار أو سقوط مطر ، وأيضاً على تأثير خصائص الموقع من حيث وجود حواجز طبيعية أو مصطنعة تؤدى إلى انعكاسات متعددة .

ونتيجة للتغير اللا محدود للعوامل السابقة ، كان من الضرورى تحديد الحالات الرئيسية لأشكال الإضاءة الطبيعية أو ما يطلق عليه حالات السماء المضيئة وهى :

١ - السماء المغطاة كلية بالسحب Completely Overcast Sky

٢ - السماء المغطاة جزئياً بالسحب Partly Cloudy Sky

٣ - السماء الصافية بدون شمس Clear Sky Without Sun

٤ - ضوء الشمس المباشر Direct Sunlight

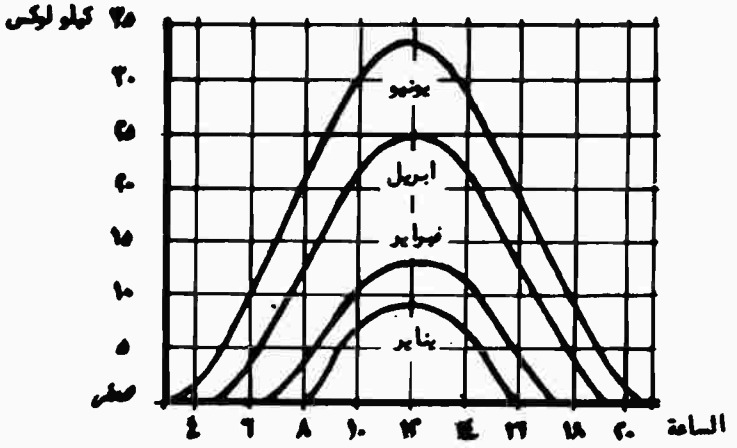
ويمكن تعريف وشرح كل حالة من الحالات الأربع السابقة كما يلى :

١ - *السماء المغطاة كلية بالسحب Completely Overcast Sky :*

وهذه الحالة شبه مستمرة بالنسبة للبلاد التى تقع فى شمال خط عرض ٤٨° مثل إنجلترا والدول الإسكندنافية ، وفيها يكون توزيع شدة لمعان السماء غير منتظم حيث يبلغ عند الأفق $\frac{1}{3}$ قيمته عند نقطة الأوج Zenith ، وفى هذه الحالة تبلغ شدة الإضاءة على المستوى الأفقى حوالى مرتين ونصف شدة الإضاءة على المستوى الرأسى .

٢ - السماء المغطاة جزئياً بالسحب Partly Cloudy Sky :

حتى الآن لم يتم التوصل لطريقة تعبر رياضياً عن توزيع شدة اللمعان لمثل هذا النوع من حالات السماء ، وذلك لتغيرها اللانهائى . ومع ذلك أمكن عن طريق المعلومات الإحصائية التى تسجلها مكاتب الأرصاد عن حالة السماء فى الأماكن المختلفة الوصول إلى جداول أوجدت علاقة بين نسبة السماء المغطاة والقوة الضوئية المناظرة فى أيام معلومة ( شكل ٩٠ ) . وهذه الجداول يمكن تطبيقها على جميع حالات السماء .




شكل ٩٠ : تمثل المنحنيات نسبة السماء المغطاة فى أيام معلومة

٣ - السماء الصافية بدون شمس Clear Sky Without Sun :

يمكن اعتبار الفترة قبل ظهور الشمس فى الصباح وبعد غروبها حالة السماء بدون شمس . ولكن المقصود هنا هو الإضاءة التى تصل إلى المبانى من السماء فقط دون التعرض المباشر لأشعة الشمس مثل الواجهات الشمالية والواجهات الشرقية والغربية فى الأوقات التى لا تكون الشمس واقعة عليها . وقد تم فصل حالتى السماء الصافية بالشمس وبدونها ( أى الحالة ٣ والحالة ٤ ) وذلك نظراً لأن شدة لمعان السماء ترتفع كثيراً بوجود الشمس ؛ وهذا النوع من الضوء - أى السماء الصافية بدون شمس - هو المطلوب حيث يحقق انتظاماً فى توزيع الإضاءة .

وفى هذه الحالة يكون توزيع شدة لمعان السماء عكس الحالة الأولى ، حيث تبلغ عند نقطة الأوج $\frac{1}{3}$ قيمتها عند الأفق .

٤ - ضوء الشمس المباشر *Direct Sunlight* :

فى المناطق الاستوائية بالإمكان أن تصل شدة الاستضاءة لهذه الحالة إلى ١٠٠ر٠٠٠ لوكس وفى حالة ضوء الشمس المباشر تكون الأشعة الضوئية موحدة فى الاتجاه ، والظلال حادة والتباين شديد ، وتصبح الأسطح العاكسة المحيطة مصدراً للزغللة .

وهذا النوع من الإضاءة غير مفضل سواء بسبب عدم الراحة البصرية التى يسببها أو بسبب الحرارة التى تصاحبه . وتكون معالجته والتحكم فيه بوساطة الطرق السابق ذكرها ( أنظر الفصل الثانى ) .

**تعريفات :**

القوة الضوئية Luminance or luminous flux or Brightness

وهى كمية الضوء التى يشعها أو ينقلها أو يعكسها المصدر وتقاس " باللومن " Lumen .

شدة الإضاءة Illuminance

وهى كمية الضوء الساقطة على وحدة مساحة وتقاس " باللوكس " Lux ، وعلى هذا فإن ١ لوكس = ١ لومن/م$^{٢}$ .

ولا يمكن تقدير شدة الإضاءة ذاتها إلا بمقدار إضاءة أو إعتام السطح التى تسقط عليه . وتؤثر زاوية سقوط الأشعة الضوئية وزاوية انعكاسها إلى حد ما فى شدة الإضاءة .

قوة العكس Reflectance

وهى تتدرج من ١ فى سطح يعكس كل الأشعة الضوئية التى تسقط عليه إلى صفر فى سطح يمتص كل الأشعة الساقطة عليه ، كما يمكن أن يعبر عن هذه القيم

بالنسب المئوية ويبين الجدول التالى قوة العكس لبعض مواد نهو الأسطح الداخلية للفراغ ( جدول ٤ ) .

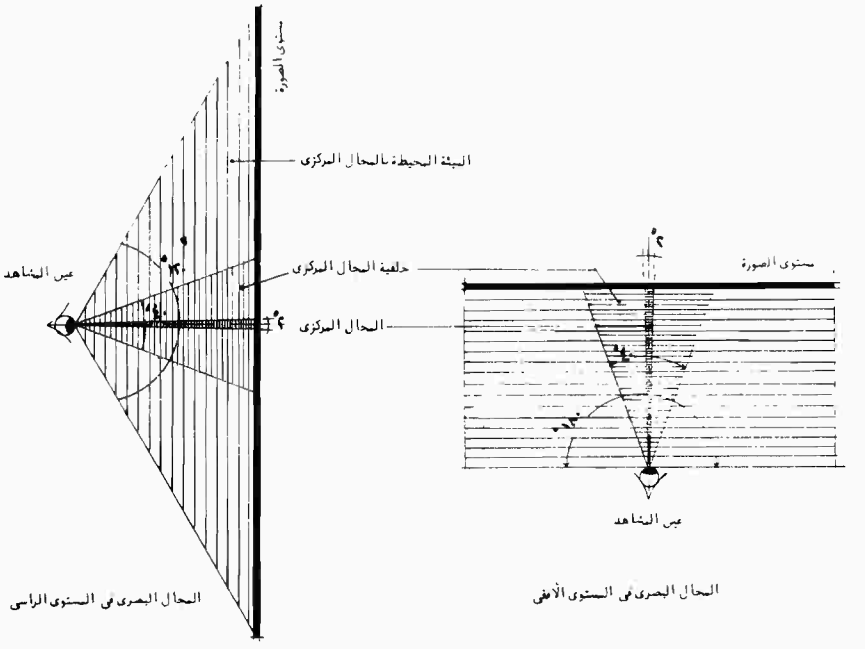
جدول ( ٤ )

| السطح | قوة العكس | مواد النهو المستخدمة |
|---|---|---|
| الأسقف | ٨ر. | دهان أبيض عالق بالماء على سطح بياض عادى . |
| | ٧ر. | دهان أبيض عالق بالماء على ترابيع إكوستوب . |
| | ٦ر. | دهان أبيض عالق بالماء على خرسانة ظاهرة . |
| | ٥ر. | دهان أبيض عالق بالماء على سقف خشبى . |
| الحوائط | ٨ر. | دهان أبيض عالق بالماء على سطح بياض عادى أو على بلاطات مصقولة . |
| | ٤ر. | ألواح أسبستوس أسمنتية ، أو خرسانة أسمنتية ناعمة . |
| | ٣ر. | طوب مبانى أو واجهات . |
| | ٢٥ر. | خرسانة أسمنتية على لونها غير معالجة . |
| | | ألواح خشب ماهوجنى أو قرو . |
| | ٢ر. | ألواح خشب التيك . |
| | ١٥ر. | طوب مبانى أو حجر بازلتى . |
| الأرضيات | ٣٥ر. | أرضية خشب موسكى . |
| | ٢٥ر. | أرضية خشب قرو . |
| | ٢٠ر. | أرضية خشب تيك . |
| | ١٠ر. | بلاطات أرضية خشنة ، طوب رصف أحمر . |

وكلما ازدادت قوة عكس الأسطح الداخلية لفراغ قل امتصاص الضوء مما يؤدى إلى انخفاض الكمية المطلوبة لإضاءة الفراغ . ومن الأسطح ما يعكس الأشعة موزعة مثل الورق المصقول ، ومنها ما يعكس الأشعة دون توزيع مثل المرآة .

**المجال البصرى Visual Field :**

ويحتوى على مجال الرؤية Field of Vision ، وهى المساحة المرئية عند تثبيت كل من العينين والرأس ، ثم مجال النظر Field of View وهى المساحة التى يمكن رؤيتها عند تحريك العينين مع الاحتفاظ بالرأس ثابتة ( شكل ٩١ ) .




**شكل ٩١ : المجال البصرى**

ويستعمل لفظ المجال البصرى أيضاً للتعبير عن مجال الرؤية الذى ينقسم إلى ثلاث مناطق :

أ - المجال المركزى : وينحصر فى زاوية رؤية مقدارها ٢° وذلك عند تركيز النظر على شىء ما بعينه .

ب - خلفية المجال المركزى : وتنحصر فى زاوية رؤية مقدارها ٤٠° وهى المنطقة الخلفية لنقط التركيز .

جـ - البيئة المحيطة بالمجال المركزى : وتصل إلى زوايا رؤية رأسية مقدارها ١٢٠° وأفقية مقدارها ١٨٠° ، وهى الصورة العامة أو البانوراما التى تراها العين دون تركيز .

**التباين Contrast :**

تتطلب الراحة والكفاءة البصرية توزيعاً جيداً للتباين فى مجال الرؤية . إذ يجب أن يحظى الغرض وموقعه فى المجال المركزى بدرجة أعلى من الإضاءة عن البيئة المحيطة . وإن لم يحدث هذا فإن الغرض يتداخل مع الخلفية والبيئة المحيطة ، ويصبح على العين أن تبذل مجهوداً لرؤيته مما يسبب تعبها . ومع ذلك يجب ألا يبالغ فى هذا التباين.

ويبين الجدول التالى نسباً مقترحة لشدة الإضاءة فى مناطق مجال الرؤية الثلاث.

| | المجال المركزى | | خلفية المجال المركزى | | البيئة المحيطة |
|---|---|---|---|---|---|
| الحد الأدنى | ٥ | : | ٢ | : | ١ |
| الحد الأقصى | ١٠ | : | ٣ | : | ١ |

**الزغللة Glare :**

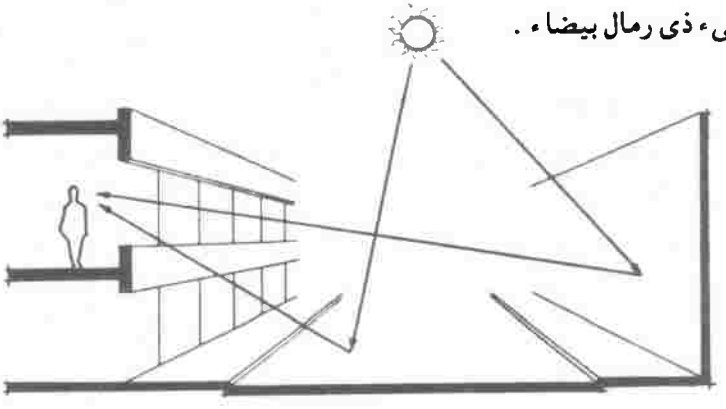
تحدث الزغللة نتيجة عاملين هما التباين والتشبع ، فعندما تزيد درجة التباين فى مجال الرؤية عن ١ : ١٠ أو عندما تزيد شدة إضاءة الغرض عن ٢٥٠٠٠ لوكس يحدث انخفاض فى القدرة على الرؤية لأن تأقلم العين لشدة الإضاءة يتم فى مدى معين ، وينتج عن ذلك إرهاق للعين وعدم قدرة على رؤية المنطقة الأقل إضاءة .

وهناك نوعان من الزغللة ، النوع الأول يعوق الرؤية Disability Glare وليس من الضرورى أن يسبب تعباً للعين ، والنوع الثانى يرهق العين Discomfort Glare ، وليس من الضرورى أيضاً أن يقلل من كفاءة الرؤية ، وقد يجتمع النوعان .

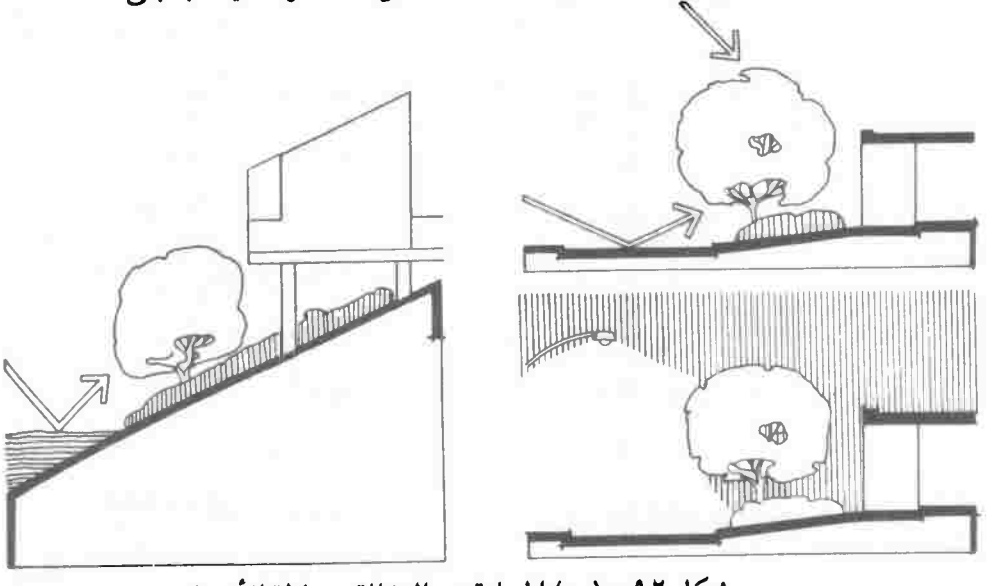
ومن الأمثلة التقليدية للنوع الأول الشباك الموجود فى نهاية ممر معتم يجعل من الصعب رؤية ملامح أى شخص أو تفاصيل الأشياء أمام الشباك .

أما النوع الثانى فيمثله الأشعة المنعكسة من بركة مياه مثلاً على واجهة تؤدى إلى إرهاق عين المشاهد الموجود بها حتى لو كانت هذه الواجهة شمالية .

ولا يتم علاج الزغللة أو تلافيها بالحسابات ، بل بالوضع السليم لعناصر التصميم وتنسيق الموقع من برك مياه وأشجار ومسطحات خضراء ( شكل ٩٢ ) . ويتوقف الحد المقبول للزغللة على نوع النشاط أو الغرض فيقل كلما زادت الدقة المطلوبة . كما تتوقف قوة الإضاءة المقبولة على نوعية مجال النظر ، ففى حالة مسطحات ممتدة قد تكون ١٠٠٠٠٠ لوكس مقبولة ، لكنها تصبح غير محتملة فى حالة شاطىء ذى رمال بيضاء .



شكل ٩٢ : (أ) الزغللة المنعكسة من العناصر المحيطة بالمبنى



شكل ٩٢ : (ب) الحماية من الزغللة بوساطة الأشجار

## مكونات الإضاءة الطبيعية الداخلية :

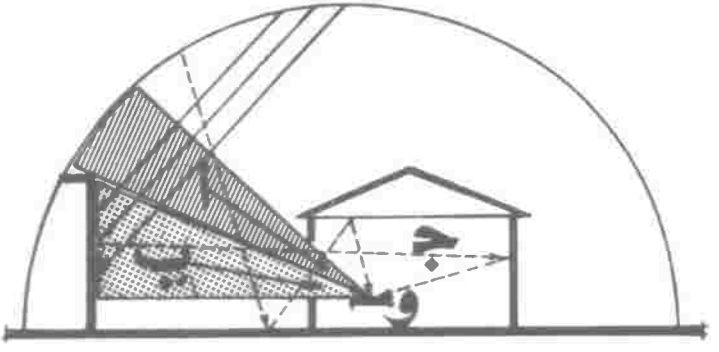
يمكن تحليل ضوء النهار الذى يصل إلى نقطة فى الفراغ الداخلى إلى ثلاثة مركبات Components ( شكل ٩٣ ) .

١ - مركبة السماء ( Sky Component ( SC وهو الضوء الصادر من الجزء المرئى من السماء فى هذه النقطة .

٢ - المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية Externally Reflected Component ( ERC ) وهو الضوء المنعكس من أسطح واجهات المبانى الخارجية المقابلة .

٣ - المركبة المنعكسة من العناصر الداخلية Internally Reflected Component ( IRC ) وهو الذى يصل إلى النقطة بعد دخوله من النافذة وانعكاسه على الأسطح الداخلية .

ويُعلل هذا التحليل إلى العناصر الثلاثة بوجود مؤثرات خارجية مختلفة لكل عنصر على حدة .




شكل ٩٣ : مكونات الإضاءة الطبيعية لنقطة ( و )

(أ) مركبة السماء

(ب) المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية

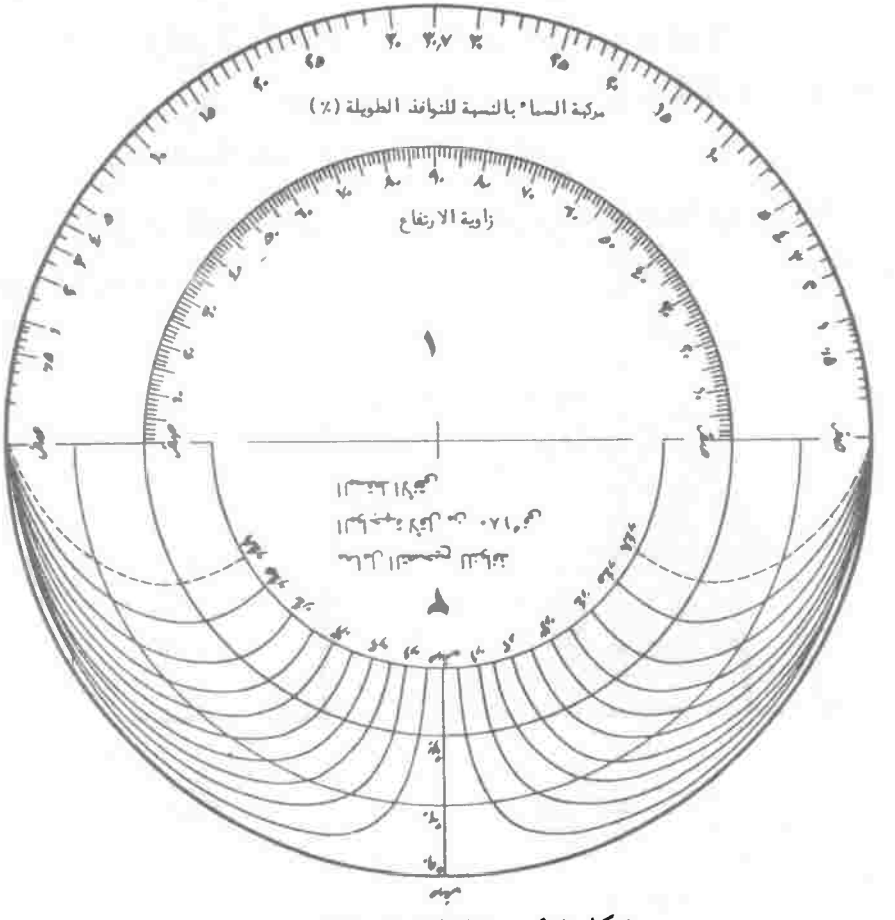
(جـ) المركبة المنعكسة من العناصر الداخلية

## قياس مركبات الإضاءة الطبيعية الداخلية :

### *مركبة السماء :*

ويتم إيجادها بيانياً وتستخدم فى ذلك منقلة خاصة ( شكل ٩٤ ) ، حيث تنقسم إلى جزأين - الأعلى رقم ١ وهو خاص بقياس مركبة السماء فى القطاع الرأسى للغرفة وعليه تدريجان ، الداخلى يقيس زاوية الارتفاع والخارجى يقيس مركبة السماء.

أما الجزء الأسفل رقم ٢ فهو خاص بتصحيح الخطأ الناجم عن تغير عرض الشباك وذلك فى المسقط الأفقى .




شكل ٩٤ : منقلة الإضاءة الطبيعية

ويتبع الخطوات التالية فى القياس ( شكل ٩٥ ) :

١ - يرسم قطاع رأسى فى الغرفة عمودى على مستوى الشباك .

٢ - يحدد مستوى النشاط فى نقطة معلومة يرمز لها ( و ) وهى المطلوب قياس المركبة بها .

٣ - يتم توصيل النقطة ( و ) بجلسة الشباك ( جـ ) ، ويعتب الشباك (ع).

٤ - توضع المنقلة بحيث ينطبق مركزها مع النقطة ( و ) وتنطبق قاعدتها مع الخط الأفقى المار بمستوى النشاط Working Plane .

- تقرأ القيم حيث يقطع الخطان ( ع و ) ، ( جـ و ) التدريج الخارجى للمنقلة ليكون الفرق هو مركبة السماء .

- يمكن الحصول على متوسط زاوية ارتفاع الأشعة الضوئية بقراءة القيم على التدريج الداخلى للمنقلة وجمعها ثم قسمتها على ٢ لإعطاء المتوسط (أنظر المثال على الشكل) .

*معامل التصحيح أو القياس فى المسقط الأفقى :*

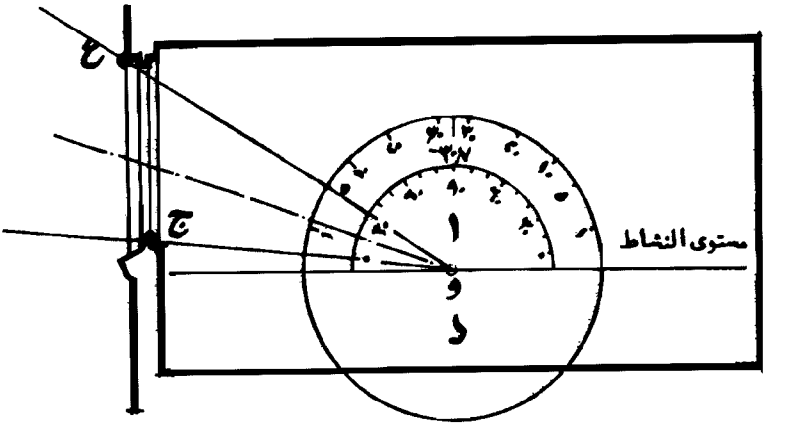
يلاحظ أن القياس السابق يعطى مركبة السماء بالنسبة لشباك معلوم الارتفاع ( فى القطاع الرأسى ) ولكن غير محدد العرض ( فى المسقط الأفقى ) ، ولإيجاد معامل التصحيح يستعمل الجزء الأسفل رقم ٢ من المنقلة ، ويتبع فى ذلك الخطوات التالية :

١ - يرسم مسقط أفقى للحجرة مع تحديد فتحة الشباك والنقطة ( و ) .

٢ - توصل النقطة ( و ) بنهايتى الشباك ( م ) ، ( ن ) .

٣ - توضع المنقلة بحيث ينطبق مركزها مع النقطة ( و ) وتوازى قاعدتها خط الشباك بحيث تكون القراءات مواجهة للشباك .

٤ - يرسم على المقياس من صفر إلى ٩٠° نصف دائرة وهمى ( منقط )



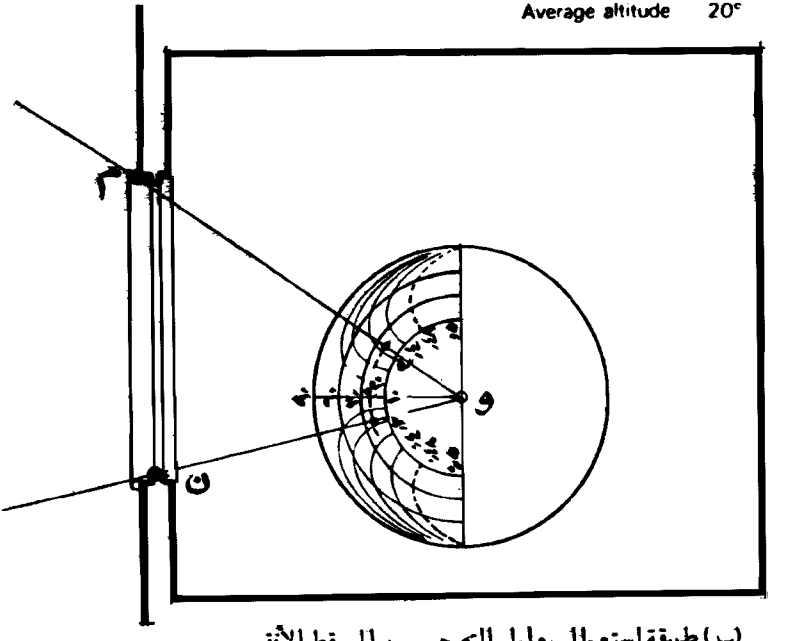

(ا) ع و ٤ر٨ (و) نقطة معلومة (ج) جلسة

ج و ٢ر٠ (ع) عتب

مركبة السماء الأصلية ٤ر٦٪

زاوية الارتفاع المتوسطة = ٢٠°

Average altitude 20°




(ب) طريقة استعمال معامل التصحيح من المسقط الأفقى

تؤخذ القراءة على الدائرة ٢٠°

م و ٣٢ر٠

ن و ١٨ر٠

معامل التصحيح ٥٠ر٠

مركبة السماء الفعلية : ٤ر٦ × ٥٠ر٠ = ٣ر٢٪

شكل ٩٥ : قياس مركبة السماء

ليحدد زاوية الارتفاع السابق إيجادها فى القياس على القطاع الرأسى ( وهى هنا ٢٠° ) .

٥ - تحدد نقط تقاطع نصف الدائرة المنقطة مع ( م و ) ، ( ن و ) وتقرأ قيمتها على المنحنيات المبينة على المقياس الداخلى .

فيكون معامل التصحيح هو :

- مجموع القراءتين ، إذا كانت نقطتا التقاطع تقعان على جانبى محور المنقلة الأفقى .

- أو فرق القراءتين ، إذا كانت نقطتا التقاطع تقعان على جانب واحد فقط من المحور ويعطى حاصل ضرب معامل التصحيح فى مركبة السماء الأصلية (من القياس الأول) المركبة الخاصة بالشباك المعلوم عرضه وارتفاعه .

### *المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية :*

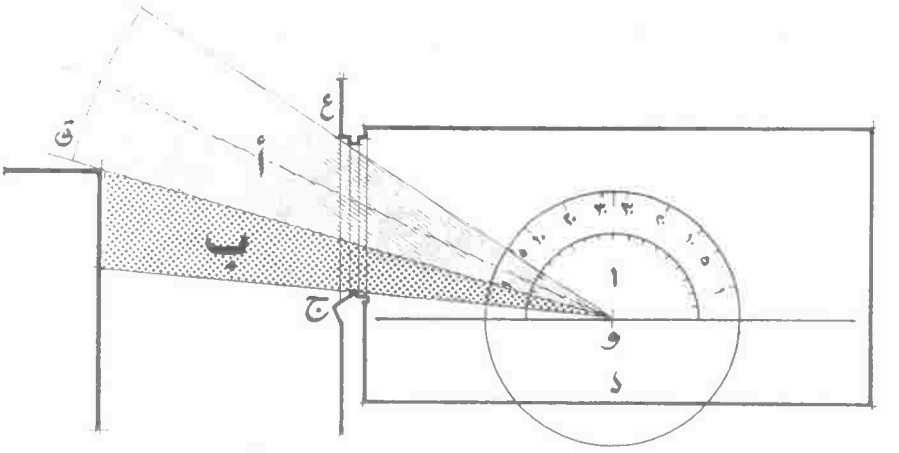
وتستعمل بها نفس المنقلة السابقة ( شكل ٩٦ ) .

إذا كان هناك عائق أمام الشباك ، يكون الحد الأسفل لمركبة السماء خطاً مستقيماً يرسم من النقطة ( و ) إلى أعلى نقطة فى هذا العائق . ويمثل الجزء المحصور بين هذا المستقيم والمستقيم ( جـ و ) الواصل بين الجلسة والنقطة ( و ) المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية ، وتتم قراءته على التدريج الخارجى مثل ما تم فى قياس مركبة السماء ويطبق التصحيح بنفس الطريقة السابق ذكرها .

### *المركبة المنعكسة من العناصر الداخلية :*

لتبسيط قياس هذه المركبة وبعيداً عن الطرق الحسابية تم إعداد مقياس خاص لإيجاد متوسطات المركبة المنعكسة الداخلية لضوء النهار ( شكل ٩٧ ) وذلك باتباع الخطوات التالية :

١ - إيجاد نسبة مسطح الشباك إلى المسطح الكلى ( السقف + الأرضية + الحوائط بما فيها الشبابيك ) ثم توقيعها على المقياس ( أ ) .




شكل ٩٦ : قياس المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية

(أ) مركبة السماء (ب) المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية

(ق) أعلى نقطة فى العائق

تؤخذ القراءات كالتالى :

وع ⟵ ٤,٨ ، وق ⟵ ٠,٩ ، وج ⟵ ٠,٢

مركبة السماء (أ) = ٤,٨ - ٠,٩ = ٣,٩٪

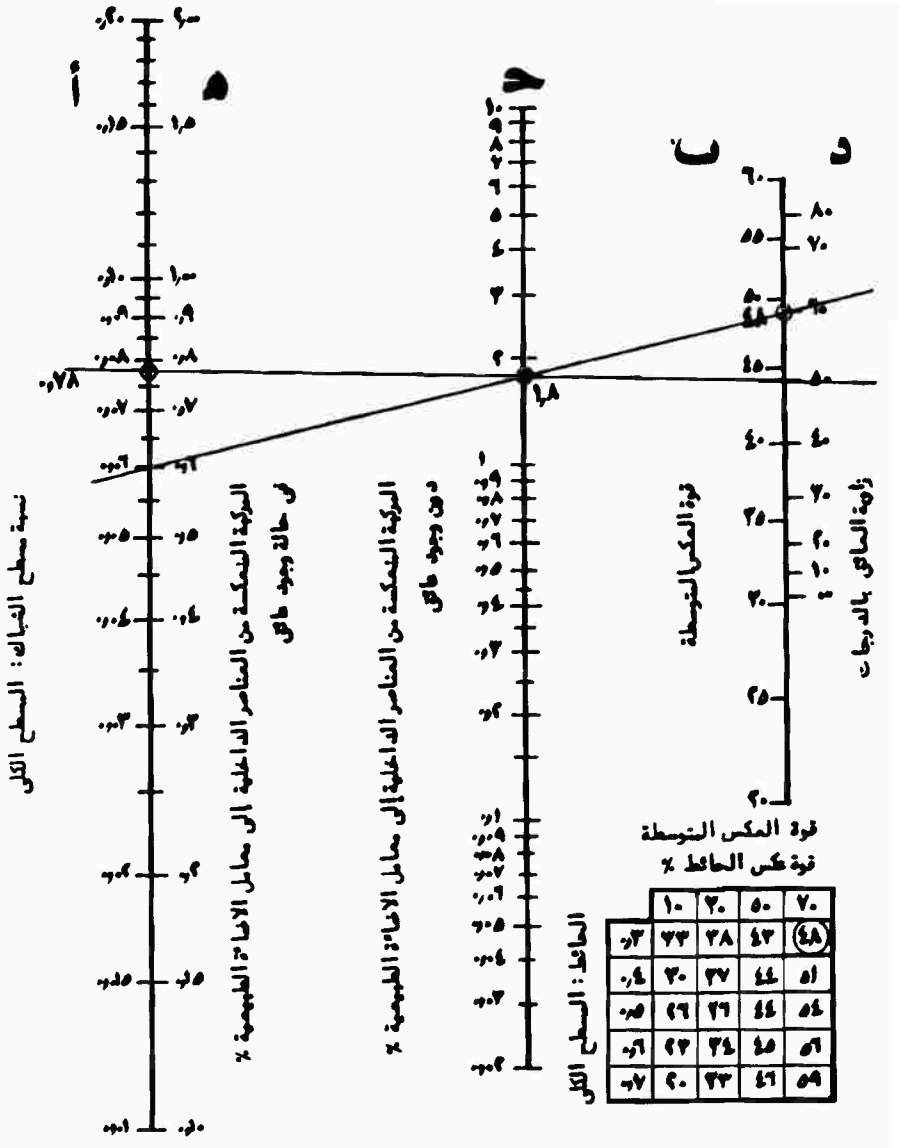
المركبة المنعكسة (ب) = ٠,٩ - ٠,٢ = ٠,٧٪

٢ - إيجاد متوسط قوة العكس باستخدام الجدول الموجود بالمقياس ، ويكون ذلك بإيجاد نسبة مسطح الحائط موضع الدراسة بالنسبة للمسطح الكلى وتوقيعه على العمود الأفقى ، ثم إيجاد قوة العكس ( ٪ ) لمادة نهو الحائط ( راجع جدول ٤ ) وتوقيعها على العمود الرأسى ، ثم قراءة القيمة المطلوبة من تلاقى الرقمين فى الجدول .

٣ - توقع القيمة الناتجة من الخطوة السابقة على المقياس ( ب ) .

٤ - رسم مستقيم يصل بين القيمتين على ( أ ) ، ( ب ) فيعطى تقاطعه مع المقياس ( جـ ) قيمة المركبة المطلوبة .

٥ - فى حالة وجود عائق خارجى تحدد زاوية ارتفاع أعلى نقطة بالعائق على المقياس ( د ) .




شكل ٩٧ : قياس المركبة المنعكسة من العناصر الداخلية

٦ - رسم مستقيم يصل بين النقطة الموجودة على المقياس ( د ) والنقطة التى تم إيجادها على المقياس ( جـ ) من خطوة رقم ٤ ، وتحدد نقطة تقاطع هذا المستقيم مع المقياس ( هـ ) المركبة المنعكسة المعدلة .

بفرض أن :

نسبة مسطح الشباك : المسطح الكلى = ٦ر٠

نسبة الحائط موضع الدراسة : المسطح الكلى = ٣ر٠

قوة عكس الحائط = ٧ر٠

زاوية العائق الخارجى = ٥٠٪

∴ قوة العكس المتوسطة = ٤٨٪ ( من الجدول )

، المركبة المنعكسة من العناصر الداخلية دون اعتبار العائق = ١,٨٪ ( من المقياس جـ )

، المركبة المعدلة المنعكسة من العناصر الداخلية باعتبار العائق = ٠,٧٨٪ (من المقياس هـ)

## *العوامل المؤثرة فى مركبات الضوء :*

وتتأثر المركبات الثلاث السابق ذكرها بثلاثة عوامل يجب أخذها فى الاعتبار عند التصميم وهى :

أ - عوامل الصيانة ( ص ) Maintenance Factor ، أى نظافة الزجاج ومعالجة أية أسباب أخرى تؤثر على درجة نقاء شفافيته ، والجدول التالى يوضح هذا المعامل فى منطقة صناعية نظيفة وأخرى ملوثة :

جدول ( ٥ ) : معامل الصيانة للزجاج

| الموقع | زاوية الميل | استخدام الغرفة | |
|---|---|---|---|
| | | صناعة نظيفة أو أى غرض آخر | صناعة ملوثة |
| منطقة صناعية نظيفة | رأسية | ٩ر. | ٨ر. |
| أو منطقة غير صناعية | مائلة | ٨ر. . | ٧ر. |
| | أفقية | ٧ر. | ٦ر. |
| منطقة صناعية ملوثة | رأسية | ٨ر. | ٧ر. |
| | مائلة | ٧ر. | ٦ر. |
| | أفقية | ٦ر. | ٥ر. |

ب - عامل الزجاج ( ز ) Glass Factor ، ويطبق على أنواع الزجاج غير الشفافة ، والجدول التالى يوضح هذا المعامل :

جدول ( ٦ ) معامل الزجاج غير الشفاف

| نوع الزجاج | المعامل |
|---|---|
| زجاج مصنفر نمره ١ | ١ر. . |
| زجاج مصقول مسلح بأسلاك رفيعة | ٩٥ر. |
| زجاج مسلح بأسلاك رفيعة | ٩٠ر. |
| زجاج مموج غير مصقول | ٩٥ر. |
| زجاج ملون | ١ر. . |
| زجاج معشق | ٨٠ر. - ٩٥ر. |
| زجاج ٦ مم ضد الشمس | ٨٥ر. |
| زجاج ٦ مم كالوركس | ٥٥ر. |
| زجاج عادى مزودج | ٨٥ر. |
| ألواح بلاستيك شفافة | ٦٥ر. - ٩٠ر. |

جـ - القضبان وحلوق الشبابيك أو أية عوائق يمكن أن تقلل من المسطح المؤثر للشباك وعموماً يستخدم القانون :

$$\text{معامل القضبان ( ق )} = \frac{\text{المسطح الصافى للزجاج}}{\text{المسطح الكلى للشباك}}$$

وفى حالة عدم توفر معلومات دقيقة يؤخذ معامل القضبان ( ق ) كالتالى :

| نوع مادة الشباك | المعامل ( ق ) |
|---|---|
| حلق وعضم الشباك من المعدن ( كريتال أو ألومنيوم ) | ٨٠ر. - ٨٥ر. |
| عضم الشباك كريتال أو ألومنيوم على حلق خشب | ٧٥ر. |
| حلق وعضم الشباك من الخشب | ٦٥ر. - ٧٠ر. |

فإذا كانت محصلة القوة الضوئية $\phi$ ، تكون القوة الضوئية الفعلية التى دخلت الغرفة $\phi'$ هى :

$\phi' = \phi$ × ص (معامل الصيانة) × ز(معامل الزجاج) × ق(معامل قضبان)

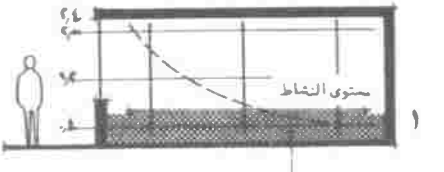
وبقسمة القوة الضوئية الفعلية $\phi'$ على مسطح الغرفة يمكن الحصول على متوسط شدة الإضاءة .

ويتوقف التوزيع الفعلى لشدة الإضاءة داخل الغرفة على الآتى :

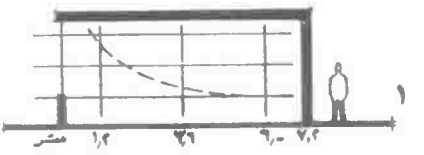
١ - عمق الغرفة ، حيث تقل شدة الإضاءة كلما بعدت المسافة عن الشباك وعموماً يمكن الاعتماد على الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ حتى مسافة ٦ر- إلى ٧ر٥٠ متر من مصدر الضوء ( شكل ٩٨ أ ) وهذا يتوقف لها أساساً على شكل الفتحات ومسطحها .

٢ - وضع الفتحات : يسمح الشباك ذو الارتفاع الكبير للضوء بالدخول إلى عمق داخل الغرفة أكبر من ذلك الذى يسمح به شباك ذو ارتفاع صغير بنفس الحجم (شكل ٩٨ ب ) ويمكن استخدام العواكس فى إسقاط

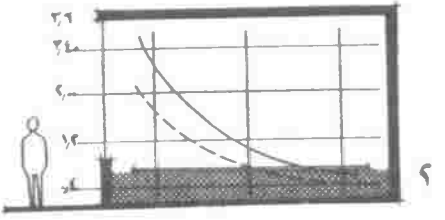
الأشعة الضوئية إلى مسافات أعمق داخل الفراغ وذلك بعكسها على السقف (شكل ٩٨ جـ ) .



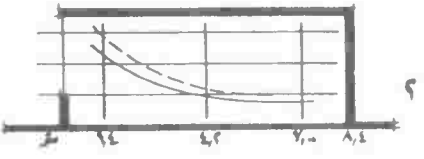

ـ منطقة لا أهمية لشدة الاضاءة فيها (تحت مستوى النشاط)



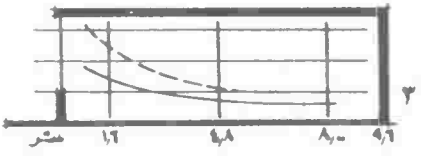

يدل المنحنى المنقط على توزيع شدة الاضاءة على فراغ عمقه ٧,٢ متر



تزاد شدة الاضاءة مع ارتفاع فتحة القباب
(مقارنة ١ ، ٢)



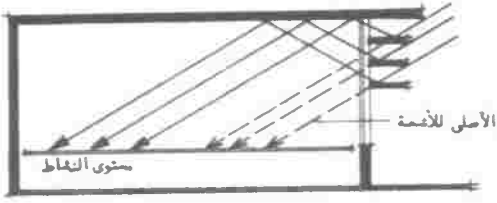
ويمكن مقارنته بمنحنيات توزيع شدة الاضاءة في فراغات أكثر عمقاً




حيث تقل شدة الاضاءة كلما زاد عمق الغرفة وذلك في نقطة تقع على بعد ثابت من الفتحة

ب ـ وضع الفتحات

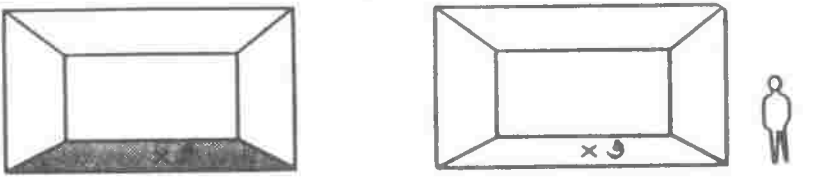
أ ـ عمق الغرفة




شكل ٩٨ : علاقة شكل الفتحات بإضاءة الفراغ الداخلي

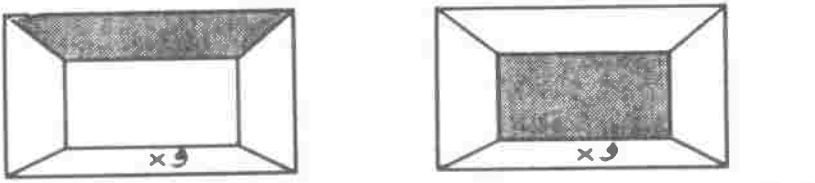
٣ - نهو الأسطح الداخلية : وهو من أهم العوامل التي تساعد على التحكم في الضوء ، فالأسطح ذات الألوان الفاتحة تعكس الضوء وتوزعه بانتظام كما تقلل من شدة اللمعان الذي قد يكون متعباً للعين . ويشكل السقف

أهم عنصر مؤثر فى توزيع الإضاءة المنعكسة ومن المستحب أن يكون فاتح اللون أو أبيض ، أما الأرضية فهى ليست بذات تأثير كبير وهى بذلك تعطى الحرية للمصمم فى استعمال الألوان الغامقة مع مراعاة تجنب التباين الشديد المرهق للعين ( شكل ٩٩ ) .



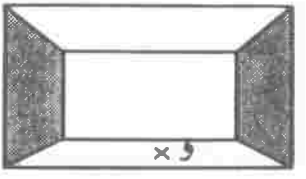

ـ جميع الاسطح الداخلية بيضاء وشدة الاضاءة فى النقطة و = ١٠٠٪

ـ الأرضية غامقة ، شدة الاضاءة فى (و) = ٦٨٪




ـ الحائط الخلفى غامق ، شدة الاضاءة فى (و) = ٥٠٪ من تلك فى الغرفة ذات الاسطح البيضاء

ـ السقف غامق ، شدة الاضاءة فى (و) = ٣٩٪




ـ الحوائط الجانبية غامقة ، شدة الاضاءة فى (و) = ٦٢٪

شكل ٩٩ : تأثير لون نهو الأسطح الداخلية على شدة الإضاءة

## معامل الإضاءة الطبيعية Daylight Factor :

نظراً لتغير شدة الإضاءة على مدى ساعات النهار ، لجأت بعض الطرق لإيجاد نسبة مجردة لتكون أساساً لتصميم الإضاءة الطبيعية . وهذه النسبة هى معامل الإضاءة الطبيعية .

ويُعرف معامل الإضاءة الطبيعية بأنه نسبة شدة الإضاءة فى نقطة داخل الفراغ إلى شدة الإضاءة خارجه فى نفس اللحظة ويُعبر عنه بنسبة مئوية .

فإذا كانت ( $\phi$ داخل ) هى شدة الإضاءة بالداخل

و ( $\phi$ خارج ) هى شدة الإضاءة بالخارج

يكون معامل الإضاءة الطبيعية ( ط ) = $\frac{\text{داخل}}{\text{خارج}} \times ١٠٠$

وعند معرفة معامل الإضاءة الطبيعية ( ط ) يمكن بمعلومية شدة الإضاءة الخارجية حساب شدة الإضاءة الداخلية .

مثال : ( ط ) = ٨٪

$\phi$ خارج = ٦٠٠٠ لوكس

$\phi$ داخل = $\frac{٦٠٠٠ \times ٨}{١٠٠}$ = ٤٨٠ لوكس

## توزيع الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ :

أولا : فى المسقط الأفقى ( شكل ١٠٠ )

يمكن معرفة توزيع الإضاءة الطبيعية على المستوى الأفقى فى غرفة باتباع الخطوات التالية :

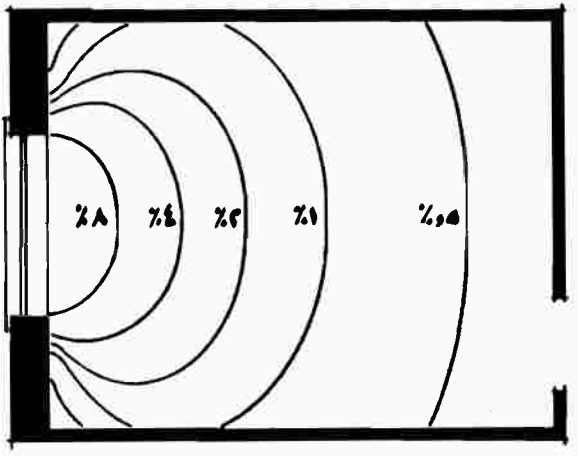
١ - رسم شبكية منتظمة على المسقط الأفقى للغرفة وتحديد نقط التقاطع .

٢ - حساب شدة الإضاءة الداخلية لكل نقطة وذلك بجمع مركباتها مع أخذ العوامل المؤثرة ( ص ، ز ، ق ) فى الاعتبار وذلك كما سبق شرحه .

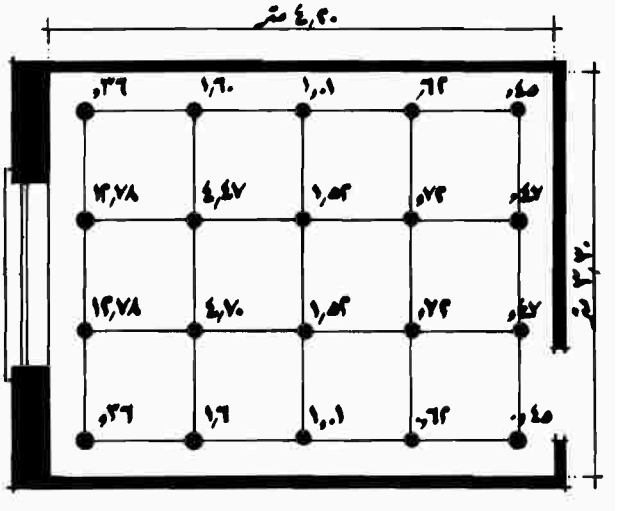
٣ - قياس شدة الإضاءة الخارجية بواسطة جهاز " لا يتميتر " Light meter .

٤ - حساب معامل الإضاءة الطبيعية ( ط ) لكل نقطة .

٥ - توصيل النقط المتحدة فى معامل الإضاءة الطبيعية للحصول على شكل توزيع الإضاءة الطبيعية أو كنتور الإضاءة الطبيعية Daylight Factor Contours .




كنتور معامل الاضاءة الطبيعية




ـ شدة الاضاءة فى نقط على شبكة منتظمة

شكل ( ١٠٠ ) : توزيع الإضاءة الطبيعية فى المسقط الأفقى

وهذا الشكل يسمح بتحديد المواضع التى لا تحقق إضاءة كافية للنشاط المطلوب ومعالجتها سواء بتعديل تصميم الفتحات أو بإضافة إضاءة صناعية .

والجدول التالى يوضح العلاقة بين معامل الإضاءة الطبيعية والأنشطة المختلفة .

جدول ٧ معامل الإضاءة الطبيعية الأدنى والمتوسط لبعض عناصر المبانى

| المبنى ومكان النشاط | متوسط معامل الإضاءة الطبيعية | الحد الأدنى لمعامل الإضاءة الطبيعية | مكان القياس |
|---|---|---|---|
| * مبنى المطار ، محطة أتوبيسات | | | |
| صالة الاستقبال | ٢ | ٠,٦ | مستوى الكاونتر |
| صالة الجمرك | ٢ | ٠,٦ | الكاونتروالمكاتب |
| الممرات وأماكن الانتظار | ٢ | ٠,٦ | مستوى النشاط |
| * صالات الاجتماعات والموسيقى | | | |
| الفوايه ، والصالة | ١ | ٠,٦ | مستوى النشاط |
| الممرات | ٢ | ٠,٦ | مستوى الأرضية |
| السلالم | ٢ | ٠,٦ | مستوى الدرج |
| * البنوك | | | |
| الكاونتر ، صالة الآلة الكاتبة والحاسبات ( كمبيوتر ) | ٥ | ٢ | مستوى المكاتب |
| صالة الجمهور | ٢ | ٠,٦ | مستوى النشاط |
| * المكاتب الهندسية | | | |
| صالات الرسم | ٥ | ٢,٥ | مستوى طاولة الرسم |
| * المستشفيات | | | |
| صالة الاستقبال والانتظار | ٢ | ٠,٦ | مستوى النشاط |
| أجنحة النوم | ٥ | ١ | بارتفاع مستوى السرير |
| جناح العمليات والكشف | ٥ | ٢,٥ | مستوى النشاط |
| معامل التحاليل | ٥ | ٢ | مستوى الاختبار |

جدول ٧ ( بقية )

| المبنى ومكان النشاط | متوسط معامل الإضاءة الطبيعية | الحد الأدنى لمعامل الإضاءة الطبيعية | مكان القياس |
|---|---|---|---|
| * المتاحف وصالات العرض | | | |
| الصالات بصفة عامة | ٥ | ١ | مستوى النشاط |
| غرف المكاتب | ٥ | ٢ | مستوى المكتب |
| صالات الآلة الكاتبة وأجهزة الكمبيوتر | ٥ | ٢,٥ | مستوى المكتب |
| * المكتبات | | | |
| صالات القراءة والمراجع | ٥ | ٢,٥ | مستوى طاولة القراءة |
| أرفف الكتب | - | ١,٥ | مستوى رأسى |
| * المدارس وكليات الجامعة | | | |
| صالة المحاضرات | ١ | ٠,٣ | مستوى النشاط |
| الفصول الدراسية | ٥ | ٢ | مستوى طاولة الكتابة |
| المرسم | ٥ | ٢ | حامل الرسم |
| المعامل | ٥ | ٢ | مستوى طاولة التجارب |
| الغرف العامة وهيئة التدريس | ٥ | ١,٥ | مستوى النشاط |
| صالات الرياضة المغلقة | ٥ | ٣,٥ | مستوى النشاط |
| * حمامات السباحة المغطاة | | | |
| حوض الحمام | ٥ | ٢ | مستوى المياه فى الحوض |
| المنطقة المحيطة بالحوض | ١ | ٠,٥ | مستوى النشاط |

أما بالنسبة للمبانى السكنية ، فالجدول التالى يوضح أدنى معامل للإضاءة الطبيعية ( min ( DF% ينصح به وذلك للعناصر المختلفة للوحدة السكنية (جدول ٨) .

جدول ٨ الحد الأدنى لمعامل الإضاءة الطبيعية لعناصر الوحدات السكنية

| العنصر ومكان النشاط | الحد الأدنى لمعامل الإضاءة الطبيعية ٪ |
|---|---|
| * صالة المعيشة<br>ما يزيد عن $\frac{١}{٢}$ عمق الغرفة ، ولكن بمساحة توزيع ٧ م$^{٢}$ كحد أدنى . | ١ |
| * غرفة النوم<br>ما يزيد عن $\frac{٣}{٤}$ عمق الغرفة ، ولكن بمساحة توزيع ٥ , ٥ م$^{٢}$ كحد أدنى . | ٠ , ٥ |
| * المطبخ<br>ما يزيد عن $\frac{١}{٢}$ عمق الغرفة ، ولكن بمساحة توزيع ٥ , ٤ م$^{٢}$ كحد أدنى . | ٢ |

ملاحظة :

تم تحديد الحد الأدنى للمعامل ( min ( DF% بفرض قوة العكس التالية :

٤ر٠ للحوائط ، ١٥ر٠ للأرضية ، ٧ر٠ للأسقف

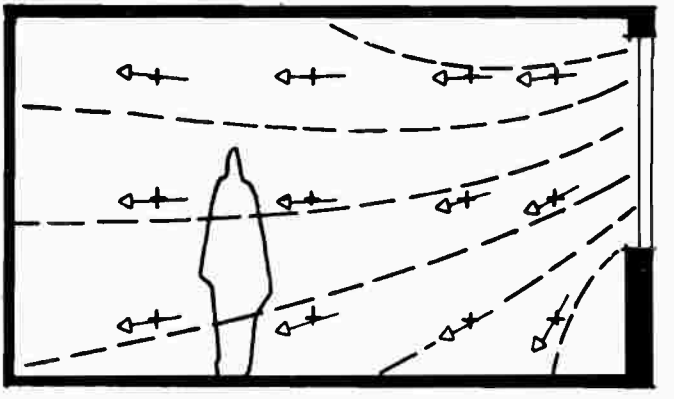
ثانيا : فى المستوى الرأسى ( شكل ١٠١ ) :

يستعمل جهاز مقياس شدة الإضاءة الفراغى Spatial Illuminance meter فى تحديد مقدار واتجاه الأشعة الضوئية ، وتتبع الخطوات التالية :

١ - يتم توقيع المتجهات Vectors الممثلة للأشعة على شكل أسهم صغيرة فى القطاع الرأسى .

٢ - يرسم منحنى مماس لتلك المتجهات ليمثل شكل انسياب الضوء داخل الفراغ .

٣ - عند وجود أكثر من مصدر ضوئى تضاف المتجهات بالطريقة العادية .



شكل ١٠١ : توزيع شدة الإضاءة فى القطاع

## تصميم الإضاءة الطبيعية :

تتعدد وسائل حساب شدة الإضاءة الطبيعية أثناء مرحلة التصميم ، فتبدأ من القوانين المبسطة لتصل إلى برامج الكمبيوتر المعقدة . وتتوقف كمية المعلومات المطلوبة للتصميم على مدى تعقيد الطريقة المتبعة . والمطلوب فى جميع الأحوال الوصول إلى مسطح ووضع وشكل الفتحات الذى يعطى شدة إضاءة مناسبة للغرض المطلوب . وعلى العكس من الإضاءة الصناعية حيث يجب تدخل الاستشاريين

المتخصصين فى معظم الأحوال ، فإنه فى حالة تصميم الإضاءة الطبيعية من حيث تحديد المتغيرات المؤثرة عليها مثل وضع الفتحات وأحجامها وأنواع المواد المستخدمة فتكون هذه مهمة المعمارى بالدرجة الأولى .

ولتصميم الإضاءة الطبيعية يمكن استعمال إحدى الطريقتين التاليتين :

١ - طريقة CIE وهى اختصار لـ Commission Internationale de L'Eclairage أى لجنة الإضاءة الدولية .

٢ - الطريقة التجريبية أو طريقة السماء الاصطناعية .

وفيما يلى شرح مبسط لطريقة استعمال كلتا الطريقتين :

### أولا : طريقة CIE :

وهى من وضع وتطوير دكتور " ا. دريسلر " بأستراليا ، وتم نشرها فى عام ١٩٧٠ . وتعتمد فى أساسها على معامل الإضاءة الطبيعية " ط " السابق شرحه .

وقد أعد الدكتور دريسلر أكثر من مائة منحنى لتغطية النسب المختلفة للغرف ومسطحات الفتحات بها . ويضح ( شكل ١٠٢ ) أحد هذه المنحنيات .

وتوضح المنحنيات العلاقة بين الحد الأدنى لمعامل الإضاءة الطبيعية ( ط ) فى نقطة تبعد ٦٠ سم عن الحائط الخلفى للغرفة ومن الحد الأقصى المسموح به لعمق الغرفة ، وذلك بالنسبة لدرجة عكس معينة ونسبة معينة للفتحات .

ومن هذه العلاقة يمكن الحصول بيانياً على نسب الحجرة تحت الظروف السابقة أو الحد الأدنى لمعامل الإضاءة الطبيعية .

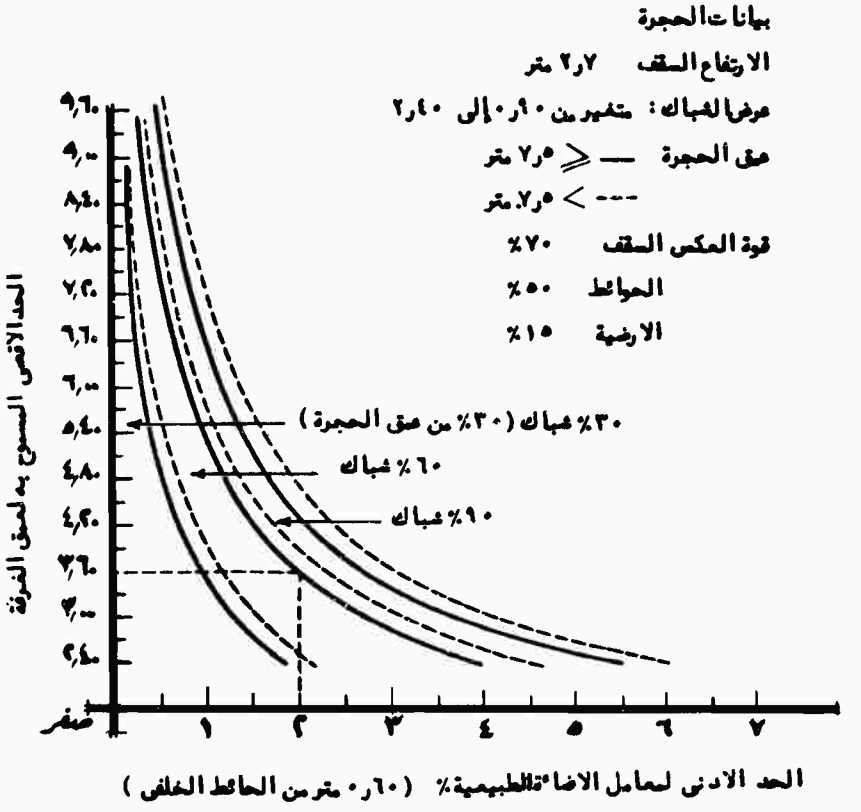
ويمكن استخدام تلك الطريقة بأسلوبين :

١ - تحديد جميع البيانات المعمارية لإيجاد النتيجة المطلوبة للإضاءة الطبيعية .

٢ - أو تحديد الإضاءة الطبيعية المطلوبة ، وإعطاء بعض البيانات المعمارية ، لإيجاد أقصى عمق للغرفة أو نسب الغرفة الأخرى التى تحقق الإضاءة الطبيعية المطلوبة .

والأسلوب الأول مبسط ، أما الأسلوب الثانى فهو أكثر تلاؤماً من الناحية المعمارية حيث يساعد فى تحديد النسب ولا يعطى حلا واحداً لأبعاد مفروضة .

وتتوقف شدة الإضاءة المطلوبة ليس فقط على مدى دقة النشاط بل تتدخل فى وضع حدها الأدنى العوامل الاجتماعية المتمثلة فى عادات المستخدمين وتوقعاتهم وكذلك العوامل الاقتصادية التى تتمثل فى مدى وفرة أو قلة مصادر الإضاءة الصناعية .



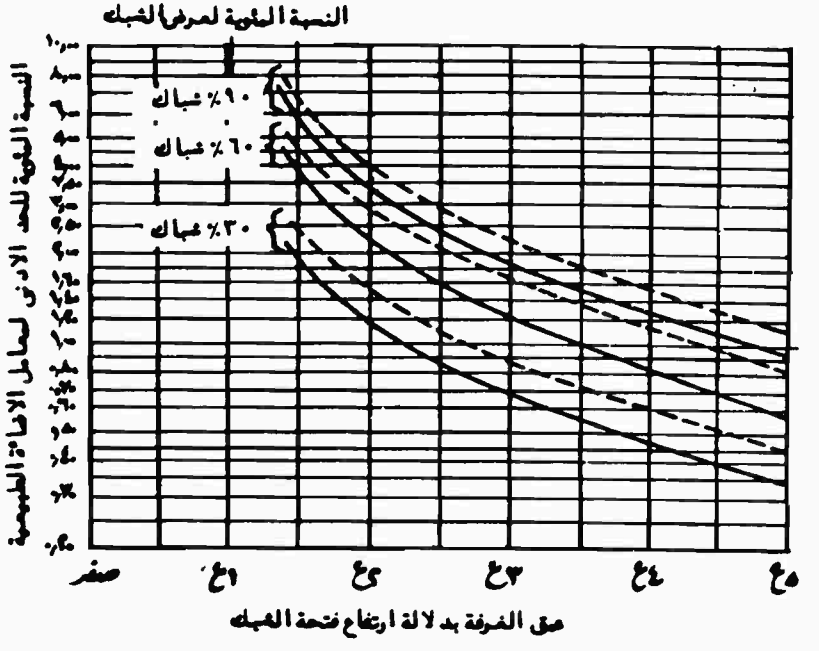

شكل ١٠٢ : منحنى CIE

ويوضح الجدول ( ٩ ) حدود شدة الإضاءة المطلوبة فى صالات رسم فى أربع دول مختلفة .

جدول ( ٩ )

| الدولة | شدة الإضاءة المطلوبة لأعمال الرسم العادية ( لوكس ) | شدة الإضاءة المطلوبة لأعمال الرسم الدقيقة (لوكس) |
|---|---|---|
| روسيا | ٥٠ - ١٥٠ | ١٥٠ - ٣٠٠ |
| المجر | ١٥٠ - ٣٠٠ | ٣٠٠ - ٥٠٠ |
| بريطانيا | ٦٠٠ | ٢٠٠٠ - ٣٠٠٠ |
| أمريكا | ١٥٠٠ | ٥٠٠٠ - ١٠٠٠٠ |

ومن الأهمية شرح الخطوات المتبعة فى الأسلوب التالى لإيجاد نسب الغرفة الملائمة لإضاءة طبيعية محددة وهى كما يلى ( شكل ١٠٣ ) :




شكل ١٠٣ : العلاقة بين الحد الأدنى لمعامل الإضاءة الطبيعية وعمق الغرفة

١ - تحديد الحد الأدنى لمعامل الإضاءة الطبيعية ( ط ) المناسب للاستعمال المطلوب وذلك من الجدول رقم ٧ أو رقم ٨ مع ملاحظة أن معامل الإضاءة المُدرج فى الجدول هو الناتج عن شدة الإضاءة الداخلية المطلقة وليست الفعلية أى دون أخذ عوامل الإعاقة ( ص ، ز ، ق ) فى الاعتبار .

فإذا كان عمق الحجرة هو العامل الثابت ،

٢ - فيكتب على خط الإحداثى الأفقى بدلالة ارتفاع الشباك الصافى (ر) .

٣ - وبتوقيع الإحداثيان على الرسم ( عمق الحجرة ، معامل الإضاءة ) يمكن الحصول على نسبة فتحة الشباك بالنسبة للحائط ، وذلك على المنحنيات الثلاثة أو بينهم .

٤ - باستعمال شدة الإضاءة الفعلية الداخلية المطلوبة ، ومعامل الإضاءة الطبيعية المناظر تحسب شدة الإضاءة الخارجية اللازمة .

٥ - من الخريطة ( شكل ١٠٤ ) يمكن الحصول على النسبة المئوية للساعات التى تتوفر فيها الإضاءة الطبيعية الخارجية اللازمة ، وذلك بين الساعة ٩ صباحاً والساعة ٥ مساء ، وذلك بمعرفة شدة الإضاءة الخارجية ، وخط العرض الجغرافى الذى يقع عليه المبنى .

أما إذا كانت فتحة الشباك هى العامل الثابت ،

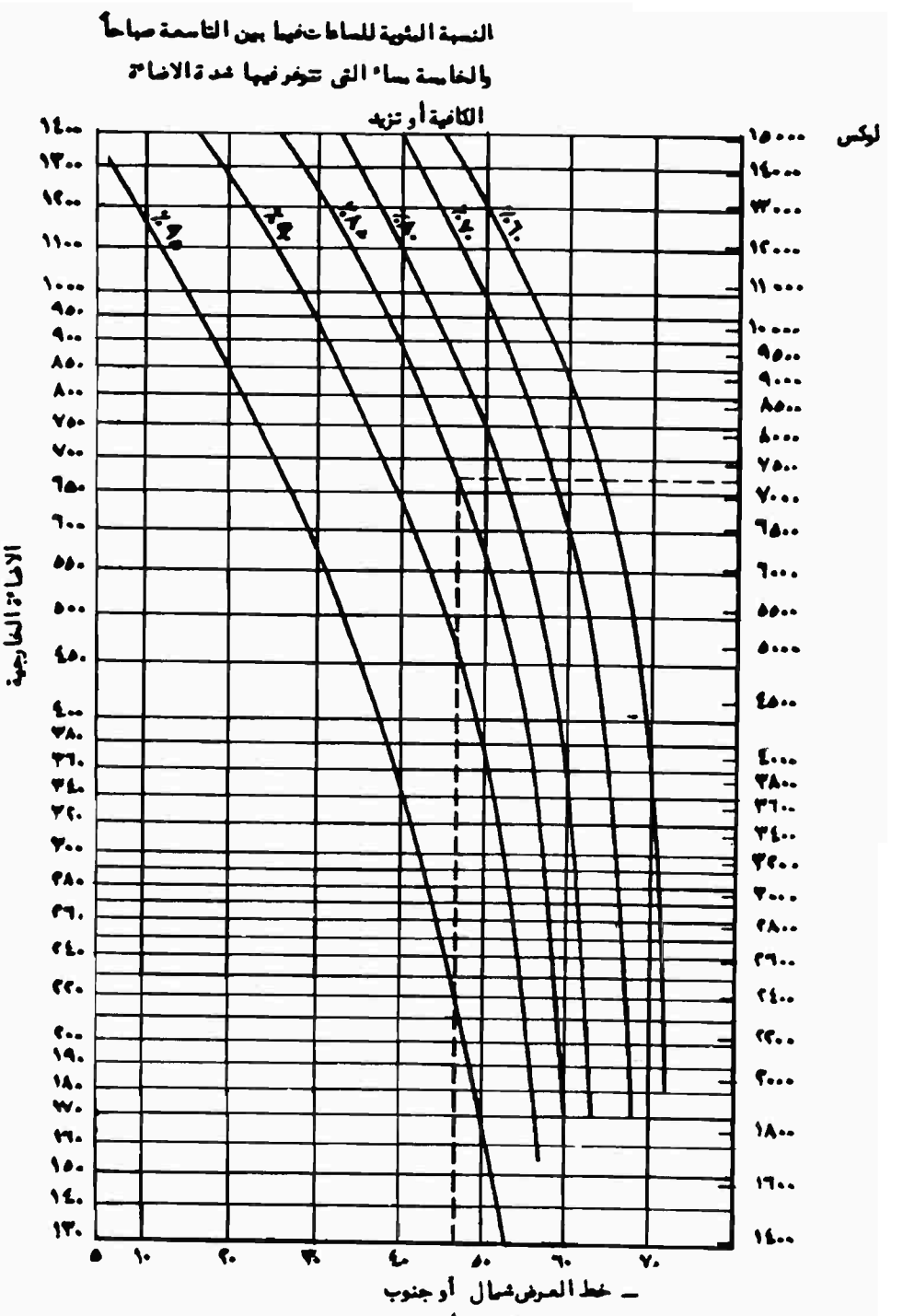
٦ - فتحدد نسبتها بالنسبة للحائط .

٧ - ويحدد الإحداثى الأفقى لنقطة تقاطع الخط الأفقى المقام من ( ط ) مع المنحنى الخاص بنسبة الشباك عمق الحجرة المطلوب بدلالة ارتفاع الشباك .

ويوضح شكل ( ١٠٥ ) المعايير والمحددات المستعملة فى الطريقة السابقة . ومما يؤخذ على هذه الطريقة أنها تتم بمعلومية الحد الأدنى فقط لمعامل الإضاءة الطبيعية .

### ثانيا : الطريقة التجريبية أو طريقة السماء الاصطناعية
### *Artificial Skies* :

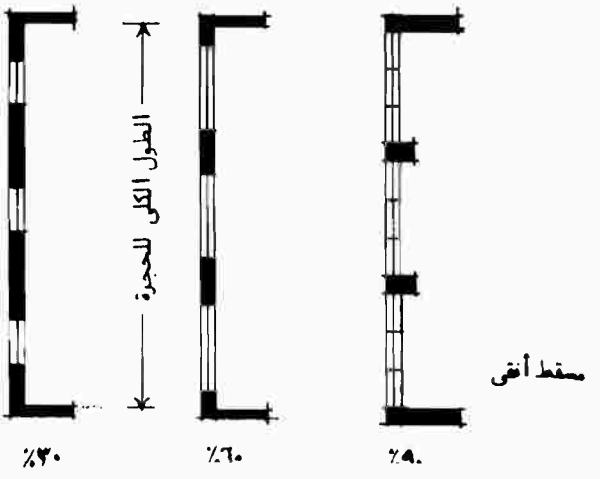
يمكن الاعتماد على النماذج الدراسية ( الماكيت ) لتقدير الإضاءة الطبيعية داخل



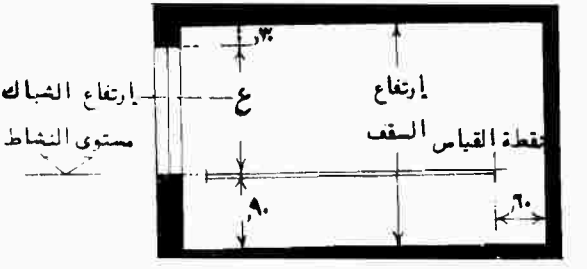

شكل ١٠٤ : العلاقة بين الحد الأدنى للإضاءة الخارجية وخط العرض والنسبة المئوية للساعات التى تتوفر فيها شدة الإضاءة الكافية

تدل المنحنيات على الحد الأدنى لشدة الإضاءة الموجودة خلال زمن محدد من ساعات النهار ، على مستوى أفقى بدون أشعة الشمس وهى تعتبر أحياناً القيمة المقياسية لشدة الإضاءة الخارجية .

مبنى ، وهى الطريقة الوحيدة التى يمكن الاعتماد عليها فى الحالات غير المعتادة من تعقيد فى شكل الفراغ الداخلى للغرفة محل الدراسة ، أو وجود عوائق غير منتظمة الشكل أمام الفتحات . وهذه الطريقة يمكن استخدامها تحت تأثير العوامل الجوية الخارجية .




وهناك نوعان أساسين للسماء الاصطناعية (شكل ١٠٦):




شكل ١٠٥ : معايير حساب الإضاءة الطبيعية بطريقة CIE

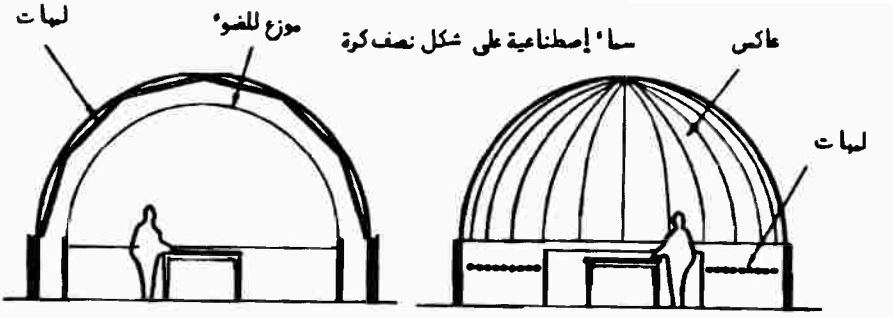
الأول نصف كروى ويمكن أن يتكون من قبة من مادة عاكسة موزعة للضوء الصادر من مستوى أسفل (شكل أ)، أو أن تكون الإضاءة مثبتة بالسقف المكون من قبة عادية أو جيوديسية مع وجود موزع داخلى نصف كروى أيضاً للضوء.

أما النوع الثانى فهو مستطيل يتكون من سقف مضىء وأربعة حوائط رأسية مكسية بالمرايا ، وتحقق الانعكاسات اللانهائية وعدم امتصاص الأشعة نفس التأثير الناتج عن النوع الأول .

## *اعتبارات هامة فى تصميم الإضاءة الطبيعية :*

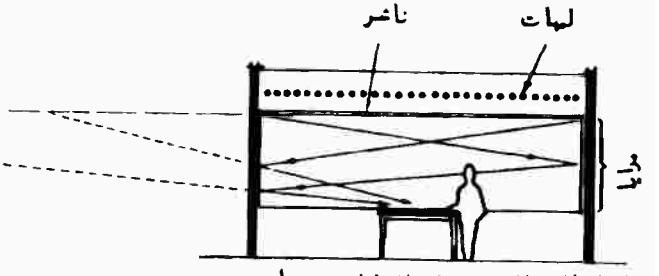
### *١ - الأسطح الرأسية والأفقية :*

تدخل مركبة السماء الفراغ الداخلى مائلة ، ويمكن تحليلها إلى مركبتين : رأسية




(ب) مصادر الضوء فى مستوى مرتفع مع موزع داخلى للضوء

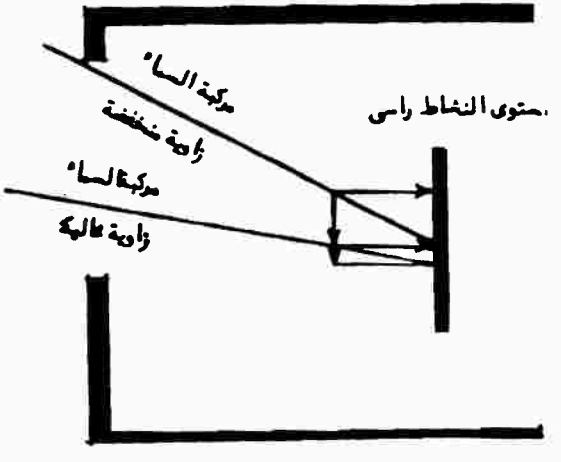
(أ) مصادر الضوء على مستوى منخفض وتنعكس الأشعة على السطح الداخلى العاكس



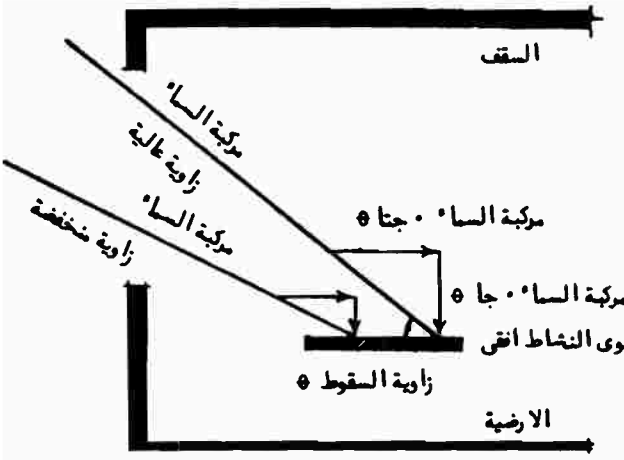

(جـ) النوع المسطيل ذو المرايا ـ مصادر الضوء اعلى السقف الناشر للضوء

شكل ١٠٦ : أشكال السماء الاصطناعية

تضىء الأسطح الأفقية وتتناسب مع جيب زاوية سقوط الشعاع ( جا ) وأفقية تضئ الأسطح الرأسية وتتناسب مع جيب تمام (جتا) زاوية سقوط الشعاع . لذلك يستحسن فى حالة إضاءة الأغرض الأفقية أن تكون الشبابيك بارتفاع رأسى عالٍ بقدر الإمكان . وفى حالة إضاءة الأغراض الرأسية تكون




شكل ١٠٧ : تأثير زاوية سقوط الأشعة الضوئية على مركبات الإضاءة الطبيعية




شكل ١٠٧ (بقية) : تأثير زاوية سقوط الأشعة الضوئية على مستوى النشاط الفني مركبات الإضاءة الطبيعية

الشبابيك منخفضة باستطالة أفقية ما أمكن .

وبما أن معظم الأنشطة تتم على مستوى أفقى فإن الشكل المستحب للنوافذ هو الضيق المرتفع باتجاه رأسى، إذ أنها تعطى نتيجة أفضل من التى تماثلها فى المساحة وتأخذ فتحتها الاتجاه الأفقى ( شكل ١٠٧ ) .

٢ - *تفاصيل الفتحات* : من حيث وجود قضبان أو تركيبات فنية مثل المواسير داخل الحجرة أو أجهزة التكييف التى قد تقلل شدة الإضاءة النافذة بمقدار يتراوح من ١٠٪ إلى ١٥٪ ويمكن بواسطة اللعب فى تفاصيل الفتحات التحكم فى شكل دخول الأشعة الضوئية وحجب أشعة الشمس ( شكل ١٠٨ ) .

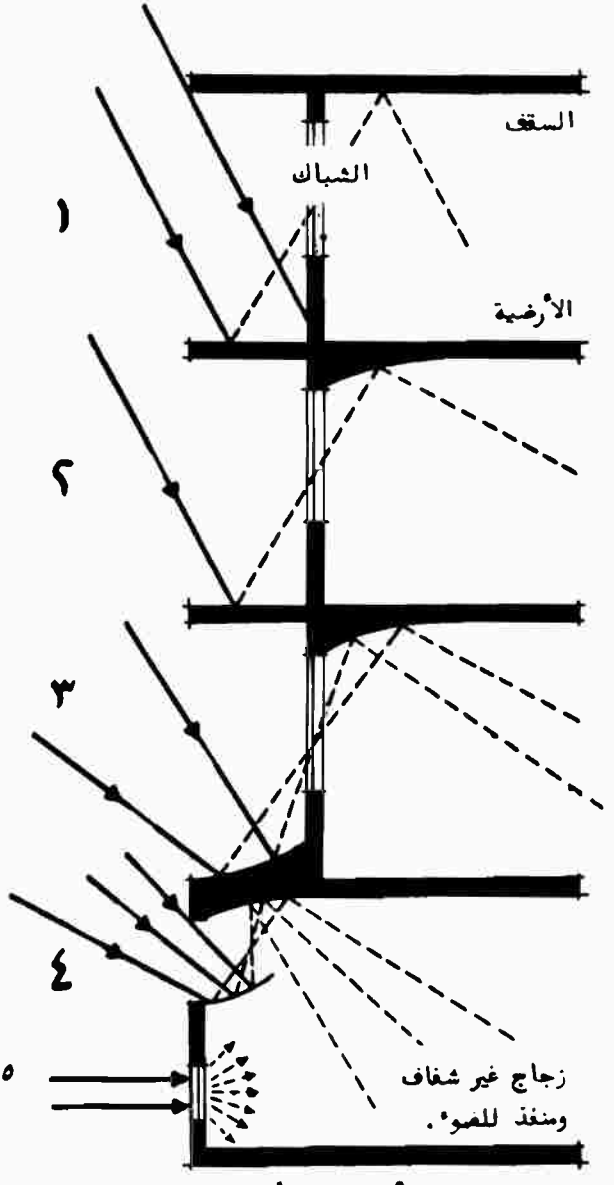
٣ - *قوة عكس الأسطح* :

وعلاوة على تدخل قوة عكس الأسطح الداخلية فى تحديد شدة الإضاءة المنعكسة داخلياً وتوزيعها ، فإن لها دوراً كبيراً فى تحديد مستوى التأقلم للعين وذلك لتلافى الإحساس بالزغللة عند وجود الشباك وما يحيطه فى مجال الرؤية .

ويمكن استغلال الأسطح الخارجية فى عكس الأشعة الضوئية إلى عمق كبير داخل الفراغ ، إذ أن سطح الأرض المقابل للفتحة الذى يتكون من بلاطات خرسانية فاتحة اللون مثلا تصل قوة عكسها من ٥٠٪ إلى ٧٠٪ ، يمكن أن يوفر $\frac{١}{٤}$ إلى $\frac{٢}{٣}$ الضوء الساقط على الفتحة وهذا يتوقف على شكل التظليل والتوجيه .

ويمكن الحصول على إضاءة أفضل عند نهو السقف بمادة ذات قوة عكس عالية .

شكل ١٠٨ : بعض التفاصيل للتحكم
فى شكل دخول الأشعة الضوئية




٤ - *توجيه المبنى :*

يحدد توجيه المبنى المناطق التى تتعرض للزغللة والحرارة الطبيعية :

أ - تأخذ الواجهات الجنوبية أكبر قدر من ضوء النهار.

ب - تأخذ الواجهات الشمالية أقل قدر من ضوء النهار ، لكن دون شمس على الإطلاق والنتيجة انخفاض مستوى الإضاءة عن الواجهة الجنوبية ولكنه منتظم وثابت .

جـ - تأخذ الواجهات الشرقية والغربية أعلى مقدار من الضوء والحرارة بسبب انخفاض زوايا الشمس فى الصباح وقبل الغروب .

٥ - *الزجاج والطوب الزجاجى:*

يمكن الحصول على أقصى قدر من الضوء الداخل مع أقل قدر من الزغللة باستعمال الفتحات ذات الزجاج المنفذ للضوء فقط ومحدود اللمعان ، كذلك استعمال الطوب الزجاجى الموضوع تحت السقف مباشرة ، وفوق مسطح النافذة الذى يسمح بالرؤية .

٦ - *الزجاج الملون :*

الزجاج الملون غير مستحب حيث يغير من نوعية ضوء النهار ولونه .

٧ - *الأثاث الداخلى والمكاتب :*

يجب توجيه الأثاث الداخلى بحيث يأتى الضوء الطبيعى من يسار أو من خلف المشاهد إلا فى حالة ضوء الشمال يمكن مواجهة النافذ بشرط ألا يكون هناك مصدر خارجى للزغللة .

## *اعتبارات خاصة لاستخدام الإضاءة الطبيعية فى المناطق الحارة :*

١ - يجب محاولة تلافى عنصر الإضاءة المباشرة من السماء نظراً لشدتها وما تسببه من الزغللة . لذلك يراعى أن تكون الفتحات صغيرة ما أمكن والزاوية لا تسمح برؤية جزء كبير من السماء داخل الحجرة المعنية ، مع أخذ احتياطيات خاصة للحماية من الزغللة التى تنتج عن الانعكاسات من المبانى والعناصر المجاورة الموجودة فى الموقع ، مبنى فاتح اللون مثلاً أو بركة مياه أو بلاط أو رمال فاتحة اللون تعكس أشعة الشمس .

٢ - يراعى استخدام المسطحات الخضراد والأشجار للحد من الزغللة فى المناطق الحارة الجافة .

٣ - يراعى رفع منسوب جلسة الشباك ودهان السقف بلون فاتح حتى يقلل الضوء الساقط على السقف من التباين بين الخارج المبهر والداخل المظلم .

٤ - دهان الحوائط المجاورة للشباك وكذلك الحلق بلون فاتح لمنع التباين .

٥ - مراعاة وضع فتحات أخرى فى الحائط المقابل للشباك إذا سمح التصميم بذلك ، وذلك لكى تلقى بكمية من الضوء حول الشباك المعنى وتقلل بذلك التباين .

* * *