كودة الإنارة الطبيعية

وضعت من قبل

الجمعية العلمية الملكية

وكز بحوث البناء

لصالح مجلس البناء الوطني الأردني

اعداد

المهندس فارس الداود

الفريق العامل على اعداد

كودات البناء الوطني الأردني

الدكتور داود جبجي

المهندس خضر عكاوي

المهندس حسن عكور

المهندس فارس الداود

المهندس كامل مجدي صالح

المهندس محمود الشيشاني

المهندس مقدر عكروش

المهندس عبد المنعم النهار

الفريق المشارك في اعداد

كودات البناء الوطني الاردني

الدكتور وليد الريماوي

المهندس حاتم غنيم

المهندس غسان غانم

المهندس محمد عجور

الدكتور سميح قاقيش

المهندس أكرم عباسي

الدكتور أسامه ماضي

الدكتور رزق شعبان

المهندسة شادية بركات

الدكتور فيصل الصياغ

المهندس كريم خماش

تحرير لغوي

المهندس حيدر المومني

- صادر وفق أحكام قانون البناء الوطني الأردني رقم 31 لسنة 1989

- قرار مجلس البناء الوطني الأردني رقم 3 لسنة 1991

- قرار مجلس الوزراء الموقر رقم 454 لسنة 1992

- نشرت في عدد الجريدة الرسمية رقم 3804 لسنة 1992

- نافذة المفعول اعتبارا من تاريخ 4/3/1992 .

المملكة الأردنية الهاشمية

وزارة الأشغال العامة والاسكان

مجلس البناء الوطني

الأردنـــي

1 -	وزير الاشغال العامة والاسكان	رئيسا
2 -	وزير الشؤون البلدية والقروية والبيئة	نائبا للرئيس
3-	وزير الطاقة والثروة المعدنيـة	عضوا

اللجنة الفنية لكودات البناء الوطني الأردنـي

1 -	امين عام وزارة الأشغال العامـــة المهندس رشدان الرشدان	رئيسا
2 -	امين عام وزارة الشؤون البلدية والقروية والبيئة الدكتور محمدبني هانـي	نائبا للرئيس
3-	مدير عام دائرة المواصفات والمقاييـــس	عضوا

				المهندس حسان السعودي	
4-	امين عمان الكبرى	عضوا	4-	مدير وكز بحوث البناء في الجمعية العلمية الملكية	عضوا
				الدكتور سيف الدين معاذ	
5-	رئيس الجمعية العلمية الملكيـــة	عضوا	5-	ممثل وزارة الأشغال العامة والاسكـــان	عضوا
				المهندس هيثم مريش	
6-	مدير عام مؤسسة الاسكـــان	عضوا	6-	ممثل سلطة الميـاه	عضوا
				المهندس ايمن توفيق حدادين	
7-	عميد كلية الهندسة في الجامعة الأردنيـة	عضوا	7-	ممثل سلطة الكهربـاء	عضوا
				المهندس عادل مرعي	
8-	نقيب المهندسين	عضوا	8-	ممثل القوات المسلحة الأردنيـــة	عضوا
				المهندس أسامه مدانات	
9-	نقيب المقاوليـن	عضوا	9-	ممثل مديرية الدفاع المدني	عضوا
				المهندس عدنان عنابي	
	<u>اللجنة الفرعية المتخصصة</u>		10-	الدكتور فاروق يغمور	عضوا
1-	الدكتور رزق شعبان		11-	الدكتور أسامه العناني	عضوا
2-	الدكتور فاروق يغمور		12-	الدكتور فوزي الريان	عضوا
3-	الدكتور ضيف الله الدلابيح		13-	المهندس احمد الكيلاني	عضوا
4-	المهندس انطون وكيله				

مقدمة

تنظيما لأعمال دراسات المباني وتصميمها وتنفيذها وفق أسس وقواعد ومبادئ هندسية سليمة وموحدة وملزمة، ولتسهيل متابعة أعمال الاعمار وتمكين المختصين من أداء عملهم على أكمل وجه ، وتنفيذا لأحكام قانون البناء الوطني الأردني رقم 31 لسنة 1989 الذي يتم بموجبه اصدار كودات البناء التي تشكل في مجموعها القواعد والشروط والمتطلبات الفنية لأعمال الأعمار ، فقد اصدر مجلس البناء الوطني الأردني هذه الكودات بعد استيفائها لأعمال الاعداد والمراجعة والتطوير من اللجان المتخصصة وكافة الاجراءات القانونية الأصولية

من عرض وموافقات.

ان الهيكلية المكونة لمجلس البناء الوطني الأردني وللجنة الفنية لكودات البناء الوطني الأردني ، مبينة في مطلع هذه الكودة ، لتكون بالاضافة لفرق الاعداد والمراجعة ، مرجعا يمكن الاستعانة به عند الحاجة .

وبمناسبة اصدار هذه الكودة فان مجلس البناء الوطني الأردني اذ يتقدم بالشكر والتقدير لكل من عمل وقدم جهده وخبرته لاخراجها ، وانه اذ يضعها بين أيدي المعنيين والمهتمين ليرجو منهم الالتزام بما ورد فيها للوصول الى الهدف المنشود وتطوير صناعة البناء في الأردن .

والله ولي التوفيق،

وزير الأشغال العامة والاسكان

رئيس مجلس البناء الوطني الأردني

المهندس سعد هايل السرور

جدول المحتويات

الباب الأول: عموميات

1/1 المجال ..... (3)

1/2 الهدف ..... (3)

1/3 تعريفات .....(3)

الباب الثاني : ضوء النهار

2/1 الانارة بضوء النهار والهندسة المعمارية ..... (15)

2/1/1 مقدمة

2/1/2 تبرير استعمال الانارة بضوء النهار

2/2 الاستخدام المجدي لضوء النهار ..... (20)

2/3 الشمس ..... (21)

2/4 السماء ..... (22)

2/5 الضوء المنعكس ..... (26)

2/6 الأرض ..... (26)

2/7 متغيرة ضوء النهار ..... (27)

2/8 لون ضوء النهار ..... (28)

2/9 الإنارة من الشمس والسماء ..... (29)

الباب الثالث: مبادئ تصميم الانارة بضوء النهار

3/1 عام ..... (31)

3/2 الشكل الهندسي للغرفة ..... (31)

3/2/1 عام

3/2/2 الانارة العلوية

3/2/3 الانارة متعددة المصادر

3/3 عناصر التحكم ..... (41)

3/3/1 عام

3/3/2 توجيه المبنى

3/3/3 مواد التوجيه

3/3/4 العناصر المعمارية

الباب الرابع : تصميم الانارة بضوء النهار

4/1 مقدمة ..... (55)

4/2 تعيين ظروف سماء للتصميم ..... (55)

4/2/1 عام

4/2/2 السماء الملبدة بالغيوم

4/2/3 السماء الصافية

4/2/4 الشمس

4/3 التنبؤ بالإنارة بضوء النهار للأماكن الداخلية ..... (63)

4/3/1 عام

4/3/2 الاضاءة الجانبية

4/3/3 الاضاءة العلوية

4/3/4 مجموعة مصادر لضوء النهار

4/3/5 إشراك الإنارة بضوء النهار مع الإنارة الكهربائية

4/3/6 ضوء الأرض المنعكس

4/3/7 الغرف ذات المظلات المعلقة

4/4 تقنيات أخرى للتنبؤ بضوء النهار ..... (106)

4/4/1 عام

4/4/2 الطرق البيانية للتنبؤ بضوء النهار

المصطلحات الفنية

المصادر

المراجع

الباب الأول

عموميات

1/1 المجال

يشمل الباب الأول من هذه الكودة التعريفات المتعلقة بالانارة بضوء النهار في حين يشمل الباب الثاني كيفية استعمال ضوء النهار في المباني بشكل مجد من حيث الكمية والنوعية. اما الباب الثالث فيتناول المبادئ الأساسية لتصميم الانارة بضوء النهار وذلك من خلال انارة جانبية او انارة علوية وعناصر التحكم في ضوء النهار بالاضافة الى توجيه المباني للاستفادة من ضوء النهار ومواد التوجيج. ويعالج الباب الرابع طرق حساب ضوء النهار بشكل مبسط وباستعمال جداول خاصة بذلك في ظروف سماء يتم تحديدها حسب المكان المعني، وذلك لاستخدام الانارة الطبيعية المحسوبة في المباني او تكميلها بإنارة صناعية بهدف توفير الراحة الابصارية للناس في داخلها.

1/2 الهدف

تهدف هذه الكودة الى تعريف المعنيين بأهمية ضوء النهار وطرق حسابه والتحكم فيه لاستعماله بشكل مثالي في انارة المباني من أجل توفير الراحة الابصارية للإنسان حسب نوع النشاط الذي يمارسه في داخلها .

1/3 تعريفات

1/3/1 الإبهار (Glare) :

الاحساس الناتج عن الانارية [انظر البند رقم (1/3/5)] الزائدة عن الحدود التي تتكيف معها العين بشكل كاف. وغالبا ما تؤدي تلك الانارية الى الإعاقة البصرية او الإزعاج او ضعف في الاداء البصري بشكل مؤقت.

1/3/2 الاستنارة (Illuminance) :

تحسب من المعادلة التالية :

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$ (لوكس)

حيث :-

E = الاستنارة باللوكس

A = مساحة السطح بالمتر المربع

Φ = الدفق المنير باللومن

ووحدة قياس الاستنارة هي اللومن / متر مربع (Lm/m^2) او لوكس (Lx) . وتعرف الاستنارة بأنها كثافة الدفق المنير الساقط على سطح ما، وتساوي الدفق المنير مقسوما على مساحة السطح عندما يكون ذلك السطح منارا بانتظام.

1/3/3 الانارة (Illumination) :

هي عملية انارة جسم ما .

1/3/4 الانارة الجيدة (Quality Lighting) :

تتضمن توزيع الانارية في بيئة ابصارية. وتستعمل بشكل إيجابي حيث تعمل جميع الانواريات في تلك البيئة لصالح الاداء الابصاري والراحة الابصارية وسهولة الرؤية والسلامة والمظهر الجمالي للسطوح المرئية وبخاصة المشمولة في تلك البيئة .

1/3/5 الانارية (Luminance) :

ويرمز لها بالرمز (L) وتحسب من المعادلة :-

$$L = d^2\Phi / dW dA \cos\theta$$

ووحدة قياسها هي القنديلة / متر مربع (cd/m^2)

وتعرف الانارية في اتجاه معين وعلى نقطة من سطح حقيقي او خيالي بأنها ناتج قسمة الدفق الواقع على عنصر من السطح المشتمل على النقطة والمنتشر في اتجاهات محصورة ضمن مخروط يحتوي الاتجاه المعين

على حاصل ضرب زاوية المخروط المجسمة في مساحة العنصر المسقطة عموديا على ذلك الاتجاه . ويكون الدفق المنير اما خارجا من سطح مصدر او ملا به او واصلا اليه كما هو موضح في الشكل رقم (1) .

حيث :-

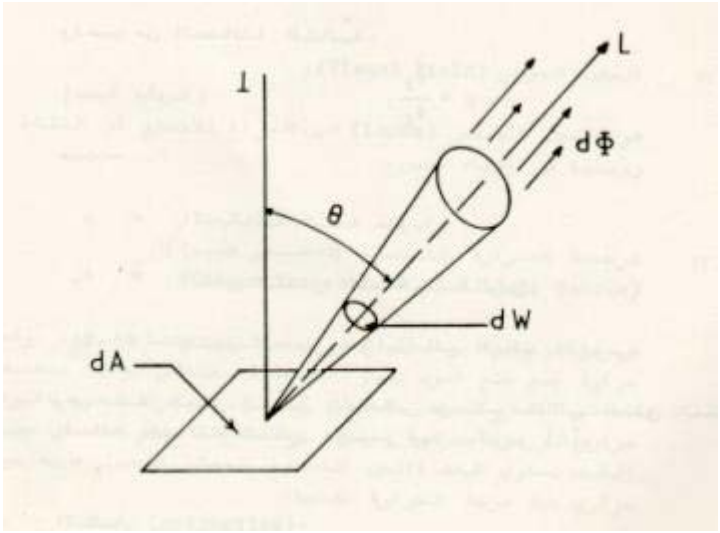
$d\Phi$ = الدفق المنير الواقع على عنصر من السطح.

dw = زاوية المخروط المجسمة.

dA = مساحة عنصر السطح المعني .

θ = الزاوية المحصورة بين محور المخروط والاتجاه العمودي على السطح المحتوي على النقطة المعنية .

$\perp$ = الاتجاه العمودي .



الشكل رقم (1)

الانارية في اتجاه معين على نقطة من سطح

1/3/6 الانتقال المنتظم (Regular Transmission) :

هو مرور الدفق الضوئي الساقط خلال سطح او وسيط دون ان يتبعثر.

1/3/7 الانتقالية المنتظمة (Regular Transmittance) :

هي نسبة الدفق المنتظم المنقول خلال سطح او وسيط الى الدفق الساقط عليه .

1/3/8 الانعكاس الحاجب (Veiling Reflection) :

هو الانعكاس المنتظم المدخل على الانعكاس غير المنتظم الناشئ عن جسم والذي يحجب جزئيا او كليا التفاصيل التي سترى وذلك بتخفيض التباين .

1/3/9 الانعكاسية (Reflectance) :

وتحسب من المعادلة التالية :

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i}$$ (نسبة مئوية)

حيث :-

ρ = الانعكاسية كنسبة مئوية ،

Φ_r = الدفق المنير المنعكس باللومن ،

Φ_i = الدفق المنير الواصل الى السطح باللومن .

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

1/3/10 الانكسار (Refraction) :

هو تغير اتجاه شعاع الضوء عندما يمر من وسيط الى آخر باتجاه غير عمودي على سطح ذلك الوسيط وتكون سرعة الضوء في الوسيط الثاني مختلفة عن سرعته في الوسيط الأول.

1/3/11 التباين (Contrast) :

يستعمل مصطلح التباين بمفهومين، ذاتي وموضوعي :

الذاتي: يدل على الفرق بين مظهري جزيئن في الحقل المرئي ينظر اليهما معا او على التتابع . وقد يكون الفرق ناتجا

عن اختلاف السطوع او اللون او كليهما.

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

$$C = \frac{|L_2 - L_1|}{L_1}$$

حيث :-

C = التباين،

L_2 = انارية الجسم ،

L_1 = انارية الخلفية المباشرة للجسم .

1/3/12 الحقل المرئي (Visual Field) :

هو المحل الهندسي (Locus) في الفراغ للأجسام او النقاط التي يمكن رؤيتها في اتجاه معين .

1/3/13 درجة حرارة اللون (لمصدر ضوء)

(Colour Temperature of a light Source) :

هي درجة حرارة بمقياس كلفن تصف اللون وصفا دقيقا. وتمثل درجة حرارة جسم مشع أسود يصدر اشعاعا ذا خصائص لونية متطابقة مع خصائص اشعاع المصدر الضوئي المعني. ويعرف الجسم الأسود بأنه مشع حراري ذو درجة حرارة منتظمة والاشعاع الصادر عنه في جميع أجزاء الطيف يساوي الحد الأقصى المسموح الممكن الحصول عليه من أي مشع حراري عند درجة الحرارة نفسها.

1/3/14 الدفق المنير (Luminous Flux) :

هو الضوء المنبعث من مصدر ضوء او الضوء الذي يستقبله سطح ما، ويرمز له بالرمز (Φ) ، ووحدة قياسه هي اللومن.

(Glare Index)

1/3/15 دليل الابهار :

هو دليل كمي يساعد على تحديد مرتبة الابهار المزعج الناتج عن تركيبات اضاءة معينة حسب درجة الازعاج والحد المسموح به للإبهار المزعج من تركيبات الاضاءة.

1/3/16 دليل ابهار ضوء النهار (Daylight Glare Index) :

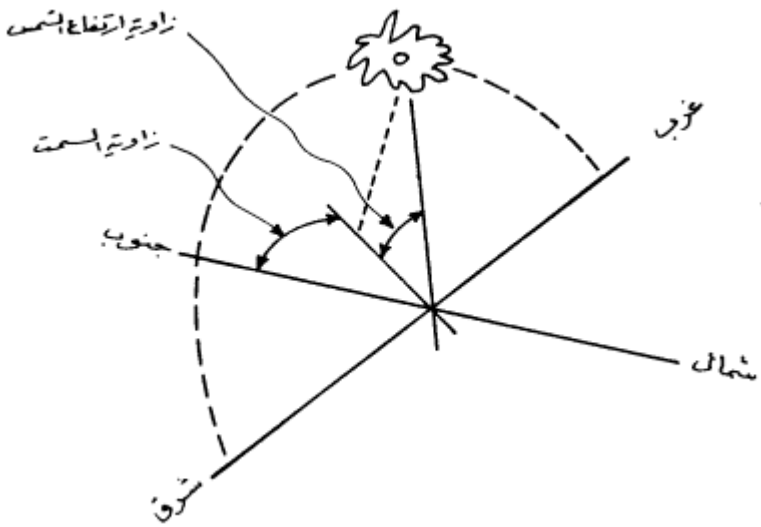
هو دليل ابهار يساعد على تقييم الابهار المزعج الناتج عن ضوء النهار القادم من النوافذ، ويساعد على تعيين الحدود المسموح بها للإبهار المزعج لذلك الضوء.

1/3/17 زاوية ارتفاع الشمس (Altitude Angle) :

هي البعد الزاوي لجسم سماوي مقاسا على الدائرة العظمى التي تمر بشكل عمودي على مستوى الأفق المار من الجسم ومن السمت (Zenith) . وتقاس بقيمة موجبة ما بين الأفق والسمت، وتنحصر قيمتها بين $(0°)$ و $(90°)$ كما هو مبين في الشكل رقم (2) .

1/3/18 زاوية السمت (Azimuth Angle) :

تعرف زاوية السمت للشمس من نقطة ما بأنها الزاوية الواقعة في المستوى الأفقي المار بتلك النقطة مقاسة بين اتجاه الجنوب ومسقط أشعة الشمس الواصلة الى النقطة على ذلك المستوى كما هو موضح في الشكل رقم (2) .



الشكل رقم (2)

زاوية الارتفاع وزاوية السمت للشمس

1/3/19 الزاوية المجسمة (Solid Angle) :

هي عبارة عن مقياس للفضاء حول نقطة محاطة بسطح مخروطي الشكل تقع قمته في تلك النقطة، وتساوي المساحة المقطوعة من سطح كرة ومركزها تلك النقطة مقسومة على مربع نصف قطر تلك الكرة . اما وحدة قياسها فهي الستراديان (Steradian) .

1/3/20 الستارة (Shade) :

شاشة مصنوعة من مادة غير شفافة او مادة ناشرة مصممة لمنع رؤية مصدر الضوء خلفها عند النظر اليه في اتجاه عمودي عليه .

1/3/21 ستراديان (Steradian) :

الزاوية المجسمة التي تقابل مساحة من سطح كرة مقدارها مربع نصف قطر تلك الكرة ورأسها في مركزها ويرمز لها بالرمز (Sr) .

1/3/22 السطح (الجسم) المرئي (Visual Task) :

التفاصيل الدقيقة المراد ابصارها بسرعة وبدقة لجسم معين .

1/3/23 السماء الصافية (Clear sky) :

سماء لا تزيد مساحة الغيوم فيها عن (30) بالمائة من مساحتها .

1/3/24 السماء الغائمة (Cloudy Sky) :

سماء ذات غطاء من الغيوم تزيد مساحته عن (70) بالمائة من مساحة تلك السماء.

1/3/25 السماء الغائمة جزئيا (Partly Cloudy Sky) :

سماء ذات غطاء من الغيوم تتراوح مساحته بين (30) بالمائة و (70) بالمائة من مساحة تلك السماء.

1/3/26 السمـاء القياسيـة

(سماء International Commission on Illumination - CIE) :

سماء ملبدة بالغيوم تماما توجد لمعظم أيام السنة في بعض البلدان مثل بريطانيا والدول الاسكندنافية وشمال غرب المحيط الهاديء ، وهي سماء ذات سطوع غير منتظم التوزيع يزداد ابتداء من الأفق حتى السمت بنسبة تقارب (1:3) .

1/3/27 السماء الملبدة بالغيوم (Overcast Sky) :

سماء ذات غطاء من الغيوم مساحته تساوي (100) بالمائة من مساحة تلك السماء وتكون الشمس غير مرئية في السماء الملبدة بالغيوم [انظر الشكل رقم (7)].

1/3/28 الشدة المنيرية (Luminous Intensity) :

يرمز للشدة المنيرية بالرمز(I) وتحسب من المعادلة التالية

$$I = \frac{d\Phi}{dW}$$

حيث :-

I = الشدة المنيرية [لومن/ ستراديان (Lm/sr) او قنديلة (Cd)]،

W = الزاوية المجسمة (ستراديان) ،

Φ = الدفق المنير (لومن) .

وتعرف الشدة المنيرية لمصدر ضوء نقطي في اتجاه معلوم بأنها الدفق المنير لوحدة الزاوية المجسمة في ذلك الاتجاه. وهي الدفق المنير الواقع على سطح صغير ومركز في الاتجاه المعلوم وعمودي عليه مقسوما على الزاوية المجسمة (مقاسة بالستراديان) التي يقابلها ذلك السطح الصغير ورأسها في مركز مصدر الضوء.

1/3/29 ضوء الأرض (Ground Light) :

هو الاشعاع المرئي المنعكس عن سطح الأرض وعن السطوح التي تقع تحت مستوى الأفق والناتج عن اضاءة الشمس والسماء .

1/3/30 ضوء السماء (Sky Light) :

هو الاشعاع المرئي الصادر عن الشمس والموجة بوساطة الغلاف الجوي للأرض.

1/3/31 ضوء الشمس (Sunlight) :

هو الاشعاع المرئي المباشر الصادر عن الشمس .

1/3/32 عامل السماء (Sky Factor) :

نسبة الاستنارة على مستوى أفقي عند نقطة معلومة في داخل مبنى والناتجة عن الضوء الواصل اليه مباشرة من السماء (مع استبعاد ضوء الشمس المباشر) الى الاستنارة الناتجة عن نصف كرة من السماء غير محجوبة ذات انارية منتظمة مساوية لانارية السماء المرئية .

1/3/33 عامل ضوء النهار (Daylight Factor) :

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

1/3/34 عامل نقصان الضوء (Lightloss Factor) :

نسبة الاستنارة التي تصدر عن تركيبات اضاءة معينة في زمن محدد، الى الاستنارة الأولية (Initial Illuminance) لهذه التركيبات عندما تكون حديثة .

1/3/35 قابلية الرؤية (Visibility) :

هي حالة كون الشيء قابلا للإدراك بوساطة العين البشرية .

1/3/36 اللومن (Lumen) :

هو وحدة قياس الدفق المنير في النظام العالمي للوحدات (SI) ، ويعرف بأنه الدفق المنير المنبعث من مصدر ضوء نقطي ذي شدة منيرة قدرها قنديلة واحدة من خلال زاوية مجسمة تساوي (1) ستراديان .

1/3/37 الليل (Night) :

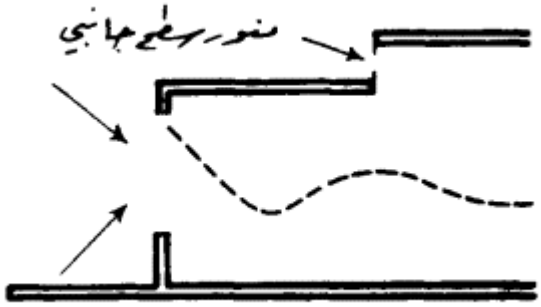
الساعات المحصورة بين بداية الشفق المرئي المسائي وبداية الشفق المرئي الصباحي. وينتهي الشفق المرئي المسائي عندما يكون مركز قرص الشمس واقعا على زاوية تساوي (6) درجات تحت الأفق. اما الشفق الصباحي فيبدأ عندما يكون مركز قرص الشمس واقعا على زاوية تساوي (6) درجات تحت الأفق .

1/3/38 مستوى العمل (Working Plane) :

المستوى الذي يجري العمل فيه وتقاس عليه الاستنارة. وما لم يحدد ذلك المستوى، يفترض انه مستوى أفقي يقع على ارتفاع قدره (0.76) م فوق الأرضية .

1/3/39 منور السطح الجانبي (Clerestory) :

هو جزء من المبنى يرتفع فوق السقف، وجدرانه شبابيك تضيء داخل المبنى بضوء النهار كما هو مبين في الشكل رقم (3).

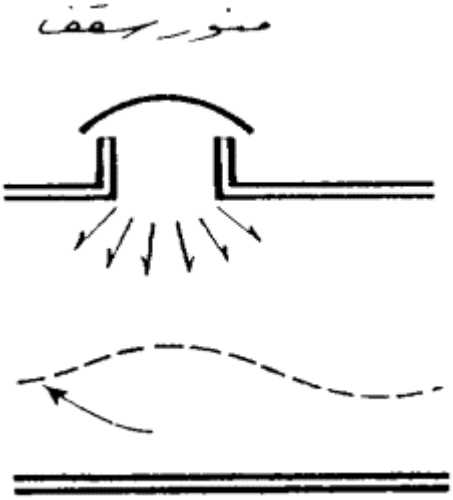


الشكل رقم (3)

منور السطح الجانبي

1/3/40 منور السقف (Skylight) :

جزء من المبنى يرتفع فوق السقف، ويمر ضوء النهار من سقف هذا المنور ليضيء داخل المبنى كما هو مبين في الشكل رقم (4) .



الشكل رقم (4)

منور السقف

1/3/41 نسق الفتحات (Fenestration) :

فتحة او ترتيب من الفتحات (تكون عادة ذات وسيط للتحكم) تسمح لضوء النهار بالدخول الى المبنى

.

الباب الثاني

ضوء النهار (Daylight)

2/1 الانارة بضوء النهار والهندسة المعمارية

2/1/1 مقدمة :

تعتبر الانارة المناسبة في المباني ضرورة ملحة ليتمكن الإنسان من ممارسة نشاطاته في هذه المباني على الوجه الأكمل. وقد تطورت الانارة على مر العصور، بشكل متكامل ففي الأزمنة القديمة استخدمت فتحات في الجدران لادخال ضوء النهار الى المباني. اما في وقتنا الحاضر فتستخدم الانارة الاصطناعية بالاضافة الى الانارة الطبيعية.

ان تزايد تكاليف الطاقة وتناقص مواردها وصعوبة الحصول عليها من أجل الانارة والتدفئة والتكييف تتطلب تبني طرق جديدة في تصميم المباني من قبل المعماريين والمهندسين والشاغلين لها. وفي حالة الانقطاع السريع للمصادر الطبيعية التي تتحكم في بيئة المباني يبقى الأمل الوحيد متمثلا في امكانية الحصول بوفرة واستمرار على الطاقة الشمسية بصفتها مصدر ضوء وحرارة . ويجب ان تستغل بطريقة مثالية للحصول على انارة من نوعية جيدة وتكييف حراري يفي بمتطلبات الانسان.

وتبقى الطاقة الكهربائية مستعملة بشكل أساسي في المباني بوصفها مصدرا رئيسيا للانارة والتدفئة والتبريد والتكييف الا ان الاقتصاد في التشغيل يضطر المصممين الى اتباع طرق اكثر ملاءمة ، وذلك بتحليل الأنظمة البيئية التي تعتمد على كل من الطاقة الشمسية والطاقة الكهربائية. ويجب استخدام الطاقة الشمسية والطاقة الحرارية بحيث تكون احداهما متممة للأخرى للوصول الى استعمالات مثالية . ويجب التنسيق بينهما للوصول الى بيئة فعالة ومرضية من وجهة النظر الجمالية ، كما لا يجوز اهمال المظاهر البيئية الأخرى الضارة بالانسان وراحته.

2/1/2 تبرير استعمال الانارة بضوء النهار :

(أ) عام:

ان لضوء النهار ميزات عديدة تجعل استعماله لانارة المباني ليس مرغوبا فحسب بل قيما من وجهة النظر الاقتصادية والجمالية ومن حيث الكم والوع. ومع انه توجد متغيرات عديدة تدخل في اعتبار تلك الاستنتاجات الا ان المعلومات الكمية ليست متوفرة دائما. والهدف من هذا البند هو ابراز استنتاجات مبنية على حالات خاصة من الدراسة والبحث والقياس من عدة مصادر لمساعدة المصمم على استنتاجاته المبدئية الخاصة.

(ب) كمية ضوء النهار ونوعيته :

تؤكد الدراسات المتعلقة بالاستنارة من الشمس والسماء حقيقة انه تتوفر كمية كافية من ضوء النهار تجعل استعمال ذلك الضوء في الانارة الداخلية قابلا للتنفيذ، حتى في أكثر المناطق تلبدا بالغيوم. ومع ان معظم بنود هذه الكودة تعنى بقياس كمية ضوء النهار المار من الشباك او أي فتحة أخرى في المبنى، الا انه يجب العناية بنوعية ذلك الضوء. فمن ابرز المشاكل التي تؤثر على الانارة بضوء النهار الانعكاسات الحاجبة على السطح المرئي والناتجة عن مصادر ضوء تكون في وضع غير ملائم بالنسبة لذلك السطح بشكل عام، بالاضافة الى أشعة الشمس المباشرة التي تصاحبها كمية زائدة من الحرارة. وتؤدي تلك الانعكاسات الى تخفيض فعالية نظام الانارة. والتصميم الجيد للشبابيك والفتحات يجب ان يؤدي الى استبعاد الابهار والحرارة الزائدة .

(ج) حفظ الطاقة :

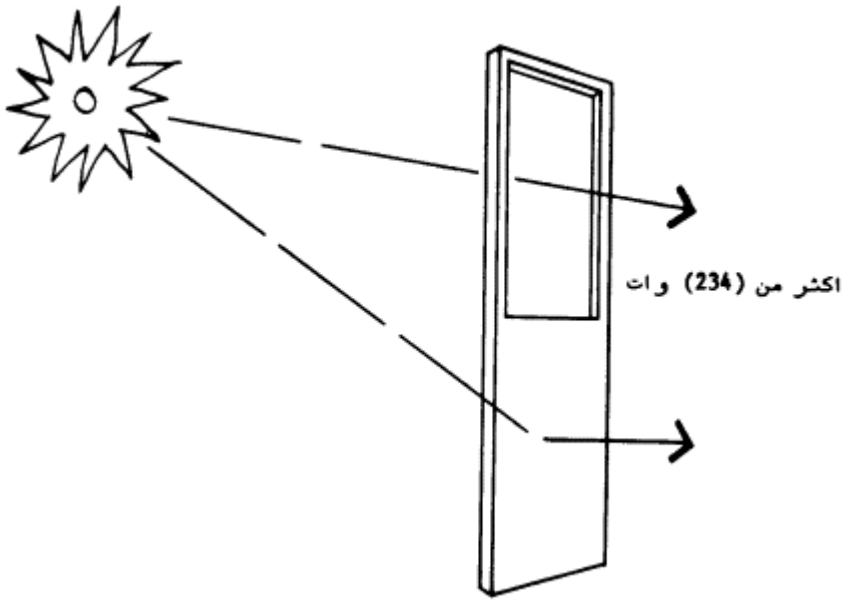
يؤدي استعمال ضوء النهار في انارة المباني الى تخفيض استهلاك الكهرباء لأغراض الانارة. ويعتمد مدى ذلك التخفيض على عدد من المتغيرات مثل سهولة الحصول على ضوء النهار وتوجيه المباني وموضعها ومناسيب الاستنارة المطلوبة وغيرها. ويمكن القول ان الضوء الوارد الى المبنى من الجوانب اكثر فعالية من الضوء الوارد اليه من الأعلى، وذلك من حيث تحسين الاداء الابصاري في المبنى وتخفيض الانعكاسات الحاجبة فيه. كما ان وصول الطاقة الشمسية الى المبنى في فصل الشتاء يزوده بالحرارة مما يؤدي الى تخفيض استهلاك الطاقة فيه. اما استعمال الطاقة الشمسية في اثناء الصيف فيزيد من الطاقة المستهلكة لأغراض التبريد.

وهنا يجب الاشارة الى ما هو وارد في الباب الثاني من كودة العزل الحراري، حيث تم تصنيف المباني الى فئتين فئة أولى وفئة ثانية. وحددت الانتقالية الحرارية (U-Value) القصوى للسقوف والأرضيات المكشوفة بحيث لا تزيد

عن (1.0) للفئة الأولى ولا تزيد عن (2.7) للفئة الثانية من المباني . وهذا يتطلب من المصمم مراعاة مساحة الفتحات الخاصة بالانارة بضوء النهار سواء كانت جانبية ام علوية بحيث يحافظ دائما على الانتقالية الحرارية القصوى ضمن الحدود المذكورة. وفي حالة ضرورة زيادة مساحات فتحات الانارة، على المصمم زيادة العزل الحراري في المساحات الأخرى المصممة المكشوفة بحيث يبقى معدل الانتقالية الحرارية للسقوف والأرضيات المكشوفة ضمن الحدود المطلوبة. ويحدد الجدول رقم (3) من كودة العزل الحراري القيم القصوى للانتقالية الحرارية للجدران بأن تكون مساوية (1.8) للمباني من الفئة الأولى ومساوية (2.7) للمباني من الفئة الثانية. كما يشير الجدول رقم (2) من تلك الكودة الى قيم الانتقالية الحرارية للأبواب والشبابيك. واذا تطلب الامر زيادة العزل الحراري للمساحات المكشوفة كما ورد سابقا، فانه يجب الرجوع الى الجداول ذات الأرقام (4) و (5) و (6) و (7) و (8) و (9) (10) و (11) و (12) كما هي واردة في الباب الثالث من كودة العزل الحراري. وفيما يتعلق بمواد البناء والعوازل المعتمدة في الأردن وموصليتها، فانه يجب الرجوع الى الجدول رقم (15) من تلك الكودة، فالمبنى المصمم جيدا وبشكل صحيح يجعل المحصلة النهائية للطاقة الشمسية في صالح تخفيض الاستهلاك .

على المهتمين في تطبيق هذه الكودة ان يراعوا ايضا كلفة الطاقة سواء كانت كهربائية أم من أجل التدفئة والتبريد او عن طريق الوقود السائل لأغراض التدفئة والتسخين.

يعطى ضوء الشمس انارة لكل وحدة طاقة (او حرارة) أكثر مما تعطيه أطقم الاضاءة الكهربائية شائعة الاستعمال، وبذلك يكون التخفيض في استهلاك الطاقة ممكنا من خلال الاستعمال الصحيح للطاقة الشمسية واستعمال ضوء النهار لانارة المبانـي [انظر الشكل رقم (5)].



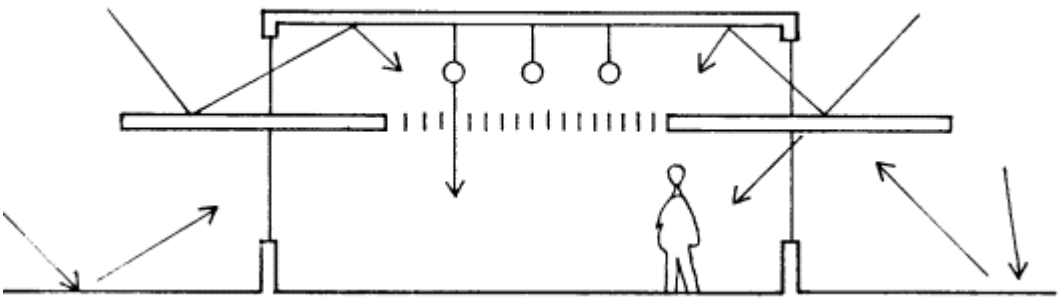
الشكل رقم (5)

الحرارة الناتجة عن الشمس في يوم ذي سماء صافية

من خلال فتحة مستطيلة في الجدار مقاسها 0.3 م × 2.4 م

(د) الانارة المشتركة من ضوء النهار والضوء الكهربائي :

يستلزم الأمر في معظم المباني استعمال الضوء الكهربائي الى جانب ضوء النهار وذلك لانارة الاماكن الداخلية منها بشكل كاف نهارا، ولتوفير الانارة الملائمة ليلا وفي الأيام التي تكون السماء فيها ملبدة بالغيوم نهارا. وعليه فان الانارة بضوء النهار والإنارة الكهربائية نوعان متكاملان من الانارة. لذا يجب استعمالهما معا للحصول على نتائج مثالية كما هو مبين في الشكل رقم (6) .



الشكل رقم (6)

يمكن إشراك ضوء النهار والضوء الكهربائي معا

للحصول على بيئة ذات نوعية جيدة

توجد فروق ملحوظة في الانطباع النوعي والخاصية الذاتية لكل من ضوء النهار والضوء الكهربائي عند استعمال أي منهما لانارة الاماكن الداخلية. فمثلا يختلف المصدران في المستوى اذ يكون انسياب الضوء من كل منهما في اتجاه مختلف عن الآخر. ولكل منهما ايضا نوعية مختلفة من الطيف. وللاستفادة من الميزات التي يوفرها كل من ضوء النهار والضوء الكهربائي تتم انارة الاماكن الداخلية بأفضل ما يمكن عند إشراكهما معا. وذلك يستدعي تنسيقا جيدا بين النوعين وربطهما بعلاقة صحيحة مع تصميم المبنى.

2/2 الاستخدام المجدي لضوء النهار

2/1/2 يتطلب استخدام ضوء النهار بطريقة مجدية أخذ عوامل متعددة بعين الاعتبار تتعلق بإمكانية الحصول عليه. وهذه العوامل تشمل ما يلي :-

* الانارية الصادرة عن السماء الصافية او الغائمة جزئيا او الملبدة بالغيوم وتوزيع تلك الانارية .
* تأثيرات التضاريس الطبيعية المحلية والمناظر الخارجية والمباني المجاورة للمبنى المعني على كمية ضوء النهار الممكن الحصول عليها للاستخدام في ذلك المبنى.
* الابهار الناتج عن مصادر مختلفة للضوء وأنماط الانارية ضمن مجال النظر.
* لون ضوء النهار عند خلطه مع ضوء من مصادر أخرى.

2/2/2 العوامل الخاصة بالمبنى التي يعتمد عليها ضوء النهار الواصل الى ذلك المبنى ويمكن استعماله في الانارة الداخلية للمبنى :-

* تصميم فتحات المبنى (الشبابيك ومناور السقف ومناور السطح الجانبية) ووسائل التحكم الصناعية في ضوء النهار (نبائط التظليل، الزجاج الماص للحرارة، حواجز الضوء، الستائر) آخذين بعين الاعتبار التدفئة والتبريد .

* طرق معالجة سطوح الغرفة والملامح الأخرى الداخلية .

2/3 الشمس

على الرغم من ان مساهمة ضوء الشمس المباشر تستثنى عادة من حسابات الانارة بضوء النهار نظرا لشدته الكبيرة ومشاكل الانارية المتعلقة به، الا انه يجب أخذ تأثيراته العامة في الحسبان. ويعتبر ضوء الشمس المباشر غير مرغوب فيه بشكل عادي داخل المباني وبخاصة في المناخات الدافئة والحارة. لذا تصمم فتحات المباني بشكل يساعد على تجنبه او تخفيضه، وذلك باختيار الموضع الصحيح للمبنى أو /واستعمال المظلات او/وشفرات التظليل او/ والزجاج الملون او/ والزجاج المطلي او/ والزجاج العاكس او/والستائر او خليط منها.

ويعتبر ضوء الشمس السنوي فائضا عن الحاجة في المناطق المعتدلة المناخ. وتستعمل ستائر قابلة للتحكم من أنواع مختلفة لاستبعاده عن المبنى او نشره عندما تكون التأثيرات الحرارية او الابهار بحاجة الى التحكم. ومع ان الشمس تشكل مصدرا وفيرا للطاقة المشعة فان حوالي نصف تلك الطاقة الشمسية التي تصل الى سطح الأرض يمكن رؤيتها. ويحتوي طيف الطاقة الشمسية ايضا على مكونات ذات أمواج أقصر (اشعاع فوق بنفسجي) ومكونات ذات أمواج أطول (اشعاع تحت الأحمر) من الأمواج المرئية. وعندما يمتص ضوء الشمس تتحول جميع الطاقة المشعة الى حرارة سواء كان الاشعاع مرئيا أم غير مرئي. ويتغير الجزء المرئي من الطيف الشمسي تبعا لعمق الفضاء الذي يخترقه، كما يعتمد على زاوية ميل الشمس عن الأفق وعلى عوامل الجو المختلفة والمتغيرة مثل الغبار والرطوبة وما الى ذلك.

وتنشأ عن دوران الأرض حول محورها وعن دورانها حول الشمس حركة ظاهرية مستمرة بالنسبة لأي نقطة مرجعية على سطح الأرض ويحدد موضع الشمس بالنسبة لتلك النقطة المرجعية في أي لحظة بدلالة زاويتين تسمى احداهما زاوية ارتفاع الشمس وهي الزاوية الرأسية للشمس فوق الأفق. وأما الثانية فتدعى زاوية السمت وهي الزاوية الواقعة بين المسقط الأفقي للخط الواصل بين مركز الشمس ومركز الكرة الأرضية والخط الواصل بين الجنوب والشمال كما هو مبين في الشكل رقم (2) .

تتأثر الاستنارة الناتجة من ضوء الشمس على السطح الخارجي للمبنى من ضوء الشمس بزاوية ارتفاع الشمس والزاوية المحصورة بين اتجاه ضوء الشمس الساقط على ذلك السطح والسطح ذاته . كما تعتمد على كمية الضباب والغبار في الجو. ويمكن الحصول على معلومات وافية عن عدد الساعات المشمسة اليومية من دائرة الأرصاد الجوية كما ان المعلومات المتعلقة بالاستنارة الناتجة عن الشمس للسطوح الخارجية لأغراض التصميم واردة في الباب الرابع من هذه الكودة .

2/4 السماء

2/4/1 الشمس هي المصدر المطلق لضوء النهار ويتشتت هذا الضوء في اثناء مروره خلال الغلاف الجوي المحيط بالكرة الأرضية بوساطة الغبار والجزيئات الغازية المكونة للهواء. ونتيجة لذلك تظهر السماء ساطعة في اثناء ساعات النهار بشكل متغير وتصبح السماء المصدر الرئيسي للانارة بضوء النهار الجاهز للاستعمال في داخل المباني.

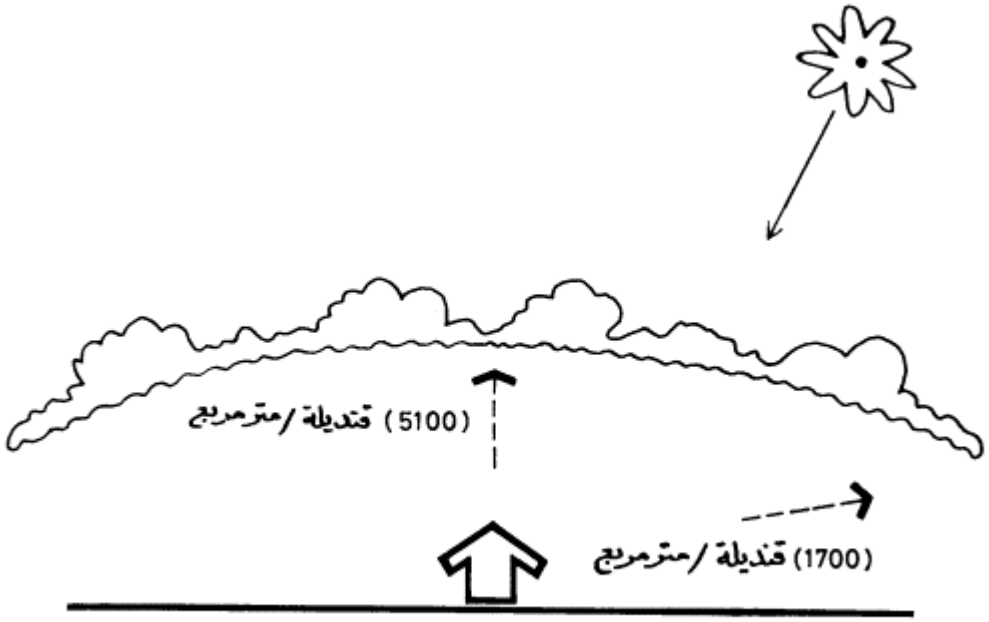
2/4/2 بالمقارنة مع الشمس فان السماء ذات مساحة مرئية كبيرة وانارية منخفضة نسبيا وتعتمد كمية ضوء النهار النسبية الواصلة من السماء او من الشمس الى الأرض على الظروف الجوية وعلى موضع الشمس. ولتعيين قيم ضوء النهار المتعلقة بالتصميم يمكن اعتبار واحد او اكثر من الظروف التالية الخاصة بالضوء الساقط على السطوح الخارجية الرأسية للمباني:-

(1) الضوء الصادر عن السماء الملبدة بالغيوم فقط.

(2) الضوء الصادر عن السماء الصافية فقط .

(3) الضوء الصادر عن السماء الصافية بالاضافة الى ضوء الشمس المباشر.

2/4/3 تعتمد كمية ضوء النهار والاتجاه الذي يصل منه ذلك الضوء الواصلة من السماء الملبدة بالغيوم الى شبابيك المباني على نمط انارية السماء. ويختلف توزيع انارية السماء الملبدة بالغيوم باختلاف المكان والزمان وكثافة الغيوم وانتظامية التلبد آخذين بعين الاعتبار طوبوغرافية المكان. هذا، وتكون السماء الملبدة بالغيوم بانتظام ساطعة في الاتجاه الرأسي عادة بما يعادل مرتين ونصف او ثلاث مرات من سطوعها قرب الأفق [انظر الشكل رقم (7)] . ولغايات التبسيط يمكن استخدام قيمة واحدة تمثل انارية السماء المكافئة المنتظمة لأغراض التصميم.

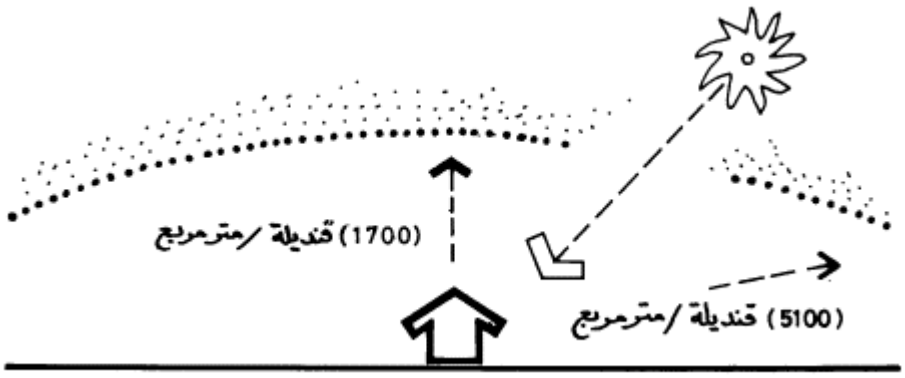


الشكل رقم (7)

سطوع السماء الملبدة بالغيوم

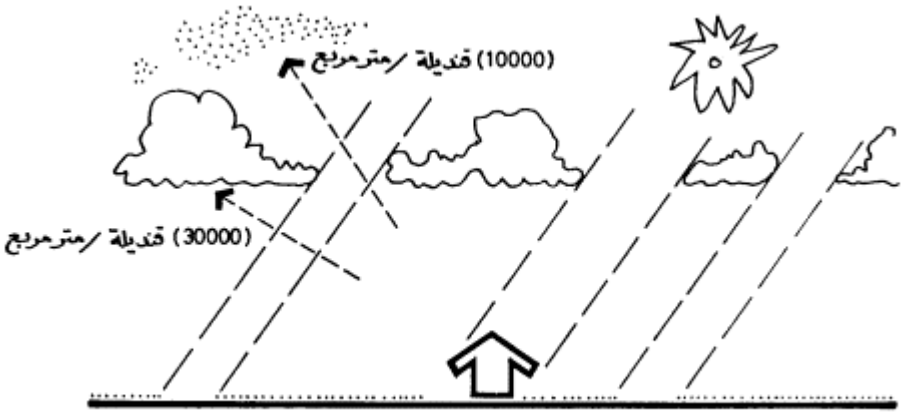
2/4/4 تتغير انارية السماء في الأيام التي تكون تلك السماء فيها صافية بتغير موضع الشمس وكمية الغبار الجوي او الضباب الخفيف، ويستثنى من ذلك المكان القريب من الشمس حيث تكون السماء الصافية قرب الأفق اكثر سطوعا منها في الاتجاه الرأسي كما هو مبين في الشكل رقم (8)، مع عدم اخذ الاشعة الشمسية المباشرة بعين الاعتبار بل المنعكسة منها فقط. اما سطوع السماء الغائمة جزئيا فهو موضح في الشكل رقم (9). ويمكن استعمال مبدأ انارية السماء المكافئة (التصميمية) المشار اليه في البند رقم (2/4/3) عند حساب ضوء النهار في الأيام ذات السماء الصافية. وللسطوح غير المعرضة للشمس المباشرة يدخل في هذه الحسابات ضوء السماء فقط، اما بالنسبة للسطوح المعرضة للشمس المباشرة فيؤخذ كل من ضوء الشمس وضوء السماء بعين الاعتبار .

2/4/5 ترتبط الاستنارة الناتجة على سطح أفقي من سماء صافية منفردة بزاوية ارتفاع الشمس. وفي حالة السطوح الرأسية او المائلة تتغير الاستنارة بتغير السطح المعني .



الشكل رقم (8)

سطوع السماء الصافية



الشكل رقم (9)

سطوع السماء الغائمة جزئيا

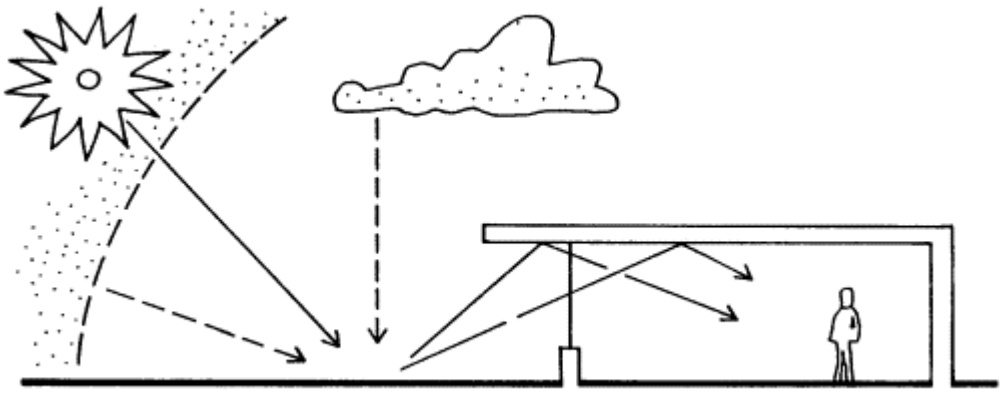
2/5 الضوء المنعكس

يمكن للضوء المنعكس من الخلج الى الاماكن الداخلية في المباني ان يساهم في رفع مناسيب الضوء او ان يؤدي الى ابهار

غير مرغوب او الى النتيجتين معا. لذا يجب ان يكون المصممون حذرين من استعمال ذلك الضوء القوي المنعكس عن المباني في الاماكن المحيطة بالمبنى المعني (بعض تلك المباني قد لا يكون مقاما بعد). وعند تصميم نظام الانارة بضوء النهار ونظام الفتحات الخاص بذلك، يجب العمل على ان تعكس المباني ذات السطوح فاتحة اللون او اللماعة (ذات الانعكاسيه العالية) والسطوح الموجهة لضوء الشمس المباشر الى المباني الأخرى.

2/6 الأرض

ان للضوء المنعكس عن الأرض او عن سطوح خارجية أخرى أهمية في تصميم الانارة بضوء النهار، اذ يشكل ضوء الشمس المنعكس عن الأرض من (10) بالمائة الى (15) بالمائة من الضوء الكلي الواصل الى منطقة الشباك في المبنى بشكل عام. وتزيد تلك النسبة عن ذلك مرارا للأراضي الرملية ذات اللون الفاتح او المغطاة بالنباتات الفاتحة اللون او المغطاة بالثلج. وقد يصل الضوء المنعكس عن الأرض في الأماكن غير المعرضة للشمس مباشرة الى أكثر من نصف الضوء الكلي الواصل الى الشباك. ويجب ان يكون الاتجاه الذي يصل منه الضوء المنعكس عن الأرض الى الفتحات في المبنى بحيث يمكن الانتفاع به بفعالية أكبر في داخل ذلك المبنى . وينعكس ذلك الضوء عن السقف الى داخل المبنى، كما يمكن التحكم فيه بدرجة كبيرة، لذا يجب اعتبار الضوء المنعكس عن الأرض عنصر تصميم ضوئي اضافي للمبنى. وباستعمال مواد فاتحة اللون في سطوح الأرضية المجاورة للمبنى فانه يمكن زيادة الضوء المنعكس عن تلك الأرضيات الى الفتحات والضوء الواصل الى داخل المبنى بشكل ملحوظ كما هو مبين في الشكل رقم (10).



الشكل رقم (10)

الضوء المنعكس عن الأرض قد يشكل اكثر من

نصف الضوء الكلي الوارد الى الشبابيك

2/7 متغيرية ضوء النهار (Daylighting Variability) :

غالبا ما تكون كمية ضوء النهار الممكن الحصول عليها للاستعمال داخل المبنى متغيرة باستمرار. وتظهر هذه المتغيرية غالبا عند المعمارين ومصممي الانارة بصفتها عاملا يصعب التعامل معه الى حد بعيد. وهذا التغيير باختصار هو ما يضيف اهتماما كبيرا الى انارة الاماكن الداخلية بضوء النهار. ولقد بينت الدراسات ان للتغيرات في منسوب الانارة تأثير استرخاء على العيون تنجم عنها ردود فعل نفسية ذات فائدة كبيرة للناس.

وعلى الرغم من ان تلك المتغيرية تجعل من الصعب على المصمم ان يكون محددا في حسابات الانارة بضوء النهار الا ان بذل جهد قليل لاعتبار المتغيرية في ضوء النهار يمكن ان يساهم مساهمة ذات معنى في تلك الحسابات.

وعلى كل حال فان هناك عناصر للتنبؤ بضوء النهار فالحركة اليومية والفصلية للشمس بالنسبة لسطح مبنى معين وبالنسبة لخط العرض الذي يقع فيه المبنى تنتج نمطا منتظما وقابلا للتنبؤ بالتغير التدريجي في كمية ضوء النهار واتجاهه التي يمكن الحصول عليها عند مواضع معينة.

ومن الجدير بالذكر ان النمط الناتج عن التغيرات الأقل انتظاما في الطقس وبشكل خاص فيما يتعلق بدرجة التلبد بالغيوم يصعب التنبؤ به . ولسوف يجد مصممو الاضاءة الذين يسعون للحصول على معلومات دقيقة مثل تلك المعلومات المتوافرة عن الاضاءة الكهربائية ان معلومات ضوء النهار المتوافرة لمواقع محددة هي أقل بكثير مما يرغبون في الحصول عليه.

2/8 لون ضوء النهار

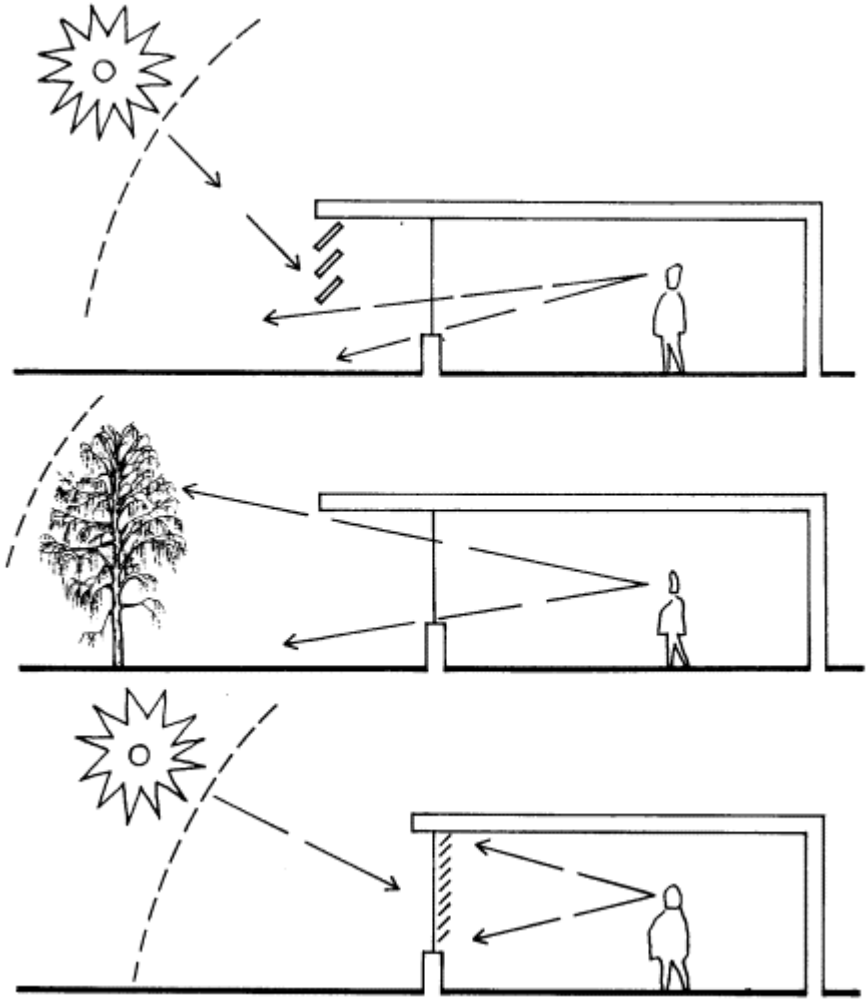
تكون معرفة اللون وتوزيع طيف الطاقة لضوء النهار مهمة فقط عند اشراك الاضاءة الكهربائية مع الاضاءة بضوء النهار. واذا لم يتم التوفيق بين المصدرين من حيث اللون فانه تحدث ردود فعل نفسية غير مريحة للإنسان. وحيث ان اللون الظاهر لضوء النهار ليس ثابتا (يعتمد التوزيع الطيفي في أي وقت محدد على بعثرة ضوء الشمس وامتصاصه في الجو السائد)، والمواصفات الدقيقة للون ضوء النهار ترتبط بظروف سماء معينة لمعظم الأغراض، فان اللون الظاهري يوصف بدقة كافية بدرجة حرارة لونه بدرجة كلفن (K) ، وبذا يتم اختيار الضوء الكهربائي ذي درجة حرارة لون مكافئة

لدرجة حرارة لون ضوء النهار الذي يتم التصميم له .

تقع درجة حرارة لون ضوء النهار في المدى المنحصر بين(4000°) كلفن وحوالي (10000°) كلفن. وتكون السماء الملبدة بالغيوم عادة مقترنة بدرجة حرارة لون منخفضة تتراوح بين (4500°) كلفن و (7000°) كلفن. اما السماء الصافية فتكون مقترنة بدرجة حرارة لون عالية لا تقل عن (10000°) كلفن. ولضوء الشمس درجة حرارة لون تقع في المدى(4000° – 5500°) كلفن حسب زاوية ارتفاع الشمس .

2/9 الإبهار من الشمس والسماء

قد يسبب مصدر الضوء عالي الشدة في حقل النظر المباشر للمشاهد إعاقة ابصارية او ازعاجا ابصاريا او كليهما. وهذا حاصل من الشمس او السماء عند النظر اليهما من خلال الشباك. فاذا نظرنا الى جسم في غرفة وكانت انارية خلفيته أعلى بكثير من انارته (مثل كتاب تحيط به خلفية من الخرسانة المضاءة بضوء الشمس)، فانه يكون من الصعب اكتشاف تفاصيل ذلك الجسم لأن منسوب تكيف العين يرتفع بشكل كبير بسبب وجود اماكن ساطعة جدا نسبيا. والغاية مما سبق هي جلب الانتباه لأهمية التحكم في ذلك عند وضع التصميم الأولي. وهناك طريقة لتجنب الابهار بشكل فعال وهي ضمان عدم وضع شاغلي المبنى بحيث تقع مصادر ضوء ساطعة في خط نظرهم. وهذا ما بنيت عليه الطرق العادية القديمة لوضع المقاعد او السطوح المرئية بحيث يقع مصدر الضوء فوق كتفي المشاهد. وعند طلب حيز أكثر مرونة يجب البحث عن بعض الوسائل الأخرى للتحكم في ضوء النهار للحصول على تلك المرونة. وللتحكم في منظر السطوع الفائض خارج المبنى يمكن استعمال نبائط حاجبة مثل الزجاج المظلل او/وشفرات التظليل او/والحواجز او/والمظلات او /والستائر او /والأغطية الشفافة. ويمكن ان تكون تلك الوسائل فعالة من حيث الكسب في حرارة الشمس. من الممكن الحد من رؤية السطوح الخارجية الساطعة بينما يسمح بالنظر الى السطوح الخارجية الأقل سطوعا مثل العشب الأخضر والأشجار ... الخ. تميل كل الوسائل الواردة سابقا الى تخفيض كمية ضوء النهار التي تساهم في انارة المكان الداخلي. لذلك فان اناريات السطوح الداخلية تنخفض ويزداد التباين بينها وبين اناريات الاماكن الخارجية المرئية من خلال الشبابيك[انظر الشكل رقم (11)]. واذا بقيت تلك الفروق في الانارية قائمة فانه يمكن استخدام ضوء كهربائي لرفع الاناريات داخل المبنى لتخفيض تلك الفروق.



الشكل رقم (11)

تعديل المنظر المرئي من الداخل الموجود

في أماكن خارجية مضاءة بشكل هائل

جدول المحتويات الباب الثاني الباب الرابع

الباب الثالث

مبادئ تصميم الانارة بضوء النهار

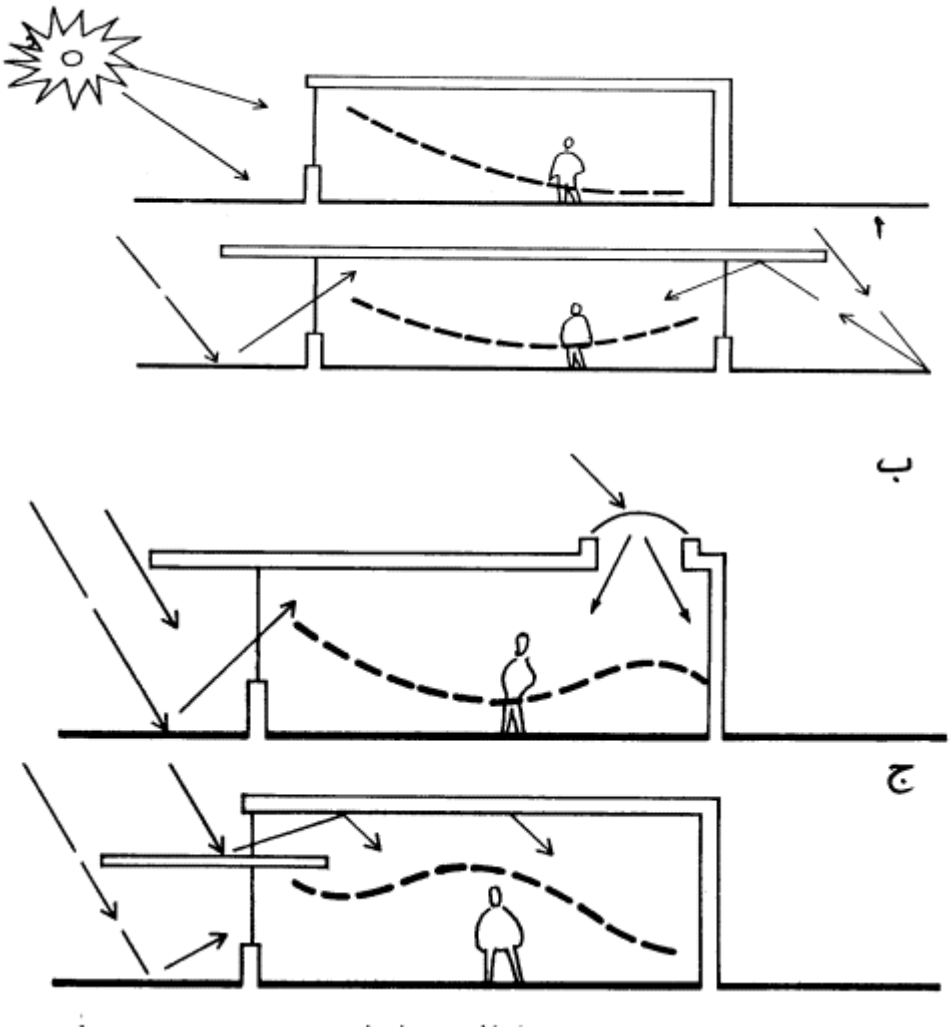
3/1 عام

تعتبر المباني جزءا أساسيا من البيئة المعقدة التي يبتكرها الانسان. فقد جعلت التكنولوجيا والفهم المتزايد للعلاقات السيكولوجية والاجتماعية بين الجنس البشري والبيئة كلا من تصميم المباني والبيئة الموجودة في مستوى رفيع جدا. مع ذلك يبقى الشيء الكثير مما يجب تعلمه فيما يتعلق بالبناء من حيث علاقته بالناس والبيئة الكلية. ولهذا فان على المعماريين ان يستخدموا مواهبهم الخلاقة في عملية التصميم من حيث فهم العلاقات المتداخلة المعينة. وما زال هناك الكثير مما يجب تعلمه فيما يتعلق بطرق التنبؤ بضوء النهار او حساب كميته ونوعيته المسموح بها في داخل المباني.

3/2 الشكل الهندسي للغرفة

3/2/1 عام

اقتبست معظم أبعاد الغرف التقليدية بشكل مباشر من اعتبارات للانارة بضوء النهار. ومن الاجراء التي طورت بشكل خاص لتوفير ضوء النهار لجميع أنحاء الغرفة ، السقف المرتفع والجدار ذو الشباك ضمن غرفة ذات حد أدنى من العمق. وكذلك فان فتحات الانارة العلوية وفتحات السقف الجانبية والسقوف ذات شكل أسنان المنشار والغرفة المنارة من جانبين كل تلك تصاميم يقصد بها السماح لضوء النهار بالوصول الى الغرف العميقة كما هو مبين في الشكل رقم (12). وقد استعملت تلك التصاميم للغرف التقليدية بكثرة وباستفادة كبيرة وبخاصة عند الإقبال على بناء المدارس وقبل الحصول على الطاقة الكهربائية بوصفها مصدر طاقة للانارة بكلفة قليلة.



الشكل رقم (12)

المقاطع التقليدية للغرف اشتقت من اعتبارات ضوء النهار

توزيع ضوء النهار :

(أ) اضاءة جانبية

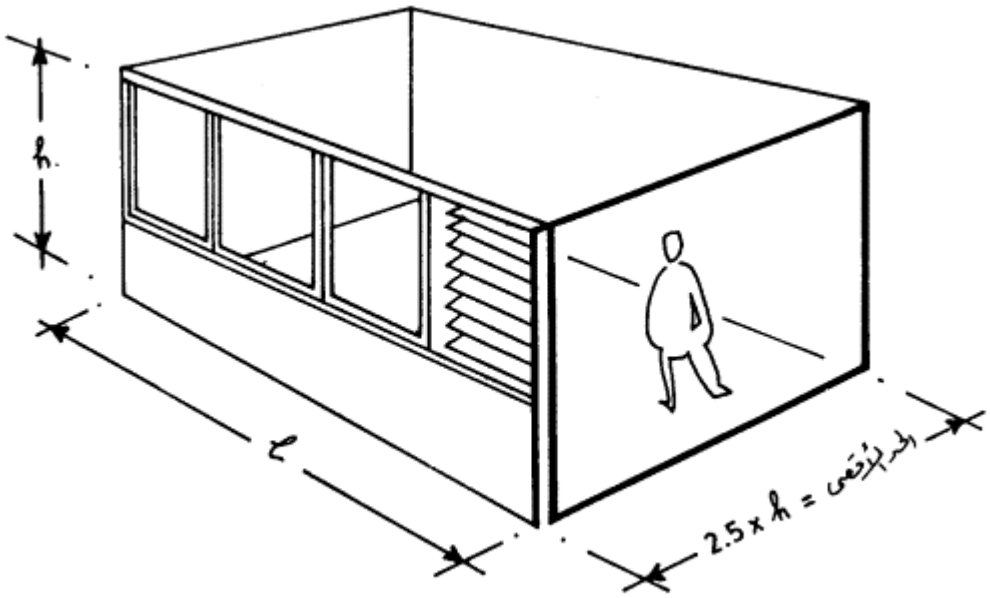
(ب) اضاءة حرفية

(ج) اضاءة جانبية وعلوية

(د) اضاءة جانبية مع منور سطح جانبي

ان الاضاءة النهارية الجانبية التي تدخل الى المبنى من الجوانب تصبح مهمة في حالة المباني الحديثة متعددة الطوابق المعاصرة والمستقبلية. وتعتمد كمية الضوء التي تدخل من الفتحة الجانبية للمبنى على كل من عرض الفتحة وارتفاعها فوق مستوى

العمل وعلى نوع تزجيجها وعناصر التحكم في ضوء النهار المار منها والتي قد تستعمل لهذا الغرض (مثل شفرات التظليل والستائر ...الخ). وبشكل عام تعتبر الانارة بضوء النهار فعالة لمسافة محدودة داخل الغرفة (على بعد من الشباك يساوي ارتفاعه مرتين ونصف المرة). وكما هو مبين في الشكل رقم (13).



الشكل رقم (13)

كمية ضوء النهار المسموح بدخولها من فتحة جانبية

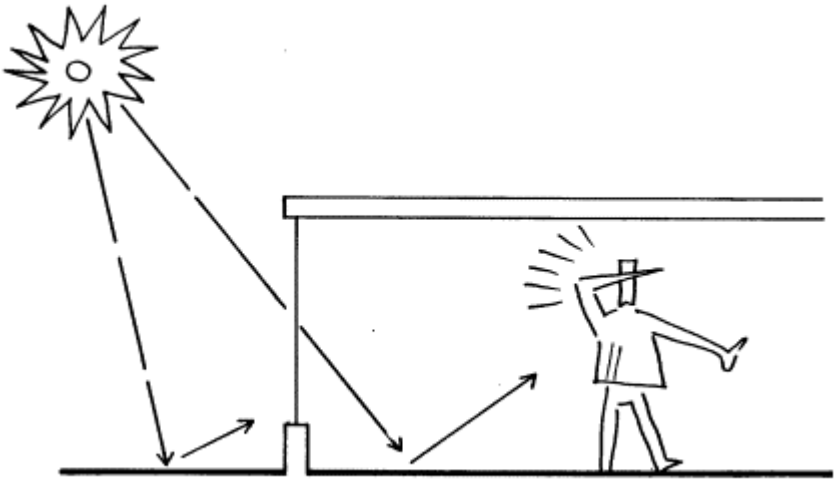
تعتمد على مقاس فتحة الشباك ونوع التزجيج

وعناصر التحكم في الضوء المستعملة

وإذا سمح بدخول كميات كبيرة من ضوء النهار الى داخل الغرفة ، فان ضوء الشمس المباشر قد يؤدي الى سطوع حاد ومشاكل حرارية ما لم يتم التحكم فيه جيدا. ويمكن التحكم في ضوء الشمس المباشر باستعمال مواد ذات خاصية اختيارية لنفاذية الضوء وتوجيه الفتحات واستعمال الشفرات القابلة للتعيير مثل حواجز الضوء والستائر .... الخ.

ويجب على المصمم ان يوازن في استعماله لعناصر التحكم على الفتحات بين ظروف الاضاءة النهارية القصوى (أي الشمس والسماء الصافية) وبين ظروف الاضاءة النهارية الدنيا (أي السماء الملبدة بالغيوم). وفي حالة ظروف السماء

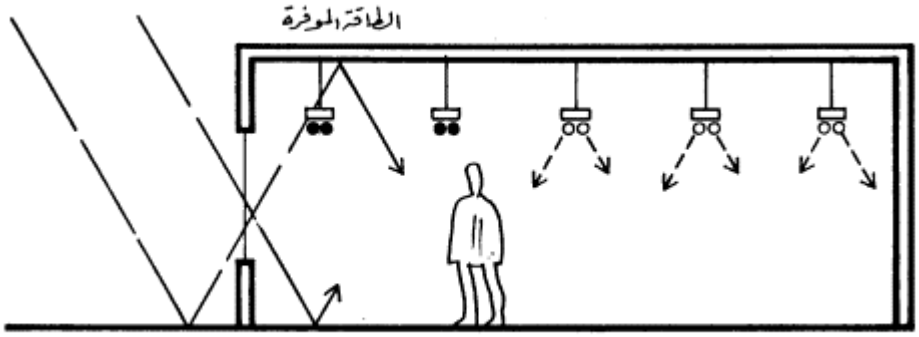
الغائمة قد يكون استعمال اضاءة كهربائية تكميلية أفضل بديل لذلك. وتسمح الفتحات الجانبية ايضا بانتقال الحرارة من المبنى واليه ، لذا يجب ان تؤخذ هذه الحالة بعين الاعتبار. وعلى المصمم ان يوازن بين الاضاءة النهارية وتكلفة التحكم في انتقال الحرارة . وغالبا ما تفوق الفوائد المتوخاة من الاضاءة النهارية والكسب الحراري من خلال الفتحات الجانبية السلبيات الناتجة عن الكسب الحراري في الصيف اذا ما تم التصميم بطريقة جيدة. [انظر الشكل رقم (14) و الشكل رقم (15)] .



الشكل رقم (14)

ضوء الشمس المباشر يؤدي الى سطوع حاد

ما لم يتم التحكم فيه بشكل صحيح



الشكل رقم (15)

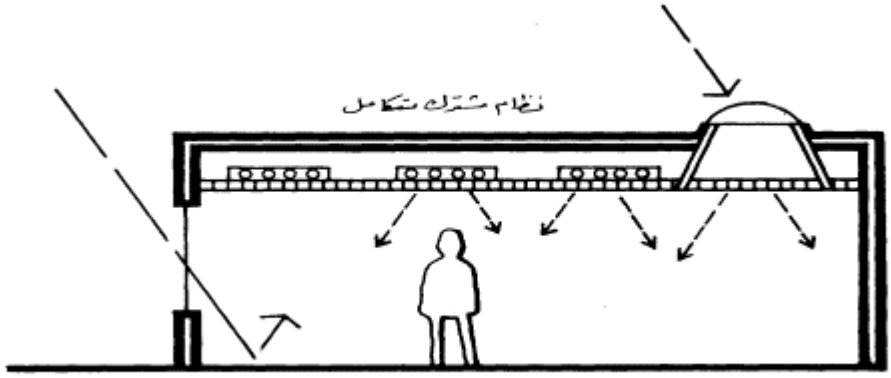
الإبدال اليدوي او التلقائي للإضاءة الكهربائية المساعدة

عند وجود ضوء النهار يمكن ان يوفر طاقة من ناحية

ويحافظ على نوعية جيدة للإضاءة من ناحية أخرى

3/2/2 الإنارة العلوية (Top Lighting) :

تزود المباني عادة بفتحات علوية (منور انارة جانبية ، فتحات انارة سماوية ...الخ) تسمح لضوء النهار بالوصول الى داخلها وأحيانا لتوفير منظر للسماء والجبال والأشجار والنباتات المتدلية. واذا استعمل تزجيج صاف لتلك الفتحات ، فانه يجب التحكم في ضوء الشمس المباشر والانارية من السماء نظرا لأنها تؤثر سلبيا على الراحة الابصارية. ويتم التحكم في ضوء النهار الوارد عن طريق الفتحات العلوية بوساطة مواد تزجيج ناشرة ، وأحيانا بوساطة خليط من نبائط التظليل او الألواح الزجاجية والعدسات الزجاجية. وتتوافر مواد التزجيج بنفاذيات ضوء مختلفة للمساعدة على الموازنة بين انتقال الضوء وانارة السطح الناتجة عن الانارة من الفتحات العلوية. ولا يقتصر استعمال الانارة عن طريق الفتحات العلوية على أجزاء معينة من المبنى اذ يمكن استعمالها لانارة جميع الاماكن الداخلية نهارا على ان يتم ربطها من ناحية جمالية ووظيفية مع أطقم الاضاءة الكهربائية [انظر الشكل رقم (16)].



الشكل رقم (16)

يمكن اشراك الضوء الكهربائي بشكل جمالي ووظيفي

مع ضوء النهار للحصول على انارة نهارية جيـدة

ومن ناحية أخرى فان لانتقال الحرارة من المباني واليها أهمية بالغة ، فالاستعمال غير الصحيح لفتحات الانارة السماوية ، وبشكل خاص عندما تتعرض تلك الفتحات لمناسيب عالية من الانارة الناتجة عن الاشعاع الشمسي المباشر ، يؤدي الى وصول حرارة زائدة الى داخل المبنى. كما ان فقدان الحرارة من خلال تلك الفتحات العلوية قد يكون ذا أهمية بالغة اذا لم يتم التحكم فيه بشكل جيد .

يبين الجدول رقم (1) ان ضوء النهار يعطي عددا من وحدات الضوء (لومنات) لكل واط أكثر مما يعطيه الضوء الكهربائي من الوع الشائع الاستعمال. كما ان الانارة بضوء النهار تتطلب كمية تبريد لكل وحدة ضوء أقل مما يحتاجه الضوء الكهربائي.

الجدول رقم (1)

خرج الضوء وفعاليته لمصادر ضوء

كهربائية عديدة ولضوء النهار

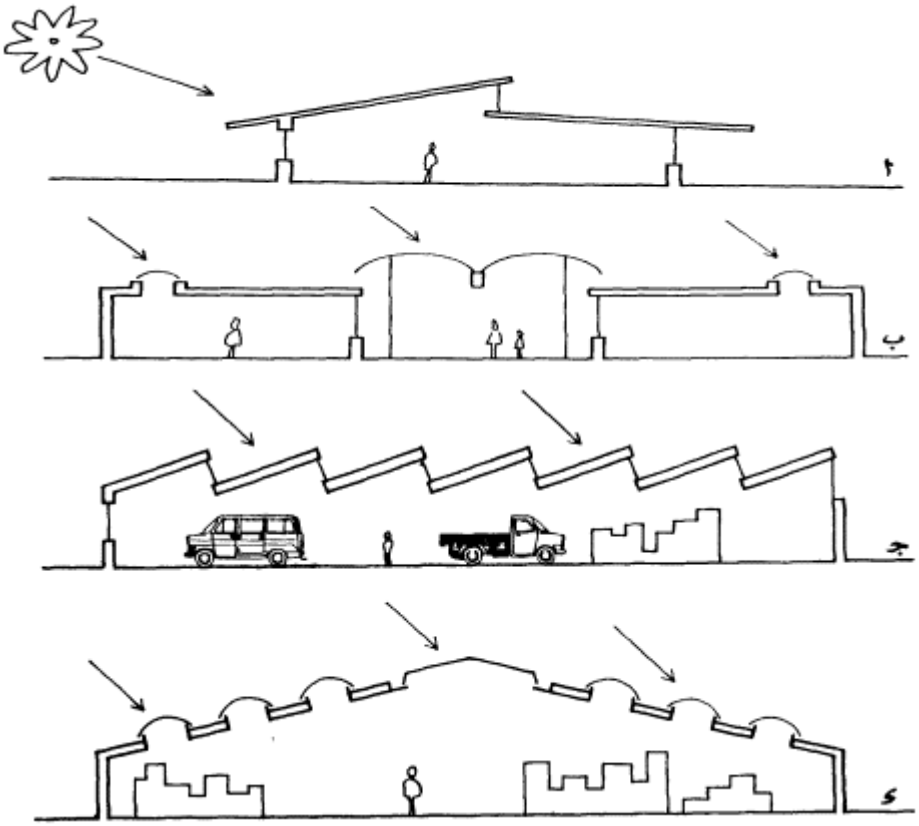
مصدر الانارة	خرج الضوء (Light out – put)	الفعاليـة (Efficacy)	حمل تكييف الهواء
			10000

	لومن/متر مربع	لومن/ واط	طن تبريد/ لومـن
ضوء نهار من خلال زجيج ذي نفاذية عالية	52700	106 (المنقولة)	0.27
ضوء نهار من خلال زجيج ذي نفاذية متوسطة	31100	106 (المنقولة)	0.27
مصدر ضوء توهجي	-	20	1.90
مصدر ضوء فلوري	-	60	0.63
مصدر ضوء تفريغ عالي الشدة	-	35-130	-

3/2/3 الإنارة متعددة المصادر :

يمكن استعمال كل من الانارة الجانبية والانارة العلوية بطرق متعددة لتوفر للمصمم مرونة للحصول على الانارة النهارية. كما ان الانارة من جانبي الغرفة (شبابيك على جانبي الغرفة) تضاعف العمق الذي يمكن انارته بضوء النهار. وكذلك الحال عند استعمال منار السطح الجانبية وفتحات السقف المنشاري كما ان الفتحات من جانب واحد من الغرفة توفر ايضا فرصا للتهوية الطبيعية العرضية.

هذا ومن الضروري عادة استعمال جانب واحد على الأقل للانارة بضوء النهار وذلك للتحكم في ضوء الشمس المباشر القادم الى المبنى . وتوفر الفتحات التي على شكل أسنان المنشار والفتحات العلوية الوسيلة المناسبة للانارة بضوء النهار دون الحاجة الى استعمال نبائط تحكم في ذلك الضوء ، وذلك بتوجيه تلك الفتحات للجهة الشمالية. وتوفر الفتحات العلوية وسيلة لزيادة الانارة بضوء النهار ، وذلك باستخدام سطح عاكس مجاور لها مباشرة يركب على سطح المبنى [انظر الشكل رقم (17)].



الشكل رقم (17)

يمكن استعمال الاضاءة الجانبية والإضاءة العلوية بطرق مختلفة

(أ) اضاءة جانبية بوساطة منور سطح جانبي

(ب) اضاءة جانبية وإضاءة علوية محجوبتان بوساطة اغطية شبه شفافة

(ج) اضاءة سقفية على شكل أسنان المنشـار

(د) اضاءة علوية للاستعمال في اثناء النهار بشكل عام

3/3 عناصر التحكم

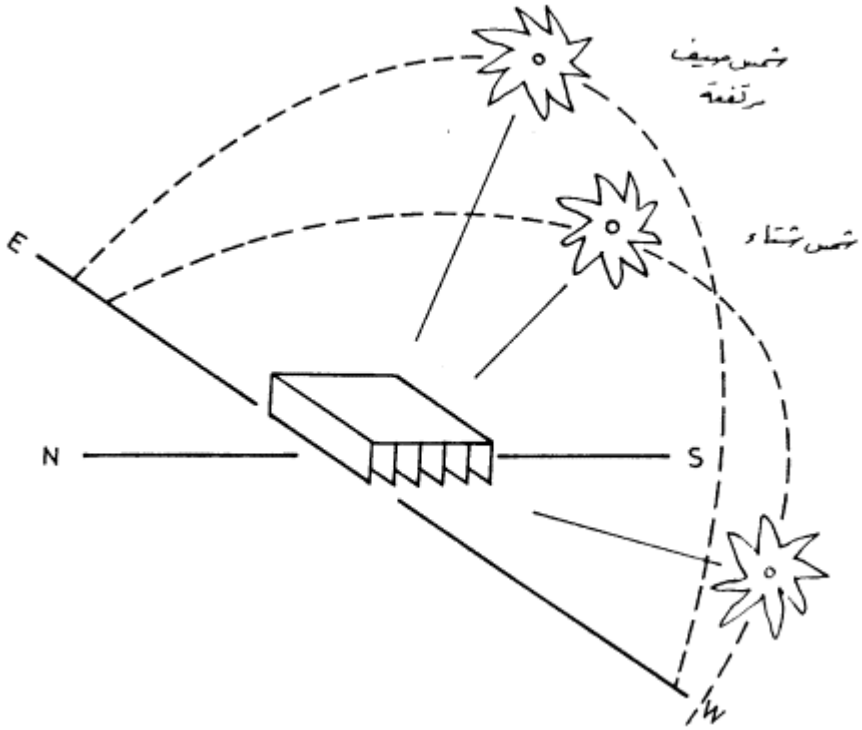
3/3/1 عام :

يتوفر العديد من عناصر التحكم في ضوء النهار التي يمكن ان يحصل عليها المصمم. هذا ، ويجب ان يصل ضوء النهار الى المبنى بكميات وافرة وان تكون المشاكل الناجمة عن ضوء الشمس المباشر وعن فروق الانارات الهائلة والإبهار من السماء والإزعاج الابصاري وانتقال الحرارة ضمن حدود مقبولة. وتتضمن التقنيات التي يمكن للمصمم الحصول عليها لذلك الغرض توجيه المباني واختيار مواقعها وموارد الترجيح المطلية ، والعاكسة وعناصر معمارية وتظليلية مختلفة .

3/3/2 توجيه المبنى :

يعتبر العزل الحراري والانارة النهارية من بين العوامل الرئيسية التي تحدد اختيار المعماري لشكل المبنى وتوجيهه. كما ان للتصميم المتعلق باعتبارات كل من حرارة الشمس وضوئها وضوء السماء تأثيرات كبيرة على الاستفادة والفعالية وتكلفة البناء. ولهذا يجب ان تكون هذه ضمن الاعتبارات الأولية . وبشكل عام ، فان لكل نوع من أنواع المباني ونمط من أنماط الانشاء (مثل نظام البناء ومواد الجدران والترجيح) وضعا مثاليا فيما يتعلق بتوجيه المبنى يجب على المصمم تحديده. ففي فصل الشتاء حيث تكون الشمس منخفضة في السماء تقدم الجدران المواجهة للجنوب أقصى كمية من ضوء النهار والحرارة المشعة المكتسبة على مدى اكبر عدد من الساعات في اثناء السنة. اما الجدران المعرضة للشرق او الغرب فتؤدي الى أقصر زمن بقاء لكل من الضوء وكسب الحرارة. الا ان ذلك أكثر صعوبة من حيث التحكم في أشعة الشمس المباشرة بسبب زوايا سقوط الشمس المنخفضة وحركتها النسبية السريعة طوال أيام السنة.

ان توجيه كل جدار في المبنى له مجموعة من الظروف المختلفة التي على المصمم ان يتعامل معها. وتصبح المهمة صعبة جدا اذا كان المظهر الخارجي للمبنى سيبقى ثابتا لجميع الواجهات. وعلى أي حال فان الاستخدام الحكيم لمواد الترجيح العاكسة والمطلية وعناصر التحكم الداخلية والخارجية يمكن ان يحقق انارة نهارية ناجحة انظر الشكل رقم (18) .



الشكل رقم (18)

التوجيه المثالي للمبنى هو اعتبار مهم

لتصميم الانارة بضوء النهار

3/3/3 مواد الترجيح :

(أ) المواد الشفافة :

يمكن الحصول على مواد الترجيح الشفافة على شكل مواد نقية او ملونة بشكل خفيف وتشمل الزجاج العائم والزجاج الصفائحي والزجاج السلكي وصفائح البلاستيك الاكريليه وصفائح البلاستيك متعدد الكربونات والألواح المشكلة والزجاج النقي وغيرها. تعمل تلك المواد حواجز جوية ، وتنقل الضوء دون ان تغير لونه او اتجاهه بشكل جذري. ويعتمد ذلك على الضوء خارج المبنى وداخله ، وتسمح المواد المذكورة بالرؤية من الاتجاهين. ولتخفيض توصيل الحرارة من المبنى واليه يمكن استخدام وحدات ترجيح مزدوجة او ثلاثية. وتكون تلك الوحدات مغلقة جيدا لاستبعاد التكثف وتجمع الأوساخ في داخل التجويف بين طبقات وحدة الترجيح . كما يمكن الحصول على شبابيك زجاجية مقاومة للعواصف ايضا. ولحساب الانتقالية الحرارية للفتحات المزججة

لأجل الحفاظ على انتقالية حرارية ضمن الحدود المطلوبة في البند الفرعي رقم (2/1/2ج) من هذه الكودة يمكن الرجوع الى الجدول رقم (2) من الباب الثاني من كودة العزل الحراري .

كما ان لبعض أنواع الزجاج الملون والبلاستيكي خاصية التحكم في السطوع حيث يزداد ذلك التحكم كلما قلت نفاذية تلك المواد. وعند استعمال هذه المواد لا يتأثر المنظر الخارجي (عند النظر اليه من الداخل) في أثناء النهار باستثناء الحالات التي تكون فيها مستويات الاستنارة الخارجية منخفضة كثيرا. اما الرؤية في الداخل فتقل بشكل ملموس والعكس صحيح في الليل. ومن جهة ثانية فان الانخفاض في نفاذية الضوء المرئي يكون مصحوبا ببعض الانخفاض في نفاذية الحرارة الشمسية المشعة. وتمتص مواد التزجيج كمية كبيرة من الطاقة الشمسية ، وتشع جزءا يسيرا منها الى الخارج ، وبالتالي فهي تقلل من الكسب الحراري الشمسي. ان مثل هذه المواد تعتبر عديمة التأثير بالنسبة للمنطقة المرئية ، ولا تحدث تغييرا في اللون. لذا يجب اعتبار التخفيض في ضوء النهار المصاحب لاستخدام مواد قليلة النفاذية في التصميم الاجمالي للاضاءة.

(ب) المواد العاكسة (Reflective) :

يمكن تصنيع المواد الواردة في البند الفرعي (3/3/3أ) بحيث تصبح عاكسة لجزء أكبر من الطاقة الشمسية الساقطة عليها وذلك باستعمال طبقات رقيقة او أغطية من الفلز او أكسيد الفلز ويمكن الحصول على ذلك باستعمال إحدى الطرق الصناعية الثلاث التالية :-

(1) تغطية حرارية تدخل بالإطلاق داخل الطبقة السطحية للزجاج في اثناء صناعته ، وتكون الأكثر ديمومة.

(2) عملية الترسيب الفراغي لمادة طلائية على الزجاج ، وتكون في المرتبة الثانية من حيث الديمومة .

(3) عملية الترسيب الرطب للطلاء على الزجاج وهذه أقل الأنواع ديمومة.

وبشكل عام فان نوع الطلاء المستعمل له علاقة ضعيفة بالانعكاسية والتي يمكن التحكم فيها من ناحية مبدئية عن طريق سماكة الطلاء ومكوناته[ان اختيار المواد العاكسة يجب ان يبنى على الانعكاسية ونفاذية

الضوء والديمومة والكسب والفقد الحراري والمنظر الجمالي والتكلفة].

(ج) المواد نصف الشفافة (Translucent, or Privacy) :

تشمل هذه الفئة من مواد التوجيج الزجاج الناشر مثل النوع الأوبالي والزجاج المعالج السطح والبلاستيك الموج او الزجاج الموج وكتل الزجاج الناشرة. ومن ميزات هذه المواد انها تمنع الرؤية الواضحة من خلالها. وتتناقص نفاذية هذه المواد بازدياد نشرها للضوء. وتصبح بعض أنواع الزجاج الناشر ساطعة بشكل كبير عند تعرضها للشمس ، وعليه فإنها تتطلب تحكما إضافيا في الانارية.

(د) المواد ذات النفاذية الاتجاهية :

هي مواد منفذة للضوء اتجاهيا وتحدث تغييرا محدودا قابلا للتحكم في اتجاهه عند مرور الضوء من خلالها ، وذلك عن طريق الانكسار الضوئي. وتشمل هذه المواد الزجاج المنشوري او البلاستيك المنشوري وأكثرها استعمالا الكتل الزجاجية الموجهة للضوء ، حيث تستخدم في تلك الكتل مناشير (جمع منشور) مصممة بعناية على أوجهها المختلفة للحصول على

التحكم المطلوب في اتجاه الضوء بالاعتماد على انها ستركب ضمن ألواح رأسية او أفقية للاضاءة الجانبية او للاضاءة العلوية. وبالاضافة الى ذلك فهي مصممة لتحديد الانارية المرئية من زوايا نظر عادية.

(هـ) المواد ذات النفاذية الاختيارية :

يمكن الحصول على مواد توجيج تنقل نسبا متفاوتة من طيف الطاقة الشمسية الا ان معظم هذه المواد غير اختياري من حيث اللون ضمن الجزء المرئي من الطيف والقليل منها فقط اختياري من حيث اللون ويستعمل لأغراض جمالية كما يستعمل لخواصه المتعلقة بالنفاذية. ويبين الجدول رقم (2) خواص بعض أنواع الزجاج التي تنقل نسبا مئوية متفاوتة من الضوء المرئي وتكون بالمقابل ذات نفاذية اعلى للحرارة .

الجدول رقم (2)

النفاذية والانعكاسية لبعض أنواع الزجاج الشائعة الاستعمال.

القيم المبينة هي قيم تقريبية للتوضيح فقط ، وللحصول على

القيم الدقيقة يجب الرجوع الى النشرات الفنية للشركات الصانعة

زجاج سماكة (3) ملم	الاشعاع فوق بنفسجي (بالماية)	الاشعاع المرئي (بالماية)	الأشعة تحت الحمراء (بالماية)	الطاقة الكلية (بالماية)	الانعكاسية (بالماية)
زجاج نقي	78	90	79	85	8
زجاج رمادي	51	62	64	65	6
زجاج برونزي	43	69	62	66	7
زجاج عاكس	10 – 60	10 - 60	10 – 60	10 - 60	8 – 80

3/3/4 العناصر المعمارية :

(أ) عام:

تشمل العناصر المعمارية المستعملة للتحكم في ضوء النهار الأجزاء الانشائية غير المنفذة للضوء والحواجز وأغطية المصابيح والستائر التي تعترض الضوء. وتشمل ايضا المظلات العلوية والزعانف الرأسية وعناصر البناء المماثلة مثل الحواجز غير المنفذة للضوء ونصف الشفافة وعناصر المناظر الخارجية بما في ذلك الأشجار .

ان عناصر التحكم في ضوء النهار المستعملة خارج المباني اكثر فعالية بشكل عام من حيث التحكم في الحرارة اذ تنقل معظم الحرارة التي تمتصها الى الهواء الخارجي بعيدا عن المبنى. ونظرا لأن خارج المبنى معرض للجو والتلوث ، فإنها تحتاج الى صيانة جيدة. اما العناصر المستعملة داخل المبنى فهي أقل تعرضا للتلوث ، الا انها تميل لامتصاص الحرارة وابقائها داخل المبنى وتؤثر على راحة شاغلي المبنى وعلى حمل تكييف الهواء.

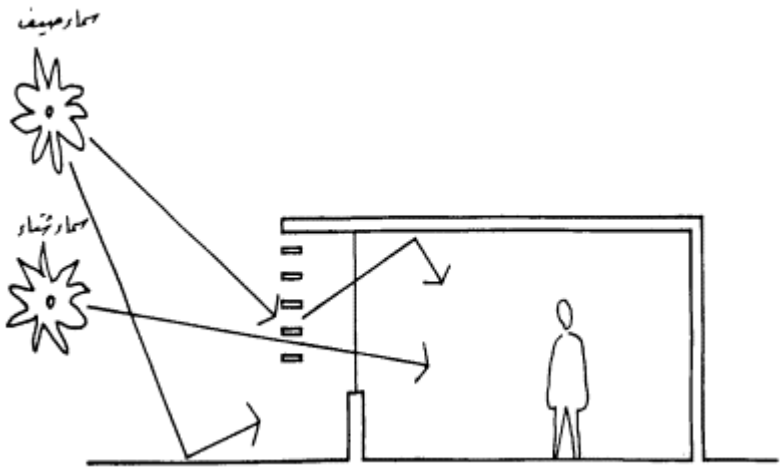
(ب) المظلات العلوية وشفرات التظليل الأفقية :

يمكن استعمال شفرات التظليل الأفقية كالمظلات العلوية أدوات تحكم خارجية في ضوء النهار وحواجز لسطوع

الشمس العالي. ولقد استعملت نبائط التظليل الشريحية ذات المقاسات المختلفة لذلك الغرض ويمكن ان تكون فعالة جدا للتحكم في الحرارة مثلما هي أداة للتحكم في الضوء . وعند استعمالها على السطوح الخارجية للمبنى فانها تعكس الحرارة وتمتص قسما منها حيث ينتقل القسم الأكبر من الحرارة الى الخارج. وتخفض شفرات التظليل الأفقية كمية ضوء النهار التي قد تدخل بدونها الى المبنى عن طريق الشبابيك ، كما تعكس الضوء المنعكس عن سطح الأرض وتوجهه الى داخل المبنى وتسمح بمرور التهوية الطبيعية. وتستطيع شفرات التظليل الأفقية ذات المقاسات المناسبة تحديد الطاقة الشمسية النافذة الى المبنى في الصيف والسماح بدفء شمس الشتاء المنخفضة بالنفاذ اليه.

وبشكل عام ، فان المظلات العلوية وحدها لا تعطي تظليلا تاما في جميع الأوقات. وعلى سبيل المثال ، فان المعلقات على الواجهة الغربية او الشرقية ليس لها تأثير في التظليل الا في الأوقات التي تكون فيها الشمس عالية ، وللحصول على تظليل تام فانه لا بد من استعمال وسائل أخرى.

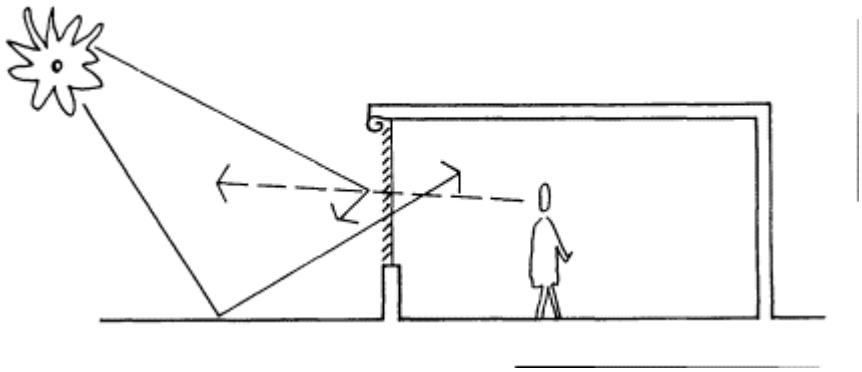
وتكون المظلات العلوية التي تستعمل بشكل أساسي للتحكم في أشعة الشمس مكونة من نبائط تظليل تسمح بدخول كمية أكبر من ضوء النهار بالمقارنة مع المظلات العلوية المصمتة. ويمكن ايضا استخدام النبائط فوق فتحات السقف العلوية او تحتها للتحكم في أشعة الشمس المباشرة والإبهار كما هو مبين في الشكل رقم (19) و الشكل رقم (20) و الشكل رقم (21). وتستعمل النبائط المتقاطعة أحيانا تحت فتحات الانارة العلوية على كامل مساحة السطح متضمنة أطقم الاضاءة الصناعية كما هو مبين في الشكل رقم (16).



الشكل رقم (19)

نبائط التظليل الأفقية طريقة فعالة لتخفيض

ولمنع دخول ضوء الشمس المباشر الى المباني

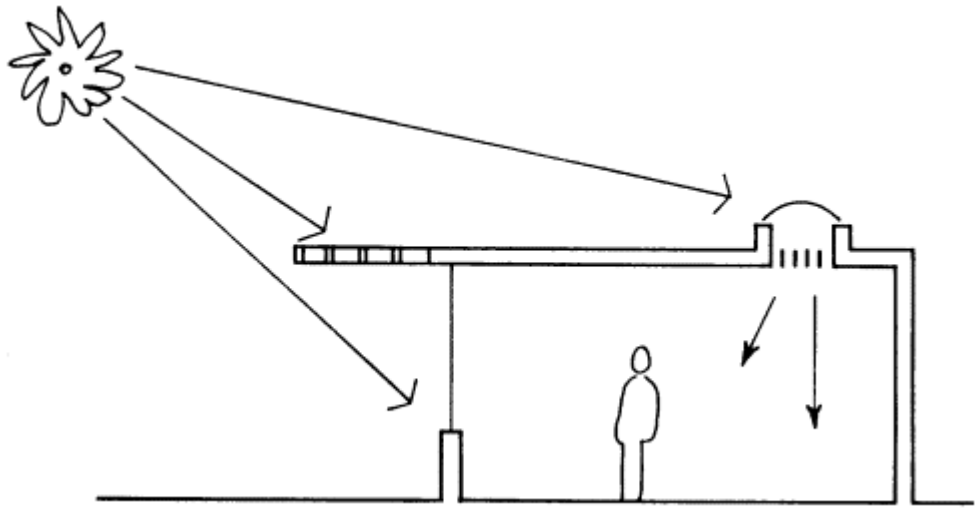


الشكل رقم (20)

الستارة ذات شفرات التظليل الدقيقة يمكن ان تحجب

الغرفة عن أشعة الشمس المباشرة وتسمح في الوقت

ذاته بدرجة عالية من الرؤية الى الخـارج



الشكل رقم (21)

يمكن اقامة مظلات علوية مع شفرات تظليل رأسية

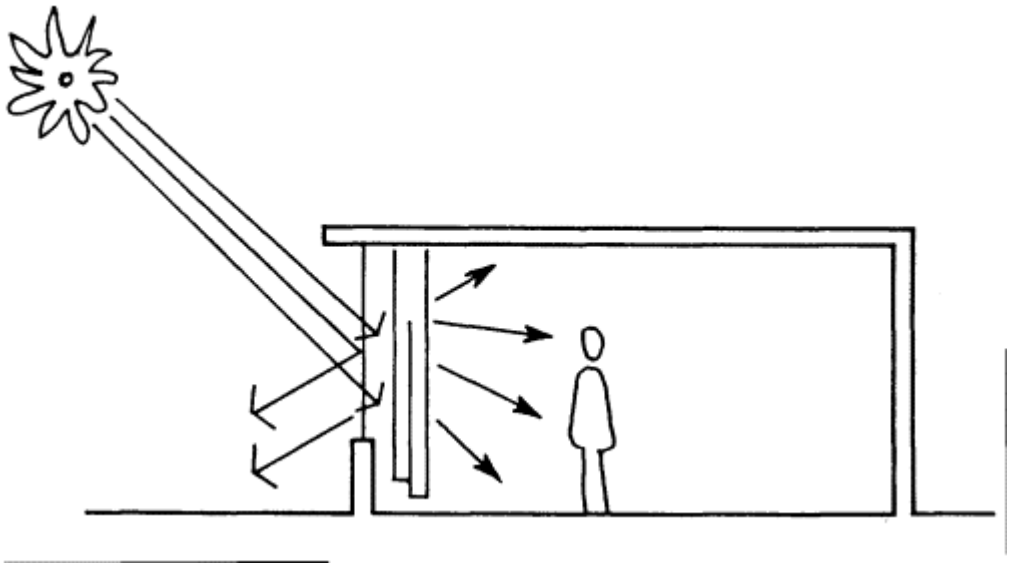
كوسيلة للتحكم في ضوء الشمس وسطوع السماء

(ج) المظلات والستائر وستائر التعتيم :
(Shades, Draperies and Blinds)

تشمل عناصر التحكم الأخرى في ضوء النهار المظلات والستائر وستائر التعتيم الشريحية ، حيث يمكن استعمالها لحجب ضوء النهار او تصفيته (Filtering) او اعادة توجيهه. ولغرض التعتيم يلزم ان يكون عنصر التعتيم غير شفاف وان يغطي الفتحات التي يدخل منها الضوء تماما. وليس من الضروري أن يكون سطح ذلك العنصر أسود اللون تماما بل يفضل ان تكون سطوحه الداخلية والخارجية عاكسة للضوء بعض الشيء لمنع حدوث فروق سطوع هائلة. ويمكن استعمال الستائر بشكل فعال لتصفية ضوء النهار الوارد من السماء او من الشمس. وتوفر تلك الستائر درجة من المسامية في نسيجها وانعكاسية على سطحها تتراوح بين الحجب الكامل والنفاذية العالية للضوء. كما يمكن ان تستعمل لعكس ضوء الشمس بينما تسمح لبعض الضوء المنتشر من المرور من خلالها ، وبذلك تتحكم في أنماط الانارية.

استعملت ستائر التعتيم الشريحية (الستائر المعدنية) بشكل فعال لسنوات عديدة لتوفير تحكم داخلي مرن في ضوء النهار. ويمكن ضبط شرائحها الأفقية او العمودية عند الحاجة تبعا لارتفاع الشمس لتمنع دخول ضوء الشمس

المباشر ، بينما تعكس في الوقت ذاته نسبة كبيرة من ضوء الشمس المباشر الى الداخل ، وتسمح بدخول الضوء المنعكس عن الأرض مع اعتراض قليل له. كما انها تسمح بمرور التهوية الطبيعية من خلال الشبابيك وتسمح بالرؤية الى الخارج. وتمتص عناصر التحكم المستعملة داخل الغرف الحرارة عندما تتعرض لضوء الشمس المباشر ، اذ ينعكس بعض تلك الحرارة الى الخلف والى الخارج ويفلت بعضها داخل الغرفة بالحمل بوساطة الهواء وبعضها الآخر بوساطة اشعاع الأجسام والسطوح وشاغلي تلك الغرفة ، لذا يجب اعتبار تلك الظاهرة عند تصميم نظام تكييف الهواء . كما يجب اعتبار الفرص المتعلقة بضبط عناصر التحكم الداخلية (الظلال وحواجز الضوء وغيرها) من أجل السماح بإشعاع الحرارة في أثناء الليل الى الخارج عند استعمال نظام التبريد ولمنع فقدان الحرارة في أثناء الليل عند استعمال نظام التدفئة ، [انظر الشكل رقم (22) و الشكل رقم (23)].

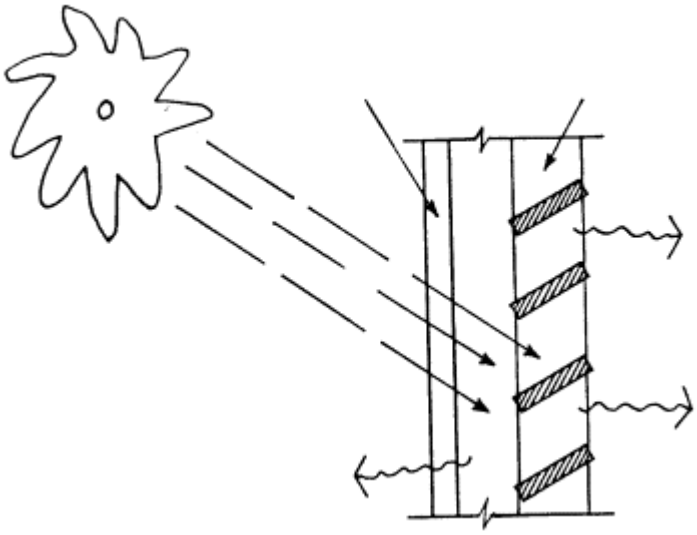


الشكل رقم (22)

الستائر باعتبارها وسيلة تحكم فعالة في

أشعة الشمس المباشرة وضوء النهار والحرارة .

ويمكن سحبها جانبا عند عدم الحاجة اليها



الشكل رقم (23)

يجب اعتبار الحرارة الممتصة من قبل عناصر

التحكم الداخلية عند تصميم نظام التكييف

(د) العناصر الرأسية (Vertical Elements) :

تكون الشرائح الرأسية (نبائط التظليل) أكثر فعالية للتحكم في ضوء الشمس عند توجيهها جهة الشرق او الغرب وعندما تكون الشمس منخفضة في السماء ، وتتحرك حركة جانبية بالاضافة الى حركتها الرأسية (الحركة الظاهرية) . وفي بعض أوضاع التوجيه يمكن إشراكها مع شفرات التظليل الأفقية للتحكم في ضوء الشمس عندما يتطلب الأمر نسبة مئوية عالية من التظليل.

(هـ) المواد العاكسة (Reflecting Materials) :

تعكس المواد المستعملة في تشطيب الأماكن الداخلية من المباني الضوء تماما كما هو الحال بالنسبة للمواد المستعملة في تشطيب الأجزاء الخارجية منها. ومعظم تلك المواد تعكس الضوء وتنشره. اما السطوح اللامعة التي تسبب انعكاسات براقة او التي تكون قابلة لأحداث انارات مزعجة في حقل الابصار فيجب تجنبها عندما تكون الرؤية الجيدة مرغوبة. وينطبق ذلك على سطوح الأرضيات المشمعة وعلى سطوح الجدران والسقوف وسطوح المعدات .

تشطيبات السطوح الداخلية للغرف مهمة بالنسبة للتحكم في الضوء ونسب الانارية. كما ان السطوح الممتصة للضوء بشكل كبير (الألوان المعتمة) تخفض ضوء النهار الممكن الحصول عليه لرؤية السطح المرئي. أما السطوح الملونة بألوان خفيفة والسطوح العاكسة الناشرة فتساعد على توزيع الضوء وتخفيض نسب الانارية. هذا ويوصى بأن تكون سطوح السقوف ذات انعكاسية تعادل (80%) او اكثر وان تكون انعكاسيات سطوح الجدران مساوية من (50%) الى (60%) بشكل عام. كما ان تشطيبات الأرضيات والأثاث من ضمن التقنيات الفعالة لإضافة السطوع والحيوية الى جو المكان الداخلي ولتشجيع الصيانة الجيدة .

(و) تنسيق الموقع الخارجي (Landscaping) :

يمكن ان تكون الأشجار والشجيرات والنباتات التي تشكل أسقفا مثل الكرمة والعشب والحواجز المنظرية وسائل تحكم فعالة في ضوء النهار عند وضعها بشكل صحيح بالنسبة للمبنى وفتحات الاضاءة. وتوفر الأشجار المتساقطة الأوراق ظلالا وتحمي الأجزاء الداخلية من المبنى

من ابهار السماء في الأشهر الدافئة ولكنها تسمح بوصول الشمس الى المبنى . كما توفر أشجار الكرمة المتساقطة الأوراق أو المعرشات ظلالا موسمية مماثلة فوق المظلات المعلقة ذات شفرات التظليل. وتجدر الاشارة إلى أنه لم يتم استغلال النباتات والأشجار كوسائل تحكم فعلي في ضوء النهار بشكل إبداعي كما يجب ، على الرغم من ان استغلالها يمثل تقنية مفيدة يمكن ان تضيف الاهتمام الى التصميم المعماري.

الباب الرابع

تصميم الانارة بضوء النهار
(Designing for Daylighting)

4/1 مقدمة

عند تطوير التصميم المبدئي لمبنى يجب على المعماريين وضع معايير الرؤية الداخلية ومتطلبات الأداء الابصري الأساسية للمشروع المعني أولا. ويجب بعد ذلك ان يحددوا متغيرات ضوء النهار الممكن الحصول عليه لموضع معين وان يختاروا المعلومات المناسبة عن ضوء النهار بشكل أساسي لمشروع التصميم. بعد ذلك تحسب مساهمات ضوء النهار في تصاميم المشاريع المختلفة. وبما انه من الأهداف الأولية للمصمم المقارنة بين بدائل التصميم لمعرفة أي منها يوفر أداءا افضل في ظروف دنيا وظروف قصوى فليس من الضروري عادة الحصول على درجة عالية من الدقة فيما يتعلق بظروف ضوء النهار الحقيقية في المبنى بأكمله.

ويصبح الوصول الى الدقة أمرا معقدا عند غياب المعلومات التي يعتمد عليها والمتعلقة بكمية ضوء النهار ونوعيته في جميع الأماكن وعندئذ يتعامل المصمم مع عوامل تتغير بدرجات كبيرة.

ان ما هو وارد في هذا الباب لهو طريقة مبسطة لوضع الأسس الرئيسية لتصميم الانارة بضوء النهار وحساب الانارة الداخلية النهائية. واذا ما لريد الحصول على حسابات أكثر دقة فعلى مهندس الانارة الرجوع لما هو وارد في المادة رقم (4/4) من هذه الكودة .

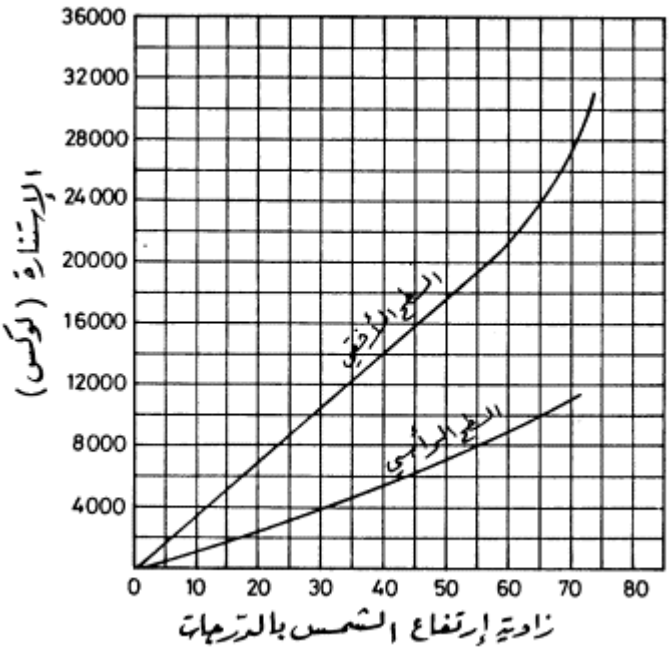
4/2 تعيين ظروف سماء للتصميم
(Establishing a Sky Condition for Design)

4/2/1 عام :

تتغير حالة السماء بدرجة كبيرة في جميع الأوقات من الصباح حتى المساء ومن فصل لفصل ومن يوم ليوم أي ان كمية ضوء النهار الممكن الحصول عليها من الشمس ومن السماء تتغير بشكل مستمر .

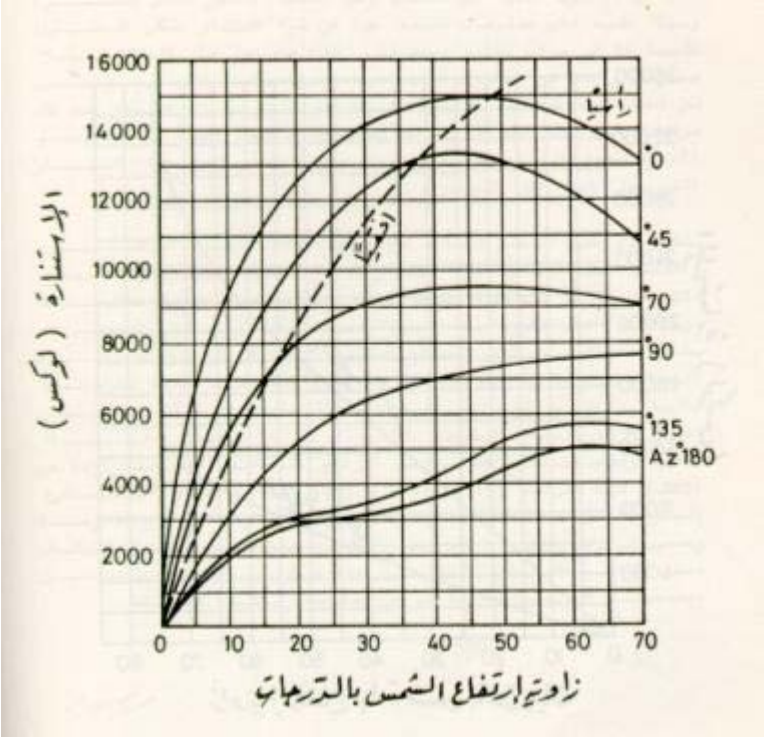
وبناء عليه فان معلومات قليلة جدا عن ضوء النهار يمكن الحصول عليها الا في حالات نادرة ومنعزلة. لذا فان من غير الممكن بناء مجموعة واحدة من الظروف لاستخدامها قاعدة مطلقة للتصميم (وحتى لو كانت تلك المعلومات سهلة المنال في جميع ساعات النهار عند كل موقع ، فان تلك الظروف يجب ان يختارها المصمم لمقارنة تصاميم الانارة بضوء النهار بعضها مع بعض وان يتنبأ بكمية ضوء النهار التي تصل الى داخل المبنى).

بشكل عام على المصمم التعامل مع ظروف اضاءة السماء القصوى والدنيا فيما يتعلق بضوء النهار او مع الظرف الذي يمكن اعتباره اكثر شيوعا او متوسطا. واذا كانت للموقع نسبة مئوية عالية من الأيام التي تكون فيها السماء ملبدة بالغيوم ، فان المصمم قد يختار اعطاء وزن اكثر لحسنات تصميمه المفترض او سيئاته تحت السماء الملبدة بالغيوم. اما اذا كان الموقع ذا نسبة مئوية عالية من الأيام التي تكون فيها السماء صافية فانه قد يختار اهمال ظروف السماء الملبدة بالغيوم والقيام بالتصميم لسماء صافية وشمس مشرقة. هذا وتبين الرسوم البيانية الواردة في الأشكال ذات الأرقام (24) و (25) و (26) و (27) مقدار الانارة المتوقعة من سماء معلومة الحال وشمس ذات زاوية ارتفاع معلومة ومبنى في وضع معلوم . كما يجب الا يغيب عن الأذهان ان تلك الأشكال تبين مناسيب الاستنارة التقريبية جدا حيث يجب التخفيف من استعمالها او تغييرها عند توافر معلومات محلية اكثر دقة.



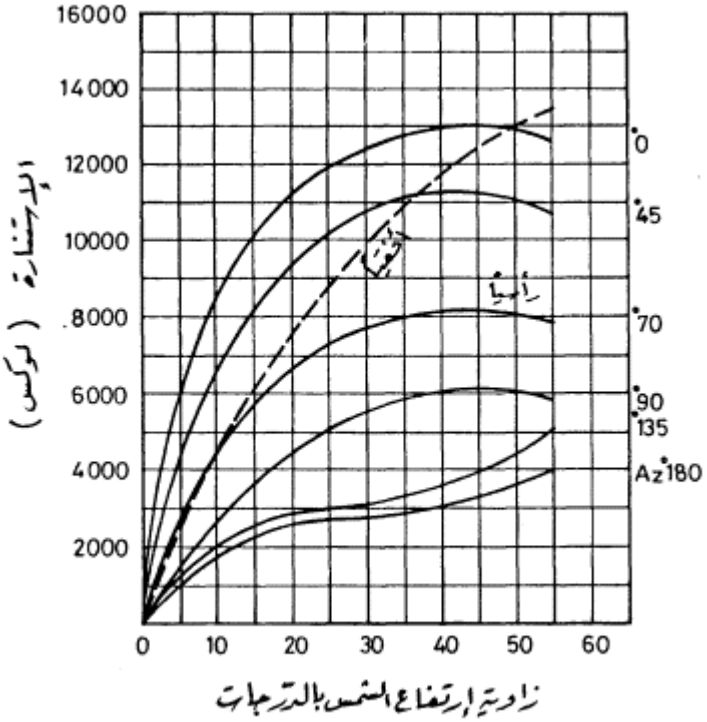
الشكل رقم (24)

الاستنارة من سماء ملبدة بالغيوم (دون شمس)



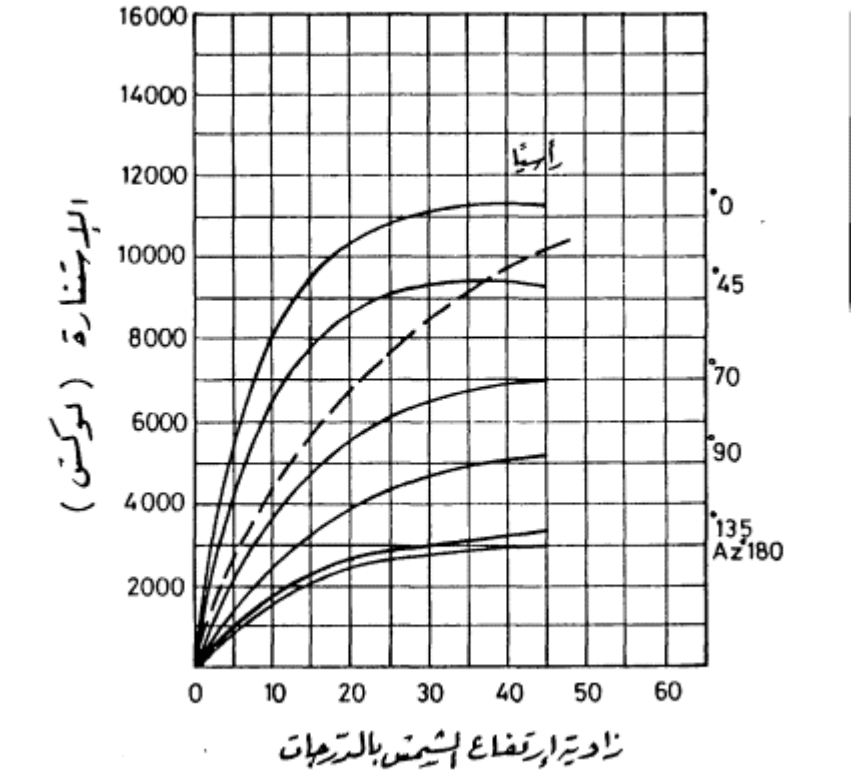
الشكل رقم (25)

الاستنارة من سماء صيفية صافية (دون شمس)



الشكل رقم (26)

الاستنارة من سماء خريفية او ربيعية صافية (دون شمس)



الشكل رقم (27)

الاستنارة من سماء صافية في الشتاء (دون شمس)

4/2/2 السماء الملبدة بالغيوم (Overcast Sky) :

لتحديد مساهمات ضوء النهار في انارة المكان الداخلي من خلال الفتحات العلوية ولتحديد ضوء النهار المنعكس عن الأرض يحتاج الأمر الى معرفة الاستنارة على مستوى أفقي غير محجوب عن الأرض (او مستوى السقف). ولتحديد مساهمات الاضاءة الجانبية يحتاج الأمر الى معرفة الاستنارة على المستوى الرأسي للفتحات. ويمكن الحصول على تلك القيم من الشكل رقم (24).

4/2/3 السماء الصافية :

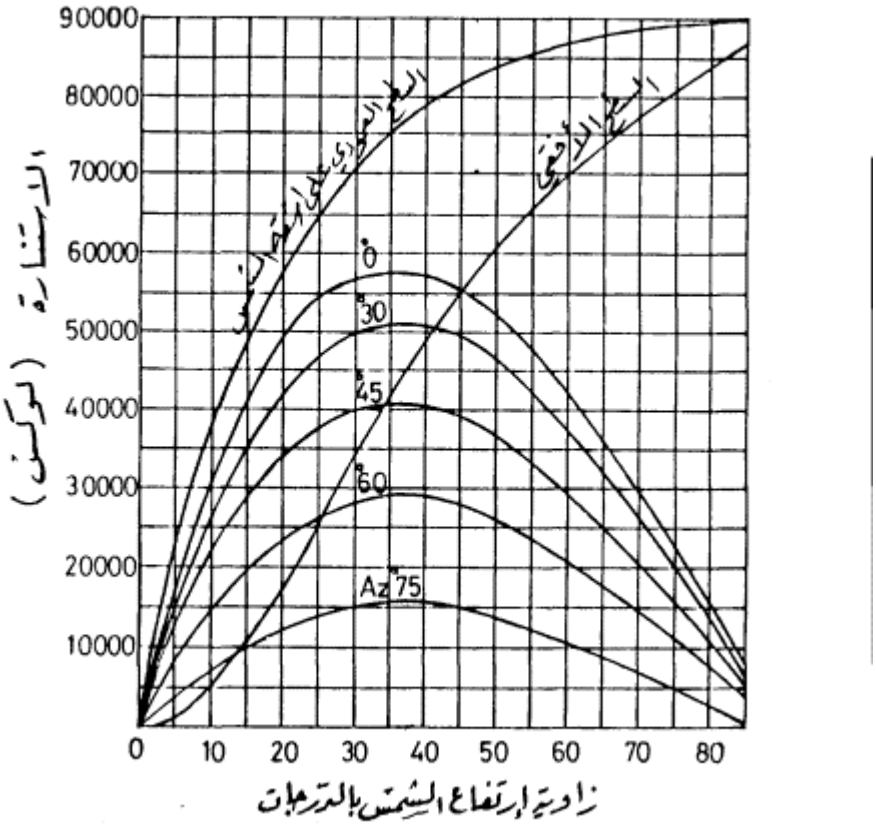
لتحديد مساهمة ضوء النهار عن طريق الاضاءة الجانبية يحتاج الأمر الى معرفة الانارة من السماء الصافية فقط ، حيث لا تسقط أشعة الشمس على الجدران المعنية. ولتحديد مساهمات ضوء النهار عن طريق الفتحات العلوية في اضاءة الجدار الجانبي (حيث يتعرض ذلك الجدار للشمس مباشرة) ولتحديد الضوء المنعكس عن الأرض يحتاج الأمر لمعرفة الانارة من

كل من السماء الصافية ومن الشمس مباشرة. ويمكن تعيين مناسيب الاستنارة التقريبية من السماء الصافية من الأشكال ذات الأرقام (25) و (26) و (27) .

4/2/4 الشمس :

بعد تعيين الانارة على السطح الافقي او السطح الرأسي والناتجة عن السماء المختارة فانه يمكن تعيين مساهمة انارة الشمس من الشكل رقم (28) واضافتها الى الانارة الناتجة عن السماء. لا توجد في الوقت الحاضر طريقة لتعديل تلك القيم المطورة نظريا للتعويض عن تأثيرات الجو الموضعية الا طريقة القياس في الموقع وتطبيق عامل الحذر المبني على التقييم الحدسي للظروف المناخية المحلية من قبل المصمم.

ويمكن تعيين أنماط الظل وزوايا القطع للشمس المباشرة وزوايا السمت والزوايا الجانبية الشمسية باستعمال جداول الارتفاعات الشمسية وجداول زوايا السمت او باستعمال بعض انواع حاسبات زوايا الشمس.



الشكل رقم (28)

الاستنارة من الشمس فقط (دون السماء)

4/3 التنبؤ بالإنارة بضوء النهار للأماكن الداخلية

4/3/1 عام :

تعتمد طريقة الحساب المستعملة هنا لتعيين الانارة بضوء النهار على طريقة الاستكمال (Interpolation) لنتائج اختبار حقيقي لمبنى تجريبي. لذا فهي مقصورة على أنواع عامة من الغرف والنوافذ والفتحات ونبائط التحكم (على سبيل المثال الشبابيك ذات الأقماط الكائنة عند منسوب السقف والتي تقع عتباتها في منسوب ارتفاع مستوى العمل أي 0.9 م). وعلى كل حال ، فانه باستعمال قليل من الإدراك العام يمكن توسيع تلك المتغيرات لتلائم تصاميم انارة بضوء النهار لمبان عديدة وواسعة .

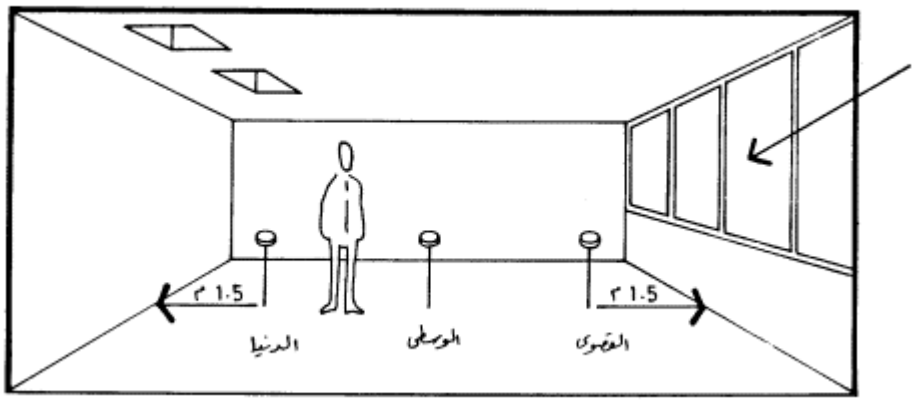
تحدد الانارة الداخلية لكل من الظروف المختلفة وتجمع بعضها مع بعض للحصول على النتائج النهائية. فمثلا يمكن ان تحدد مناسيب الانارة من الشبابيك ومن المنور على انفراد وتجمع للحصول على الانارة الكلية. كما تحدد الانارة الناتجة عن السماء وعن الأرض على انفراد وتجمع تلك الانارات للحصول على النتائج النهائية.

4/3/2 الاضاءة الجانبية (Side Lighting)

(أ) **النقاط القياسية لانارة السطح المرئي في غرفة**

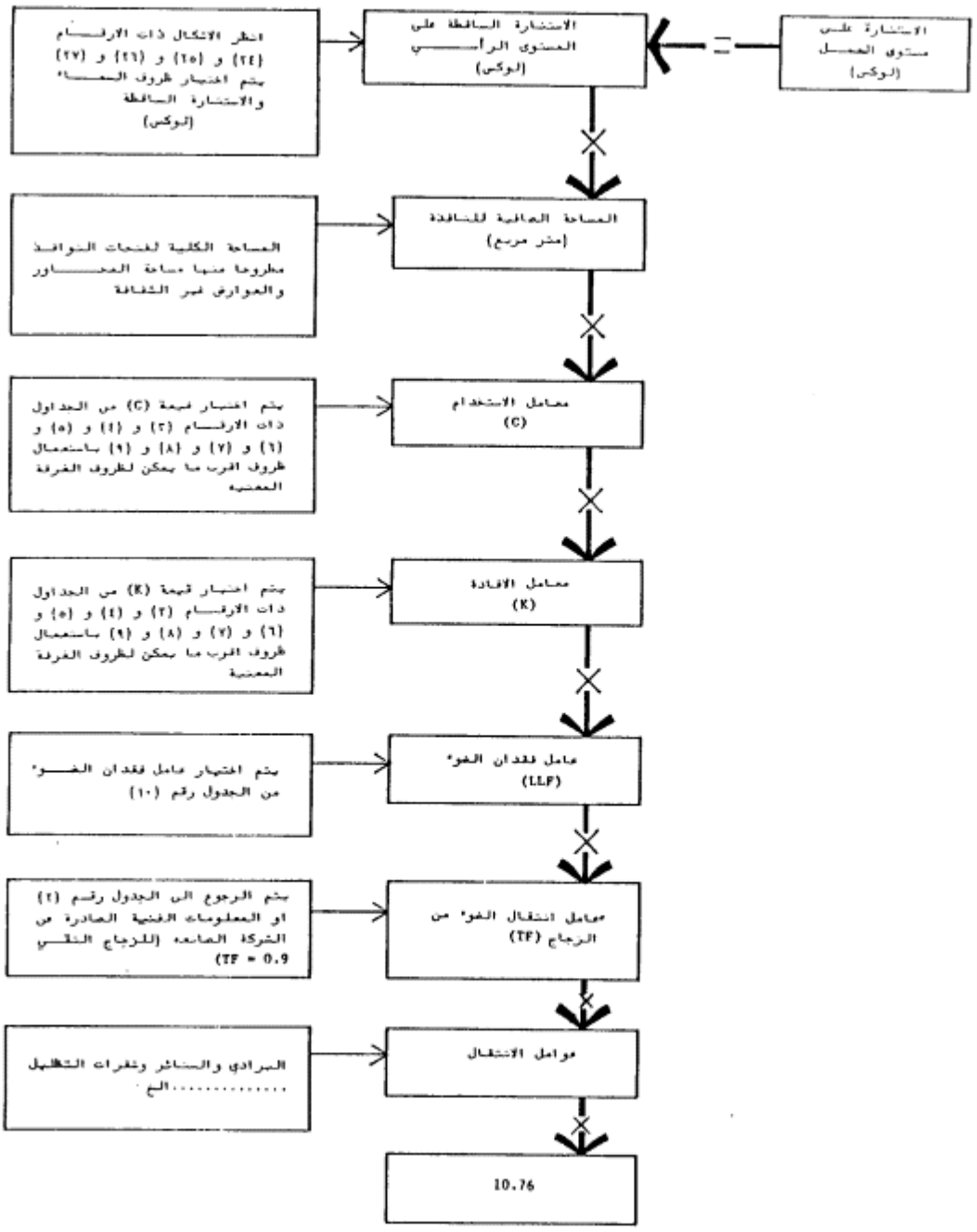
(Standard Room Task Illumination Points) :

يمكن تبسيط التنبؤ بالانارة العامة بضوء النهار بالرجوع الى ثلاث نقاط مرجعية في داخل الغرفة ، وهي النقطة القصوى والنقطة الوسطى والنقطة الدنيا ، باعتبارها نقاط استنارة على مستوى العمل تقع على خط عمودي على سطح الفتحة مار بمركز الغرفة. وتقع النقطة القصوى على مسافة (1.5) متر من النافذة في اتجاه داخل الغرفة ، وتقع النقطة الوسطى في مركز الغرفة من الداخل في حين تقع النقطة الدنيا على بعد (1.5) متر من الجدار المقابل للنافذة داخل الغرفة. كما يقع مستوى العمل للنقاط الثلاث على ارتفاع (0.76) متر فوق الأرضية كما هو مبين في الشكل رقم (29). وتتم عملية الحساب طبقا لما هو مبين في المخطط الانسيابي الوارد في الشكل رقم (30).



الشكل رقم (29)

المواضع القياسية لحساب ضوء النهار الداخل الى الغرفة



الشكل رقم (٣٠)

المخطط الانسيابي لحساب الانارة الجانبية من ضوء النهار

(ب) خطوات الحساب :

بعد تعيين مقدار الانارة الساقطة على الوجه الرأسي الخارجي للفتحة تحسب المساحة الصافية لتلك الفتحة فيكون الناتج عاملا لتحديد كمية الضوء التي يسمح بمرورها من خلال تلك الفتحة. ويضرب ذلك المقدار في عامل فقدان الضوء (Light Loss Factor) مع اخذ تجمع الأوساخ على النافذة في الحسبان ، كما يضرب في عامل (Transmission Factor)

الانتقال مع اخذ خواص الترجيح في الحسبان.

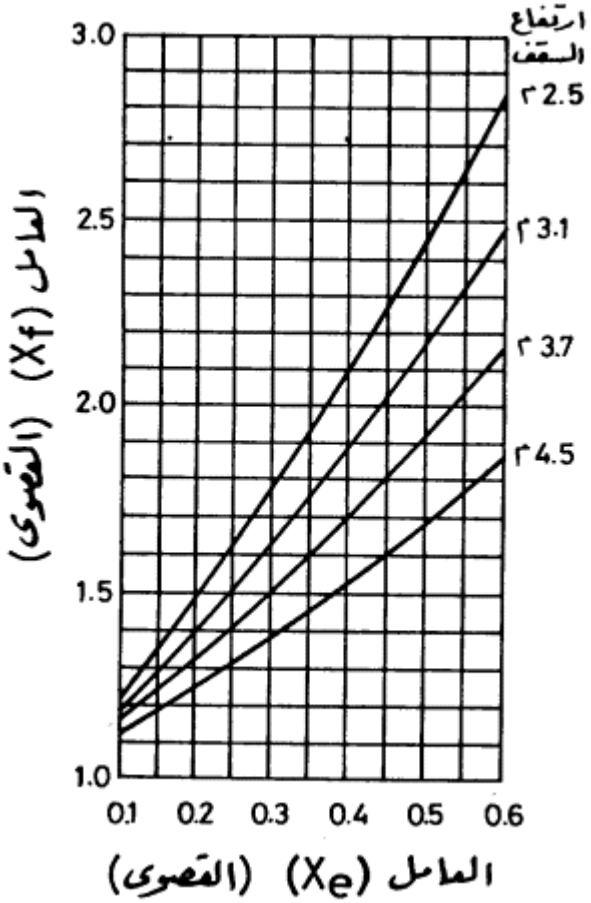
يمكن ان يتأثر انتقال الضوء ايضا بالستائر (Draperies) والستلرات (Shades) والحواجز ذات الشفرات (Louvered Screens) حيث يجب اعتبار هذه المؤثرات باستعمال عامل انتقال آخر للتعديل. وأخيرا فان ضوء النهار الداخل الى الغرفة ينعكس على سطوحها او يتم امتصاصه من قبل تلك السطوح ، ويعتمد مقدار ذلك على مقاسات الغرفة وشكلها الهندسي وانعكاسيات سطوحها.

(ج) **معامل الاستخدام (Coefficient of Utilization)** :

يوجد لكل مصدر ضوء (السماء الملبدة ، السماء الصافية ، الأرض او السماء المنتظمة) عاملا استخدام على الأقل يجب استعمالهما. فالأول معامل الاستخدام (C) يتعلق بطول الغرفة وعرضها والثاني معامل الافادة (K) يتعلق بارتفاع السقف وعرضه [انظر الجداول ذات الأرقام (3) و (4) و (5) و (6) و (7) و (8) و (9) مع مراعاة انه اذا استعملت ستلرة (Shades) او ستلرة ناشرة فانه يجب استعمال معاملات جداول السماء المنتظمة بدلا من جداول السماء الملبدة بالغيوم او السماء الصافية]. ومن ثم تضاف مساهمة الانارة على الشباك من السماء والشمس والأرض ويقسم الناتج على (2) .

واذا استعلمت ستائر معدنية فانه يجب استعمال جداول مختلفة لكل من (C) و (K) . بالاضافة الى ذلك يدخل في الحساب عامل زاوية شفرة التظليل لضوء السماء (V_s) ولضوء الأرض (V_g) . وعندما يصل ضوء الشمس المباشر الى الأرض من تحت هذه المظلات ، يدخل في حساب الانارة عامل آخر وهو (X_f) [انظر الأشكال ذات الارقام (31) و (32) و (33)].

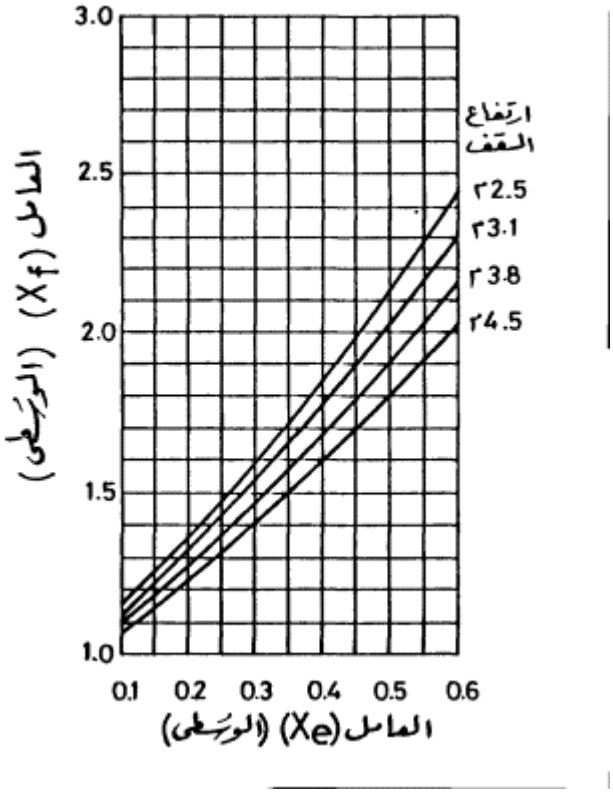
وهناك طريقتان منفصلتان للحساب لكل نقطة من نقاط الغرفة القياسية ، احداهما للانارة من السماء بوصفها مصدر ضوء والأخرى للانارة من الأرض باعتبارها مصدر ضوء. أي انه يجب ان تكون هناك ستة حسابات منفصلة للنقاط القياسية الثلاث داخل الغرفة . (واذا استخدمت اضاءة علوية للغرفة فيجب اجراء حسابات اضافية منفصلة للاستنارة على النقاط القياسية وإضافة الاستنارة الناتجة الى القيم السابقة).



الشكل رقم (31)

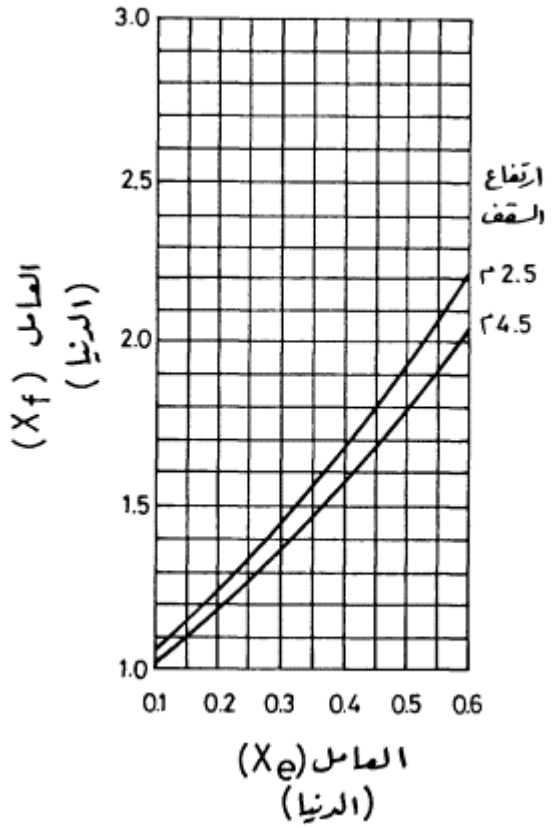
العوامل اللازمة لتعيين الاستنارة من الاماكن

المضاءة بالشمس وتحت مظلات علوية



الشكل رقم (32)

العوامل اللازمة لتعيين الاستنارة من الاماكن المضاءة بالشمس وتحت مظلات علويـة



الشكل رقم (33)

العوامل اللازمة لتعيين الاستنارة

من الاماكن المضاءة بالشمس

جدول رقم (3)

(أ) معامل الاستخدام (C) لغرفة معلومة الطول والعرض مضاءة من سماء ملبدة بالغيوم وليس لشبابيكها نبائط تحكم بالضوء . انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة.

طول الغرفة بالمتر	6.1		9.1		12.2	
انعكاسية الجدار	70	30	70	30	70	30

	بالمائة						
	عرض الغرفة						
	بالمتر						
القصوى	6.1	0.0276	0.0251	0.0191	0.0173	0.0143	0.0137
	9.1	0.0272	0.0248	0.0188	0.0172	0.0137	0.0131
	12.2	0.0269	0.0246	0.0182	0.0171	0.0133	0.0130
الوسطى	6.1	0.0156	0.0117	0.0101	0.0087	0.0081	0.0071
	9.1	0.0058	0.0050	0.0054	0.0040	0.0034	0.0033
	12.2	0.0039	0.0027	0.0030	0.0023	0.0022	0.0019
الدنيا	6.1	0.0087	0.0053	0.0063	0.0043	0.0050	0.0037
	9.1	0.0032	0.0019	0.0029	0.0017	0.0020	0.0014
	12.2	0.0019	0.0009	0.0016	0.0009	0.0012	0.0008

تابع الجدول رقم (3)

(ب) معامل الافادة (K) لغرفة معلومة لرتفاع السقف والعرض ومضاءة بسماء ملبدة بالغيوم وليس لشبابيكها نبائط تحكم بالضوء. انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة .

لرتفاع السقف	2.4		3		3.7		4.3	
بالمتر								
انعكاسية الجدار	70	30	70	30	70	30	70	30
بالمائة								
عرض الغرفة								
بالمتر								

	6.1	0.1250	0.1290	0.1210	0.1230	0.111	0.111	0.0991	0.0973
القصوى	9.1	0.1220	0.1310	0.1220	0.1210	0.111	0.111	0.0945	0.0973
	12.2	0.1450	0.1330	0.1310	0.1260	0.111	0.111	0.0973	0.0982
	6.1	0.0908	0.0982	0.1070	0.1150	0.111	0.111	0.1050	0.1220
الوسطى	9.1	0.1560	0.1020	0.0939	0.1130	0.111	0.111	0.1210	0.1340
	12.2	0.106	0.0948	0.1230	0.1070	0.111	0.111	0.1350	0.1270
	6.1	0.0908	0.1020	0.0951	0.1140	0.111	0.111	0.1180	0.1340
الدنيا	9.1	0.0924	0.1190	0.1010	0.1140	0.111	0.111	0.1250	0.1260
	12.2	0.1110	0.0926	0.1250	0.1090	0.111	0.111	0.1330	0.1300

الجدول رقم (4)

(أ) معامل الاستخدام (C) لغرفة معلومة الطول والعرض ومضاءة بسماء صافية (مع شمس مباشرة او دونها) وليس لشبابيكها نبائط تحكم بالضوء. انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة.

طول الغرفة بالمتر		6.1		9.1		12.2	
انعكاسية الجدار بالمائة		70	30	70	30	70	30
عرض الغرفة بالمتر							
	6.1	0.0206	0.0173	0.0143	0.0123	0.0110	0.0098
	9.1	0.0203	0.0173	0.0137	0.0120	0.0098	0.0092
القصوى	12.2	0.0200	0.0168	0.0131	0.0119	0.0096	0.0091
	6.1	0.0153	0.0104	0.0100	0.0079	0.0083	0.0067

الوسطى	9.1	0.0082	0.0054	0.0062	0.0043	0.0046	0.0037
	12.2	0.0052	0.0032	0.0040	0.0028	0.0029	0.0023
الدنيا	6.1	0.0106	0.0060	0.0072	0.0049	0.0067	0.0043
	9.1	0.0054	0.0028	0.0047	0.0023	0.0032	0.0021
	12.2	0.0031	0.0014	0.0027	0.0013	0.0021	0.0012

تابع الجدول رقم (4)

(ب) معامل الافادة (K) لغرفة معلومة لرتفاع السقف والعرض مضاءة بسماء صافية (مع شمس مباشرة او دونها) وليس لشبابيكها نبائط تحكم بالضوء. انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) .

لرتفاع السقف بالمتر		2.4		3		3.7		4.3	
انعكاسية الجدار بالمائة		70	30	70	30	70	30	70	30
عرض الغرفة بالمتر									
القصوى	6.1	0.1450	0.1550	0.1290	0.1320	0.111	0.111	0.1010	0.0982
	9.1	0.1410	0.1490	0.1250	0.1300	0.111	0.111	0.0954	0.1010
	12.2	0.1570	0.1570	0.1350	0.1340	0.111	0.111	0.0964	0.0991
الوسطى	6.1	0.1100	0.1280	0.1160	0.1260	0.111	0.111	0.1030	0.1080
	9.1	0.1060	0.1250	0.1100	0.1290	0.111	0.111	0.1120	0.1200
	12.2	0.1170	0.1180	0.1220	0.1180	0.111	0.111	0.1230	0.1220
الدنيا	6.1	0.1050	0.1290	0.1120	0.1300	0.111	0.111	0.1100	0.1160
	9.1	0.0994	0.1440	0.1070	0.1260	0.111	0.111	0.1070	0.1240

12.2

0.1180 0.1200 0.111 0.111 0.1180 0.1300 0.1160 0.1119

الجدول رقم (5)

(أ) معامل الاستخدام (C) لغرفة معلومة الطول والعرض ومضاءة بإضاءة أرض منتظمة وليس لشبابيكها نبائط تحكم بالضوء. انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة.

طول الغرفة بالمتر		6.1		9.1		12.2	
انعكاسية الجدار بالمائة		70	30	70	30	70	30
عرض الغرفة بالمتر							
القصوى	6.1	0.0147	0.1120	0.0102	0.0088	0.0081	0.0131
	9.1	0.0141	0.1120	0.0098	0.0088	0.0077	0.0070
	12.2	0.1370	0.1120	0.0093	0.0086	0.0072	0.0069
الوسطى	6.1	0.0128	0.0090	0.0094	0.0071	0.0073	0.0060
	9.1	0.0083	0.0057	0.0062	0.0048	0.0050	0.0041
	12.2	0.0055	0.0037	0.0044	0.0033	0.0042	0.0026
الدنيا	6.1	0.0106	0.0071	0.0082	0.0054	0.0067	0.0044
	9.1	0.0051	0.0026	0.0041	0.0023	0.0033	0.0021
	12.2	0.0029	0.0018	0.0026	0.0012	0.0022	0.0011

تابع الجدول رقم (5)

(ب) معامل الافادة (K) لغرفة معلومة لرتفاع السقف والعرض ومضاءة باضاءة أرض منتظمة وليس لشبابيكها نبائط تحكم بالضوء. انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة .

لرتفاع السقف بالمتر		2.4		3		3.7		4.3	
انعكاسية الجدار بالمائة		70	30	70	30	70	30	70	30
عرض الغرفة بالمتر									
القصوى	6.1	0.1240	0.1206	0.1400	0.1350	0.111	0.111	0.0909	0.0859
	9.1	0.1820	0.1880	0.1400	0.1430	0.111	0.111	0.0918	0.0878
	12.2	0.1450	0.1330	0.1310	0.1260	0.111	0.111	0.0936	0.0879
الوسطى	6.1	0.0908	0.0982	0.1070	0.1150	0.111	0.111	0.1000	0.0945
	9.1	0.1560	0.1020	0.0939	0.1130	0.111	0.111	0.1100	0.1050
	12.2	0.106	0.0948	0.1230	0.1070	0.111	0.111	0.1180	0.1180
الدنيا	6.1	0.0908	0.1020	0.0951	0.1140	0.111	0.111	0.1070	0.1040
	9.1	0.0924	0.1190	0.1010	0.1140	0.111	0.111	0.1210	0.1160
	12.2	0.1110	0.0926	0.1250	0.1090	0.111	0.111	0.1250	0.1320

الجدول رقم (6)

(أ) معامل الاستخدام (Cus) لغرفة معلومة الطول والعرض ومضاءة باضاءة سماء منتظمة من خلال ستلرة شباك ناشرة. انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة .

طول الغرفة بالمتر		6.1		9.1		12.2	
انعكاسية الجدار بالمائة		70	30	70	30	70	30
عرض الغرفة بالمتر							
القصوى	6.1	0.0247	0.0217	0.0174	0.0152	0.0128	0.0120
	9.1	0.0241	0.0214	0.0166	0.0151	0.0120	0.0116
	12.2	0.0237	0.0212	0.0161	0.0150	0.0118	0.0113
الوسطى	6.1	0.0169	0.0122	0.0110	0.0092	0.0089	0.0077
	9.1	0.0078	0.0060	0.0067	0.0048	0.0044	0.0041
	12.2	0.0053	0.0033	0.0039	0.0028	0.0029	0.0024
الدنيا	6.1	0.0108	0.0066	0.0080	0.0052	0.0063	0.0047
	9.1	0.0047	0.0026	0.0042	0.0023	0.0029	0.0020
	12.2	0.0027	0.0013	0.0022	0.0012	0.0018	0.0011

تابع الجدول رقم (6)

(ب) معامل الافادة (Kus) لغرفة معلومة لرتفاع السقف والعرض ومضاءة باضاءة سماء منتظمة من خلال ستلرة شباك ناشرة . انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة .

لرتفاع السقف بالمتر		2.4		3		3.7		4.3	
انعكاسية الجدار بالمائة		70	30	70	30	70	30	70	30
عرض الغرفة بالمتر									
القصوى	6.1	0.1450	0.1540	0.1230	0.1280	0.111	0.111	0.0991	0.0904
	9.1	0.1410	0.1510	0.1260	0.1280	0.111	0.111	0.0945	0.0964
	12.2	0.1590	0.1570	0.1370	0.1270	0.111	0.111	0.0973	0.0904
الوسطى	6.1	0.1010	0.1160	0.1150	0.1250	0.111	0.111	0.1010	0.1010
	9.1	0.0952	0.1130	0.1050	0.1220	0.111	0.111	0.1100	0.1220
	12.2	0.1110	0.1050	0.1240	0.1070	0.111	0.111	0.1300	0.1240
الدنيا	6.1	0.0974	0.1110	0.1070	0.1210	0.111	0.111	0.1120	0.1190
	9.1	0.0956	0.1250	0.1030	0.1170	0.111	0.111	0.1150	0.1250
	12.2	0.1110	0.1050	0.1250	0.1110	0.111	0.111	0.1330	0.1240

الجدول رقم (7)

(أ) معامل الاستخدام (C) لغرفة معلومة الطول والعرض ومضاءة بضوء الشمس والسماء من خلال شفرات تظليل أفقية. انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة .

طول الغرفة بالمتر	6.1	9.1	12.2

انعكاسية الجدار بالمائة	70	30	70	30	70	30	30
عرض الغرفة بالمتر							
القصوى	6.1	0.0556	0.0566	0.0392	0.0397	0.0298	0.0317
	9.1	0.0522	0.0533	0.0367	0.0389	0.0278	0.0311
	12.2	0.0506	0.0528	0.0359	0.0381	0.0270	0.0306
الوسطى	6.1	0.0556	0.0556	0.0418	0.0411	0.0320	0.0364
	9.1	0.0372	0.0339	0.0278	0.0286	0.0220	0.0256
	12.2	0.0217	0.0211	0.0422	0.0456	0.0320	0.0409
الدنيا	6.1	0.0556	0.0556	0.0422	0.0456	0.0320	0.0409
	9.1	0.0294	0.0233	0.0222	0.0203	0.0189	0.0194
	12.2	0.0139	0.0110	0.0133	0.0108	0.0120	0.0100

تابع الجدول رقم (7)

(ب) معامل الافادة (K) لغرفة معلومة لرتفاع السقف والعرض ومضاءة بضوء الشمس والسماء من خلال شفرات تظليل أفقية انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة.

لرتفاع السقف بالمتر	2.4		3		3.7		4.3
انعكاسية الجدار	70	30	70	30	70	30	30

بالمائة								
عرض الغرفة بالمتر								
القصوى		0.154	0.170	0.129	0.131	0.107	0.112	0.091	0.091
الوسطى	6.1	0.100	0.106	0.101	0.106	.099	0.102	0.091	0.091
	9.1	0.074	0.080	0.086	0.090	0.091	0.093	0.091	0.091
	12.2	0.070	0.074	0.079	0.084	0.088	0.091	0.091	0.091
الدنيا	6.1	0.080	0.080	0.091	0.091	0.093	0.093	0.091	0.091
	9.1	0.068	0.068	0.079	0.079	0.087	0.087	0.091	0.091
	12.2	0.064	0.064	0.076	0.076	0.084	0.084	0.091	0.091

تابع الجدول رقم (7)

(ج) عامل الافادة (V) لزاوية ستلرة معدنية وزاوية لرتفاع شمس معلومتين لغرفة مضاءة بضوء الشمس وضوء السماء. انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة.

وضع الستلرة المعدنية		°30		°45		° 60	
انعكاسية الجدار بالمائة		70	30	70	30	70	30
زاوية لرتفاع الشمس (15°)	القصوى	0.0687	0.0554	0.0426	0.0364	0.0218	0.0162
	الوسطى	0.0488	0.0341	0.0371	0.0218	0.0195	0.0110
	الدنيا	0.0376	0.0228	0.0276	0.0156	0.0142	0.0078

زاوية ارتفاع الشمس (30°)	القصوى	0.0630	0.0500	0.0394	0.0312	0.0208	0.0156
	الوسطى	0.0462	0.0324	0.0337	0.0216	0.0176	0.0110
	الدنيا	0.0342	0.0204	0.0250	0.0143	0.0130	0.0071
زاوية ارتفاع الشمس (45°)	القصوى	0.0553	0.0434	0.0345	0.0274	0.0198	0.0141
	الوسطى	0.0416	0.0301	0.0304	0.0211	0.0158	0.0105
	الدنيا	0.0308	0.0182	0.0225	0.0127	0.0117	0.0064
زاوية ارتفاع الشمس (60°)	القصوى	0.0464	0.0362	0.0313	0.0236	0.0190	0.0135
	الوسطى	0.0370	0.0264	0.0270	0.0185	0.0140	0.0092
	الدنيا	0.0274	0.0159	0.0199	0.0111	0.0104	0.0056

الجدول رقم (8)

(أ) معامل الاستخدام (C) لغرفة معلومة الطول والعرض ومضاءة باضاءة أرض منتظمة ولشبابيكها نبائط تحكم بالضوء . انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة .

طول الغرفة بالمتر	6.1		9.1		12.2	
انعكاسية الجدار بالمائة	70	30	70	30	70	30
عرض الغرفة بالمتر						

القصوى	6.1	0.0147	0.0112	0.0102	0.0088	0.0081	0.0071
	9.1	0.0141	0.0112	0.0098	0.0088	0.0077	0.0070
	12.2	0.0137	0.0112	0.0093	0.0086	0.0072	0.0069
الوسطى	6.1	0.0128	0.0090	0.0094	0.0071	0.0073	0.0060
	9.1	0.0083	0.0057	0.0062	0.0048	0.0050	0.0041
	12.2	0.0055	0.0037	0.0044	0.0033	0.0042	0.0026
الدنيا	6.1	0.0106	0.0071	0.0082	0.0054	0.0067	0.0044
	9.1	0.0051	0.0026	0.0041	0.0023	0.0033	0.0021
	12.2	0.0029	0.0018	0.0026	0.0012	0.0022	0.0011

تابع الجدول رقم (8)

(ب) معامل الافادة (K) لغرفة معلومة ارتفاع السقف والعرض ومضاءة باضاءة أرض منتظمة ولشبابيكها نبائط تحكم بالضوء. انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة.

ارتفاع السقف بالمتر		2.4		3		3.7		4.3	
انعكاسية الجدار بالمائة		70	30	70	30	70	30	70	30
عرض الغرفة بالمتر									
القصوى	6.1	0.1240	0.2060	0.1400	0.1350	0.111	0.111	0.0909	0.0859
	9.1	0.1820	0.1860	0.1400	0.1430	0.111	0.111	0.0918	0.0878
	12.2	0.1240	0.1820	0.1400	0.1420	0.111	0.111	0.0936	0.0879

	6.1	0.1230	0.1450	0.1220	0.1290	0.111	0.111	0.1000	0.0945
الوسطى	9.1	0.0966	0.1040	0.1070	0.1120	0.111	0.111	0.1100	0.1050
	12.2	0.0790	0.0786	0.0999	0.1060	0.111	0.111	0.1180	0.1180
	6.1	0.0094	0.1080	0.1100	0.1140	0.111	0.111	0.1070	0.1040
الدنيا	9.1	0.0816	0.0822	0.0984	0.1050	0.111	0.111	0.1210	0.1160
	12.2	0.0700	0.06560	0.0946	0.0986	0.111	0.111	0.1250	0.1320

الجدول رقم (9)

(أ) معامل الاستخدام (C) لغرفة معلومة الطول والعرض ومضاءة باضاءة أرض منتظمة من خلال شفرات تظليل أفقية من ستائر معدنية. انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة .

طول الغرفة بالمتر		6.1		9.1		12.2	
انعكاسية الجدار بالمائة		70	30	70	30	70	30
عرض الغرفة بالمتر							
	6.1	0.0556	0.0556	0.0392	0.0426	0.0303	0.0348
القصوى	9.1	0.0528	0.0539	0.0370	0.0433	0.0289	0.0337
	12.2	0.0506	0.0544	0.0359	0.0426	0.0278	0.0344
	6.1	0.0556	0.0556	0.0414	0.0459	0.0320	0.0381
الوسطى	9.1	0.0367	0.0356	0.0274	0.0308	0.0217	0.0270
	12.2	0.0239	0.0233	0.0192	0.0222	0.0153	0.0181

الدنيا	6.1	0.0556	0.0556	0.0430	0.0486	0.0328	0.0398
	9.1	0.0228	0.0261	0.0214	0.0211	0.0170	0.0192
	12.2	0.0108	0.0128	0.0119	0.0107	0.0098	0.0097

تابع الجدول رقم (9)

(ب) معامل الافادة (K) لغرفة معلومة ارتفاع السقف والعرض مضاءة باضاءة أرض منتظمة من خلال شفرات تظليل أفقية من ستائر معدنية . انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة .

ارتفاع السقف بالمتر		2.4		3		3.7		4.3	
انعكاسية الجدار بالمائة		70	30	70	30	70	30	70	30
عرض الغرفة بالمتر									
القصوى		0.174	0.200	0.142	0.157	0.117	0.123	0.091	0.091
الوسطى	6.1	0.104	0.116	0.110	0.121	0.106	0.112	0.091	0.091
	9.1	0.074	0.082	0.092	0.099	0.099	0.106	0.091	0.091
	12.2	0.058	0.062	0.079	0.083	0.092	0.096	0.091	0.091
الدنيا	6.1	0.078	0.082	0.093	0.097	0.099	0.102	0.091	0.091
	9.1	0.058	0.060	0.074	0.076	0.090	0.092	0.091	0.091
	12.2	0.052	0.056	0.070	0.071	0.086	0.087	0.091	0.091

تابع الجدول رقم (9)

(ج) عامل الافادة (V) لستائر معدنية ذات زاوية معلومة ومضاءة باضاءة أرض.
انعكاسية السقف (80) بالمائة وانعكاسية الأرضية (30) بالمائة.

وضع الستارة المعدنيـة	°30		°45		°60	
انعكاسية الجدار بالمائة	70	30	70	30	70	30
القصوى	0.150	0.108	0.141	0.102	0.087	0.063
الوسطى	0.141	0.094	0.118	0.077	0.067	0.043
الدنيـا	0.124	0.072	0.096	0.056	0.049	0.028

الجدول رقم (10)

متوسط عامل فقدان الضوء (LLF) (معبر عنه بنسبة
مئوية من انتقالية الزجاج النقي)

وضع الشبـاك

المكتب*	المصنـع **	
	(30°)	(60°)

	رأسي (بالمائة)	رأسي (بالمائة)	على زاوية عن الرأسي (بالمائة)	على زاوية عن الرأسي (بالمائة)	أفقي (بالمائة)
متوسط القيمة لأكثر من (6) شهور (بالمائة)	83	71	65	58	54
القيمة النهائية لفترة (3) شهور (بالمائة)	82	69	62	54	50
القيمة النهائية لفترة (6) شهور (بالمائة)	73	55	45	39	34

* موضع نقي بشكل مثالي

** موضع وسخ بشكل مثالي

4/3/3 الاضاءة العلوية (Toplighting) :

لتصميم الانارة بضوء النهار باستعمال القباب نصف الشفافة لمكبة أفقيا او في مستوى السقف المستوي تقريبا فانه يمكن تعيين متوسط الانارة الناتجة في المكان المضاء باتباع الخطوات المبينة فيما يلي :-

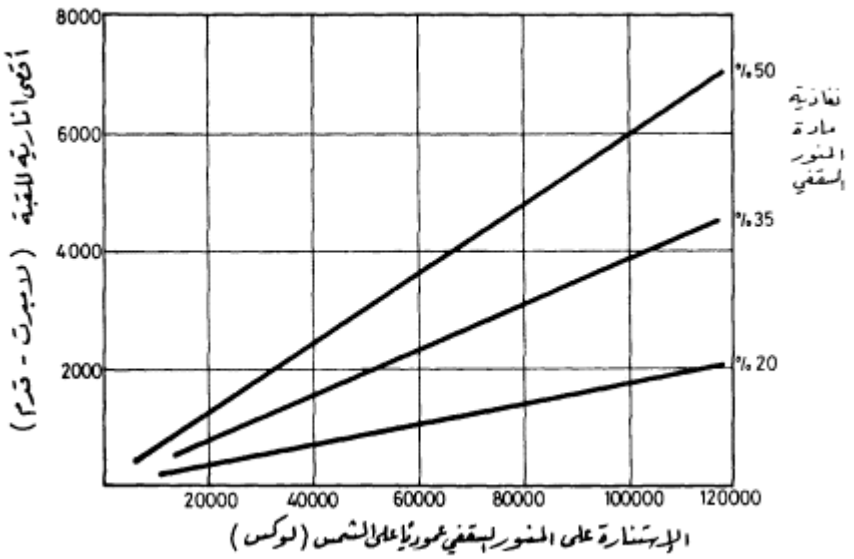
* يبين الشكل رقم (34) قيم الانارية لمناور القباب البلاستيكية ذات المواد المتنوعة المختلفة الانتقالية والمختلطة. اذا لزم ان تكون المواد الناقلة لضوء السماء ضمن حقل النظر لشاغلي المبنى (غير محجوبة عن النظر بوساطة نبائط تظليل او حواجز على شكل أقفاص البيض او بوساطة بئر كبير العمق) فانه يجب العناية في اختيار المواد التي لا تنتج عنها اناريات خلفية هائلة .

* توفر عملية حساب الاضاءة العلوية الحصول على متوسط منسوب الاستنارة المتوقع على مستوى العمل الواقع

تحتها والذي ليس بالضرورة ان يتطابق مع مستوى نقاط الحد الأقصى والأوسط والأدنى المستعملة في حسابات الانارة الجانبية. تكون انتظامية الاضاءة العلوية من مصادر متعددة كافية في العادة اذا لم يزد طول عنصر الاضاءة العلوية عن ضعف ارتفاع السقف فوق مستوى العمل لمصادر الاضاءة العلوية ذات المساحة الكبيرة وعن ارتفاع السقف فوق مستوى العمل لمصادر الاضاءة صغيرة المساحة.

* اذا استعملت الاضاءة العلوية (القباب) لانارة جزء من الغرفة فقط ، فانه يجب قصر مساحة الغرفة الداخلة في عملية الحساب على ذلك الجزء من الغرفة الذي سينار بضوء النهار.

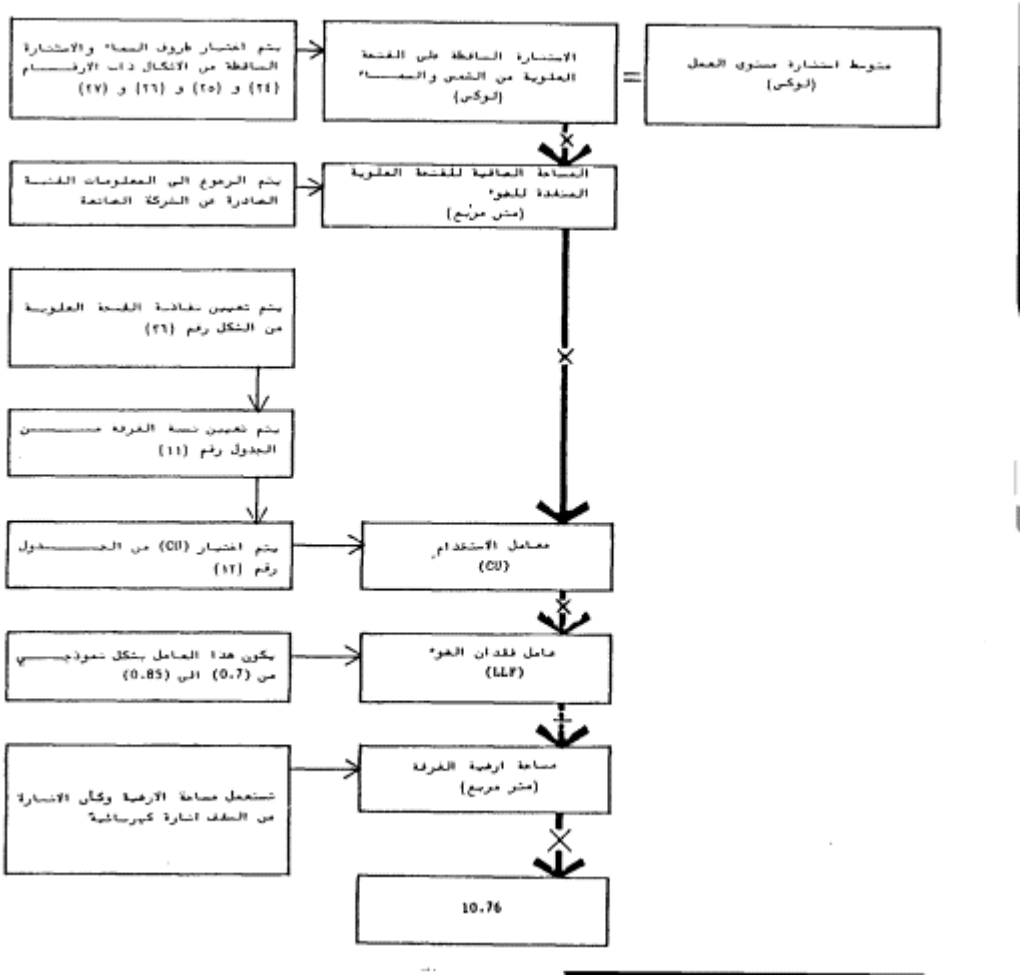
* يحتاج الأمر الى استعمال عامل استخدام واحد في حسابات الاضاءة العلوية. ولكن قبل تعيين ذلك العامل فانه يجب تعيين الانتقال الصافي للضوء من السماء ودليل البئر للضوء من السماء ونسبة الغرفة المختارة كما هو وارد في المخطط الانسيابي المبين في الشكل رقم (35) .



1 (لامبرت – قدم) = (2) (قنديلة / متر مربع)

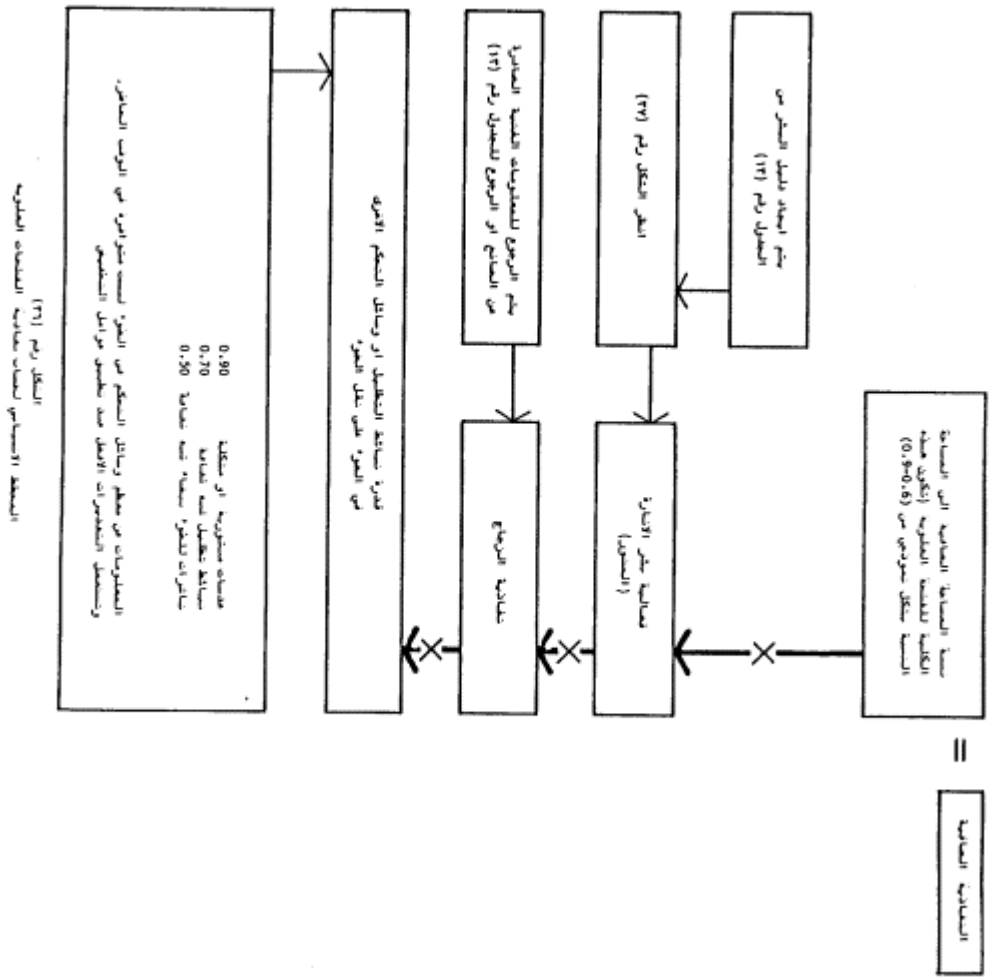
الشكل رقم (34)

القيم القصوى للانارية للمناور ذات القباب البلاستيكية



الشكل رقم (35)

المخطط الانسيابي لحساب الانارة العلوية



الشكل رقم (36)

المخطط الانسيابي لحساب نفاذية الفتحات العلوية

الجدول رقم (11)

نسب الغرفة للاضاءة العلوية

طول الغرفة	عرض الغرفة	لرتفاع السقف فوق الأرضية (متر)				
(متر)	(متر)	2.44	3.1	3.7	4.7	5.8	7.1
	3.7	1.1	0.8	0.6	0.5	-	-
	4.9	1.3	0.9	0.7	0.6	-	-
3.7	6.1	1.4	1.0	0.8	0.6	0.5	-

-	0.5	0.7	0.8	1.1	1.5	7.3	
-	0.5	0.7	0.9	1.1	1.6	9.1	
0.5	0.6	0.7	1.0	1.2	1.7	12.2	
0.5	0.6	0.8	1.1	1.3	1.8	6.1	
0.5	0.7	0.8	1.2	1.5	2.0	7.3	
0.6	0.7	1.0	1.3	1.6	2.2	9.1	6.1
0.7	0.8	1.1	1.4	1.8	2.4	12.2	
0.7	0.9	1.2	1.6	2.0	2.7	18.3	
0.8	1.0	1.3	1.7	2.1	2.9	24.4	
0.7	0.9	1.2	1.6	2.0	2.7	9.1	
0.8	1.0	1.4	1.8	2.3	3.1	12.2	
1.0	1.2	1.6	2.1	2.7	3.6	18.3	9.2
1.1	1.3	1.7	2.3	2.9	4.0	24.4	
1.1	1.4	1.8	2.4	3.1	4.2	30.5	
1.2	1.5	1.9	2.5	3.2	4.4	36.6	
1.0	1.2	1.6	2.1	2.7	3.6	12.2	
1.2	1.5	1.8	2.5	3.2	4.4	18.3	
1.3	1.6	2.1	2.8	3.6	4.9	24.4	12.2
1.4	1.7	2.3	3.0	3.8	5+	30.5	
1.5	1.8	2.4	3.2	4.0	5+	36.6	
1.5	1.9	2.5	3.3	4.1	5+	42.7	

الجدول رقم (12)

معاملات الاستخدام للاضاءة العلوية (CU)

نفاذية الإضاءة العلوية الصافية (شاملة تأثير اضاءة البئر ونبائط التحكم ....الخ)	نسبة الغرفة	انعكاسية السقف			
		% 75		% 50	
		انعكاسية البئر			
		%50	%30	%50	%30
%70	0.6	0.37	0.34	0.63	0.34
	0.8	0.45	0.42	0.44	0.41
	1.0	0.49	0.46	0.45	0.45
	1.25	0.52	0.50	0.51	0.49
	1.5	0.55	0.53	0.53	0.51
	2.0	0.58	0.56	0.57	0.55
	2.5	0.61	0.59	0.60	0.58
	3.0	0.63	0.61	0.62	0.60
	4.0	0.65	0.62	0.63	0.61
	0.6	0.28	0.24	0.26	0.24

0.29	0.31	0.30	0.32	0.8	
0.32	0.34	0.33	0.35	1.0	
0.35	0.36	0.36	0.37	1.25	
0.36	0.38	0.38	0.39	1.5	%50
0.39	0.41	0.40	0.41	2.0	
0.41	0.43	0.42	0.44	2.5	
0.42	0.44	0.44	0.45	3.0	
0.44	0.45	0.44	0.46	4.0	
0.15	0.16	0.15	0.16	0.6	
0.18	0.19	0.18	0.19	0.8	
0.19	0.21	0.20	0.21	1.0	
0.21	0.22	0.21	0.22	1.25	
0.22	0.23	0.23	0.24	1.5	%30
0.24	0.24	0.24	0.25	2.0	
0.25	0.26	0.25	0.26	2.5	
0.26	0.27	0.26	0.27	3.0	
0.26	0.27	0.27	0.28	4.0	
0.05	0.05	0.05	0.05	0.6	
0.06	0.06	0.06	0.06	0.8	
0.07	0.07	0.07	0.07	1.0	
0.07	0.07	0.07	0.07	1.25	
0.08	0.08	0.08	0.08	1.5	%10
0.08	0.08	0.08	0.08	2.0	
0.09	0.09	0.09	0.09	2.5	
0.09	0.09	0.09	0.09	3.0	
0.09	0.09	0.09	0.09	4.0	

الجدول رقم (13)

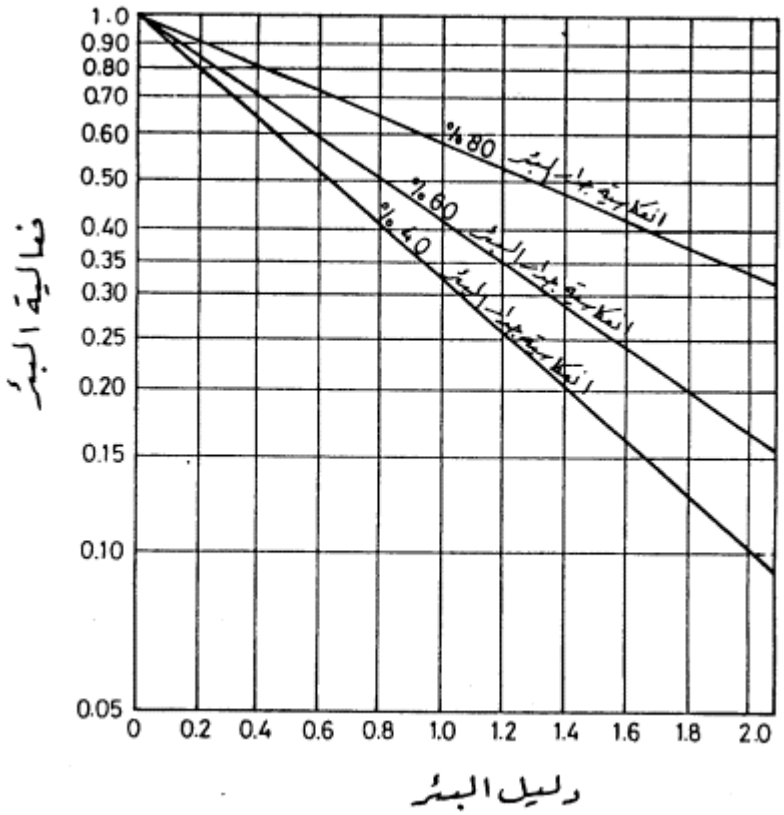
النفاذية الصافية للمناور العلوية

البيضاء غير الشفافة القبيبة

خصائص البئر			نفاذية القبة السماوية										
			0.30			0.50			0.70				
			نفاذية ناشر السقف										
انعكاسية السطح	دليل البئر*		0.40	0.60	0.80	0.40	0.60	0.80	0.40	0.60	0.80		
	0.10.2	2.28	0.16	0.22	0.25	0.24	0.33	0.40	0.30	0.44	0.55		
	0.3	0.25	0.14	0.19	0.28	0.21	0.30	0.38	0.28	0.40	0.51		
	0.4	0.23	0.13	0.17	0.21	0.20	0.28	0.35	0.28	0.37	0.47		
0.80	0.5	0.22	0.12	0.16	0.19	0.18	0.26	0.32	0.24	0.34	0.44		
	1.0	0.20	0.11	0.15	0.18	0.16	0.24	0.30	0.22	0.32	0.41		
	1.5	0.14	-	0.10	0.12	0.11	0.17	0.21	0.15	0.22	0.29		

0.20	0.18	0.11	0.18	0.12	-	0.09	-	-	0.25	0.17	1.10		
												0.10.2	
0.52	0.41	0.28	0.38	0.31	0.22	0.24	0.21	0.14	0.63	0.44	0.26	0.3	
0.46	0.35	0.24	0.33	0.26	0.18	0.21	0.17	0.11	0.57	0.38	0.23	0.4	
0.40	0.31	0.21	0.28	0.22	0.16	0.18	0.15	0.10	0.51	0.38	0.20	0.5	
0.36	0.27	0.18	0.26	0.19	0.15	0.15	0.12	-	0.46	0.30	0.17	1.0	0.60
0.32	0.24	0.16	0.22	0.17	0.12	0.14	0.10	-	0.41	0.27	0.15	1.5	
0.19	0.14	0.10	0.12	0.09	-	0.08	-	-	0.24	0.15	0.09		
0.11	0.08	-	0.07	-	-	-	-	-	0.14	0.09	-		

* دليل البئر = $\frac{\text{العمق} \times (\text{الطول} + \text{العرض})}{2 \times \text{الطول} \times \text{العرض}}$



الشكل رقم (37)

عوامل الفعالية لأعماق مختلفة لأبار الانارة

مبنية على الانعكاسات المتداخلة حيث

$$\text{طول البئر} = \frac{\text{ارتفاع البئر} \times (\text{عرض البئر} + \text{طول البئر})}{2 \times \text{طول البئر} \times \text{عرض البئر}}$$

4/3/4 مجموعة مصادر لضوء النهار:
(Combination of Daylighting Sources)

يمكن معاملة تصاميم الانارة بضوء النهار التي تشترك فيها نوافذ الجدران الجانبية المتقابلة او التصاميم التي تشترك فيها النوافذ الجانبية مع فتحات الاضاءة السقفية بطريقة التركيب وذلك بحساب استنارة مستوى العمل من مصدر واحد لضوء النهار ثم حساب الاستنارة من المصدر الآخر وجمع الاستنارتين معا للحصول على الاستنارة الكلية على مستوى العمل .

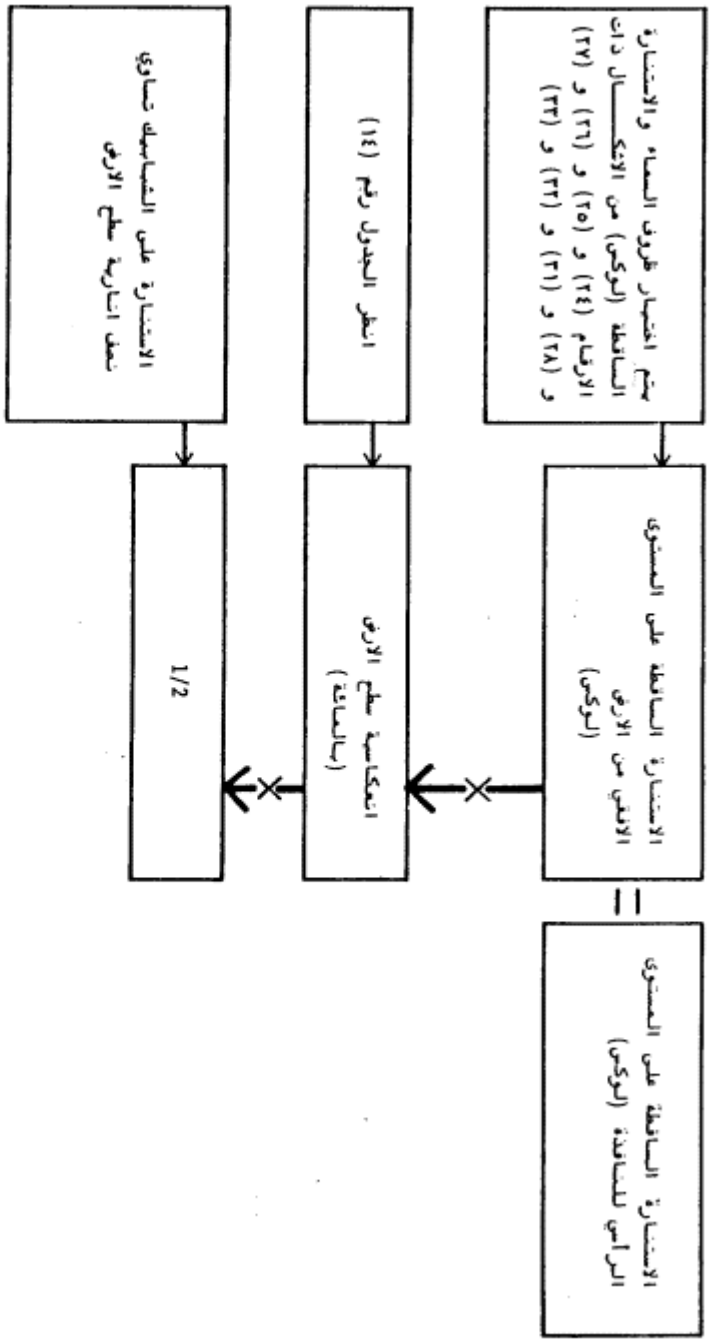
4/3/5 اشتراك الانارة بضوء النهار مع الانارة الكهربائية :
(Combination of Daylighting and Electric Lighting)

يمكن معاملة تصاميم المباني التي تشترك فيها الانارة بضوء النهار مع الانارة بالضوء الكهربائي بطريقة التركيب الواردة في البند رقم (4/3/4) ، اذ تحسب الاستنارة الناتجة عن ضوء النهار على مستوى العمل وتحسب الاستنارة الناتجة عن الضوء الكهربائي على مستوى العمل ثم تجمع الاستنارتان فيكون الناتج هو الاستنارة على مستوى العمل نتيجة لاشتراك المصدرين معا.

4/3/6 ضوء الأرض المنعكس (Reflected Ground Light):

على الرغم من ان حالة الأرض تختلف من موقع الى موقع ، فهي تعتبر جزءا من البيئة المصممة. لذا يعتبر انعكاس الضوء عن الأرض مصدرا آخر للضوء.

ويجب تعيين الضوء الناتج عن الأرض والضوء الناتج عن السماء كلا على انفراد. ويكون ذلك حرجا بشكل خاص حيث تسطع الشمس مباشرة على سطح لامع مثل الخرسانة او الثلج. ويمكن حساب ضوء النهار المنعكس على مستوى رأسي من مستوى أرضي لا متناه (يعتبر الضوء المنعكس عن الأرض على بعد يزيد عن (12) متر من عمارة متعددة الطوابق غير ذي أهمية) بضرب الانارة على الأرض من السماء ومن الأرض في انعكاسية سطح الأرض وقسمة الناتج على (2) او باتباع المخطط الانسيابي المبين في الشكل رقم (38) .



الشكل رقم (٣٨)
المخطط الانسيابي للاستنارة على الشباك من الانعكاس عن الارض

* الاستنارة على الشباك تساوي نصف الاستنارة الساقطة على المستوى الرأسي للنافذة مضافا اليها نصف الاستنارة الساقطة على المستوى الافقي من الارض مضروبة في انعكاسية سطح الارض.

اذا كان مستوى سطح الأرض يتضمن أكثر من مساحة معتبرة مثل العشب وممرات خرسانية او ممرات حصوية فان مساهمة الضوء المنعكس في الاستنارة الساقطة على المستوى الرأسي للنافذة يمكن ان يقرر او يقرب كما يلي :-

(1) يرسم مخطط لمقدمة الغرفة وجزء الأرض الخارجي المجاور لها كما هو مبين في الشكل رقم (39) .

وذلك بمقياس رسم معلوم. ثم ترسم خطوط من وكز الشباك الى حواف كل من أجزاء مساحات الأرض المميزة وخط أفقي بالنسبة لسطح الأرض

(2) تقاس الزوايا بين الخطوط بالدرجات كما هو موضح في الشكل رقم (39) . (ليكون معلوما ان الاستنارة الساقطة من الأرض تتناسب تناسبا طرديا مع الزوايا المحصلة) .

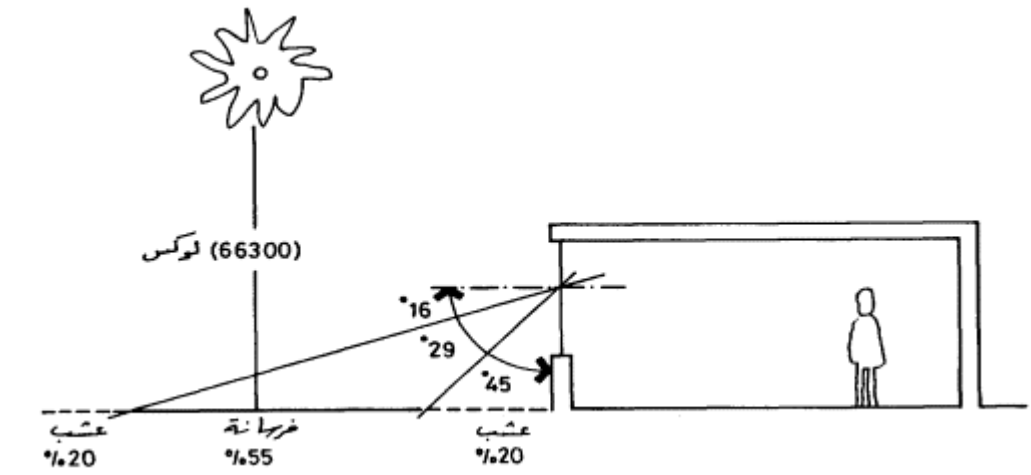
(3) تضرب الانارة الساقطة على الأرض في الزاوية التي تمثل المقطع مقسومة على 90° درجة . ثم يضرب الناتج في انعكاسية سطح الأرض [بعض الانعكاسيات واردة في الجدول رقم (14)]. هذا ، وتجمع القيم الناتجة لكل جزء من مساحة الأرض للحصول على الاستنارة الكلية للنافذة.

الجدول رقم (14)

الانعكاسات المثالية لمواد البناء والسطوح الخارجية

المادة	الانعكاسية (بالمائة)
خرسانة	40
إسمنت	27
رخام أبيض	45
دهان ابيض جديد	75
دهان ابيض قديم	55
زجاج نقي	7
إسفلت خال من الأوساخ	7
عشب أخضر غامق	6
حصى	13
الثلج الحديث	74

الثلج القديم	64
أرض مكسوة بالنبات	25
طوب فاتح اللون	48
طوب غامق اللون	40
طوب أحمر غامق اللون	30
حجر أزرق	18
حجر رملي	18
تربة مقلوبة رطبة	7
رصيف من الغرانولايت	17
طين غامق اللون	8



ضوء النهار الساقط على المستوى الرأسي المنعكس عن الأرض فقط

$$\left[\left(\frac{°45+°16}{°90}\right)0.20+\left(\frac{°29}{°90}\right)0.55\right]\frac{66300}{2}=$$

= 10370 لوكس

الشكل رقم (39)

مساهمة الأرض في انارة النافذة

4/3/7 الغرف ذات المظلات المعلقة :

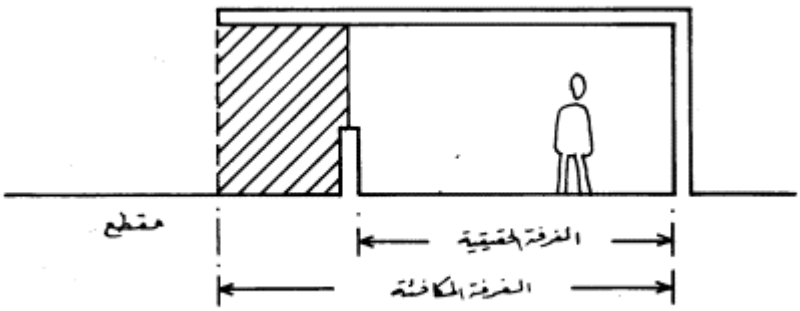
لحساب الاستنارة على مستوى العمل في غرفة ذات مظلة معلقة فوق الشباك يتم اتباع مفهوم الغرفة المكافئة حيث يتم تعيين أبعاد تلك الغرفة كما يلي :-

(1) العرض: يضاف عرض المظلات المعلقة الى عرض الغرفة الأصلي ، أي يعتبر الجدار المحتوي على شباك ذي مظلة واقعا عند حافة المظلة المعلقة كما هو مبين في الشكل رقم (40) .

(2) الطول: يقصد بالطول طول الجدار الموازي للجدار المحتوي على شباك ، ويعين ذلك الطول للغرفة المكافئة بزيادة الطول الأصلي بنسبة زيادة العرض للغرفة المكافئة كما هو مبين في الشكل رقم (41) .

(3) مساحة الشباك : للغرف ذات المظلات المعلقة يهمل لرتفاع عتبة الشباك عند اعتبار استنارة الأرض. ويفترض ان لرتفاع الشباك ممتد من الأرضية حتى السقف (من وجهة النظر الواقعية وعندما يكون الارتفاع النموذجي للعتبة عند مستوى العمل او تحته فانه يكون ذا تأثير قليل على توزيع ضوء النهار ضمن الغرفة). ولحساب الاستنارة من السماء يكون لرتفاع الشباك من العتبة فما فوق. وعند حساب المساحة الكلية للشباك المنفذة للضوء يؤخذ طول الشباك على أنه مساو لطول الغرفة المكافئة.

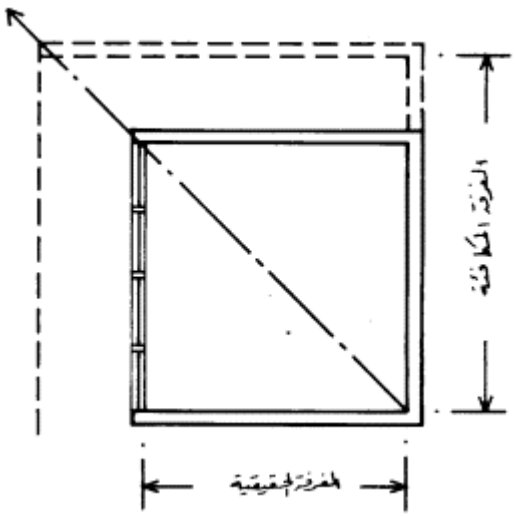
يتم الحصول على معاملات الاستخدام والإفادة من الجداول الواردة في المادة رقم (4/3). كما تحسب استنارة مستوى العمل وكأن الشبابيك تقع عند الحافة الخارجية للمظلة المعلقة. يرسم خط بياني لاستنارة مستوى العمل مار من النقاط الثلاث (القصوى والوسطى والدنيا) على مقطع من الغرفة المكافئة كما هو مبين في الشكل رقم (41). ولإيجاد قيم الاستنارة للغرفة الواقعية تؤخذ قيم الاستنارة على المنحنى والمقابلة للنقاط الثلاث على مستوى العمل في الغرفة الواقعية كما هو مبين في الشكل رقم (42).



الشكل رقم (40)

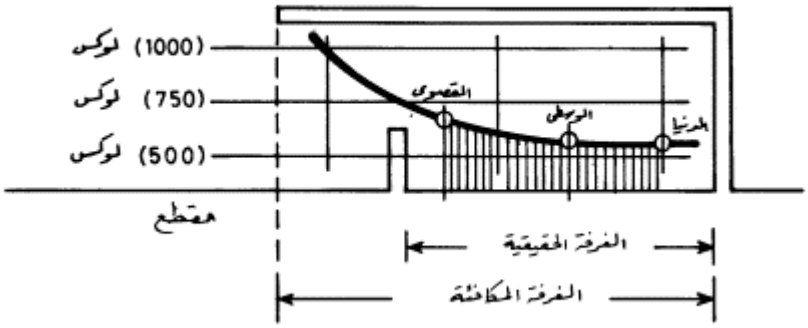
مقطع رأسي للغرفة المكافئة

شاملا المساحة الواقعة تحت المظلة



الشكل رقم (41)

مخطط الغرفة المكافئة



الشكل رقم (42)

النقاط الثلاث (القصوى والوسطى والدنيا) التي تحسب

عندها الاستنارة الناتجة عن ضوء النهـار

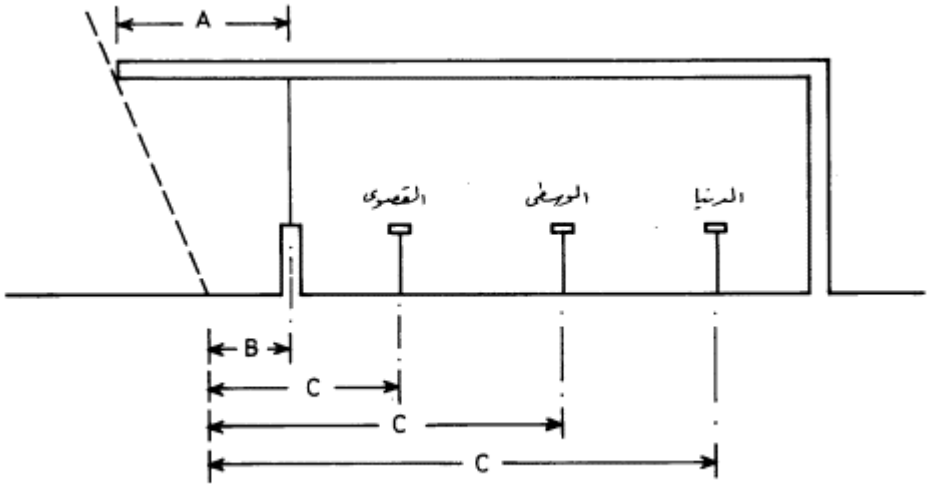
اذا كان ضوء الشمس المباشر يصل الى الأرض الواقعة تحت المظلة المعلقة يستعمل عامل اضافي لإدخاله في حسابات الضوء المنعكس الى داخل الغرفة كما هو مبين في الأشكال ذات الأرقام (31) و (32) و (33) .

يعين أولا عرض المساحة المضاءة بالشمس [عرض المظلة المعلقة (A) مطروحا منه عرض المساحة المظلة (B) كما هو مبين في الشكل رقم (43). وتعين المسافة بين كل نقطة من النقاط المعنية على مستوى العمل وبين حافة المساحة المظلة (C) ثم يضاف الى كل من هذه المسافات (6) أمتار. ويتم الحصول على قيم العامل (X_e) حسب المعادلة التالية :-

$$X_e = \frac{A - B}{C + 6}$$

يمكن إيجاد قيم العامل (X_f) من كل من الخطوط البيانية الثلاث الواردة في الأشكال ذات الأرقام (31) و (32) و (33) والمقابلة لارتفاع السقف المعني . وتضرب قيم العامل (X_f) في قيمة الاستنارة الواقعة على المستوى الرأسي

والمنعكسة عن الأرض.



الشكل رقم (43)

المسافات التي تستعمل في حساب العامل

4/4 تقنيات أخرى للتنبؤ بضوء النهار

(Other Predection Techniques)

4/4/1 عام :

يعتمد التنبؤ بضوء النهار بشكل أساسي على طريقة اللومن المستعملة بشكل شائع لحساب الاستنارة الناتجة عن الاضاءة الكهربائية ، حيث انها طريقة مألوفة في مجال الانارة. والى جانبها توجد طرق عديدة للتنبؤ بالانارة الداخلية الناتجة عن ضوء النهار.

ومن هذه الطرق ما يلي :-

* الطرق البيانية .
* الطرق الرياضية .
* طرق التقليد .

4/4/2 الطرق البيانية للتنبؤ بضوء النهار :

اكثر الطرق البيانية للتنبؤ بضوء النهار شمولية هي الطريقة التي طورت في إنكلترا سنة 1969. وتتضمن هذه الطريقة استخدام كتاب تعليمات وملف من الخرائط والشفافيات جنبا الى جنب مع المخططات المعمارية ، وتشكل طريقة سهلة للتنبؤ بضوء النهار وكمية ضوء النهار الواصلة الى داخل المبنى وكسب الحرارة الشمسية المرافقة للشباك. كما تشكل طريقة سهلة لفحص التأثير على الظروف الداخلية لقرارات تصميم الشباك. ولغرض التعرف على تفاصيل أكثر من هذه الطريقة يتم الرجوع الى المراجع الخاصة بها .

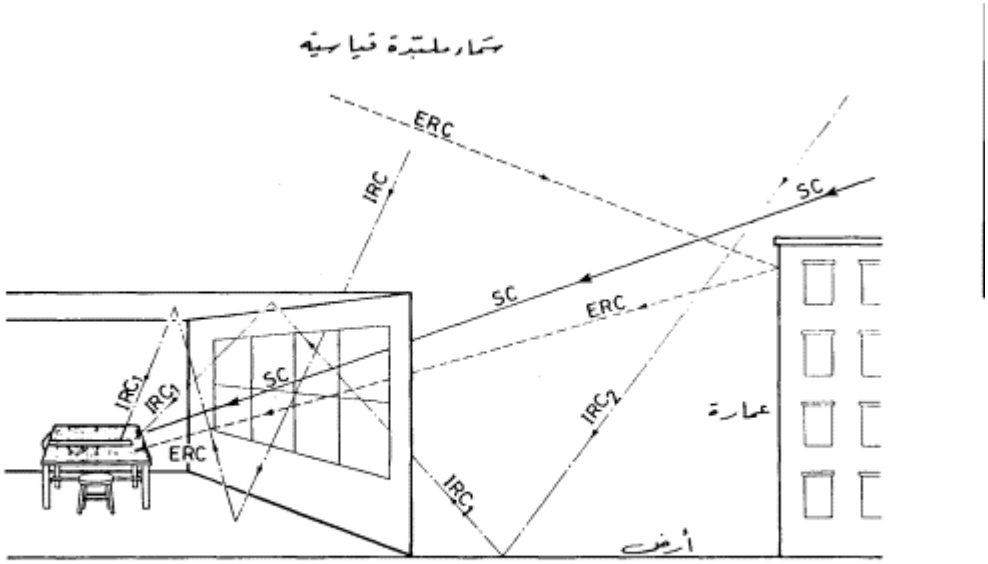
وطريقة وعاء الفلفل (Pepper Pot) توفر عملية سهلة للتنبؤ بضوء النهار آخذة في الاعتبار تأثيرات الأجسام القريبة (مثل المباني والأشجار) على الاضاءة النهارية الداخلية. الا ان لها سيئة واحدة تتمثل في انها مبنية على سماء قياسية (سماء CIE) ملبدة بالغيوم ، وهي ملائمة للجو في انكلترا. وعلى كل حال فان تلك الطريقة قابلة للاستعمال جزئيا في الأماكن الجغرافية ذات سطوع الشمس الهائل. ولا ينصح باستعمال هذه الطريقة في بلادنا لاختلاف نوعية السماء اما للتعرف على تفاصيل أكثر عن هذه الطريقة يتم الرجوع الى المراجع الخاصة بها.

وهناك طريقة أخرى تتضمن استعمال مجموعة من المناقل في حساب ضوء النهار من الرسومات المعمارية ، وقد طورت من قبل محطة الأبحاث البريطانية (BRS). وهذه الطريقة مبنية ايضا على سماء ملبدة بالغيوم. وتعتمد هذه الطريقة على إيجاد ثلاث مركبات لعامل ضوء النهار (Daylight Factor – DF) كل منها على حدة وهذه المركبات هي :-

(1) مركبة السماء (Sky Component – SC) .
(2) المركبة المنعكسة خارجيا (Externally Reflected Component) (ERC).
(3) المركبة المنعكسة داخليا (Internally Reflected Component)

. (IRC)

وهذه موضحة في الشكل رقم (44).



الشكل رقم (44)

وكبات ضوء النهار على مستوى العمل

يمكن إيجاد كل من وكبة السماء (SC) ولوكبة المنعكسة خارجيا (ERC) باستعمال المناقل بينما يتم تقدير لوكبة المنعكسة داخليا (IRC) باستعمال مجموعة من النوموغرافات (Nomographs) .

وتوجد سلسلتان من المناقل [(1) و (2)] احداهما للاستعمالات للسماء ذات الانارية المنتظمة والأخرى للسماء ذات التوزيع الانارى حسب (CIE) . ففي المناطق المرتفعة وفي ظروف سماء ملبدة بالغيوم يجب استعمال مناقل السلسلة (2) ، بينما تستعمل مناقل السلسلة (1) للتنبؤ بوكبة السماء في ظروف سماء صافية وفي أجواء استوائية. وكل سلسلة من المناقل مكونة من خمس مناقل تستعمل عند حالات تزجيج مختلفة كما هو مبين في الجدول رقم (15) الذي يبين سلسلة

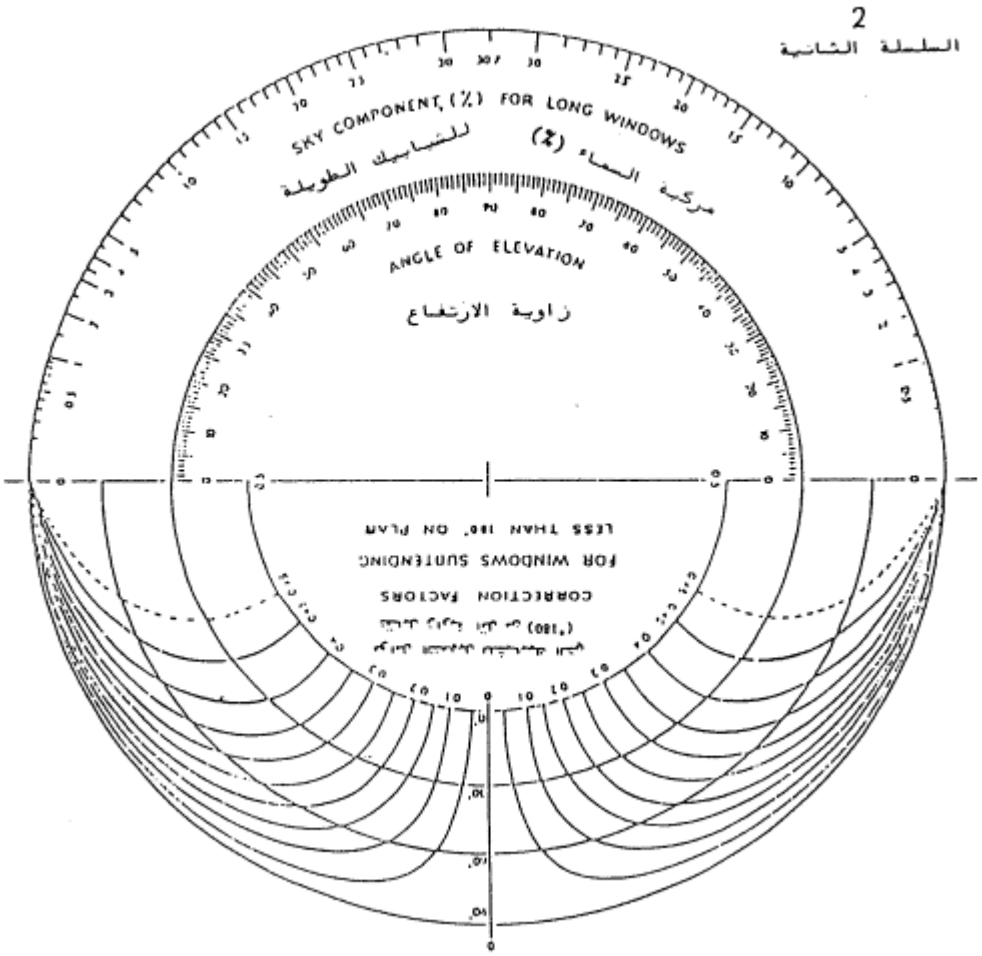
كل منقلة ورقمها واستعمالها.

الجدول رقم (15)

سلسلتا المناقل للتنبؤ بوكبة السماء لضوء النهار

الاستعمال	سلسلة المناقل ذات الرقم (1) [سماء منتظمة]	سلسلة المناقل ذات الرقم (2) [سماء (CIE)]
توجيح رأسي	1	2
توجيح أفقي	3	4
توجيح يميل بزاوية قدرها (30°) عن الأفق	5	6
توجيح يميل بزاوية قدرها (60°) عن الأفق	7	8
فتحات غير مزججة	9	10

تتألف كل منقلة من مقياسين مدرجين (A) و (B) ، حيث يعطي المقياس (A) قراءة أولية (من مقطع الغرفة) ويعطي المقياس (B) عامل تعديل (من المخططات). فالقراءة الأولية تعطي بوكبة السماء للشبابيك غير المتناهية في الطول ، الا أنه يجب استعمال عامل التعديل للشبابيك المحدودة الطول (العرض) من المقياس (B). ويبين الشكل رقم (45) صورة للمنقلة رقم (2) .



منقلة محطة الأبحاث البريطانية (B.R.S) لإيجاد وكبة السماء للتوجيج الرأسي ، سماء (CIE) الملبدة بالغيوم

الشكل رقم (45)

المنقلة رقم (2)

(أ) **وكبة السماء (Sky Component)** :

الخطوات المتبعة في ايجاد وكبة السماء موضحة في الشكل رقم (46) لغرفة ذات قاعدة أبعادها (4×4) م مضاءة بوساطة شباك وفيما يلي مثال على ذلك:-

(1) يرسم مقطع للغرفة يعين عليه مستوى العمل والنقطة المعنية الواقعة فيه (0) .

(2) توصل نهايتا الفتحة (او حافتا الحاجز) مع النقطة (0)، أي يرسم المستقيمان (PO) و (RO) .

(3) تثبت المنقلة بحيث يكون المقياس (A) الى أعلى وبحيث يقع خط القاعدة على مستوى العمل ومركزه في النقطة (0).

(4) تقرأ القيمتان عند تقاطع الخطين (PO) و (RO) مع محيط المقياس (A) ، فيكون الفرق بين القيمتين هو مركبة السماء الأولية.

(5) تقرأ زاويتا الارتفاع حيث يقطع الخطان (PO) و (RO) محيط المقياس المدرج بالدرجات ، ويؤخذ معدل القراءتين.

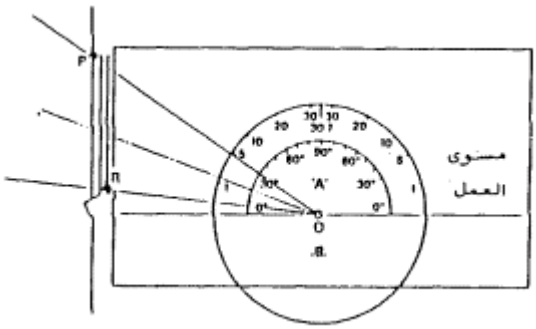
(6) يعين موضع النقطة (0) على مقطع الغرفة .

(7) توصل نهايتا الفتحة (الشباك) مع النقطة (0) بالخطين المستقيمين (MO) و (NO).

(8) تثبت المنقلة بحيث يكون المقياس (B) في اتجاه الشباك وخط القاعدة موازيا للشباك ومركزها في النقطة (0).

(9) توجد على المنقلة أربعة أنصاف دوائر متحدة المركز $(90°, 60°, 30°, 0°)$. تختار واحدة منها مطابقة لزاوية الميل المقاسة في الخطوة رقم (5). واذا كان ضروريا يتم ذلك بعملية الاستقراء من نصف دائرة خيالية .

(10) تقرأ القيم عند تقاطع الخطين (MO) و (NO) مع نصف الدائرة الواردة في الخطوة (9) على طول المنحنيات القصيرة على المقياس (B) وعلى مقياس نصف الدائرة الداخلي المدرج.



طريقة إيجاد وكبة (SC) الأولية من المقطع

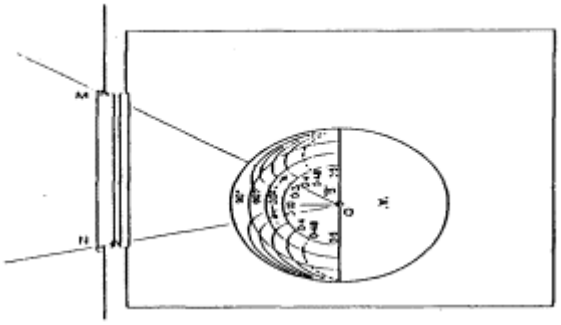
القراءة :

PO = 4.8

RO = 0.2

وكبة (SC) الأولية = 4.6

معدل زاوية الارتفاع = 20°



طريقة إيجاد عامل التعديل من المسقط الأفقي

القراءة على دائرة ال (20°)

MO = 0.35

N0 = 0.15

عامل التعديل = 0.50

SC = 4.6 x 0.50

SC = 2.3%

الشكل رقم (46)

استعمال مناقل ضوء النهار

(11) تجمع القيمتان اذا كانت نقطتا التقاطع على جانبي نصف الدائرة الملوج اما اذا وقعتا على جانب واحد منه فيؤخذ الفرق بينهما ويكون ذلك هو عامل التعديل .

(12) تضرب وكبة السماء الأولية [الخطوة رقم (4)] في معامل التعديل [الخطوة رقم (11)] فيكون الناتج هو وكبة السماء (SC).

(ب) **الوكبة المنعكسة خارجيا (ERC) :**

ان لم توجد حواجز خارجية للشباك ، فلا تكون هناك وكبة منعكسة خارجيا. وعلى كل حال ، اذا وجدت حواجز أعلى من الخط (RO) فالضوء المنعكس عن تلك الحواجز يصل الى النقطة المعينة ويساهم في إنارتها. يعبر عن مقدار مساهمة ذلك الضوء بالوكبة المنعكسة خارجيا (ERC) والتي يتم إيجادها كما يلي :-

(1) تعين قيمة وكبة السماء المكافئة التي يتم الحصول عليها من مساحة الشباك ومن سماء غير محجوبة باتباع الخطوات الواردة في البند الفرعي رقم (أ) السابق.

(2) تضرب هذه القيمة قيما يلي :-

* اذا استعملت مناقل السلسلة (1) (أي مناقل السماء المنتظمة) ، تضرب القيمة في (0.5) من متوسط الانعكاسية للسطح المقابل للشباك. واذا كان ذلك غير معلوم تضرب قيمة وكبة السماء في (0.1) .
* اذا استعملت مناقل السلسلة (2) (سماء CIE) تضرب القيمة في متوسط الانعكاسية للسطوح المقابلة للشباك او في (0.2) .

(ج) **الوكبة المنعكسة داخليا (IRC) :**

(Internally Reflected Component)

تتبع الخطوات التالية لإيجاد قيمة لوكبة المنعكسة داخليا من النوموغرام كما هو مبين في الشكل رقم (47).

(1) تعين مساحة سطح الشباك والمساحة الكلية لسطوح الغرفة (الأرضية ، السقف ، الجدران بما في ذلك الشبابيك) ، ثم تحدد تلك القيمة على المقياس (A) في النوموغرام الوارد في الشكل رقم (47).

(2) تعين مساحة جميع الجدران وتحسب مساحة الجدار /مساحة السطح الكلية ثم تحدد تلك النسبة في العمود الأول من الجدول الصغير المرافق للنوموغرام.

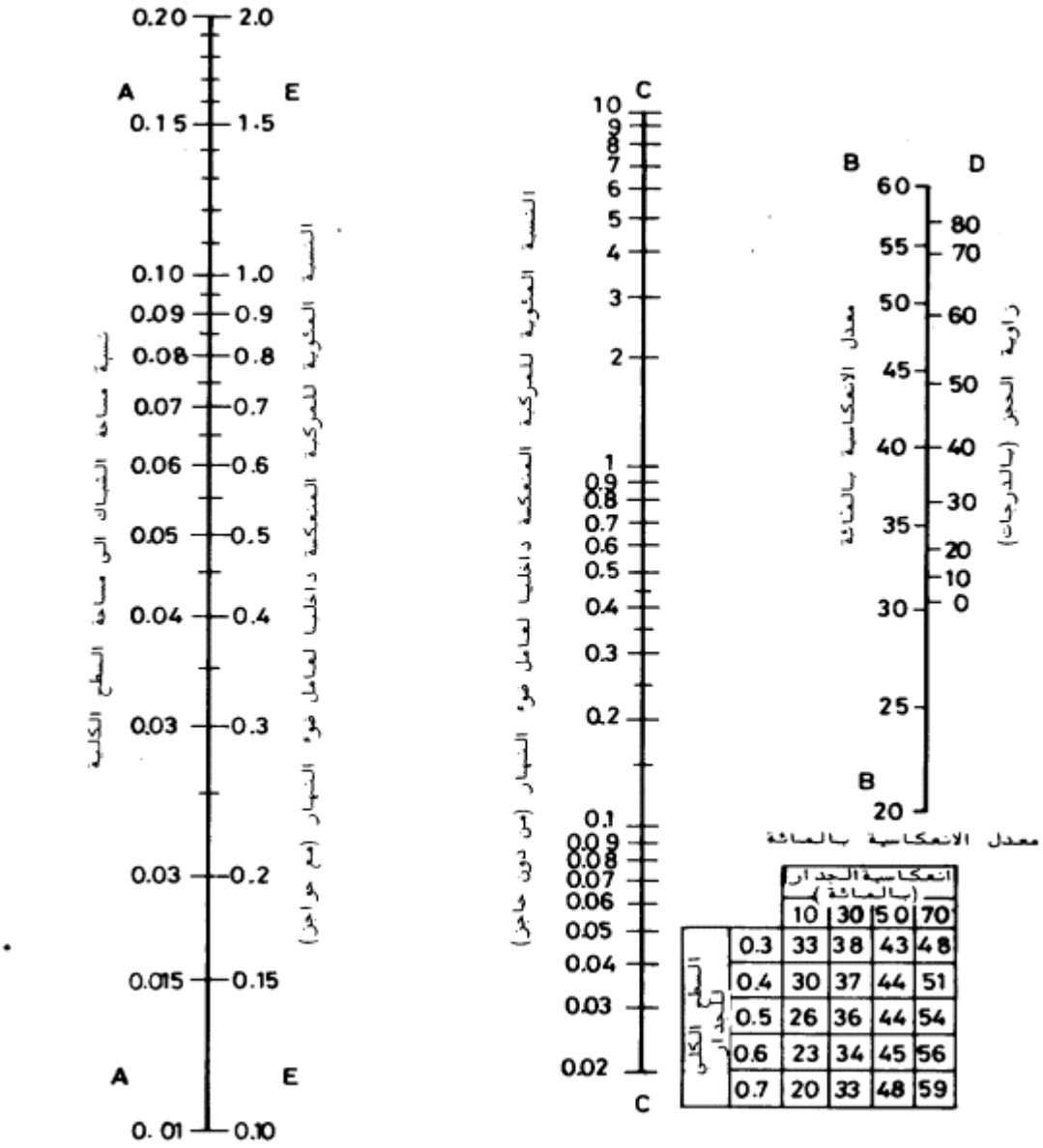
(3) تعين قيمة انعكاسية الجدار من ذلك الجدول ويقرأ معدل الانعكاسية عند نقطة تقاطع العمود مع السطر الأفقي (تتبع طريقة الاستكمال الخطي رأسيا وأفقيا اذا لزم الأمر). ويؤخذ في الاعتبار ان الجدول يفترض انعكاسية سقف تساوي (70) بالمائة وانعكاسية أرضية تساوي (15) بالمائة .

(4) يعين متوسط الانعكاسية على المقياس (B) في النوموغرام ، ويرسم خط مستقيم من تلك النقطة [يقطع المقياس (A)] الى القيمة المعينة في الخطوة رقم (1).

(5) تقرأ القيمة التي يقطع ذلك الخط عندها المقياس (C) وتعطي هذه القيمة متوسط لإكبة المنعكسة داخليا (IRC) اذا لم يوجد حاجز خارجي.

(6) اذا وجد حاجز خارجي تحدد زاوية ذلك الحاجز مع الأفق مقاسة من مركز الشباك على المقياس (D) في النوموغرام نفسه.

(7) يرسم خط مستقيم من تلك النقطة على المقياس (D) يمر بالنقطة الواقعة على المقياس (C) [الخطوة (5)] ، وتقرأ قيمة لإكبة المنعكسة داخليا (IRC) المتوسطة على المقياس (E). نظرا لتردي التشطيبات الداخلية يجب استعمال عامل صيانة يساوي (0.75) او إحدى القيم الواردة في الجدول رقم (16).



الشكل رقم (47)

نومغرام لتعيين متوسط المركبة المنعكسة

داخليا من عامل ضوء النهار

الجدول رقم (16)

عامل الصيانة

نوع الموضع	نوع العمل	عامل الصيانة
نظيف	نظيف	0.9
وسخ	نظيف	0.8
نظيف	وسخ	0.7
وسخ	وسخ	0.6

يمكن الحصول على أدنى قيمة للوكبة المنعكسة داخليا (IRC) بضرب قيمتها المتوسطة التي تم الحصول عليها بالطريقة السابقة في عامل تحويل يعتمد على متوسط الانعكاسية كما هو وارد في الجدول رقم (17) .

الجدول رقم (17)

تحويل القيمة المتوسطة للوكبة

المنعكسة داخليا الى القيمة الدنيا

متوسط الانعكاسية	عامل التحويل
0.3	0.54
0.4	0.67
0.5	0.78
0.6	0.85

مما سبق يمكن الحصول على عامل ضوء النهار (DF) بجمع لمكبات الثلاث (SC + ERC + IRC) وضرب القيمة الناتجة في عوامل التعديل الثلاثة الواردة في البند الفرعي رقم (4/4/2د) وهي عامل الترجيح (GF) وعامل التشكيل (FF) وعامل اتساخ الزجاج (D) . وبذلك يتم الحصول على عامل ضوء النهار (DF) .

(د) **تعديلات أخرى (Further Corrections)** :

(1) عامل الترجيح (Glazing Factor) (GF) : اذا كان الزجاج غير نقي يكون عامل الترجيح مساويا للقيمة المناسبة الواردة في الجدول رقم (18).

الجدول رقم (18)

عامل الزجيج (GF)

نوع الزجاج	عامل التزجيج
زجاج صفيحي مسلك	0.95
زجاج منمط او ناشر	0.90 – 0.95
زجاج ماص للحرارة او ألياف	0.60 – 0.75
زجاج كاسرة للضوء	
بلاستيك اكر يلي	0.65 – 0.90

(2) عامل التشكيل (Framing Factor) (FF) : وهذا العامل يمكن حسابه على اعتبار انه نسبة مساحة الزجاج الصافية الى مساحة فتحة الشباك. الا انه يمكن استعمال قيمة عامة تساوي (0.75) في أغلب الأحيان.

(3) عامل اتساخ الزجاج (Dirt on Glass) (D) : وهذا يعتمد على نوع موضع الشباك وتكرار تنظيفه ويكون الزجاج ذو الوضع الأفقي او المائل اكثر تعرضا لترسب الأوساخ عليه بالمقارنة مع الزجاج ذي الوضع الرأسي. لذا يجب استعمال العوامل كما هي واردة في الجدول رقم (19).

الجدول رقم (19)

عامل اتساخ الزجاج (D)

الموضع	رأسي	مائل	أفقي
نظيف	0.9	0.8	0.7

صناعي	0.7	0.6	0.5
وسخ جدا	0.6	0.5	0.4

المصطلحات الفنية

(أ)

إبهار	Glare
استكمال	Interpolation
استنارة	Illuminance
استنارة أولية	Initial Illuminance
أغطية المصابيح	Shades
اكريلية	Acrylic
إنارة	Illumination
إنارة جانبية	Side Lighting
إنارة جيدة	Duality Lighting
إنارة علوية	Top Lighting
إنارية	Luminance
انتقال منتظم	Regular Transmition
انتقالية منتظمة	Regular Transmittance
انعكاس حاجب	Veiling Reflection
انعكاسية	Reflectance
انكسار	Refraction
أنماط الظل	Shadow Patterns

(ت)

تباين	Contrast
تركيب	Superimposition

Glazing	تزجيج
Filtering	تصفية
Intuitive Evaluation	تقييم حدسي
Landscaping	تنسيق الموقع الخارجي
Building Orientation	توجيه المبنى

(ح)

Visual Field	حقل مرئي
Screens	حواجز

(د)

Colour Temperature	درجة حرارة اللون
Flux	دفق
Luminous Flux	دفق منير
Glare Index	دليل الابهار
Well Index	دليل البئر

(ز)

Altitude Angle	زاوية الارتفاع
Profile Angle	زاوية جانبية
Azimuth Angle	زاوية السمت
Cut off Angle	زاوية القطع
Solid Angle	زاوية مجسمة
Opal Glass	زجاج اوبالي
Sheet Glass	زجاج صفائحي
Float Glass	زجاج عائم
Prism Glass	زجاج منشوري

Vertical Fins	زعانف رأسية
	(س)
Draperies	ستائر
Blinds	ستائر تعتيم
Venetian Blinds	ستائر معدنية
Shade	ستلرة
Steradian	ستراديان
Visual Task	سطح مرئي
Brightness	سطوع
Clear Sky	سماء صافية
Overcast Sky	سماء ملبدة بالغيوم
	(ش)
Luminous	شدة منيرية
Louvers	شفرات تظليل

	(ض)
Sky Light	ضوء السماء
Sunlight	ضوء الشمس
Daylight	ضوء النهار
	(ط)
Predection Methods	طرق التنبؤ
	(ع)
Reflective	عاكس

Fudge Factor	عامل الحذر
Sky Factor	عامل السماء
Daylight Factor	عامل ضوء النهار
Light Loss Factor	عامل فقدان الضوء
Control Elements	عناصر التحكم

(غ)

Cloudy	غائمة
Actual Room	غرفة حقيقية
Equivalent Room	غرفة مكافئة
Opaque	غير شفاف

(ق)

Visibility	قابلية الرؤية
Translucent Dome System	قباب نصف شفافة

(ل)

Foot Lambert	لامبرت _ قدم
Lux	لوكس
Lumen	لومن
Night	ليل

(م)

Variability	متغيرية
Optimal	مثالي
Working Plane	مستوى العمل
Formed	مشكل
Overhang	مظلة علوية

Coefficient of Utilization	معامل الاستخدام
Corrugated	موج
Visible Region	منطقة مرئية
Clerestory	منور السطح الجانبي
Skylight	منور السقف
	(ن)
Diffusing	ناشر
Fenestration	نسق الفتحات
Transmittance	نفاذية
Minimum Point	النقطة الدنيا
Maximum Point	النقطة القصوى
Middle Point	النقطة الوسطى

المصادر

1. Illuminating Engineering Society of North America IES Standard, RP-5, 1979.

Recommended Practice of Daylighting.

2. Holmes, J.G, and Jackson, G.K., " Let's Keep it Simple (12) –

What we want from daylight." Light and Lighting, March 1973.

المراجع

1. Illuminating Engineering Society of North America, 1981.

IES Lighting Handbook.

2. Fuller Moore, "Concepts and Practice of Architectural Daylighting", 1984.

وحدات النظام الدولي (SI Units)

والوحدات المستعملة معها

الكمية	الوحدة	الرمز الدولي	الرمز العربي
الطول	متر	m	م
	سنتمتر	cm	سم
	ملمتر	mm	ملم
	كيلومتر	km	كم
الكتلة	غرام	g	غم
	كيلو غرام	kg	كغم
	طن	t	طن
	ميليغرام	mg	ملغم
الزمن	ثانية	s	ثانية
	دقيقة	min	دقيقة
	ساعة	h	ساعة
	يوم	d	يوم
زاوية مستوية	درجة	o	درجة
	دقيقة	'	دقيقة
	ثانية	"	ثانية
الحجم	لتر	L	لتر
	ميللتر	mL	ملليتر
	متر مكعب	m^3	م3
المساحة	متر مربع	m^2	م2
	مليمتر مربع	mm^2	ملم2
القوة	نيوتن	N	ن
	كيلو نيوتن	kN	كن
الاجهاد	نيوتن/ملمتر مربع	N/mm^2	ن/ملم2

درجة الحرارة	درجة مئوية	كيلو نيوتن مربع	كن/م2
	°C	kN/m^2	°س

معاملات التحويل من النظام المتري الى النظام الدولي

نظام متري		نظام دولي	
كيلو غرام قوة	=	9,81	نيوتن
كيلو غرام قوة . متر	=	9,81	نيوتن . متر
كيلو غرام قوة / متر	=	9,81	نيوتن / متر
كيلو غرام قوة / سنتمتر مربع	=	.,.981	نيوتن / ملمتر مربع
كيلو غرام قوة / متر مربع	=	9,81	نيوتن / متر مربع
كيلو غرام قوة / متر مكعب	=	9,81	نيوتن / متر مكعب
.,102 كيلو غرام قوة .	=	1	نيوتن
.,102 كيلو غرام قوة . متر	=	1	نيوتن . متر
.,102 كيلو غرام قوة / متر	=	1	نيوتن / متر
10,20 كيلو غرام قوة / سنتمتر مربع	=	1	نيوتن / ملمتر مربع
.,102 كيلو غرام قوة / متر مربع	=	1	نيوتن / متر مربع
.,102 كيلو غرام قوة / متر مكعب	=	1	نيوتن / متر مكعب

الأسس المتبعة في تبويب وترقيم
كودات البناء الوطني الأردني

أولا : قسمت كودات البناء الوطني الأردني وحسب موضوع البحث الى عدة كودات مختلفة العناوين ، وقد أعطيت كل كودة رقما متسلسلا يميزها عن غيرها من الكودات.

ثانيا : تم تقسيم الكودة الواحدة الى عدة أبواب رئيسية وأعطي كل باب رقما متسلسلا ضمن الكودة يميزه عن غيره من الأبواب .

ثالثا : قسم كل باب من الأبواب المختلفة لكل كودة وبترتيب تنازلي الى ما يلي :-

المـادة : ويرمز اليها برقمين مختلفين تفصل بينهما اشارة (/). ويمثل الرقم الذي على اليمين رقم الباب الذي تفرعت عنه هذه المادة بينما يمثل الرقم الذي على اليسار رقم المادة نفسها .

البنـد : ويرمز اليه بثلاثة أرقام مختلفة تفصل بين كل اثنين منها اشارة (/) ويمثل الرقم الذي على اليمين رقم الباب ، ويمثل الرقم الأوسط رقم المادة التي تفرع منها هذا البند بينما يمثل الرقم الذي على اليسار رقم البند نفسه.

البند الفرعي : ويرمز اليه بحرف أبجدي موضوع بين قوسين ويكون متفرعا عن البند ويرجع اليه برمز البند مضافا اليه رمز البند الفرعي نفسه.

الفقرة : ويرمز اليها برقم موضوع بين قوسين وتكون الفقرة متفرعة عن البند الفرعي ويرجع اليها بذكر رقم الفقرة نفسها ورمز البند الفرعي التابع لها .