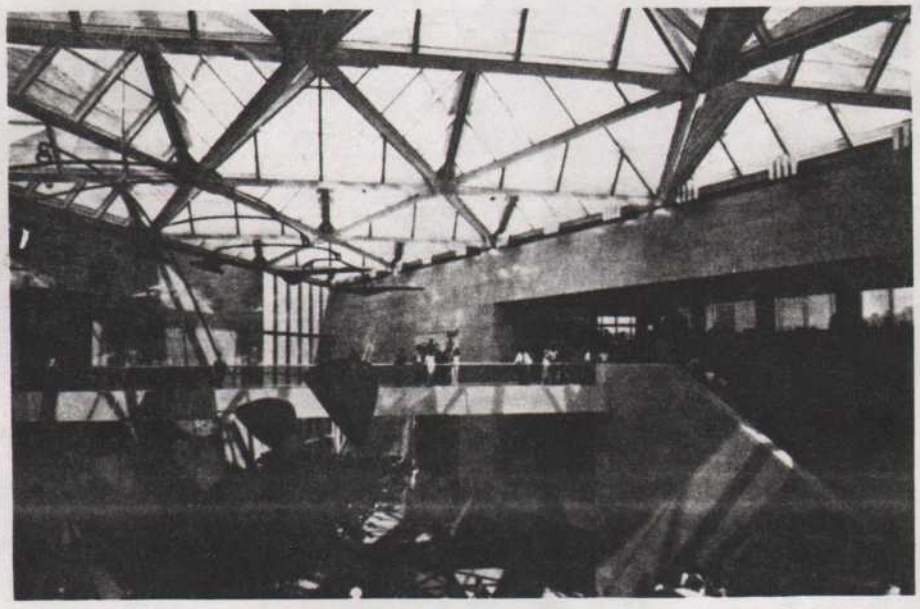
بسم الله الرحمن الرحيم

الإضاءة الطبيعية كعنصر هام فى تصميم المتاحف فى مصر



المبنى الشرقى للمتحف الوطنى للفنون بواشنطن

إلى أسرتى الكبيرة وإلى أسرتى الصغيرة

إلى وطنى الحبيب مصر

جامعة عين شمس
كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

الإضاءة الطبيعية كعنصر هام فى تصميم المتاحف فى مصر

رساله مقدمة من
المهندسة / حنان مصطفى كمال صبرى
مدرس مساعد بقسم الهندسة المعمارية

للحصول على درجة دكتوراه الفلسفة
فى الهندسة المعمارية
من جامعة عين شمس

إشـــــراف

أ.د. محمد كامل محمود
أستاذ العمارة بقسم الهندسة المعمارية

أ.د. سيد مدبولى على
أستاذ العمارة ورئيس قسم الهندسة المعمارية

أ.د. مـراد عبـد القـادر
أستاذ العمارة والتحكم البيئى

جامعة عين شمس
١٩٩٦

جامعة عين شمس
كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

أعضاء لجنة المناقشة

الإضاءة الطبيعية كعنصر هام فى تصميم المتاحف فى مصر

رساله مقدمة من
المهندسة / حنان مصطفى كمال صبرى
مدرس مساعد بقسم الهندسة المعمارية
للحصول على درجة دكتوراه الفلسفة فى الهندسة المعمارية من جامعة عين شمس
تاريخ البحث : ١٩٩١/٦/١٠

لجنة الحكم

أ.د. أحمد رضا عابدين
أستاذ العمارة / كلية الهندسة-جامعة القاهرة
أ.د. محمد زكى حواس
أستاذ العمارة / كلية الهندسة-جامعة عين شمس
أ.د. محمد كامل محمود
أستاذ العمارة / كلية الهندسة-جامعة عين شمس
أ.د. سيد مدبولى على
أستاذ العمارة / كلية الهندسة-جامعة عين شمس

تاريخ المناقشة العلنية ١٩٩٦/٦/٦
الدراسات العليا :
ختم الإجازة أجيزت الرسالة بتاريخ / / ١٩٩

موافقة مجلس الكلية
/ / ١٩٩

موافقة مجلس الجامعة
/ / ١٩٩

جامعة عين شمس
كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

تعريف بالباحثة

الإســـــــم : حنان مصطفى كمال صبرى

تاريخ الميـــلاد : ١٩٥٧/٩/١٧

محل الميـــلاد : القاهرة

الدرجـــــة الجامعيـــة الأولـى : بكالوريوس الهندسة المعمارية

الجهة المانحة للدرجة الجامعية الأولى : كلية الهندسة- جامعة عين شمس

تاريـــــــــــخ المنـــــح : ١٩٨٠

الدرجـــــة الجامعيـــة الثانيـة : ماچستير الهندسة المعمارية

الجهة المانحة للدرجة الجامعية الثانية : كلية الهندسة- جامعة عين شمس

تاريـــــــــــخ المنـــــح : ١٩٩٠

الوظيفة الحاليـة : مدرس مساعد بقسم الهندسة المعمارية

الجهـــــــة : كلية الهندسة- جامعة عين شمس

جامعة عين شمس
كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

إقـــــرار

هذا البحث مقدم إلى جامعة عين شمس للحصول على درجة دكتوراه الفلسفة فى الهندسة ، تم إنجاز هذا البحث بقسم الهندسة المعمارية ، بكلية الهندسة – جامعة عين شمس من عام ١٩٩١ إلى ١٩٩٦ .

هذا ولم يتم تقديم أى جزء من هذا البحث لنيل أى مؤهل أو درجة علمية لأى معهد علمى آخر .

وهذا إقرار منى بذلك ،،،

التوقيع :

الإســـم : حنان مصطفى كمال صبرى

تـــاريخ : / / ١٩٩٦

جامعة عين شمس
كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

شكر وتقدير

أتقدم بالشكر والتقدير إلى أساتذتى المشرفين على الرسالة :

* الأستاذ الدكتور / محمد كامل محمود
أستاذ العمارة بقسم الهندسة المعمارية .

* الأستاذ الدكتور / سيد مدبولى على
أستاذ العمارة ورئيس قسم الهندسة المعمارية .

* الأستاذ الدكتور / مراد عبد القادر
أستاذ العمارة والتحكم البيئى .

وذلك لتوجيهاتهم وإرشادتهم القيمة التى بفضلها أمكن أن تخرج هذه الرسالة إلى حيز الوجود .

كما أهدى شكرى وتقديرى الخاصين إلى الدكتور/وجيه فوزى يوسف الأستاذ المساعد بكلية هندسة شبرا لما بذله من جهد ووقت وإهتمام ولما أسداه إلى من علمه وواسع خبرته فى مجال الإضاءة الطبيعية .

أما فيما يتعلق بالحاسب وإستخدامه وبرامجه فأتقدم بالشكر إلى كل من ساعدنى فى هذا المجال وبالأخص شركة «أى بى أم» تحت إشراف الدكتور هشام الشيشينى وقسم حاسبات بالكلية تحت إشراف الأستاذ المساعد الدكتور / أحمد زكى بدر .

وأخيراً أشكر أساتذتى وزملائى والطلاب بقسم الهندسة المعمارية لتشجيعهم المستمر لى أثناء إعداد هذا البحث .

وأحمد الله أولاً وأخيراً على توفيقه ،،،

الباحثة

جامعة عين شمس
كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

مستخلص الرسالة

مقدمة من : حنان مصطفى كمال صبرى

عنوان البحث : الإضاءة الطبيعية كعنصر هام فى تصميم المتاحف فى مصر

عندما يقوم المهندس المعمارى بتصميم أيه قاعة متحفية ، يقيم تصميمه عادة ، فيما يتعلق بالإضاءة ، على أساس افتراض أن القاعة ستضاء إضاءة صناعية ، هذا بينما يوجد نوع آخر من الإضاءة لا يقل فعالية عن الإضاءة الصناعية ، ألا وهو : الإضاءة الطبيعية ، التى يمكن الحصول عليها طوال ساعات النهار من سماء مصر الصافية وشمسها المشرقة التى تستمتع بها معظم شهور السنة .

وتقدّم هذه الرسالة : فكرة إستخدام الإضاءة الطبيعية بالمتاحف ، مع تطبيقها بالذات على القاعات المتحفيّة المخصصة لعرض اللوحات الفنية على حوائطها ، على أن تكون القاعة مضاءة إضاءة طبيعية من خلال فتحات فى أسقفها .

وتقوم الرسالة أولاً بإستعراض متطلبات الإضاءة السليمة ، ثم دراسة الطرق المعمول بها عالمياً فيما يتعلق بتحليل الإضاءة الطبيعية وإختيار أكثرها جدوى وأنسبها لنقطة البحث ، وهى طريقة «سريان الفيض الضوئى» ، وبعدئذ تقوم الرسالة بحصر أهم العناصر المعمارية التى تدخل فى تصميم القاعة المتحفية موضوع الدراسة مثل : شكل القاعة وأبعادها ، وعددومواضع وأبعاد وأشكال ونفاذية الفتحات العلوية ، فضلاً عن أنواع التشطيبات للأسطح الداخلية للقاعة (السقف - الحوائط - الأرضية) وهى التى تحدد معامل الإنعكاس الضوئى لكل منها ، ويصحب ذلك تحديد البدائل المعمارية الممكنة لكل من تلك العناصر ، وفى النهاية يتم حساب الحالة الضوئية (شدة الإستضاءة وتدرجها) ، عند مواضع مختلفة من القاعة ، المترتبة على تطبيق أى من تلك البدائل أو مجموعات مختلفة منها .

ويأتى بعد ذلك دور التجارب العملية التى تمت لأجل الوصول إلى نتائج محددة فيما يخص كل حالة من تلك الحالات ، وتقدم الرسالة تفاصيل التجارب ونتائجها التحليلية الحسابية .

ثم تقدم الرسالة برنامج الحاسب الذى تم إعداده على أساس تلك النتائج ، وهو برنامج يمكّن المصمم من التعرف على الحالة الضوئية (شدة الإستضاءة وتدرجها) المترتبة على إختيار كل من البدائل المعمارية المتاحة لتلك القاعة ، وعند مواضع مختلفة فيها ، وبالتالى يمكّنه من إختيار التصميم الذى يناسب اللوحات الفنية .

جامعة عين شمس
كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

الكلمات المفتاحية

الإضاءة الطبيعية

الإضاءة الصناعية

كمية الإضاءة الطبيعية داخل المتاحف (قيمة شدة الإستضاءة)

جودة الإضاءة الطبيعية داخل المتاحف

تغيرات حالة السماء

مكونات الإضاءة الطبيعية

طرق تحليل الإضاءة الطبيعية داخل المبانى

طريقة النماذج المجسمة

طرق التحليل البيانية (شدة الإستضاءة النسبية)

طرق التحليل الحسابية (شدة الإستضاءة المطلقة)

طريقة اللومن

طريقة سريان الفيض الضوئى

طرق تحليل بإستخدام الحاسب

البدائل التصميمية للقاعات المتحفية

فهـــرس

صفحة

مقدمـــة	ق
هدف البحث	ر
منهج البحث	ش
محتويات البحث	ت
الباب الأول : «متطلبات الإضاءة الطبيعية داخل المتاحف»	١
١- تمهيـد	٢
٢- مميزات ومشاكل الإضاءة الطبيعية داخل المتحف	٥
٢-١ مميزات الإضاءة الطبيعية	٥
٢-٢ مشاكل الإضاءة الطبيعية دخل المتحف وكيفية معالجتها	٧
٣- كمية الإضاءة الطبيعية داخل المتحف	١٤
٣-١ نوافذ الإضاءة الطبيعية	١٧
٣-٢ تشطيبات الأسطح الداخلية وتأثيرها على الإضاءة الطبيعية داخل المتحف	٢٩
٤- جودة الإضاءة الطبيعية داخل المتحف	٣٧
٤-١ التكيف	٣٧
٤-٢ السطوع المبهر	٣٨
٤-٣ التباين النسبى بين سطوع الأشياء داخل مجال الرؤية	٤٠
الباب الثانى : «طرق تحليل الإضاءة الطبيعية داخل المبانى»	٤٤
١- تمهيـد	٤٥
١-١ تغيرات حالة السماء	٤٥
١-٢ مكونات الضوء الطبيعى	٤٦
٢- طرق تحليل الإضاءة الطبيعية داخل المبانى	٤٩
٢-١ طريقة النماذج المجسمة Physical Scale Modelling	٤٩
٢-٢ طرق التحليل البيانية (شدة الإستضاءة النسبية) Graphic Methods	٥٢

٢-٣ طرق التحليل الحسابية (شدة الإستضاءة المطلقة) ٥٥
Illuminance Calculation
٢-٣-١ طريقة «اللومن» ٥٩
The Lumen Input Method
٢-٣-٢ طريقة سريان الفيض الضوئى ٦٠
The Flux Transfer Method
٢-٤ طريقة التحليل بإستخدام الحاسب (الكومبيوتر) ٦١
Computer Aided Analysis Method

الباب الثالث : «الدراسة العملية للبدائل التصميمية للقاعات المتحفية» ٦٥
١- تمهيـد ٦٦
٢- مكونات الدراسة العملية ٦٦
٢-١ الإفتراضات التصميمية ٦٨
٢-٢ خطوات الدراسة العملية ٧٢
٣- المجموعة الأولى من التجارب ٧٩
٣-١ النموذج الأول لفتحة السقف ٧٩
٣-٢ النموذج الثانى لفتحة السقف ١٠٢
٣-٣ النموذج الثالث لفتحة السقف ١٢٥
٣-٤ النموذج الرابع لفتحة السقف ١٤٨
٤- المجموعة الثانية من التجارب ١٧١
٤-١ النموذج الأول لفتحة السقف ١٧١
٤-٢ النموذج الثانى لفتحة السقف ١٩١
٤-٣ النموذج الثالث لفتحة السقف ٢١١
٤-٤ النموذج الرابع لفتحة السقف ٢٣١

الباب الرابع : «النتائج التحليلية للدراسة العملية» ٢٥٢
١- تمهيـد ٢٥٤
٢- تأثير تغير قيم العناصر المعمارية على شدة الاستضاءة داخل القاعة المتحفية . ٢٥٤
٢-١ تأثير تغير شكل القاعة ٢٥٤
٢-٢ تأثير تغير ارتفاع القاعة ٢٥٨
٢-٣ تأثير تغير نموذج الفتحات العلوية ٢٦٦

٢-٤ تأثير تغير ارتفاع جوانب الفتحة العلوية ٢٦٦
٢-٥ تأثير تغير نسبة مجموع مساحات الفتحات العلوية إلى مساحة أرضية القاعة ٢٦٨
٢-٦ تأثير تغير معاملات انعكاس الاسطح الداخلية ٢٧٤
٢-٢ تأثير تغير النفاذية ٢٧٧

الباب الخامس : «برنامج الحاسب لتحليل الإضاءة الطبيعية فى قاعة متحفية للوحات الفنية»

١- تمهيـد ٢٧٨
٢- إمكانيات برنامج الحاسب ٢٧٩

النتائج والتوصيات ٢٩٤
ملخص الرسالة ٢٩٦
الملاحق
ملحق (أ) أنواع الإضاءة الصناعية المستخدمة فى المتاحف ٣٠٠
ملحق (ب) المتاحف وأنواعها ٣٠٥
ملحق (جـ) أنواع النماذج المجسمة وإستخدامتها ٣٠٧
ملحق (د) تحليل الإضاءة الطبيعية بطريقة سريان الفيض الضوئى ٣٠٨
ملحق (هـ) أنواع الفتحات العلوية ٣١٣
ملحق (و) نموذج التقرير الناتج عن تحليل الإضاءة الطبيعية بإستخدام برنامج الحاسب (AES) ٣١٥
ملحق (ز) القياسات الضوئية ٣١٧
ملحق (ح) مصطلحات وتعريفات ٣٢٠

المراجع الأجنبية ٣٢٣
المراجع العربية ٣٢٨
الملخص الإنجليزى

فهـــرس الأشكال

صفحة

الباب الاول

شكل (١-١) ديوران Durand اول فكرة تصميمية لمتحف ٣
شكل (١-٢) متحف الفن المعاصر لوس انجلوس ٦
شكل (١-٣) شكل توضيحى للجزء المرئى من الطيف الكهربائي المغنطيسى ٨
شكل (١-٤) متحف دالاس للفنون الجميلة ٩
شكل (١-٥) قاعة عرض تيت ٩
شكل (١-٦) رسم توضيحى للعلاقة بين طول الموجة ونسبة الاضرار ١٠
شكل (١-٧) رسم توضيحى للعلاقة بين نفاذية الضوء واستخدام مرشحات الاشعة فوق البنفسجية ١١
شكل (١-٨) متحف الفن ، بوسطن مثال لاستخدام مادة الاكريليك كمرشح ١٣
شكل (١-٩) رسم توضيحى يبين العلاقة بين استخدام اللون الابيض كدهان للحوائط والاشعة فوق البنفسجية. ١٣
شكل (١-١٠) مركز تاربل للفنون في جامعة إلينوى الشرقية ١٥
شنكل (١-١١) اختلاف موضع نافذة الضوء الطبيعى تبعا لنوعية الاعمال المعروضه ١٩
شكل (١-١٢) متحف جوجنهايم نيويورك ٢٠
شكل (١-١٣/١٤) المتحف الوطنى السويد ٢٢
شكل (١-١٥) متحف مدينة برمنجهام ٢٢
شكل (١-١٦) معهد الكومنولث لندن ٢٢
شكل (١-١٧) متحف منزل الثقافة ٢٣
شكل (١-١٨) متحق بورتلاند للفنون ٢٣
شكل (١-١٩) المتحف الكورى للفن الحديث ٢٤
شكل (١-٢٠) متحف انكوراج للتاريخ والفنون الجميلة ٢٤
شكل (١-٢١) متحف السرعة ، كنتاكي ٢٥
شكل (١-٢٢) مركز ماير للفنون ٢٥
شكل (١-٢٣) قاعه مجموعه منيل هيوستن تكساس ٢٦
شكل (١-٢٤) متحف كامبل بفورت ورث تكساس ٢٧
شكل (١-٢٥) متحف الفن الحديث توران ٣٠
شكل (١-٢٦) متحف بيانكو بجنوا ٣٠

شكل (١-٢٧)	متحف محمود مختار (خلفيه بيضاء وراء تمثال أبيض)	٣٢
شكل (١-٢٨)	متحف فرجينيا للفنون الجميلة (استخدام الارضيه الرخام)	٣٤
شكل (١-٢٩)	متحف أوكانوياما لفنون الجرافيك اليابان	٣٥
شكل (١-٣٠)	متحف كامبل للفنون امريكا تكساس	٣٥
شكل (١-٣١)	متحف دالاس للفنون بتكساس	٣٦
شكل (١-٣٢)	متحف معهد سميتزونيوان واشنطن	٣٦
شكل (١-٣٣)	يوضح العلاقه بين حساسيه العين والتكيف الضوئى للعين	٣٩
شكل (١-٣٤)	يوضح العلاقه بين حساسيه العين والتكيف الظلامي	٣٩
شكل (١-٣٥)	صالة معروضات الفن الحديث بمتحف بالهند	٤١
شكل (١-٣٦)	تغير في شكل العمل الفنى نتيجة لتغير موضع مصدر الضوء	٤١
شكل (١-٣٧)	يوضح العلاقه بين وضع عمل فني أسفل نافذة والضوء الواقع عليه .	٤١
شكل (١-٣٨)	يوضح ٣ حالات للمسافه الواقعه بين الزائر واللوحة الفنية وتغير ابعادها	٤٢

الباب الثانى

شكل (٢-١)	يوضح حالة السماء الملبده بالسحب والعلاقه بين قوة الضوء عند الاوج وعند الافق	٤٧
شكل (٢-٢)	يوضح حالة السماءالصافيه	٤٧
شكل (٢-٣)	مكونات الاضاءةالطبيعية الواصلة بين نقطة معينة داخل مبنى	٤٧
شكل (٢-٤)	شكل يوضح المقارنه بين زوايا الرؤية لعدسات مختلفة وعين الانسان	٥٠
شكل (٢-٥)	جهاز قياس شدة الاستضاءه وطريقة استخدامه داخل نموذج مجسم	٥٠
شكل (٢-٦)	يوضح انواع السماء الصناعية وجهاز الهليودون	٥١
شكل (٢-٧)	يوضح مركبات الضوء المحتمل وصولها الى سطح معين (مركبات معامل الاضاءة الطبيعية)	٥٤
شكل (٢-٨)	دياجرام والدرام	٥٦
شكل (٢-٩)	طريقة الخرطة السماوية المنقطة	٥٦
شكل (٢-١٠)	منقله الخريطة السماويه والمركبه المنعكسة من الاسطح الخارجية	٥٧

شكل (٢-١١) الطرق البيانية لتحديد المركبة المنعكسة من الاسطح الداخلية. ٥٧
شكل (٢-١٢) منقلة لتحديد المركبة السماوية والمركبة المنعكسة من الاسطح الخارجية ٥٨
شكل (٢-١٣) الطرق البيانية لتحديد المركبة المنعكسة من الاسطح الداخلية. ٥٨
شكل (٢-١٤) طريق اللومن ٥٩
شكل (٢-١٥) يوضح العلاقة بين العناصر المختلفة وصولا الى تحليل الاضاءة واعطاء وصف لمنظومة الاضاءة ٦٣

الباب الثالث

شكل (٣-١) حالة السماء فى القاهرة ٦٧
شكل (٣-٢) معامل تصحيح وقت القياس ٧٦

* المجموعه الاولي من التجارب " القاعه المربعة الشكل "
- النموذج الاولي لفتحة السقف " فتحة مربعه في مركز سقف القاعه
شكل (٣-٣) التجربه الاولي ٨٢
شكل (٣-٤) التجربه الثانية ٨٥
شكل (٣-٥) التجربه الثالثة ٨٨
شكل (٣-٦) التجربه الرابعة ٩١
شكل (٣-٧) التجربه الخامسة ٩٤
شكل (٣-٨) التجربه السادسة ٩٧
شكل (٣-٩) التجربه السابعة ١٠٠
- النموذج الثانى لفتحة السقف " ثلاث فتحات مستطيله الشكل "
شكل (٣-١٠) التجربه الاولي ١٠٥
شكل (٣-١١) التجربه الثانية ١٠٨
شكل (٣-١٢) التجربه الثالثة ١١١
شكل (٣-١٣) التجربه الرابعة ١١٤
شكل (٣-١٤) التجربه الخامسة ١١٧
شكل (٣-١٥) التجربه السادسة ١٢٠
شكل (٣-١٦) التجربه السابعة ١٢٣
- النموذج الثالث لفتحة السقف " فتحة مربعة في مركز سقف القاعة "
شكل (٣-١٧) التجربه الاولي ١٢٨

شكل (٣-١٨) التجربه الثانية ١٣١
شكل (٣-١٩ التجربه الثالثة ١٣٤
شكل (٣-٢٠) التجربه الرابعة ١٣٧
شكل (٣-٢١) التجربه الخامسة ١٤٠
شكل (٣-٢٢) التجربه السادسة ١٤٣
شكل (٣-٢٣) التجربه السابعة ١٤٦

- النموذج الرابع لفتحة السقف "فتحة واحدة فى جانب سقف القاعة"

شكل (٣-٢٤) التجربه الاولي ١٥١
شكل (٣-٢٥) التجربه الثانية ١٥٤
شكل (٣-٢٦) التجربه الثالثة ١٥٧
شكل (٣-٢٧) التجربه الرابعة ١٦٠
شكل (٣-٢٨) التجربه الخامسة ١٦٣
شكل (٣-٢٩) التجربه السادسة ١٦٦
شكل (٣-٣٠) التجربه السابعة ١٦٩

المجموعة الثانية من التجارب " قاعه مستطيله الشكل "

- النموذج الاول لفتحة السقف "فتحة واحدة فى مركز سقف القاعة"

شكل (٣-٣١) التجربة الأولي ١٧٤
شكل (٣-٣٢) التجربه الثانية ١٧٧
شكل (٣-٣٣) التجربه الثالثة ١٨٠
شكل (٣-٣٤) التجربه الرابعة ١٨٣
شكل (٣-٣٥) التجربه الخامسة ١٨٦
شكل (٣-٣٦) التجربه السادسة ١٨٩

- النموذج الثانى لفتحة السقف "ثلاث فتحات مستطيلة الشكل"

شكل (٣-٣٧) التجربة الأولي ١٩٤
شكل (٣-٣٨) التجربه الثانية ١٩٧
شكل (٣-٣٩) التجربه الثالثة ٢٠٠
شكل (٣-٤٠) التجربه الرابعة ٢٠٣
شكل (٣-٤١) التجربه الخامسة ٢٠٦
شكل (٣-٤٢) التجربه السادسة ٢٠٩

- النموذج الثالث لفتحة السقف : "اربع فتحات مربعة الشكل"

شكل (٣-٤٣) التجربة الأولي ٢١٤
شكل (٣-٤٤) التجربه الثانية ٢١٧

شكل (٣-٤٥) التجربه الثالثة ٢٢٠
شكل (٣-٤٦) التجربه الرابعة ٢٢٣
شكل (٣-٤٧) التجربه الخامسة ٢٢٦
شكل (٣-٤٨) التجربه السادسة ٢٢٩
-النموذج الرابع لفتحة السقف "فتحة واحدة في جانب سقف القاعة"
شكل (٣-٤٩) التجربة الأولي ٢٣٤
شكل (٣-٥٠) التجربه الثانية ٢٣٧
شكل (٣-٥١) التجربه الثالثة ٢٤٠
شكل (٣-٥٢) التجربه الرابعة ٢٤٣
شكل (٣-٥٣) التجربه الخامسة ٢٤٦
شكل (٣-٥٤) التجربه السادسة ٢٤٩

الباب الرابع

شكل (٤-١) تأثير معاملات انعكاس الاسطح الداخليه ٢٦٨

الباب الخامس

شكل (٥-١) العناصر المكونه للبرنامج ٢٨١
شكل (٥-٢) مجموعه العلاقات بين العناصر المعماريه المختلفة ٢٨٢-٢٩٠
شكل (٥-٣) شاشات بداية البرنامج والمقدمة ٢٩١
شكل (٥-٤) شاشات تغذية البرنامج ببيانات العناصر المعماريه المختلفة ٢٩٢
شكل (٥-٥) نموذج من التقرير التحليلى للاضاءة الطبيعيه ٢٩٣

الملاحق

ملحق (أ)

شكل (أ-١) افضل موضع للمبات الكهربائية لاضاءة اللوحات الفنية ٣٠٢
شكل (أ-٢) اضاءة الاعمال الفنية ذات الثلاثة ابعاد ٣٠٣
شكل (أ-٣) اضاءة الاعمال الفنية داخل الخزائن ٣٠٤

ملاحق (د)

شكل (د-١) معامل التكوين ٣٠٩
شكل (د-٢) معامل الشكل ٣١٠
شكل (د-٣) معامل هيجبى ٣١١

فهـــرس الجداول

الباب الاول

جدول (١-١) العلاقه بين شدة الاستضاءه القصوي ونوعية العمل الفنى المعروض ١٦

جدول (١-٢) العلاقة بين موضع نافذة الضوء الطبيعي ونوعية الاعمال الفنية المعروضة ١٨

الباب الثالث

جدول (٣-١) البدائل المختلفة للعناصر المعمارية الاساسية ٧٨

* المجموعه الاولي من التجارب " القاعه المربعه الشكل "

- النموذج الاول لفتحة السقف " فتحة مربعه فى مركز سقف القاعة "

جدول (٣-٢) ٨٠

جدول (٣-٣) التجربة الاولى ٨٣

جدول (٣-٤) التجربة الثانية ٨٦

جدول (٣-٥) التجربة الثالثة ٨٩

جدول (٣-٦) التجربة الرابعة ٩٢

جدول (٣-٧) التجربة الخامسة ٩٥

جدول (٣-٨) التجربة السادسة ٩٨

جدول (٣-٩) التجربة السابعة ١٠١

- النموذج الثانى لفتحة السقف " ثلاث فتحات مستطيلة الشكل

جدول (٣-١٠) ١٠٣

جدول (٣-١١) التجربة الاولي ١٠٦

جدول (٣-١٢) التجربة الثانية ١٠٩

جدول (٣-١٣) التجربة الثالثة ١١٢

جدول (٣-١٤) التجربة الرابعة ١١٥

جدول (٣-١٥) التجربة الخامسة ١١٨

جدول (٣-١٦) التجربة السادسة ١٢١

جدول (٣-١٧) التجربة السابعة ١٢٤

- النموذج الثالث لفتحة السقف " اربع فتحات مربعة الشكل "

جدول (٣-١٨) ١٢٦

جدول (٣-١٩) التجربة الاولي ١٢٩

جدول (٣-٢٠) التجربة الثانية ١٣٢

جدول (٣-٢١) التجربة الثالثة ١٣٥
جدول (٣-٢٢) التجربة الرابعة ١٣٨
جدول (٣-٢٣) التجربة الخامسة ١٤١
جدول (٣-٢٤) التجربة السادسة ١٤٤
جدول (٣-٢٥) التجربة السابعة ١٤٧
- النموذج الرابع لفتحة السقف " فتحة واحدة فى جانب سقف القاعه"
جدول (٣-٢٦) ١٤٩
جدول (٣-٢٧) التجربة الاولي ١٥٢
جدول (٣-٢٨) التجربة الثانية ١٥٥
جدول (٣-٢٩) التجربة الثالثة ١٥٨
جدول (٣-٣٠) التجربة الرابعة ١٦١
جدول (٣-٣١) التجربة الخامسة ١٦٤
جدول (٣-٣٢) التجربة السادسة ١٦٧
جدول (٣-٣٣) التجربة السابعة ١٧٠

* المجموعه الثانية من التجارب " قاعه مستطيلة الشكل "
- النموذج الاول لفتحة السقف " فتحة واحدة فى مركز سقف القاعة "
جدول (٣-٣٤) ١٧٢
جدول (٣-٣٥) التجربة الاولى ١٧٥
جدول (٣-٣٦) التجربة الثانية ١٧٨
جدول (٣-٣٧) التجربة الثالثة ١٨١
جدول (٣-٣٨) التجربة الرابعة ١٨٤
جدول (٣-٣٩) التجربة الخامسة ١٨٧
جدول (٣-٤٠) التجربة السادسة ١٩٠
- النموذج الثانى لفتحة السقف " ثلاث فتحات مستطيلة الشكل"
جدول (٣-٤١) ١٩٢
جدول (٣-٤٢) التجربة الاولي ١٩٥
جدول (٣-٤٣) التجربة الثانية ١٩٨
جدول (٣-٤٤) التجربة الثالثة ٢٠١
جدول (٣-٤٥) التجربة الرابعة ٢٠٤
جدول (٣-٤٦) التجربة الخامسة ٢٠٧
جدول (٣-٤٧) التجربة السادسة ٢١٠

- النموذج الثالث لفتحة السقف " اربع فتحات مربعة الشكل "
جدول (٣-٤٨) التجربة الاولي ٢١٥
جدول (٣-٤٩) التجربة الثانية ٢١٨
جدول (٣-٥٠) التجربة الثالثة ٢٢١
جدول (٣-٥١) التجربة الرابعة ٢٢٤
جدول (٣-٥٢) التجربة الخامسة ٢٢٧
جدول (٣-٥٣) التجربة السادسة ٢٣٦
- النموذج الرابع لفتحة السقف " فتحة واحدة في جانب سقف القاعه "
جدول (٣-٥٤) ٢٣٢
جدول (٣-٥٥) التجربة الاولي ٢٣٥
جدول (٣-٥٦) التجربة الثانية ٢٣٨
جدول (٣-٥٧) التجربة الثالثة ٢٤١
جدول (٣-٥٨) التجربة الرابعة ٢٤٤
جدول (٣-٥٩) التجربة الخامسة ٢٤٧
جدول (٣-٦٠) التجربة السادسة ٢٥٠

الباب الرابع

جدول (٤-١) العناصر الثابتة / المتغيرة ٢٥٣
جدول (٤-٢) مقارنة نسب تغير شدة الاستضاءة في القاعة المربعة ٢٥٥
جدول (٤-٣) مقارنة نسب تغير شدة الاستضاءة في القاعة المستطيلة ٢٥٦
جدول (٤-٤) تأثير تغير شكل القاعة ٢٥٧
جدول (٤-٥) تأثير تغير ارتفاع القاعة ٢٥٩
(النموذج الاول والثانى للفتحات في القاعه المربعه)
جدول (٤-٦) تأثير تغير ارتفاع القاعة ٢٦٠
(النموذج الاول والثانى للفتحات في القاعة المستطيلة)
جدول (٤-٧) تأثير تغير ارتفاع القاعة (النموذج الثالث للفتحات) ٢٦١
جدول (٤-٨) تأثير تغير ارتفاع القاعة (النموذج الرابع للفتحات) ٢٦٢
جدول (٤-٩) تأثير اختلاف نماذج الفتحات العلوية ٢٦٤
جدول (٤-١٠) العلاقه بين قيمة شدة الاستضاءة عند الحوائط الاربعة في كل نموذج من نماذج الفتحات ٢٦٥
جدول (٤-١١) تأثير تغير ارتفاع جوانب فتحة السقف ٢٦٧
جدول (٤-١٢) تأثير تغير نسبه مجموع مساحات فتحة السقف الي ٢٦٩

مساحة ارضية القاعة في القاعه المربعة
جدول (٤-١٣) تأثير تغير نسبة مجموع مساحة فتحة السقف الي مساحة ارضية القاعة ٢٧٠
جدول (٤-١٤) تأثيرتغير معامل انعكاس السقف ٢٧٢
جدول (٤-١٥) تأثير تغير معامل انعكاس الحوائط ٢٧٣
جدول (٤-١٦) تأثير تغير معامل انعكاس الارضية ٢٧٥
جدول (٤-١٧) تأثير تغير النفاذية ٢٧٦

مقدمـــــــة

تعتبر المتاحف فى مصر ، وفى دول العالم ، من أهم أجهزة الثقافة ، إذ يستطيع الزائر من خلالها ، ليس فقط أن يستزيد من العلم والثقافة فى مجال إختصاص المتحف ، بل وأن يستمتع أيضاً ، إذ يعيش فترة من الوقت فى الجو الفعلى أو المحاكى : للمكان أو الزمان أو النشاط العلمى أو الفنى أو الشخصية موضوع العرض ، ويشبع به حواسه وعقله وخياله معا ، ويملأ عينيه من الشئ المعروض مجسما واضح المعالم ، الأمر الذى قد لا تحققه القراءة وحدها أو مشاهدة بضع صور فى كتاب أو ما شابه ذلك .

ولكون الحضارة المصرية أقدم حضارات العالم ، تعددت المتاحف التاريخية فى مصر لتغطى مختلف حقب تاريخها الحافل ، ومن هذه المتاحف : المتحف المصرى ، والمتحف القبطى ، والمتحف الإسلامى .. غير أن هناك أيضا فنون العصور الوسطى والعصور الحديثة المحلية والعالمية ومختلف العلوم وكلها تحتاج أيضاً إلى متاحف ومن ذلك متحف الفن الحديث ومتحف مختار ... إلخ . وإذا كانت المتاحف التاريخية المصرية قد أقيمت من أجلها مبان تم تصميمها أصلاً لهذا الغرض ، فإن متاحف اللوحات الفنية ، فى معظمها ، لم يقم لها مبان بل خصصت لها ڤيلات وقصور كانت تصميماتها الأصلية من حيث الأبعاد والصوت والضوء وغيرها من العناصر ، موضوعة لتناسب الأغراض التى أقيمت من أجلها ، لا لغرض استخدامها كمتاحف .

وإذا تصدى مصمم لتصميم متحف ، فمن الطبيعى أن يعنى بأن يحقق فى تصميمه كل ما يتطلبه المتحف من احتياجات وشروط ، كالأبعاد وتنظيم القاعات واتجاهات السير ، ولكن الأهم من ذلك كله هو أن يراعى أن تصل «الرسالة» التى أنشئ المتحف من أجلها إلى الزائر عن طريق حُسن تقديم المعروضات إليه ، بأن تتوافر فى تلك المعروضات ، إلى جانب جمال الخلفية وحُسن التنسيق وجاذبية الأجواء عامة ، وضوح القطعة المعروضة وتجلى جمالها الذاتى ، وهى المهمة التى تقوم بها " «الإضاءة» .

ومن هنا كانت الإضاءة إحدى العناصر الرئيسية التى يتناولها التصميم ، بما فى ذلك قوة الضوء (شدة الاستضاءة) وتدرجه واتجاهه ولونه وباقى مواصفاته .

وقد قامت طرق الإضاءة الصناعية (الكهربائية) حتى الآن بمهمة توفير الإضاءة فى متاحف اللوحات الفنية المصرية المشار إليها ، ولكن ما ينبغى توضيحه هنا هو أن هذا

الأسلوب فى توفير الإضاءة ليس هو الأسلوب الوحيد الممكن ، بل يوجد أسلوب آخر لا يقل فعالية ولا تأثيراً ألا وهو الإضاءة الطبيعية.

وإذا كانت الأبحاث التى أجريت حتى الآن فى موضوع إضاءة المتاحف قد أجريت على الإضاءة الصناعية فإن «الإضاءة الطبيعية للقاعات المتحفية المخصصة لعرض اللوحات الفنية ، فى ظل الأجواء المصرية» هى الشئ الجديد الذى تتناوله هذه الرسالة بالبحث .

والضوء الطبيعى كما هو معروف عبارة عن جزء من الطاقة الشمسية التى تتدفق إلى الأرض منذ بدء الخليقة وحتى ملايين السنين القادمة ، والتى تتكون من ضوء وحرارة تحملهما الأشعة الكهرومغناطيسية وتَرْك تلك الطاقة دون أن يستفاد منها الاستفادة الكاملة يعتبر تبديداً لثروة عظيمة جادت بها الطبيعة على الإنسان وليس فى وسعه أن يهدرها إهداراً .

وتهتم دول العالم بمحاولة الاستفادة من الطاقة الشمسية ضوءاً أو حرارة إلى أقصى حد ممكن فالأجدر أن تهتم مصر بذلك وهى ذات السماء الصافية والشمس الساطعة معظم أيام السنة حيث لا تمثل الأيام الغائمة إلا نسبة صغيرة منها ، كما أن الغيم فيها «معتدل» لا يصل إلى درجة الإظلام التام ولذلك ليس من المعقول أن تضيع تلك الثروة هباء .

ومن المسلم به طبعاً أن أيه قاعة متحفية ، لاسيما إذا كان مقرراً لها أن تُزار أيضاً فى فترة المساء ، يجب أن تزود بالإنارة الكهربائية ولكن الاتجاه هنا هو أنه من الضرورى فى فترة النهار أن يستفاد من الضوء الطبيعى فى إضاءتها وأن توضع التصميمات على هذا الأساس . وما ينبغى ملاحظته هنا هو أن تصميم الإضاءة بصفة عامة يمثل فى حقيقته عبوراً للجسر أو الفجوة التى تفصل بين «الضوء» كعلم وتكنولوجيا والهندسة المعمارية .

هدف البحث :

تتعلق هذه الدراسة بقاعة متحفية لعرض اللوحات الفنية على حوائطها ومضاءة عن طريق فتحات علوية فى سقفها هادفة لمعرفة حالة الضوء أى شدة الاستضاءة كماً وكيفاً عند النقاط المختلفة داخل تلك القاعة مطبقة على بدائل تصميمية مختلفة للعناصر المعمارية للقاعة (شكل القاعة وأبعادها والأشكال والمواضع ودرجة النفاذية للفتحات

العلوية مع الأخذ فى الاعتبار معاملات انعكاس الأسطح الداخلية) والوصول بذلك لبرنامج للحاسب يحلل حالة الضوء داخل القاعة ويحدد النتائج الآنفة الذكر والخاصة بشدة الاستضاءة عند النقاط المختلفة وعند كل حالة من الحالات المشار إليها .

منهج البحث :

* دراسة متطلبات الإضاءة الطبيعية داخل المتاحف والتعرف على المبادئ والحلول والآراء المختلفة من حيث الكم والكيف .
* إختيار نقطة البحث : قاعة متحفية مخصصة لعرض اللوحات الفنية على حوائطها ومضاءة بالضوء الطبيعى الذى يأتيها من سماء صافية خلال فتحة أو فتحات فى سقف القاعة .
* دراسة طرق تحليل الإضاءة الطبيعية واختيار أكثر الطرق ملاءمة لنقطة البحث : طريقة سريان الفيض الضوئى مع استخدام الحاسب .
* إجراء التجارب العملية للبدائل التصميمة والعناصر المعمارية الخاصة بالقاعة المتحفية (نقطة البحث) والتعرف على مدى تأثير تلك البدائل على شدة الاستضاءة من حيث الكم والكيف .
* التحليل المقارن لنتائج تلك التجارب جميعاً والوصول إلى وضع برنامج الحاسب .

محتويات البحث :

* **الباب الأول : «متطلبات الإضاءة الطبيعية داخل المتاحف»**

يتناول الباب الأول دراسة مميزات ومشاكل الإضاءة الطبيعية داخل المتحف وطرق علاجها مع دراسة كمية الإضاءة التى تتطلبها النوعيات المختلفة للأعمال الفنية المعروضة . والعوامل الهامة التى تحقق احتياجات الإضاءة الجيدة داخل المتحف .

* **الباب الثانى : «طرق تحليل الإضاءة الطبيعية داخل المبانى»**

يتناول الباب الثانى دراسة طرق تحليل الإضاءة الطبيعية وإمكانيات ومحددات كل طريقة .

* **الباب الثالث :«الدراسة العملية للبدائل التصميمية للقاعات المتحفية»**

يتم فى هذا الباب إجراء تجارب عملية على أساس إختيار قيم للبدائل التصميمية والعناصر المعمارية المختلفة المتعلقة بالقاعة المتحفية (نقطة البحث) ودراسة التأثر الكمى والكيفى لشدة الاستضاءة بتغير تلك البدائل .

* **الباب الرابع : «النتائج التحليلية للدراسة العملية»**

يتناول الباب الرابع الدراسة التحليلية المقارنة لنتائج التجارب العملية والتعرف على مدى تأثير البدائل التصميمية المختلفة على شدة الاستضاءة داخل القاعة المتحفية .

* **الباب الخامس : «برنامج الحاسب» لتحليل الإضاءة الطبيعية فى قاعة متحفية للوحات الفنية .**

يتناول هذا الباب إمكانيات «برنامج الحاسب» والعناصر المعمارية المكونة له .

الباب الأول

متطلبات الإضاءة الطبيعية

داخل المتاحف

محتويات الباب الأول

١- تمهيد

٢- مميزات و مشاكل الإضاءة الطبيعية داخل المتحف

٢-١ مميزات الإضاءة الطبيعية

٢-٢ مشاكل الإضاءة الطبيعية داخل المتحف وكيفية معالجتها

٣- كمية الإضاءة الطبيعية داخل المتحف

٣-١ نوافذ الإضاءة الطبيعية

٣-٢ تشطيبات الأسطح الداخلية وتاثيرها على الإضاءة الطبيعية داخل المتحف

٤- جودة الإضاءة الطبيعية داخل المتحف

٤-١ التكيف

٤-٢ السطوع المبهر

٤-٣ التباين النسبى بين سطوع الأشياء داخل مجال الرؤية

١- تمهيـــــد

منذ ظهور متاحف الفن قبل حوالى مائتى عام ، كطراز معمارى خاص - وهو طراز ابتدعه ديوران Durand عام ١٨٠٣ كفكرة تصميمية للمتحف شكل (١-١) - شغلت تلك المتاحف مكاناً مهما فى تاريخ العمارة[١] ، فالأعمال الفنية المبدعة المعروضة تحيط بها جدران المتحف الذى يعتبر هو أيضاً عملا معماريا تتجسد فيه القيم الجمالية .

فعمارة المتحف إلى جانب أدائها الوظيفى هى من جهة أخرى فن معبر ومتميز يعطى للزائر الأحساس بما يحويه خلف جدرانه من فن آخر إبداعى . ويمكن تشبيه الأعمال الفنية المعروضة فى المتحف بالسيمفونية المعزوفة فى قاعة للموسيقى ، ففى قاعة الموسيقى يكون التركيز على توزيع الصوت والمنظر المثير للأوركسترا أو الحركة على المسرح ، كذلك فى المتحف فإلى جانب جودة الأعمال الفنية المعروضة لابد أن تكون هناك خلفية مناسبة وإضاءة متجانسة .

ولكن هناك فرقاً بين إضاءة العرض المسرحى وإضاءة المتحف ففى المسرح يكون المتفرج ثابتا وخارج المساحة التى تجرى فيها حركة الإضاءة ، أما فى المتحف فإن المتفرج أو الزائر يتحرك فى مجال الإضاءة[٢] .

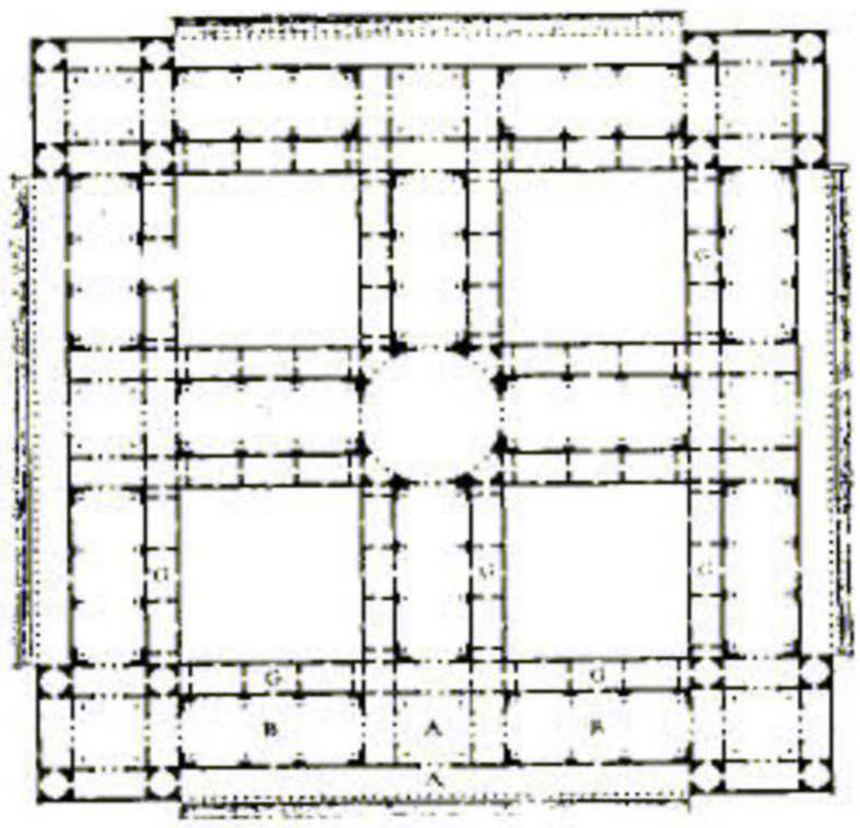
إن المتحف معماريا عبارة عن ملتقى مثالى يجمع بين الزائر والعمل الفنى المعروض ومصدر الإضاءة التى لها دور حيوى فى أى تصميم . فالحاجة ليست فقط للإضاءة ، ولكن للإضاءة المناسبة ، التى تلائم نوعية الأعمال الفنية المعروضة وتحقق التوازن بين حمايتها من أضرار الإضاءة وعرضها فى الصورة الملائمة التى تعطى التأثير النفسى المطلوب للزائر وإظهار مواطن الجمال بها .

ويعتمد إختيار نوع الإضاءة على نوعية الأعمال الفنية المعروضة من حيث المادة المستخدمة بها ومدى حساسيتها للإضاءة وإنعكاس أسطحها ودورانها وتسطيحها ، إلى جانب الألوان المستخدمة داكنة أم فاتحة . ويكون الإختيار بين أن تكون الإضاءة طبيعية أو صناعية أو مزيجاً بينهما .

وفى كل الأحوال لابد أن يتوقف اختيار مصدر الضوء على مساهمته فى تحقيق الهدف منه وملاءمته للأعمال الفنية المعروضة وأن يبنى هذا الاختيار على أساس دراسة تحليلية شاملة لطبيعة المشكلة التصميمية .

1- Suzanne Stephens, Building the New Museum, Princeton Arch, Press, 1986, p. 16.

2- Michael Brawne, The New Museum, Architecture and Display, the Architecture Press, London, 1965, p. 11.



مسقط أفقى

واجهـــة

شكل (١-١) : نشر «ديوران» J.-N-L. Durand فكرة تصميمية لمتحف من متاحف الفنون الجميلة ، وكان تصميماً قوياً من ناحية التخطيط وترابط وحدات الحيز والوحدات الإنشائية . وقد وضع «ديوران» أول حلول بديلة للممرات وهى حلول ثبتت جدواها وكفاءتها ، فكررت فى عدة متاحف ابتداء من النصف الأول من القرن التاسع عشر حتى وقت قريب .

---

* Helen Searing, New American Art Museum, Whitney Museum of American Art, 1982, p. 14.

اما في هذا البحث ،فسيتم التركيز علي الاضاءة الطبيعية كعنصر مؤثر في تصميم المتاحف ولكن هذا لايعنى الاستغناء عن الاضاءة الصناعية فهي التي يقع عليها ،فى جميع الاحوال ، عبء اضاءة القاعة المتحفية بعد انقضاء ساعات النهار،ومن الممكن ان يراعى ان تتسلل الاضاءة الصناعية تدريجياً عند المغيب لتحل محل الاضاءة الطبيعية وذلك عن طريق مستشعرات تتحكم في ذلك.

ولعله من المفيد هنا تقديم أهم خصائص الاضاءة الصناعية : فهى تتميز بسهولة التحكم فيها وأختيار القوة واللون الحرارى المناسبين بهدف خلق التأثير المطلوب علي الزائر ولابراز جمال المعروضات[١] ، ومن المعلوم ان التقدم التكنولوجي المتسارع الذى لم يترك مجالا من مجالات الحياة الا وقدم فيها انجازاته الباهرة قد شمل ايضا وسائل الاضاءة الصناعية من لمبات وعواكس لكي تزداد كفاءه وجمالاً .

وتنقسم الاضاءة الصناعية الي نوعين من الاضاءة : الاضاءة غير المباشرة والاضاءة المباشرة ، وتستخدم الاضاءة غيرالمباشرة للقيام بمهمة الاضاءة العامة للقاعة ويتوقف تصميمها علي نوعية الاعمال الفنية المعروضة،ويجب ان تتمشى مع تشطيبات الاسطح الداخلية،ويمكن اخفاؤها فى كورنيش بارز علي محيط السقف أو في صناديق خاصة تدخل في التكوين المعمارى للقاعة[٢] .

اما الاضاءة المباشره فغالبا ماتكون موجهة لاظهار أهمية وجمال عمل فنى معين فضلا عن انها تستخدم كإضافة الي جانب الاضاءة العامة للقاعة ، ولكن لابد من ان يكون هناك توافق بين لون وطبيعة كل من الاضاءة المباشرة (المركزة) والاضاءة غيرالمباشرة (العامة) مع تجنب حدوث أي سطوع مبهر أو انعكاسات وذلك بمراعاة عدم وجود تباين واضح بين نوعى الاضاءة والخلفية .

وفي الملحق (أ) بالبحث تفاصيل أنواع الاضاءة الصناعية المستخدمة فى المتاحف والاختيارات المختلفة لانواع اللمبات والعواكس بما يناسب نوعيات الاعمال الفنية المعروضة..هذا عن الاضاءة الصناعية ...

أما الاضاءة الطبيعية - موضوع الرسالة - فهى التى سيتم تحليلها ودراستها من حيث مميزاتها ومشاكلها وكيفيه التحكم فيها .. وهو ماسيعرض تفصيليا

1- Dr Jose' M. Casal, Lighting Journal, Illumination and Conservation of Paintings, December 1989, Volume 54, p. 236.

(٢) شكل (١-٥) قاعة عرض تيت .

٢- مميزات ومشاكل الإضاءة الطبيعية داخل المتحف

٢-١ مميزات الإضاءة الطبيعية

أكدت الدراسات والأبحاث العلمية أهمية الإضاءة الطبيعية فى حياة الإنسان لتأثيرها البيولوچى والفسيولوچى إلى جانب جمال الإضاءة الطبيعية نفسها التى تتميز بالتغير المستمر فى شدتها ولونها على مدار اليوم وشهور السنة مما يحافظ على مستوى نشاط الإنسان ويبعد عنه الملل والخمول والبطء فى التركيز .

وفى داخل المتحف ، فإن هذا التغيير المستمر للإضاءة الطبيعية يساهم فى زيادة جاذبية اللوحات الفنية بالنسبة للزائر بالإضافة إلى إحداث شعور بالارتياح عند تأملها . إلى جانب ذلك تضفى الإضاءة الطبيعية نوعاً من التغيير والذبذبة للعمل الفنى دون أى تشويه للإحساس به وذلك لأن الزائر لايشعر شعوراً واعياً بتلك التغييرات نظراً للفترة المحدودة التى يقضيها أمام العمل الفنى والتى لاتتجاوز دقيقة أو اثنتين فى المتوسط [١] .

وهناك ميزة أخرى للإضاءة الطبيعية وهى إظهار الألوان فمن الصعب تمييز مجموعات من الألوان مجمعة فى حالة الإضاءة الصناعية ولكن هذا التمييز يكون من السهل تحقيقة تحت تأثير الإضاءة الطبيعية [٢] .

وتعد نوافذ الضوء الطبيعى قنوات اتصال حيوى بين الداخل والخارج وهو ما يحقق عنصراً هاماً وهو «المنظر» [٣] ، الذى يعطى شعوراً بالاسترخاء للزائر ، وبأنه غير مقيد فضلاً عن إعطائه الإنطباع بإتساع المكان .

إن المنظر الخارجى قد يكون منظر السماء وهنا يتخلّق لدى الزائر إحساس بالتغير المستمر فى الضوء الطبيعى مما يبعد عنه الملل والخمول ، شكل (١-٢).أو قد يكون منظر الأفق فيتخلق لدى الزائر إحساس بالتوازن لشعوره بالسماء والأرض فى نفس الوقت.

ولكن هذا المنظر الخارجى قد يتسبب من جهة أخرى فى تقليل الانجذاب للأعمال الفنية المعروضة أو قد يسبب سطوعا مبهرا ، لذلك فإن موضع نافذة الضوء الطبيعى داخل قاعة أعمال فنية فى متحف لابد أن يخضع للدراسة والتحليل .

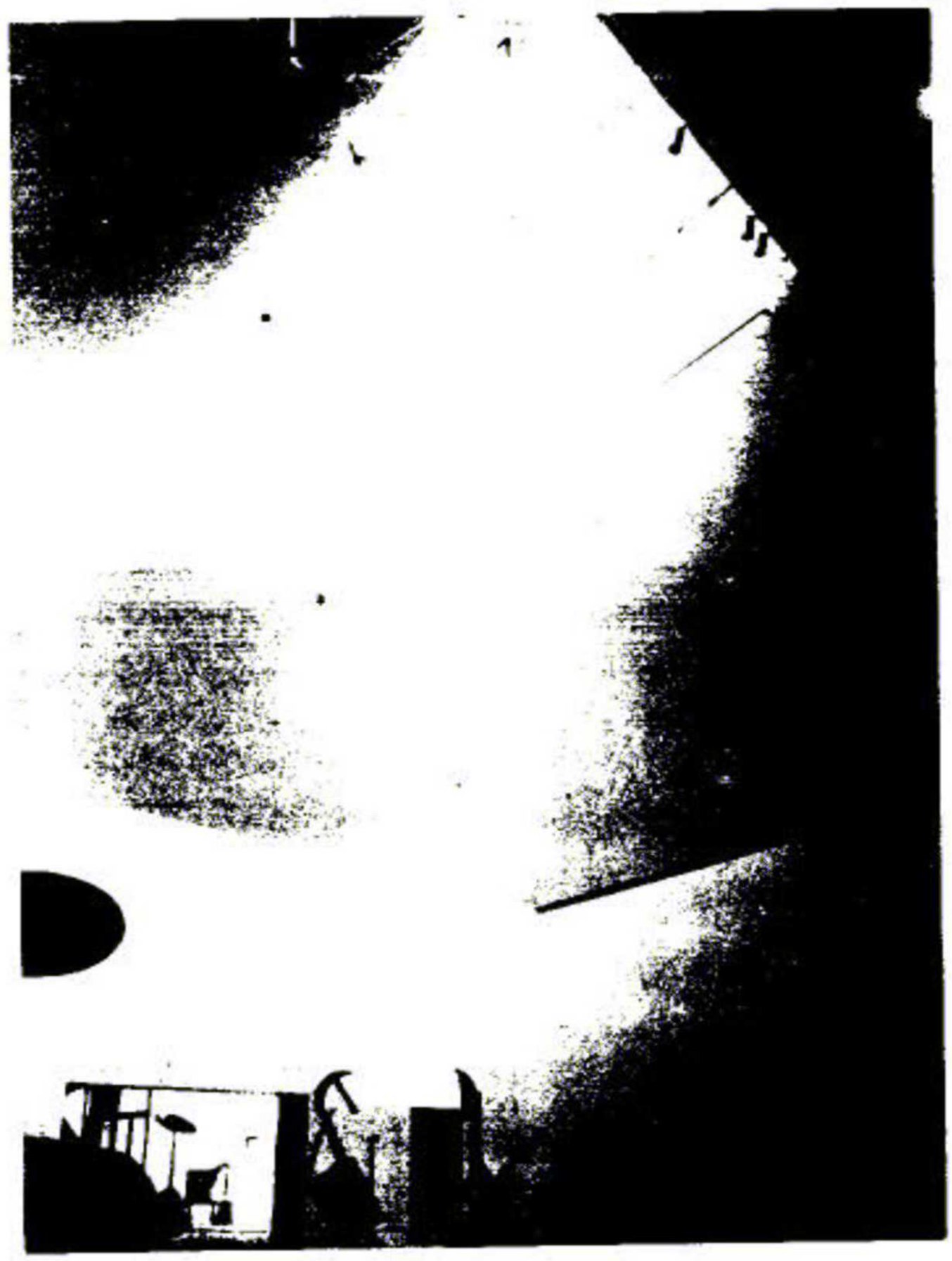
1-Dr. Jose M. Casal, Lighting Journal, Illumination and Conservation of Paintings, p. 236 (مرجع سابق)

2- Robbins, C.L., Daylighting Design and Analysis, Van Nostrand, Reinhold Company, New York, 1986, p. 4.

3- Evans, Benjamin W., Daylight in Architecture, Architectural Records Books, McGraw hill book Company, 1981, p. 28.

متحف الفن المعاصر ، لوس أنجلوس

Museum of Contemporary Art



شكل (١-٢) : المنظر اخارجى فى هذا المتحف هو منظر السماء ، مما يعطى للزائر الإحساس بالتغير المستمر فى الضوء الطبيعى وبالتالى يبعد عنه الملل واخمول .

---

* Douglas Davis, The Museum Transformed, Design And Culture. In The Post-Pompidou Age, 1993 P. 74.

٢-٢ مشاكل الإضاءة الطبيعية داخل المتحف وكيفية معالجتها

أن الضوء المرئى ليس أكثر من حزمة ضيقة من الموجات الكهرومغناطيسية تتراوح بين ٤٠٠ إلى ٧٠٠ نانومتر (أى واحد على مليار من المتر) شكل (١-٣) .

وتتسبب هذه الطاقة المنبعثة (بالإشعاع) من مصادر الضوء فى إحداث أضرار بالأعمال الفنية .

هذه الاضرار ترجع أساسا إلى أن المواد العضوية الموجودة بالأعمال الفنية تمتص الضوء الذى يعطيها طاقة تنشط التفاعلات الكيميائية التى تعتمد بدورها اعتماداً كبيراً على شدة الإستضاءة ومدة التعرض للضوء .

إن جزءاً كبيراً من الأضرار التى تتعرض لها الأعمال الفنية إنما تسببه الأشعة الكهرومغناطيسية ذات الموجات التى تقع (من حيث الطول) قبل أو بعد هذا الجزء المرئى من الطيف ، وهى الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسيجية .

أن الأشعة تحت الحمراء تولد حرارة تؤدى إلى جفاف الأصبغة والأنسجة وذلك لأن مصدرها الرئيسى هو أشعة الشمس المباشرة .

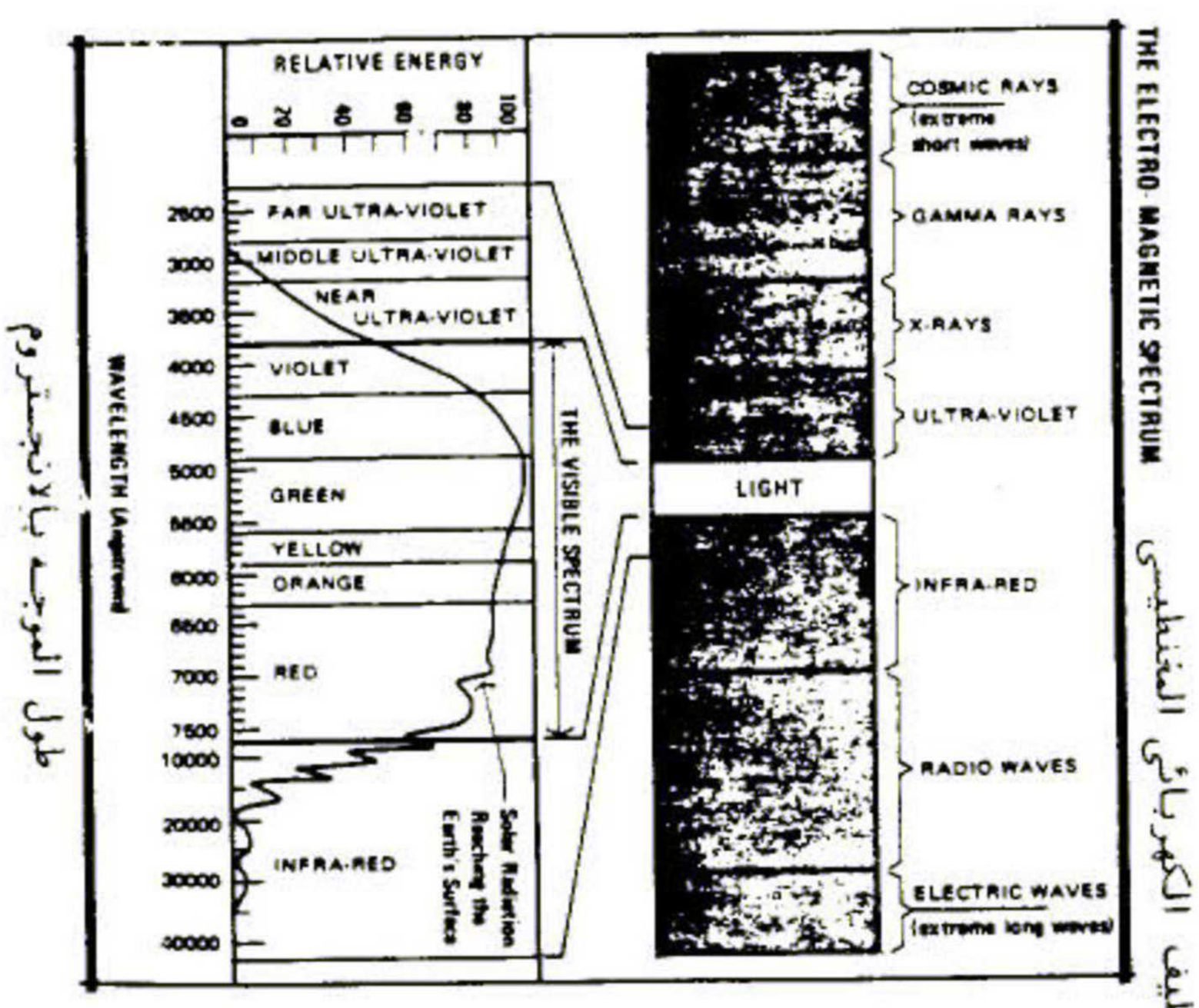
ولتجنب هذه الأشعة وأضرارها على الأعمال الفنية لابد من استبعاد أشعة الشمس المباشرة من دخول القاعات المتحفية[١] ، وذلك بإستخدام كاسرات تمنع دخول الشمس وتتحرك تبعاً لزاوية الشمس ، وقد تكون هذ الكاسرات داخلية أو خارجية[٢] . شكل (١-٤) ، شكل (١-٥) .

أما الأشعة فوق البنفسجية فالإضاءة الطبيعية هى أكثر أنواع الإضاءة احتواءً على هذه الأشعة التى تؤثر على جزئيات المواد العضوية وتزيل الألوان والزيوت بها ، وكلما قصرت طول الموجه كلما زادت هذه التأثيرات[٣] . شكل (١-٦) .

وللتخلص من هذه الأشعة لابد أن يمر الضوء الطبيعى من مرشح وهو عبارة عن مادة شفافة للضوء المرئى ولكن معتمة للأشعة فوق البنفسيجية .

والمرشح المثالى هو الذى يمتص الأشعة فوق البنفسجية ويمنع مرور أى أشعة حتى ماطول موجته ٤٠٠ نانومتر (٤٠٠×١٠^{-٩} متر) كحد أدنى وفى الوقت نفسه لايعوق مرور أى أشعة مرئية[٤] . شكل (١-٧)

1- Dr. José M. Casal, Illumination and Conservation of Paintings. Lighting Journal, p. 236.
2- Progressive Architecture, Shedding some light on art, February 1984, Special issue Johnson and Burgee, Museum lighting, p. 106.
3- Dr. José M. Casal, Illumination and Conservation of Paintings. p. 106.
4- Garry Thomson, Museum Environment, second edition, CBE, 1985, p. 17.

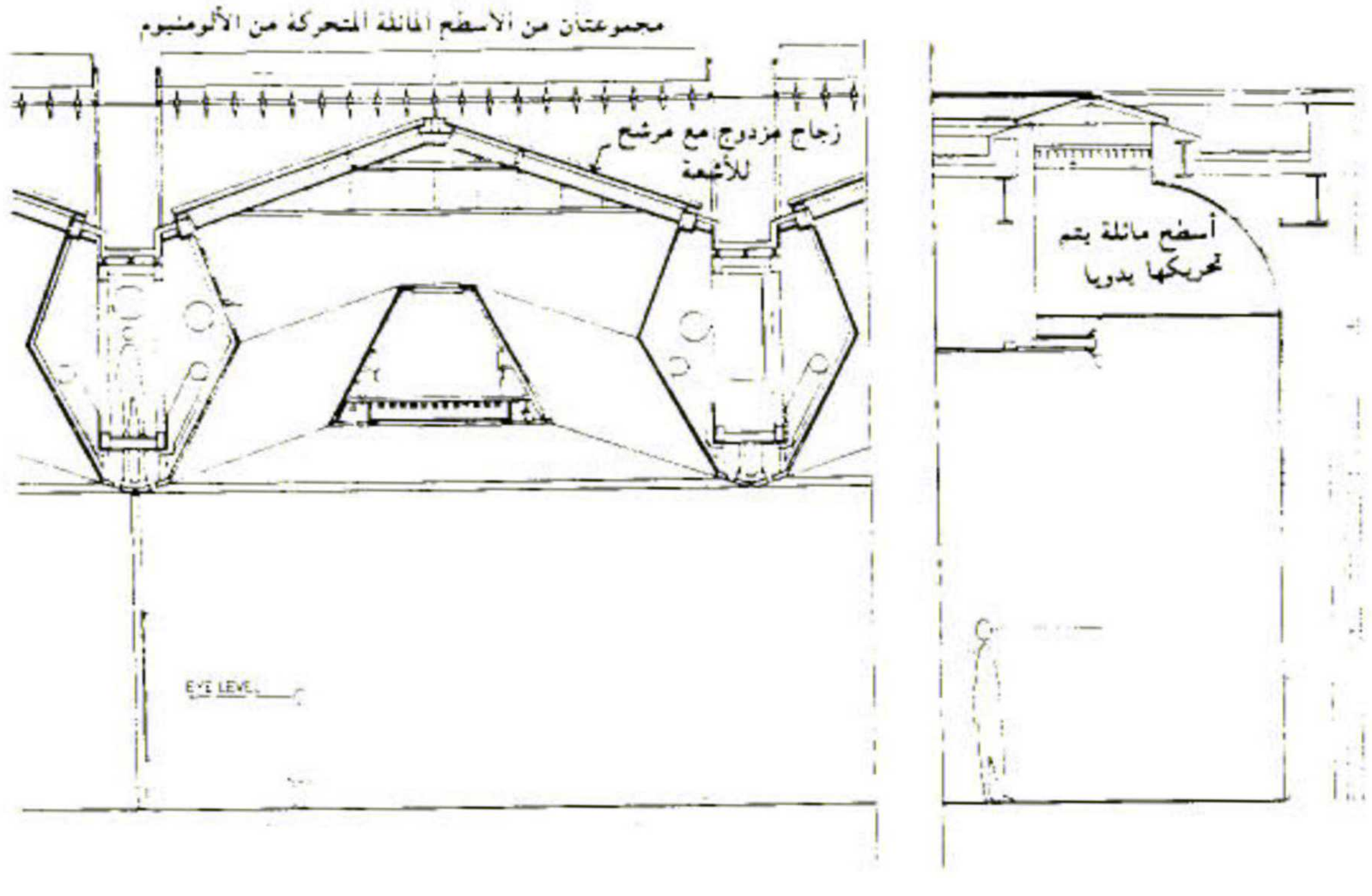


شكل (١-٣)* : يوضح موضع الجزء المرئى (الضوء) من الطيف الكهربائى المغناطيسى والتى تتراوح ما بين ٤٠٠ إلى ٧٠٠ نانومتر .

John E. Flynn, Arthur N. Segil, Architectural Interior Systems, Lighting, Air Conditioning, Acoustics., p. 101.

متحف دالاس للفنون الجميلة
The Dallas Museum of Fine Arts

قاعة عرض تيت
The Tate Gallery



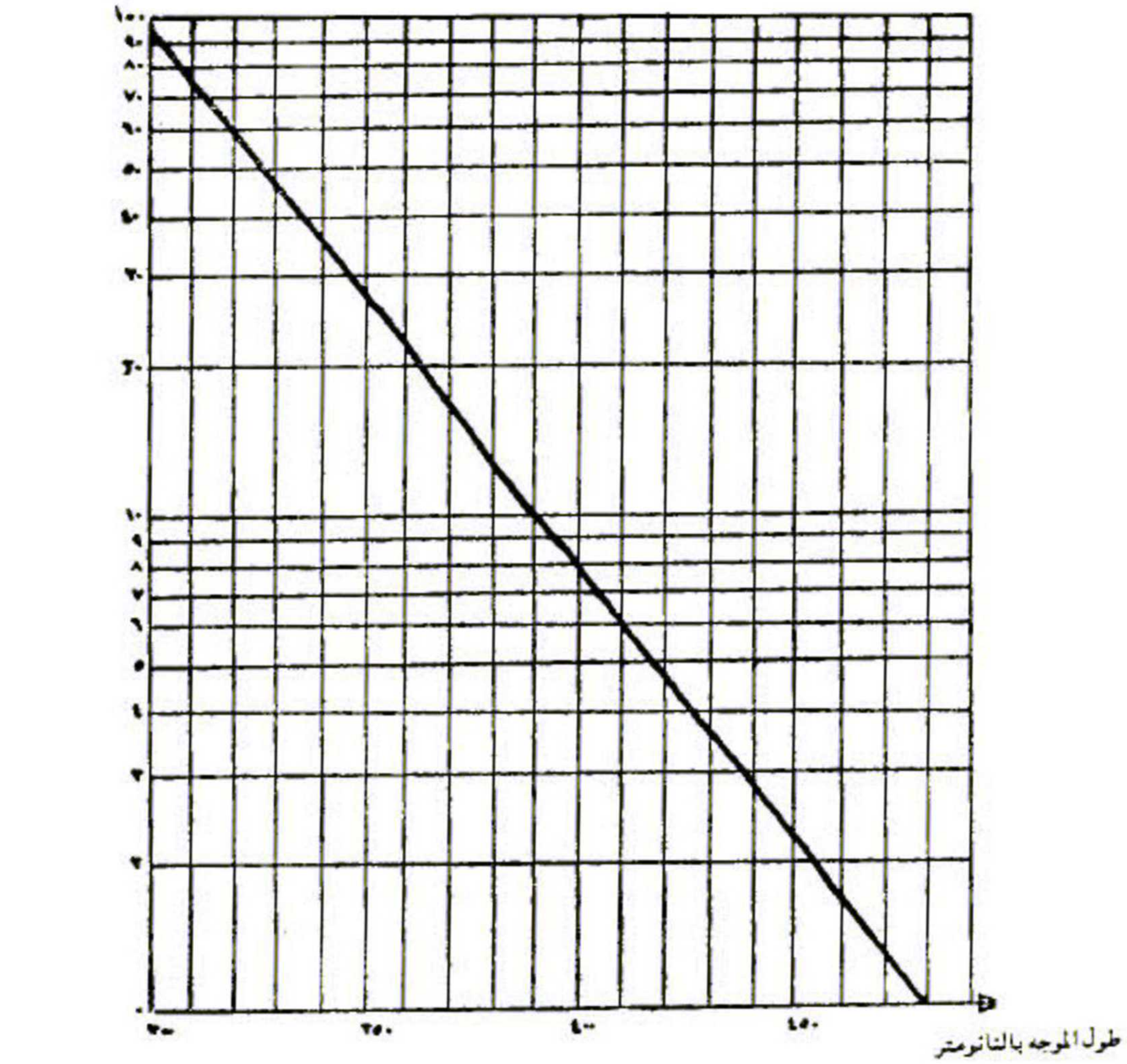
شكل (١-٤)*

إن قاعات العرض الفسيحة بهذا المتحف مزودة بفتحات علوية سماوية على امتداد الحوائط (فوقها) . وأسفل هذه الفتحات يوجد أسطح مائلة يتم تحريكها يدويا تبعا للتغيرات اليومية والموسمية للضوء الطبيعى . فضلاً عن سطح آخر يعترض مرور أشعة الشمس المباشرة .

شكل (١-٥)*

فى قاعة عرض «تيت» أحدث حل للإضاءة الطبيعية للمتاحف ويقوم على أحدث تكنولوجيا حتى يمكن وصفه أنه آله للتحكم فى الشمس . ففى هذا التصميم يتم استخدام مجموعتين من الأسطح المائلة المتحركة مركبة فوق فتحات السقف وهى تعمل بمستشعرات Sensors وتحكم إلكترونى . ويجرى ضبط موسمى للأسطح المائلة حسب زاوية الشمس .

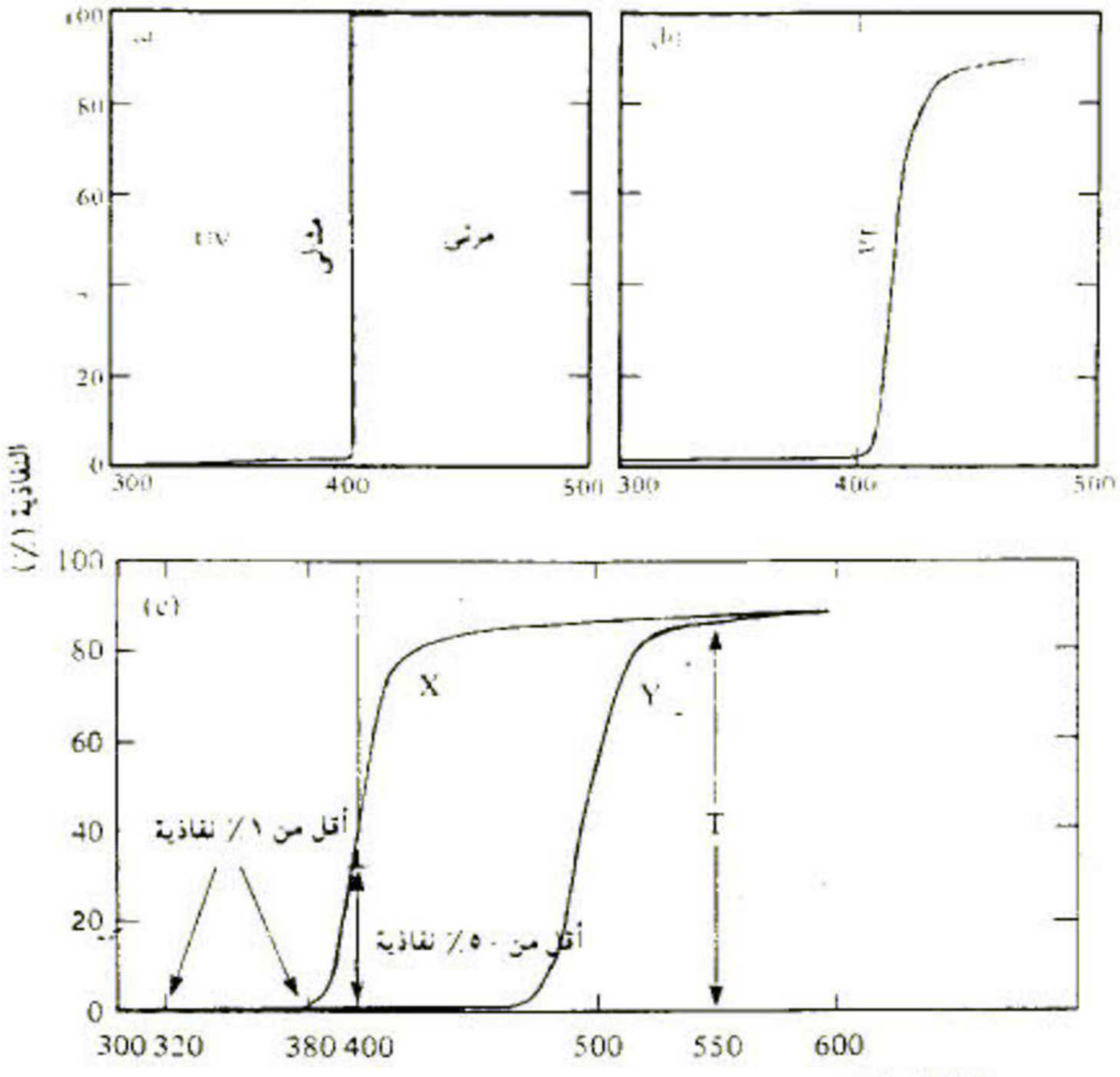
* Progressive Architecture, p. 109. (مرجع سابق)



شكل (١-٦)* : يوضح العلاقة بين طول الموجة ونسبة الأضرار التى قد تصيب العمل الفنى المعروض .

---

* د. نبيل بحيرى ، الإضاءة وتأثيرها على المعروضات وطرق حمايتها والمتاحف وصالات العرض ، دراسات وبحوث ، مجلة خاصة تصدرها جامعة حلوان ، المجلد الثامن - العدد الرابع - ١٩٨٥ ص ٢١.



شكل (١-٧)*

(a) أن المرشح المثالى الذى يمتص الأشعة فوق البنفسيجية لايسمح بمرور أى إشعاع له طول موجة أقل من ٤٠٠ نانومتر وذلك مع بقائه شفافاً شفافية كاملة للضوء المرئى .

(b) المرشح المصنوع من الأكريليك يمنع مرور الأشعة فوق البنفسيجية إلا أنه يزيل جزءاً من الأشعة البنفسجية من الضوء المرئى فيعطى إصفراراً طفيفاً للضوء .

(c) المنحنى X : يمثل مرشحاً مرضياً للأشعة فوق البنفسجية وهو يحقق مواصفات معينة تتضمن السماح بمرور كمية من الأشعة ذات موجات أطوالها ٤٠٠ نانومتر فأقل بحيث لاتزيد عن نصف كمية الأشعة المنتمية إلى منتصف المدى المرئى للضوء .

المنحنى Y : يمثل منحنى يزيل كل الأشعة فوق البنفسجية وكل الأشعة الزرقاء من الجزء المرئى من الضوء ، ويمكن استخدامه لإعطاء وقاية بالنسبة للأعمال الفنية الحساسة التى لايعتبر اللون فيها ذا أهمية خاصة (المطبوعات من اللونين الأبيض والأسود) حيث تكون الإضاءة مائلة للاصفرار فى هذه الحالة .

* Garry Thomson, Museum Environment, p. 17. (مرجع سابق)

وهناك عدد من المرشحات المصنوعة من البلاستيك فى وسعها أن تؤدى هذه المهمة ولايوجد أى مرشح زجاجى يمكنه القيام بها .

وينبغى أن تمتد تلك المرشحات على كامل مساحة النوافذ على اختلافها بحيث لايمر أى ضوء إلا من خلالها . وتأخذ تلك المرشحات أشكالاً ثلاثة[١] :

١- ألواح متماسكه القوام من الأكريليك Acrylic أو البولى كاربونات Polycarbonate سمك ٣ إلى ٦ مم إمّا من النوع الشفاف أو النوع المشتت للضوء وكلما يمكن استخدامهما فى النوافذ على إختلافها بدلاً من الزجاج (إذا كانت تنظيمات الدفاع المدنى الخاصة بالوقاية من الحريق تسمح بذلك) شكل (١-٨) .

ولكن هناك خاصية فى مادة الأكريليك ومعظم ألواح البلاستيك الأخرى أنها معرضة لإكتساب شحنة كهروستاتيكية Electrostatic وهى تجذب التراب من الجو بل تجذب مادة التلوين من الفحم أو الباستيل إذا كانت قريبة منه بدرجة كافية ولتجنب ذلك يجب دهان اللوح بورنيش مضاد للشحن الكهروستاتيكى على الجانبين .

٢- شرائح معدنية قليلة السمك ، يتم قطعها تبعاً للمساحة المطلوبة وتوضع أو تلصق على الزجاج .

٣- ورنيش مانع للأشعة فوق البنفسجية (ولكن لم تثبت فاعليته مع الزمن حيث يصاب بالأكسدة بالإضافة إلى أنه غير عملى بالنسبة للتنظيف الذى قد يبطل من مفعوله ويذيبه[٢]).

وهناك شكل آخر - وإن كان أقل تواجداً - وهو عبارة عن طبقتين من الزجاج مع طبقة بينية من البلاستيك تحتوى على المادة التى تمتص الأشعة فوق البنفسجية .

ويمكن اختيار الزجاج من الأنواع غير القابلة للكسر ، وفى هذه الحالة يكون الزجاج أقوى تحملاً لعملية التنظيف فضلاً عن أن عزل الطبقة البينية من الهواء يزيد من عمرها[٣] .

ولكن لابد من الإشارة إلى خاصية هامة موجودة فى الدهان الأبيض للحوائط هى أنه يقلل الأشعة فوق البنفسجية نتيجة لإنعكاس الضوء عليه[٤] . شكل (١-٩)

وفى بعض الحالات خاصة فى المناطق الحارة يفضل أن ينعكس جميع الضوء الداخل إلى قاعة معينة على حائط ذى دهان أبيض ، الأمر الذى يعتبر حلاً لمشكلة الأشعة فوق البنفسجية .

1- Garry Thomson, Museum Environment p. 16. (مرجع سابق)

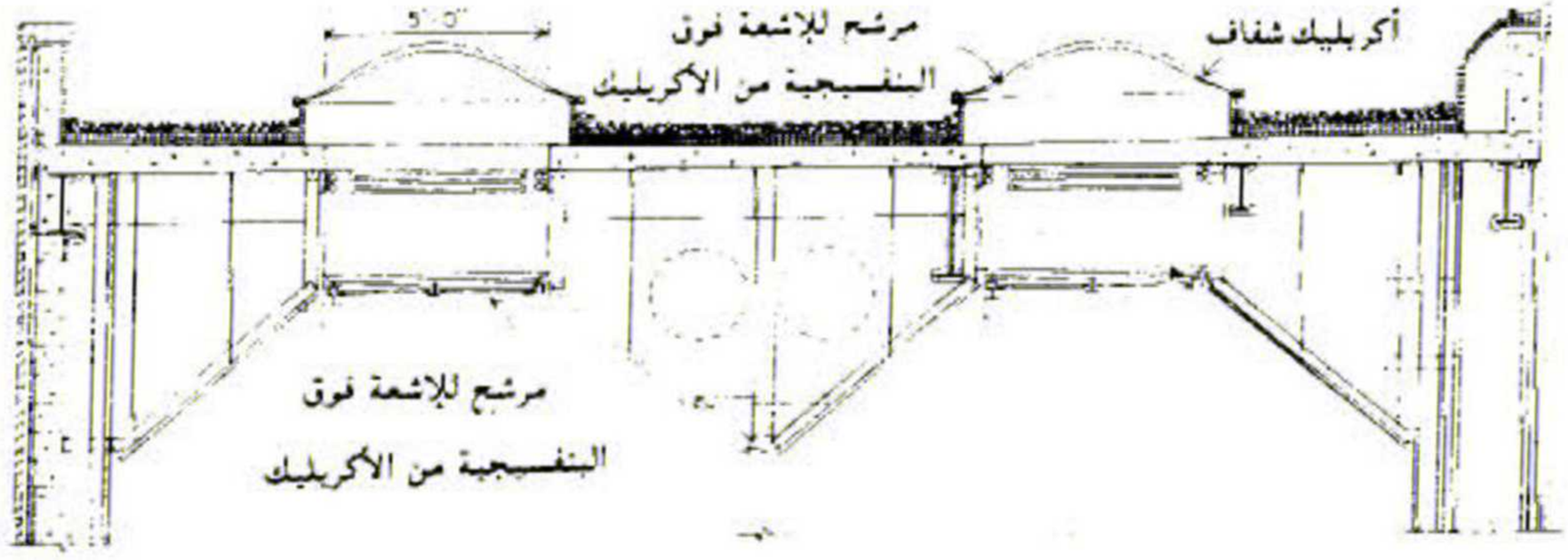
(٢) د./نبيل بحيرى ، دراسات وبحوث ، الإضاءة وتأثيرها على المعروضات وطرق حمايتها بالمتاحف وصالات العرض (مرجع سابق) ص. ٢٥ .

3- Garry Thomson, Museum environment, p. 18. (مرجع سابق)

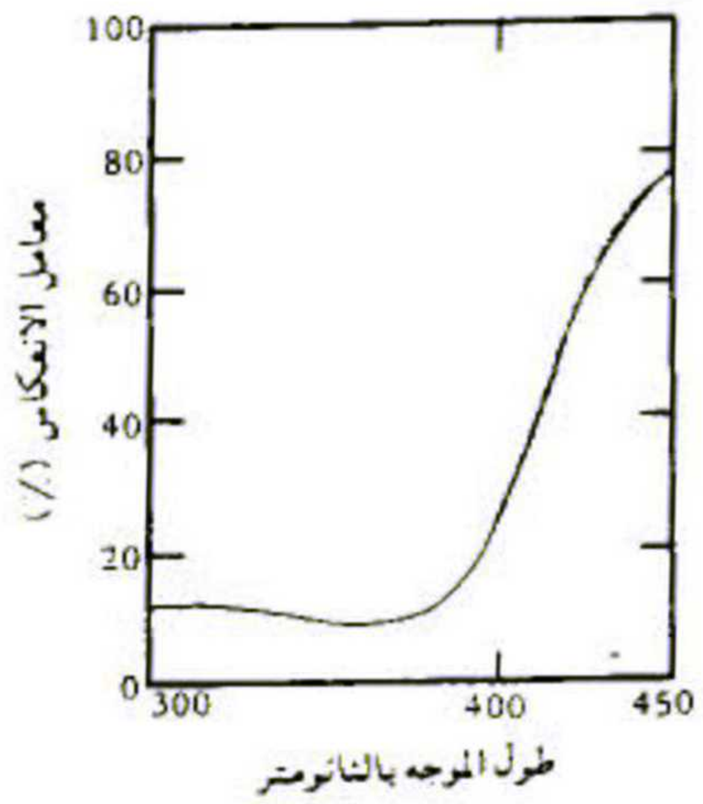
4- Progressive Architecture, p. 106. (مرجع سابق)

متحف الفن ، الجناح الغربى ، بوسطن .

* Museum of fine art, west wing, Boston.



شكل (١-٨) *مثال لاستخدام مادة الأكريليك فى فتحة السقف كمرشح للأشعة فوق البنفسجية .



شكل (١-٩) **إنعكاس الأشعة فوق البنفسجية على حائط مدهون باللون الأبيض .
يوضح تأثر الأشعة فوق البنفسجية بمعامل الإنعكاس وأنه كلما زاد معامل الإنعكاس زاد طول الموجة .

---

* Architectural Record, February 1982, p. 96.
** Garry Thomson, Museum Environment, p. 18 . (مرجع سابق)

٣- كمية الإضاءة الطبيعية داخل المتحف

إن تحديد كمية الإضاءة المناسبة (شدة الإستضاءة) داخل المتحف لايتم تحقيقاً لرؤية جيدة فقط ولكن لتلافى الأضرار التى قد تسببها الإضاءة غير المناسبة للعمل الفنى .

إن تعرض العمل الفنى لشدة استضاءة عالية لمدة قصيرة له نفس ضرر تعرّضه لشدة استضاءة منخفضة ولمدة طويلة .

فشدة الاستضاءة والمدة الزمنية يتناسبان مع ما ينتج عنهما من أضرار للعمل الفنى المعروض .

ويمكن تقصير المدة الزمنية التى يتعرض فيها العمل الفنى إلى مصدر الإضاءة الطبيعية وذلك باستخدام وسائل لقفل هذا المصدر نهائياً عندما يكون المتحف مغلقاً والتحكم فيها يدوياً أو عن طريق دوائر كهربائية[١] . شكل (١-١٠)

أما كمية الإضاءة داخل القاعة المتحفية فهى أقل بكثير مما تتطلبها أماكن أخرى مثل المكاتب والمصانع أو المعامل ... ويجب عدم الخلط بين مستويات الإضاءة المطلوبة فى المتحف وتلك التى تتطلبها المواقع الأخرى والتى أجريت كثير من التجارب عليها[٢] .

لذلك وضعت قواعد عامة لشدة الاستضاءة التى تتطلبها القاعة المتحفية والتى تختلف تبعاً لحساسية العمل الفنى المعروض والمواد المستخدمة وبالتالى تحقق متطلبات المحافظة على تلك الأعمال . جدول (١-١) .

ويتضح من الجدول (١-١) أن هناك أعمالاً فنية حساسة للضوء وتتطلب مستوى منخفضاً من شدة الاستضاءة يصل إلى ٥٠ لاكس .

حينئذ لابد أن تكون الفراغات الخاصة بها أقل نسبياً من ناحية شدة الإستضاءة حتى يظهر العمل الفنى أكثر سطوعاً .

ولكن إذا أخذت فى الإعتبار الأتربة والغبار مع الزمن كان من الضرورى ترك نسبة ٥٠٪ تجاوز على هذه القيمة[٢] .

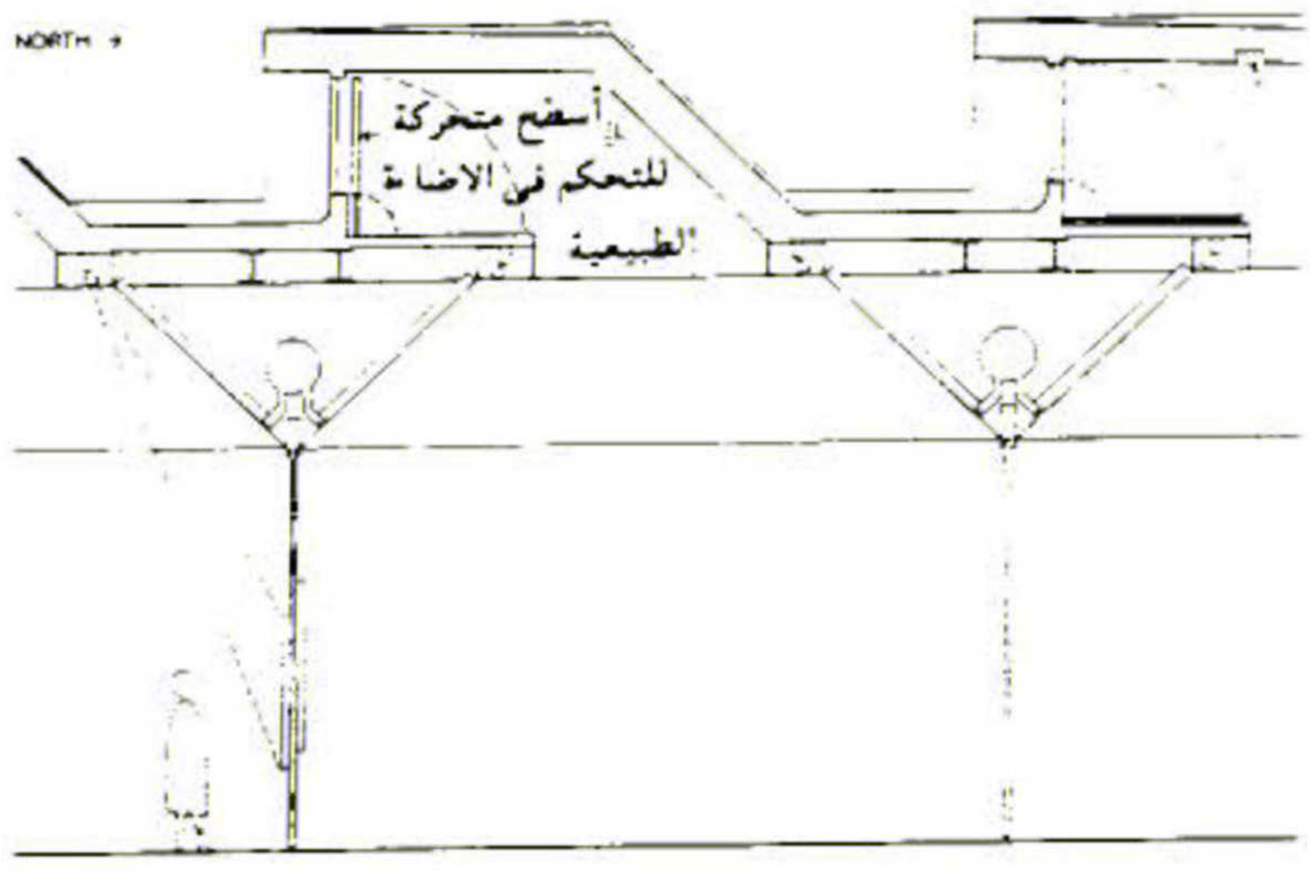
وكذلك أثناء الترميمات أو الفحص الفنى أو التصوير الفوتوغرافى حيث يمكن تجاوز القيمة المذكورة فى الجدول ، ويصبح الـ ١٠٠٠ لاكس بحد أقصى معقولاً فى مثل هذه الحالات.

وهناك محدد آخر لهذه القيمة وهو الخاص بالألوان المستخدمة فى الأعمال الفنية هل هى فاتحة أو داكنة .

1- Progressive Architecture, p. 105. (مرجع سابق)
2- Michael Brawne, The Museum Interior, p. 102.

مركز تاربل للفنون فى جامعة البنوى الشرقية

Tarble Arts Center



قطـــــاع

شكل (١-١٠)*

استخدمت فى هذا المتحف أسطح متحركة عند فتحات السقف تتحرك بزوايا مختلفة لتقليل الضوء الطبيعى حتى يمكن غلقه تماماً .

إلى جانب ذلك ، استخدم العمق الكبير والنوافذ الرأسية فى فتحات السقف لتظليل الزجاج ، ودهان جوانبها باللون الأبيض لتقليل الأشعة فوق البنفسجية عند انعكاس الضوء عليها .

---

* Progressive Architecture, Shedding some light on art, p. 110.

شدة الإستضاءة القصوى	نوع العمل الفنى المعروض	
٥٠ لاكس	أعمال فنية حساسة للضوء : - منسوجات - ملابس «حلل» - اللوحات بالألوان المائية - الرسومات المشغولة على الأقمشة - مطبوعات - مخططات - منمنمات miniatures - لوحات ملونة ببوية الدستمبر - ورق الحوائط - الجلد المصبوغ - معظم معروضات التاريخ الطبيعى	
١٥٠ لاكس	- اللوحات بالألوان الزيتية - الجلد غير المصبوغ - قرون - عظام - عاج	
٣٠٠ لاكس أو أكثر	أعمال فنية غير حساسة للضوء: من : المعادن - الحجر - الزجاج - المجوهرات - المينا enamel .	

جـــدول (١-١)

Adapted from the British "IES" "Technical Report # 14" on museum lighting.

فالأعمال الفنية من الأبيض والأسود تحتاج من ١٥٠ إلى ٢٠٠ لاكس فقط مثل معظم المطبوعات .

بينما تحتاج اللوحات الفنية الداكنة إلى ٢٥٠ إلى ٣٠٠ لاكس ولكن التماثيل البيضاء والأعمال الفنية من الجبس تحتاج إلى شدة استضاءة أقل من ١٥٠ لاكس لأن الظلال تختفى مع وجود سطوع عال وبالتالى لاتظهر مواطن الجمال فيه .

أما شدة الاستضاءة العالية التى قد تصل إلى آلاف من اللاكس فتحتاجها الأعمال الفنية الداكنة من الخشب أو البرونز[١] .

ويعتبر التحكم فى قيم شدة الاستضاءة التى تتطلبها الأعمال الفنية المختلفة داخل قاعة متحفية أمراً صعباً خاصة فى حالة الإضاءة الطبيعية[٢] . فالمشكلة التصميمية لمعظم المتاحف هى التحكم فى الإضاءة الطبيعية على مساحة معينة والوصول بها إلى المستويات التى تتطلبها الأعمال الفنية المعروضة .

وهناك عدة عوامل تؤثر على كمية الإضاءة (شدة الإستضاءة) وهى : أبعاد القاعة ونوافذ الضوء الطبيعى وتشطيبات الأسطح الداخلية .

أما أبعاد القاعة فهى تختلف تبعاً لنوعية الأعمال الفنية المعروضة وبالتالى نوع المتحف ويمكن الرجوع إلى ملحق (ب) لمزيد من التفاصيل المتعلقة بارتباط أبعاد القاعة بنوعية المعروضات وبالتالى نوع المتحف .

وسيتم التعرض فى هذا الباب لتأثير نوافذ الضوء الطبيعى وتأثير تشطيبات الأسطح الداخلية . أما دراسة تأثير تغير أبعاد القاعة على شدة الاستضاءة داخليا فسيتم عرضها فى الباب الثالث .

٣-١ نوافذ الضوء الطبيعى

تعتبر نوافذ الضوء الطبيعى من العوامل الأساسية المؤثرة على كمية الإضاءة الطبيعية داخل المبنى . فإن موضع النافذة وأبعادها وعمقها والعوائق الخارجية تتحكم فى كمية الضوء الطبيعى النافذ داخل المبنى .

ويختلف موضع نافذة الضوء الطبيعى تبعاً لنوعية الأعمال الفنية المعروضة وطريقة عرضها داخل القاعة المتحفية حتى تحقق للزائر الرؤية الجيدة مع تجنب السطوع المبهر المباشر أو المنعكس[٣] . شكل (١-١١)

1- Coleman, Laurence V., Museum Building, Volume one, Applanning Study, the American Association of Museums, Washington, D.C., 1950, p. 82.
2- Garry Thomson, Museum Environment. (مرجع سابق)
3- Coleman, Laurence V., Museum Building, p. 84. (مرجع سابق)

	موضع نافذة الضوء الطبيعى	نوعية الأعمال الفنية المعروضة
	فتحات علوية (فى السقف)	الأعمال الفنية المعروضة على الحوائط مثل اللوحات والرسومات .
النوافذ الجانبية	نوافذ جانبية علوية	الأعمال الفنية المعروضة بشكل حر مثل المنحوتات والتماثيل .
	نوافذ جانبية ذات جلسة منخفضة	الأعمال الفنية المعروضة داخل خزائن .

جدول (١-٢)

٣-١-١ الفتحات العلوية

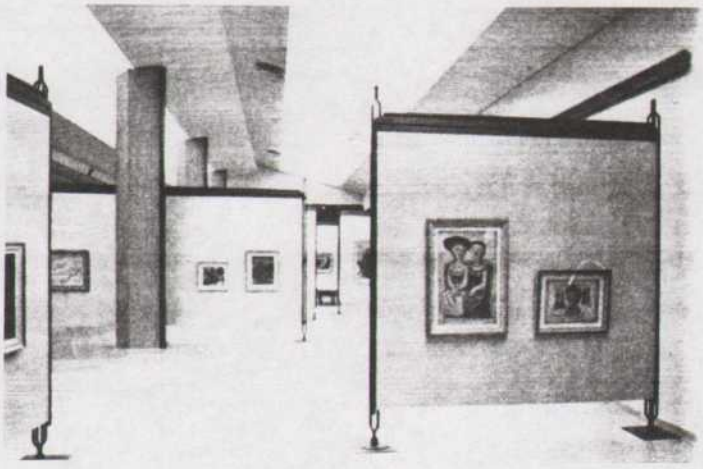
إن إستخدام الفتحات العلوية فى السقف فى قاعة للأعمال الفنية داخل متحف متنوع المعروضات جعلها موضع إهتمام الكثير من مصممى المتاحف .

فهى تعتبر مصدراً ضوئياً حراً لايعوق توزيع الأعمال الفنية فى القاعة المتحفية وخاصة إذا كانت عبارة عن لوحات على الحوائط - وهى أفضل طريقة لإضاءة اللوحات الفنية على الحوائط - وهى فى نفس الوقت قليلة التأثر بالعوائق الخارجية (مبانى - أشجار ....) التى قد تسبب انعكاسات أو ظلالاً تؤثر على كمية الإضاءة .

وبالتالى تحقّق رؤية جيدة ومنتظمة مع أقل قدر من الانعكاسات أو التشويه[١] . شكل (١-١٢) .

ولكن لابد من التحكم فى كمية الإضاءة الطبيعية الساقطة من فتحات السقف لتحقيق التوازن بين الرؤية الجيدة وحماية الأعمال الفنية المعروضة .

1- The Organization of Museums, Practical Advice Unesco, 1960, p. 149.



أعمال فنية
معروضة
على الحوائط

متحف
مدينة Long Island
نيـــويـــــورك

أعمال فنية معروضة بشكل حر مثل المنحوتات والتماثيل

متحف Badisches ألمانيا

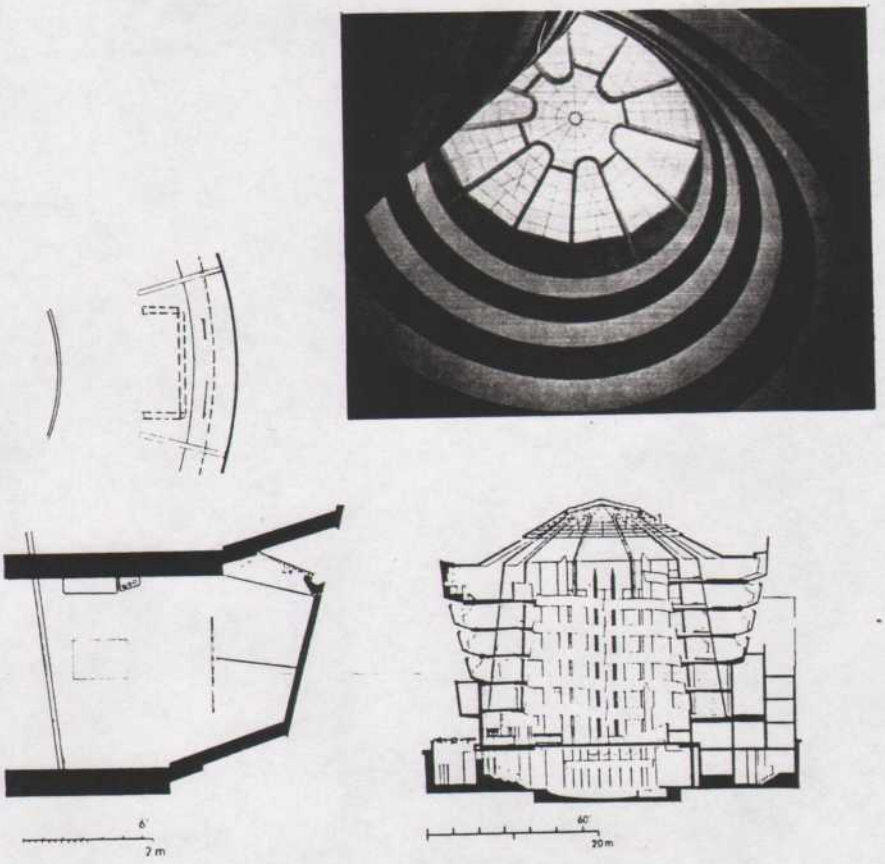
أعمال فنية معروضة داخل
خزائن

شكل (١-١١) *إختلاف موضع نافذة الضوء الطبيعى تبعاً لنوعية الأعمال الفنية المعروضة .

* Michael Brawne, The New Museum, p. 142, 143.
* Douglas Davis, The Museum Transformed, p.189

متحف جوجنهايم - نيويورك - فرانك لويدرايت

The Guggenheim Museum



شكل (١-١٢)*

يتميز هذا المتحف بفراغ ضخم مركزى تتوسطه فتحة علوية فى السقف وتنحدر الجدران مكونة حلزوناً ضخماً . أما اللوحات نفسها فتميل متجهة قليلاً إلى أعلى نحو الزائر ونحو الضوء معاً ، بمحاذاة إنحدار الحلزون إلى أعلى وبذلك يتأكد وضعها كجزء من التكوين ، وتتمثل اللوحة التى تبرزها انحناءة الحائط للزائر كما لو كانت جوهرة مركبة على خاتم .

---

* Michael Brawne, The New Museum, p. 142, 143.

وعلى مدى التاريخ ، استخدم مصممو المتاحف طريقتين للتحكم فى الإضاءة الطبيعية :

- باستخدام طبقة أخرى أسفل فتحة أسقف لتشتيت الضوء - عن طريق ألواح متحركة مائلة شكل (١-١٣) ، شكل (١-١٤)

- أو عن طريق سقف آخر ثانوى أسفل الفتحة ، شكل (١-١٥) ، شكل (١-١٦).

وقد إستمرت هاتان الطريقتان مع إجراء بعض التغييرات والإضافات حتى أصبحت هذه العناصر المساعدة للتحكم فى الضوء جزءاً لايتجزأ من الشكل المعمارى للمتحف[١] .

ولابد أن تحقق هذه العناصر مع الشكل المعمارى متطلبات المحافظة على الأعمال الفنية المعروضة .

ومن هذه العناصر المساعدة والتى استخدمت كثيراً فى المتاحف التى بنيت مؤخرا - للتحكم فى الإضاءة الطبيعية :

استخدام أجهزة مراقبة تتحكم فى حركة الأسطح المائلة Louvers ، شكل (١-١٧) ، شكل (١-١٨) .

واستخدام الدروات لفتحة السقف . شكل (١-١٩) ، شكل (١-٢٠) وشكل (١-٢١) .

استخدام فكرة البانوهات Panels المتحركة أو الثابتة ، شكل (١-٢٢) و شكل (١-٢٣) ، شكل (١-٢٤) .

ولابد لهذه الأسطح والعناصر المساعدة للتحكم فى الإضاءة الطبيعية أن تكون على مسافة كافية من فتحة الضوء الطبيعي وتعتبر المسافة من ١ إلى ١٠ قدم كافية (٣ر٠ إلى ٣ر٠٠ متر) .

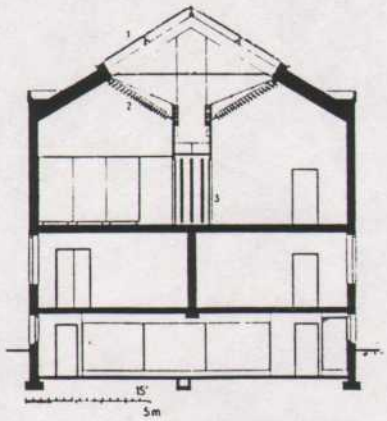
أما إذا كانت المسافة أكبر فإن الضوء الذى يمر مرشحاً من خلال ألواح الزجاج العلوية يفقد بعض مكوناته من الأشعة تحت الحمراء مما يؤدى إلى ظهور لون أخضر غير مريح على الأعمال الفنية المعروضة وهو الأمر الذى يجب تجنبه[٢] .

هناك أيضاً علاقة نسبية بين الجزء الشفاف للسقف (الزجاج)والجزء المصمت منه . وتختلف هذه النسبة من منطقة جغرافية إلى أخرى تبعا لحالة السماء فيها .

ففى المناطق ذات السماء الصافية تكون الفتحات فى السقف صغيرة على عكس المناطق ذات السماء الملبدة بالسحب حيث تكون الفتحات كبيرة . وهناك رأى أن تكون

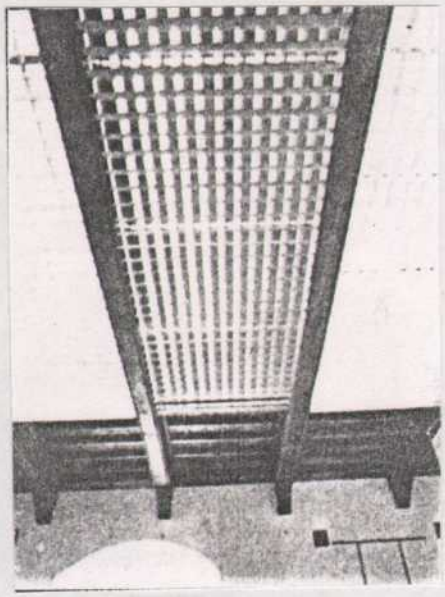
1- Progressive Architecture, shedding some light on art, p. 107. (مرجع سابق)
2- The Organization of Museums, p. 166. (مرجع سابق)

المتحف الوطنى ، السويد (١٩٣٨)



شكل (١-١٣)*

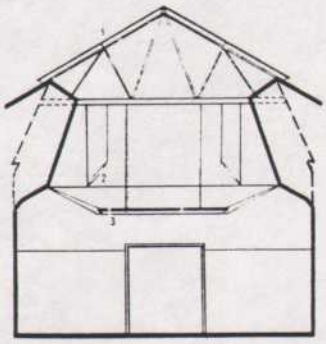
متحف Castello Sfotzesco
Mailand



شكل (١-١٤)**

استخداء الأسطح المائلة المتحركة فى فتحة السقف للتحكم فى الضوء الطبيعى .

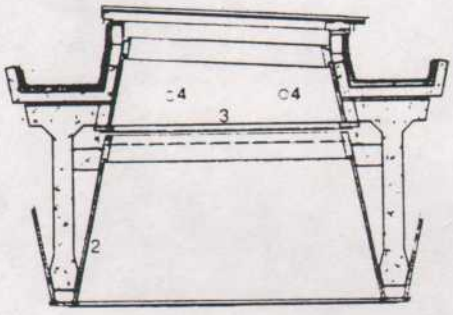
متحف مدينة Birmingham (١٩٥٧)



قطاع

شكل (١-١٥)***

معهد الكومنولث «لندن»



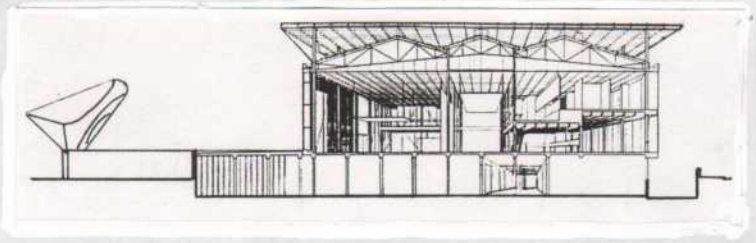
شكل (١-١٦)***

إستخدام سقف آخر ثانوى أسفل الفتحة للتحكم فى الإضاءة الطبيعية .

---

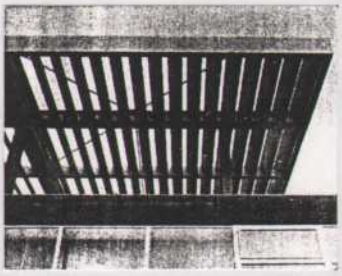
* Michael Brawne, The New Museum, p. 23. (مرجع سابق)
** p. 12.
*** Michael Brawne, The Museum Interior, p. 109. (مرجع سابق)
**** p. 107.

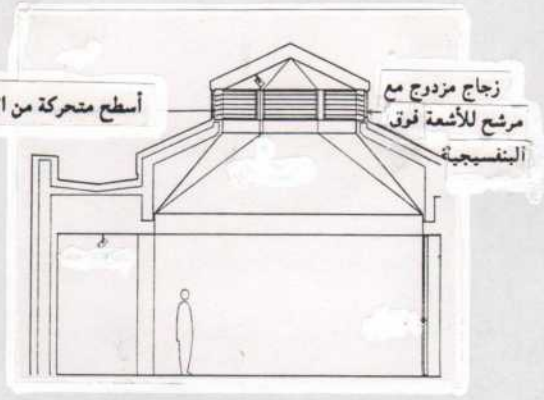
متحف دار الثقافة ، ١٩٦١ .
Musée Maison de la culture.



قطـــاع

متحف «بورتلاند» للفنون ، ١٩٨٢
The Portland museum of Art





شكل (١-١٧)*

فى هذا المتحف ، يتم التحكم فى الإضاءة الجانبية عن طريق ستائر معدنية وفى الإضاءة العلوية عن طريق سطح آخر فوقها خارجى مكون من شرائح من الألومنيوم على شكل مظلة أفقية منفصلة عن السطح الزجاجى وفى داخل هذا الحيز الكامل الإضاءة توجد مستويات مختلفة من مساحات العرض يمكن تقسيمها عن طريق أسقف معلقة .

شكل (١-١٨)**

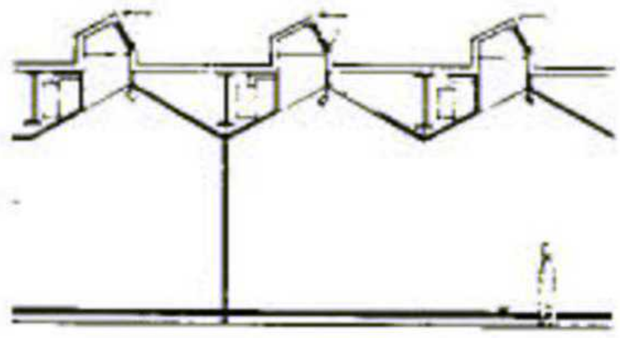
فى هذا المتحف يمر الضوء الطبيعى من خلال أكثر من شخشيخة فى أعلاه مثمنة الشكل وللشخشيخة أسطح مائلة متحركة ومثبتة فى السطح الداخلى للفتحات الرأسية بها . والتحكم فى حركة هذه الأسطح المائلة يقلّل من كمية الضوء الطبيعى خاصة فى قاعات الأعمال الفنية الحساسة للضوء وفى نفس الوقت يمكن الوصول إلى أعلى المستويات الموصى بها .

---

* Michael Brawne, The New Museum, p. 95. (مرجع سابق)

** Progressive Architecture, p. 110. (مرجع سابق)

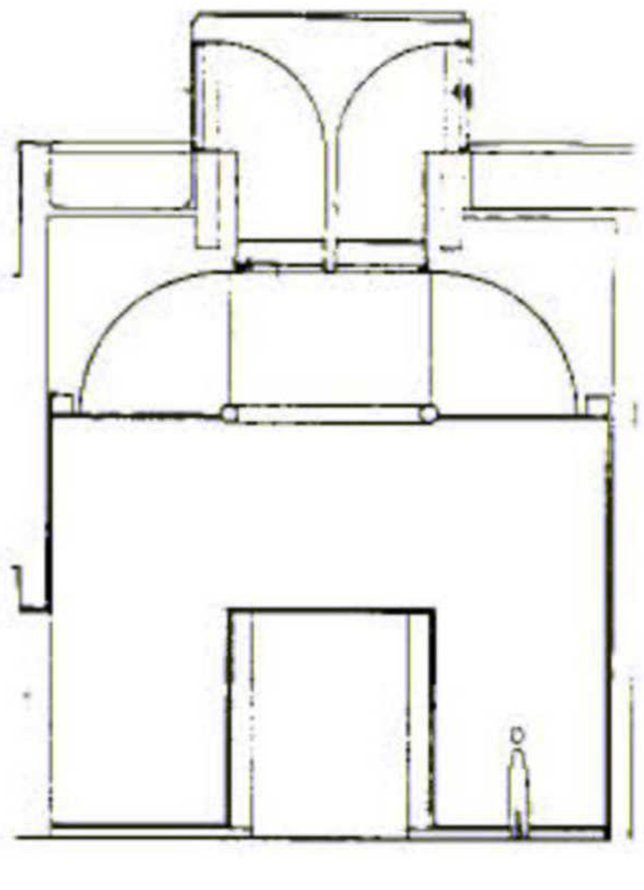
المتحف الكورى للفن الحديث
Korean Museum
of Modern Arts



قطـــاع

شكل (١-١٩)*
استخدمت فى هذا المتحف الفتحات العلوية على شكل «سن المنشار» sawtooth . وقد صممت بنسب تجعل من الممكن حجز أشعة الشمس الجنوبية (نتيجة للدروة العالية) وبالتالى لاتحتاج إلى أسطح مائلة متحكم فيها ، إلى جانب أنها تسمح بإستخدام الزجاج الشفاف فضلاً عن ظهور منظر السماء .

متحف انكوراج للتاريخ والفنون الجميلة
Anchorage Historical and
Fine Arts



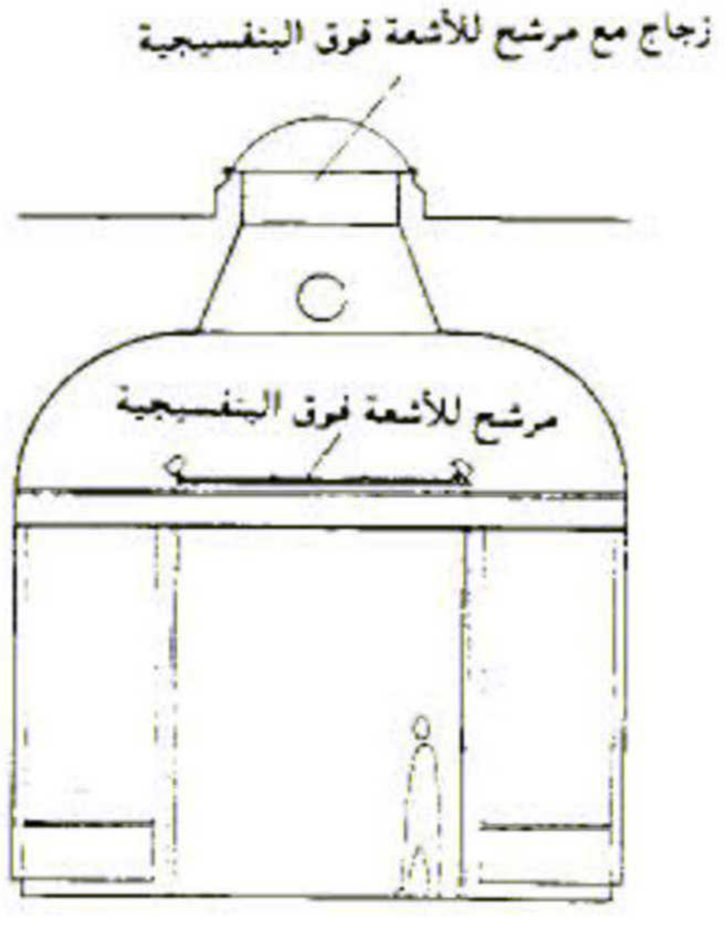
قطـــاع

شكل (١-٢٠)*
يحتوى هذا المتحف على قاعتى عرض مركزيتين بهما "ملقفان" أحدهما فى ظهر الآخر وقد دهنت الجوانب باللون الأبيض لتعكس أشعة الشمس وكل ملقف له شكل نصف قبو لتقليل الظلال على الحوائط .

* Progressive Architecture, p. 110.

متحف السرعة

The Speed Museum, Louisville, Kentucky



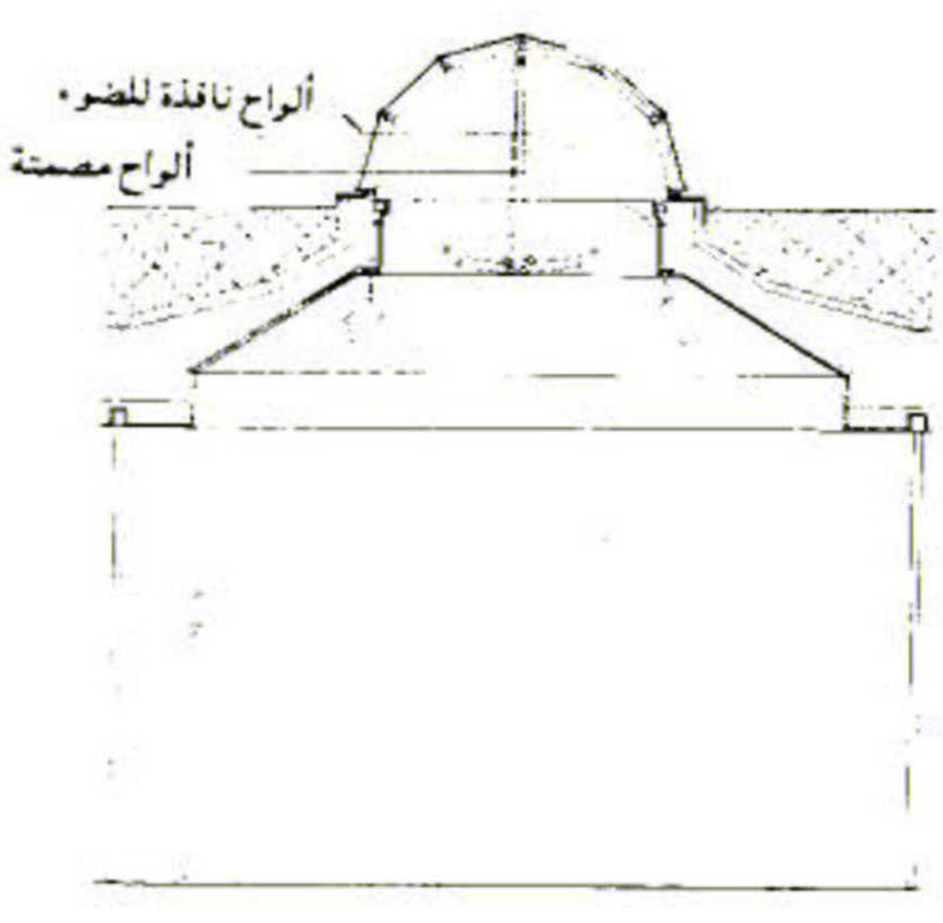
قطـــاع

شكل (١-٢١)

قد زودت فتحات السقف فى هذا المتحف بمرشحات ضد الأشعة فوق البنفسجية مع دروات عالية (جوانب فتحة السقف) على شكل شبه منحرف مع إنحدار على الجانبين لأجل نشر الضوء على الجدران إلى أسفل ، إلى جانب سقف آخر معلق يمنع تركيز الضوء فى مركز قاعة العرض .

مركز "مايير" للفنون

Mayer Art Center



قطـــاع

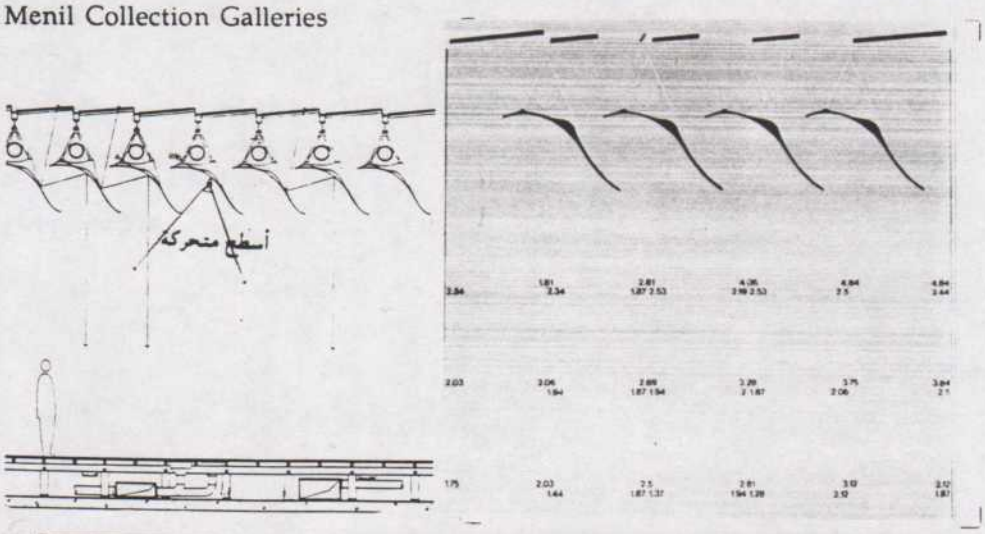
شكل (١-٢٢)

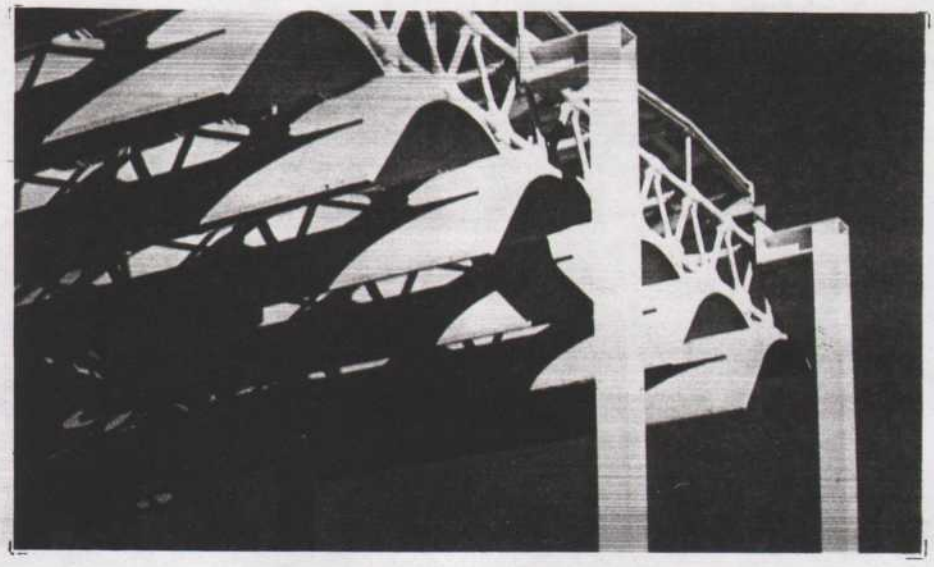
فى هذا المركز الفنى استخدمت الفتحات العلوية التى تأخذ شكل القبو الاسطوانى Barrel vault ، وقد زودت هذه الفتحات بأربع ألواح (Paneb) متحركة منهما أثنتان مصممتان وإثنتان تسمحان بمرور الضوء . وتعلق هذه الألواح تعليقاً حراً فى مركز القبو بحيث يمكن التحكم فيها وغلقها كلية عند اللزوم .

Progressive Architecture, p. 111.

قاعة محموعة "منبل" ، هيوستن تكساس ، ١٩٨٧ .

Menil Collection Galleries





شكل (١-٢٣)*

زودت هذه القاعات بسقف مكسو بالزجاج فوق شرائحPanelsمعدنية بيضاء متحركة و مائلة تشتت الضوء الطبيعى وتتحكم فيه حتى يمكن أن تغلقه تماماً .

أما السقف الزجاجى فمغطى بطبقة من الصلب غير القابل للصدأ مع مرشحات للأشعة فوق البنفسجية تقلل من مرورها دون تغيير التكوين الطيفى للضوء الطبيعى .

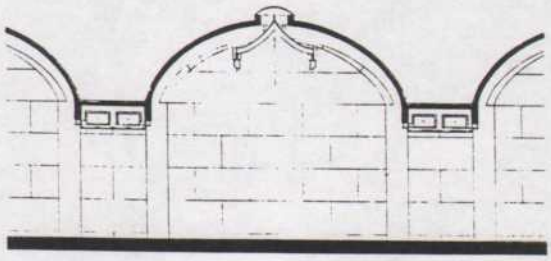
بينما تقوم الأسطح المائلة المعتدة خارج المبنى بمسافة ٠٠ر٤ متر بتظليل زجاج النوافذ .

---

* Progressive Architecture, p. 108. (مرجع سابق)

متحف «كمبل» للفنون بفورت ورث - تكساس ، ١٩٧٢

Kimbell Art Museum, Loius I. Kahn



شكل (١-٢٤)*

فى هذا التصميم عاد «لويس كان» إلى فكرة إستخدام القبو فى المتحف(Durandesque Typolgy) ولكنه قطعه من أعلى ، عند التاج بزاوية قائمة وبنسب محسوبة ، ويدخل الضوء الطبيعى منها يغمر وجهى العقد القبو وينتشر عن طريق اللوح الموجود أسفل الفتحة . مصدر الضوء هنا مرئى ولكنه لايمثل عقبة ولايمر الضوء من خلال أى طبقات مشتتة يلزم تعديلها .

---

* Louis Khan, Light is the theme: Louis I. Kahn and the Kimbell Art Museum, p. 31. (مرجع سابق)

مساحة الفتحات تساوى ثلث مساحة السقف[١] . وقد أجريت تجارب معملية على هذه النسبة كما هو موضح فى الباب الثالث من البحث .

إن فتحة السقف قد تكون أفقية أو مائلة ... إذا كانت أفقية والقاعة صغيرة فيفضل أن تكون مكونة من قطعة واحدة ، أما فى القاعة الكبيرة ،ولمنع أشعة الضوء من إعطاء سطوعات فى جميع الاتجاهات محدثة عدم وضوح الرؤية ، ففتحة السقف تأخذ شكل شريحتين أو أكثر موازيتين للحوائط[١] .

أما الأجزاء المصمتة فى السقف (الموجودة بين شرائح الفتحات المنفذة للضوء الطبيعى) فتقوى تأثير الأجزاء الأخرى المنفذة للضوء .

ويمكن تقوية هذا التأثير إذا كانت هذه الشرائح المنفذة للضوء مائلة بزوايا مناسبة وفى اتجاه الحائط المثبت عليه العمل الفنى المعروض ، مما يعطى نتائج أكثر جودة خاصة إذا زودت بأسطح مائلة تقوم بتركيز الضوء على الحائط .

ولكن العيب فى استخدام هذه المساحات من الزجاج المركبة إما أفقياً أو فى مستوى مائل هو صعوبة الاحتفاظ بها فى حالة نظيفة فضلاً عن احتمال كسرها وهناك حلول أخرى وهى استخدام ألواح بلاستيكية حديثة (سمك ٢-٣مم) وهى عالية الشفافية والصلابة[١] .

٣-١-٢ النوافذ الجانبية

إن النوافذ الجانبية قد تكون فى مستوى يُمكن الزائر من رؤية ما بالخارج أو فى مستوى عالى بالحائط ، والذى يحدد هذا الموضع هو نوعية الأعمال الفنية المعروضة[٢] .

*** النوافذ الجانبية فى مستوى منخفض :**

سواء كانت هذه النوافذ مستمرة أومتباعدة،فإن الحائط الموجودةبه ينبغى عدم إستخدامه لعرض الأعمال الفنية كذلك الحائط المقابل له ينبغى عدم استخدامه ذلك لأن الأعمال المعروضة مثل اللوحات الفنية أو أى عمل آخر ذى سطح ناعم عاكس إذا وضعت عند الحائط الذى يواجه الضوء فلامفر من أن تحدث انعكاسات تعوق الرؤية .

غير أن هذه النوافذ تلقى ضوءاً كاملاً ومناسباً على المعروضات الموضوعة عند الحوائط الأخرى وفى وسط القاعة .

ويوضح مؤيدو الإضاءة الجانبية أن هذه الإضاءة تعتبر ناجحة على وجه الخصوص فى حالة اللوحات المرسومة وأعمال النحت التى أنتجت تحت ظروف إضاءة طبيعية ،

1- The Organization of Museums, p. 165. (مرجع سابق)
2- The Organization of Museums, p. 153. (مرجع سابق)

وبالاضافة إلى ذلك فإن النوافذ الجانبية فى هذا المستوى تنظم التهوية والحرارة وتعطى فرصة للزائر لرؤية المنظر الخارجى فيريح عينيه وينشط ذهنه شكل (١-٢٥) .

* النوافذ الجانبية فى مستوى عالٍ :

هذه النوافذ تحقق إضاءة كافية خاصة إذا احتلت أكثر من حائط داخل القاعة المتحفية . (شأنها فى ذلك شأن الفتحات العلوية فى السقف) على أن تترك الحوائط الأربعة حرة لعرض الأعمال الفنية .

ولكن يفضل جعلها على إرتفاع كبير ، خارج مجال رؤية الزائر ولتجنب السطوع المبهر [١] .

وللتحكم فى الإضاءة الطبيعية من النوافذ الجانبية يمكن إستخدام الستائرأو الستائر المعدنية فى اتجاه أفقى أو اتجاه رأسى . وهذه الستائر سهلة التركيب والتشغيل وذات فعالية فى تخفيف وتشتيت الضوء حسب الرغبة[٢] ، شكل (١-٢٦) .

٣-٢ التشطيبات للأسطح الداخلية وتأثيرها على الإضاءة داخل المتحف

يتألف الضوء فى الحيز الداخلى من الضوء المباشر والضوء غير المباشر . وتتوقف كمية الضوء المباشر على مواصفات المصدر ، أما الضوء غير المباشر فتتوقف كميته على القوة الإنعكاسية للأسطح الداخلية بما فى ذلك طبيعة الألوان فيها ، فكلما زادت القوة الإنعكاسية (معامل الإنعكاس) للأسطح الداخلية قل امتصاص الضوء[٣] .

كذلك يلعب إختلاف معامل إنعكاس الأعمال الفنية المعروضة دوراً هاماً فى العلاقة بينها وبين نوعية تشطيبات الأسطح التى تحيطها .

وسيتم تفصيلياً دراسة تأثير معامل إنعكاس الأسطح الداخلية على الإضاءة الطبيعية فى الباب الثالث من البحث .

أ- الحوائط

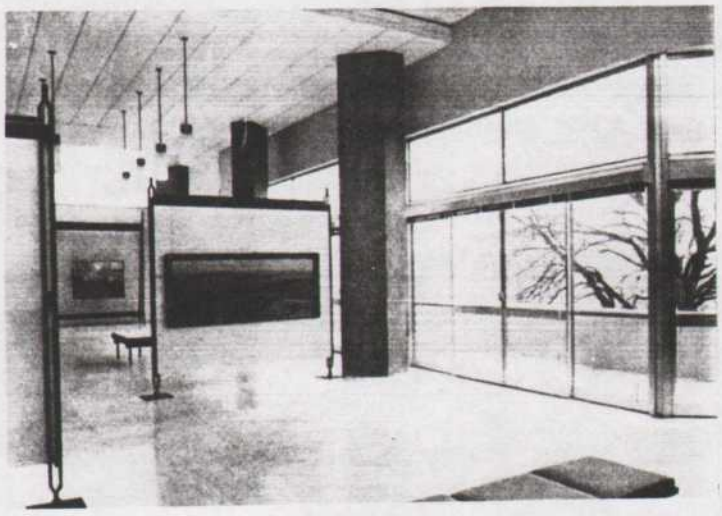
يختلف معامل إنعكاس الحوائط تبعاً للون الحائط المستخدم وبالتالى على كمية الإضاءة داخل القاعة المتحفية .

لذلك لابد من مراعاة تشطيبات الحوائط فى قاعات الأعمال الفنية بحيث يكون هناك تباين كبير بين لون الحائط وبين لون العمل الفنى المعروض .

1- The Organization of Museums, p. 153. (مرجع سابق) شكل (١-٣٨)
2- Michael Brawne, The New Museum, p. 173. (مرجع سابق)
3- Hopkinson, R.G., Architectural Physics Lighting, p. 111. (مرجع سابق)

متحف الفن الحديث ، توران

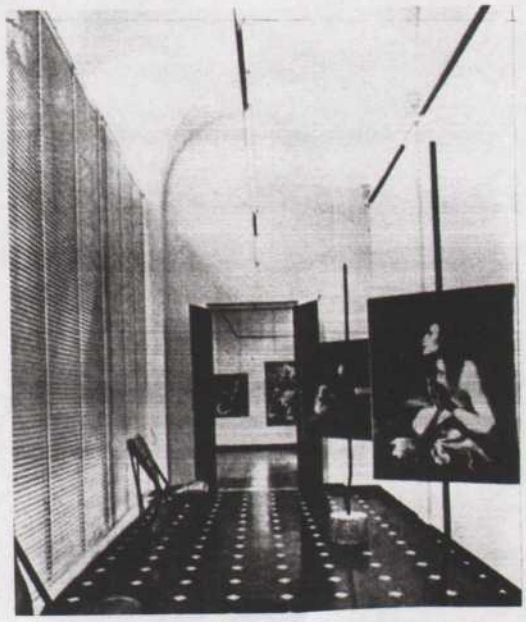
* Gallery of Modern Art, Turin



شكل (١-٢٥)* فكرة وجود المنظر الخارجى عن طريق النوافذ الجانبية داخل قاعة للأعمال الفنية .

متحف بالاتسو بيانكو بجنوا

Palazzo Bianco Museum, Genoa



شكل (١-٢٦)** فكرة إستخدام الستائر المعدنية على النوافذ لتجنب السطوع المبهر .

---

* Michael Brawne, The New Museum p. 35. (مرجع سابق)

** Michael Brawne, The New Museum, p. 53. (مرجع سابق)

فاللوحات الداكنة لاتكون فى أفضل حالاتها عند عرضها على حائط أبيض . ولكن هذا لا يعنى أن تكون اللوحات ساطعة وأن تكون الخلفية داكنة فقد أجريت تجربة فى أحد المتاحف بأن جعلت كل الأسطح الداخلية من الألوان الداكنة ووزعت الإضاءة بحيث تكون الأعمال الفنية المعروضة ساطعة فى المحيط الداكن ، فكانت النتيجة أن أعطت شعوراً بالكآبة وعدم الراحة للزائرين فضلاً عن إحساسهم بأنهم فى كهف مظلم غير مريح[١] .

لذا فإن معالجة الحوائط تساهم مساهمة كبيرة فى جعل القاعات باعثة على الإرتياح ، وبها تنوع ، فضلاً عن تسهيل استخدامها وتعليق المعروضات عليها .

وتقوم المواد والألوان بالدور الرئيسى فى ذلك ، وإن كان من الصعب إعطاء اقتراحات محددة فى هذا الشأن حيث أن الإختيارات المختلفة تخضع لذوق وقرار المصمم نفسه[٢] .

ولكن فى نفس الوقت لابد أن يكون هناك انسجام بين الألوان فى الحوائط والألوان فى الأعمال الفنية المعروضة بشرط ألا تتعارضا معا فى نوعيتها وتركيزها ، شكل (١-٢٧) .

إن اختلاف معامل انعكاس الأعمال الفنية المعروضة على الحوائط (اللوحات الفنية) يلعب دوراً هاماً فى العلاقة بين لون اللوحات ولون الحائط الذى تعلق عليه ، حيث تعكس الصورة الداكنة ضوءاً قليلاً نسبياً لذا تظهر فى تضاد حاد مع الحائط إذا كان لونه أبيض أو فاتحاً جداً ، مما يستدعى أحياناً تجديد ألوان حوائط قاعات العرض حتى تصبح ملائمة كخلفية عرض لبعض اللوحات[٣] .

وهناك رأى أنه من الناحية النظرية (وعلى أساس أخذ نوعية الأعمال الفنية المعروضة فى الإعتبار) ، كلما كبرت القاعة وزادت مساحة الحائط ، فيكون من المفضل استخدام الالوان الفاتحة . به ، وإذا كانت إرتفاعات الحوائط كبيرة بالمقارنة مع أحجام الأعمال الفنية المعروضة ، يمكن دهانها بلون مناسب حتى إرتفاع معين وترك الباقى أبيض مثل السقف[٤] .

ب- الأرضيات

لايكفى النظر إلى أرضية المتحف على أنها مجرد سطح لخدمة الحركة الأفقية وإنما هى أيضاً تلعب دوراً هاماً فى العرض كخلفية مرئية للأعمال الفنية المعروضة ، كذلك كسطح تعرض عليه .

1- Garry Thomson, Museum Environment p. 27. (مرجع سابق)

2- The Organization of Museum p. 168. (مرجع سابق)

(٣) م/محمد النحاس - التأثير المتبادل بين الإدراك الحسى الداخلى للمتاحف - ص١٠٠ مرجع سابق .

4- The Organization of Museum, 169. (مرجع سابق)

متحف محمود مختار، القاهرة

شكل (١-٢٧) وجود حائط أبيض كخلفية لتمثال من اللون الأبيض أيضاً مما يؤثر على إبراز جمال العمل الفنى المعروض .

وعلاوة على ذلك لون الأرضية ونسيجها يزيد الأعمال الفنية المعروضة جمالاً. وبصفة عامة يجب أن يكون لون الأرضية أغمق من لون الحائط وبمعامل إنعكاس أقل من ٣٠٪ ، وذلك لأنه إذا كانت الأرضية من الرخام الأبيض مثلاً وبمعامل إنعكاس مقداره حوالى ٥٠٪ ، فإنها ستكسر الضوء نحو اللوحات وخاصة تلك ذات الألوان الداكنة ، مما يعوق الرؤية[١] .

إن نوع الأرضية المختار داخل المتحف لابد أن تتوفر له قوة التحمل ، (أى أن يكون ذو مقاومة عالية للتآكل) حتى لاتتعرض الأعمال الفنية المعروضة لسقوط غبار عليها ، إلى جانب متطلبات الصيانة (أى السهولة والكفاءة)[٢] .

ومن الأرضيات المستخدمة فى المتاحف[١] :

* الرخام (فى الممرات والمداخل ولكنه ليس مفضلاً فى قاعات العرض) شكل (١-٢٨) .
* بلاطات السيراميك .
* السجاد (لايستخدم فى حالة المعروضات الثقيلة على الأرضية)
* الخشب (من أفضل المواد المستخدمة فى أرضيات قاعات الأعمال الفنية) . شكل (١-٢٩) ، شكل (١-٣٠) .

جـ- الســـقف

غالباً مايرى الزائر الأعمال الفنية المعروضة بالمتحف على الحوائط أو فى الخزائن أو على الأرضية ، ولكن فى بعض الأحيان يراها فى إتجاه السقف إذا كانت بعض المعروضات كبيرة الحجم شكل (١-٣١) أو معلقة من السقف شكل (١-٣٢) .

وفى هذه الحالة لابد أن يكون للسقف الملمس واللون المناسبين لطبيعة المعروضات .

إن الأسقف فى قاعات الأعمال الفنية تكون غالباً فاتحة اللون[٣] (قريبة من الأبيض) وذلك من حيث اللون أما من حيث الشكل فقد تكون أفقية أو على شكل قبو أو مائلة ... وكل هذه العوامل تؤثر على إنعكاس الضوء على السقف .

وقد يكون السقف هو مصدر الضوء الطبيعى نفسه داخل القاعة وهذه هى الحالة التى ستعرض تفصيلياً فى الباب الثالث من البحث حيث سيتم تناول تأثير اختلاف معامل انعكاس السقف (أى اختلاف نوعية التشطيب به) على كمية الإضاءة الطبيعية وتوزيعها خاصة عند أسطح الحوائط التى تعرض عليها اللوحات الفنية .

1- The Organization of Museums p. 169.

(٢) م/ محمد النحاس التأثير المتبادل بين الإدراك الحسى والتصميم الداخلى ص ١٠٦ .

3- Coleman Laurance, Museum Building, p. 153.

متحف ڤرچينيا للفنون الجميلة .

* Virginia Museum of Fine Art.

شكل (١-٢٨)* إستخدام الأرضية الرخام فى الممرات والمداخل

---

* Douglas Davis, The Museum Transformed, p. 133. (مرجع سابق)

متحف أوكانوياما لفنون الجرافيك اليابان

* Okanoyama Graphic Art Museum, Japan.

شكل (١-٢٩) *

متحف "كمبل" للفنون .

* Kimbell Art Museum.

شكل (١-٣٠) ** إستخدام الأرضية الخشب فى قاعات الأعمال الفنية .

---

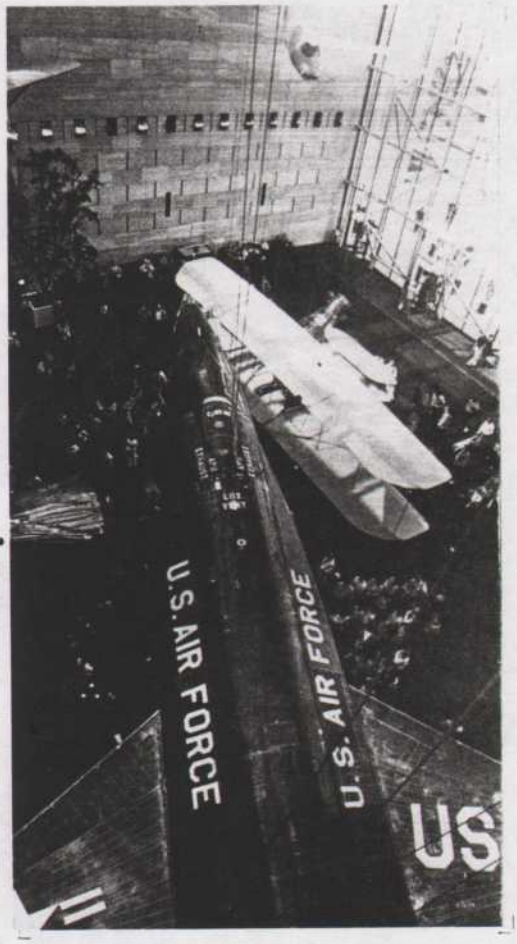
*,** Douglas Davis, The Museum Transformed, p. 53, 91.

متحف دالاس للفنون رتكساس

* Dallas Museum of Art, Dallas.

متحف معهد سميتزوينوان ، واشنطن .

* Museum Smithsonian Institution.



شكل (١-٣١)*
معروضات كبيرة الحجم تظهر السقف والأرضية معاً

شكل (١-٣٢)** معروضات تعلق من السقف

---

*,** Douglas Davis, The Museum Transformed, p. 71, 79. (مرجع سابق)

٤- جودة الإضاءة الطبيعية داخل المتحف

إن تحقيق كمية الإضاءة التى يتطلبها المتحف للمحافظة على الأعمال الفنية المعروضة والوصول إلى مستويات منخفضة من شدة الاستضاءة خاصة فى الأعمال الفنية الحساسة للضوء (٥٠ لاكس) والانتقال إليها من مكان ذى مستوى عال لشدة الاستضاءة ، تحتاج أن يكون هناك تباين نسبى بين هذه المستويات من الإضاءة وهذا يعنى جودة إضاءة ...

إن العين والمخ يكونان منظومة معقدة ، ولكنها فى نفس الوقت قابلة للتكيف فى نطاق مجالات واسعة من المستويات الضوئية ودرجات الحرارة اللونية ، والعين والمخ يعملان معا بفعالية على اتساع تلك المجالات ، الأمر الذى له أهميته فى القدرة على إدراك الأشياء لا على أساس مستوى ضوئى مطلق بل على أساس مستوى جودة الإضاءة المتاحة وعلى الأخص العلاقة بين مصادر الضوء وبعضها البعض وكذا العلاقة بين المساحات المضاءة والمظلمة وتلك بين مختلف التوزيعات الضوئية[١] .

وهناك عدد من العوامل الهامة تحقق إحتياجات الإضاءة الجيدة وهى التكيف adaptation ، والتحكم فى السطوع المبهر glare ، والتباين النسبى بين سطوع الأشياء داخل مجال الرؤية relation between the brightness of areas

٤-١ التكيف Adaptation

إن عين الإنسان مزودة بعدسة ونظام لضبط الفتحة وتوجيه الصورة المحددة إلى الشبكية ذلك السطح الحساس الموجود بها . والذى يتكون من خلايا عصبية مرتبطة ببعضها[٢] .

والرؤية بالعين تعتمد على كمية الضوء الساقط على الجسم المرئى ومن ثم كلما سقط ضوء أكثر أصبح مرئياً بصورة أوضح ، ولكن الرؤية البصرية تعتمد على الدقة البصرية وهى القدرة على تمييز التفاصيل الدقيقة لو أخذت العين الزمن الملائم . والتكيف هو قدرتنا النفسية على ضبط العين على مختلف مستويات الضوء عن طريق تغيير حجم إنسان العين (pupil) .

فحين إنتقال الإنسان من مكان ذى مستوى شدة إستضاءة عال (ضوء الشمس اللامع) إلى مكان آخر ذى مستوى منخفض سيحس على الفور بالزمن (٢٠-٣٠ ثانية)

1- Michael Brawne, The Museum Interior, ... p. 104.

2- Gregory, R.L., Eye and Brain, the Psychology of Seeing World University Library, Mc Graw Hill Book Company 1973, p. 45.

الذى يجب انقضاؤه لكى تصبح التفاصيل مرئية داخل ذلك المكان والذى يبدو لأول وهلة أن إضاءته ضعيفة للغاية[١] .

وبالمقابل عند مغادرة هذا المكان المظلم إلى الشمس الساطعة فإن العين تتكيف فى ثوان أقل . شكل (١-٣٣) ، شكل (١-٣٤) .

كذلك فى المتحف ، فإن الزائر يحتاج إلى وقت للتكيف عند انتقاله من قاعة ذات شدة استضاءة عالية بها تماثيل منحوتة مثلاً إلى قاعة يصل مستوى شدة الإستضاءة بها إلى ٥٠ لاكس (أعمال فنية حساسة للضوء)[٢] .

ولاتتم عملية التكيف فقط داخل قاعة الأعمال الفنية ولكن من بداية الدخول إلى المتحف .

كذلك ، يلاحظ أن التغيير المتعاقب بين المناظر الخارجية المكشوفة والجدران الداخلية الضعيفة الإضاءة يجعل الأعمال الفنية المعلقة على الحوائط صعبة الرؤية . وبناء عليه يمكن أن نشكو من عدم كفاية إضاءة العمل الفنى ورؤية التفاصيل ، وهذا غير صحيح فالمشكلة هى كيفية التكيف مع المكان الذى يعرض فيه العمل الفنى .

لذا لابد أن يراعى تخفيض إضاءة الفناء الخارجى للمتحف عن طريق ستائر وألا تكون الأرضية الخارجية له ذات معامل انعكاس عالٍ .

أما النافذة الجانبية ذات الجوانب البيضاء العميقة والمتدرجة الضيِّق فتوضح تدرجات السطوع من نافذة الضوء إلى الحائط وبالتالى تقلل السطوع المبهر .

كذلك لايؤدى إستخدام الستائر المعدنية أو الكاسرات الرأسية أو الأفقية إلى تخفيض كمية الضوء، فقط ولكن أيضاً إلى تخفيض التباين بين مصدر الضوء الساطع والعمل الفنى المعروض .

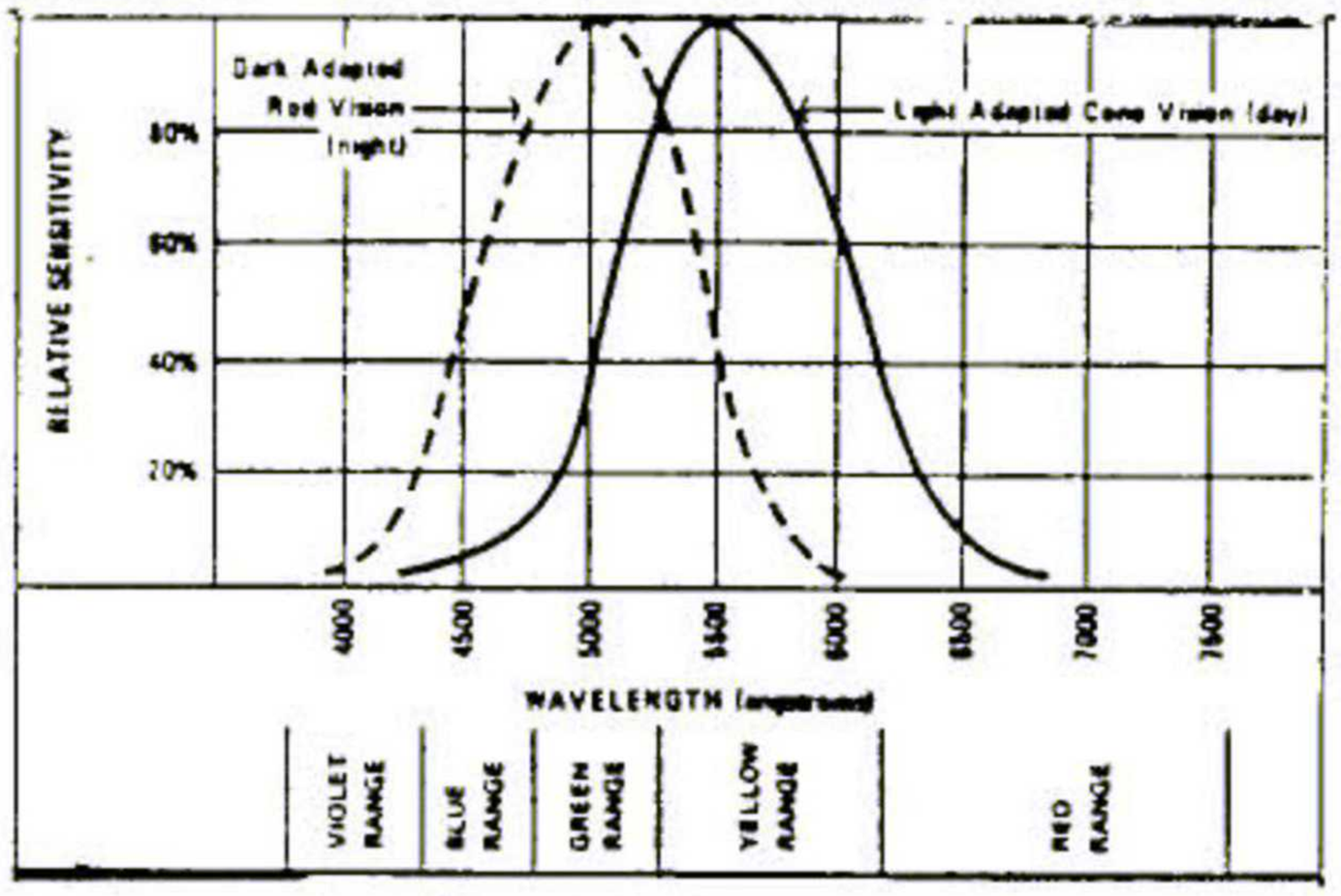
وتعتبر الإضاءة العلوية (فى السقف) من أفضل الحلول للوصول إلى مستوى منتظم لشدة الاستضاءة خاصة على الحوائط[٣] .

٤-٢ السطوع المبهر Glare

السطوع المبهر هو ذلك الشعور غير المريح الذى ينتاب الإنسان حين ينظر إلى مساحة ساطعة جداً بينما تكون الأسطح المحيطة بها أقل سطوعاً بدرجة كبيرة . شكل (١-٣٥) .

1- Michael Brawne, The Museum Interior, p. 104. (مرجع سابق)
2- Michael Brawne, The Museum Interior, p. 107. (مرجع سابق)
3- Michael Brawne, The Museum Interior, p. 104. (مرجع سابق)

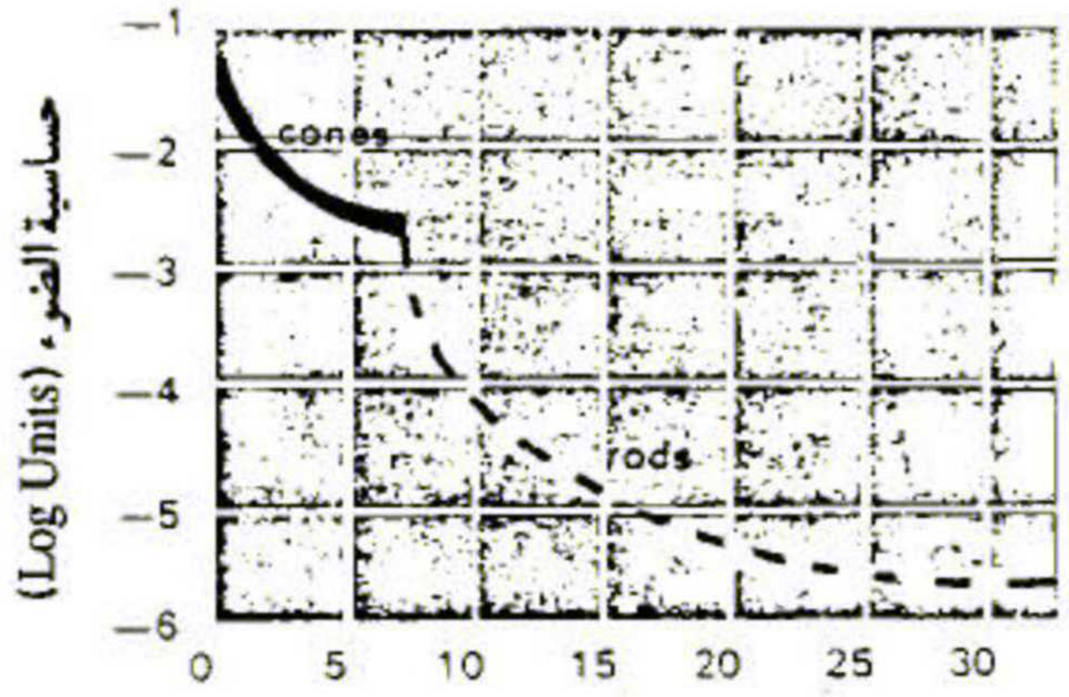
حساسية العين



— — — التكيف الظلامى للعين

——— التكيف الضوئى للعين

شكل (١-٣٣) تغير حساسية العين لطول الموجه فى الطيف عند التكيف الضوئى للعين . ويلاحظ وجود نقلة للتكيف الضوئى على طول الطيف عندما تنشط الخلايا المخروطية بدلا من الخلايا الاسطوانية.



— — — تكيف الخلايا المخروطية

——— تكيف الخلايا الاسطوانية

شكل (١-٣٤) تزايد حساسية العين فى الظلام المعروف بالتكيف الظلامى ، ويلاحظ أن الخلايا الاسطوانية أبطأ فى التكيف ولكنها تصل إلى حساسية أعلى .

---

* Flynn, John E., et al: Architectural interior systems lighting, air conditioning, accoustics.

** Gregory, R.L.: Eye and Brain p. 75.

هذا فضلاً عن أن هذا الشعور يقلل من القدرة على رؤية كل من التفاصيل والألوان بوضوح .

ويلاحظ أن ما يقوم به الإنسان تلقائياً فى هذه الحالة هو أن يحاول إظلام المساحة البراقة بإظلال عينيه بيده ، لذا فإذا كان مصدر الضوء محجوبا بستائر أو ألواح متحركة ومائلة ... يصبح العمل الفنى المعروض مرئياً بدرجة أكبر [١] .

كذلك فإن العمل الفنى الموضوع بجانب أو أسفل نافذة ضوء ساطع يكون أقل وضوحاً ويبدو كما لو كان غير مضاء إضاءة كافية [٢] . شكل (١-٣٦) . لذا فإن موضع وزاوية الضوء لهما دور كبير فى تجنب السطوع المبهر وهما يختلفان تبعاً لنوعية العمل الفنى المعروض .

إذ يؤثران على شكل العمل الفنى نفسه وعلى رؤية تفاصيله ، شكل (١-٣٧) .

٤-٣ التباين النسبى بين سطوع الأشياء داخل مجال الرؤية
Relation Between The Brightness of Areas

إن العلاقة بين المساحات المختلفة من حيث السطوع تظل واضحة حتى فى المجالات الأكثر إنخفاضاً من حيث الإضاءة .

غير أن الفروق بين مستويات الإضاءة لا ينبغى أن تكون من الكبر بحيث تعطى انطباعاً بأن الزائر يقف فى مكان مظلم يتطلع إلى أعمال فنية مضاءة إضاءة ساطعة . إذ أنه لايمكن أن تؤدى إضاءة بعض الأعمال الفنية بشكل مبالغ فيه فى وسط قاعة سوداء إلى أى إحساس بوجود حيز مضاء [٣] .

كذلك يؤدى التباين الشديد بين قاعتين متجاورتين إلى إظهار المناطق المظلمة كئيبة وتقليل القدرة على رؤية التفاصيل .

وتتطلب الراحة والجودة البصرية توزيعاً جيداً للتباين فى مجال الرؤية الذى يكون بالنسبة لزائر المتحف على شكل مخروط تحدده بالتقريب زاوية مقدارها ٤٠° ، ويمكن القول أنه عريض أفقياً أكثر منه مرتفع رأسياً فالأسهل للزائر أن يحرك رأسه من أن يحرك عينيه معاً خارج الحدود المقررة وبناء عليه يمكن حساب المساحة التى يمكن رؤيتها بشكل مريح وعلى بعد معين [٤] . شكل (١-٣٨) .

وهناك رأى أن يكون التباين بين العمل الفنى المعروض فى حدود ١ : ١ر٠ وإذا وصل هذا التباين إلى ٥ر٠ : ١ر٠ يعتبر أيضاً مرضياً .

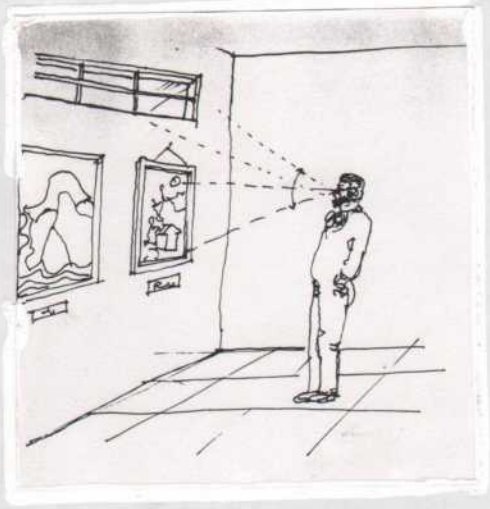
1- Michael Brawne, The Museum Interior, p. 104. (مرجع سابق)
2- Garry Thomson, Museum Environment, p. 26. (مرجع سابق)
3- Michael Brawne, The Museum Interior p. 106. (مرجع سابق)
4- Michael Brawne, The New Museum, p. 181. (مرجع سابق)

صالة معروضات الفن الحديث بمتحف بالهند .

* Bharat Bhavan

شكل (١-٣٥)*
يوضح السطوع المبهر الناتج عن فتحة فى السقف

شكل (١-٣٧)** تغير فى شكل العمل الفنى
نتيجة لتغير موضع مصدر الضوء

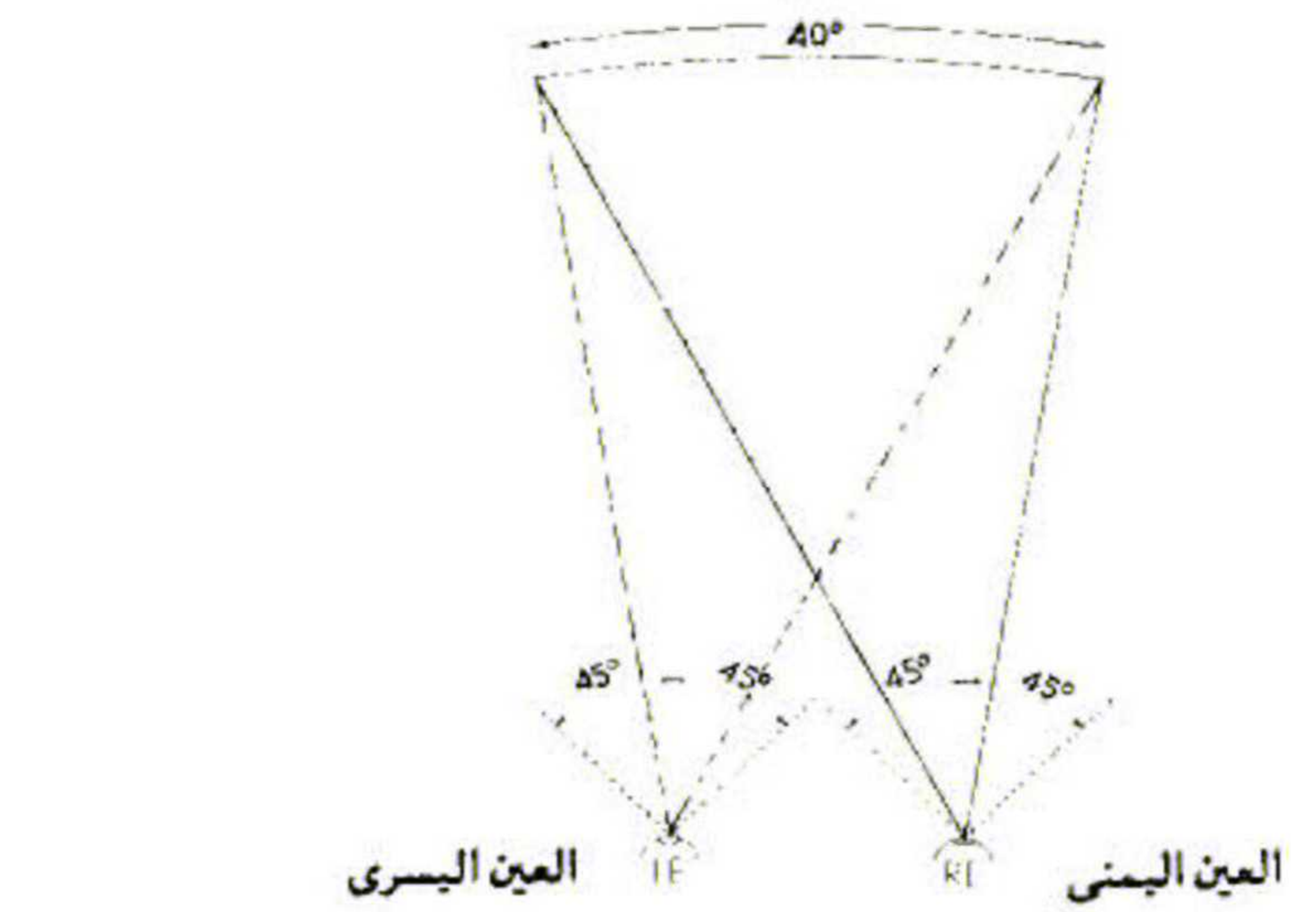


شكل (١-٣٦) وضع العمل الفنى
أسفل نافذة ضوء يسبب سطوعاً مبهراً

---

* مجلة المتحف ، اليونسكو ١٩٨٩ ، عدد ١٦٤ ، ص٣٦ .

** Dr. Walter Kohler, Lighting Architecture, Light and Colour, Reinhold publishing corporation, p. 139.



شكل (١-٣٨) *

يوضح حالات ثلاثة للمسافة الواقعة بين الزائر واللوحة الفنية والتى تتغير أبعادها مع الاحتفاظ بزاوية الـ ٤٠° لمجال الرؤية .

---

* Michael Brawn, The New Museum, p. 181. (مرجع سابق)

ولكن هناك أراء أخرى تعتبر أنه لامعنى لهذه النسب بدون أخذ ماهو معروض فى الاعتبار[١].

وأخيراً ، وبعد استعراض هذه المبادئ والحلول والآراء المختلفة والمقترحة سيتم التركيز فى هذا البحث على نوعية واحدة من القاعات المتحفية المخصصة لعرض اللوحات الفنية والتى تكون اضاءتها اضاءة طبيعية مصدرها فتحات علوية . وستشمل الدراسة عمل تجارب معملية مع الأخذ فى الاعتبار كل هذه المبادئ السابق ذكرها وتأثيرها على الإضاءة الطبيعية داخل القاعة وسيتم ذلك تفصيلياً فى الباب الثالث من البحث.

1- Progressive Architecture, p 106. (مرجع سابق)

الباب الثانى

طرق تحليل الإضاءة الطبيعية

داخل المبانى

محتويات الباب الثانى

١ - تمهيـــد

١-١ تغيرات حالة السماء

١-٢ مكونات الضوء الطبيعى

٢- طرق تحليل الإضاءة الطبيعية داخل المبانى

٢-١ طريقة النماذج المجسمة Physical Scale Modelling

٢-٢ طرق التحليل البيانية (شدة الإستضاءة النسبية)

Graphic Methods (Relative Illuminance)

٢-٣ طرق التحليل الحسابية (شدة الإستضاءة المطلقة)

Illuminance Calculation Methods (Absolute Illuminance)

٢-٣-١ طريقة «اللومن»

The Lumen Input Method

٢-٣-٢ طريقة سريان الفيض الضوئى

The Flux Transfer Method

٢-٤ طريقة التحليل بإستخدام الحاسب (الكومبيوتر)

Computer Aided Analysis Method

١- تمهيـــد

يدور هذا البحث حول حالة استخدام الضوء الطبيعى فى الإضاءة المتحفية الداخلية ، ويستهدف التوصُّل إلى التصميمات المعمارية الملائمة لذلك ، أى تلك التى تكفل تحقيق شروط الإضاءة السليمة المناسبة لنوعية المعروضات ، بما فيها المستوى المناسب من شدة الاستضاءة ، عند المواضع التى ستثبت بها المعروضات داخل المتحف .

وعلى وجه التحديد وكما سبق ذكره تم اختيار نقطة البحث كالآتى : قاعة متحفية مخصصة لعرض اللوحات الفنية على حوائطها ، ومضاءة بالضوء الطبيعى الذى يأتيها من سماء صافية خلال فتحة أو فتحات فى سقف القاعة ، مع اختيار نقاط معينة فى القاعة ليتم حساب شدة الاستضاءة عندها ، ومقارنتها بالمستوى الواجب توافره لهذا النوع من المعروضات .

وقد واجه هذا البحث ، مسألة إختيار إحدى الطرق المعمول بها والخاصة بتحليل الإضاءة الطبيعية ، لكى يتم إتخاذها (أى الطريقة المختارة) أساسا للحسابات المتضمنة فيه ، وبالتالى للنتائج المترتبة عليها .

وفى سبيل ذلك تم إستعراض الطرق المشار إليها ، والتعرف على حدود تطبيق كل منها ، ومقارنة تلك الحدود بمتطلبات نقطة البحث المشار إليها ، لإمكان إختيار أكثر تلك الطرق ملاءمة لنقطة البحث .. وذلك كله كما هو موضح بالفقرات التالية من هذا الباب .

١-١ تغيرات حالة السماء

تختلف خطوات تحليل الإضاءة الطبيعية فى كل من الطرق المشار إليها بإختلاف حالة السماء التى تتغير باستمرار تغّيرات لانهائية متراوحة فى ذلك ما بين حالتين : حالة السماء الملبدة بالغيوم وحالة السماء الصافية .

١-١-١ سماء ملبدة بالغيوم

فى حالة السماء الملبدة بالغيوم يثبت ضوء الشمس فى القبة السماوية ويصبح الضوء الذى يصل إلى الأرض هو ما يمكن تسميته "ضوء السماء"[(١)] .

وعلى الرغم من أن الاستضاءة التى توفرها السماء المبلدة بالغيوم خارج المبنى منخفضة (٥٠٠ إلى ٢٠٠ قدم شمعة) إلا أنها أكبر بمقدار ١٠ إلى ٥٠ مرة مما هو مطلوب داخل المبنى[(٢)] .

(1) Flynn, J.E, et al.: Architectural Interior Systems, Lightings, Air Conditioning, Acoustics, 1970, p. 102.
(2) Norbert Lechner, Heating, Cooling, Lighting, Design Methods for Architects, 1991, p. 313.

كذلك يعادل توزيع السطوع (قوة الإضاءة) عند الأوج Zenith ثلاث مرات سطوعه (قوته) عند الأفق . شكل (٢-١) .

١-١-٢ سماء صافية

فى حالة السماء الصافية فإن الجزء الساطع من السماء وهو الموجود فى اتجاه الشمس ، يكون أكثر سطوعاً بمقدار عشر مرات من أكثر أجزاء السماء إظلاما (وهو الواقع على زاوية ٩٠° من الشمس) شكل (٢-٢).

وتصل شدة الاستضاءة التى توفرها السماء الصافية خارج المبنى إلى قيمة عالية (٦٠٠٠-١٠٠٠٠ قدم شمعة) وهى أكبر بمقدار ١٠٠ مرة عما هو مطلوب داخل المبنى[١].

١-٢ مكونات الضوء الطبيعى

يمكن تقسيم الضوء الطبيعى الذى يصل إلى نقطة معينة داخل المبنى إلى عدة مكونات تختلف باختلاف حالة السماء ، شكل (٢-٣) .

أ- ضوء الشمس المباشر

ب- ضوء السماء

جـ- الضوء المنعكس خارجيا من الأرض أو المبانى المقابلة

د- الضوء المنعكس داخليا من الحوائط أو الأسقف أو مساحات أخرى داخلية[٢].

ويختلف الضوء الطبيعى الناتج عن كل مصدر من حيث الكم والكيف.

والهدف العام الذى يجب أن تحققه الإضاءة الطبيعية داخل المبنى (وهو لا يختلف عن هدف الإضاءة الصناعية) هو إعطاء ضوء ذى جودة عالية ، مع عدم السماح بالسطوع المبهر إلا فى أضيق الحدود ، ومع حجب الانعكاسات ونسب السطوع العالية .

ولكن هناك أهدافاً أخرى تختص الإضاءة الطبيعية بالعناية بها ، وأهمها[٣]:

أ- رفع مستوى الإضاءة فى أقصى الفراغ الداخلى بحيث يكون هناك تدرج ضوئى جيد بين بدايتها (عند نافذة الضوء الطبيعى) ونهايتها.

ب- منع أو تقليل السطوع المباشر الموجود عند نوافذ الضوء الطبيعى .

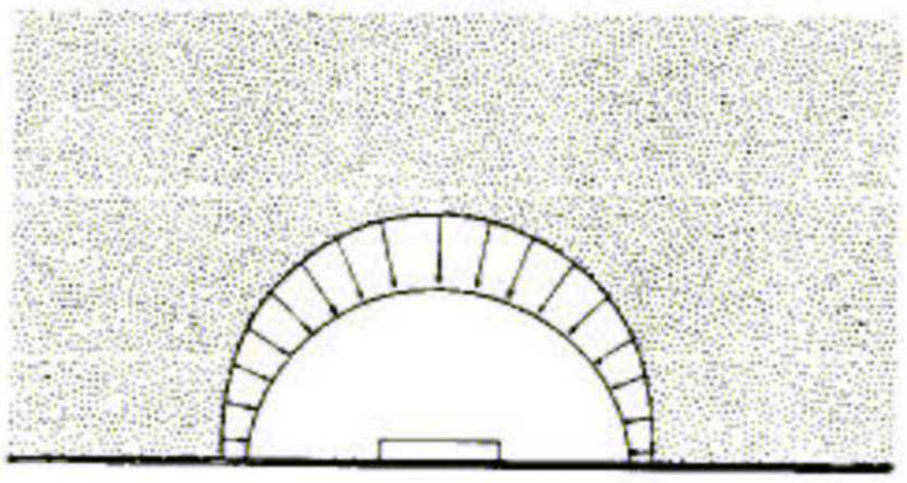
جـ- منع النسب العالية من السطوع خاصة تلك الناشئة عن أشعة الشمس المباشرة .

---

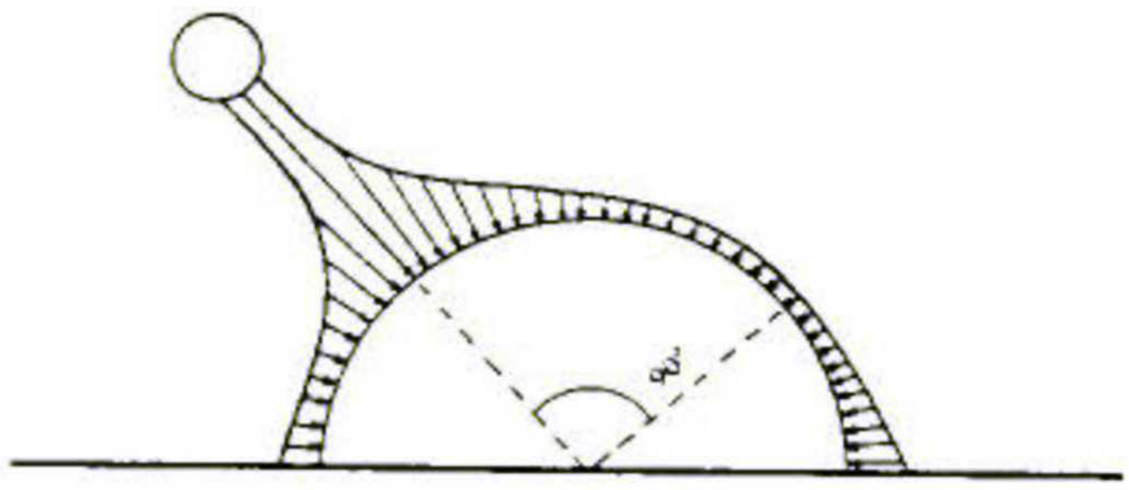
(1) Norbert Lechner, Heating, Cooling, Lighting, Design Methods, p. 314

(2) Koenigsberger, et al : Manual of Tropical Housing and building, part one, Climatic design, 1974, p. 141.

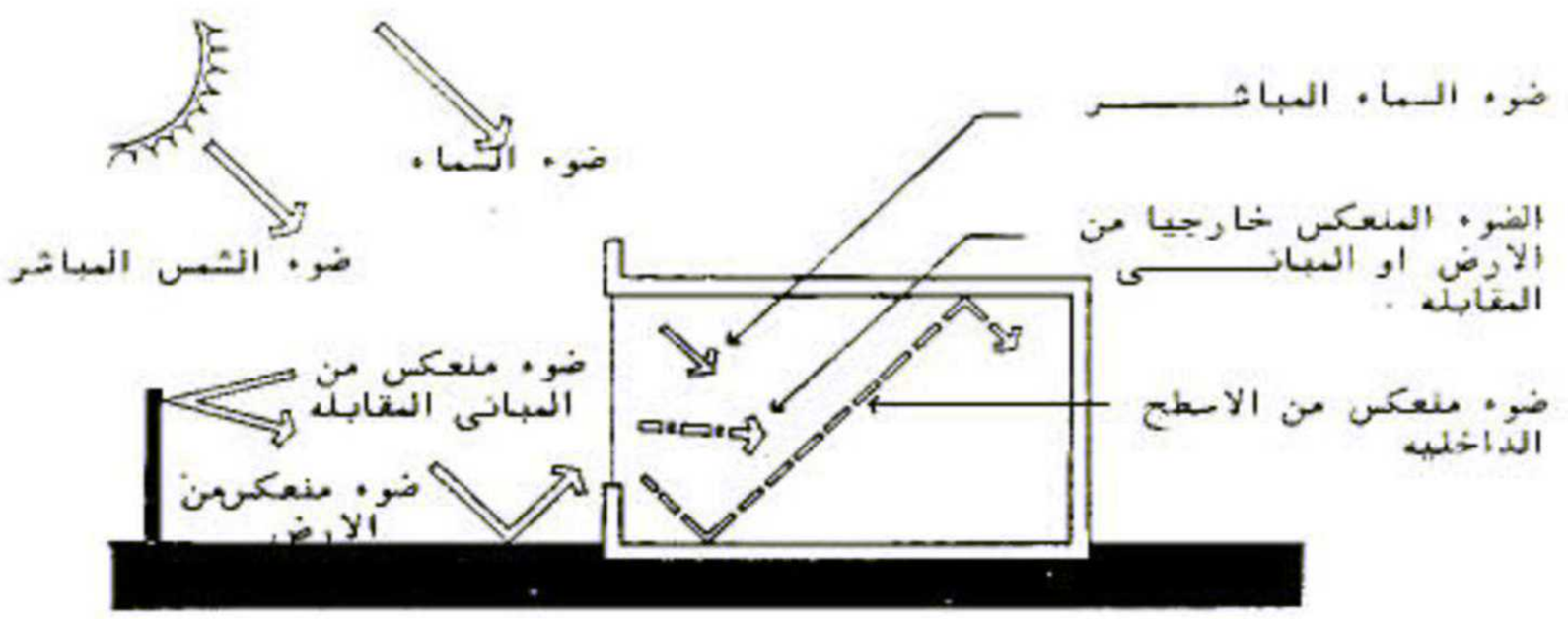
(3) Norbert Lechner, Heating, Cooling, Lighting, Design Methods, for Architects p. 318.



شكل (٢-١)[١] حالة السماء الملبدة بالسحب : قوة الإضاءة عند الأوج تعادل ثلاث مرات قوتها عند الأفق .



شكل (٢-٢)[١] حالة السماء الصافية : الجزء الساطع من السماء الموجود فى إتجاه الشمس أكثر سطوعاً بمقدار عشر مرات من أكثر أجزاء السماء إظلاما (وهو الواقع على زواية ٩٠° من الشمس)



شكل (٢-٣)[١] مكونات الإضاءة الطبيعية التى يمكن أن تصل عند نقطة معينة داخل المبنى

---

(1) Norbert Lechner, Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architects, p. 313. (مرجع سابق)

(2) Egan M. David, Concepts in Architectural Lighting, 1976, p. 193.

وتتيح طرق تحليل الإضاءة الطبيعية ، وهى التى تحدد شدة الإستضاءة عند نقاط مختلفة فى الفراغ الداخلى ، للمصمم أن يتعرف على مواصفات الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ ومدى تحقيقها للغرض المطلوب.

وقد بذلت جهود كبيرة فى دول عديدة وفى إطار اللجنة الدولية للإضاءة CIE للوصول إلى طرق معتمدة لأجل التحليل وإجراء الحسابات ، وطبيعى أن تحتوى كل طريقة على إمكانيات لاتتوافر فى الطرق الأخرى فضلا عن أن كلا منها تحتوى على عوامل تحد من تطبيقها فى حالات معينة .

وفى الفقرات التالية استعراض لتلك الطرق تفصيليا ، وخصائص كل منها وحدود استخدامها ، وصولا إلى تحديد ما يعتبر منها أكثر ملاءمة لنقطة البحث .

٢- طرق تحليل الإضاءة الطبيعية داخل المبانى

٢-١ طريقة النماذج المجسمة
Physical Scale Modelling

إن طريقة النماذج المجسمة تعطى المصمم تصوراً لحالة الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ المراد دراسته من حيث الكم والكيف . وكذلك مدى تأثير الفراغ الداخلى وتنظيم الأثاث به على توزيع الضوء ، إلى جانب دراسة السطوع المبهر والتباين فى هذا الفراغ[١] . كما أن هذه الطريقة تعطى فرصة لاستخدام آلة التصوير وتسجيل تقارير عن حالة الإضاءة الطبيعية . شكل (٢-٤). وتوجد عدة أنواع للنماذج المجسمة تختلف تبعاً لنوعية المعلومات المراد دراستها فى المبنى ولكل منها بطبيعة الحال مقياس تنفيذ مناسب[٢] .

وتقاس شدة الاستضاءة عند النقاط المختلفة فى النموذج بواسطة جهاز قياس يختلف عن "اللاكسميتر" التقليدى فى أن المجس الضوئى (sensor) الخاص به من النوع الإلكترونى الصغير. الحجم نسبياً ، الأمر الذى يضمن ألا يحدث ارتباك فى النماذج عند إدخاله[٣] شكل (٢-٥) ، ويجرى اختبار النماذج المجسمة إما تحت السماء الطبيعية أو باستخدام سماء صناعية .

وفى حالة الاختبار تحت السماء الطبيعية فإن تغيرات الطقس غير المتوقعة وتغير حالة السماء يؤثران على شدة الاستضاءة المطلقة داخل المبنى ولهذا السبب يفضل إستخدام شدة الاستضاءة النسبية (أى المنسوبة إلى شدة الاستضاءة خارج المبنى وهى لاتتغير كثيراً مع تغير حالة السماء) للدراسة والمقارنة.

أما عن الاختبار باستخدام السماء الصناعية فهناك نوعان[٤] :

أ- قبة نصف كروية Hemispherical Dome

ب- صندوق مرايا Mirror Box

والنوعان يستخدمان لمحاكاة حالة السماء المبلدة بالغيوم ، أما لمحاكاة حالة السماء الصافية ، فيستخدم جهاز "الهليودون" شكل (٢-٦) .

وفى هذا البحث لم يؤخذ بطريقة النماذج المجسمة نظراً لأن نقطة البحث تحتاج إلى

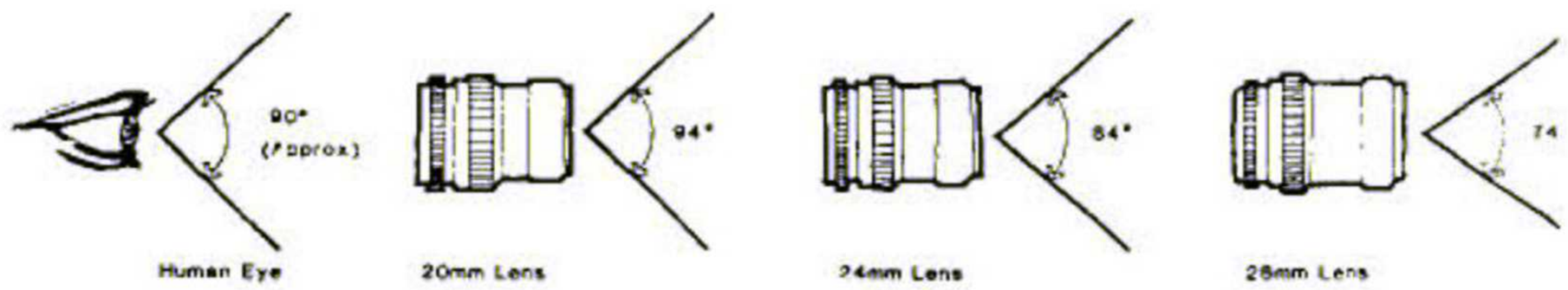
---

(1) Fuller Moore, Concepts and Practice of Architectural Daylighting, Illustrations by Gregory Anderson, 1991, p. 167.

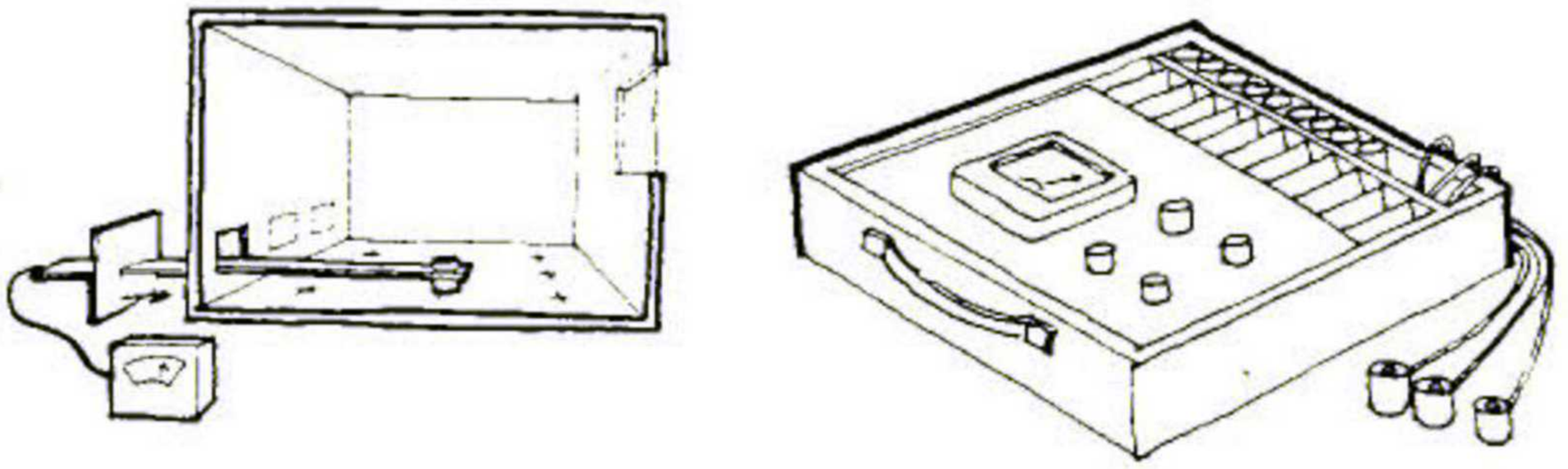
(٢) ملحق (جـ)

(3) Fuller Moore, p. 175. (مرجع سابق)

(4) Robbins, C.L., Daylighting Design and Analysis, p. 227.



شكل (٢-٤)[١] استخدام آله التصوير فى النماذج المجسمة وتسجيل تقارير عن حالة الإضاءة الطبيعية ، والمقارنة بين زوايا الرؤية لعدسات مختلفة وعين الإنسان .

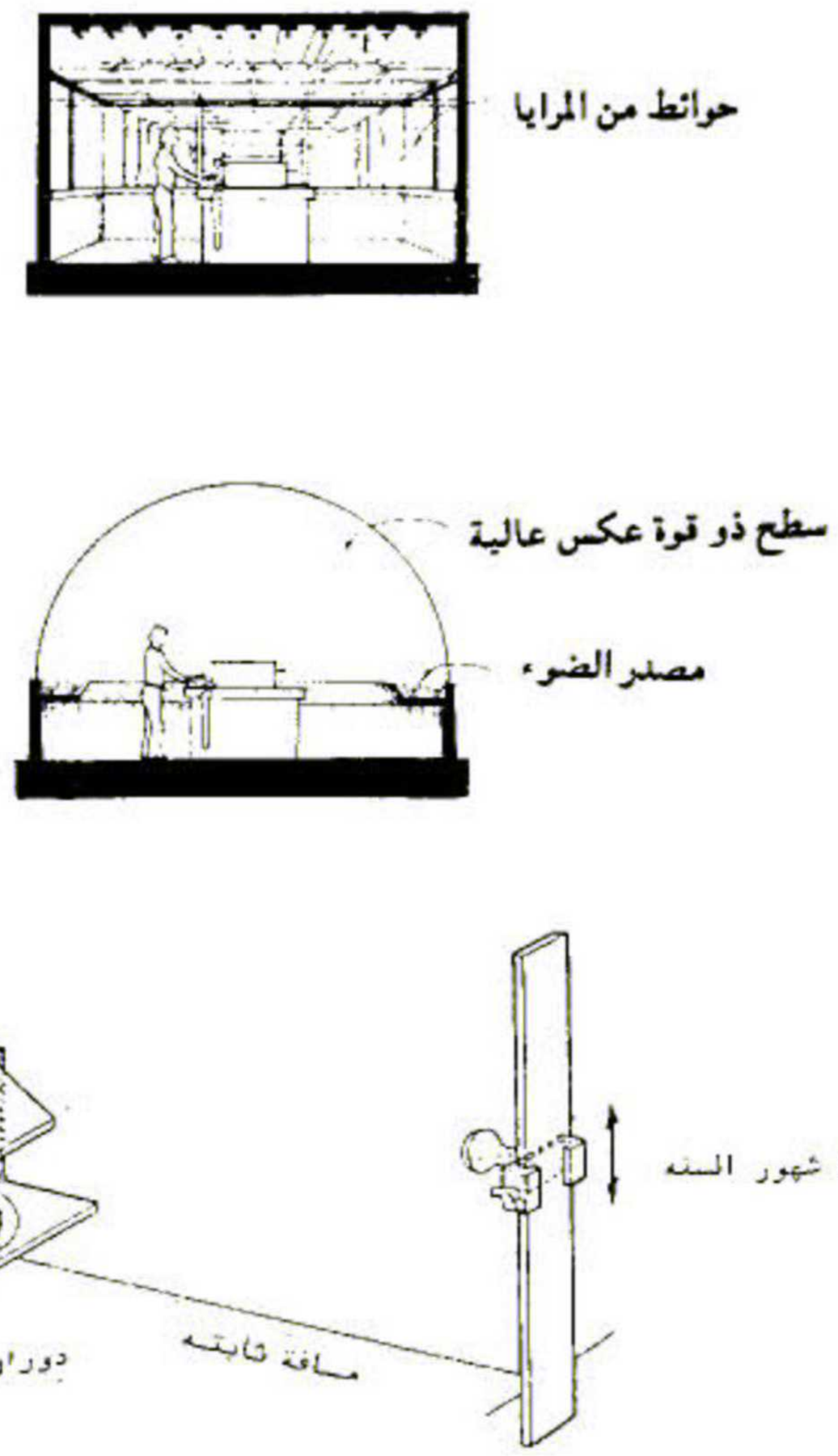


شكل (٢-٥)[٢] جهاز قياس شدة الإستضاءة متعدد المجسات وطريقة استخدامه داخل نموذج مجسم.

---

* Robbins, C.L.: Daylighting Design and Analysis p. 232. (مرجع سابق)

** Fuller Moore, Concepts and Practice of Architectural Daylighting, p. 175. (مرجع سابق)



شكل (٢-٦) أنواع السماء الصناعية وجهاز «الهليودون» المستخدم فى حالة السماء الصافية ذات الشمس المشرقة .

Robbins, C.L.: Daylighting Design and Analysis p. 228. (مرجع سابق)

تحليل سريع لحالات عديدة بهدف قياس «حساسية» فكرة تصميمية معينة للتغيرات فى شكل القاعة ، وفى أبعاد نافذة الضوء وموضعها وغير ذلك من المتغيرات .

إلى جانب ذلك فإن طريقة النماذج المجسمة تعتبر أداة اختبار لا أداة تصميم .

٢-٢ طرق التحليل البيانية (شدة الاستضاءة "النسبية")
Graphic Methods (Relative Illuminance)

توجد طرق بيانية عديدة متاحة لأجل تقدير شدة الاستضاءة الداخلية الناشئة عن الضوء الطبيعى ، وهذه الطرق تشمل :

- طريقة المناقل Protractors
- طريقة الرسومات البيانية ذات الخطوط المتقاطعة Nomographs
- طريقة الرسومات البيانية المنقطة Dotcharts

وهذه الطرق تسمح للمصمم أن يقدر شدة الاستضاءة الناشئة عن الضوء الطبيعى باستخدام الوسيلة التى أعتادها معظم المصممين وهى الوسيلة البيانية .

وبالإضافة إلى سهولة إستخدام الطرق البيانية فإن تلك الطرق توضح التأثير النسبى لعناصر التصميم المختلفة وتوفر للمصمم نظرة أكثر عمقاً لحالة الإضاءة الطبيعية داخل المبنى الأمر الذى يساعد على تحسين التصميم نفسه[١] .

وتقوم طريقة التحليل البيانية على أساس طريقة "معامل الإضاءة الطبيعية"
Daylight Factor Method (DF)

ويمكن تعريف معامل الإضاءة (DF) كما حددته اللجنة الدولية للإضاءة CIE[٢] : كالآتى :

«هو النسبة بين شدة الإستضاءة الطبيعية الداخلية عند نقطة معينة على سطح معين نتيجة للضوء المباشر وغير المباشر من سماء مبلدة بالسحب (EI) وبين شدة الاستضاءة الخارجية فى نفس الوقت على مستوى أفقى ناتج عن غلاف جوى بدون عوائق (EO) . أما ضوء الشمس فهو مستبعد فى هذه الحالة .

$$DF = (EI/EO)\%$$

ويترتب على ذلك أن أى تغيّر فى شدة الاستضاءة الخارجية يصحبه تغير فى شدة الاستضاءة الداخلية ولكن النسبة بينهما تعتبر ثابتة وهى ما يطلق عليه شدة الاستضاءة النسبية .

---

(1) Fuller Moore, Concepts and Practice of Architectural Daylighting, p. 179. (مرجع سابق)

(2) Koenigsberger, et al: Manual of Tropical Housing and Building, p. 142. (مرجع سابق)

ويحسب معامل الإضاءة الطبيعية على أساس وجود ثلاث مركبّات من الضوء المحتمل وصولها إلى سطح معين فى الفراغ الداخلى[١] : شكل (٢-٧)

* المركّبة السماوية Sky Component (SC)

وهى نسبة الضوء الصادر من جزء السماء المرئى عند هذا السطح .

* المركّبة المنعكسة من الأسطح الخارجية (ERC)

External Reflected Component

وهى نسبة الضوء المنعكس من الأسطح الخارجية (مبانى مجاورة - أشجار - ...)

* المركّبة المنعكسة من الأسطح الداخلية (IRC)

Internal Reflected Component

وهى نسبة الضوء الآتى من السماء والمنعكس على الأسطح الداخلية بالفراغ الداخلى قبل وصوله إلى السطح موضوع الدراسة .

ويتحكم معامل إنعكاس هذه الأسطح فى قيمة هذه المكونة ، وتكون النتيجة أن «معامل الإضاءة الطبيعية» (DF) يعادل مجموع المركبات الثلاث أى :

$$DF = (SC + ERC + IRC)\%$$

وهناك عوامل مؤثرة على مركبات معامل الإضاءة الطبيعية[٢] (DF):

- معامل الصيانة Maintenance Factor (MF) أى نظافة المساحة المحيطة فى الفراغ الداخلى .
- معامل التزجُج Glazing Factor (GF) ويتوقف على نوع الزجاج المستخدم وكذلك على نظافة الزجاج (DG) .
- معامل الأطر Framing Factor (FF) : أن أى أطر أو حلوق للنوافذ أو أى عوائق يمكن أن تقلل من السطح المؤثر .

وبالتالى تصبح المعادلة :

$$DF = \{SC + ERC + (IRC \times MF)\}\ (GF)\ (FF)\ (DG)\%$$

وهناك عدة طرق بيانية يمكن بواسطتها تحديد مركبات معامل الإضاءة الطبيعية[٣] :

أ- طريقة الخريطة السماوية The Pilkington Sky Dot Method

شكل (٢-٨)

ب- طريقة الدياجرام (والدرام) The Waldram Diagram Method

شكل (٢-٩)

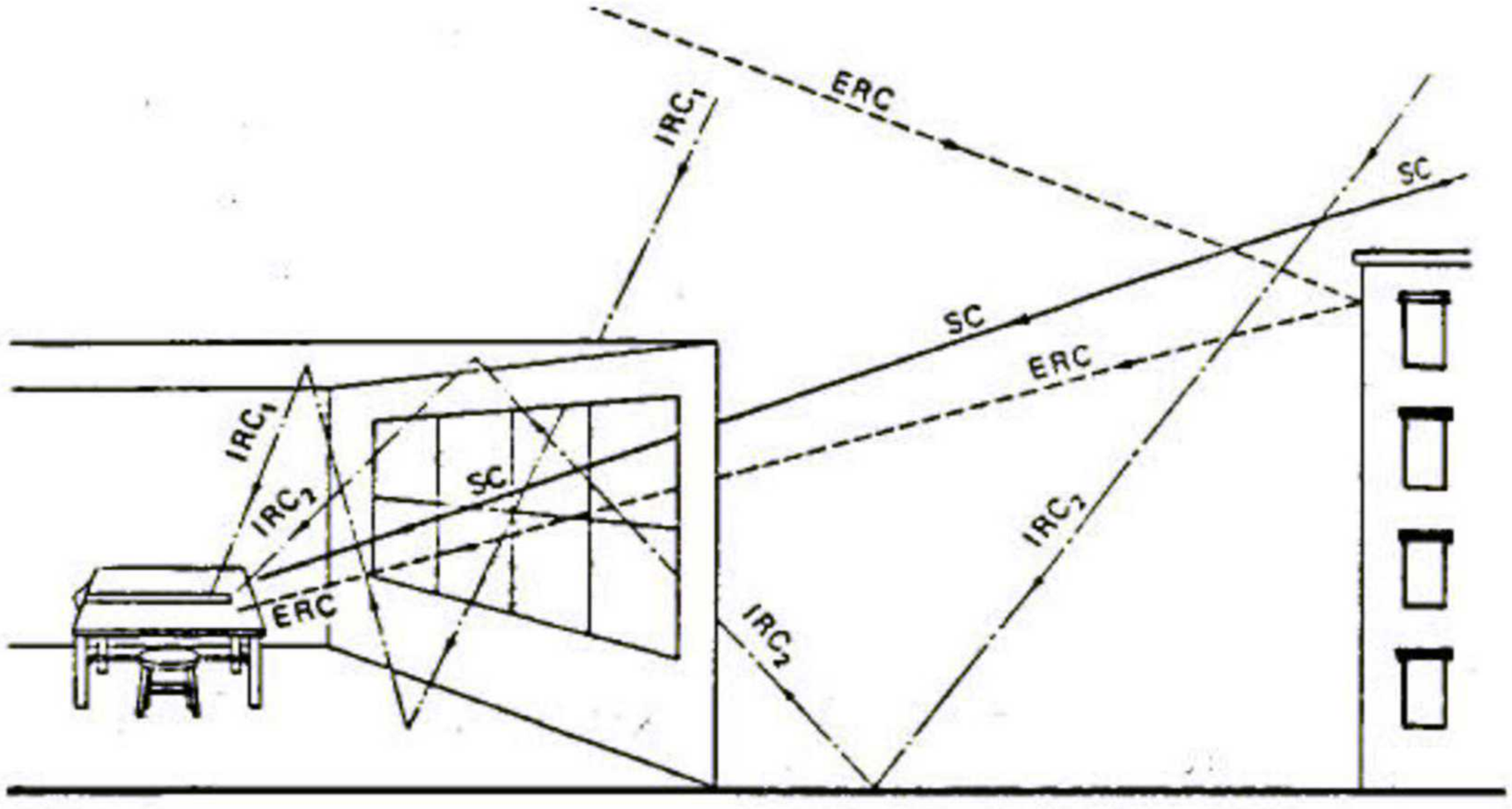
---

(1) Szokolay, S.V.: Environmental Science Handbook for Architects and Builders, 1980, p. 104. (مرجع سابق)

(2) Evan, M.: Housing Climate and Comfort, 1980, p. 123. (مرجع سابق)

(3) Robbins, C.L.: Daylighting Design and Analysis, p. 186. (مرجع سابق)

مركبات معامل الإضاءة الطبيعية (DF)



شكل (٢-٧) يتركب معامل الإضاءة الطبيعية من ثلاث مركبات من الضوء المحتمل وصولها إلى سطح معين فى الفرغ الداخلى.

SC : المركبة السماوية Sky Component

ERC : المركبة المنعكسة من الأسطح الخارجية
External reflected Component

IRC : المركبة المنعكسة من الأسطح الداخلية
Internal Reflected Component

- Stein, Mcguinness, Reynolds; Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, 1978 p. 926.

جـ- مناقل معامل الإضاءة الطبيعية BRS[1] (سماء ملبدة بالغيوم) - شكل (٢-١٠) ، شكل (٢-١١)

BRS Daylight Factor Protractors

د- مناقل معامل الإضاءة الطبيعية لبريان (سماء صافية)

The Bryan Clear Sky Daylight Factor Protractors

شكل (٢-١٢) ، شكل (٢-١٣)

وهذه المناقل تعتبر تطويراً للمناقل الخاصة بالسماء الملبدة BRS وقائمة على أساس توجيهات اللجنة الدولية للإضاءة CIE الخاصة بالسماء الصافية ولكنها تعتبر أكثر تعقيداً وذلك لوجود منقلة خاصة لكل زوايا السمت للشمس Solar Azimuth[2].

ولكن هذه الطرق البيانية الخاصة بالسماء الصافية تنطوى على عوامل تحد من استخدامها وهى أكثر من تلك التى تحد من استخدام الطرق الخاصة بالسماء الملبدة .

والعامل الأساسى هو أن المناقل والرسومات البيانية الخاصة بالسماء الصافية خاصة بحالة النوافذ الجانبية فقط . وهناك عامل آخر يحد من استخدام الرسومات البيانية الخاصة بالسماء الصافية لتحديد المركبة المنعكسة من الأسطح الداخلية IRC هو أنها لايوجد بها تدرج يتعامل مع حالة وجود عوائق فى مجال الرؤية .

وهذه المحددات لاتتوافق مع نقطة البحث حيث أنها قاعة متحفية مضاءة بفتحات علوية فى السقف .

٢-٣ طرق التحليل الحسابية (شدة الاستضاءة المطلقة)
Illuminance Calculation Methods (Absolute Illuminance)

تقاس شدة الاستضاءة المطلقة بال«لاكس» أو «القدم شمعة» وتتغير بتغير الزمن (الساعة واليوم والفصل) ، وتغير اتجاه نافذة الضوء الطبيعى وتغير حالة السماء (سماء صافية - سماء بها سحب جزئية - سماء مبلدة بالغيوم)[3].

وأهم طرق التحليل والحساب فى هذا الصدد طريقتان هما :

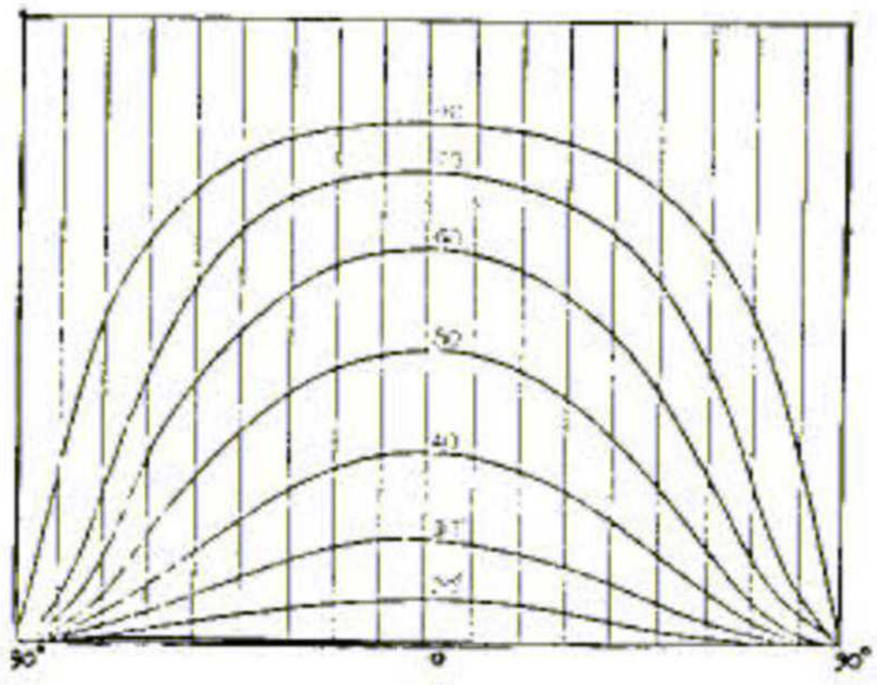
- طريقة «اللومن» The Lumen Input Method
- طريقة سريان الفيض الضوئى The Flux Transfer Method

---

(1) BRS: British Research Station.

(2) Fuller Moore: Concepts and Practice of Architectural Daylighting, p. 184. (مرجع سابق)

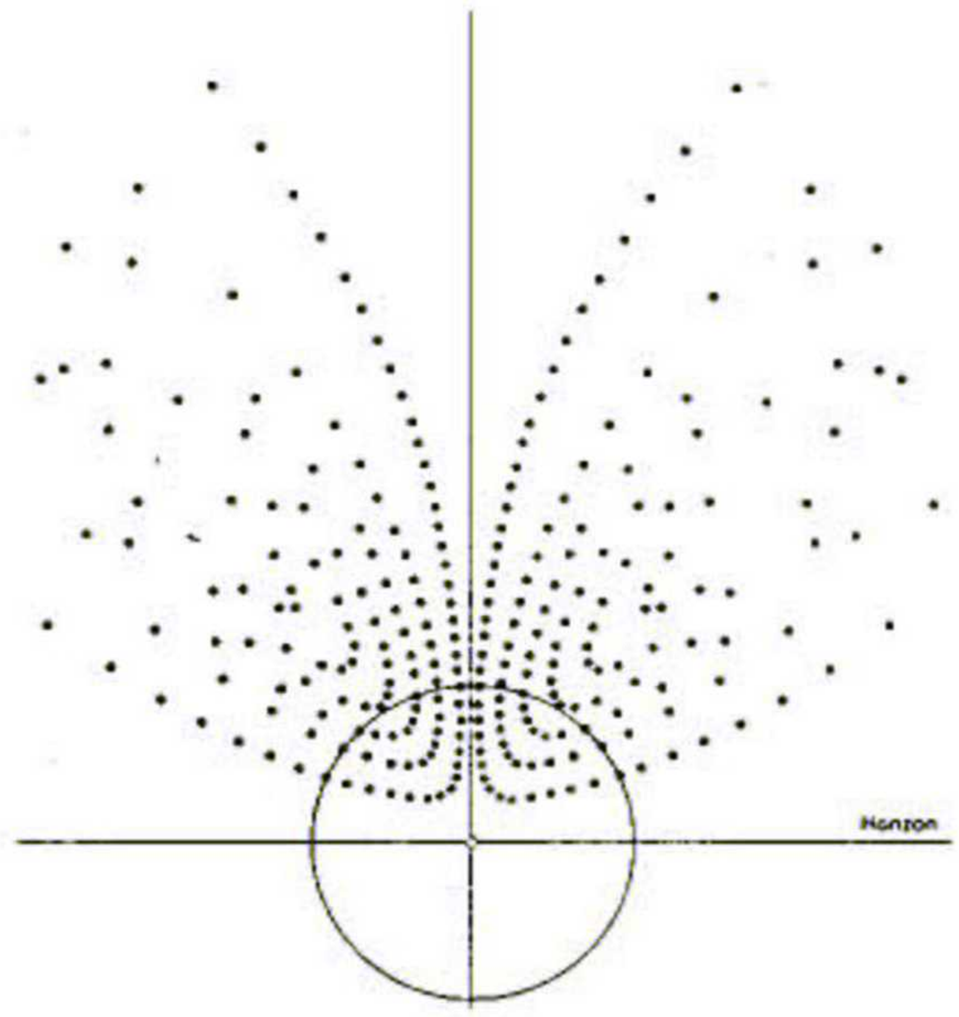
(3) Robbins, Claude L.: Daylighting Design & Analysis, p. 157. (مرجع سابق)



شكل (٢-٨)[١] دياجرام والدرام

The Waldram Diagram Method

هى واحدة من أقدم الطرق لتحديد المركبة السماوية وهى عبارة عن خطوط منحنية إلى أسفل لتحديد منظر السماء من خلال نافذة الضوء وتقدير قيمة المكونة السماوية .



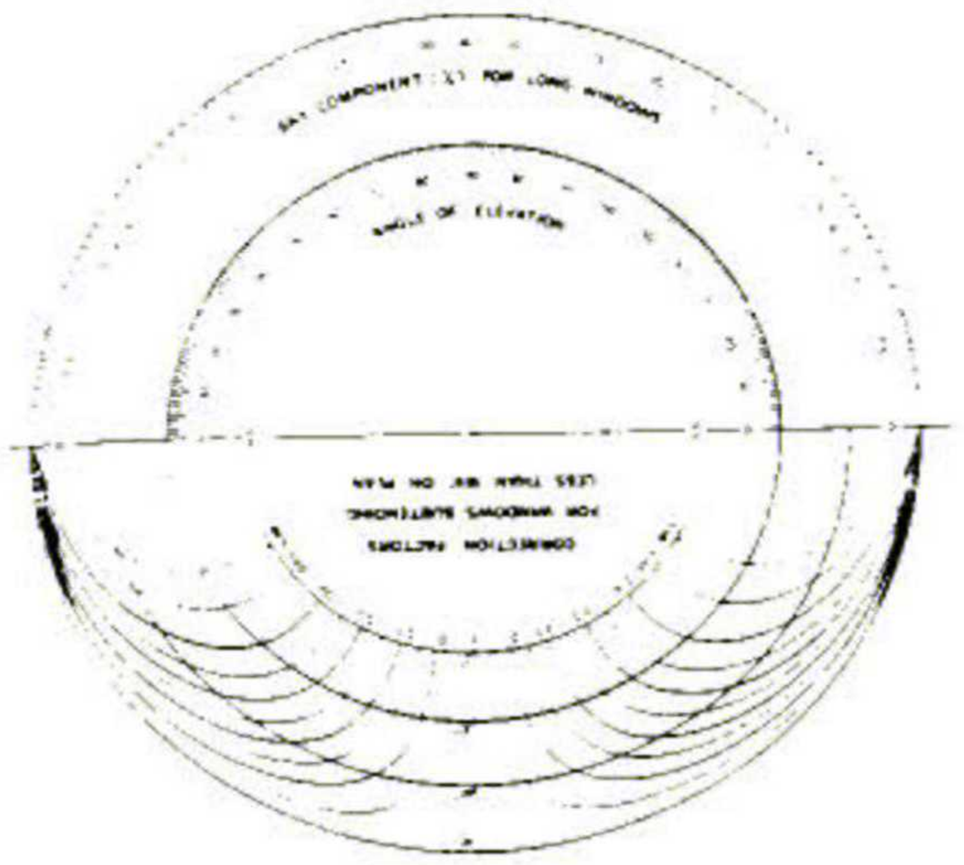
شكل (٢- ٩)[١] طريقة الخريطة السماوية المنقطة

The Pilkington Sky Dot Method

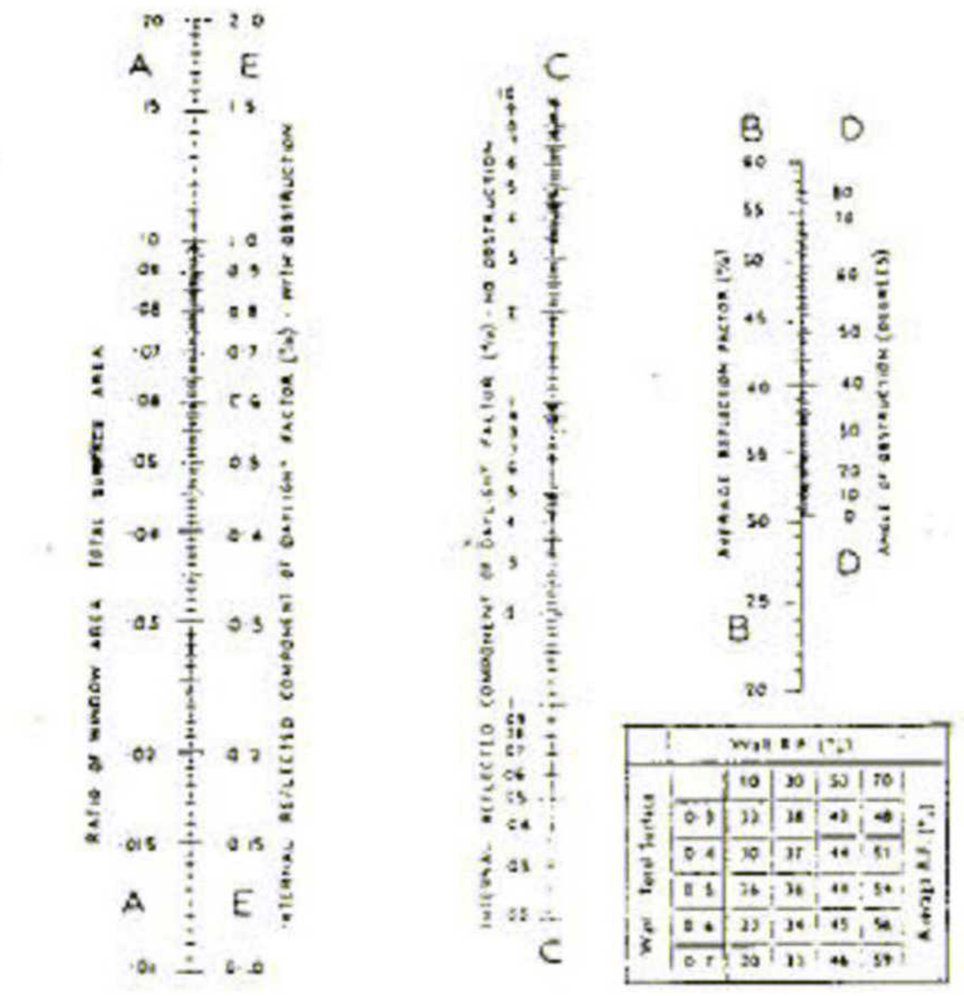
فى هذه الطريقة يضع المصمم القطاع الذى به النافذة على الخريطة ومن حصر عدد النقط يحدد قيمة المركبة السماوية (١٠ = ١٪ من المركبة السماوية)هى واحدة من أقدم الطرق لتحديد المركبة السماوية . .

---

(1) Robbins, C.L.: Daylighting Design and Analysis p. 187. (مرجع سابق)



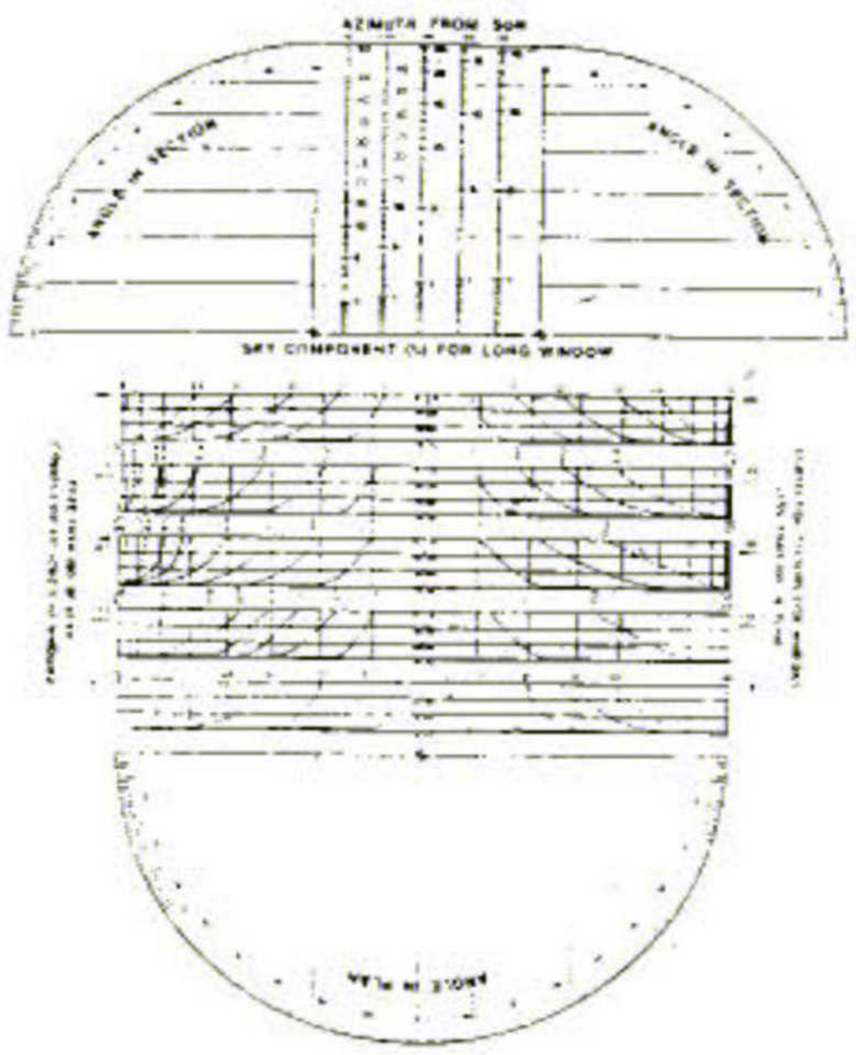
شكل (٢-١٠)[١] منقلة لتحديد المركبة السماوية (SC) والمركبة المنعكسة من الأسطح الخارجية(ERC) للنوافذ الجانبية فى حالة السماء الملبدة بالغيوم .



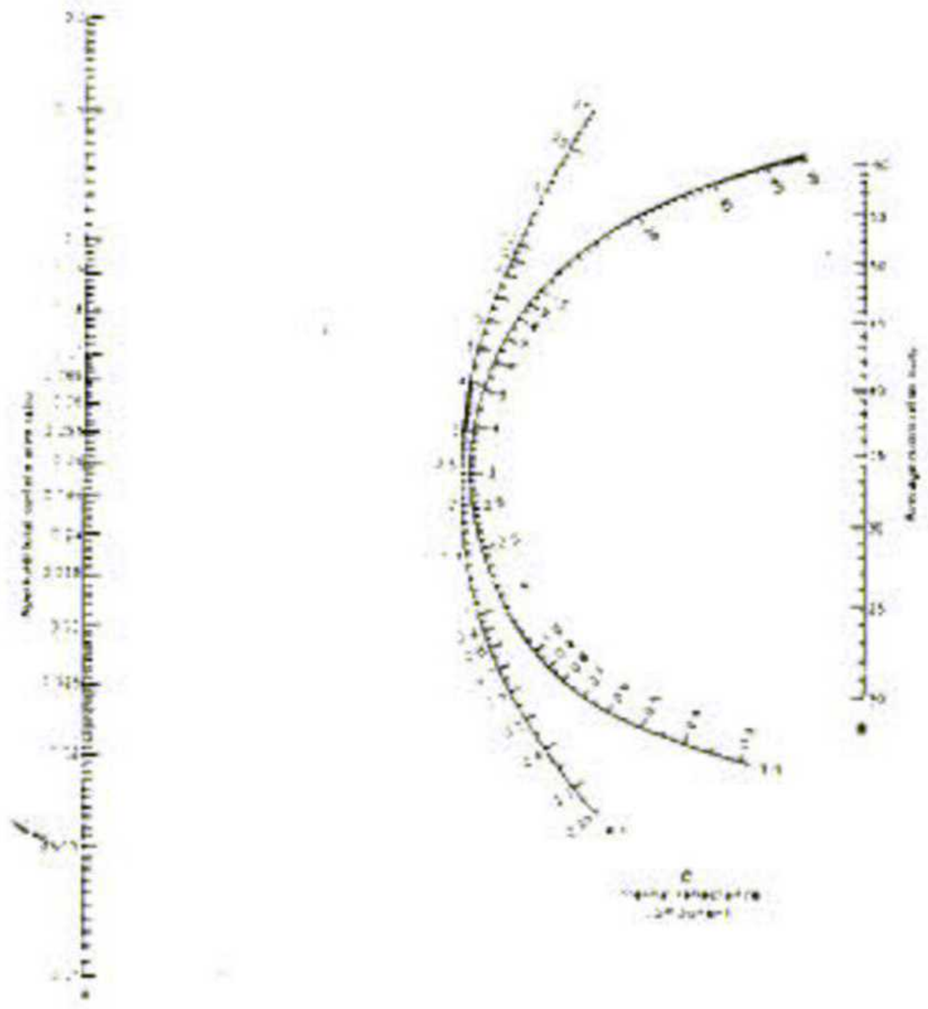
شكل (٢-١١)[٢] الطرق البيانية لتحديد المركبة المنعكسة من الأسطح الداخلية IRC فى حالة السماء الملبدة .

---

(1), (2) Robbins, C.L.: Daylighting Design and Analysis p. 188, p. 738. (مرجع سابق)



شكل (٢-١٢)[١] منقلة لتحديد المركبة السماوية (SC) والمركبة المنعكسة من الأسطح الخارجية(ERC) للنوافذ الجانبية فى حالة السماء الصافية ، زاوية الإرتفاع = ٣٠°.



شكل (٢-١٣)[٢] الطرق البيانية لتحديد المركبة المنعكسة من الأسطح الداخلية فى حالة السماء الصافية .

---

(1), (2) Robbins, C.L.: Daylighting Design and Analysis p. 729, p. 739. (مرجع سابق)

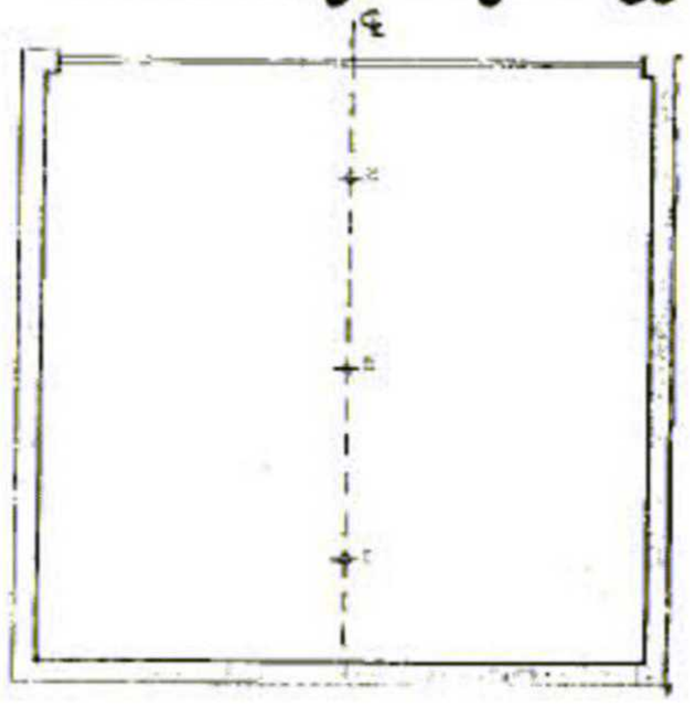
٢-٣-١ طريقة «اللومن»

The Lumen Input Method

إن أساس هذه الطريقة هو القاعدة التى تقول : أن شدة الاستضاءة التى تصل إلى نقطة معينة فى فراغ ما تتوقف على كمية الضوء الموجود فى مستوى الفتحة .

وتعتمد هذه الطريقة على أساسيات محددة[١] :

* أنه فى الفراغات الداخلية ذات المسطحات الصغيرة والمضاءة من نافذة جانبية . يقوم الضوء المنعكس من سطح الأرضية الخارجية والأسطح الداخلية بدور هام فى تحديد شدة الاستضاءة الناتجة عن الضوء الطبيعى
* أنه لحساب شدة الاستضاءة عند كل النقط الممكنة داخل هذا الفراغ ، يكتفى بثلاث نقط فقط على المحور العمودى على نافذة الضوء الطبيعى والمار فى مركزها ، على ارتفاع ٧٥ ,٠ متر (مستوى العمل) شكل (٢-١٤) .



(a) SP_{max} (b) SP_{mid} (c) SP_{min}

(شكل ٢-١٤)

وهذه النقط الثلاث هى :-

أ- نقطة شدة الاستضاءة القصوى SP_{max} تقع على بعد ١,٥٠ متر من نافذة الضوء الطبيعى .

ب- نقطة شدة الاستضاءة المتوسطة SP_{mid} تقع فى مركز الفراغ الداخلى .

جـ- نقطة شدة الاستضاءة الصغرى SP_{min} تقع على بعد ١,٥٠ متر من الحائط المقابل للنافذة .

* إن جزء النافذة الموجود فوق مستوى العمل هو المؤثر علي حساب شدة الاستضاءة ، أى أنه يفترض أن ارتفاع مستوى العمل وارتفاع جلسة النافذة متساويان ، وأن ماقد يأتى من ضوء أسفل هذا المستوى يعتبر إضافة بسيطة على مستوى العمل .

---

(1) Robbins, Claude L.: Daylighting Design & Analysis, p. 157. (مرجع سابق)

* إن نافذة الضوء الطبيعى تمتد من أحد الحائطين الجانبيين إلى الحائط الجانبي الآخر أى أن النافذة ينظر إليها على أنها حائط على شكل فتحة بحيث يصل ارتفاعها إلى مستوى السقف .
* إن المواصفات الهندسية للفراغ تتضمن نسبة ارتفاع السقف أو نافذة الضوء إلى طول الفراغ الداخلى أو عرضه .

ويلاحظ أن كل هذه الأساسيات المحددة التى تعتمد عليها طريقة «اللومن» لاتتوافق مع نقطة البحث المختارة حيث تشترط هذه الطريقة أن تكون نافذة الضوء جانبيه فضلا عن أن هذه الطريقة محدودة فى إطار ثلاث أو خمس نقاط فقط وفى مكان محدد من الفراغ الداخلى .

فهذه الطريقة إلى جانب طريقة معامل الإضاءة الطبيعية تعانيان من عدة عوامل تحد من مجال استخدامهما [١] :

* لاتستطيع أية منهما حساب شدة الاستضاءة الناتجة عن أشعة الشمس المباشرة أو المنعكسة من الأسطح الداخلية .
* لا تستطيع أية منهما حساب الضوء المنعكس فى الفراغات الملاصقة للفراغ الداخلى المزود بنوافذ للضوء الطبيعى أو الضوء المنعكس عن الأسطح المائلة .
* لا تستطيع أية منهما تحليل الأنواع المختلفة لنوافذ الضوء الطبيعى فى حالة السماء الملبدة والسماء الصافية .

٢-٣-٢ طريقة سريان الفيض الضوئى [٢]

The Flux Transfer Method

أما طريقة «سريان الفيض الضوئى» لتحليل الإضاءة الطبيعية فتعالج بعض نقاط الضعف الخاصة بالطريقتين السابقتين ، كما أنها واحدة من أكثر طرق تحليل الإضاءة الطبيعية تفهما لها ، وهى الطريقة التى تقوم عليها التحليلات التى تجرى باستخدام الحاسب (الكومبيوتر) .

ويمكن لطريقة السريان الفيض الضوئى استخدام طريقة اللجنة الدولية للإضاءة CIE للسماء الصافية والملبدة بالغيوم ، إلى جانب التعامل مع شدة الاستضاءة أو قوة الإضاءة عند مستوى نافذة الضوء الطبيعى للوصول إلى شدة الاستضاءة عند نقطة معينة أو سطح معين فى الفراغ الداخلى المضاء إضاءة طبيعية .

---

(1), (2) Robbins, C.L.: Daylighting Design & Analysis, p. 203. (مرجع سابق)

أن القيمة المطلقة الكلية لشدة الاستضاءة الناتجة عن الضوء الطبيعى Total absolute illumination (Ep) عند أى نقطة على سطح معين داخل الفراغ ووحدتها «اللاكس» تساوى[٢]

$$E_P = E_S + E_{SE} + E_{ERE} + E_{IRE}$$

وهى تشبه المعادلة المستخدمة فى حساب معامل الإضاءة الطبيعية .

حيث E_S : شدة الاستضاءة الداخلية الناتجة من المركبة المباشرة للإضاءة الطبيعية : ضوء الشمس .

E_{SE} : المركبة السماوية .

E_{ERE} : المركبة المنعكسة عن الأسطح الخارجية .

E_{IRE} : المركبة المنعكسة عن الأسطح الداخلية .

وعند حساب شدة الاستضاءة الداخلية بطريقة سريان الفيض الضوئى لابد من توافر المعلومات الآتية :

* أبعاد نافذة الضوء الطبيعى .
* المسافة بين نقطة الدراسة وركن نافذة الضوء الطبيعى .
* منظر السماء من نقطة الدراسة أو شدة الاستضاءة فى مستوى الفتحة .
* حالة السماء ، الوقت (الساعة ، اليوم والشهر) وزاوية الشمس .

ويمكن استخدام طريقة سريان الفيض الضوئى لوصف نافذة ضوء طبيعى إما بحساب كمية الضوء الذى يصل بشكل مباشر إلى نقطة القياس أو بحساب كمية الضوء المنعكس عن الحوائط الداخلية والسقف والأرضية إلى نقطة القياس[١] .

وبناء على ما تقدم يتبين أن طريقة سريان الفيض الضوئى هى أكثر الطرق ملاءمة لموضوع البحث مع ملاحظة أنها هى أساس برنامج الحاسب (الكومبيوتر) الذى استخدم كأداة لتحليل الإضاءة الطبيعية فى الدراسة العملية فى هذا البحث . كما هو موضح فى الفقرة التالية.

٢-٤ طريقة التحليل باستخدام الحاسب (الكومبيوتر)[٢]
Computer Aided Analysis Method

إن طريقة التحليل باستخدام الحاسب (الكومبيوتر) هى الطريقة المستخدمة فى هذا البحث ، وهى قائمة على أساس طريقة سريان الفيض الضوئى The Flux Transfer Method (كما ذكر) .

---

(١) ملحق (د)

(2) IBM Architecture & Engineering Series, Lighting Application: Lights, Reference guide, SOM, 1994, p. 2,3,4.

ويتضمن برنامج الضوء الذى هو جزء من التطبيق الخاص بمجموعة IBM المعمارية والهندسية AES(Architecture & Engineering Series) امكانيات SOM/LUMEN التصميمية والتحليلية .

وهذا البرنامج يعتبر أداة تمكن من تحليل تأثيرات الإضاءة الطبيعية والصناعية على فراغ معين داخل مبنى وموقع محدد ويوفر البرنامج الأدوات التى تكفل تطوير نموذج «منظومة الإضاءة» فى فراغ معين ، وهذه الأدوات هى :

- العناصر التى يمكن بها وصف منظومة الإضاءة .
- بنوك المعلومات ، التى تحتوى على البيانات التى تحدد عناصر معينة .
- التحليلات .

ويمكن توضيح العناصر التى يتكون منها البرنامج فى الشكل التوضيحى رقم (٢-١٥) :

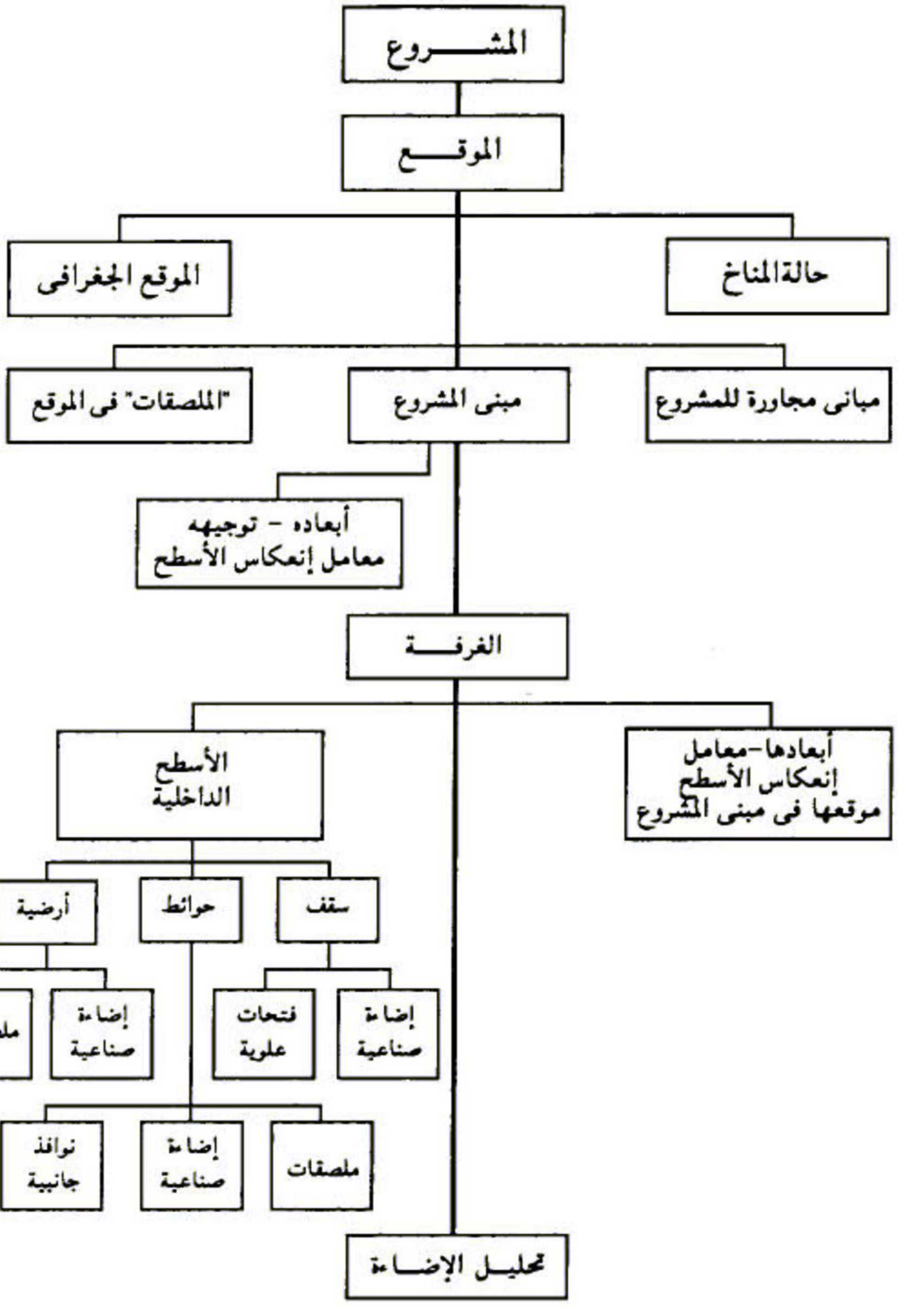
- الفراغ الذى تجرى دراسة منظومة الإضاءة الخاصة به يعتبر عنصراً ويمكن إدخال أبعاده ومعاملات إنعكاس أسطحه أثناء تنفيذ البرنامج على الحاسب .
- «الملصقات» التى تضاف إلى مختلف الأسطح أو تلصق عليه «عناصر» ، و«الملصق» هو مساحة من السطح تختلف عن باقى الأسطح من حيث معامل الإنعكاس ويمكن إدخال موضع وأبعاد معامل انعكاس الأسطح أثناء تنفيذ البرنامج أيضاً .
- النوافذ الجانبية والفتحات العلوية فى السقف وهى العناصر التى تسمح للضوء الطبيعى بالدخول إلى الفراغ ، وتُصنع إما من زجاج صاف أو زجاج مشتت للضوء ، ويمكن تغطية النوافذ بستائر .. .
- الإضاءة الصناعية وهى تعتبر من ضمن العناصر ولكنها استبعدت فى هذا البحث (كما ذكر) .

وتؤثر الأحوال الخارجية فى طبيعة الضوء الداخل من خلال النوافذ أو الفتحات العلوية ، ويمكن استخدام أنواع العناصر الآتية :

- مبنى المشروع بما فيه أبعاده ومعاملات إنعكاسه .
- المبانى المحيطة بما فيها أبعادها ومعاملات إنعكاساتها .
- موضع وأبعاد معاملات إنعكاس أية مساحات من الأرض لها معاملات إنعكاس تختلف عن تلك الخاصة بباقى الأرض .

بالإضافة إلى وصف أحوال الإضاءة عن طريق أنواع العناصر ، هناك أيضاً بيانات عن خصائص الموقع التى تؤثر فى الإضاءة وهى :

- مكان الموقع (جغرافيا : خط الطول والعرض والمنطقة التوقيتية) .
- طبيعة الموقع (صناعى أو سكنى أو ريفى)
- المناخ (صحراوى أو معتدل أو مدارى)



شكل (٢-١٥)

يوضح العلاقة بين العناصر المختلفة وصولا إلى تحليل الإضاءة وإعطاء وصف لمنظومة الإضاءة .

- أحوال السماء (سماء صافية أو سماء ملبدة بالغيوم)
- معامل انعكاس الأرض الخارجية .

وبعد إدخال كل هذ البيانات والعناصر فى البرنامج تأتى مرحلة التحليلات .

ويقوم البرنامج بحساب عدة نقاط أهمها :

- شدة الاستضاءة عند نقطة معينة بدون التأثر بظلال الأجسام

Illuminance at a point without body shadow

- قوة الإضاءة الخارجية من الأسطح المختلفة .

Room surface luminances

- معامل فعالية الإضاءة Lighting effectivness factor
- معامل تباين الدهانات Contrast rendering factor
- شدة الاستضاءة فى وجود ظلال الأجسام

Illuminance with body shadow effects

- شدة الاستضاءة عند الأسطح المختلفة بالقاعة

Room surface illuminances

ويمكن أن يقتصر البحث على واحد أو أكثر من التحليلات المشار إليها فمثلا إدخال أو عدم إدخال أى نوافذ أو لمبات صناعية (وفى هذا البحث لم تؤخذ فى الإعتبار لمبات الإضاءة الصناعية) .

وبعد إستعراض إمكانيات هذا البرنامج ، اتضح أنه يتضمن كل المتطلبات الملائمة لنقطة البحث لذلك سيتم استخدامه كأداة تحليلية للإضاءة الطبيعية داخل قاعة متحفية مضاءة بفتحات علوية فى السقف كما سيعرض تفصيليا فى الباب الثالث من البحث .

الباب الثالث

الدراسة العملية للبدائل التصميمية

للقاعات المتحفية

محتويات الباب الثالث

١- تمهيـــــد

٢- مكونات الدراسة العملية

٢-١ الإفتراضات التصميمية

٢-٢ خطوات الدراسة العملية

٣- المجموعة الأولى من التجارب

٣-١ النموذج الأول لفتحة السقف

٣-٢ النموذج الثانى لفتحة السقف

٣-٣ النموذج الثالث لفتحة السقف

٣-٤ النموذج الرابع لفتحة السقف

٤- المجموعة الثانية من التجارب

٤-١ النموذج الأول لفتحة السقف

٤-٢ النموذج الثانى لفتحة السقف

٤-٣ النموذج الثالث لفتحة السقف

٤-٤ النموذج الرابع لفتحة السقف

١- تمهيـــد

بعد دراسة متطلبات الإضاءة الطبيعية داخل المتحف (الباب الأول) واستعراض المبادئ والحلول والاراء المختلفة والمقترحة أو الموصى بها . تم إختيار نقطة البحث وهى :

قاعة داخل متحف مخصصة لعرض اللوحات الفنية على حوائطها ومضاءة إضاءة طبيعية خلال ساعات النهار (على أن تحل محلها الإضاءة الصناعية فى غيرها من الساعات) أما مصدر الإضاءة الطبيعية فهو عبارة عن فتحات علوية فى السقف . ويقع هذا المتحف بمدينة القاهرة التى تتمتع بسماء صافية ذات شمس مشرقة معظم شهور السنة شكل (٣-١) .

واجه هذا البحث بعد ذلك مسألة إختيار «طريقة تحليل الإضاءة الطبيعية المناسبة لنقطة البحث وإستخدامها كأداة إختبار فى التجارب العملية وقد أسفرت دراسة الطرق المختلفة لتحليل الإضاءة الطبيعية (الباب الثانى) عن اختيار طريقة سريان الفيض الضوئى The Flux Transfer Method مع استخدام الحاسب (الكومبيوتر) فى إجراء التجارب طبقاً لهذه الطريقة .

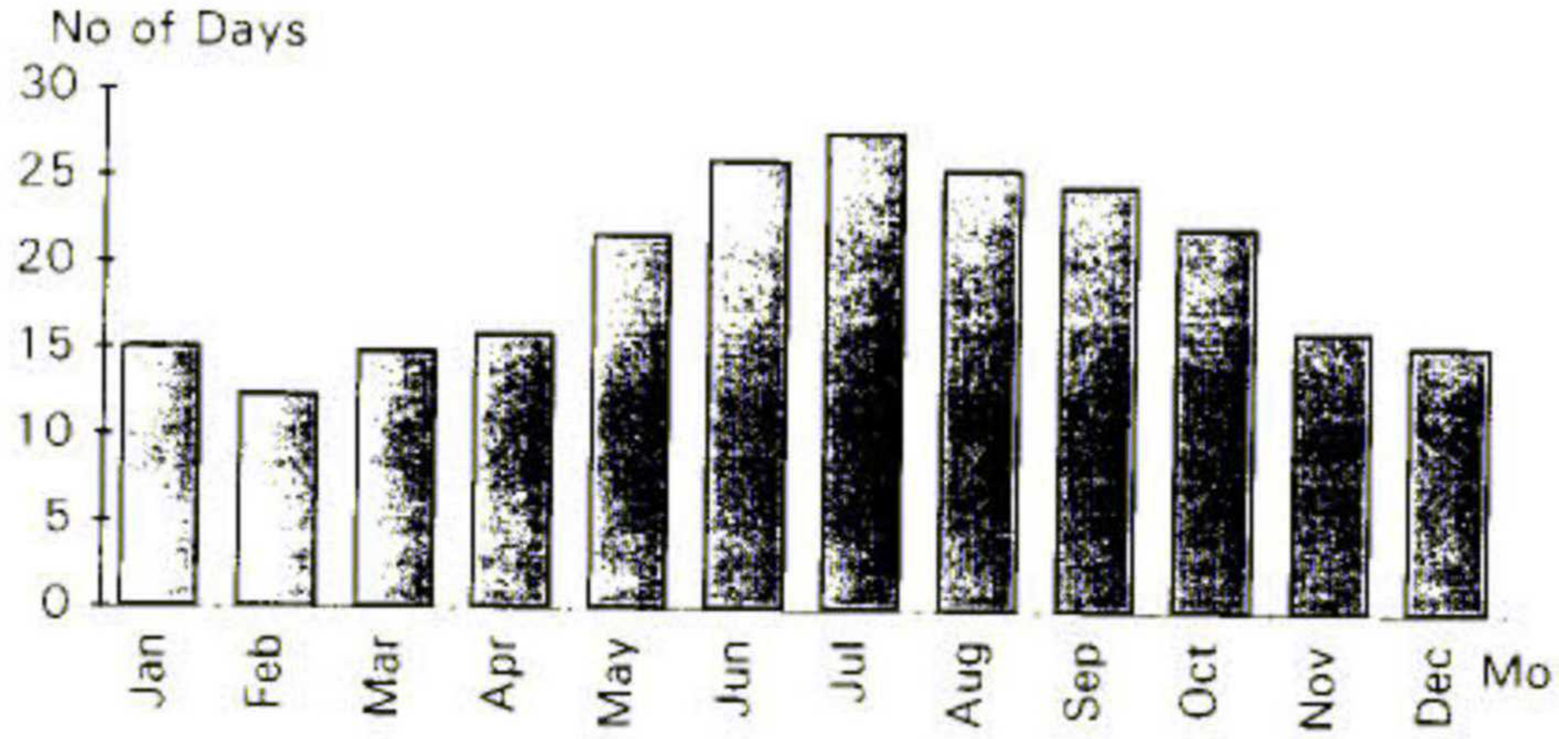
وهو ما أشير إليه آنفا وما سيعرض تفصيلياً فى هذا الجزء من البحث .

٢- مكونات الدراسة العملية

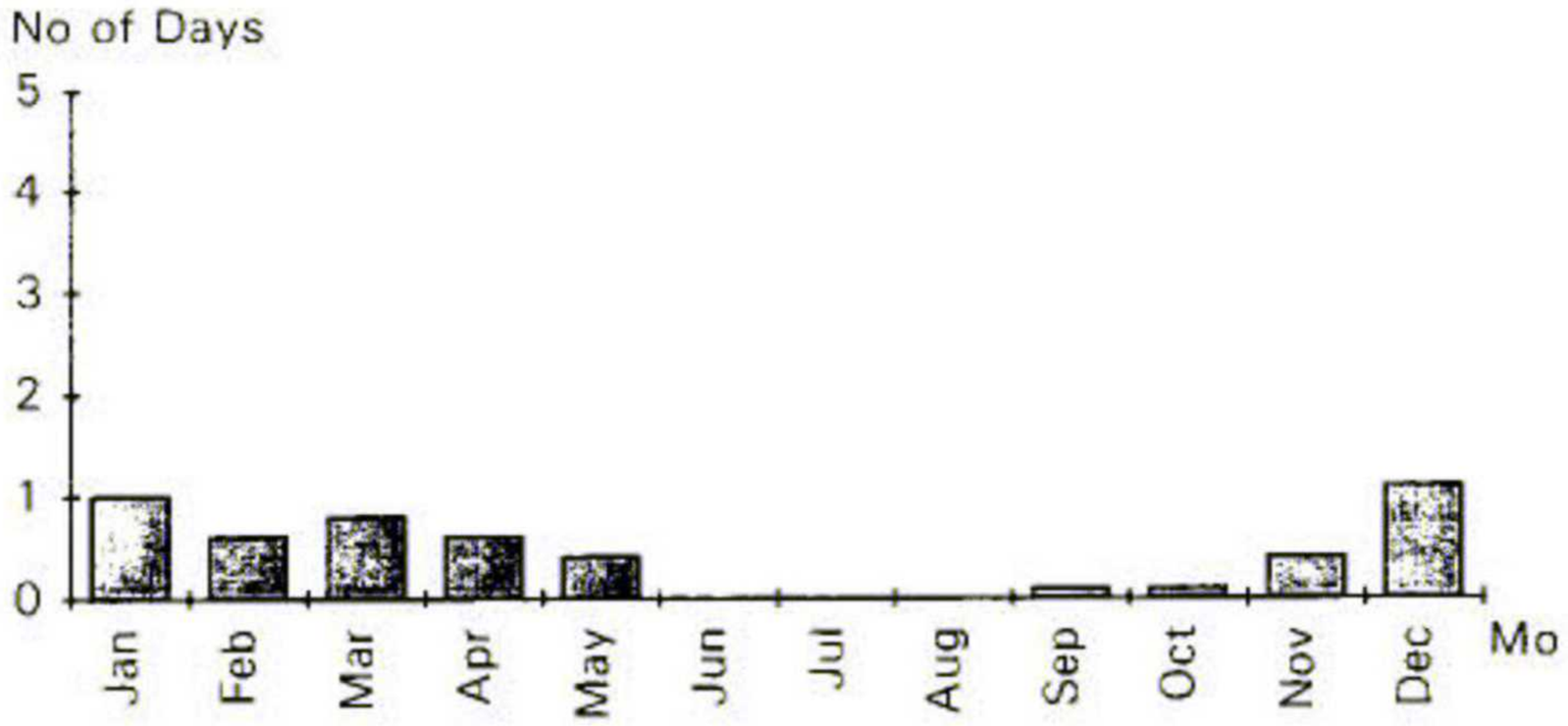
تتناول الدراسة العملية - كما ذكر - حالة قاعة داخل متحف مخصصة لعرض اللوحات الفنية على حوائطها وتتضمن إجراء تجارب مختلفة باستخدام البرنامج الخاص بذلك (AES) على الحاسب وذلك بهدف الوصول إلى مدى تأثير البدائل التصميمية المختلفة على شدة الاستضاءة داخل القاعة وخاصة عند الحوائط المعروض عليها اللوحات الفنية وإمكانية إستغلالها للوصول إلى قيم شدة الاستضاءة التى تناسب تلك اللوحات للمحافظة عليها وذلك من حيث الرؤية السليمة من جهة ، ومن حيث الحماية من الأضرار الناجمة عن الضوء من جهة أخرى .

وتتكون الدراسة العملية من مجموعة من الافتراضات التصميمية للوصول إلى نتائج حسابية محددة وليست نتائج نابعة عن إحساس المصمم . وتم اختيار مدينة القاهرة كموقع لهذا المتحف بوصفها تتمتع بسماء صافية معظم شهور السنة إلى جانب مناخها الصحراوى وبيئتها الحضرية .

وقد بنيت الدراسة على أساس اختيار مجموعة قيم لكل من العناصر المعمارية المختلفة المتعلقة بالقاعة موضوع الدراسة ، على أساس أنه كلما أعطى العنصر قيمة من



عدد الأيام الصافية (كمية السحب أقل من ٨/٢ من السماء الكلية)



عدد الأيام الملبدة بالسحب (كمية السحب أكثر من ٨/٦ من السماء الكلية)

شكل (٣-١) حالة السماء في القاهرة

هيئة الأرصاد الجوية ، قيم متوسطة على مدى عشرين عاماً .

تلك القيم تغيرت شدة الاستضاءة فى مواضع الدراسة المختارة (وهو ما سيوضح فيما بعد) .

ومن البديهى أنه يوجد عدد لانهائى من الخيارات الخاصة لقيم كل من العناصر المعمارية المشار إليها وكان لابد من اختيار بعض من تلك القيم لإجراء الدراسة على أساسها ، وقد جرت محاولة لجعل القيم المختارة تستجيب بقدر الإمكان للاحتمالات التى يمكن من الناحية العملية أن تتواجد فى التصميمات المعمارية ، مع مراعاة أن تشمل هذه الاختيارات النهايتين العظمى والصغرى اللتين يمكن تصورهما بالنسبة لكل عنصر .

٢-١ الافتراضات التصميمية

٢-١-١ القاعة المتحفية (GM)

تتكون الدراسة العملية من مجموعتين من التجارب ، تتوقف كل واحدة منها على شكل القاعة .

وقد اختير نموذجان منتظمان لشكل القاعة وذلك حتى يمكن إيجاد التناسب رياضياً بين أبعادها والبدائل التصميمية الأخرى .

أ- النموذج الأول (GM1) : «قاعة مربعة الشكل»

حيث طول القاعة (L) يتساوى مع عرضها (W) أى :

$$L = W$$

ب- النموذج الثانى (GM2) : «قاعة مستطيلة الشكل»

حيث طول القاعة (L) يساوى مرة ونصف عرضها (W) أى :

$$L = 3/2\ W$$

٢-١-٢ الفتحة العلوية (SM)

طبقاً لما ذكر بعاليه ستكون القاعة المتحفية موضوع الدراسة والتى تعرض لوحات فنية على حوائطها مضاءة عن طريق فتحات علوية فى سقفها .

توجد عدة تصميمات للفتحات العلوية بصفة عامة [١] ينطوى كل منها على معالجة معمارية مختلفة فيما يخص شكل المبنى وتصميمه الداخلى وطبيعة استخدامه ، كما أن كلا منها يعطى صفة إضاءية مختلفة ومنفردة ، غير أن جميع تصميمات الفتحات العلوية توفر إضاءة داخلية ذات نمط توزيعى وطبيعة يختلفان عما توفره النوافذ الجانبية من تصميمات للإضاءة [٢] .

ومن مزايا الفتحات العلوية أنها تتيح انتظاماً مقبولاً فى توزيع الضوء على

---

(١) ملحق (هـ) أنواع الفتحات العلوية ومواصفاتها وإستخدامها .

(2) Robbins, C.L.: Daylighting Design and Analysis, p. 87.

اتساع معظم الحيز الداخلى وعلى مدى عرض المساحة المطلوب إضاءتها بما يحقق ما يمكن اعتباره مستوى موحداً من شدة الإستضاءة[١].

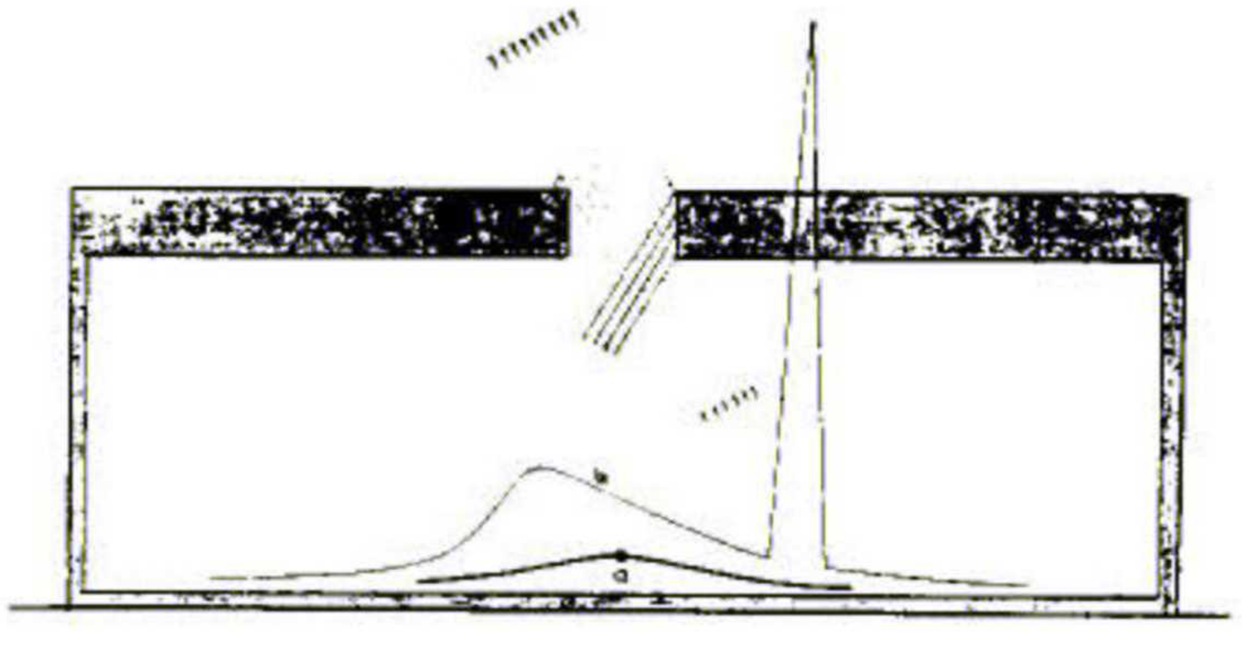
وقد اختير لإضاءة القاعة المتحفية أحد تصميمات الفتحات العلوية وهى الفتحات الأفقية The horizontal aperture ، وذلك لكونها غير مرتبطة بتوجيه محدد ، أو بمبانٍ مجاورة من الصعب افتراضها فى التجارب ، هذا إلى جانب أن الشكل الزجاجى المركب على هذه الفتحات العلوية سواء أكان أفقيا أو مائلا أو على شكل قبة ليس له تأثير جوهرى على توزيع الضوء فى الفراغ الداخلى ، ويترتب على ذلك إعطاء المصمم مرونه أكبر عند عمل التصميم [٢].

والعامل الأساسى المؤثر على توزيع الضوء الصادر من الفتحة الأفقية هو عمق وميل ارتفاع جوانب الفتحة (light well) فكلما زاد ارتفاع جوانب الفتحة قل ظهور منظر السماء تدريجيا وخاصة إذا لم يكن الراصد أسفل الفتحة مباشرة .

وهناك عامل آخر مؤثر على شدة الاستضاءة الداخلية هو معامل إنعكاس جوانب فتحة السقف [٣].

ففى حالة السماء الصافية وبسبب التغير المستمر فى مواضع الشمس فإن شدة الاستضاءة الداخلية تتغير قيمتها أيضاً وكذلك يتغير موضع أعلى قيمة لشدة الاستضاءة وذلك فى حالة تجنب وصول ضوء الشمس المباشر إلى الفراغ ، أما إذا دخل ضوء الشمس المباشر إلى الفراغ الداخلى فسيظهر موضعان تتحقق فيهما أعلى قيمة لشدة الاستضاءة أحدهما يتم ذلك فيه كنتيجة لضوء الشمس المباشر والآخر كنتيجة لانعكاسات هذا الضوء .

ومن الواضح أن عمق الفتحة العلوية (إرتفاع جوانبها) ودرجة ميل جوانبها لهما دور أساسى فى التحكم فى وصول ضوء الشمس المباشر إلى الفراغ الداخلى .



(a) ضوء السماء (b) ضوء السماء ، ضوء الشمس ، إنعكاسات ضوء الشمس

(1) Robbins, C.L.: Daylighting Design and Analysis, p. 87.

(٢) المرجع السابق ص ٩٥ .

(٣) المرجع السابق ص ٩٢ .

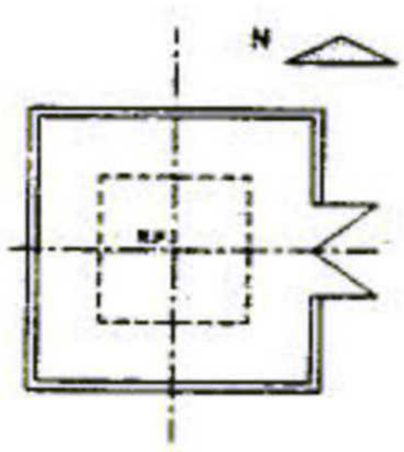
ومن خلال التجارب العملية اختيرت للفتحة العلوية الأفقية فى كل من القاعة المربعة الشكل (GM1) أو المستطيلة الشكل (GM2) أربعة نماذج تختلف من حيث العدد والموضع والأبعاد ولكنها تتساوى من حيث المساحة الكلية .

أ- النموذج الأول (SM1) : «فتحة واحدة فى مركز سقف القاعة»

يختلف النموذج الأول (SM1) فى القاعة المربعة الشكل عنه فى القاعة المستطيلة .

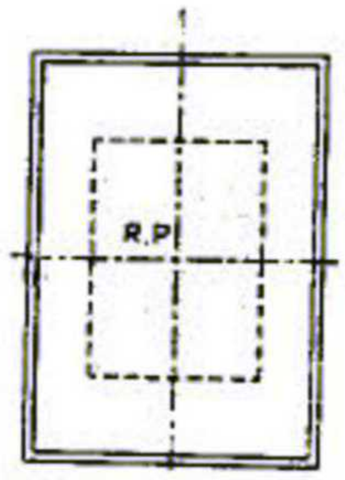
ففى القاعة المربعة (GM1) يكون النموذج الأول (SM1) عبارة عن فتحة واحدة مربعة الشكل حيث طول الفتحة (L) يتساوى مع عرضها (w) أى : $L = w$

أما فى القاعة المستطيلة (GM2) فالنموذج الأول (SM1) عبارة عن فتحة واحدة مستطيلة وحيث طول الفتحة (L) يساوى مرة ونصف عرضها (w) $L = 3/2w$



(GM1) (SM1)

$L = w$



(GM2) (SM1)

$L = 3/2w$

ب- النموذج الثانى (SM2) : «ثلاث فتحات مستطيلة الشكل»

وهذه الفتحات موزعة فى سقف القاعة سواء فى ذلك حالتا القاعة المربعة أو المستطيلة بحيث تكون محاورها الطولية موازية للمحور الطولى للقاعة وتقع تلك المحاور فى المواضع الآتية :

* الأول عند نهاية ربع القاعة الأول W/4
* الثانى فى مركز القاعة W/2
* الثالث عند بداية الربع الأخير منها 3W/4

أما بالنسبة لأبعادها فهى :

$$L = \frac{4}{5} L \qquad w = \frac{5}{12} KW$$

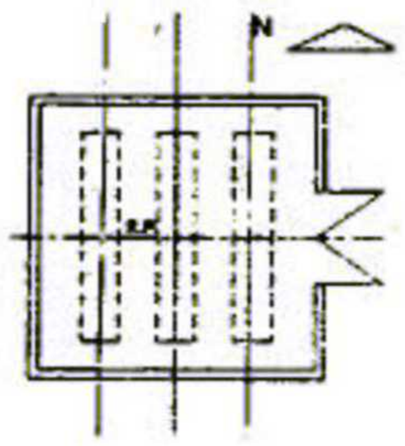
L = طول الفتحة

w = عرض الفتحة

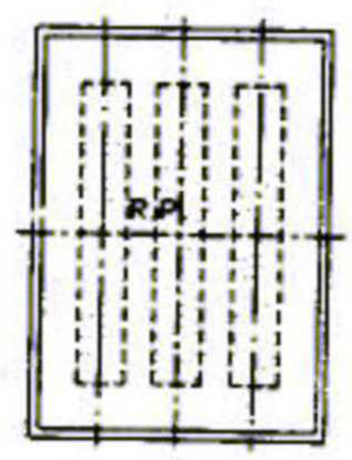
K = نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة

L = طول القاعة

W = عرض القاعة



(GM1) (SM2)



(GM2) (SM2)

جـ- النموذج الثالث (SM3) : «أربعة فتحات مربعة الشكل»

وهذه الفتحات موزعة فى سقف القاعة سواء المربعة أو المستطيلة بحيث تكون أضلاعها موازية لمحورى القاعة الطولى والعرض ويمر بمراكزها أربعة محاور منها إثنان موازيان لمحور القاعة الطولى :

* الأول عند نهاية القاعة الأول W/4
* الثانى عند بداية الربع الأخير 3W/4

والآخران موازيان لمحور القاعة العرض

* الأول عند ربع القاعة الأول L/4
* الثانى عند الربع الأخير 3L/4

أما بالنسبة لأبعادها فهى :

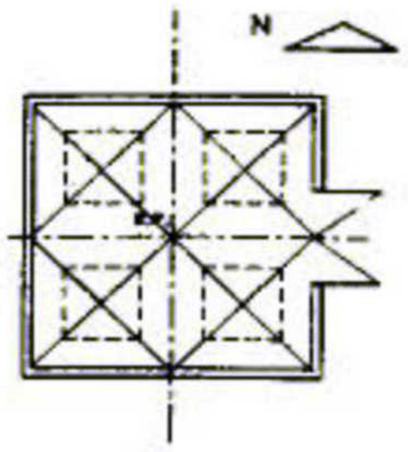
L = w

L = طول الفتحة

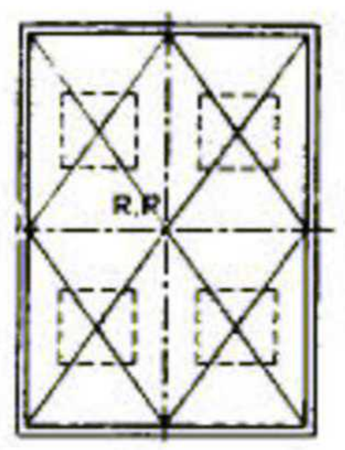
w = عرض الفتحة

L = طول القاعة

W = عرض القاعة



(GM1) (SM3)



(GM2) (SM3)

د- النموذج الرابع (SM4) : «فتحة واحدة فى جانب سقف القاعة»

وهذه الفتحة ملاصقة للحائط الشرقى للقاعة سواء المربعة أو المستطيلة وتمتد بطول ذلك الحائط وأبعادها :

$w = KW$ $\quad$ $L = L$

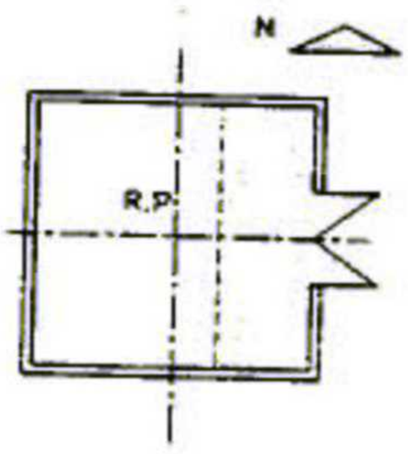
L = طول الفتحة

w = عرض الفتحة

K = نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة

L = طول القاعة

W = عرض القاعة



(GM1) (SM4)

(GM2) (SM4)

٢-٢ خطوات الدراسة العملية

تتكون الدراسة من مجموعتين من التجارب : المجموعة الأولى تخص القاعة المربعة الشكل والمجموعة الثانية تخص القاعة المستطيلة الشكل ولكل مجموعة أربعة نماذج

لفتحة السقف - كما ذكر - وسيجرى على كل منها عدد من التجارب باستخدام البرنامج الخاص بذلك (AES) على الحاسب لدراسة تأثير مجموعة الثوابت والمتغيرات على الإضاءة الطبيعية داخل القاعة من حيث الكم (شدة الاستضاءة) والكيف (تدرج شدة الاستضاءة).

٢-٢-١ الثوابت والمتغيرات

الثوابت والمتغيرات فى كل تجربة عبارة عن مجموعة من العناصر المعمارية المختلفة بحيث أنه فى كل تجربة تتغير قيمة واحد منها فقط وتثبت قيمة باقى العناصر فى كل تجربة جدول (٣-١) .

وهذه العناصر المعمارية هى :

أ- ارتفاع القاعة (H)

اختير لارتفاع القاعة (H) ثلاث قيم نسبية متزايدة منسوبة إلى عرض القاعة (W) وهى :

الارتفاع = نصف عرض القاعة H1 = 1/2W

الارتفاع = ثلثى عرض القاعة H2 = 2/3W

الارتفاع = كامل عرض القاعة H3 = W

ب- إرتفاع جوانب فتحة السقف (h)

اختير لارتفاع جوانب فتحة السقف (h) ثلاث قيم نسبية متزايدة منسوبة إلى ارتفاع القاعة (H) وعرض الفتحة (w) (والتى تختلف تبعاً لشكل الفتحة)

$$h1 = \frac{1}{20} H$$

$$h2 = \frac{1}{4} H$$

$$h3 = \frac{1}{2} H$$

جـ- نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (k)

وقد اختير للنسبة (K) ثلاث قيم نسبية متناقصة

K1 = 1/3

K2 = 1/5

K3 = 1/10

د- معامل إنعكاس السقف (Rc)

وقد اختيرت ثلاثة أنواع من تشطيبات السقف[١] لكل منها معامل انعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(دهان أبيض على بياض) Rc1 = 0.80

(بيـــاض فقـــط) Rc2 = 0.65

(خرسـانة ظـاهرة ناعمـة) Rc3 = 0.30

هـ- معامل إنعكاس الحوائط (Rw)

وقد إختيرت للحوائط أربعة أنواع من التشطيبات[١] (دهانـات ذات ألـوان مختلفة) لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة .

(دهان باللون الأبيض) Rw1 = 0.85

(دهان باللون السكرى) Rw2 = 0.60

(دهان باللون البـــنى) Rw3 = 0.25

(دهان باللون الأسـود) Rw4 = 0.05

و- معامل إنعكاس الأرضية (Rf)

وقد إختير للأرضية ثلاثة أنواع من التشطيبات[٢] لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(أرضية رخام من اللون السكرى) Rf1 = 0.45

(أرضية خشب ذات لون فاتح) Rf2 = 0.25

(أرضية خشب ذات لون داكن) Rf3 = 0.10

ز- النفاذيـــة (Tr)

المقصود بالنفاذية (Tr) نفاذية الزجاج مع السطح الشبكى .

ويتداخل فى قيمة نفاذية الزجاج عدة معاملات :

أ- معامل نفاذية الزجاج .

ب- معامل نفاذية مرشح الأشعة فوق البنفسجية .

جـ- معامل إمتصاص الحرارة .

والمقصود هنا هو محصلة معامل الترجح ونفاذية الشرائح المركبة على الزجاج .

---

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London, 1980, p. 118.

(١) المرجع السابق ص ١١٨ .

وهذه الشرائح يمكن أن يتم التحكم فى حركتها وبالتالى فى نفاذيتها تبعا لحالة السماء والوقت على مدار اليوم حيث يمكن الاحتفاظ بنفس كمية الإضاءة المطلوبة والتى تحتاجها القاعة المتحفية للمحافظة على الأعمال الفنية المعروضة (ولم يتطرق البحث إلى نوعية هذه الألواح وكيفية التحكم فيها) وقد تكون هذه الشرائح خارجية أو داخلية حسب رغبة المصمم.

وقد اختير للنفاذية (Tr) ثلاث قيم نسبية :

Tr1 = 0.50

Tr2 = 0.20

Tr3 = 0..10

ح- التوقيت (T)

الوقت ثابت لكل التجارب وهو الساعة الثانية عشر ظهراً فى فترة شهور الصيف .

وقد ثبت من التجارب أن تغير شكل القاعة أو شكل الفتحات العلوية لايؤثر على نسب انخفاض شدة الاستضاءة مع اختلاف ساعات اليوم أو شهور السنة .

ويوضح المنحنى شكل (٣-٢) معامل التصحيح الذى يمكن استخدامه إذا أريد معرفة نسبة تغير قيمة شدة الاستضاءة فى الساعات الأخرى من اليوم (من الساعة العاشرة صباحا حتى الساعة الرابعة بعد الظهر صيفاً) أو فى فصل الشتاء .

٢-٢-٢ دراسة تأثر شدة الاستضاءة كميا وكيفيا نتيجة للثوابت والمتغيرات .

٢-٢-٢-١ التأثر الكمى

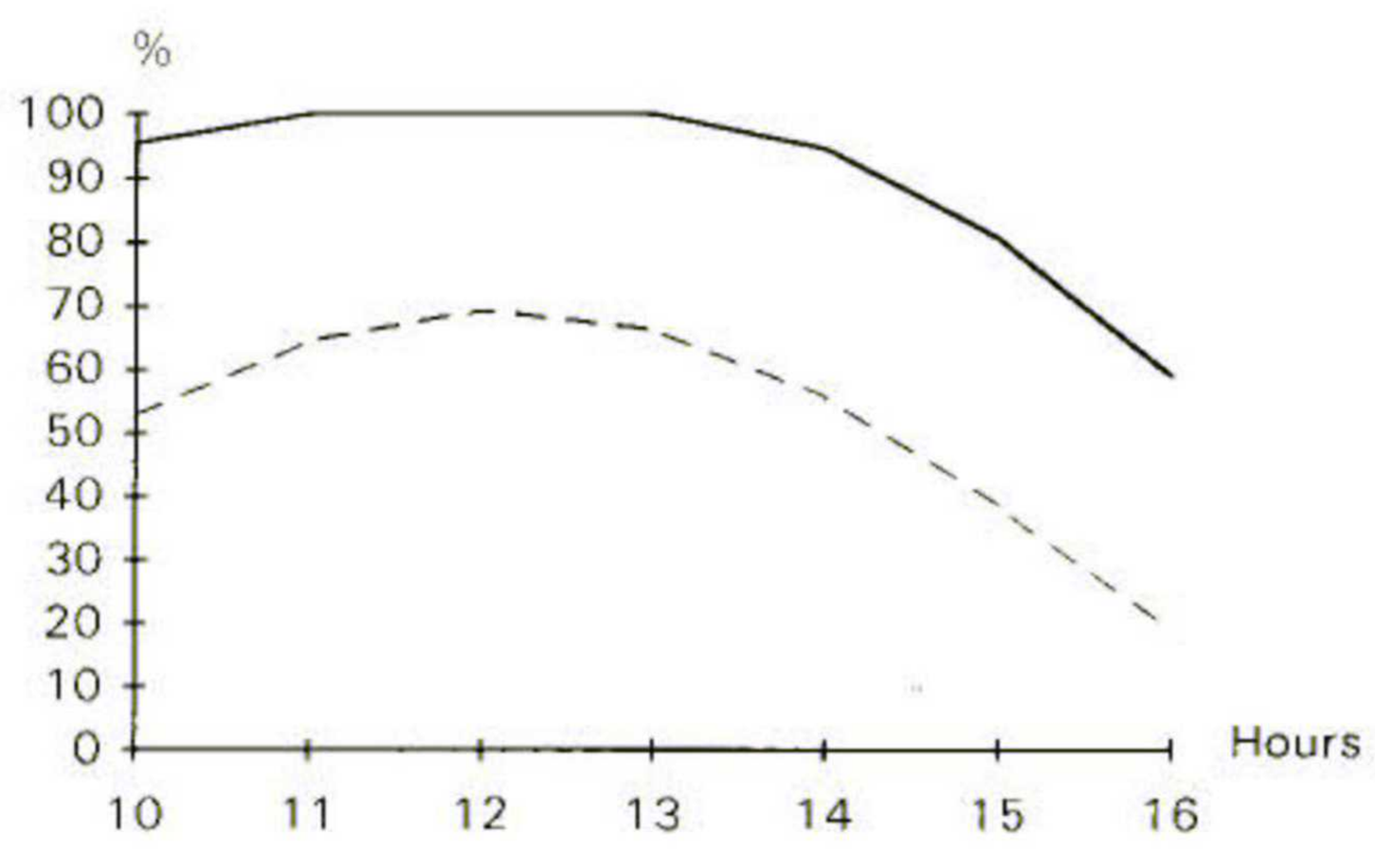
بدراسة تحليل الإضاءة الناتج عن كل تجربة من التجارب التى أجريت بواسطة الحاسب والتقرير المحتوى على ذلك[١] ، تم تحليل الأرقام المذكورة به والخاصة بشدة الاستضاءة وتحويلها إلى منحنيات لإمكان دراسة التأثر الكمى أى تحديد نسب انخفاض شدة الاستضاءة (عند النقاط الخاصة بكل موضع من مواضع الدراسة المختارة بالقاعة وعلى ارتفاع محدد هو ٥٠ . ١ متر) نتيجة لاختلاف قيمة المتغير .

ومواضع الدراسة المختارة المشار إليها هى :

- المحور (أ) والمقصود به المحور الموازى لطول القاعة والمار بمركزها .
- المحور (ب) والمقصود به المحور الموازى لعرض القاعة والمار بمركزها .
- نقطة المرجع R.P. والمحددة بمركز القاعة .

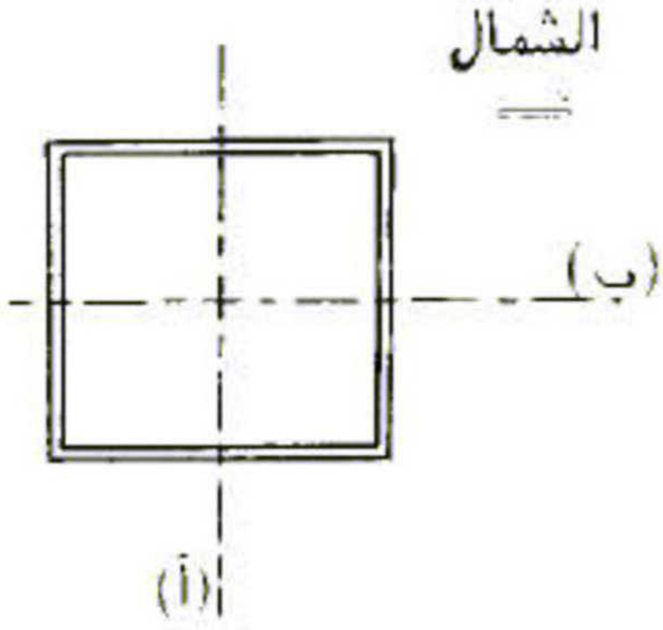
---

(١) ملحق (و) نموذج لأحد التقارير المحتوية على نتائج تحليل الإضاءة بموجب برنامج الحاسب .



شكل (٣-٢) معامل التصحيح الذى يمكن استخدامه اذا أريد معرفة نسبة تغير قيمة شدة الاستضاءة فى الساعات الأخرى من اليوم

- أسطح الحوائط الأربعة وهى المحددة تبعاً لتوجيه القاعة (شمالى وجنوبى وشرقى وغربى) .

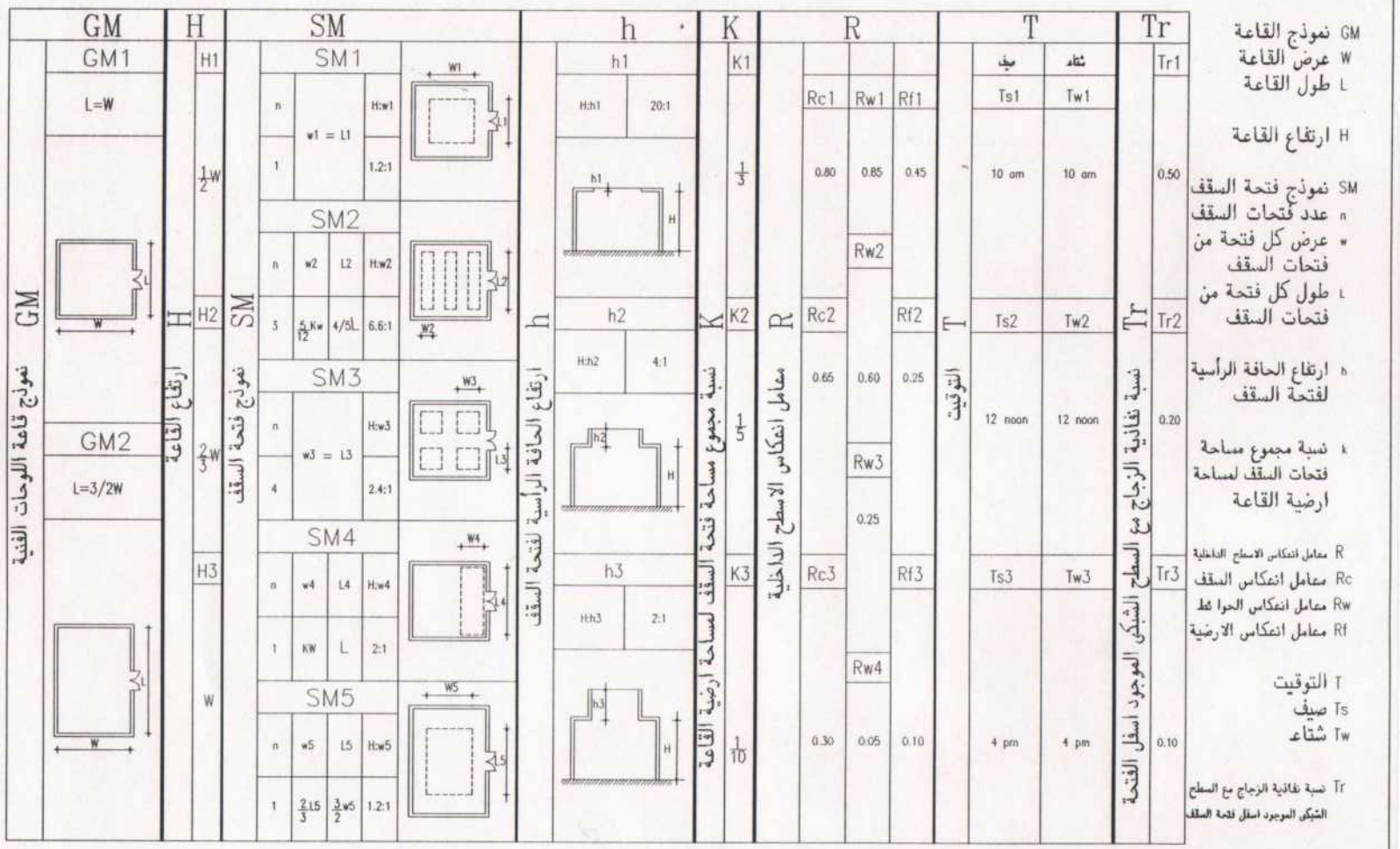


ومن نسب انخفاض شدة الإستضاءة عند نقاط كل موضع من مواضع الدراسة نتيجة للمتغيرات ، وهى النسب التى تم حسابها كما هو مذكور أعلاه، أمكن حساب متوسط تلك النسب فيما يخص كل موضع وبالتالى تحديد مدى تأثير اختلاف قيمة العناصر المعمارية المختلفة على شدة الاستضاءة عند ذلك الموضع وخاصة عند الحوائط .

٢-٢-٢-٢ التأثر الكيفى

والمقصود بالتأثر الكيفى هو حساب تدرج الضوء أى تغير شدة الاستضاءة من نقطة إلى أخرى على كل من المحورين (أ) و(ب) وعند كل قيمة من قيم المتغير مع التركيز على النسبة بين أعلى قيمة وأقل قيمة فيما يخص كل محور .

ومن حساب نسب هذا التدرج يحدد تأثر التدرج مع اختلاف قيمة المتغير وذلك فى الموضعين المذكورين .



البدائل المختلفة للعناصر المعمارية الاساسية

جدول (٣-١)

٣- المجموعة الأولى من التجارب «القاعة المربعة الشكل»

فى هذه المجموعة من التجارب استخدم النموذج الأول GM1 وهو قاعة مربعة الشكل فيها :

$$L=W$$

L = طـول القاعة

W = عرض القاعة

وهذا النموذج الأول للقاعة تقابله أربعة نماذج لفتحة السقف تختلف من حيث العدد والموضع والأبعاد ولكنها تتساوى من حيث المساحة الكلية (كما ذكر).

٣-١ النموذج الأول لفتحة السقف : «فتحة مربعة فى مركز سقف القاعة»

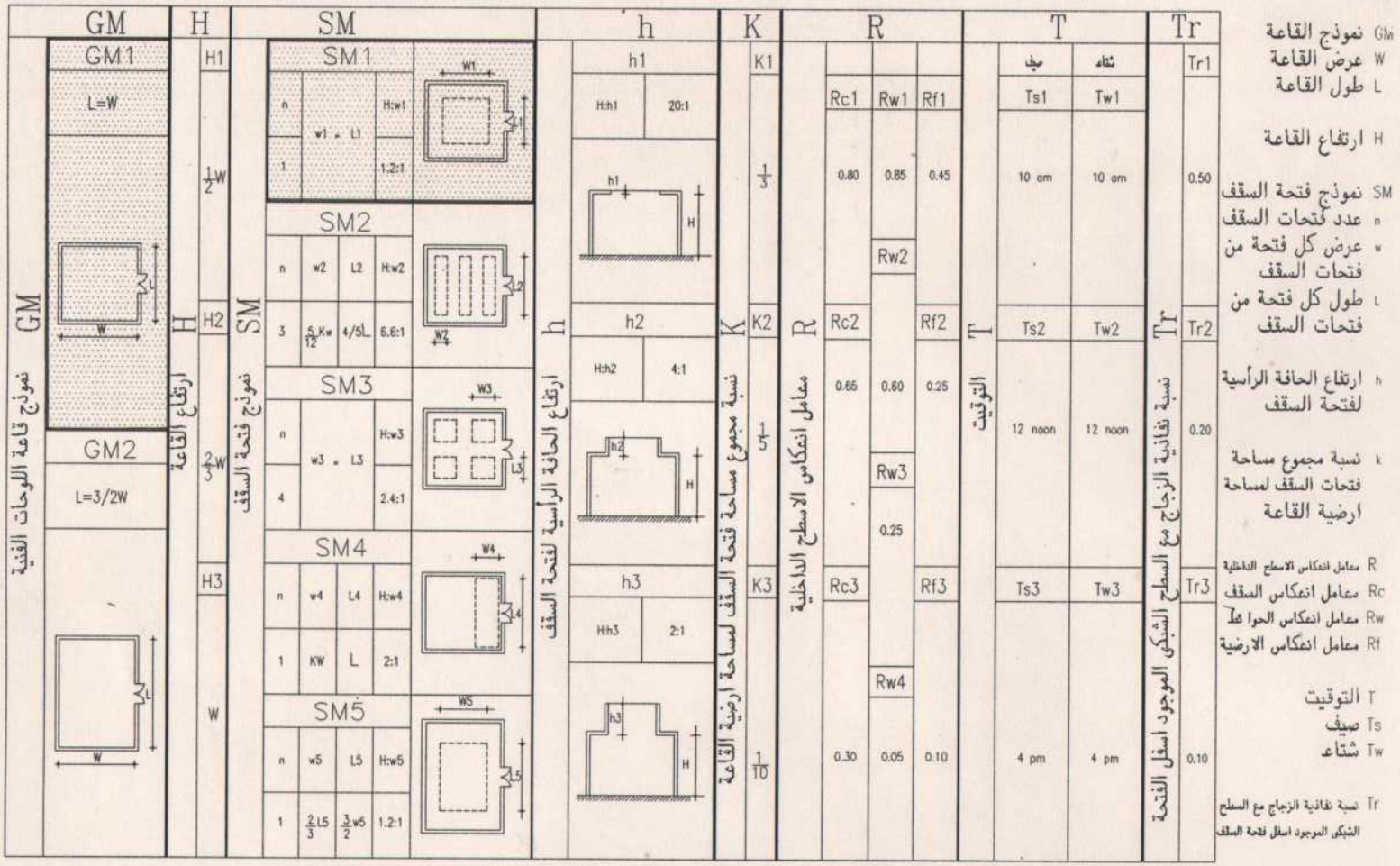
النموذج الأول SM1 عبارة عن فتحة واحدة مربعة الشكل موجودة فى مركز القاعة المربعة . جدول (٣-٢) ، وفيها :

$$L = W = \frac{1}{1.2} H$$

L = طول الفتحة

W = عرض الفتحة

H = إرتفاع القاعة



البدائل المختلفة للعناصر المعمارية الاساسية

جدول (٣-٢)

٣-١-١ التجربة الأولى :

٣-١-١-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع القاعة (H) كما هو واضح فى الجدول (٣-٣) .

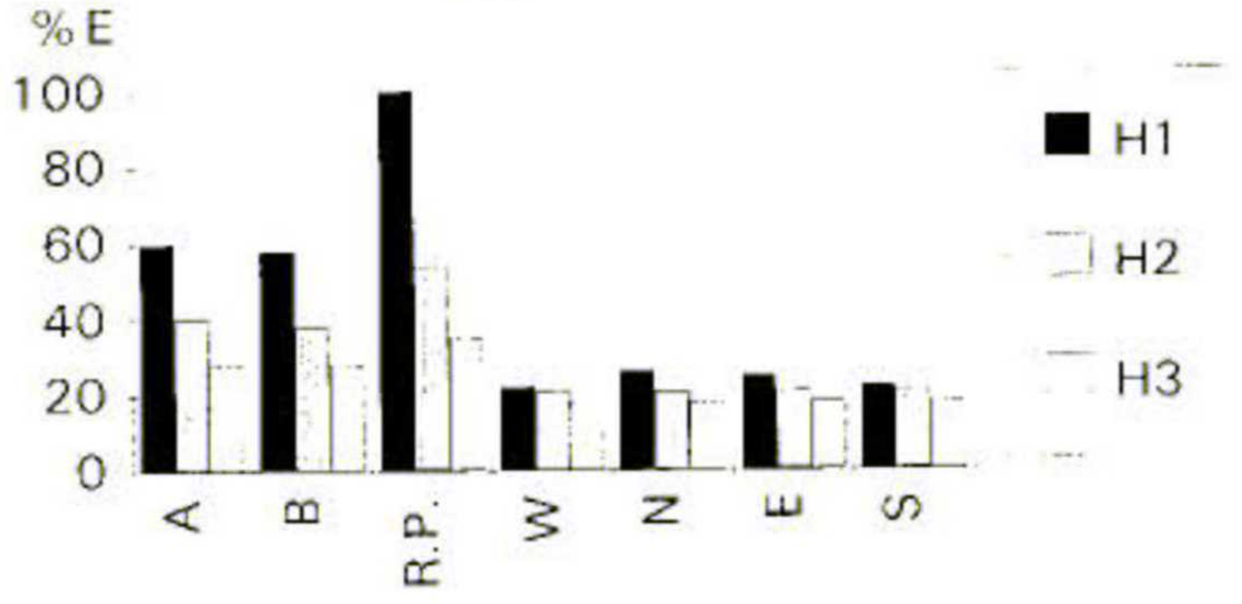
- الارتفاع = نصف عرض القاعة H1 = 1/2W حيث شدة الاستضاءة E1
- الارتفاع = ثلثى عرض القاعة . H2 = 2/3W حيث شدة الاستضاءة E2
- الارتفاع = كامل عرض القاعة . H3 = W حيث شدة الإستضاءة E3

٣-١-١-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣) إن نسبة انخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد ارتفاع القاعة (H) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة انخفاض شدة الإستضاءة	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثى عرض القاعة	$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد الإرتفاع من ثلثى عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة
المحور (أ) A	٢٤٪	٢٦٪
المحور (ب) B	٢٢٪	٢٤٪
نقطة المرجع R.P.	٤٦٪	٣٤٪
الحائط الغربى	٦٪	١٣٪
الحائط الشمالى	١٤٪	١٥٪
الحائط الشرقى	١٤٪	١٥٪
الحائط الجنوبى	٦٪	١٣٪



شـــــكل (٣-٣)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٣):

-أن تغيير إرتفاع القاعة له تأثير كبير على شدة الاستضاءة على المحورين (أ) ، (ب) وخاصة عند نقطة المرجع التى تعتبر أكثر المواضع تأثراً .

- تتساوى نسب إنخفاض شدة الإستضاءة عند الحائطين الغربى والجنوبى معاً والشمالى والشرقى معاً وهى أقل المواضع تأثراً بتغير ارتفاع القاعة .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الاستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع القاعة	الاتجاه الطولى (المحور (أ))	الاتجاه العرضى (المحور (ب))
H1 = 1/2W	١ : ٠.٢	١ : ٠.٢
H2 = 2/3W	١ : ٠.٥	١ : ٠.٤
H3 = W	١ : ٠.٦	١ : ٠.٥

يوضح الجدول السابق أ تدرج شدة الإستضاءة يتغير مع اختلاف ارتفاع القاعة فإنه كلما زاد ارتفاع القاعة قل الفرق بين أعلى قيمة لشدة الاستضاءة وأقل قيمة لها .

GM	نموذج القاعة
	w=L

H	ارتفاع القاعة		
	W	2/3W	1/2W
	H:w	H:w	H:w
	1.8:1	1.2:1	0.9:1

SM	نموذج فتحة السقف	
	w = L	n
		1

h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	20:1

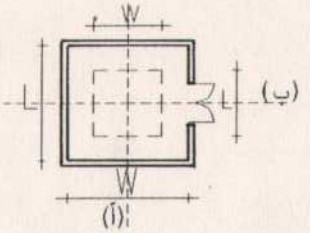
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3

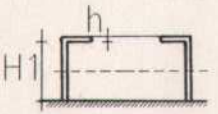
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية		
	Rf	Rw	Rc
	0.25	0.60	0.80

T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا

Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى
	0.50

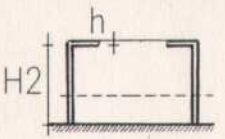
٣-١ التجربة الاولى





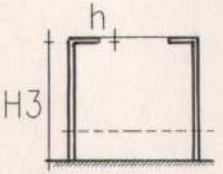
H1=1/2W

قطاع عرضى



H2=2/3W

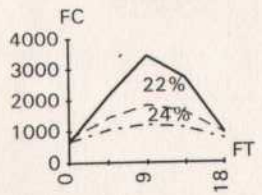
قطاع عرضى



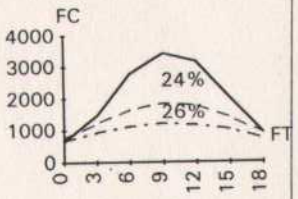
H3=W

قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

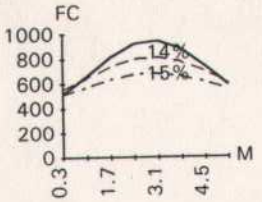


المحور(ب)

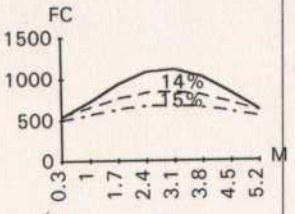


المحور(أ)

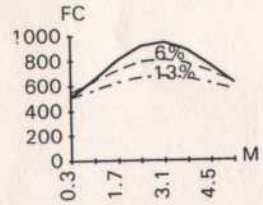
الحائط الشمالى



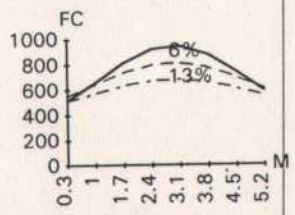
الحائط الشرقى



الحائط الجنوبى



الحائط الغربى



—— H1 – – – H2 – · – H3 اسطح الحوائط الداخلية

W = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٣)

٣-١-٢ التجربة الثانية :

٣-١-٢-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا ارتفاع جوانب فتحة السقف (h) كما هو واضح فى الجدول (٣-٤) .

وقد أختير للإرتفاع (h) ثلاث قيم نسبية متزايدة .

$$h1 = \frac{1}{20} H \ (= \frac{1}{17} w)$$ حيث شدة الاستضاءة E1

$$h2 = \frac{1}{4} H \ (= \frac{1}{3.4} w)$$ حيث شدة الاستضاءة E2

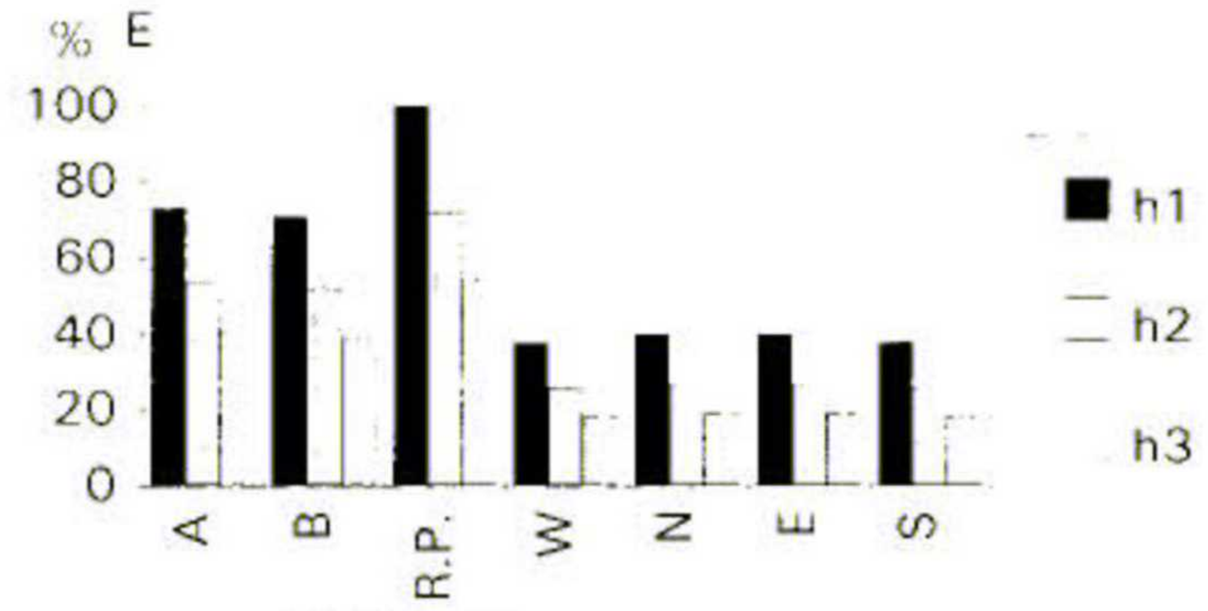
$$h3 = \frac{1}{2} H \ (= \frac{1}{1.7} w)$$ حيث شدة الاستضاءة E3

٣-١-٢-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤) أن نسبة انخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة انخفاض شدة الاستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h1 ، إلى h2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h2 ، إلى h3	
المحور (أ) A	٪٢٧		٪٢٤	
المحور (ب) B	٪٢٧		٪٢٥	
نقطة المرجع R.P.	٪٢٨		٪٢٤	
الحائط الغربى	٪٣٢		٪٣١	
الحائط الشمالى	٪٣١		٪٢٩	
الحائط الشرقى	٪٣١		٪٢٩	
الحائط الجنوبى	٪٣٢		٪٣٠	



شـــــكل (٣-٤)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٤)

- إن شدة الإستضاءة تتأثر تأثراً كبيراً مع تغير إرتفاع جوانب فتحة السقف h وخاصة عند أسطح الحوائط مما يدل على أهمية هذا العنصروإمكانية إستغلاله للوصول إلى شدة الإستضاءة المطلوبة داخل القاعة المتحفية .
- إن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب)وعند نقطة المرجع .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع جوانب فتحة السقف	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
$h1=\frac{1}{20}H$	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
$h2=\frac{1}{4}H$	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
$h3=\frac{1}{2}H$	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لا يتغير مع إختلاف إرتفاع جوانب فتحة السقف وكذلك فى الاتجاهين الطولى والعرضى .

GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	1.2:1
SM	نموذج فتحة السقف
n	w = L
1	
h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف

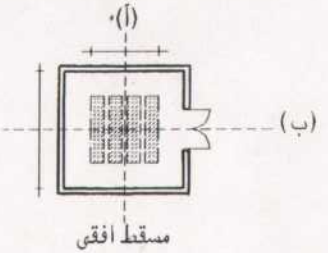
H:h1	H:h2	H:h3
20:1	4:1	2:1

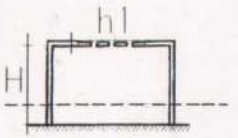
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية

Rc	Rw	Rf
0.80	0.60	0.25

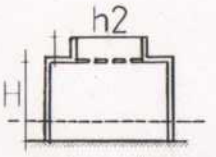
T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا
Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	
	0.10	

التجربة الثانية

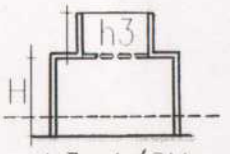




h1=1/20H
قطاع عرضى

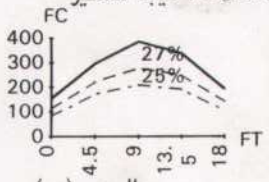


h2=1/4H
قطاع عرضى

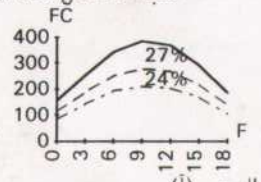


h3=1/2H
قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

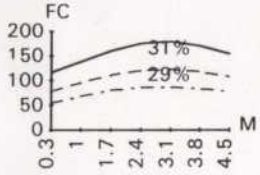


المحور (ب)

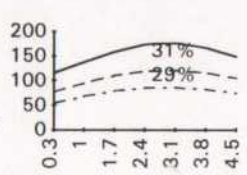


المحور (أ)

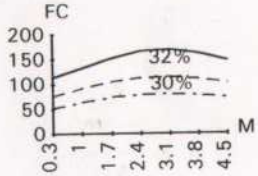
الحائط الشمالى



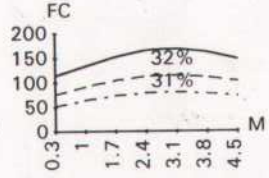
الحائط الشرقى



الحائط الجنوبى



الحائط الغربى



اسطح الحوائط الداخلية h1 h2 h3

W	عرض القاعة
L	طول القاعة
n	عدد فتحات السقف
w	عرض كل فتحة من فتحات السقف
L	طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc	معامل انعكاس السقف
Rf	معامل انعكاس الارضية
Rw	معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٤)

٣-١-٣ التجربة الثالثة :

٣-١-٣-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (k) كما هو واضح فى الجدول (٣-٥) .

وقد اختير للنسبة K ثلاث قيم نسبية متناقصة وهى :

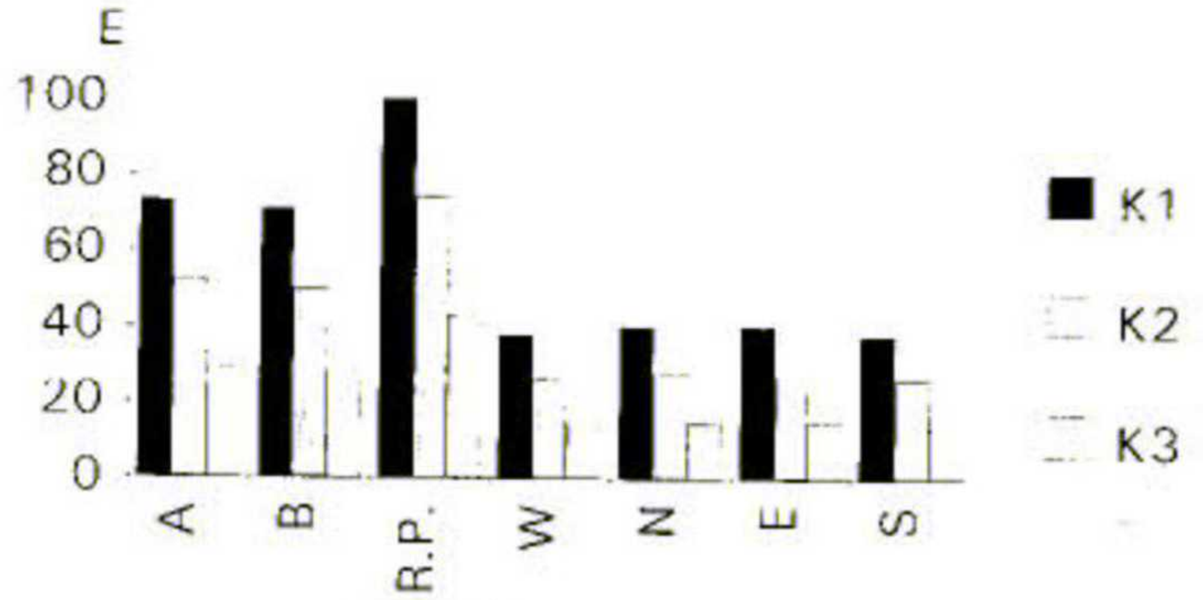
K1 = 1/3	حيث شدة الإستضاءة E1
K2 = 1/5	حيث شدة الإستضاءة E2
K3 = 1/10	حيث شدة الإستضاءة E3

٣-١-٣-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥) أن نسبة انخفاض شدة الاستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص نسبة مجموع مساحات فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	عندما تقل النسبة من K1 إلى K2	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	عندما تقل النسبة من K2 إلى K3
المحور (أ) A	٢٩٪		٤٤٪	
المحور (ب) B	٣٠٪		٤٥٪	
نقطة المرجع R.P.	٢٦٪		٤١٪	
الحائط الغربى	٣١٪		٤٦٪	
الحائط الشمالى	٣٣٪		٤٦٪	
الحائط الشرقى	٣٣٪		٤٦٪	
الحائط الجنوبى	٣٣٪		٤٦٪	



شـــــكل (٣-٥)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٥)

- أن تناقص نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) له تأثير كبير على شدة الإستضاءة داخل القاعة مما يدل على أهمية هذا العنصر وإمكانية إستغلاله للوصول إلى شدة الإستضاءة المطلوبة داخل القاعة .
- إن أكثر المواضع تأثراً بتغير النسبة (K) هى أسطح الحوائط .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
النسبة K	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
K1 = 1/3	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
K2 = 1/5	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
K3 = 1/10	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) .

GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	1.2:1
SM	نموذج فتحة السقف

n	w = L
1	

h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	20:1

k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية		
	k1=1/3	k2=1/5	k3=1/10

R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية		
	Rc	Rw	Rf
	0.80	0.60	0.25

T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا

Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي
	0.50

التجربة الثالثة

(أ)

(ب)

k1=1/3
مسقط افقي

k2=1/5
مسقط افقي

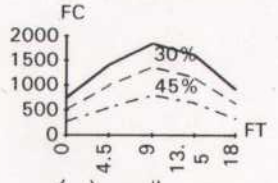
قطاع عرضي

قطاع عرضي

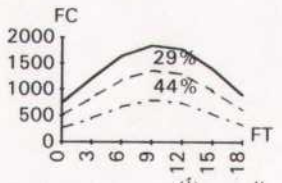
k3=1/10
مسقط افقي

قطاع عرضي

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير



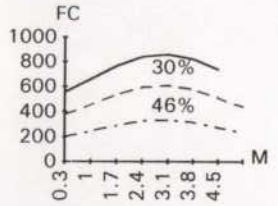
المحور (ب)

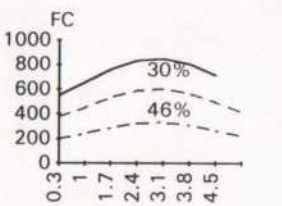


المحور (أ)

الحائط الشرقي

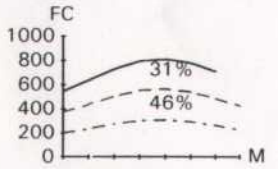
الحائط الشمالي

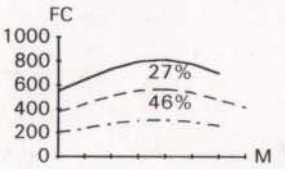




الحائط الغربي

الحائط الجنوبي





اسطح الحوائط الداخلية — K1 — — K2 — · — K3

W = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٥)

٣-١-٤ التجربة الرابعة :

٣-١-٤-١ *الثوابت والمتغير*

فى هذه التجربة تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس أحد الأسطح الداخلية وهو السقف (Rc) كما هو واضح فى الجدول (٣-٦) .

وقد أختيرت ثلاثة أنواع من تشطيبات السقف لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة[١] وهى :

(دهان أبيض على بياض)	Rc1 = 0.80	حيث شدة الإستضاءة E1
(بيـــــــاض فقط)	Rc2 = 0.65	حيث شدة الإستضاءة E2
(خرســانة ظاهـرة ناعمة)	Rc3 = 0.30	حيث شدة الإستضاءة E3

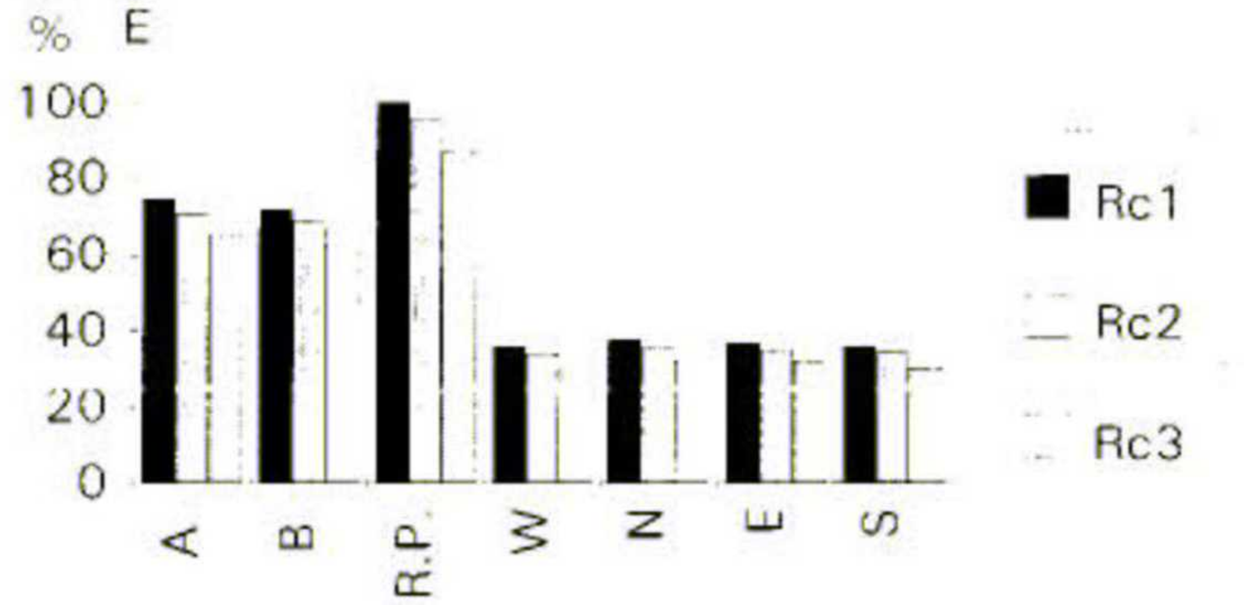
٣-١-٤-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٦) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس السقف (Rc) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc1 إلى Rc2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc2 إلى Rc3	
المحور (أ) A	٤٪		٩٪	
المحور (ب) B	٤٪		٩٪	
نقطة المرجع R.P.	٤٪		٩٪	
الحائط الغربى	٦٪		١١٪	
الحائط الشمالى	٥٪		١١٪	
الحائط الشرقى	٥٪		١١٪	
الحائط الجنوبى	٥٪		١١٪	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٦)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٦)

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة متساوية تقريباً .
- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة نتيجة لتغير معامل إنعكاس السقف ضئيلة مما يدل على ضعف تأثير هذا العنصر على شدة الإستضاءة عند هذه المواضع .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٦) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rc	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rc1 = 0.80	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
Rc2 = 0.65	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
Rc3 = 0.30	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل انعكاس السقف (Rc) .

٣-١-٥ التجربة الخامسة :

٣-١-٥-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الحوائط (Rw) كما هو واضح فى الجدول (٣-٧) :

وقد أختير للحوائط ثلاثة أنواع من التشطيبات (دهانات ذات ألوان مختلفة)[١] لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(دهـان باللون الأبيـض)	Rw1 = 0.85	حيث شدة الاستضاءة E1
(دهـان باللون السـكرى)	Rw2 = 0.60	حيث شدة الاستضاءة E2
(دهـان باللون البـــنى)	Rw3 = 0.25	حيث شدة الاستضاءة E3
(دهـان باللون الأســود)	Rw4 = 0.05	حيث شدة الاستضاءة E4

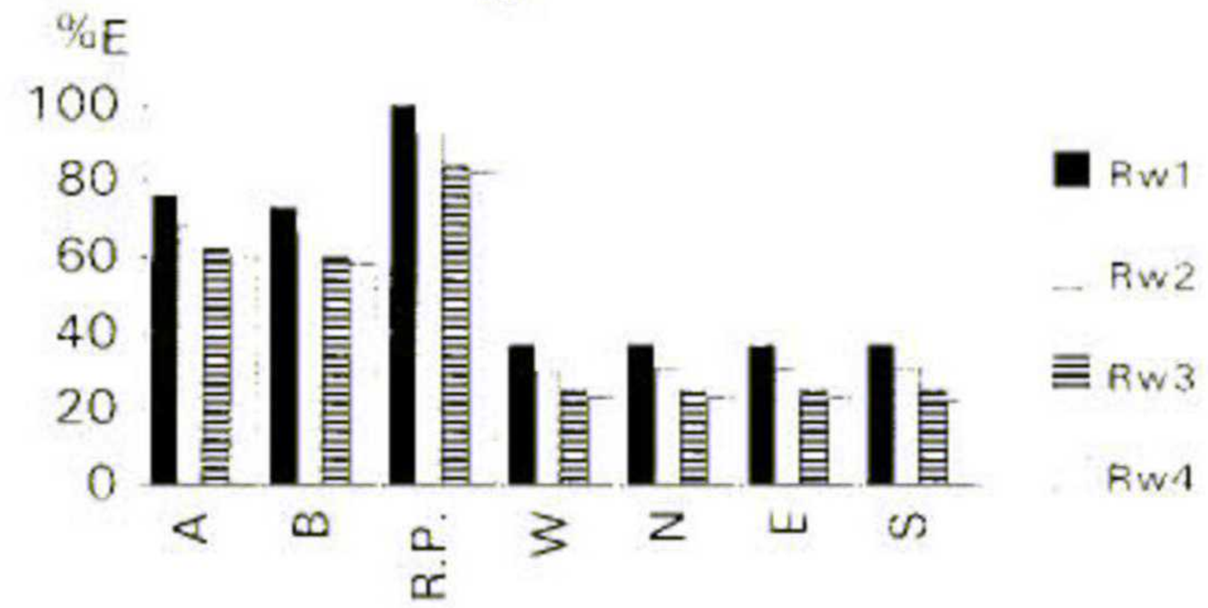
٣-١-٥-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٧) أن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس السقف (Rw) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة					
	E1-E2 % / E1	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw1 إلى Rw2	E2-E3 % / E2	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw2 إلى Rw3	E3-E4 % / E3	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw3 إلى Rw4
المحور (أ) A		٪١٠		٪٩		٪٤
المحور (ب) B		٪٩		٪٩		٪٤
نقطة المرجع R.P.		٪٨		٪٨		٪٤
الحائط الغربى		٪١٨		٪٢٠		٪١٠
الحائط الشمالى		٪١٦		٪٢٢		٪٦
الحائط الشرقى		٪١٧		٪١٨		٪٩
الحائط الجنوبى		٪١٨		٪٢٠		٪١٠

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٧)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٧) :

- إن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع . وهى تعتبر نسباً ضئيلة مما يدل على ضعف تأثير تغير معامل إنعكاس الحوائط على شدة الإستضاءة عند هذه المواضع .
- أما الحوائط فهى تعتبر أكثر المواضع تأثراً بتغير معامل إنعكاسها (فقد إنخفضت شدة الإستضاءة بمقدار ٣٧٪ عندما تغير لون الحوائط من الأبيض إلى الأسود).

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٧) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rw	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rw1	١ : ٠,٥	١ : ٠,٥
Rw2	١ : ٠,٥	١ : ٠,٥
Rw3	١ : ٠,٥	١ : ٠,٥
Rw4	١ : ٠,٥	١ : ٠,٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس الحوائط (Rw) .

GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	1.2:1
SM	نموذج فتحة السقف

n	w = L
1	

h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	4:1

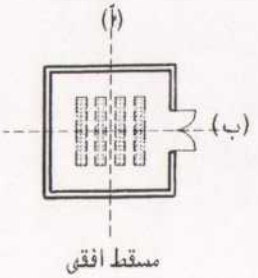
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3

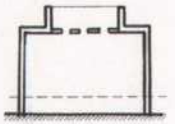
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية				
Rc	Rw				Rf
0.80	0.85	0.60	0.25	0.05	0.25

T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا

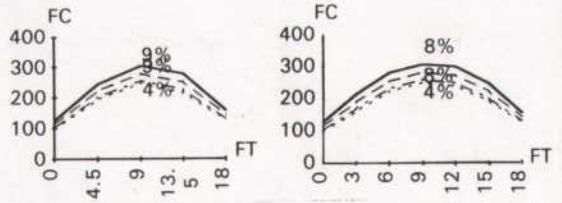
Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى
	0.10

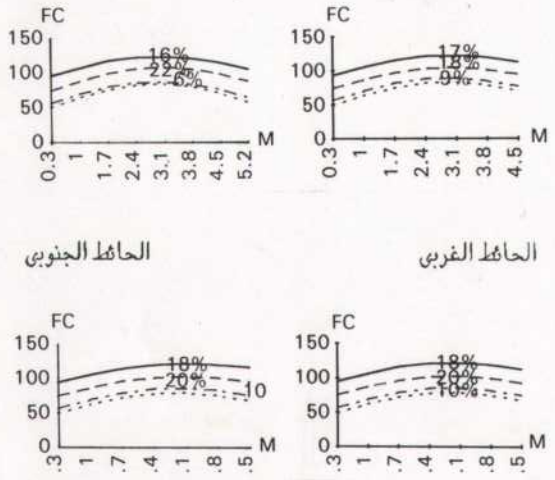
التجربة الخامسة




قطاع عرضى

نسبة انخاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير





n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
L = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rf = معامل انعكاس الارضية
Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٧)

٣-١-٦ التجربة السادسة :

٣-١-٦-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الأرضية (Rf) كما هو واضح فى الجدول (٣-٨) :

وقد أختير الأرضية ثلاثة أنواع من التشطيبات[١] لكل منها معامل إنعكاس مختلف ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(أرضيـــــة رخـــــام) Rf1 = 0.45 حيث شدة الإستضاءة E1

(أرضية خشب ذات لون فاتح) Rf2 = 0.25 حيث شدة الإستضاءة E2

(أرضية خشب ذات لون داكن) Rf3 = 0.10 حيث شدة الإستضاءة E3

٣-١-٦-٢ *النتيجة*

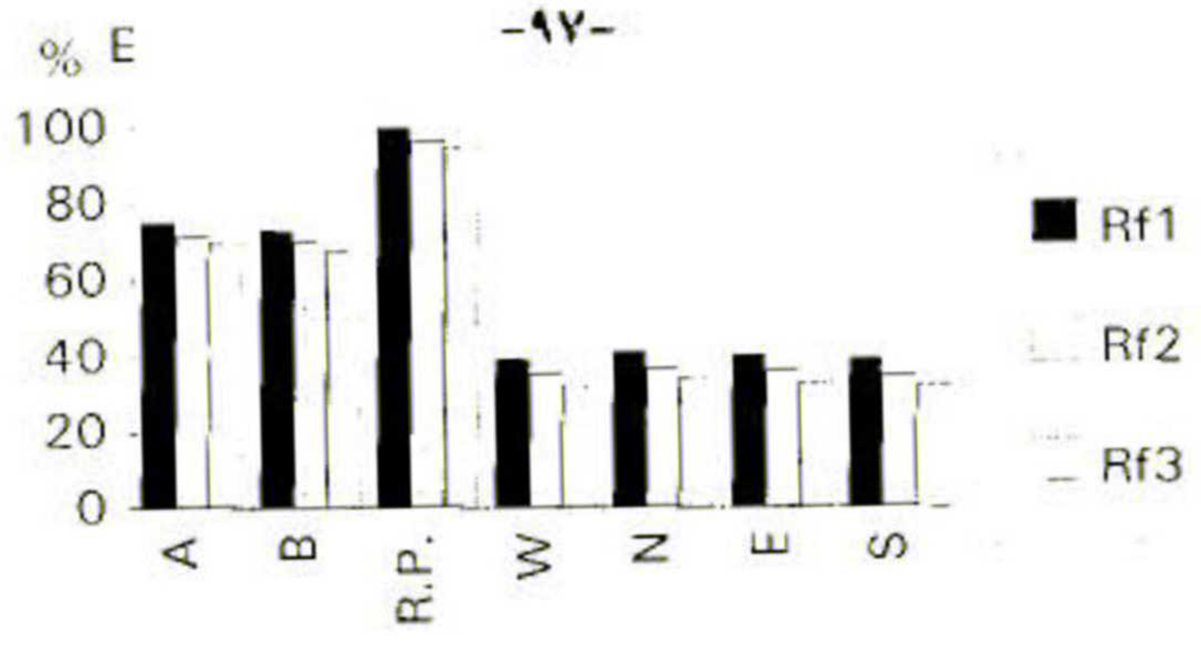
أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٨) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس الأرضية (Rf) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf1 إلى Rf2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf2 إلى Rf3	
المحور (أ) A	٤٪		٣٪	
المحور (ب) B	٤٪		٣٪	
نقطة المرجع R.P.	٣٪		٢٪	
الحائط الغربى	١١٪		٩٪	
الحائط الشمالى	١١٪		٨٪	
الحائط الشرقى	١١٪		٨٪	
الحائط الجنوبى	١١٪		٩٪	

---

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٨)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٨)

- إن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع . وهى تعتبر نسباً ضئيلة مما يدل على ضعف تأثير تغير معامل إنعكاس الأرضية على شدة الإستضاءة عند هذه المواضع .
- أما أسطح الحوائط فقد تساوت عندها نسب الإنخفاض وهى فى نفس الوقت أكثر المواضع تأثراً .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٨) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rc	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rf1 = 0.80	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
Rf2 = 0.65	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
Rf3 = 0.30	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥

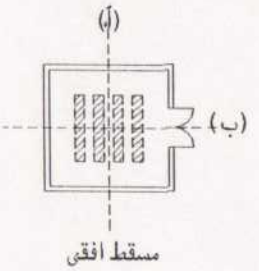
يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس الأرضية (Rf).

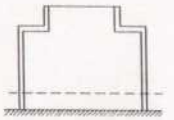
GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	1.2:1
SM	نموذج فتحة السقف
n	w = L
1	
h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	4:1
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية

Rc	Rw	Rf		
0.80	0.60	0.45	0.25	0.10

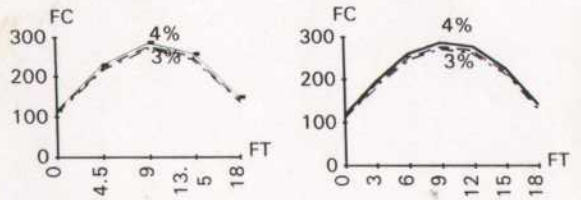
T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا
Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	
	0.10	

التجربة السادسة

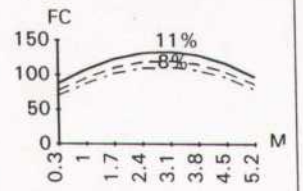



قطاع عرضى

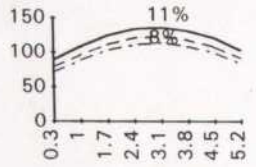
نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير



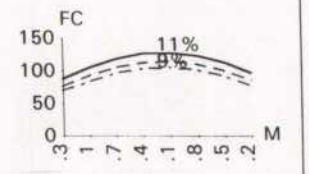
الحائط الشرقى



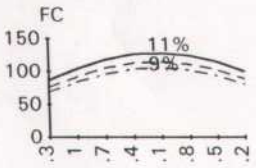
الحائط الشمالى



الحائط الغربى



الحائط الجنوبى



اسطح الحوائط الداخلية Rf1 – – – Rf2 – · – Rf3

w = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٨)

٣-١-٧ التجربة السابعة :

٣-١-٧-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا نسبة نفاذية الزجاج مع الشرائح (السطح الشبكى) الموجود أسفل الفتحة كما هو واضح فى الجدول (٣-٩) :

وقد أختيرت ثلاث قيم نسبية متناقصة لنسبة النفاذية[١]

Tr1 = 0.50 حيث شدة الإستضاءة E1

Tr2 = 0.20 حيث شدة الإستضاءة E2

Tr3 = 0.10 حيث شدة الإستضاءة E3

٣-١-٧-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٩) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص نسبة النفاذية (Tr) - تكون على الوجه الآتى :

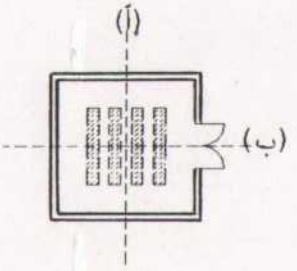
مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr1 إلى Tr2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr2 إلى Tr3	
المحور (أ) A	٦٢٪		٥٠٪	
المحور (ب) B	٦٢٪		٥٠٪	
نقطة المرجع R.P.	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الغربى	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الشمالى	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الشرقى	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الجنوبى	٦٢٪		٥٠٪	

GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	1.2:1
SM	نموذج فتحة السقف
n	w = L
1	
h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	4:1
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية

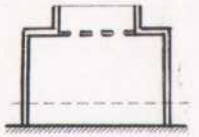
Rc			Rw	Rf
0.80	0.65	0.30	0.60	0.25

T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا
Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	
	0.10	

التجربة الرابعة

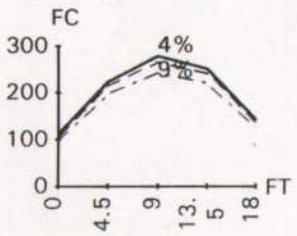


مسقط افقى

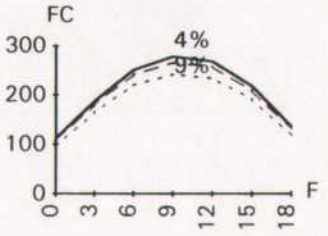


قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

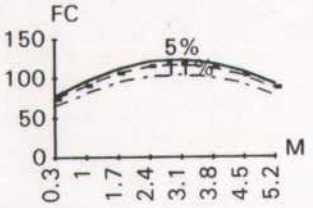


المحور (ب)

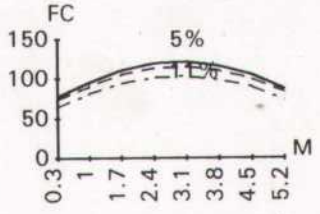


المحور (أ)

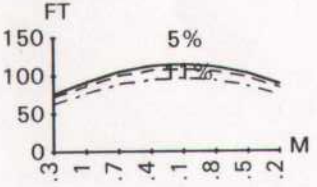
الحائط الشرقى



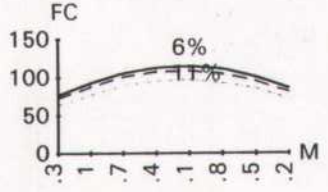
الحائط الشمالى



الحائط الغربى



الحائط الجنوبى

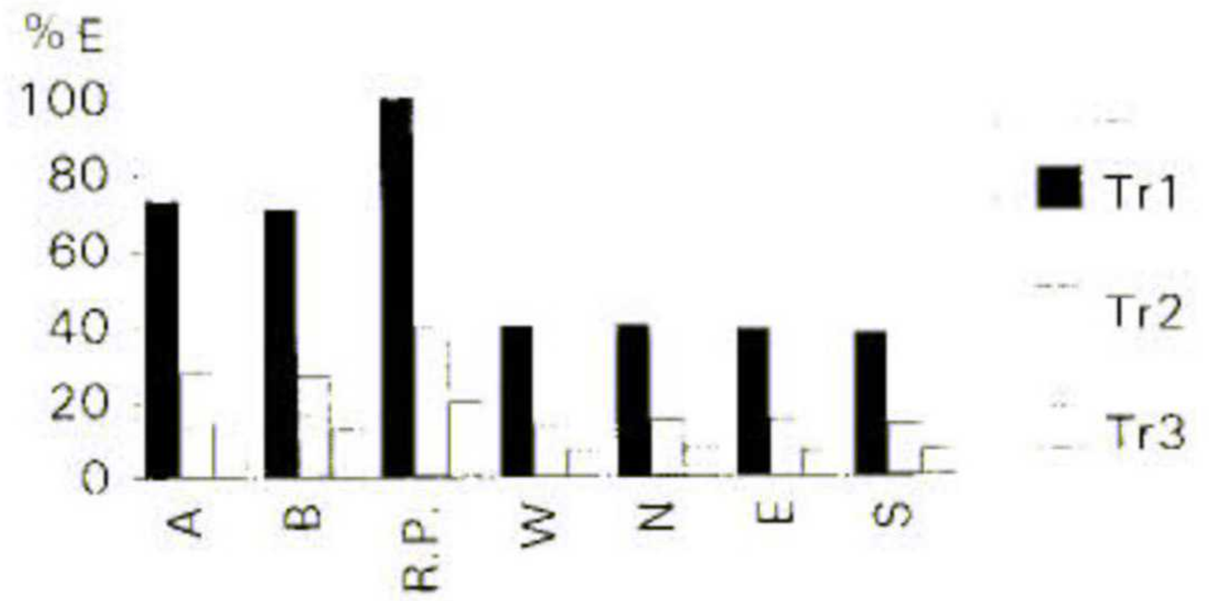


اسطح الحوائط الداخلية

—— Rc1 – – – Rc2 – · – Rc3

n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
L = طول القاعة
L = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rf = معامل انعكاس الارضية
Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٦)



شـــــكل (٣-٩)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٩)

- أن تغير نسبة النفاذية له تأثير كبير على شدة الاستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة وهو ما يؤكد أهمية هذا العنصر فى التحكم فى كمية الإضاءة الطبيعية داخل القاعة .
- تساوى نسب انخفاض شدة الاستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة .

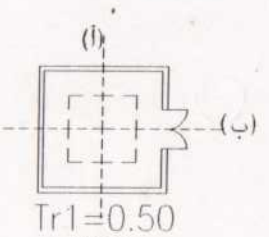
ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

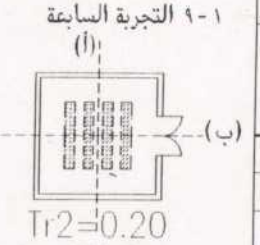
يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٩) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

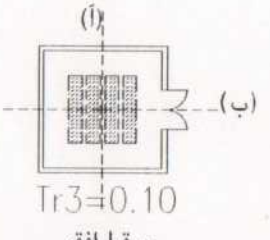
المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
نسب النفاذية	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Tr1 = 0.50	١ : ٠,٥	١ : ٠,٥
Tr2 = 0.20	١ : ٠,٥	١ : ٠,٥
Tr3 = 0.10	١ : ٠,٥	١ : ٠,٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف نسبة النفاذية(Tr).

١-٩ التجربة السابعة







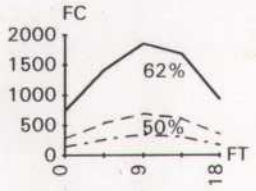
GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	1.2:1
SM	نموذج فتحة السقف
	n = 1 ، w = L
h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	20:1
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية

Rc	Rw	Rf
0.80	0.60	0.25

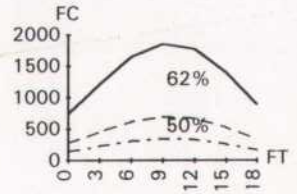
T	التوقيت	
	الساعة	فصل
	١٢ ظهرا	الصيف

Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى		
	0.50	0.20	0.10

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

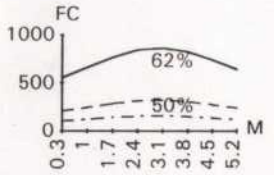


المحور (ب)

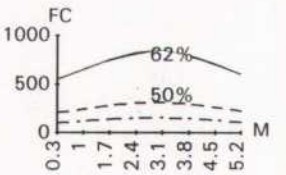


المحور (أ)

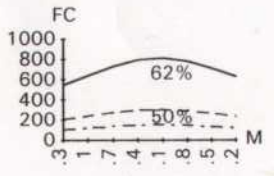
الحائط الشمالى



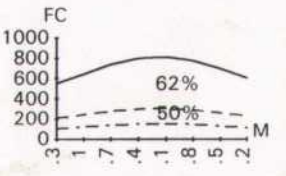
الحائط الشرقى



الحائط الجنوبى



الحائط الغربى



عند اسطح الحوائط — Tr1 - - - Tr2 — · — Tr3

W= عرض القاعة	n= عدد فتحات السقف	L= طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf= معامل انعكاس الارضية
L= طول القاعة	w= عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc= معامل انعكاس السقف	Rw= معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٩)

٣-٢ النموذج الثانى لفتحة السقف :
«ثلاث فتحات مستطيلة الشكل»

النموذج الثانى SM2 عبارة عن ثلاث فتحات مستطيلة الشكل موزعة فى سقف القاعة بحيث تكون محاورها الطولية موازية للمحور الطولى للقاعة وتقع فى المواضع الآتية : جدول (٣-١٠) .

* الأول عند نهاية ربع القاعة الأول $\frac{W}{4}$
* الثانى فى مركزها $\frac{W}{2}$
* الثالث عند بداية الربع الأخير منها $\frac{3W}{2}$

وقد روعى فى هذا النموذج أن يتساوى مجموع مساحات الفتحات الثلاثة مع مساحة الفتحة المربعة التى استخدمت فى النموذج الأول (SM1)[١] .

وفى هذا النموذج (SM2) :

$$w = \frac{5}{12} KW \qquad L = \frac{4}{5} L$$

W = عرض الفتحة الواحدة

L = طول الفتحة الواحدة

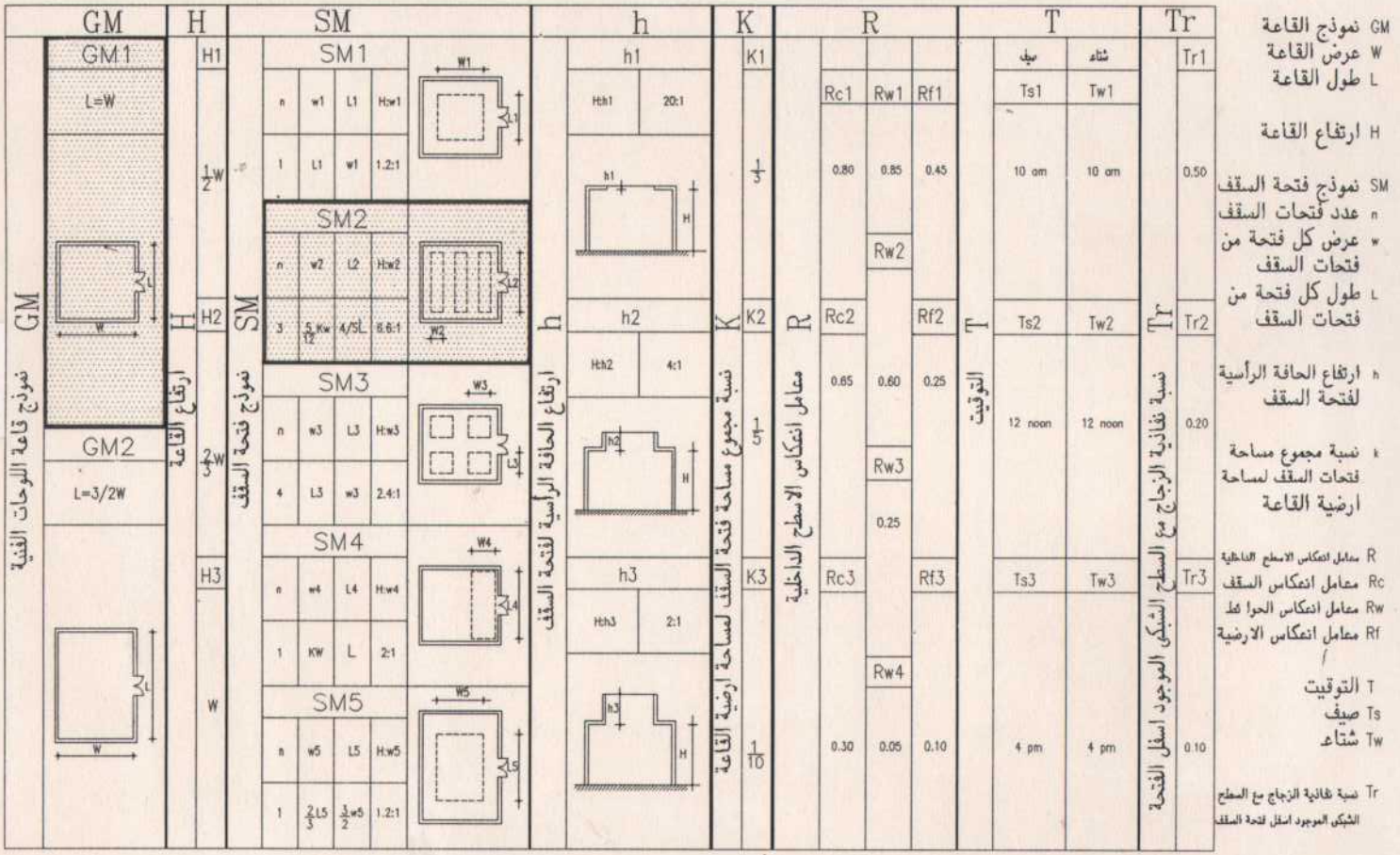
K = نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة

W = عرض القاعة

L = طول القاعة

---

(١) بند (٣-١)



GM نموذج القاعة
W عرض القاعة
L طول القاعة

H ارتفاع القاعة

SM نموذج فتحة السقف
n عدد فتحات السقف
w عرض كل فتحة من فتحات السقف
L طول كل فتحة من فتحات السقف

h ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف

k نسبة مجموع مساحة فتحات السقف لمساحة ارضية القاعة

R معامل انعكاس الاسطح الداخلية
Rc معامل انعكاس السقف
Rw معامل انعكاس الحوائط
Rf معامل انعكاس الارضية

T التوقيت
Ts صيف
Tw شتاء

Tr نسبة نفاذية الزجاج مع السطح الشبكي الموجود اسفل فتحة السقف

البدائل المختلفة للعناصر المعمارية الاساسية

جدول (٣-١٠)

-١٠٣-

٣-٢-١ التجربة الأولى :

٣-٢-١-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع القاعة (H) كما هو واضح فى الجدول (٣-١١) .

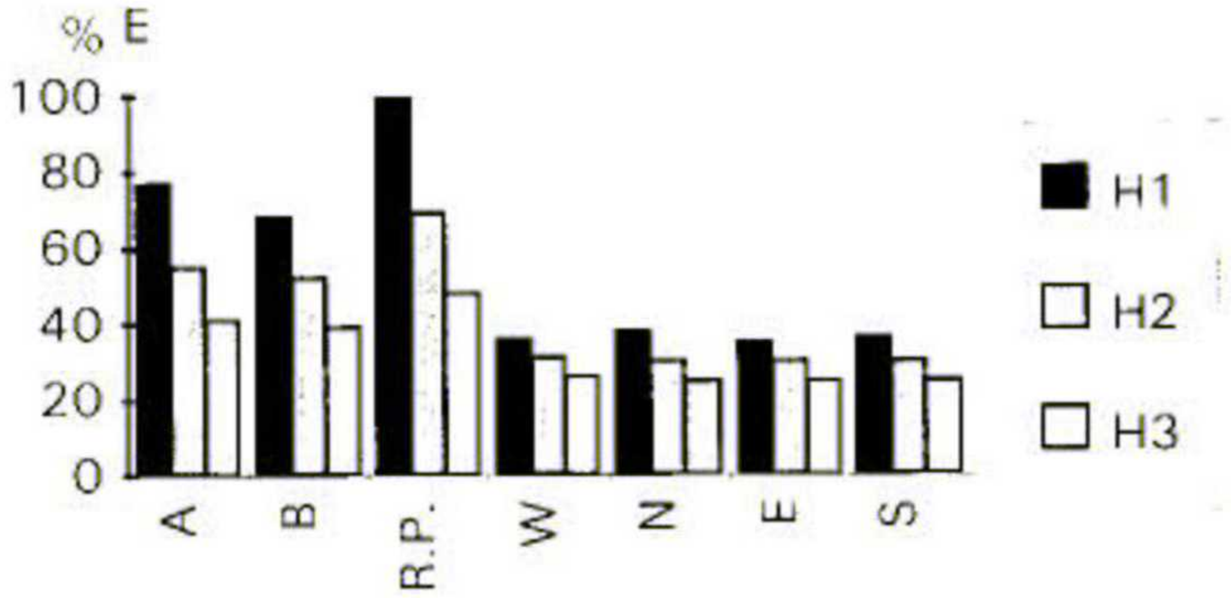
- الإرتفاع = نصف عرض القاعة H1 = 1/2W حيث شدة الإستضاءة E1
- الإرتفاع = ثلثى عرض القاعة . H2 = 2/3W حيث شدة الإستضاءة E2
- الإرتفاع = كامل عرض القاعة . H3 = W حيث شدة الإستضاءة E3

٣-٢-١-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١١) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع القاعة (H) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثى عرض القاعة	$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد الإرتفاع من ثلثى عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة
المحور (أ) A	٪٢٦	٪٢٦
المحور (ب) B	٪٣١	٪٢٧
نقطة المرجع R.P.	٪٣١	٪٣٠
الحائط الغربى	٪١٤	٪١٥
الحائط الشمالى	٪٢١	٪١٥
الحائط الشرقى	٪١٣	٪١٥
الحائط الجنوبى	٪١٦	٪١٤



شـــــكل (٣-١٠)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-١٠)
أن نقطة المرجع هى أكثر المواضع تأثراً بتغير قيمة إرتفاع القاعة H .
تساوى (تقريباً) نسب إنخفاض شدة الإستضاءة عند أسطح الحوائط ، وفى نفس الوقت هى أقل المواضع تأثراً .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١١) أن تدرج شدة الإستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع القاعة	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
H1 = 1/2W	١ : ٠.٤	١ : ٠.٣
H2 = 2/3W	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
H3 = W	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الإستضاءة يتغير مع إختلاف إرتفاع القاعة (H) فكلما زاد إرتفاع القاعة كلما زادت القيمة النسبية لتدرج شدة الاستضاءة .

GM	نموذج القاعة
	w=L

H	ارتفاع القاعة		
	1/2W	2/3W	W
	H:w	H:w	H:w
	3.8:1	6.6:1	7.5:1

SM	نموذج فتحة السقف		
	n	w	L
	3	$\frac{5}{12}$ KW	$\frac{4}{5}$L

h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	20:1

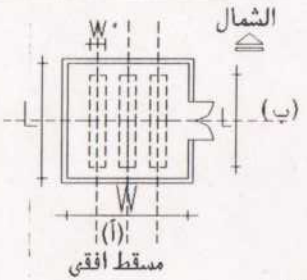
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3

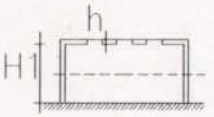
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية		
	Rc	Rw	Rf
	0.80	0.60	0.25

T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا

Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى
	0.50

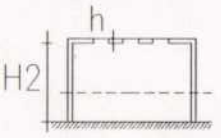
التجربة الاولى





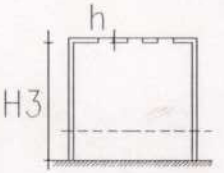
H1=1/2W

قطاع عرضى



H2=2/3W

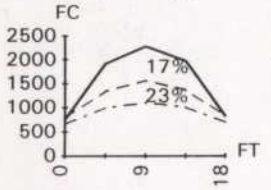
قطاع عرضى



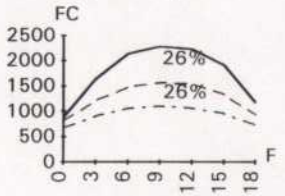
H3=W

قطاع عرضى

نسب انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

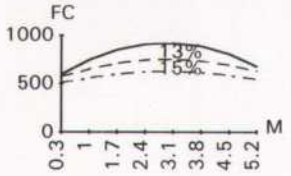


المحور (ب)

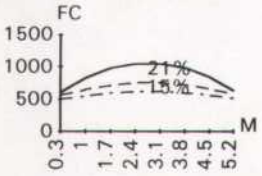


المحور (أ)

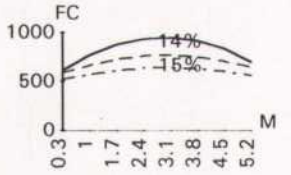
الحائط الشرقى



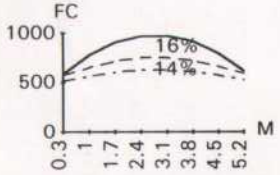
الحائط الشمالى



الحائط الغربى



الحائط الجنوبى



اسطح الحوائط الداخلية — H1 – – – H2 – · – H3

n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
L = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rw = معامل انعكاس الحوائط
Rf = معامل انعكاس الارضية
W = عرض القاعة
L = طول القاعة

جدول (٣-١١)

٣-٢-٢ التجربة الثانية :

٣-٢-٢-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) كما هو واضح فى الجدول (٣-٤) .

وقد أختير للإرتفاع (h) ثلاث قيم نسبية متزايدة .

$h1 = \frac{1}{20} H \ (= \frac{1}{4} w)$ حيث شدة الإستضاءة E1

$h2 = \frac{1}{4} H \ (= \frac{1}{0.8} w)$ حيث شدة الإستضاءة E2

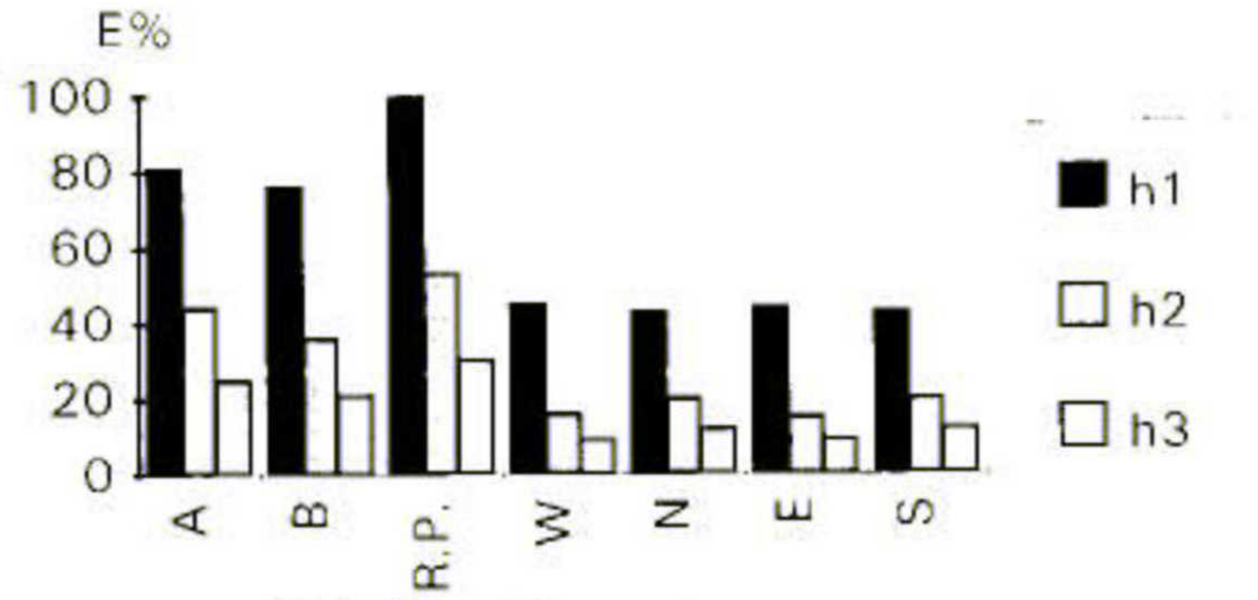
$h3 = \frac{1}{2} H \ (= \frac{1}{0.4} w)$ حيث شدة الإستضاءة E3

٣-٢-٢-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h1 ، إلى h2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h2 ، إلى h3	
المحور (أ) A	٤٤٪		٤١٪	
المحور (ب) B	٥٤٪		٤٤٪	
نقطة المرجع R.P.	٤٧٪		٤٤٪	
الحائط الغربى	٦٥٪		٤١٪	
الحائط الشمالى	٥٤٪		٣٨٪	
الحائط الشرقى	٦٥٪		٤١٪	
الحائط الجنوبى	٥٤٪		٣٨٪	



شـــــكل (٣-١١)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-١١)

- إن شدة الإستضاءة تتأثر تأثراً كبيراً مع تغير إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) وخاصة عند أسطح الحوائط ممايدل على أهمية هذا العنصر وإمكانية إستغلاله للوصول إلى شدة الإستضاءة المطلوبة داخل القاعة المتحفية .
- إن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب)وعند نقطة المرجع .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٢) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع جوانب فتحة السقف	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
h1	١ : ٠,٥	١ : ٠,٥
h2	١ : ٠,٥	١ : ٠,٥
h3	١ : ٠,٥	١ : ٠,٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لا يتغير مع إختلاف إرتفاع جوانب فتحة السقف .

GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	6.6:1
SM	نموذج فتحة السقف

n	w	L
3	$\frac{5}{12}$KW	$\frac{4}{5}$L

h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف		
	H:h1	H:h2	H:h3
	20:1	4:1	2:1

k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3

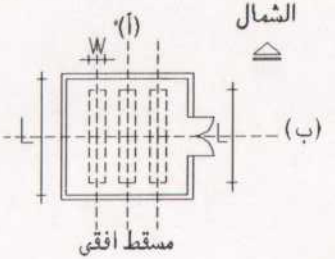
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية		
	Rc	Rw	Rf
	0.80	0.60	0.25

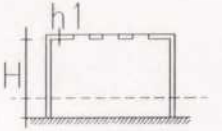
T	التوقيت	
	الساعة	فصل
	١٢ ظهرا	الصيف

Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى
	0.20

التجربة الثانية

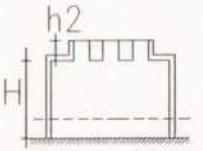
الشمال





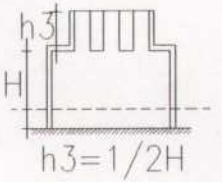
h1=1/20H

قطاع عرضى



h2=1/4H

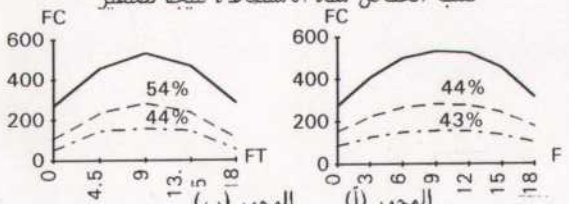
قطاع عرضى



h3=1/2H

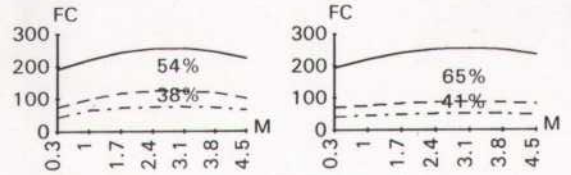
قطاع عرضى

نسب انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير



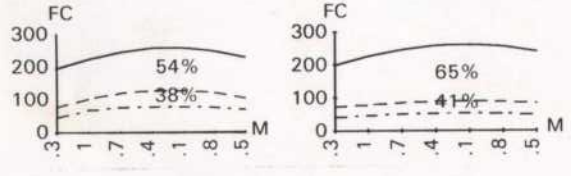
الحائط الشرقى

الحائط الشمالى



الحائط الغربى

الحائط الجنوبى



اسطح الحوائط الداخلية

—— h1 – – – h2 – · – h3

W = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	W = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-١٢)

٣-٢-٣ التجربة الثالثة :

٣-٢-٣-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (k) كما هو واضح فى الجدول (٣-١٣) .

وقد أختير للنسبة K ثلاث قيم نسبية متناقصة وهى :

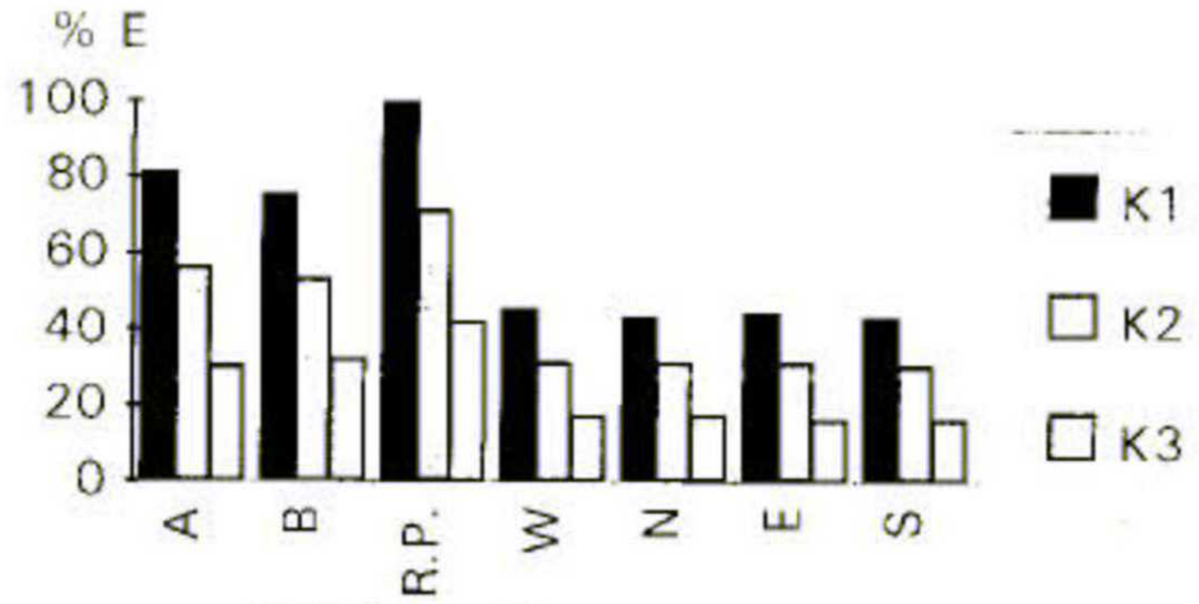
K1 = 1/3	حيث شدة الإستضاءة E1
K2 = 1/5	حيث شدة الإستضاءة E2
K3 = 1/10	حيث شدة الإستضاءة E3

٣-٢-٣-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٣) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص نسبة مجموع مساحات فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل النسبة من K1 إلى K2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل النسبة من K2 إلى K3	
المحور (أ) A	٣٠٪		٤٧٪	
المحور (ب) B	٢٩٪		٤١٪	
نقطة المرجع R.P.	٢٩٪		٤٠٪	
الحائط الغربى	٣٠٪		٤٧٪	
الحائط الشمالى	٢٩٪		٤٣٪	
الحائط الشرقى	٣٠٪		٤٧٪	
الحائط الجنوبى	٣٠٪		٤٦٪	



شـــــكل (٣-١٢)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-١٢)

- إن نسب إنخفاض شدة الاستضاءة تتساوى تقريباً عند مواضع الدراسة المختلفة .
- إن تناقص نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة له تأثير كبير على شدة الاستضاءة داخل القاعة .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٣) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
النسبة K	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
K1 = 1/3	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
K2 = 1/5	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
K3 = 1/10	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) .

نموذج القاعة .	GM
w=L	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
6.6:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM

n	w	L		
3	$\frac{5}{12}$ KW	$\frac{4}{5}$L	$\frac{3}{5}$L	$\frac{5}{12}$L

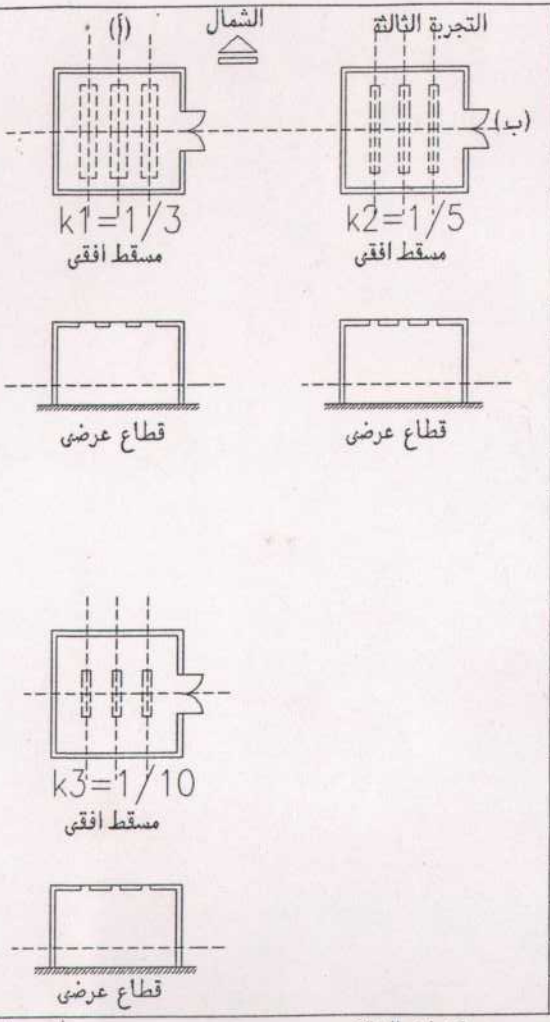
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
20:1	

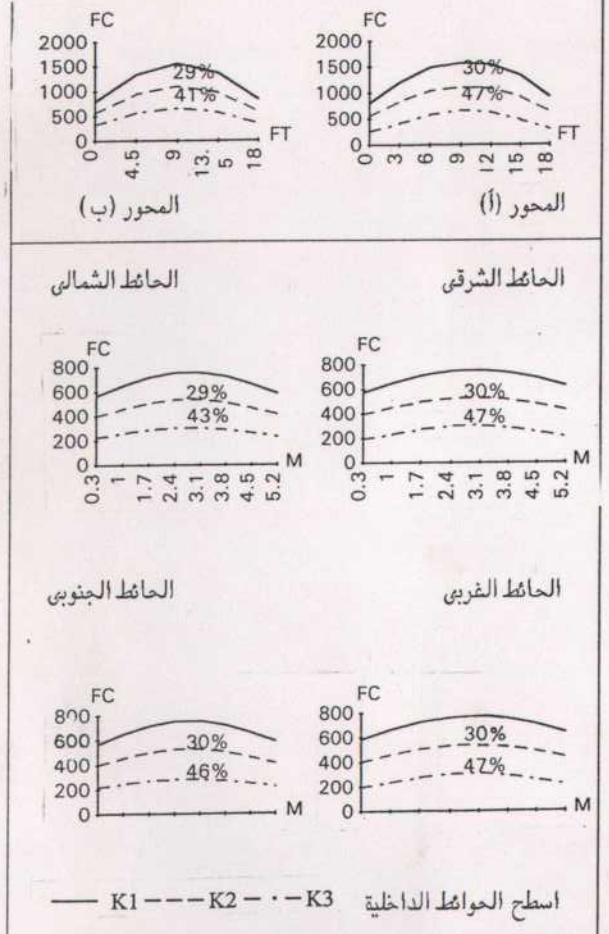
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k		
k1=1/3	k2=1/5	k3=1/10	

معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R	
Rc	Rw	Rf
0.80	0.60	0.25

التوقيت	T
فصل	الساعة
الصيف	١٢ ظهرا

نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	Tr
0.50	





w= عرض القاعة	n= عدد فتحات السقف	L= طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf= معامل انعكاس الارضية
L= طول القاعة	W= عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc= معامل انعكاس السقف	Rw= معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-١٣)

٣-٢-٤ التجربة الرابعة :

٣-٢-٤-١ *الثوابت والمتغير*

فى هذه التجربة تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس أحد الأسطح الداخلية وهو السقف (Rc) كما هو واضح فى الجدول (٣-١٤) .

وقد أختيرت ثلاثة أنواع من تشطيبات السقف لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة[١] وهى :

(دهان أبيض على بياض)	Rc1 = 0.80	حيث شدة الإستضاءة E1
(بيـــــــاض فقط)	Rc2 = 0.65	حيث شدة الإستضاءة E2
(خرســانة ظاهـرة ناعمة)	Rc3 = 0.30	حيث شدة الإستضاءة E3

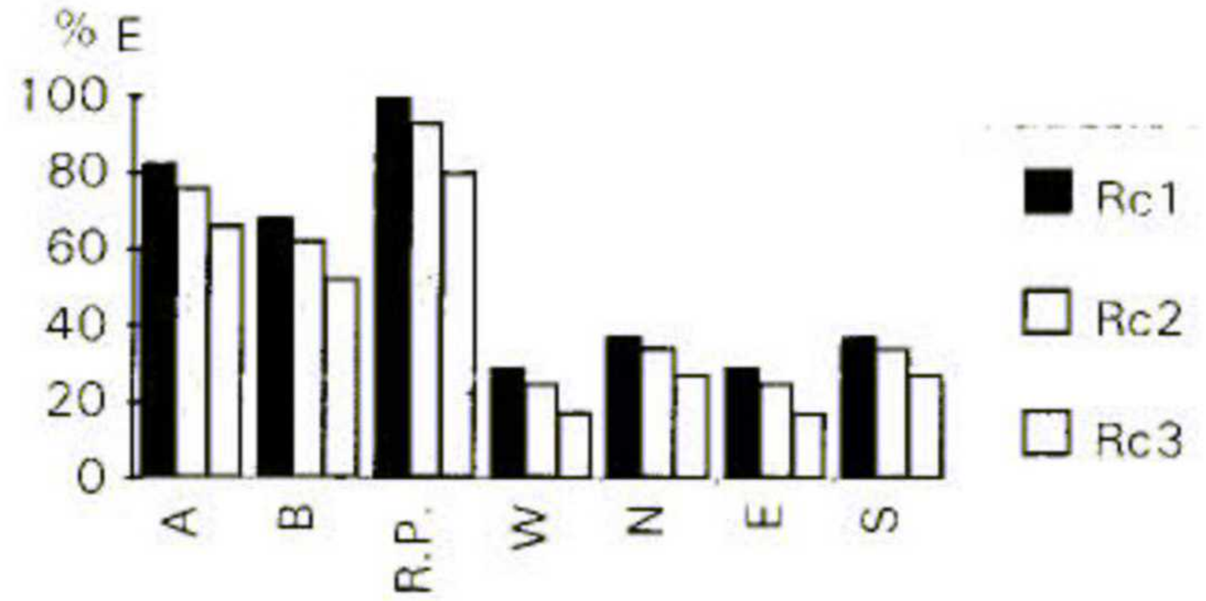
٣-٢-٤-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٤) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس السقف (Rc) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc1 إلى Rc2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc2 إلى Rc3	
المحور (أ) A	٧٪		١٣٪	
المحور (ب) B	١٠٪		١٩٪	
نقطة المرجع R.P.	٧٪		١٤٪	
الحائط الغربى	١٤٪		٣٠٪	
الحائط الشمالى	١٠٪		٢٠٪	
الحائط الشرقى	١٤٪		٣٠٪	
الحائط الجنوبى	١٠٪		١٩٪	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-١٣)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-١٣)

- أنه عندما تقل قيمة معامل إنعكاس السقف (Rc) إلى نصف قيمتها (من ٦٥ر٠ إلى ٣٠ر٠) تقريباً تتضاعف نسب إنخفاض شدة الإستضاءة وذلك عند كل مواضع الدراسة .
- أن أسطح الحوائط هى أكثر المواضع تأثراً وخاصة الحائطين الغربى والشرقى .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٤) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rc	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rc1 = 0.80	١ : ٠,٤	١ : ٠,٥
Rc2 = 0.65	١ : ٠,٤	١ : ٠,٥
Rc3 = 0.30	١ : ٠,٤	١ : ٠,٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس السقف (Rc) .

GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	6.6:1
SM	نموذج فتحة السقف

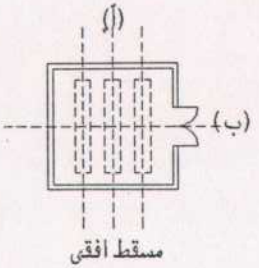
n	w	L
3	$\frac{5}{12}$KW	$\frac{4}{5}$L

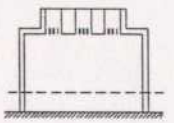
h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	4:1
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية

Rc	Rw	Rf
0.80 0.65 0.30	0.60	0.25

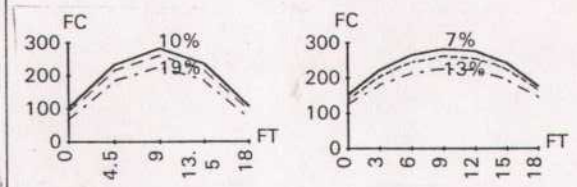
T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا
Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	
	0.20	

التجربة الرابعة



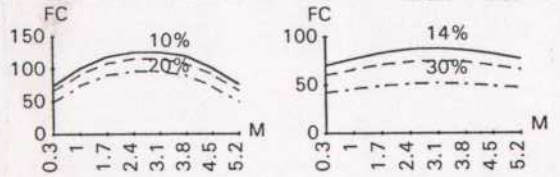

قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

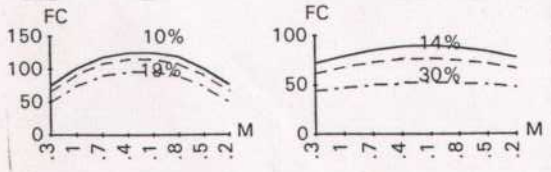


المحور (ب) المحور (أ)

الحائط الشرقى الحائط الشمالى



الحائط الغربى الحائط الجنوبى



اسطح الحوائط الداخلية Rc1 – – – Rc2 – · – Rc3

w= عرض القاعة	L= طول القاعة	n= عدد فتحات السقف	w= عرض كل فتحة من فتحات السقف	L= طول كل فتحة من فتحات السقف	Rc= معامل انعكاس السقف
Rf= معامل انعكاس الارضية	Rw= معامل انعكاس الحوائط				

جدول (٣-١٤)

٣-٢-٥ التجربة الخامسة :

٣-٢-٥-١ الثوابت والمتغير

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الحوائط (Rw) كما هو واضح فى الجدول (٣-١٥) :

وقد أختير للحوائط أربعة أنواع من التشطيبات (دهانات ذات ألوان مختلفة)[١] لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(دهـان باللون الأبيـض)	Rw1 = 0.85	حيث شدة الإستضاءة E1
(دهـان باللون السـكرى)	Rw2 = 0.60	حيث شدة الإستضاءة E2
(دهـان باللون البـــنى)	Rw3 = 0.25	حيث شدة الإستضاءة E3
(دهـان باللون الأســود)	Rw4 = 0.05	حيث شدة الإستضاءة E4

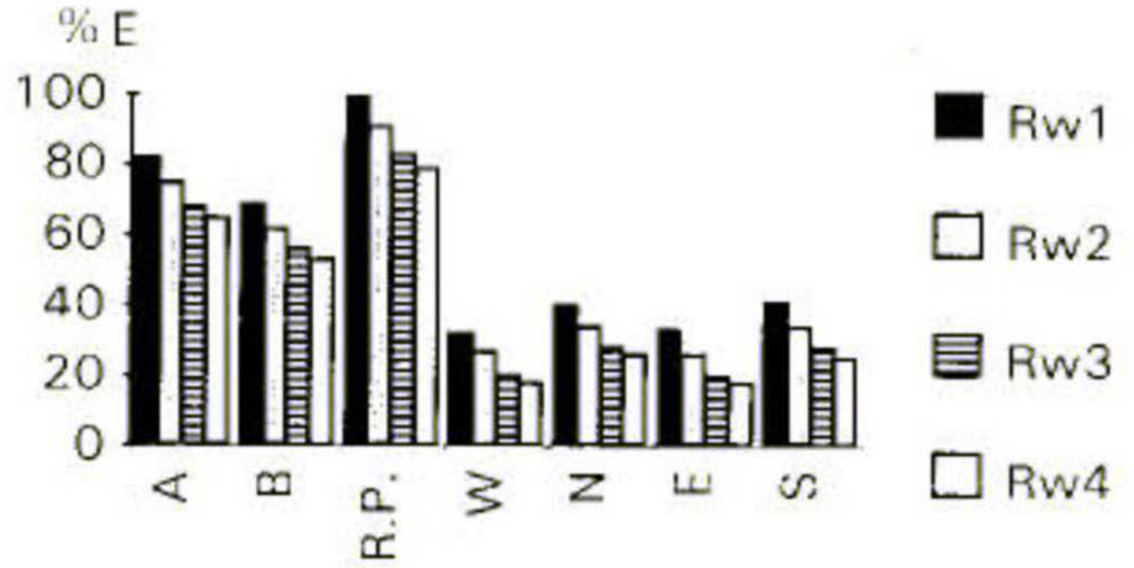
٣-٢-٥-٢ النتيجة

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٥) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس الحوائط (Rw) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة					
	E1-E2 % / E1	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw1 إلى Rw2	E2-E3 % / E2	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw2 إلى Rw3	E3-E4 % / E3	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw3 إلى Rw4
المحور (أ) A		٪٩		٪٩		٪٤
المحور (ب) B		٪١١		٪١١		٪٥
نقطة المرجع R.P.		٪٩		٪٩		٪٤
الحائط الغربى		٪١٥		٪٢٣		٪١٣
الحائط الشمالى		٪١٦		٪١٧		٪٨
الحائط الشرقى		٪٢٠		٪٢٣		٪١٢
الحائط الجنوبى		٪١٦		٪١٨		٪٨

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-١٤)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-١٤)

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع .
- أن أسطح الحوائط هى أكثر المواضع تأثراً بتغير معامل إنعكاس الحوائط .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الاستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٥) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rw	الاتجاه الطولى (المحور (أ))	الاتجاه العرضى (المحور (ب))
Rw1	١ : ٠.٥	١ : ٠.٤
Rw2	١ : ٠.٥	١ : ٠.٤
Rw3	١ : ٠.٥	١ : ٠.٤
Rw4	١ : ٠.٥	١ : ٠.٤

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس الحوائط (Rw) .

GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	6.6:1
SM	نموذج فتحة السقف

n	w	L
3	$\frac{5}{12}$KW	$\frac{4}{5}$L

h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	4:1

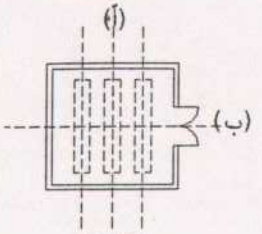
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3

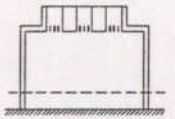
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية				
Rc	Rw				Rf
0.80	0.85	0.60	0.30	0.05	0.25

T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا

Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى
	0.20

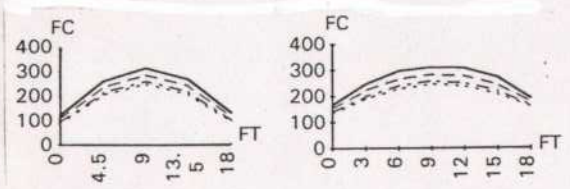
التجربة الخامسة





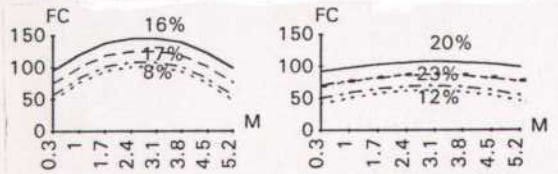
قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

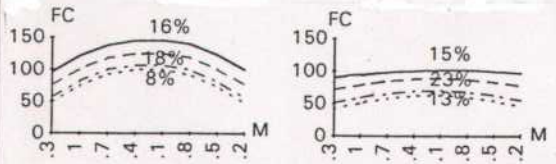


المحور (ب) المحور (أ)

الحائط الشمالى الحائط الشرقى



الحائط الجنوبى الحائط الغربى



اسطح الحوائط الداخلية Rw1 — Rw2 - - Rw3 - · -

n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
L = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
w = عرض القاعة
L = طول القاعة
Rf = معامل انعكاس الارضية
Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-١٥)

٣-٢-٦ التجربة السادسة :

٣-٢-٦-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الأرضية (Rf) كما هو واضح فى الجدول (٣-١٦) :

وقد اختير الأرضية ثلاثة أنواع من التشطيبات[١] لكل منها معامل إنعكاس مختلف ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(أرضيـــــة رخـــــام) Rf1 = 0.45 حيث شدة الإستضاءة E1

(أرضية خشب ذات لون فاتح) Rf2 = 0.25 حيث شدة الإستضاءة E2

(أرضية خشب ذات لون داكن) Rf3 = 0.10 حيث شدة الإستضاءة E3

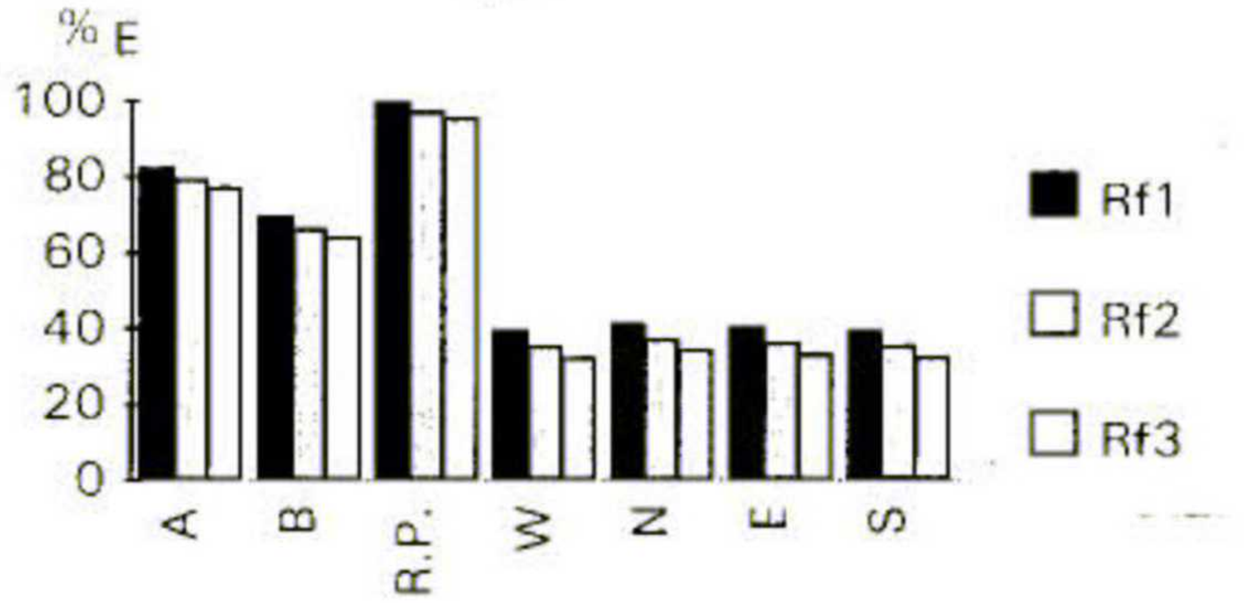
٣-٢-٦-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٦) أن نسبة انخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل انعكاس الأرضية (Rf) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة انخفاض شدة الاستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf1 إلى Rf2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf2 إلى Rf3	
المحور (أ) A	٤٪		٢٪	
المحور (ب) B	٥٪		٣٪	
نقطة المرجع R.P.	٣٪		٢٪	
الحائط الغربى	١٤٪		١١٪	
الحائط الشمالى	١٢٪		٩٪	
الحائط الشرقى	١٤٪		١١٪	
الحائط الجنوبى	١٢٪		٩٪	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-١٥)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-١٥)

- أن شدة الإستضاءة على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع تتأثر تأثراً ضعيفاً بتغير معامل إنعكاس الأرضية (Rf) .
- أن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط بتغير معامل إنعكاس الأرضية .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٦) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس الأرضية Rf	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rf1	١ : ٠.٥	١ : ٠.٤
Rf2	١ : ٠.٥	١ : ٠.٤
Rf3	١ : ٠.٥	١ : ٠.٤

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل انعكاس الأرضية (Rf).

GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	6.6:1
SM	نموذج فتحة السقف

n	w	L
3	$\frac{5}{12}$KW	$\frac{4}{5}$L

h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	4:1

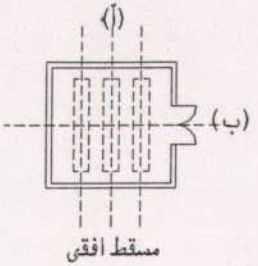
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3

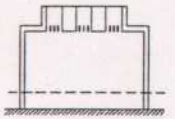
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية		
Rc	Rw	Rf	
0.80	0.60	0.45	0.25 0.10

T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا

Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى
	0.20

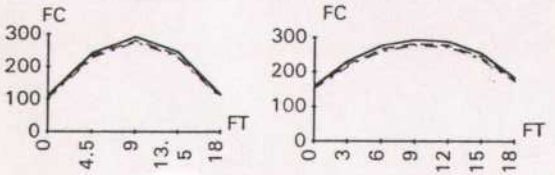
التجربة السادسة





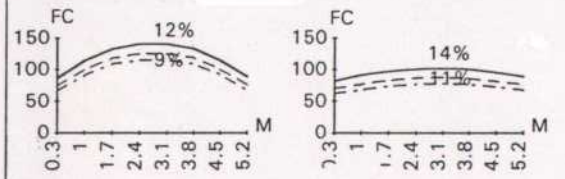
قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

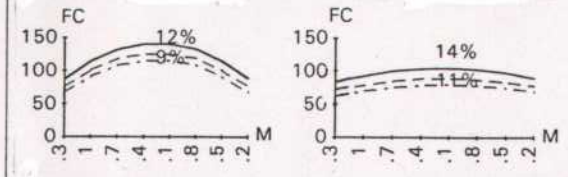


المحور (ب) المحور (أ)

الحائط الشرقى الحائط الشمالى



الحائط الغربى الحائط الجنوبى



اسطح الحوائط الداخلية —— Rf1 – – – Rf2 – · – Rf3

w= عرض القاعة	n= عدد فتحات السقف	L= طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf= معامل انعكاس الارضية
L= طول القاعة	w= عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc= معامل انعكاس السقف	Rw= معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-١٦)

٣-٢-٧ التجربة السابعة :

٣-٢-٧-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا نسبة نفاذية الزجاج مع الشرائح (السطح الشبكى) الموجود أسفل الفتحة كما هو واضح فى الجدول (٣-١٧) :

وقد أختيرت ثلاث قيم نسبية متناقصة لنسبة النفاذية

Tr1 = 0.50 حيث شدة الإستضاءة E1

Tr2 = 0.20 حيث شدة الإستضاءة E2

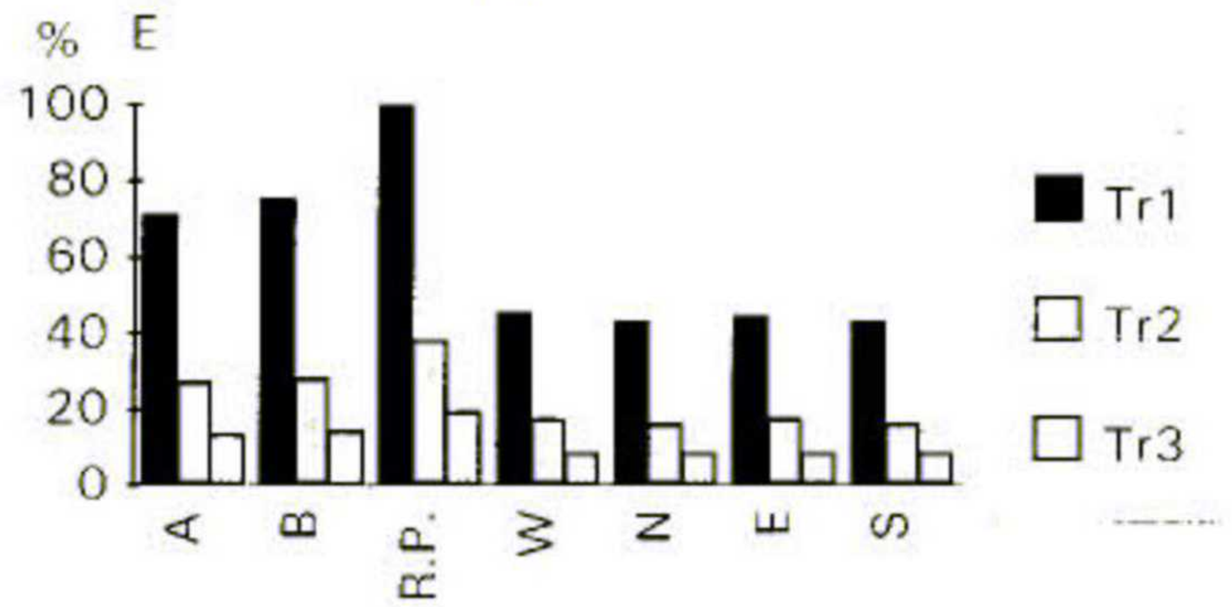
Tr3 = 0.10 حيث شدة الإستضاءة E3

٣-٢-٧-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٧) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص نسبة النفاذية (Tr) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr1 إلى Tr2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr2 إلى Tr3	
المحور (أ) A	٦٢٪		٥٠٪	
المحور (ب) B	٦٢٪		٥٠٪	
نقطة المرجع R.P.	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الغربى	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الشمالى	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الشرقى	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الجنوبى	٦٢٪		٥٠٪	



شـــــكل (٣-١٦)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-١٦)

- أن شدة الإستضاءة على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع تتأثر تأثراً ضعيفاً بتغير معامل إنعكاس الأرضية (Rf) .
- أن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط بتغير معامل إنعكاس الأرضية .

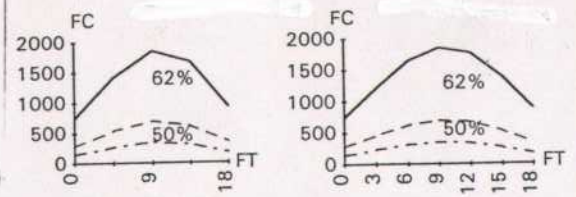
ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٧) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
نسب النفاذية	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Tr1 = 0.50	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
Tr2 = 0.20	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
Tr3 = 0.10	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥

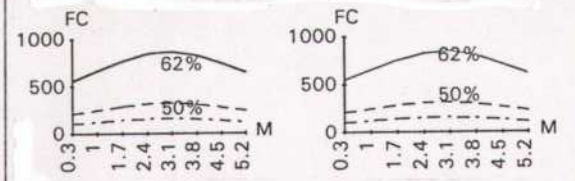
يوضح الجدول السابق أن تدرج الضوء الطبيعى لايتغير مع إختلاف نسبة النفاذية.

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

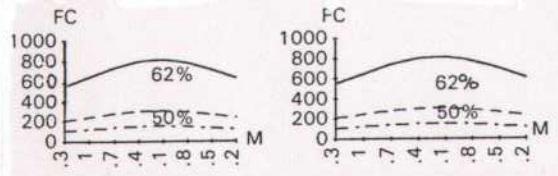


المحور (ب) المحور (أ)

الحائط الشرقي الحائط الشمالي

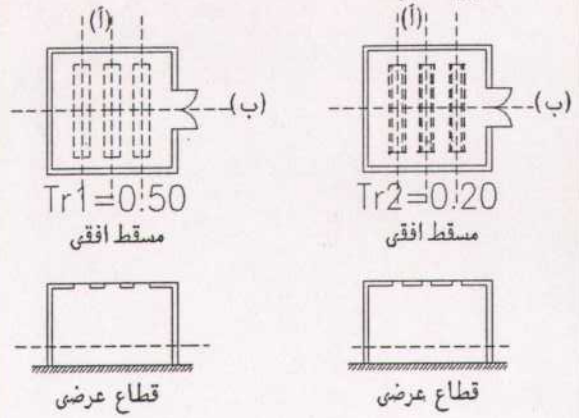


الحائط الغربي الحائط الجنوبي



عند اسطح الحوائط —— Tr1 – – – Tr2 – · – Tr3

التجربة السابعة



GM	نموذج القاعة		
	w=L		
H	ارتفاع القاعة		
	2/3w		
H:w	6.6:1		
SM	نموذج فتحة السقف		
	n	w	L
	3	$\frac{5}{12}$KW	$\frac{4}{5}$L
h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف		
	H:h		
	20:1		
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية		
	1/3		
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية		
	Rc	Rw	Rf
	0.80	0.60	0.25
T	التوقيت		
	فصل	الساعة	
	الصيف	١٢ ظهرا	
Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي		
	0.50	0.20	0.10

w = عرض القاعة
L = طول القاعة
n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
L = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rf = معامل انعكاس الارضية
Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-١٧)

٣-٣ النموذج الثالث لفتحة السقف :
«أربع فتحات مربعة الشكل»

النموذج الثالث SM3 عبارة عن أربع فتحات متماثلة مربعة الشكل موزعة فى سقف القاعة بحيث تكون أضلاعها موازية لمحورى القاعة الطولى والعرض ويمر بمراكزها أربعة محاور منها :

اثنان موازيان لمحور القاعة الطولى:

* الأول عند ربع القاعة الأول $\frac{W}{4}$ * والثانى عند الربع الأخير $\frac{3W}{4}$

والأخران موازيان لمحور القاعة العرضى :

* الأول عند ربع القاعة الأول $\frac{L}{4}$ * والثانى عند الربع الأخير $\frac{3L}{4}$

M = طـول القاعة

W = عرض القاعة

وقد روعى فى هذا النموذج SM3 أن يتساوى مجموع مساحات الفتحة المربعة مع مساحة النموذج الأول SM1 (فتحة مربعة الشكل) ومساحة النموذج الثانى SM2 (ثلاث فتحات مستطيلة الشكل) جدول (٣-١٨) .

GM نموذج القاعة
W عرض القاعة
L طول القاعة

H ارتفاع القاعة

SM نموذج فتحة السقف
n عدد فتحات السقف
w عرض كل فتحة من فتحات السقف
L طول كل فتحة من فتحات السقف

h ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف

K نسبة مجموع مساحة فتحات السقف لمساحة ارضية القاعة

R معامل انعكاس الاسطح الداخلية
Rc معامل انعكاس السقف
Rw معامل انعكاس الجدران
Rf معامل انعكاس الارضية

T التوقيت
Ts صيف
Tw شتاء

Tr نسبة نفاذية الزجاج مع السطح الشبكي الموجود اسفل فتحة السقف

البدائل المختلفة للعناصر المعمارية الاساسية

جدول (٣-١٨)

٣-٣-١ التجربة الأولى :

٣-٣-١-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا ارتفاع القاعة (H) كما هو واضح فى الجدول (٣-١٩) .

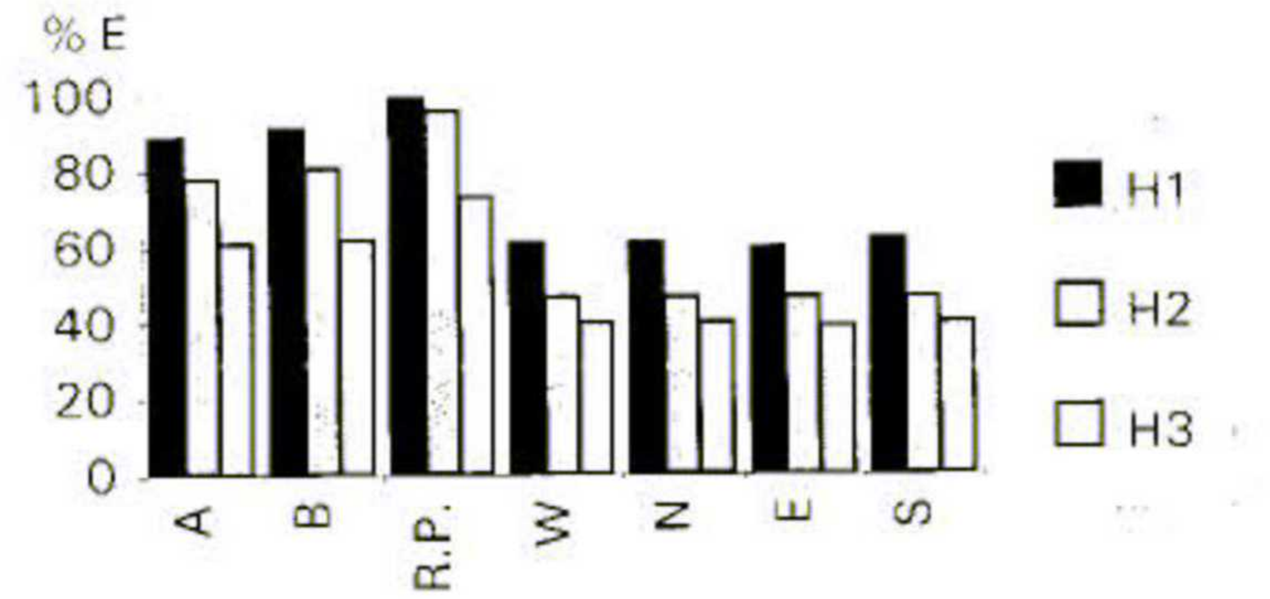
- الارتفاع = نصف عرض القاعة H1 = 1/2W حيث شدة الاستضاءة E1
- الارتفاع = ثلثى عرض القاعة . H2 = 2/3W حيث شدة الاستضاءة E2
- الارتفاع = كامل عرض القاعة . H3 = W حيث شدة الاستضاءة E3

٣-٣-١-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٩) أن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع القاعة (H) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة انخفاض شدة الإستضاءة	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثى عرض القاعة	$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد الإرتفاع من ثلثى عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة
المحور (أ) A	٪١٠	٪٢٤
المحور (ب) B	٪١٠	٪٢١
نقطة المرجع R.P.	٪٤	٪٢٤
الحائط الغربى	٪٢٢	٪١٦
الحائط الشمالى	٪٣٤	٪١٦
الحائط الشرقى	٪٣٤	٪١٦
الحائط الجنوبى	٪٢٣	٪١٦



شـــــكل (٣-١٧)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-١٧)
- أن أقل المواضع تأثرا بتغير إرتفاع القاعة(H) هى نقطة المرجع أى مركز القاعة(١).
- أن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط خاصة عند الحائطين الشمالى والشرقى انخفاض شدة الإستضاءة تقريباً .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

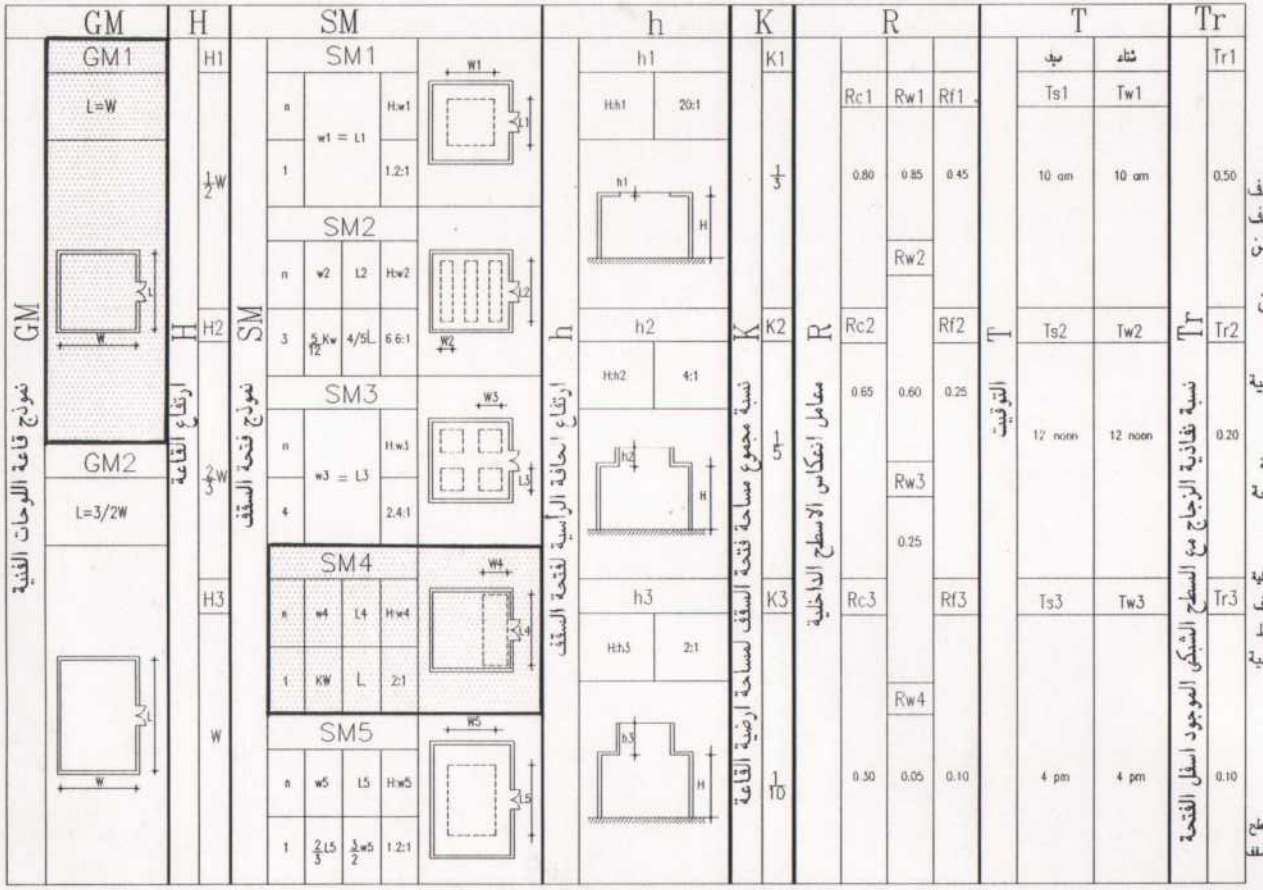
يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٩) أن تدرج شدة الإستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع القاعة	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
H1	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦
H2	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦
H3	١ : ٠.٧	١ : ٠.٧

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الإستضاءة يتغير مع إختلاف إرتفاع القاعة (H) فكلما زاد إرتفاع القاعة كلما زادت القيمة النسبية لتدرج شدة الاستضاءة .

---

(١) هذه النتيجة تتناقص مع نتائج التجارب المماثلة ويرجع هذا إلى توزيع فتحات الضوء الطبيعى فى السقف .



GM نموذج القاعة
W عرض القاعة
L طول القاعة

H ارتفاع القاعة

SM نموذج فتحة السقف
n عدد فتحات السقف
w عرض كل فتحة من فتحات السقف
L طول كل فتحة من فتحات السقف

h ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف

k نسبة مجموع مساحة فتحات السقف لمساحة ارضية القاعة

R معامل انعكاس الاسطح الداخلية
Rc معامل انعكاس السقف
Rw معامل انعكاس الحوائط
Rf معامل انعكاس الارضية

T التوقيت
Ts صيف
Tw شتاء

Tr نسبة نفاذية الزجاج مع السطح الشبكي الموجود اسفل فتحة السقف

البدائل المختلفة للعناصر المعمارية الاساسية

جدول (٣-٢٦)

٣-٣-٢ التجربة الثانية :

٣-٣-٢-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) كما هو واضح فى الجدول (٣-٢) .

وقد اختير للإرتفاع (h) ثلاث قيم نسبية متزايدة .

$h1 = \frac{1}{20} H \ (= \frac{1}{8.5} w)$ حيث شدة الاستضاءة E1

$h2 = \frac{1}{4} H \ (= \frac{1}{1.7} w)$ حيث شدة الاستضاءة E2

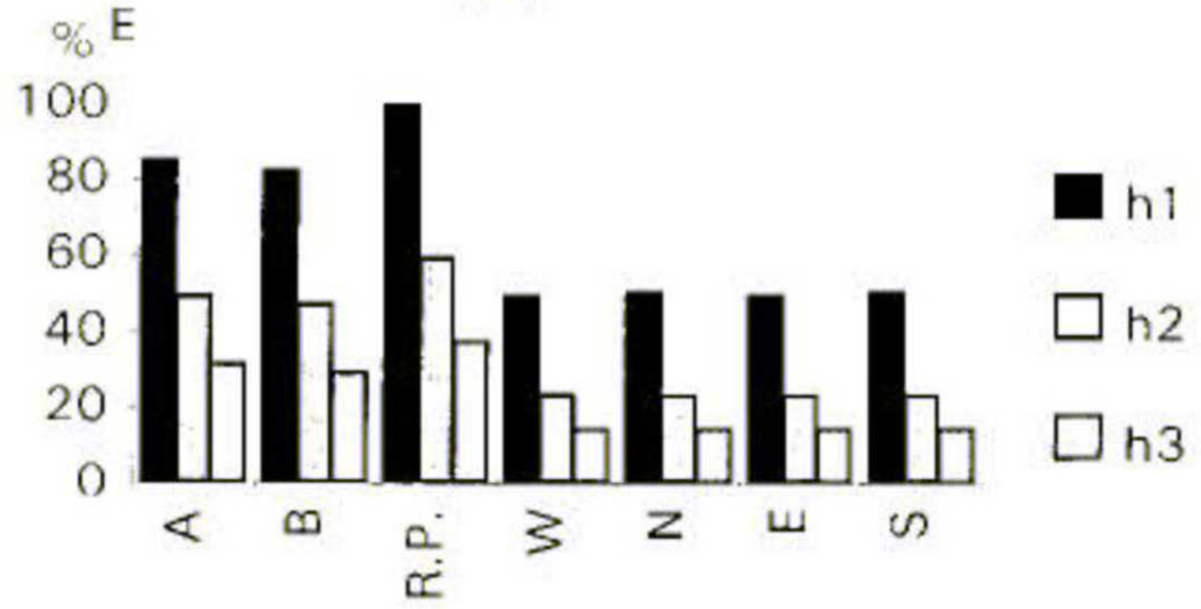
$h3 = \frac{1}{2} H \ (= \frac{1}{0.85} w)$ حيث شدة الاستضاءة E3

٣-٣-٢-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٠) أن نسبة انخفاض شدة الاستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h1 ، إلى h2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h2 ، إلى h3	
المحور (أ) A	٤٢٪		٣٧٪	
المحور (ب) B	٤٣٪		٣٨٪	
نقطة المرجع R.P.	٤١٪		٣٧٪	
الحائط الغربى	٥٣٪		٤٠٪	
الحائط الشمالى	٥٣٪		٤٠٪	
الحائط الشرقى	٥٣٪		٤٠٪	
الحائط الجنوبى	٥٣٪		٤٠٪	



شـــــكل (٣-١٨)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-١٨) :

- أن تغير إرتفاع جوانب فتحة السقف له تأثير كبير على شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة وخاصة عند أسطح الحوائط .
- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٠) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

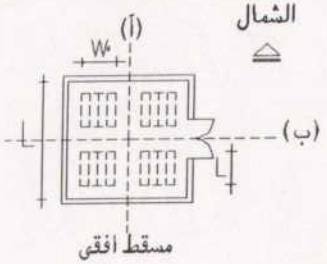
المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع جوانب فتحة السقف	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
h1	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦
h2	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦
h3	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦

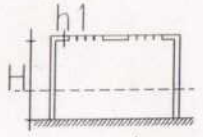
يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لا يتغير مع اختلاف إرتفاع جوانب فتحة السقف .

GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	2.4:1
SM	نموذج فتحة السقف
n	4
	w = L
h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
H:h1	20:1
H:h2	4:1
H:h3	2:1
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية
Rc	0.80
Rw	0.60
Rf	0.25
T	التوقيت
فصل	الصيف
الساعة	١٢ ظهرا
Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى
	0.20

الشمال

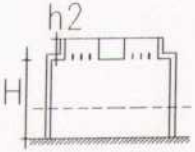
التجربة الثانية





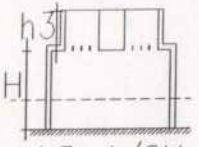
h1=1/20H

قطاع عرضى



h2=1/4H

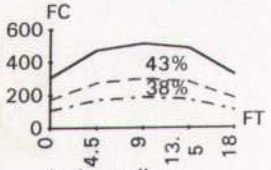
قطاع عرضى

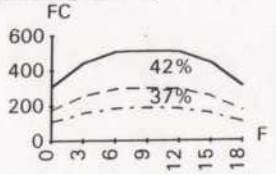


h3=1/2H

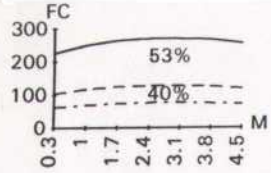
قطاع عرضى

نسب انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

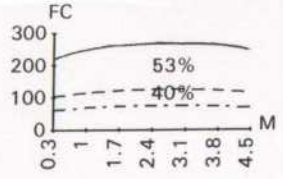




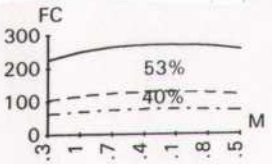
الحائط الشمالى



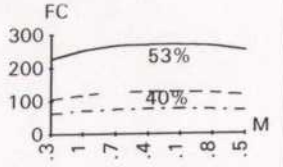
الحائط الشرقى



الحائط الجنوبى



الحائط الغربى



اسطح الحوائط الداخلية — h1 – – – h2 – · – h3

w = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٢٠)

٣-٣-٣ التجربة الثالثة :

٣-٣-٣-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (k) كما هو واضح فى الجدول (٣-٢١) .

وقد أختير للنسبة K ثلاث قيم نسبية متناقصة وهى :

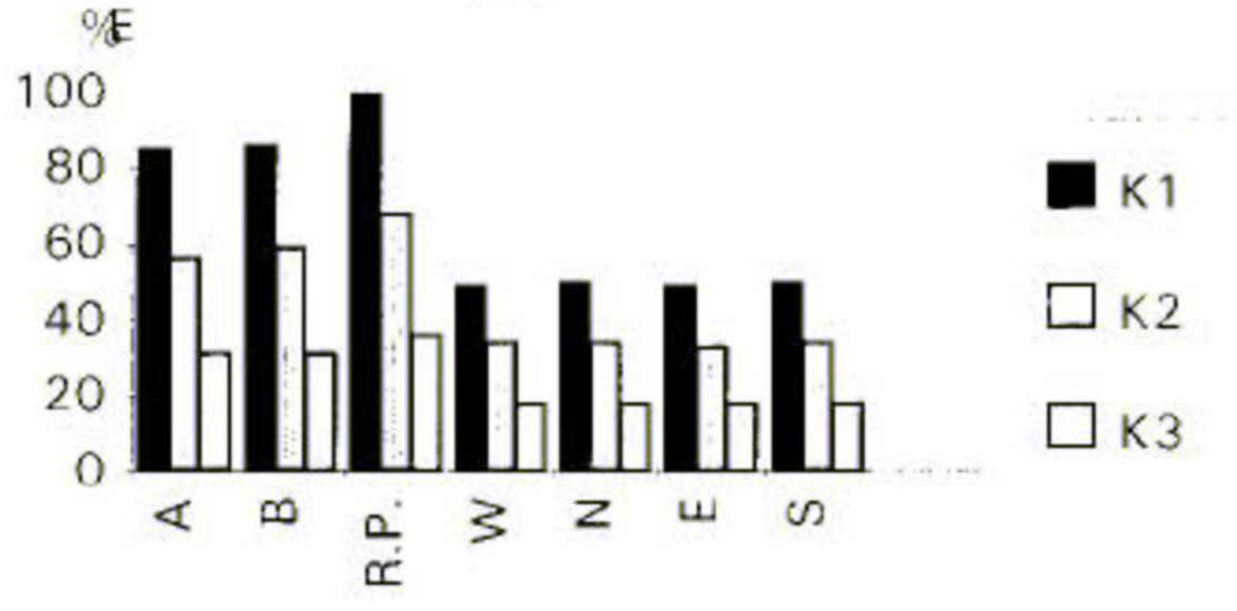
K1 = 1/3	حيث شدة الإستضاءة E1
K2 = 1/5	حيث شدة الإستضاءة E2
K3 = 1/10	حيث شدة الإستضاءة E3

٣-٢-٣-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢١) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص نسبة مجموع مساحات فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل النسبة من K1 إلى K2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل النسبة من K2 إلى K3	
المحور (أ) A	٣٢٪		٤٧٪	
المحور (ب) B	٣٢٪		٤٧٪	
نقطة المرجع R.P.	٣٢٪		٤٧٪	
الحائط الغربى	٣١٪		٤٦٪	
الحائط الشمالى	٣١٪		٤٦٪	
الحائط الشرقى	٣١٪		٤٦٪	
الحائط الجنوبى	٣١٪		٤٦٪	



شـــــكل (٣-١٩)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-١٩)

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً فى مواضع الدراسة المختلفة .
- أن شدة الإستضاءة تتأثر تأثراً كبيراً بتغير نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة .

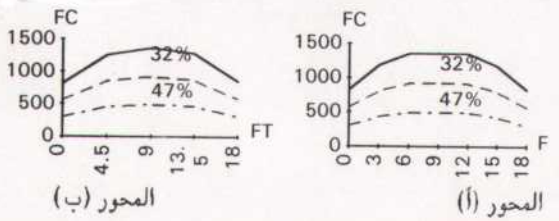
ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢١) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
النسبة K	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
K1	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦
K2	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦
K3	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦

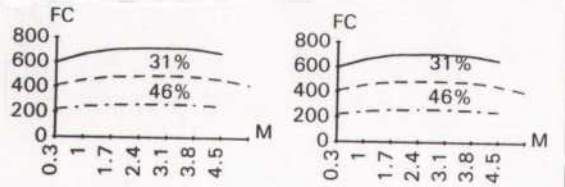
يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير فى الإتجاهين الطولى والعرضى مع إختلاف نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) .

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير



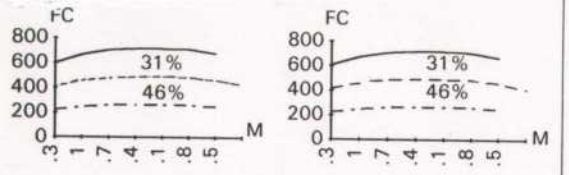
الحائط الشمالى

الحائط الشرقى

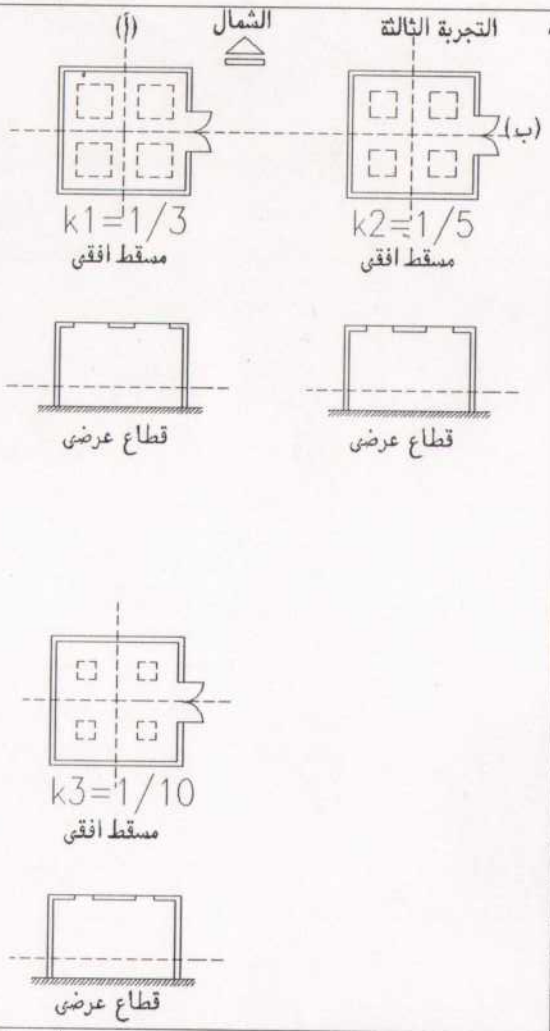


الحائط الجنوبى

الحائط الغربى



اسطح الحوائط الداخلية — K1 – – – K2 – · – K3



نموذج القاعة	GM
w=L	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2.4:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n: 4	w = L
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
20:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
k1=1/3 | k2=1/5 | k3=1/10	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc: 0.80 | Rw: 0.60 | Rf: 0.25	
التوقيت	T
فصل: الصيف | الساعة: ١٢ ظهرا	
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	Tr
0.50	

w = عرض القاعة
L = طول القاعة
n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
L = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rw = معامل انعكاس الحوائط
Rf = معامل انعكاس الارضية

جدول (٣-٢١)

٣-٣-٤ التجربة الرابعة :

٣-٣-٤-١ *الثوابت والمتغير*

فى هذه التجربة تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس أحد الأسطح الداخلية وهو السقف (Rc) كما هو واضح فى الجدول (٣-٢٢) .

وقد أختيرت ثلاثة أنواع من تشطيبات السقف لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة[١] وهى :

(دهان أبيض على بياض)	Rc1 = 0.80	حيث شدة الإستضاءة E1
(بيـــــــاض فقط)	Rc2 = 0.65	حيث شدة الإستضاءة E2
(خرســانة ظاهـرة ناعمة)	Rc3 = 0.30	حيث شدة الإستضاءة E3

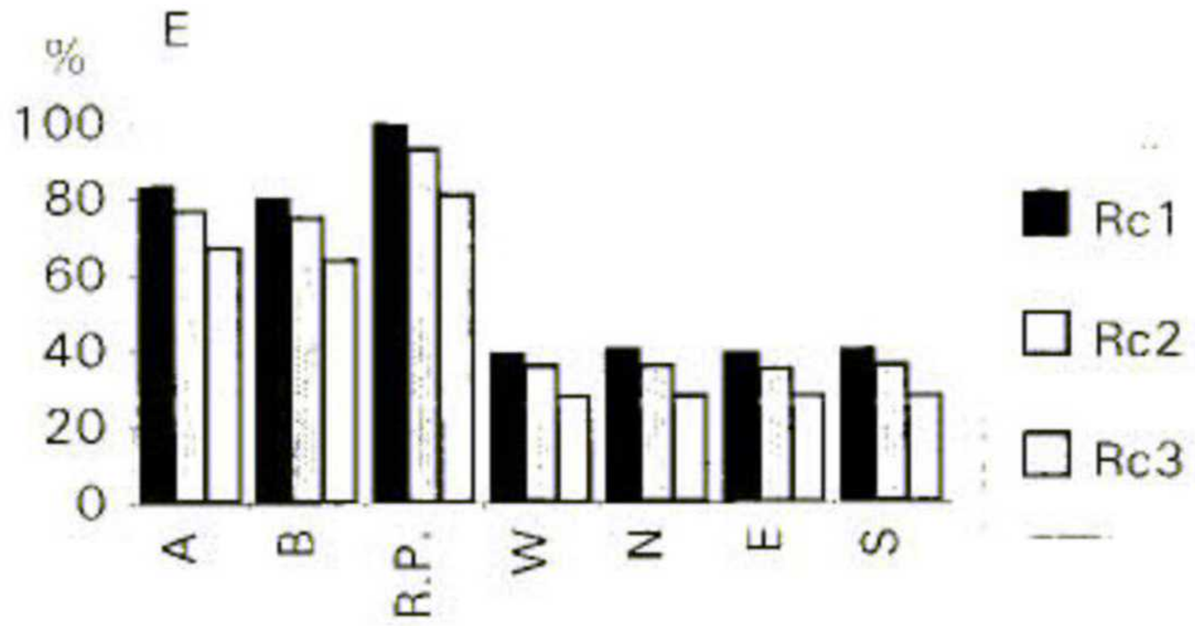
٣-٣-٤-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٢) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس السقف (Rc) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc1 إلى Rc2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc2 إلى Rc3	
المحور (أ) A	٧٪		١٤٪	
المحور (ب) B	٧٪		١٤٪	
نقطة المرجع R.P.	٧٪		١٣٪	
الحائط الغربى	١٠٪		٢١٪	
الحائط الشمالى	١٠٪		٢٢٪	
الحائط الشرقى	١٠٪		٢١٪	
الحائط الجنوبى	١٠٪		٢١٪	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٢٠)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٢٠)

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع .
- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى عن أسطح الحوائط الأربعة وهى أكثر المواضع تأثر بتغير معامل إنعكاس السقف .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٢) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rc	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rc1	١ : ٠,٦	١ : ٠,٦
Rc2	١ : ٠,٦	١ : ٠,٦
Rc3	١ : ٠,٦	١ : ٠,٦

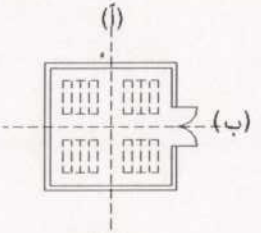
يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير فى الإتجاهين الطولى والعرضى مع إختلاف معامل إنعكاس السقف (Rc) .

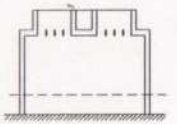
GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	2.4:1
SM	نموذج فتحة السقف
n	w = L
4	
h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	4:1
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية

Rc			Rw	Rf
0.80	0.65	0.30	0.60	0.25

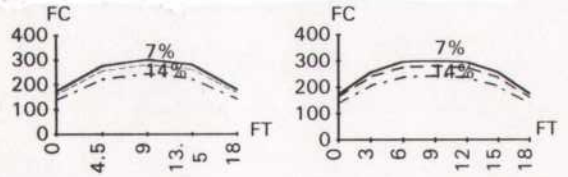
T	التوقيت	
	الساعة	فصل
	١٢ ظهرا	الصيف
Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	
	0.20	

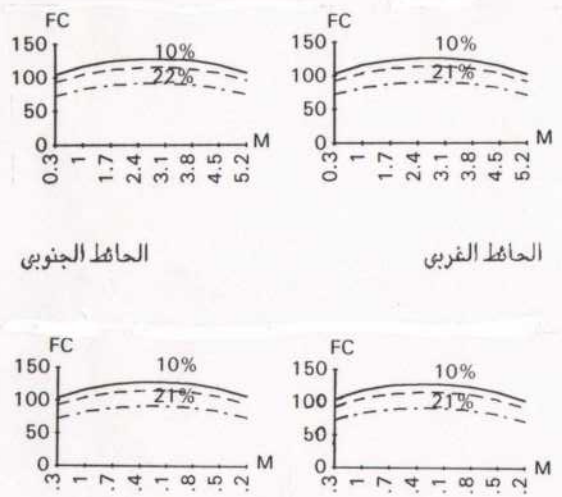
التجربة الرابعة




قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير





n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
L = طول القاعة
w = عرض القاعة
L = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rf = معامل انعكاس الارضية
Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٢٢)

٣-٣-٥ التجربة الخامسة :

٣-٣-٥-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الحوائط (Rw) كما هو واضح فى الجدول (٣-٢٣) :

وقد أختيرت للحوائط أربعة أنواع من التشطيبات (دهانات ذات ألوان مختلفة)(١) لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(دهـان باللون الأبيـض)	Rw1 = 0.85	حيث شدة الإستضاءة E1
(دهـان باللون السـكرى)	Rw2 = 0.60	حيث شدة الإستضاءة E2
(دهـان باللون البـــنى)	Rw3 = 0.30	حيث شدة الإستضاءة E3
(دهـان باللون الأســود)	Rw4 = 0.05	حيث شدة الإستضاءة E4

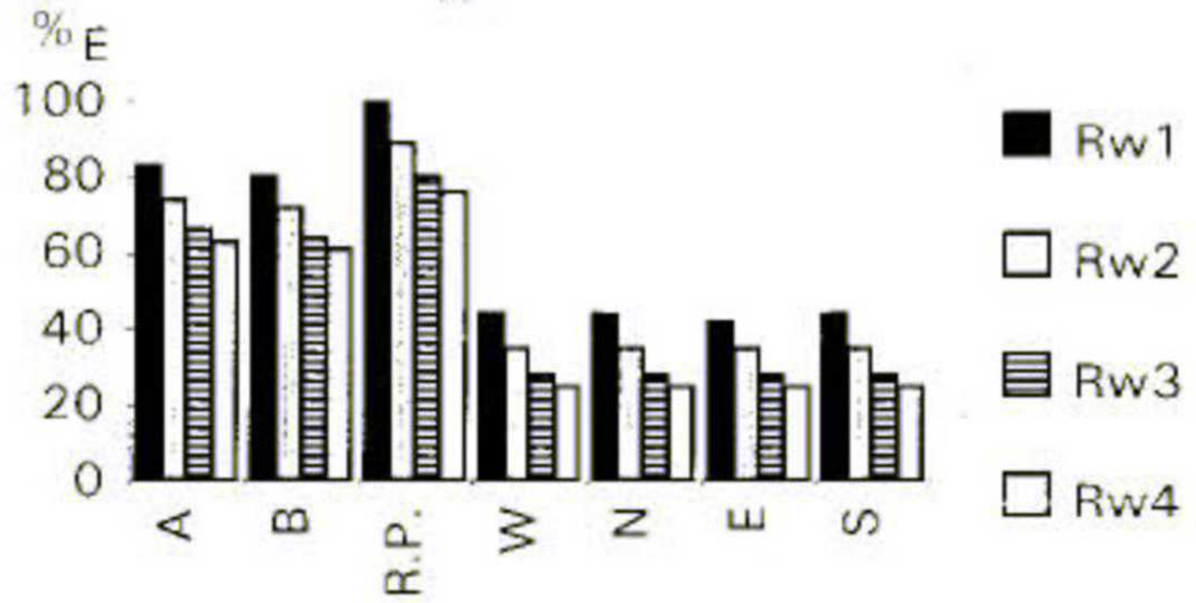
٣-٣-٥-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٣) أن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس الحوائط (Rw) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة					
	E1-E2 % / E1	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw1 إلى Rw2	E2-E3 % / E2	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw2 إلى Rw3	E3-E4 % / E3	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw3 إلى Rw4
المحور (أ) A	٪١١		٪١١		٪٥	
المحور (ب) B	٪١٠		٪١١		٪٥	
نقطة المرجع R.P.	٪١١		٪١١		٪٥	
الحائط الغربى	٪١٩		٪٢١		٪١١	
الحائط الشمالى	٪١٩		٪٢١		٪١١	
الحائط الشرقى	٪١٨		٪٢٠		٪١٠	
الحائط الجنوبى	٪١٩		٪٢١		٪١١	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٢١)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٢١)

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع .
- أن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط (فقد إنخفضت شدة الإستضاءة بمقدار ٤٢٪ عندما تغير لون الحوائط من اللون الأبيض إلى اللون الأسود) .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٣) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rw	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rw1	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦
Rw2	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦
Rw3	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦
Rw4	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦

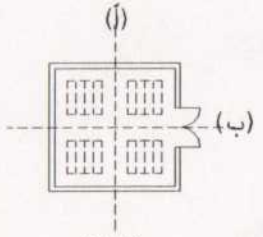
يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس الحوائط (Rw) .

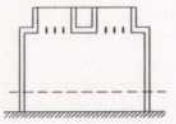
GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	2.4:1
SM	نموذج فتحة السقف
n	w = L
4	
h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	4:1
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية

Rc	Rw				Rf
0.80	0.85	0.60	0.25	0.05	0.25

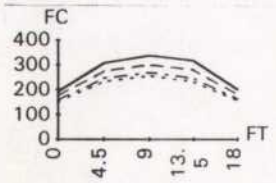
T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا
Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	
	0.20	

التجربة الخامسة

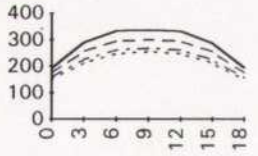



قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

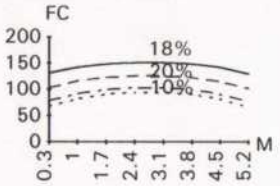


المحور (ب)

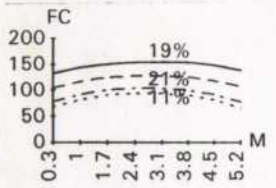


المحور (أ)

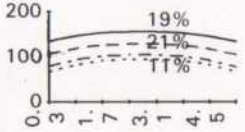
الحائط الشرقى



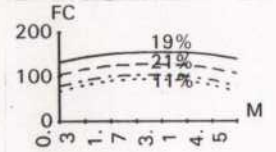
الحائط الشمالى



الحائط الغربى



الحائط الجنوبى



اسطح الحوائط الداخلية —— Rw1 – – – Rw2 – · – Rw3

w=	عرض القاعة	n=	عدد فتحات السقف	L=	طول كل فتحة من فتحات السقف
L=	طول القاعة	w=	عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc=	معامل انعكاس السقف
				Rw=	معامل انعكاس الحوائط
				Rf=	معامل انعكاس الارضية

جدول (٣-٢٣)

٣-٣-٦ التجربة السادسة :

٣-٣-٦-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الأرضية (Rf) كما هو واضح فى الجدول (٣-٢٤) :

وقد اختبرت للأرضية ثلاثة أنواع من التشطيبات[١] لكل منها معامل إنعكاس مختلف ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(أرضيـــــة رخـــــام) Rf1 = 0.45 حيث شدة الإستضاءة E1
(أرضية خشب ذات لون فاتح) Rf2 = 0.25 حيث شدة الإستضاءة E2
(أرضية خشب ذات لون داكن) Rf3 = 0.10 حيث شدة الإستضاءة E3

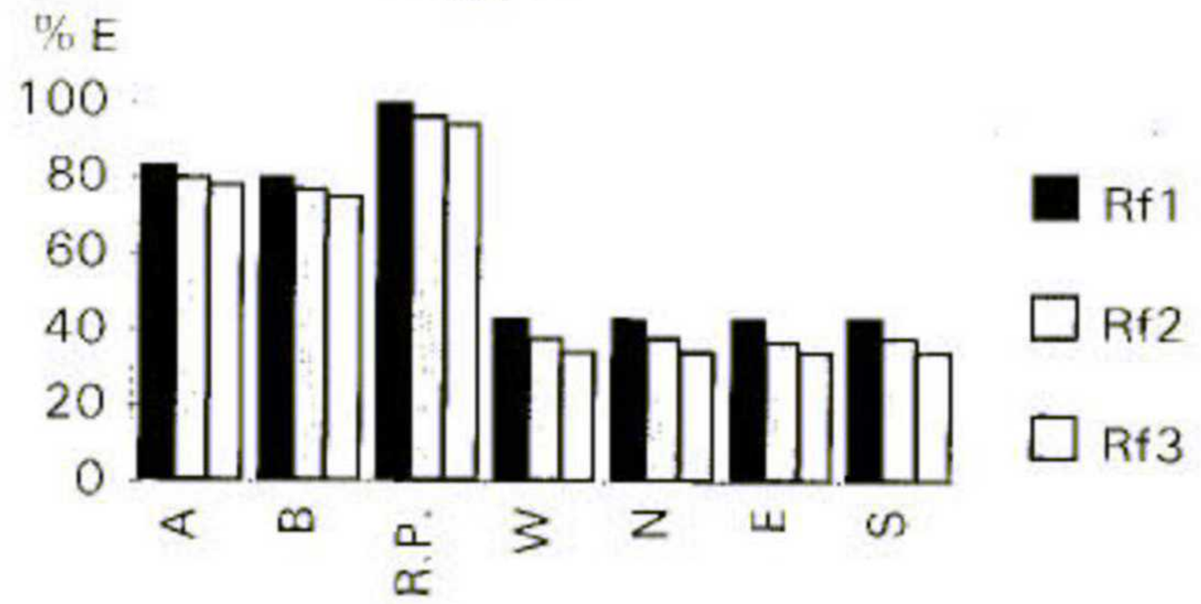
٣-٣-٦-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٤) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس الأرضية (Rf) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf1 إلى Rf2	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf2 إلى Rf3
المحور (أ) A		٤٪		٣٪
المحور (ب) B		٤٪		٣٪
نقطة المرجع R.P.		٤٪		٣٪
الحائط الغربى		١٢٪		١٠٪
الحائط الشمالى		١٢٪		١٠٪
الحائط الشرقى		١٢٪		١٠٪
الحائط الجنوبى		١٢٪		١٠٪

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٢٢)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٢٢)

- أن شدة الإستضاءة على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع تتأثر تأثراً ضعيفاً بتغير معامل إنعكاس الأرضية (Rf) .
- أن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط بتغير معامل إنعكاس الأرضية .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٤) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس الأرضية Rf	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rf1	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦
Rf2	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦
Rf3	١ : ٠.٦	١ : ٠.٦

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس الأرضية (Rf).

٣-٣-٧ التجربة السابعة :

٣-٣-٧-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا نسبة نفاذية الزجاج مع الشرائح (السطح الشبكى) الموجود أسفل الفتحة كما هو واضح فى الجدول (٣-٢٥) :

وقد أختيرت ثلاث قيم نسبية متناقصة لنسبة النفاذية

Tr1 = 0.50 حيث شدة الإستضاءة E1

Tr2 = 0.20 حيث شدة الإستضاءة E2

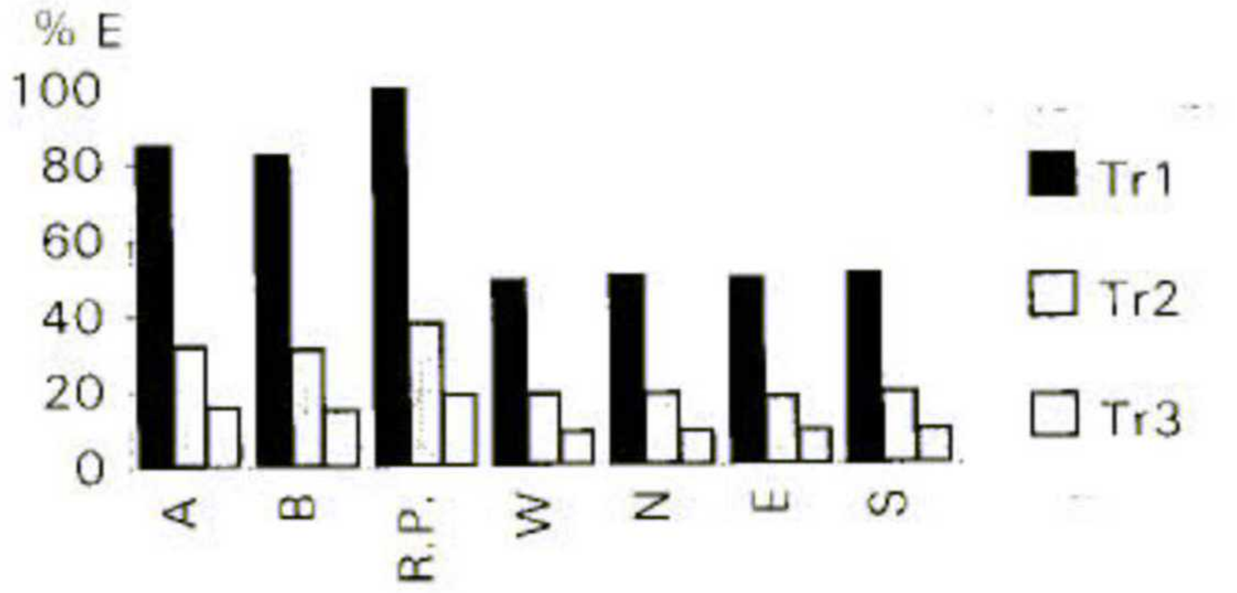
Tr3 = 0.10 حيث شدة الإستضاءة E3

٣-٣-٧-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٥) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص نسبة النفاذية (Tr) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	عندما تقل نسبة النفاذية من Tr1 إلى Tr2	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	عندما تقل نسبة النفاذية من Tr2 إلى Tr3
المحور (أ) A	٦٢٪		٥٠٪	
المحور (ب) B	٦٢٪		٥٠٪	
نقطة المرجع R.P.	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الغربى	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الشمالى	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الشرقى	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الجنوبى	٦٢٪		٥٠٪	



شـــــكل (٣-٢٣)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٢٣)

- أن شدة الإستضاءة على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع تتأثر تأثراً ضعيفاً بتغير معامل إنعكاس الأرضية (Rf) .
- أن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط بتغير معامل إنعكاس الأرضية .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٥) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
نسب النفاذية	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Tr1 = 0.50	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
Tr2 = 0.20	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
Tr3 = 0.10	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج الضوء الطبيعى لايتغير مع إختلاف نسبة النفاذية.

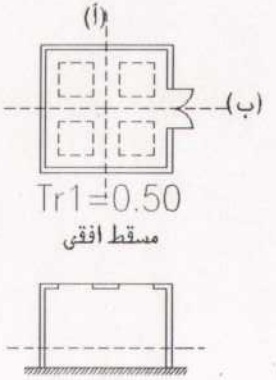
GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	2.4:1
SM	نموذج فتحة السقف
n	w = L
4	
h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	20:1
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية

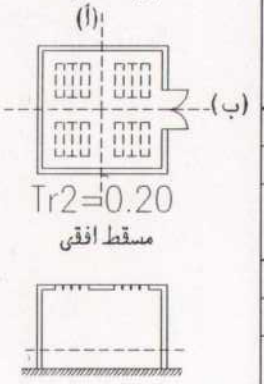
Rc	Rw	Rf
0.80	0.60	0.25

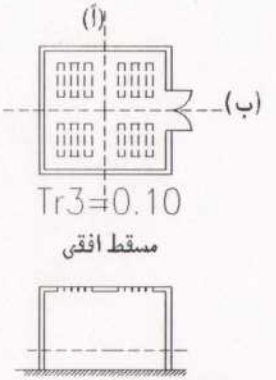
T	التوقيت	
	الساعة	فصل
	١٢ ظهرا	الصيف

Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي		
	0.50	0.20	0.10

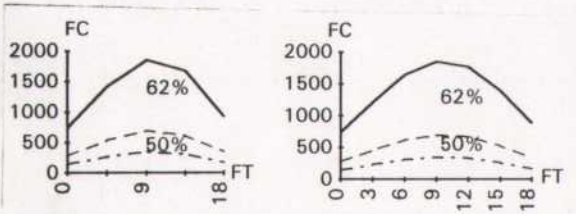
التجربة السابعة





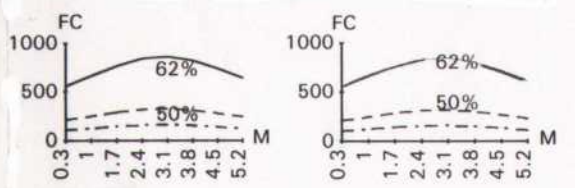


نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير



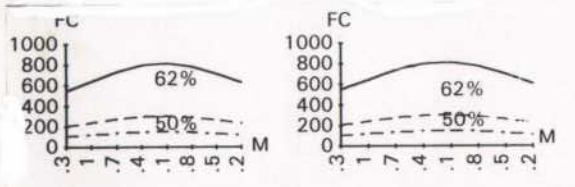
الحائط الشمالى

الحائط الشرقى



الحائط الجنوبى

الحائط الغربى



عند اسطح الحوائط — Tr1 - - - Tr2 — · — Tr3

n	عدد فتحات السقف
w	عرض كل فتحة من فتحات السقف
L	طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc	معامل انعكاس السقف
Rf	معامل انعكاس الارضية
Rw	معامل انعكاس الحوائط
w	عرض القاعة
L	طول القاعة

جدول (٣-٢٥)

٣-٤ النموذج الرابع لفتحة السقف :
«فتحة واحدة مستطيلة الشكل»

النموذج الرابع SM4 عبارة عن فتحة واحدة طولها يساوى طول القاعة وموجودة فى الجانب الشرقى منها جدول (٣-٢٦) .

وفيهـــا :

L = L w = KW

L = طول القاعة

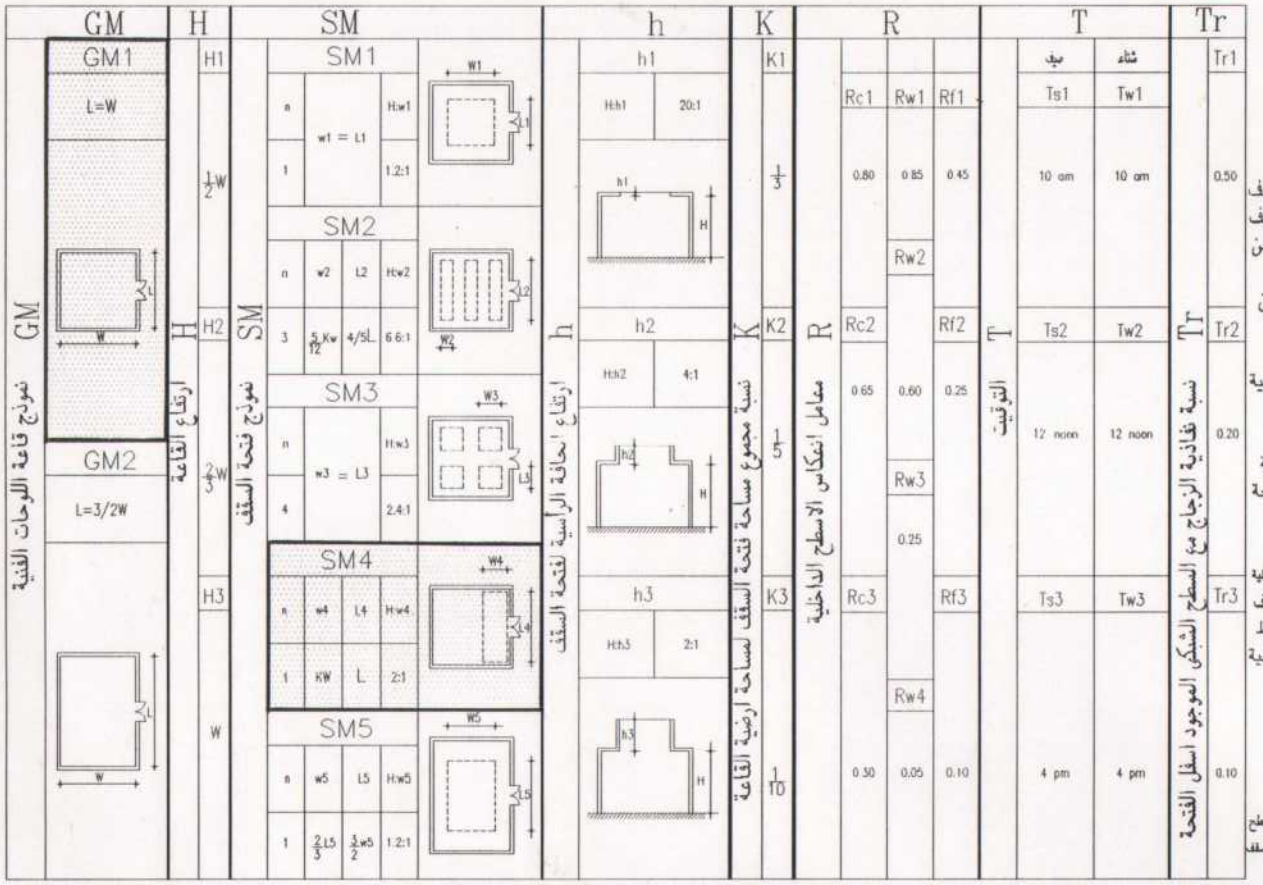
W = عرض القاعة

K = نسبة مجموع مساحة فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة.

L = طول فتحة السقف

w = عرض فتحة السقف

وكما فى الحالات السابقة فقد روعى أن تتساوى مساحة فتحة السقف (النموذج SM4) مع المساحة التى أفترضت فى النموذج الأول SM1 (فتحة مربعة الشكل) وتلك التى أفترضت فى النموذج الثانى SM2 (ثلاث فتحات مستطيلة الشكل) وكذلك تلك التى أفترضت فى النموذج الثالث SM3 (أربع فتحات متماثلة مربعة الشكل) .



GM نموذج القاعة
W عرض القاعة
L طول القاعة

H ارتفاع القاعة

SM نموذج فتحة السقف
n عدد فتحات السقف
w عرض كل فتحة من فتحات السقف
L طول كل فتحة من فتحات السقف

h ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف

K نسبة مجموع مساحة فتحات السقف لمساحة ارضية القاعة

R معامل انعكاس الاسطح الداخلية
Rc معامل انعكاس السقف
Rw معامل انعكاس الحوا ئط
Rf معامل انعكاس الارضية

T التوقيت
Ts صيف
Tw شتاء

Tr نسبة نفاذية الزجاج مع السطح الشبكي الموجود اسفل فتحة السقف

البدائل المختلفة للعناصر المعمارية الاساسية

جدول (٣-٢٦)

٣-٤-١ التجربة الأولى :

٣-٤-١-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع القاعة (H) كما هو واضح فى الجدول (٣-٢٧) .

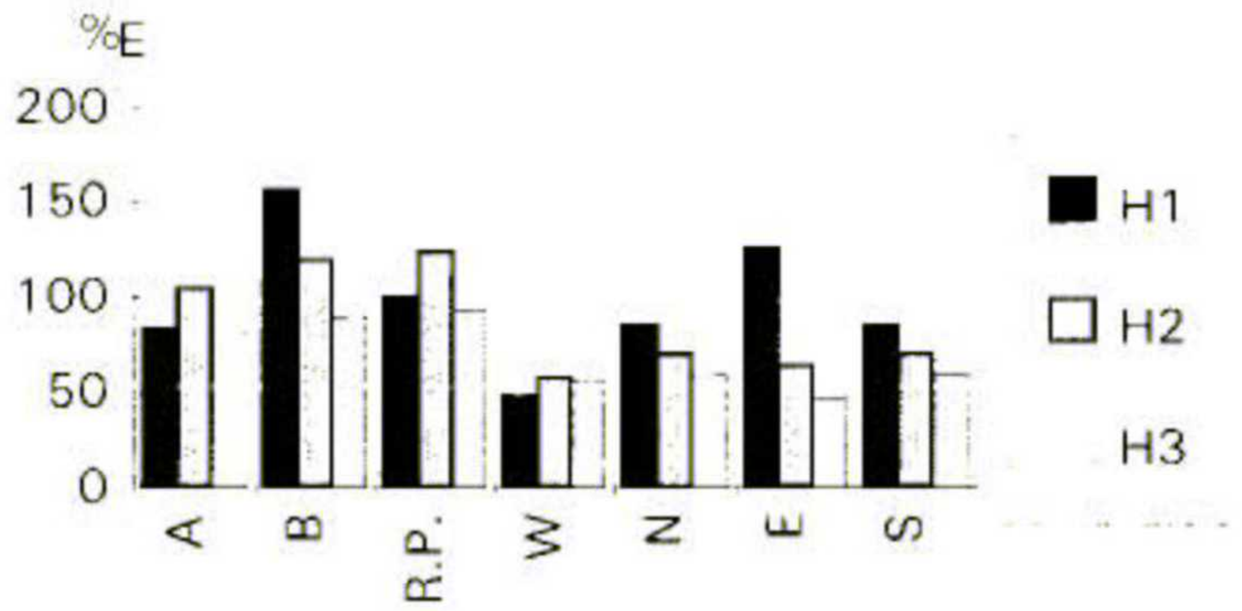
- الإرتفاع = نصف عرض القاعة H1 = 1/2W حيث شدة الإستضاءة E1
- الإرتفاع = ثلثى عرض القاعة . H2 = 2/3W حيث شدة الإستضاءة E2
- الإرتفاع = كامل عرض القاعة . H3 = W حيث شدة الإستضاءة E3

٣-٤-١-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٧) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع القاعة (H) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثى عرض القاعة		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد الإرتفاع من ثلثى عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة	
المحور (أ) A	-٢٦٪		٢٧٪	
المحور (ب) B	٤٣٪		٣٧٪	
نقطة المرجع R.P.	-٢٤٪		٢٤٪	
الحائط الغربى	-٢٠٪		٤٪	
الحائط الشمالى	٦٪		١٣٪	
الحائط الشرقى	٤٨٪		٢٧٪	
الحائط الجنوبى	٦٪		١٣٪	



شـــــكل (٣-٢٤)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٢٤)

- إن نسبة شدة الإستضاءة تزيد فى بعض مواضع الدراسة عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثى عرض القاعة ، وذلك على المحور (أ) وعند نقطة المرجع والحائط الغربى من القاعة بينما تنخفض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة الأخرى .
- أكثر المواضع تأثراً هو الحائط الشرقى للقاعة (من حيث نسب الإنخفاض) .

بينما عند الحائط الغربى وهو فى الجانب الآخر من الفتحة تنخفض شدة الإستضاءة بنسبة ضئيلة عندما يزيد الإرتفاع من ثلثى عرض القاعة إلى كامل عرضها .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٧) أن تدرج شدة الإستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع القاعة	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
H1	١ : ٠.٦	١ : ٠.١
H2	١ : ٠.٦	١ : ٠.٢
H3	١ : ٠.٦	١ : ٠.٤

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الإستضاءة لا يتغير فى الإتجاه الطولى للقاعة مع إختلاف إرتفاعها ولكن يختلف فى الإتجاه العرضى لها .

GM	نموذج القاعة
	w=L

H	ارتفاع القاعة		
	1/2W	2/3W	W
	H:w	H:w	H:w
	1.5:1	2:1	3:1

SM	نموذج فتحة السقف		
	n	w	L
	1	KW	L

h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	20:1

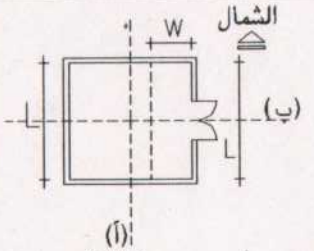
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3

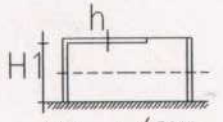
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية		
	Rc	Rw	Rf
	0.80	0.60	0.25

T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا

Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى
	0.50

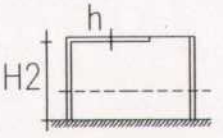
التجربة الاولى





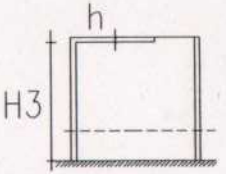
H1=1/2W

قطاع عرضى



H2=2/3W

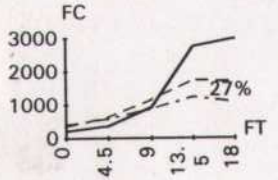
قطاع عرضى



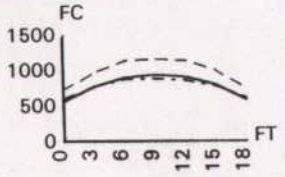
H3=W

قطاع عرضى

نسب انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

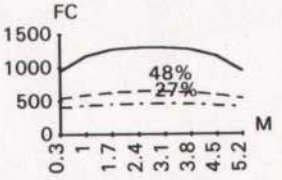


المحور (ب)

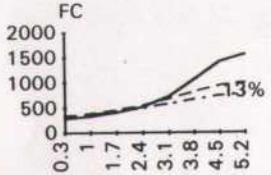


المحور (أ)

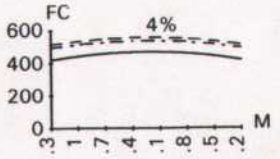
الحائط الشرقى



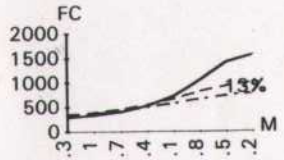
الحائط الشمالى



الحائط الغربى



الحائط الجنوبى



اسطح الحوائط الداخلية

—— H1 – – – H2 – · – H3

w= عرض القاعة L= طول القاعة	n= عدد فتحات السقف w= عرض كل فتحة من فتحات السقف	L= طول كل فتحة من فتحات السقف Rc= معامل انعكاس السقف	Rf= معامل انعكاس الارضية Rw= معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٢٧)

٣-٤-٢ التجربة الثانية :

٣-٤-٢-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) كما هو واضح فى الجدول (٣-٢٨) .

وقد أختير للإرتفاع (h) ثلاث قيم نسبية متزايدة .

$h1 = \frac{1}{20} H \ (= \frac{1}{10} w)$ حيث شدة الإستضاءة E1

$h2 = \frac{1}{4} H \ (= \frac{1}{2} w)$ حيث شدة الإستضاءة E2

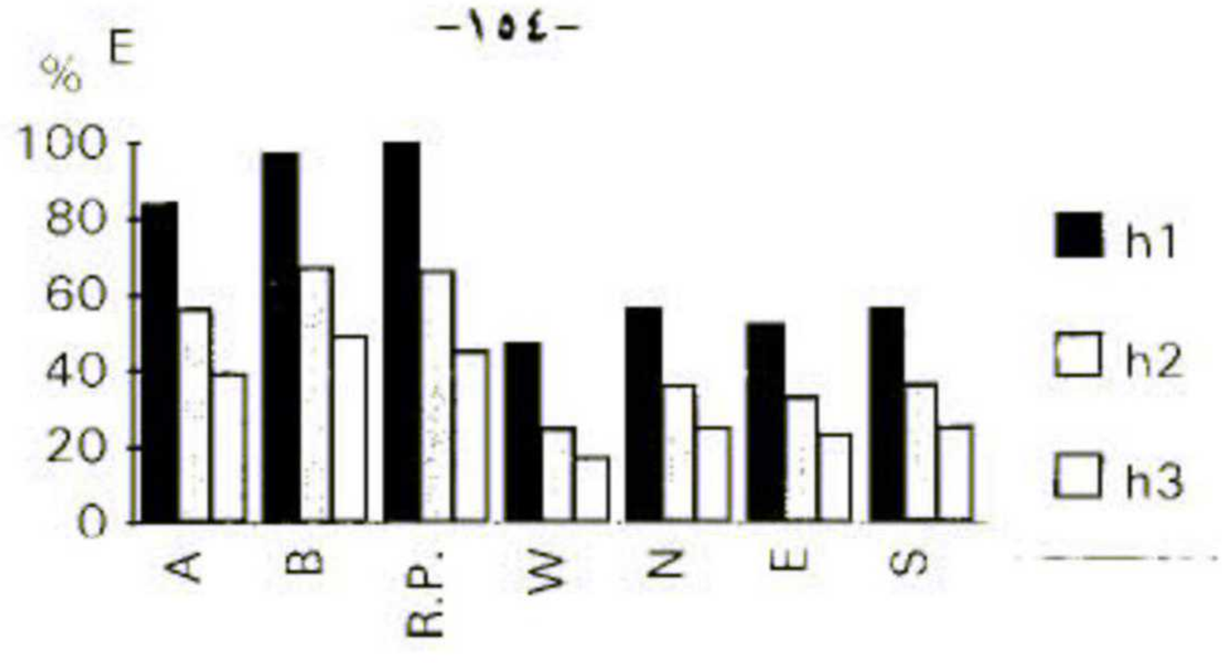
$h3 = \frac{1}{2} H \ (= \quad w)$ حيث شدة الإستضاءة E3

٣-٣-٢-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٨) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع القاعة (h) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h1 ، إلى h2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h2 ، إلى h3	
المحور (أ) A	٪٣٣		٪٣١	
المحور (ب) B	٪٣٥		٪٣٢	
نقطة المرجع R.P.	٪٣٤		٪٣٢	
الحائط الغربى	٪٤٧		٪٣٢	
الحائط الشمالى	٪٣٨		٪٣٢	
الحائط الشرقى	٪٣٦		٪٣٠	
الحائط الجنوبى	٪٣٨		٪٣٣	



شـــــكل (٣-٢٥)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٢٥) :

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة متساوية تقريباً عند كل مواضع الدراسة عدا الحائط الغربى الذى يعتبر أكثر المواضع تأثراً .
- أن تغير إرتفاع جوانب فتحة السقف له تأثير كبير على شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة مما يدل على أهمية ذلك العنصر وإمكانية إستغلاله للوصول إلى شدة الإستضاءة المطلوبة داخل القاعة المتحفية .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٨) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع جوانب فتحة السقف	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
h1	١ : ٠.٦	١ : ٠.٢
h2	١ : ٠.٦	١ : ٠.٢
h3	١ : ٠.٦	١ : ٠.٢

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لا يتغير مع إختلاف إرتفاع جوانب فتحة السقف .

نموذج القاعة	GM
w=L	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2:1	H:w

نموذج فتحة السقف			SM
n	w	L	
1	KW	L	

ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف			h
H:h1	H:h2	H:h3	
20:1	4:1	2:1	

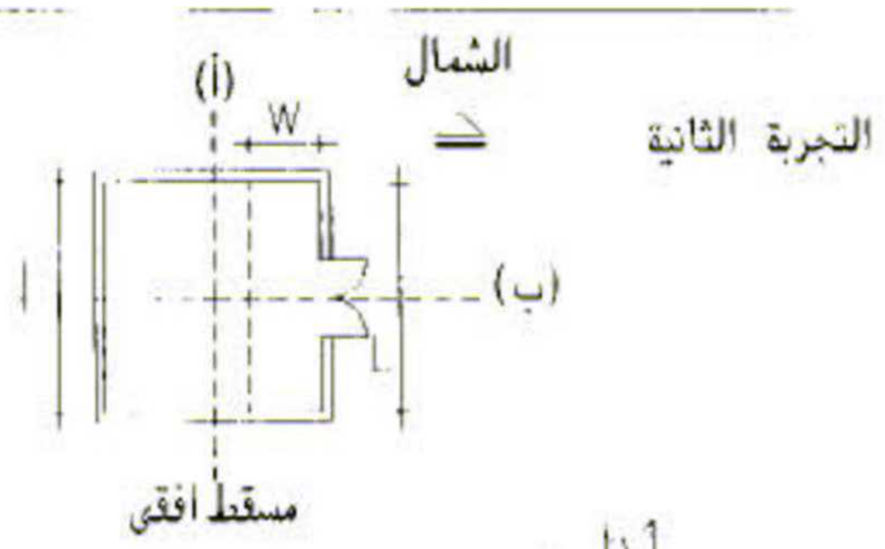
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	

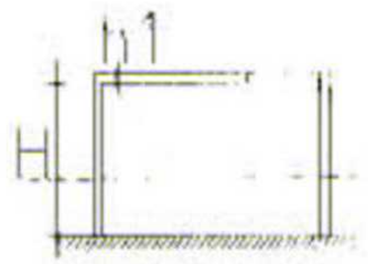
معامل انعكاس الاسطح الداخلية			R
Rc	Rw	Rf	
0.80	0.60	0.25	

التوقيت		T
فصل	الساعة	
الصيف	١٢ ظهرا	

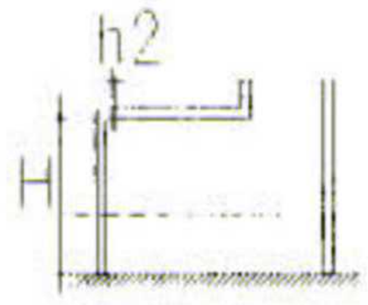
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tr
0.50	

n عدد فتحات السقف
w عرض كل فتحة من فتحات السقف
W عرض القاعة
L طول القاعة

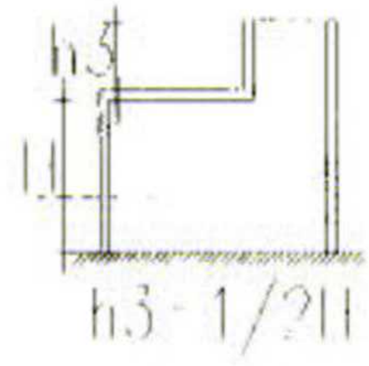




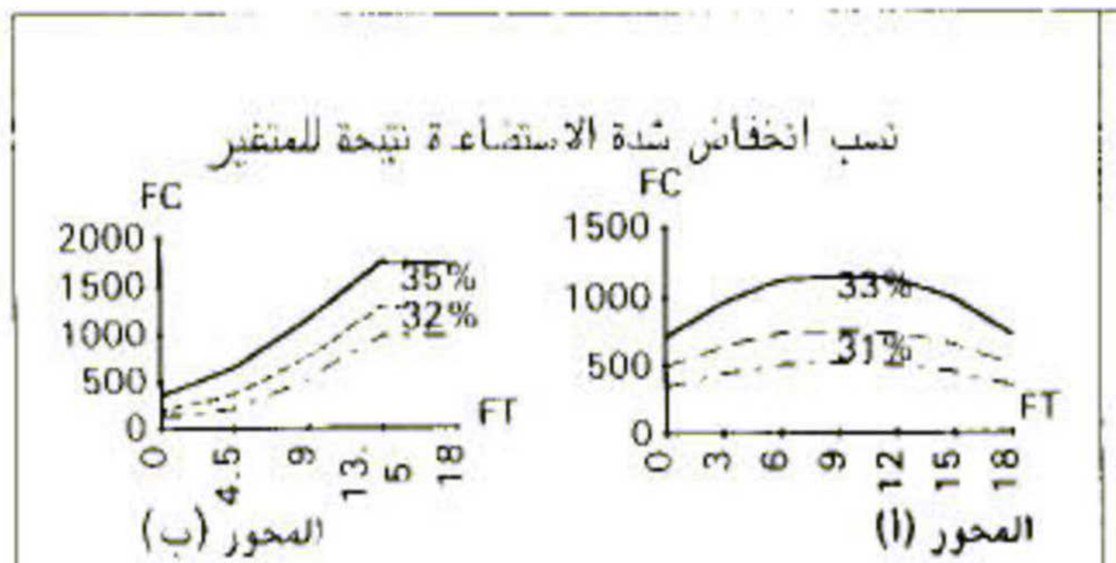
قطاع عرضى

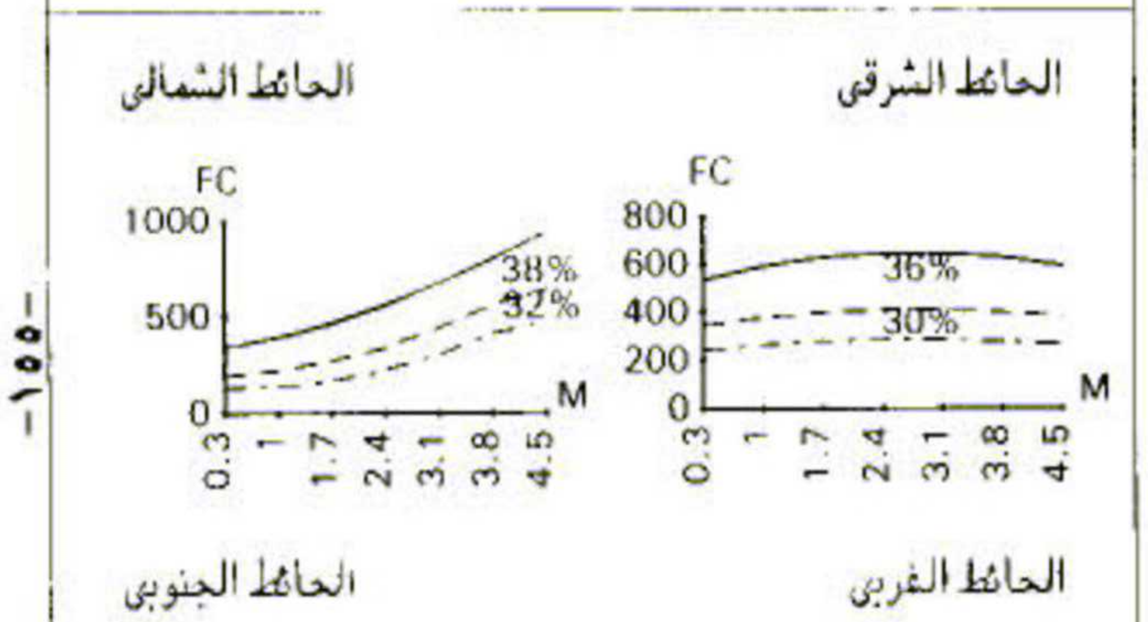


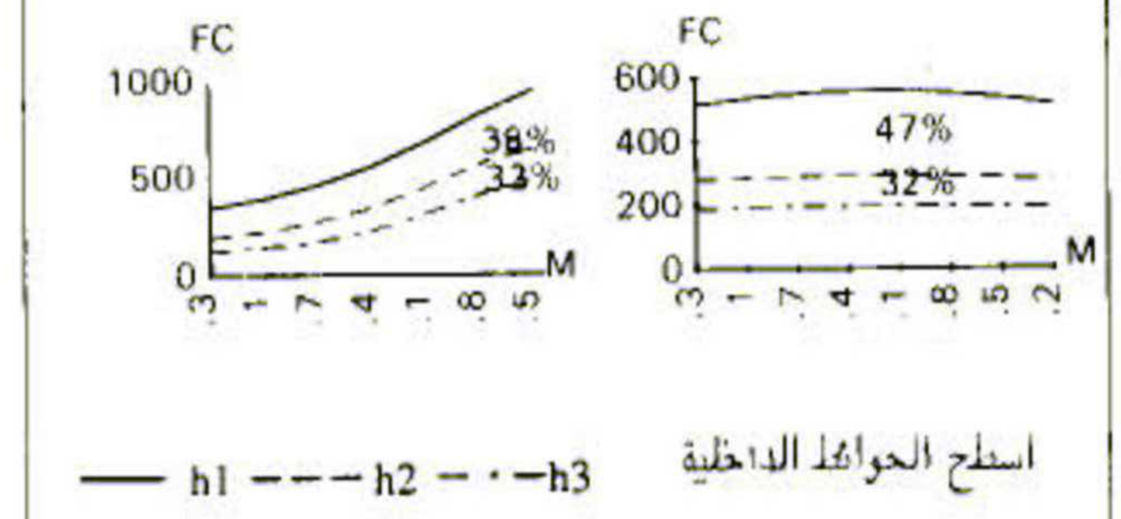
قطاع عرضى



قطاع عرضى







l = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc معامل انعكاس السقف
Rf معامل انعكاس الارضية
Rw معامل انعكاس الحوائط

جدول (٢-٢٨)

٣-٤-٣ التجربة الثالثة :

٣-٤-٣-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (k) كما هو واضح فى الجدول (٣-٢٩) .

وقد أختير للنسبة K ثلاث قيم نسبية متناقصة وهى :

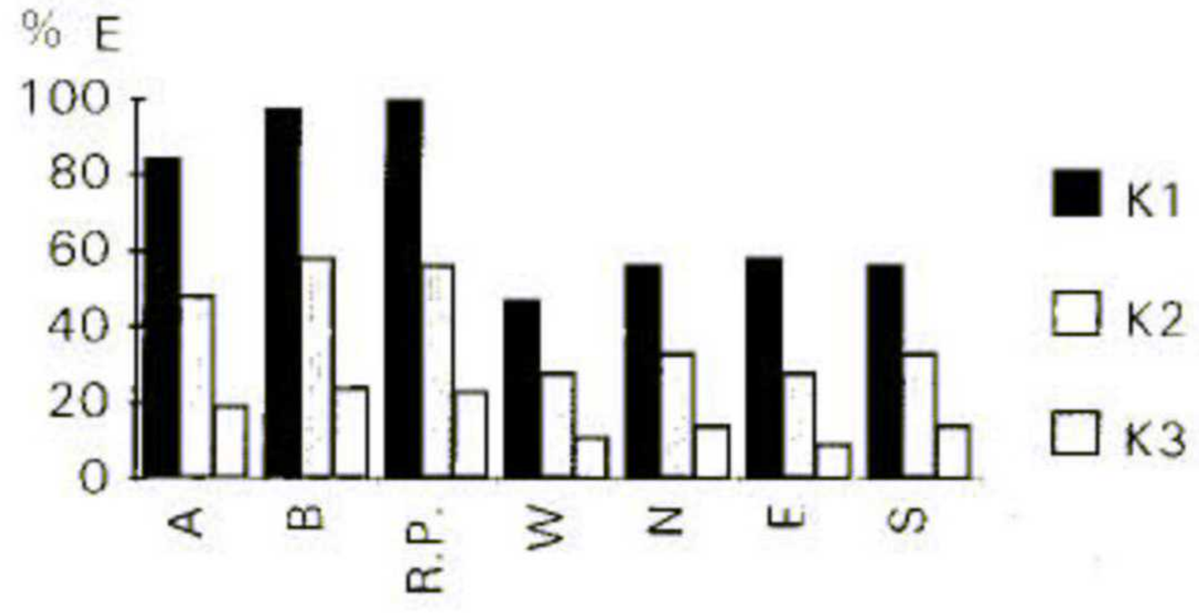
K1 = 1/3	حيث شدة الإستضاءة E1
K2 = 1/5	حيث شدة الإستضاءة E2
K3 = 1/10	حيث شدة الإستضاءة E3

٣-٤-٣-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٩) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص نسبة مجموع مساحات فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل النسبة من K1 إلى K2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل النسبة من K2 إلى K3	
المحور (أ) A	٤٤٪		٥٩٪	
المحور (ب) B	٤١٪		٥٨٪	
نقطة المرجع R.P.	٤٤٪		٥٩٪	
الحائط الغربى	٤١٪		٥٨٪	
الحائط الشمالى	٤١٪		٥٨٪	
الحائط الشرقى	٥٢٪		٧٠٪	
الحائط الجنوبى	٤١٪		٥٨٪	



شـــــكل (٣-٢٦)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٢٦)

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً فى مواضع الدراسة عدا الحائط الشرقى للقاعة الذى يعتبر أكثر المواضع تأثراً .
- أن شدة الإستضاءة تتأثر تأثراً كبيراً بتغير نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٢٩) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
النسبة K	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
K1	١ : ٠,٦	١ : ٠,٢
K2	١ : ٠,٦	١ : ٠,٢
K3	١ : ٠,٦	١ : ٠,٢

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير فى الإتجاهين الطولى والعرضى مع إختلاف نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K).

GM	نموذج القاعة
	w = l
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	2:1
SM	نموذج فتحة السقف

n	w	L
1	KW	L

h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	20:1

k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية		
	k1=1/3	k2=1/5	k3=1/10

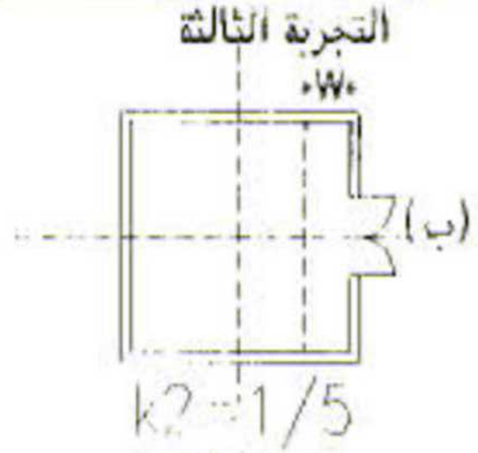
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية		
	Rc	Rw	Rl
	0.80	0.60	0.25

i	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا

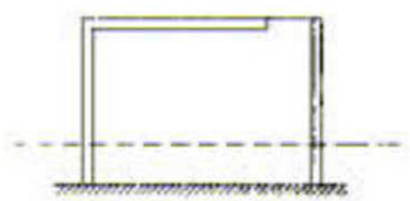
T_t	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى
	0.50

التجربة الثالثة

(ب)



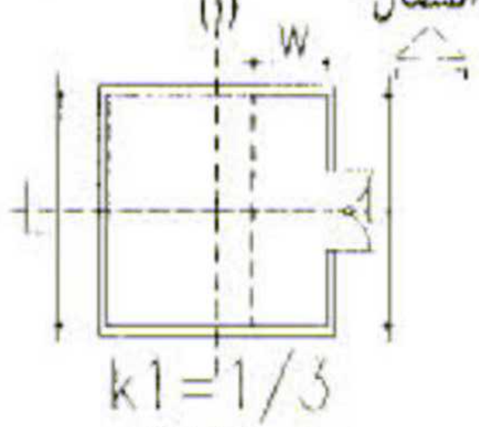
مسقط افقى



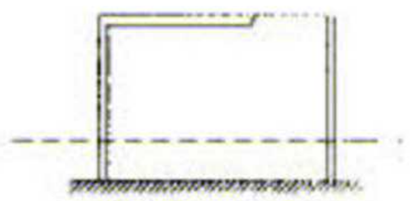
قطاع عرضى

الشمال

(أ)

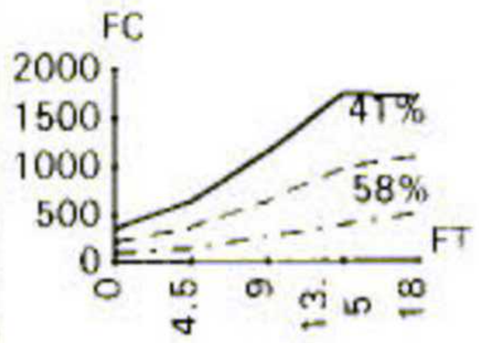


مسقط افقى

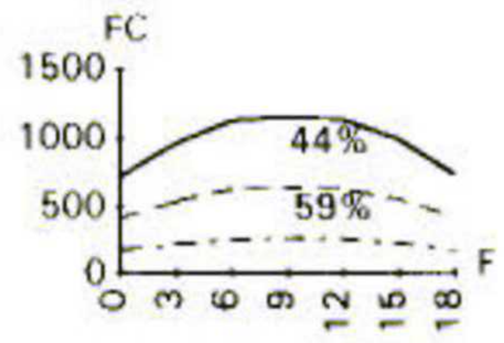


قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستنارة نتيجة للمتغير

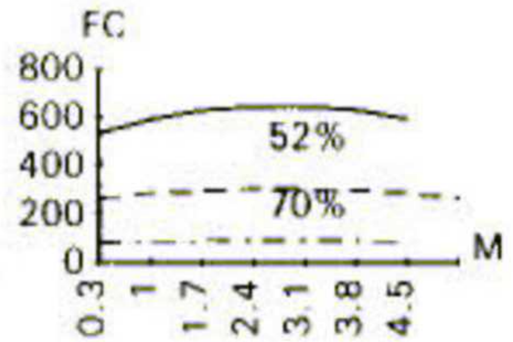


المحور (ب)

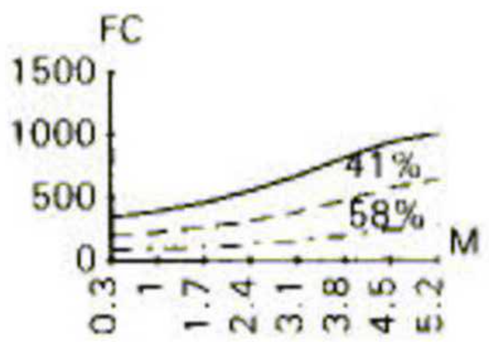


المحور (أ)

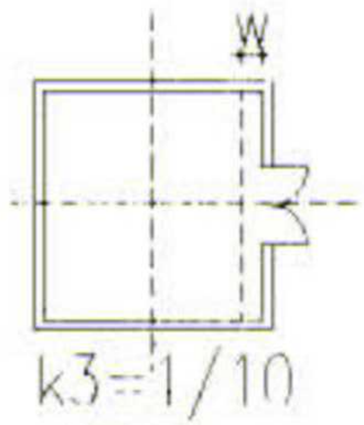
الحائط الشرقى



الحائط الشمالى



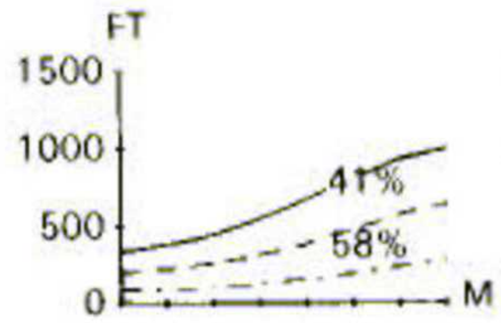
الحائط الغربى

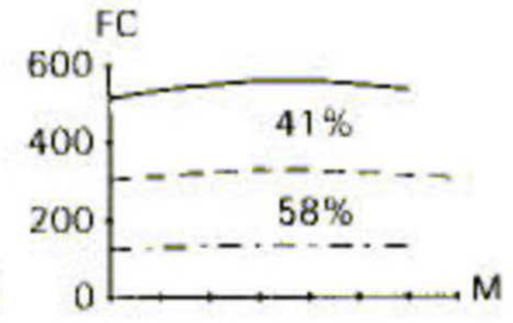


مسقط افقى

قطاع عرضى

الحائط الجنوبى





اسطح الحوائط الداخلية

—— K1 – – – K2 – · – K3

T_t = نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى

i = التوقيت

R = معامل انعكاس الاسطح الداخلية

k = نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية

H:w = ارتفاع القاعة

H:h = ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف

GM = نموذج القاعة

SM = نموذج فتحة السقف

W = عرض القاعة

l = طول القاعة

n = عدد فتحات السقف

w = عرض كل فتحة من فتحات السقف

l = طول كل فتحة من فتحات السقف

Rc = معامل انعكاس السقف

Rw = معامل انعكاس الحوائط

Rl = معامل انعكاس الارضية

جدول (٣-٢٩)

٣-٤-٤ التجربة الرابعة :

٣-٤-٤-١ *الثوابت والمتغير*

فى هذه التجربة تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس أحد الأسطح الداخلية وهو السقف (Rc) كما هو واضح فى الجدول (٣-٣٠) .

وقد أختيرت ثلاثة أنواع من تشطيبات السقف لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة[١] وهى :

(دهان أبيض على بياض)	Rc1 = 0.80	حيث شدة الإستضاءة E1
(بيـــــــاض فقط)	Rc2 = 0.65	حيث شدة الإستضاءة E2
(خرســانة ظاهـرة ناعمة)	Rc3 = 0.30	حيث شدة الإستضاءة E3

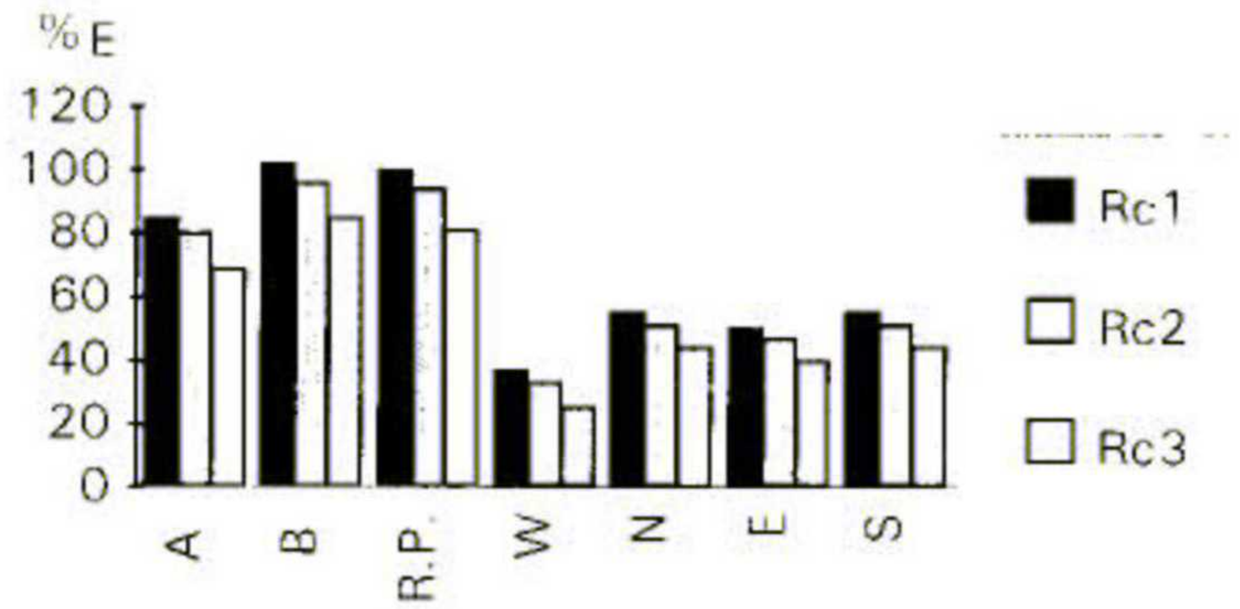
٣-٤-٤-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٠) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس السقف (Rc) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc1 إلى Rc2	% E1-E2 / E1	عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc2 إلى Rc3	% E2-E3 / E2
المحور (أ) A	٦٪		١٣٪	
المحور (ب) B	٧٪		١٦٪	
نقطة المرجع R.P.	٦٪		١٤٪	
الحائط الغربى	١٠٪		٢٣٪	
الحائط الشمالى	٧٪		١٦٪	
الحائط الشرقى	٧٪		١٥٪	
الحائط الجنوبى	٧٪		١٦٪	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٢٧)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٢٧)

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع.
- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى عند أسطح الحوائط الثلاثة الشمالى والشرقى والجنوبى فيما عدا الحائط الغربى الذى يعتبر أكثر المواضع تأثراً بتغير معامل إنعكاس السقف Rc .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٠) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rc	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rc1	١ : ٠.٧	١ : ٠.٢
Rc2	١ : ٠.٧	١ : ٠.١
Rc3	١ : ٠.٧	١ : ٠.١

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير فى الإتجاهين الطولى والعرضى مع إختلاف معامل إنعكاس السقف (Rc) .

نموذج القاعة	GM
w L	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n	w	L
1	KW	1
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H.h	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc	Rw	Rf
0.80 0.65 0.50	0.60	0.25
التوقيت	T
فصل	الساعة
الصيف	١٢ ظهرا
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tl
0.50	

التجربة الرابعة

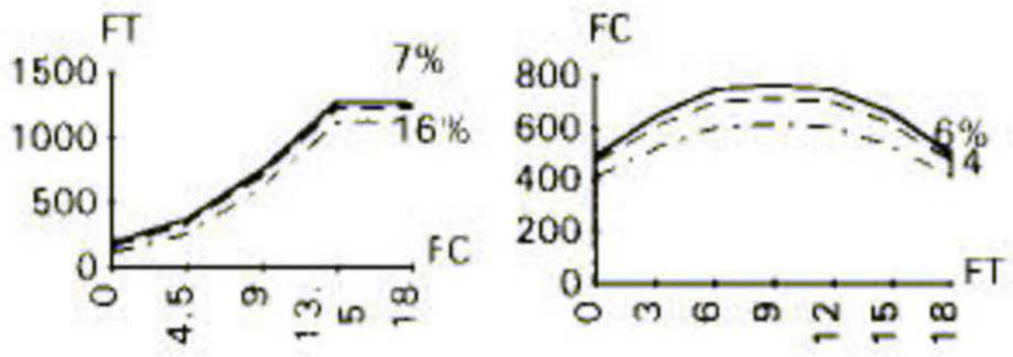
(أ)

(ب)

مسقط افقي

قطاع عرضي

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

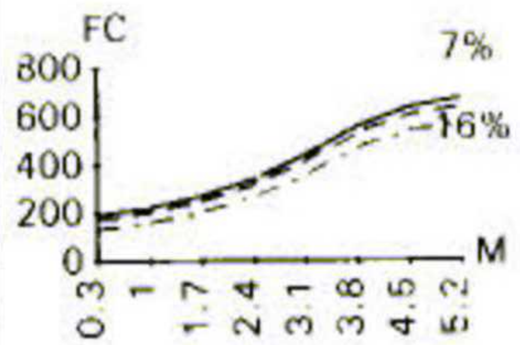


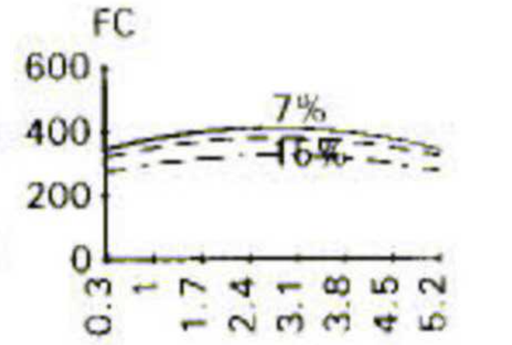
المحور (ب)

المحور (أ)

الحائط الشمالي

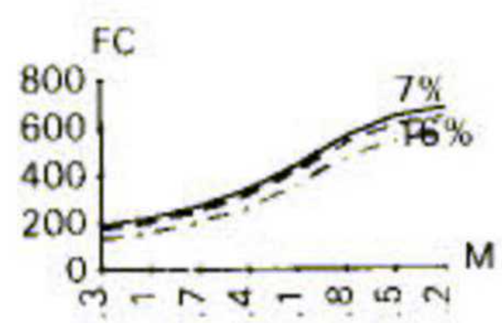
الحائط الشرقي

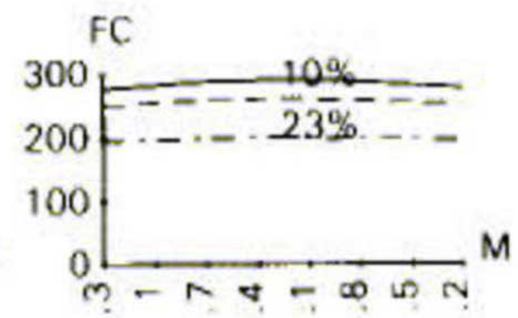




الحائط الجنوبي

الحائط الغربي

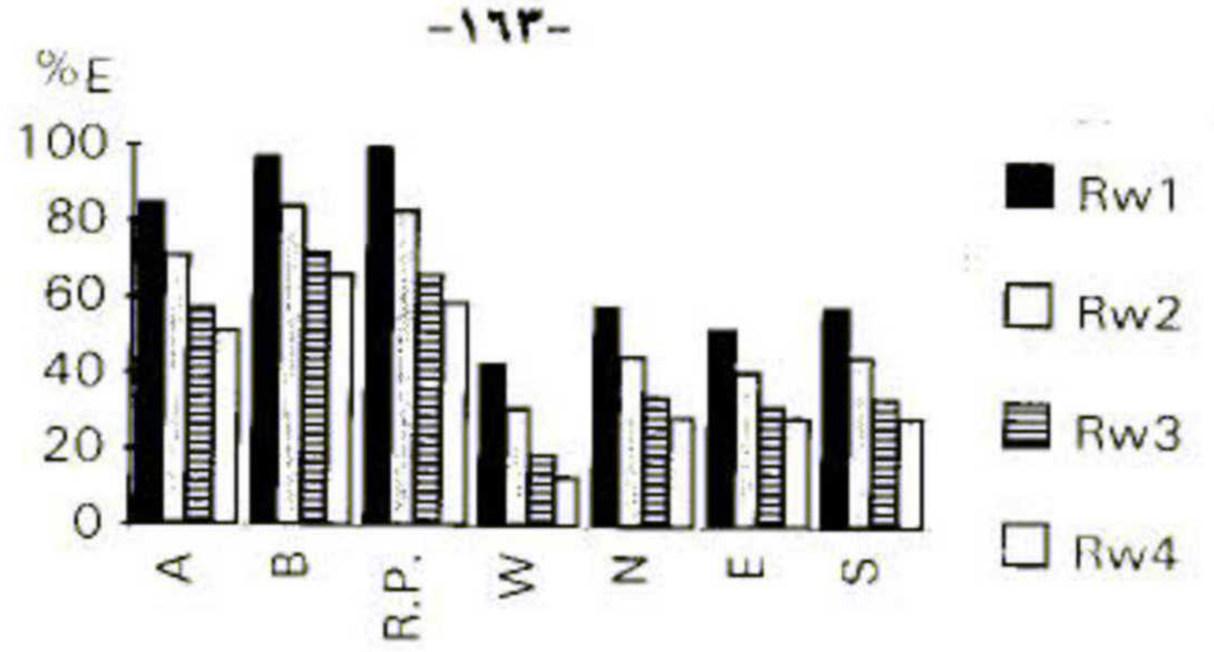




—— Rc1 – – – Rc2 – · – Rc3 اسطح الحوائط الداخلية

W = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٣٠)



شـــــكل (٣-٢٨)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٢٨)

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع .
- أن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط وخاصة الحائط الغربى من القاعة (فقد إنخفضت شدة الإستضاءة بمقدار ٤٠٪ عندما يتغير لون الحوائط من اللون الأبيض إلى اللون الأسود) .

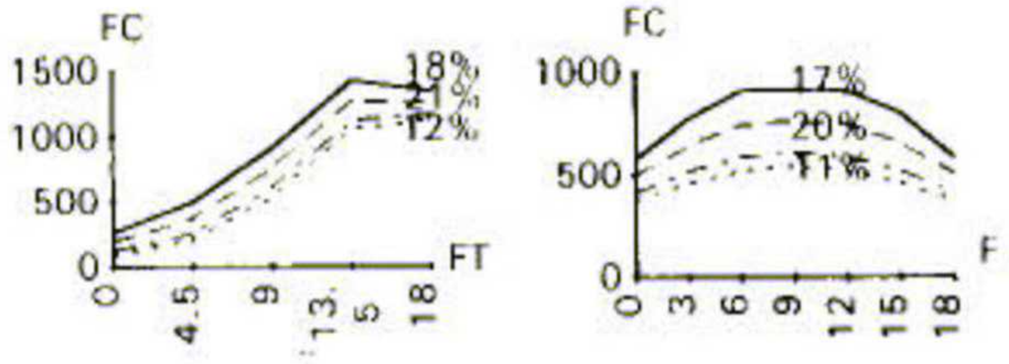
ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣١) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rw	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rw1	١ : ٠.٧	١ : ٠.٢
Rw2	١ : ٠.٧	١ : ٠.٢
Rw3	١ : ٠.٧	١ : ٠.١
Rw4	١ : ٠.٧	١ : ٠.١

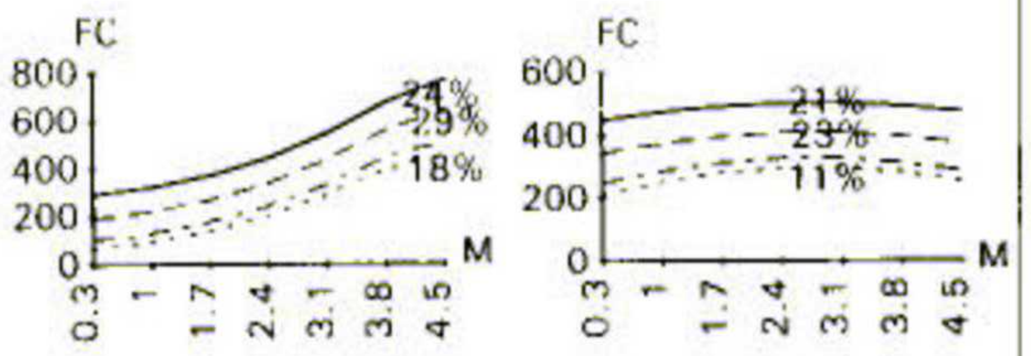
يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس الحوائط (Rw) .

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

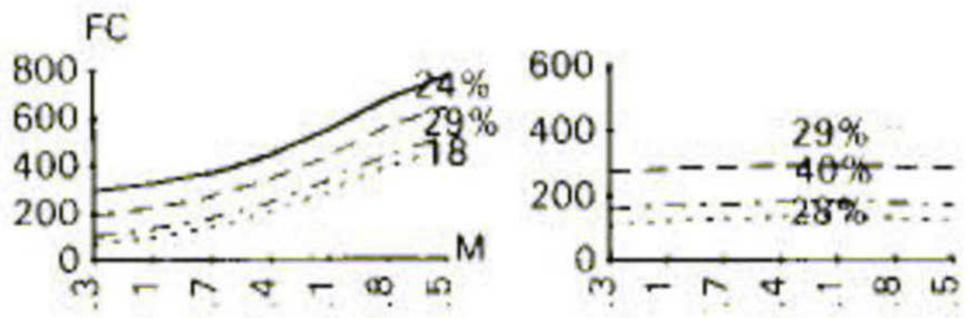


المحور (ب) المحور (أ)

الحائط الشرقي الحائط الشمالي



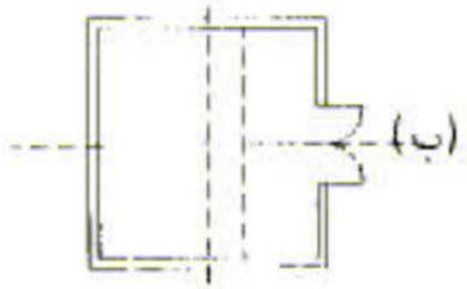
الحائط الغربي الحائط الجنوبي



اسطح الحوائط الداخلية

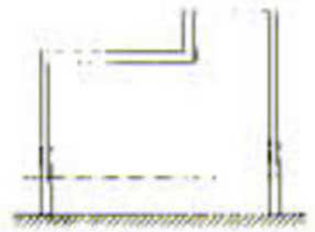
Rw1 – – – Rw2 – · – Rw3

(أ)



مسقط افقى

التجربة الخامسة



قطاع عرضى

نموذج القاعة	GM
W l	
ارتفاع القاعة	H
2/ 3w	
2:1	H.w
نموذج فتحة السقف	SM
n | w | L	
1 | KW | l	
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc | Rw | Rf	
0.80 | 0.85 0.60 0.25 0.05 | 0.25	
التوقيت	T
فصل | الساعة	
الصيف | ١٢ ظهرا	
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	Tr
0.50	

W = عرض القاعة — n = عدد فتحات السقف — l = طول كل فتحة من فتحات السقف — Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة — w = عرض كل فتحة من فتحات السقف — Rc = معامل انعكاس السقف — Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٣١)

٣-٤-٦ التجربة السادسة :

٣-٤-٦-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الأرضية (Rf) كما هو واضح فى الجدول (٣-٣٢) :

وقد أختير الأرضية ثلاثة أنواع من التشطيبات[١] لكل منها معامل إنعكاس مختلف ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(أرضيـــــة رخـــــام) Rf1 = 0.45 حيث شدة الإستضاءة E1

(أرضية خشب ذات لون فاتح) Rf2 = 0.25 حيث شدة الإستضاءة E2

(أرضية خشب ذات لون داكن) Rf3 = 0.10 حيث شدة الإستضاءة E3

٣-٤-٦-٢ *النتيجة*

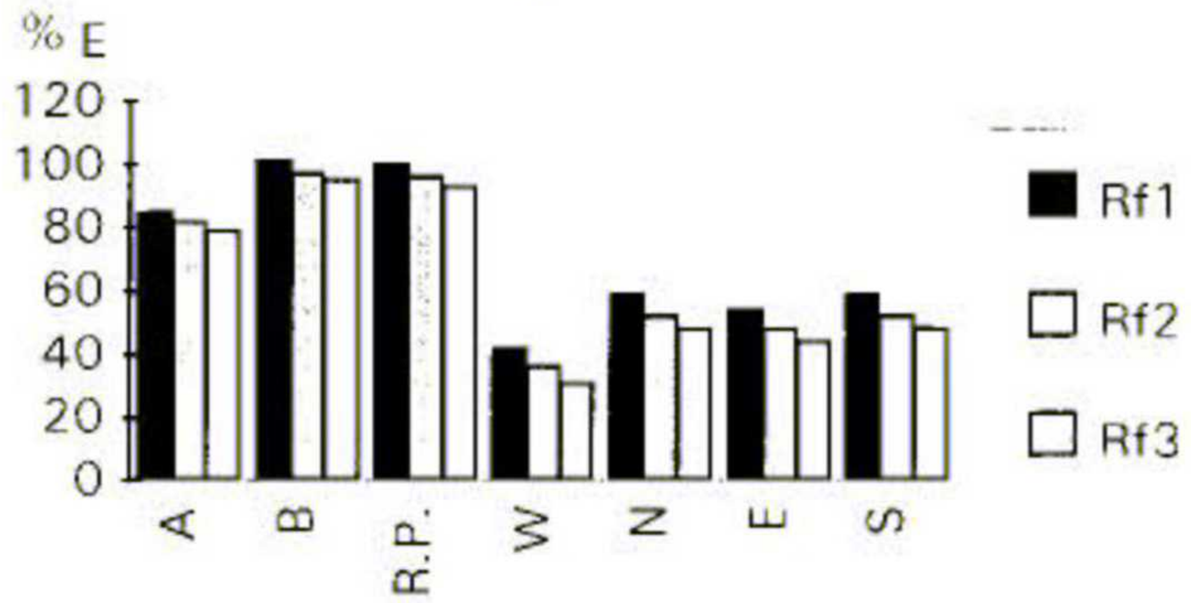
أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٢) أن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس الأرضية (Rf) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf1 إلى Rf2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf2 إلى Rf3	
المحور (أ) A	٤٪		٣٪	
المحور (ب) B	٥٪		٤٪	
نقطة المرجع R.P.	٤٪		٣٪	
الحائط الغربى	١٥٪		١٢٪	
الحائط الشمالى	١٣٪		١٠٪	
الحائط الشرقى	١٢٪		٩٪	
الحائط الجنوبى	١٣٪		١٠٪	

---

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٢٩)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٢٩)

- أن شدة الإستضاءة على تتأثر تأثراً ضعيفاً بتغير معامل إنعكاس الأرضية Rf كما أن نسب الإنخفاض عند هذه المواضع متساوية تقريباً .
- أن أسطح الحوائط هى أكثر المواضع تأثراً وخاصة الحائط الغربى من القاعة .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٢) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس الأرضية Rr	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rf1	١ : ٠.٧	١ : ٠.٢
Rf2	١ : ٠.٧	١ : ٠.٢
Rf3	١ : ٠.٧	١ : ٠.١

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس الأرضية (Rf).

GM	نموذج القاعة
	w=L
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	2:1
SM	نموذج فتحة السقف

n	w	L
1	KW	L

h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	4:1

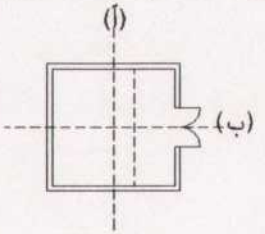
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3

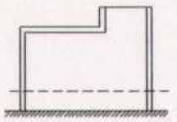
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية				
	Rc	Rw	Rf		
	0.80	0.60	0.45	0.25	0.10

T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا

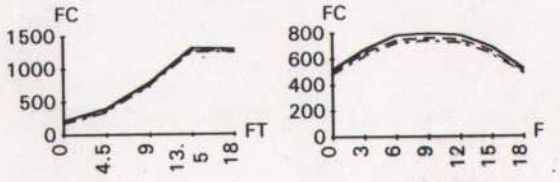
Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى
	0.50

التجربة السادسة



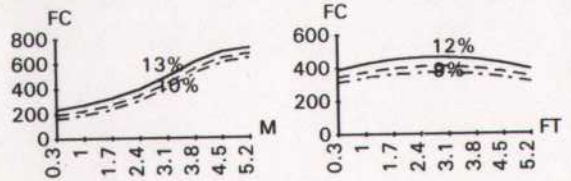

قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

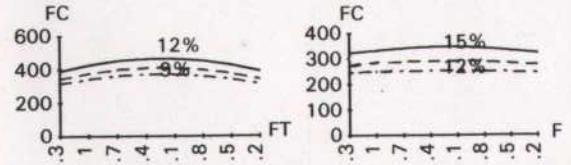


المحور (ب) المحور (أ)

الحائط الشرقى الحائط الشمالى



الحائط الغربى الحائط الجنوبى



اسطح الحوائط الداخلية Rf1 – – – Rf2 — · — Rf3

W = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٣٢)

٣-٤-٧ التجربة السابعة :

٣-٤-٧-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا نسبة نفاذية الزجاج مع الشرائح (السطح الشبكى) الموجود أسفل الفتحة كما هو واضح فى الجدول (٣-٣٣) :

وقد أختيرت ثلاث قيم نسبية متناقصة لنسبة النفاذية

Tr1 = 0.50 حيث شدة الإستضاءة E1

Tr2 = 0.20 حيث شدة الإستضاءة E2

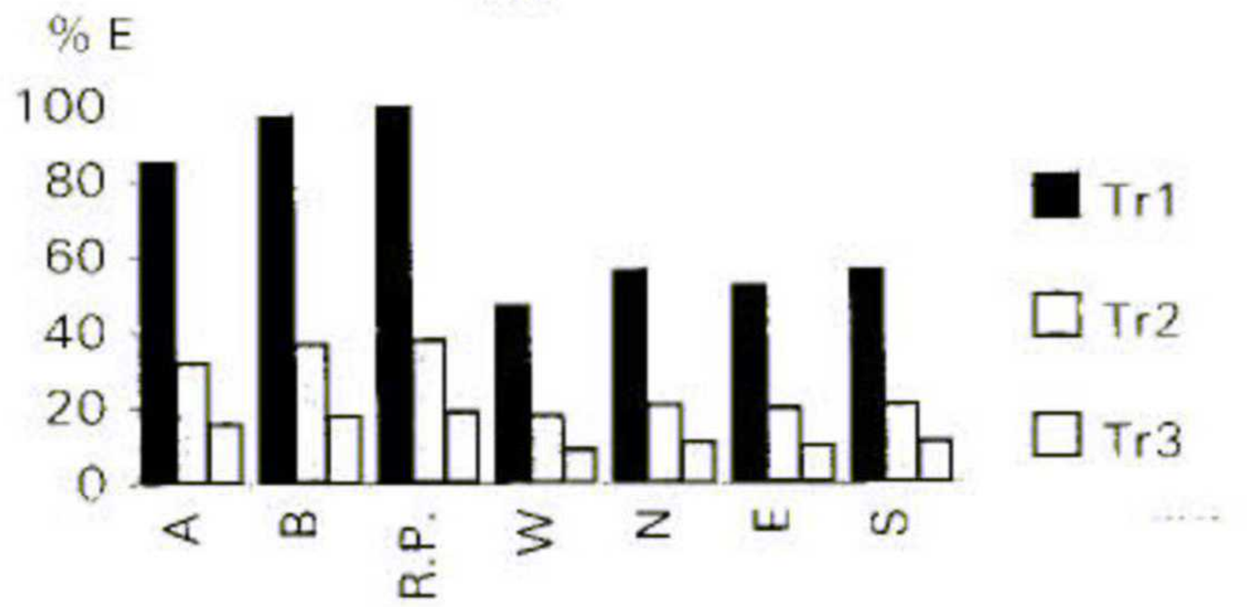
Tr3 = 0.10 حيث شدة الإستضاءة E3

٣-٤-٧-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٣) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص نسبة النفاذية (Tr) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr1 إلى Tr2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr2 إلى Tr3	
المحور (أ) A	٦٢٪		٥٠٪	
المحور (ب) B	٦٢٪		٥٠٪	
نقطة المرجع R.P.	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الغربى	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الشمالى	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الشرقى	٦٢٪		٥٠٪	
الحائط الجنوبى	٦٢٪		٥٠٪	



شـــــكل (٣-٣٠)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٣٠)

- أن شدة الإستضاءة على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع تتأثر تأثراً ضعيفاً بتغير معامل إنعكاس الأرضية (Rf) .
- أن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط بتغير معامل إنعكاس الأرضية .

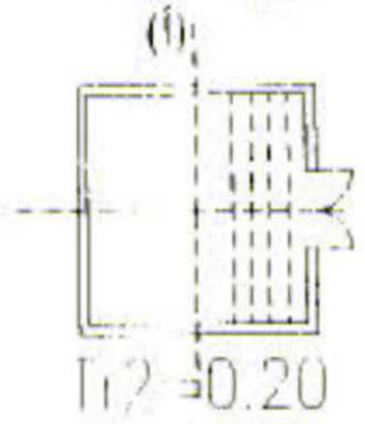
ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

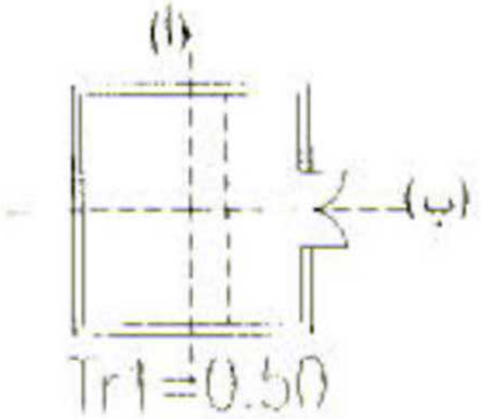
يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٣) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
نسب النفاذية	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Tr1 = 0.50	١ : ٠,٥	١ : ٠.٥
Tr2 = 0.20	١ : ٠,٥	١ : ٠.٥
Tr3 = 0.10	١ : ٠,٥	١ : ٠.٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج الضوء الطبيعى لايتغير مع إختلاف نسبة النفاذية.

التجربة السابعة





نموذج القاعة	GM
w = l	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
20:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM

n	w	l
1	kW	L

ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
20:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R

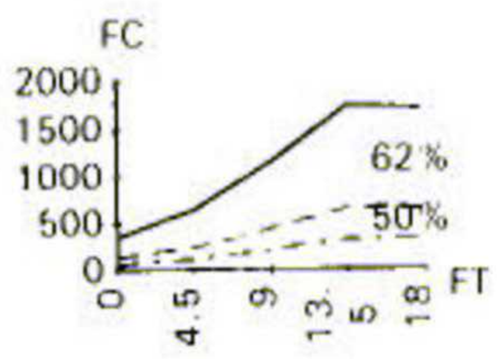
Rc	Rw	Rf
0.80	0.60	0.25

التوقيت	T

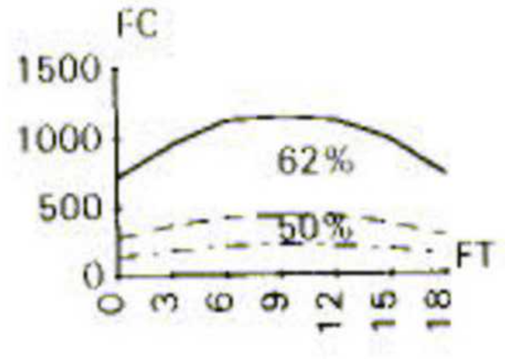
فصل	الساعة
الصيف	١٢ ظهرا

نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tr		
0.50	0.20	0.10	

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

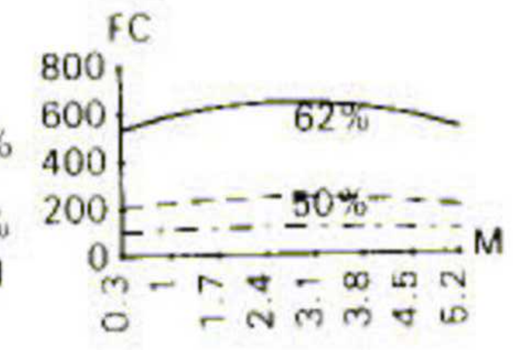


المحور (ب)

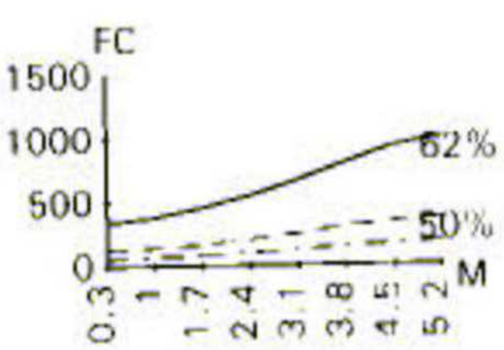


المحور (أ)

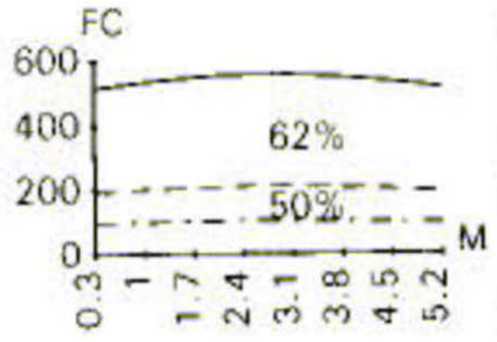
الحائط الشرقي



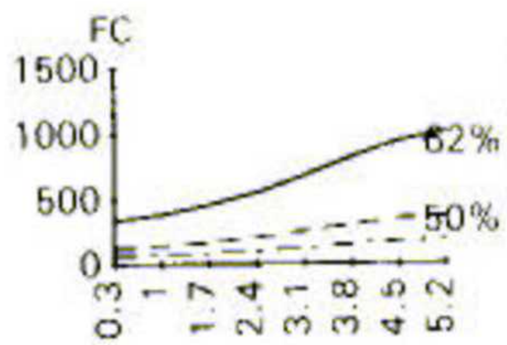
الحائط الشمالي



الحائط الغربي



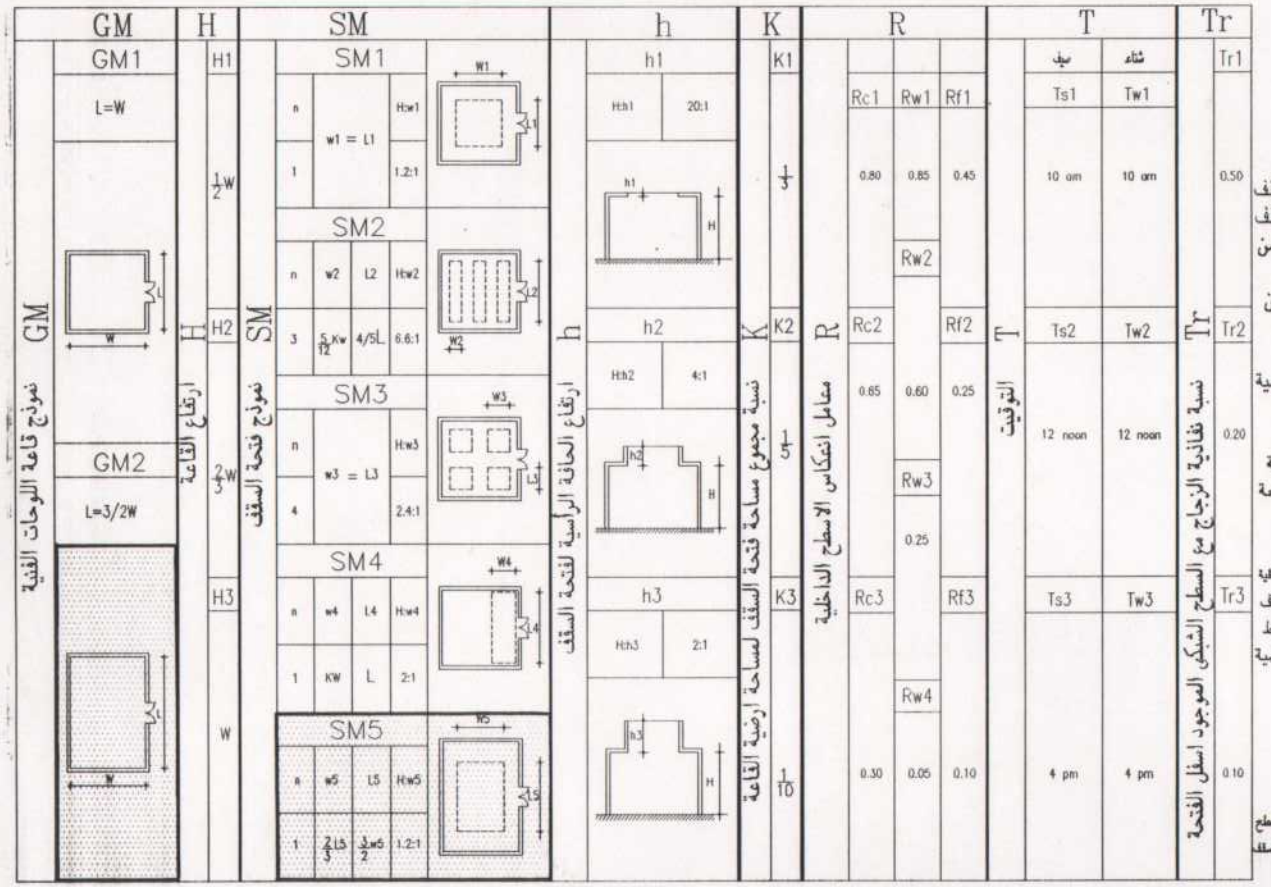
الحائط الجنوبي



عند اسطح الحوائط

— Tr1 - - - Tr2 - · - Tr3

w = عرض القاعة
l = طول القاعة
n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
L = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rf = معامل انعكاس الارضية
Rw = معامل انعكاس الحوائط



GM نموذج القاعة
W عرض القاعة
L طول القاعة

H ارتفاع القاعة

SM نموذج فتحة السقف
n عدد فتحات السقف
w عرض كل فتحة من فتحات السقف
L طول كل فتحة من فتحات السقف

h ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف

k نسبة مجموع مساحة فتحات السقف لمساحة ارضية القاعة

R معامل انعكاس الاسطح الداخلية
Rc معامل انعكاس السقف
Rw معامل انعكاس الحوائط
Rf معامل انعكاس الارضية

T التوقيت
Ts صيف
Tw شتاء

Tr نسبة نفاذية الزجاج مع السطح الشبكى الموجود اسفل فتحة السقف

البدائل المختلفة للعناصر المعمارية الاساسية

جدول (٣-٣٤)

٤-١-١ التجربة الأولى :

٤-١-١-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع القاعة (H) كما هو واضح فى الجدول (٣-٣٥) .

وقد أختير لارتفاع القاعة (H) ثلاثقيم نسبية متزايدة وهى :

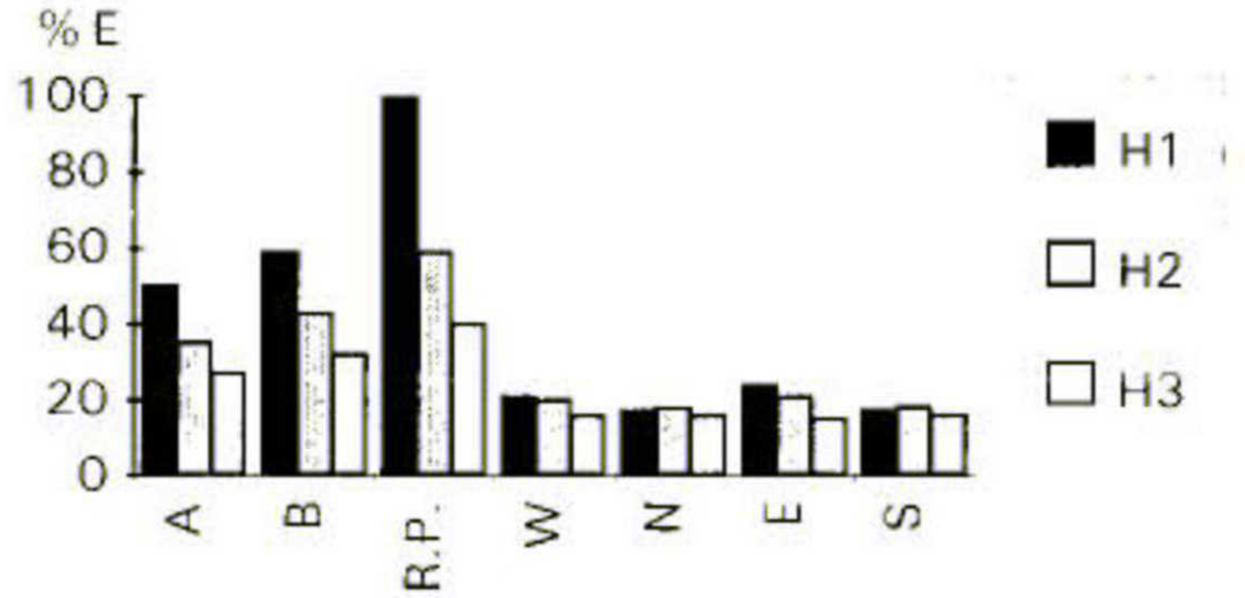
- الإرتفاع = نصف عرض القاعة H1 = 1/2W حيث شدة الإستضاءة E1
- الإرتفاع = ثلثى عرض القاعة . H2 = 2/3W حيث شدة الإستضاءة E2
- الإرتفاع = كامل عرض القاعة . H3 = W حيث شدة الإستضاءة E3

٤-١-١-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٥) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع القاعة (H) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثى عرض القاعة		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد الإرتفاع من ثلثى عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة	
المحور (أ) A	٣٦٪		١٦٪	
المحور (ب) B	١٧٪		٢٣٪	
نقطة المرجع R.P.	٤١٪		٣٣٪	
الحائط الغربى	٨٪		٢١٪	
الحائط الشمالى	-٧٪		١٤٪	
الحائط الشرقى	١٠٪		٢٤٪	
الحائط الجنوبى	-٧٪		١٤٪	



شـــــكل (٣-٣١)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٣١) :

- أن تغيير إرتفاع القاعة له تأثير كبير على شدة الإستضاءة داخل القاعة (المحور (أ)، (ب)) وخاصة عند نقطة المرجع الموجودة فى مركز القاعة والتى تعتبر أكثر المواضع تأثراً .
- أما عند الحوائط فتتساوى تقريباً نسب إنخفاض شدة الإستضاءة عند الحائطين الغربى والشرقى للقاعة ولكن عند الحائطين الشمالى والجنوبى فإن شدة الاستضاءة ترتفع نتيجة لتزايد الارتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثى عرضها ولكنهاتعود لتنخفض مرة أخرى عندما يصل الارتفاع إلى كامل عرض القاعة .

ب- <u>التأثير الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٥) أن تدرج شدة الإستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع القاعة	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
H1 = 1/2W	١ : ٠.٢	١ : ٠.٢
H2 = 2/3W	١ : ٠.٣	١ : ٠.٥
H3 = W	١ : ٠.٤	١ : ٠.٦

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الإستضاءة يتغير مع اختلاف إرتفاع القاعة فكلما زاد ارتفاع القاعة كلما زادت قيمة نسبة تدرج شدة الإستضاءة فى الاتجاه الطولى عن الاتجاه العرضى للقاعة .

نموذج القاعة	GM
L = 3/2W	

ارتفاع القاعة			H
1/2W	2/3W	W	
H:w	H:w	H:w	
1.5:1	2:1	3:1	

نموذج فتحة السقف	SM
H 1	L = 3/2w

ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
20:1	

نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	

معامل انعكاس الاسطح الداخلية			R
Rc	Rw	Rf	
0.80	0.60	0.25	

التوقيت		T
فصل	الساعة	
الصيف	١٢ ظهرا	

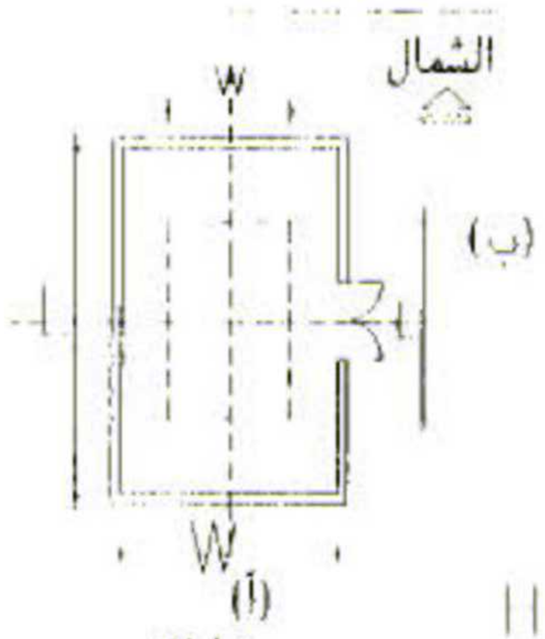
شبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	Tr
0.50	

n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
W = عرض القاعة
L = طول القاعة

h = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rf = معامل انعكاس الارضية
Rw = معامل انعكاس الحوائط

التجربة الاولى

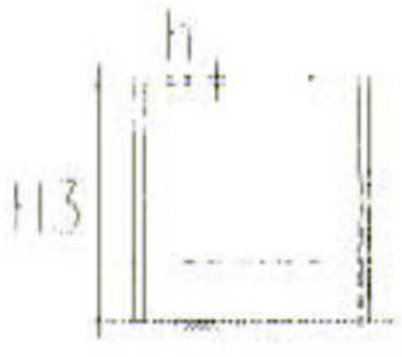
الشمال



مسقط افقى

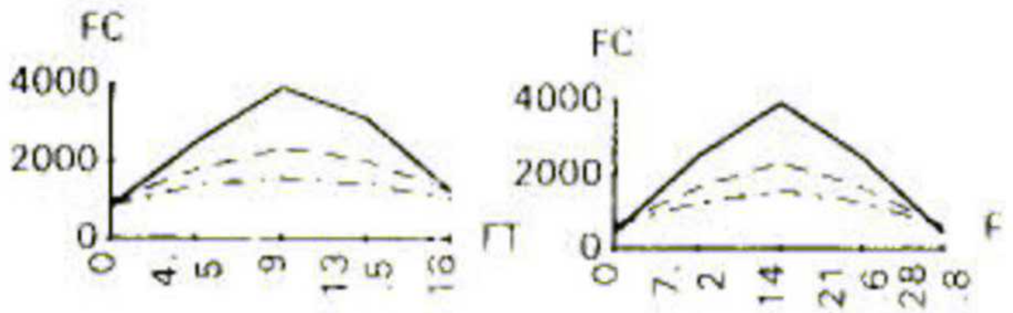
قطاع عرضى

قطاع عرضى



قطاع عرضى

نسب انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

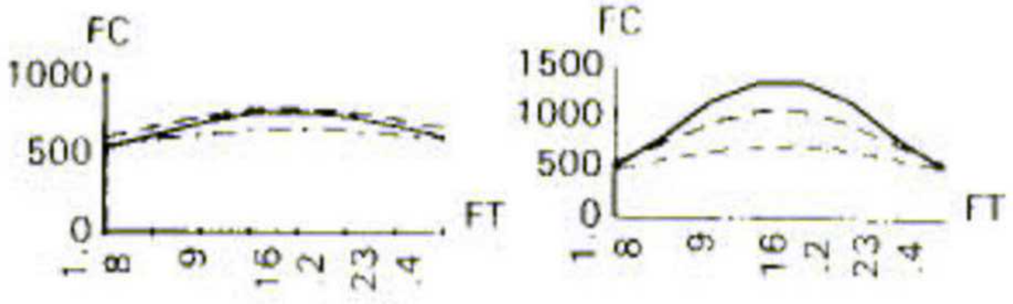


المحور (ب)

المحور (أ)

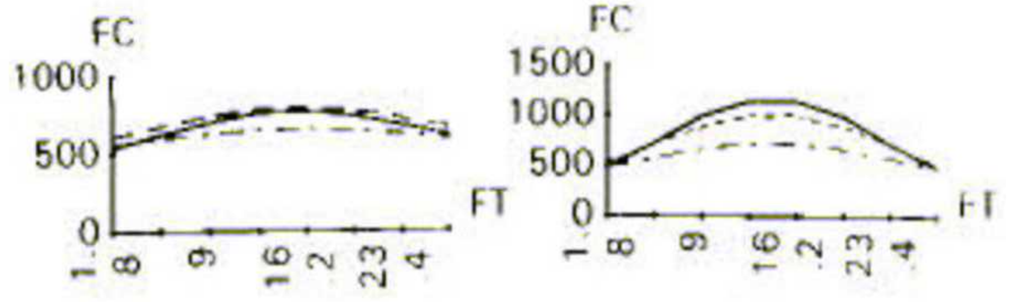
الحائط الشمالى

الحائط الشرقى



الحائط الجنوبى

الحائط الغربى



H1 H2 H3 اسطح الحوائط الداخلية

جدول (٣-٣٥)

٤-١-٢ التجربة الثانية :

٤-١-٢-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) كما هو واضح فى الجدول (٣-٣٦) .

وقد أختير للإرتفاع (h) ثلاث قيم نسبية متزايدة :

$h1 = \frac{1}{20} H \ (= \frac{1}{17} w)$ حيث شدة الإستضاءة E1

$h2 = \frac{1}{4} H \ (= \frac{1}{3.4} w)$ حيث شدة الإستضاءة E2

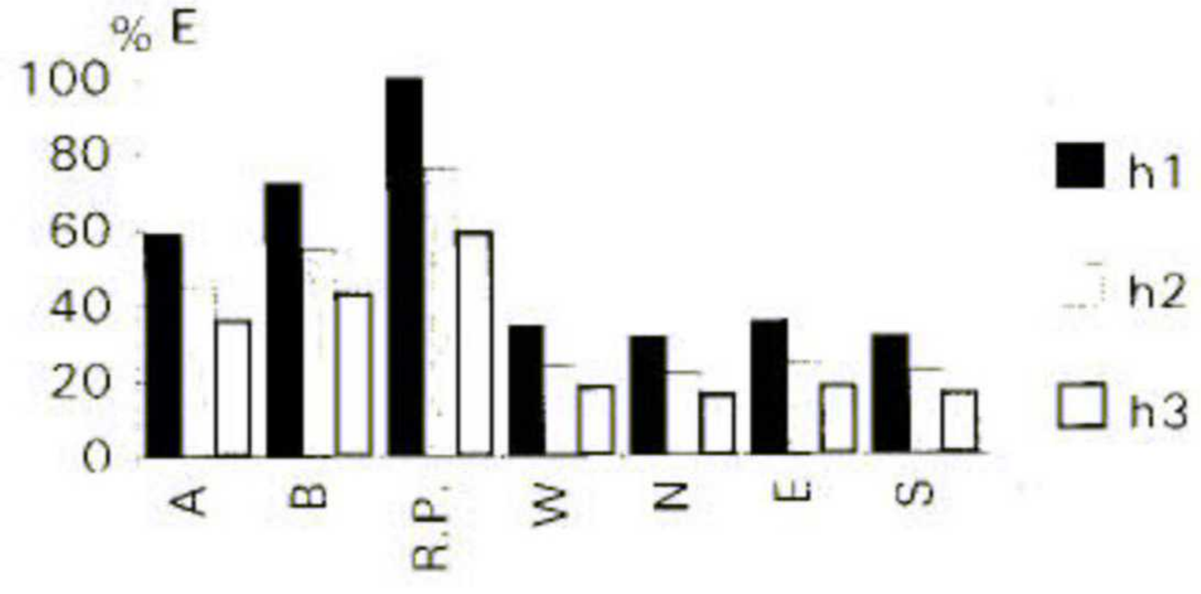
$h3 = \frac{1}{2} H \ (= \frac{1}{1.7} w)$ حيث شدة الإستضاءة E3

٣-١-٢-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٦) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h1 ، إلى h2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h2 ، إلى h3	
المحور (أ) A	٪٢٤		٪٢٢	
المحور (ب) B	٪٢٣		٪٢٢	
نقطة المرجع R.P.	٪٢٤		٪٢٢	
الحائط الغربى	٪٢٩		٪٢٨	
الحائط الشمالى	٪٢٨		٪٢٧	
الحائط الشرقى	٪٢٨		٪٢٧	
الحائط الجنوبى	٪٢٨		٪٢٧	



شـــــكل (٣-٣٢)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٣٢)

- ان شدة الإستضاءة تتأثر تأثراً كبيراً مع تغير إرتفاع جوانب فتحة السقف h وخاصة عند أسطح الحوائط مما يدل على أهمية هذا العنصر وإمكانية إستغلاله للوصول إلى شدة الإستضاءة المطلوبة داخل القاعة المتحفية .
- ان نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب)وعند نقطة المرجع .

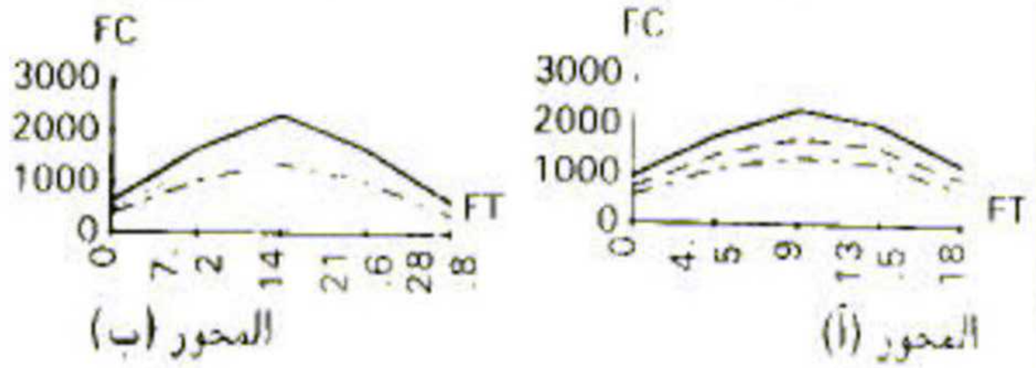
ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٦) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

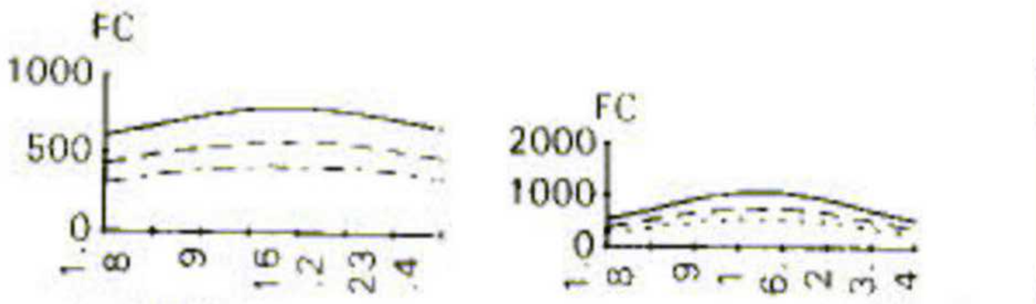
المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع جوانب فتحة السقف h	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
h1	١ : ٠.٣	١ : ٠.٥
h2	١ : ٠.٣	١ : ٠.٥
h3	١ : ٠.٣	١ : ٠.٥

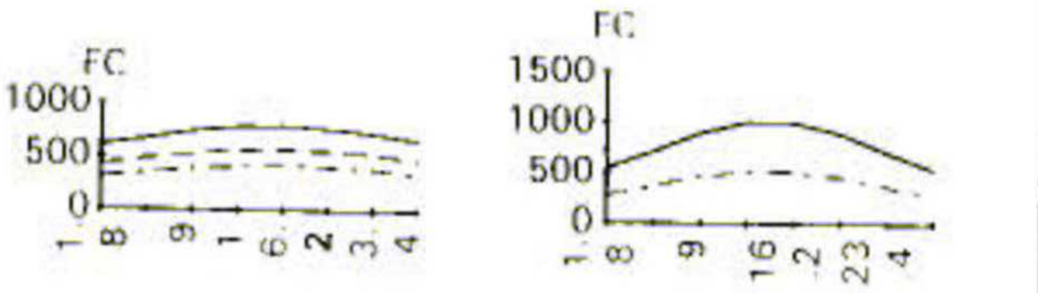
يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لا يتغير مع إختلاف إرتفاع جوانب فتحة السقف ولكن فى نفس الوقت اختلف تدرج شدة الاستضاءة فى الاتجاه الطولى عن الاتجاه العرضى للقاعة .

نسب انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

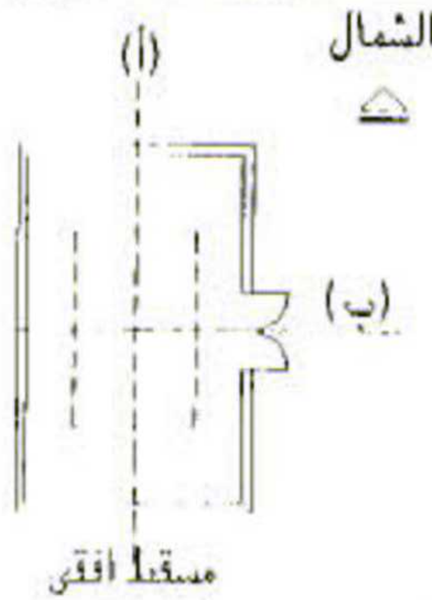


الحائط الشمالي — الحائط الشرقي





التجربة الثانية



نموذج القاعة	GM
l =3/2w	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
6.6:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n: 1 — l 3/2w	
ارتفاع الحائط الرأسية لفتحة السقف	h
H:h1: 20:1 — H:h2: 4:1 — H:h3: 2:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc: 0.80 — Rw: 0.60 — Rf: 0.25	
التوقيت	T
فصل: الصيف — الساعة: ١٢ ظهرا	
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tr
0.50	

L = طول القاعة — W = عرض القاعة
n = عدد فتحات السقف — w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
l = طول كل فتحة من فتحات السقف — Rc = معامل انعكاس السقف
Rf = معامل انعكاس الارضية — Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٣٦)

٤-١-٣ التجربة الثالثة :

٤-١-٣-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (k) كما هو واضح فى الجدول (٣-٣٧) .

وقد أختير للنسبة K ثلاث قيم نسبية متناقصة وهى :

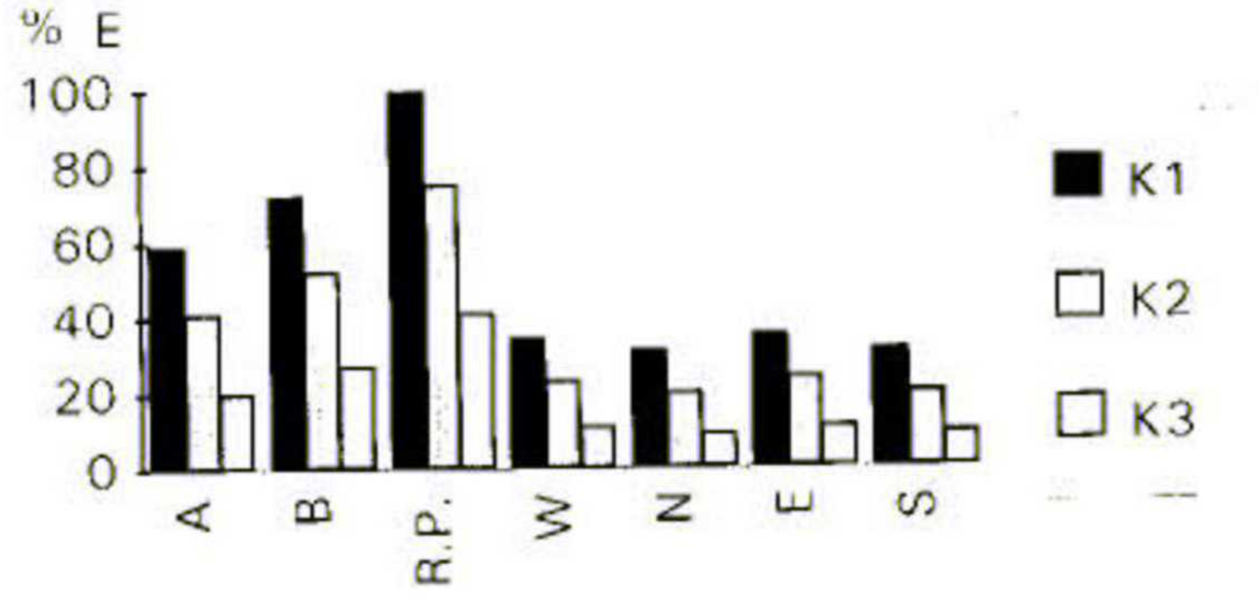
K1 = 1/3	حيث شدة الإستضاءة E1
K2 = 1/5	حيث شدة الإستضاءة E2
K3 = 1/10	حيث شدة الإستضاءة E3

٤-١-٣-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٧) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص نسبة مجموع مساحات فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل النسبة من K1 إلى K2	$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل النسبة من K2 إلى K3
المحور (أ) A	٣٣٪	٥٣٪
المحور (ب) B	٢٩٪	٤٩٪
نقطة المرجع R.P.	٢٥٪	٤٥٪
الحائط الغربى	٣٣٪	٥٣٪
الحائط الشمالى	٣٥٪	٥٤٪
الحائط الشرقى	٣٣٪	٥٣٪
الحائط الجنوبى	٣٥٪	٥٤٪



شـــــكل (٣-٣٣)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٣٣) :

- أن تناقص نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) له تأثير كبير على شدة الإستضاءة داخل القاعة مما يدل على أهمية هذا العنصر وإمكانية استغلاله للوصول إلى شدة الإستضاءة المطلوبة داخل القاعة .
- أن أكثر المواضع تأثراً بتغير النسبة (K) هى أسطح الحوائط .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٧) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

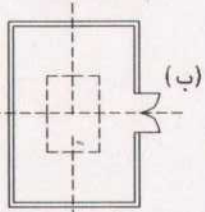
المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
النسبة K	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
K1 = 1/3	١ : ٠,٣	١ : ٠,٥
K2 = 1/5	١ : ٠,٣	١ : ٠,٥
K3 = 1/10	١ : ٠,٢	١ : ٠,٤

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير تقريباً مع إختلاف نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) .

نموذج القاعة	GM
L=3/2w	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
1.2:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n: 1	L=3/2w
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
20:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
k1=1/3 | k2=1/5 | k3=1/10	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc: 0.80 | Rw: 0.60 | Rf: 0.25	
التوقيت	T
فصل: الصيف | الساعة: ١٢ ظهرا	
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	Tr
0.50	

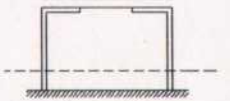
التجربة الثالثة

(ب)



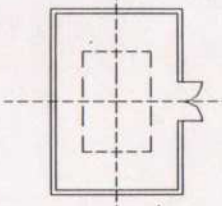
k2=1/5

مسقط افقى



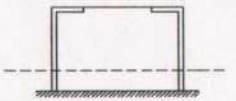
قطاع عرضى

(أ)

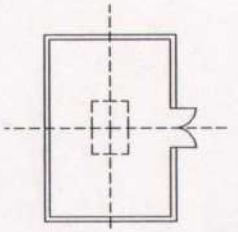


k1=1/3

مسقط افقى



قطاع عرضى

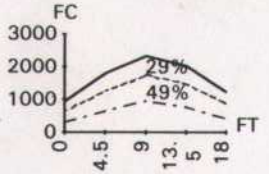


k3=1/10

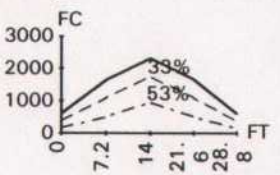
مسقط افقى

قطاع عرضى

متوسط شدة الاستضاءة

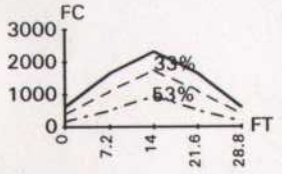


المحور (ب)

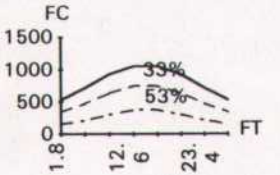


المحور (أ)

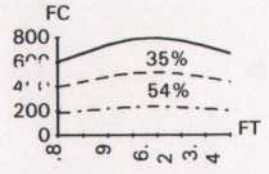
الحائط الشمالى



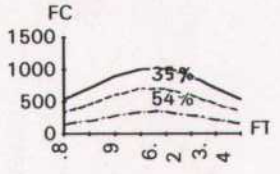
الحائط الشرقى



الحائط الجنوبى



الحائط الغربى



اسطح الحوائط الداخلية

—— K1 – – – K2 – · – K3

w = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٣٧)

٤-١-٤ التجربة الرابعة :

٤-١-٤-١ *الثوابت والمتغير*

فى هذه التجربة تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل انعكاس أحد الأسطح الداخلية وهو السقف (Rc) كما هو واضح فى الجدول (٣-٣٨) .

وقد اختبرت ثلاثة أنواع من تشطيبات السقف لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة[١] وهى :

(دهان أبيض على بياض)	Rc1 = 0.80	حيث شدة الإستضاءة E1
(بيـــــــاض فقط)	Rc2 = 0.65	حيث شدة الإستضاءة E2
(خرســانة ظاهـرة ناعمة)	Rc3 = 0.30	حيث شدة الإستضاءة E3

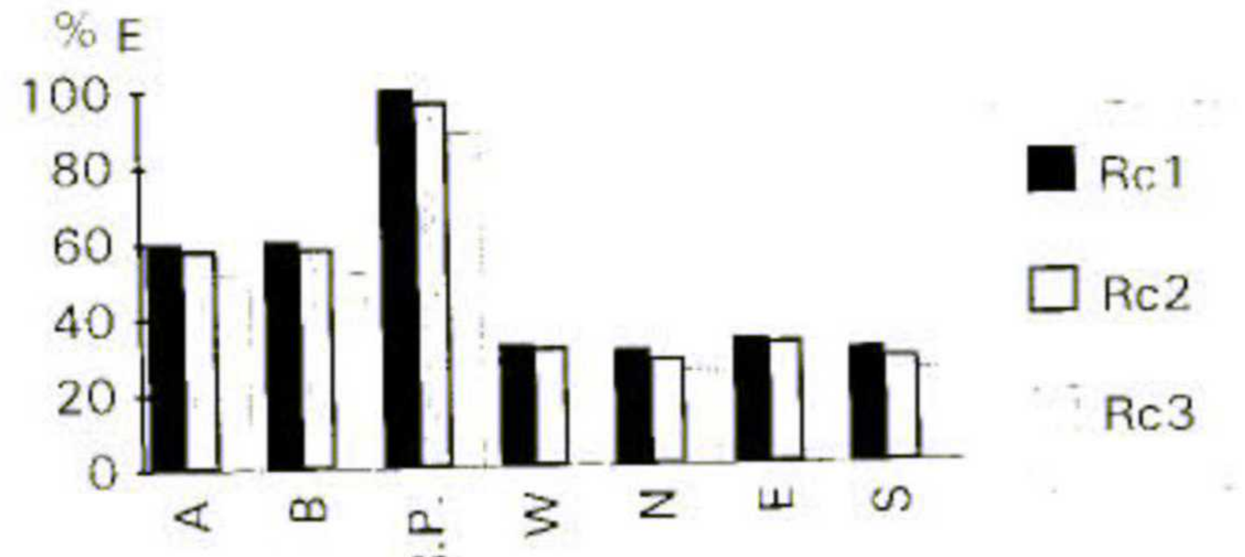
٤-١-٤-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٨) أن نسبة انخفاض شدة الاستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل انعكاس السقف (Rc) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc1 إلى Rc2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc2 إلى Rc3	
المحور (أ) A	٦٪		١٠٪	
المحور (ب) B	٤٪		٨٪	
نقطة المرجع R.P.	٤٪		٨٪	
الحائط الغربى	٥٪		١١٪	
الحائط الشمالى	٥٪		١١٪	
الحائط الشرقى	٥٪		١١٪	
الحائط الجنوبى	٥٪		١١٪	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٣٤)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٣٤) :

- أن نسب انخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة متساوية تقريباً .
- أن نسب انخفاض شدة الإستضاءة نتيجة لتغير معامل إنعكاس السقف ضئيلة مما يدل على ضعف تأثير هذا العنصر على شدة الإستضاءة عند هذه المواضع .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٨) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rc	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rc1	١ : ٠.٣	١ : ٠.٥
Rc2	١ : ٠.٣	١ : ٠.٥
Rc3	١ : ٠.٣	١ : ٠.٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع اختلاف معامل انعكاس السقف (Rc) .

التجربة الرابعة

نموذج القاعة	GM
L=3/2w	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n	
1	l =3/2w
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc	Rw / Rf
0.80 / 0.65 / 0.50	0.60 / 0.25
التوقيت	T
فصل / الساعة	
الصيف / ١٢ ظهرا	
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tr
0.50	

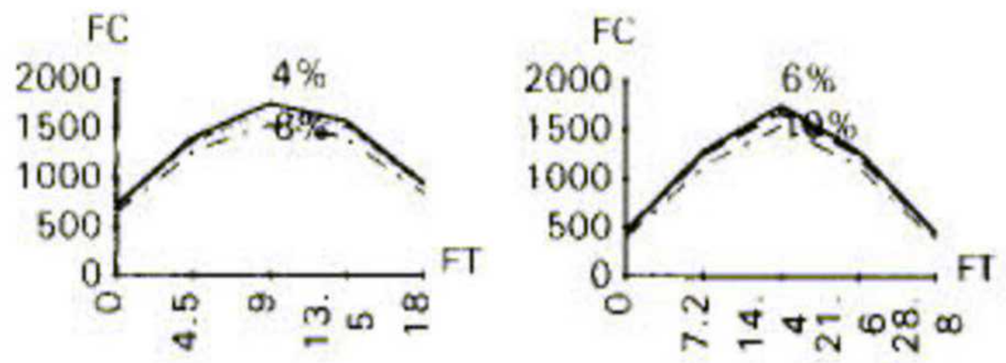
(أ)

(ب)

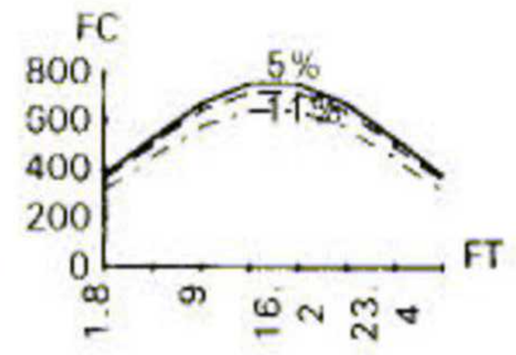
مسقط افقي

قطاع عرضي

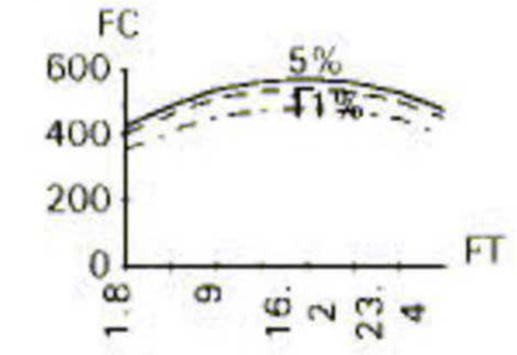
نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير



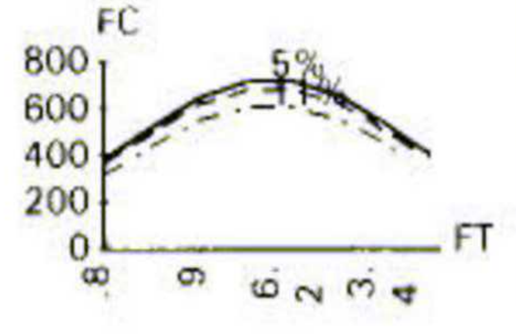
الحائط الشرقي



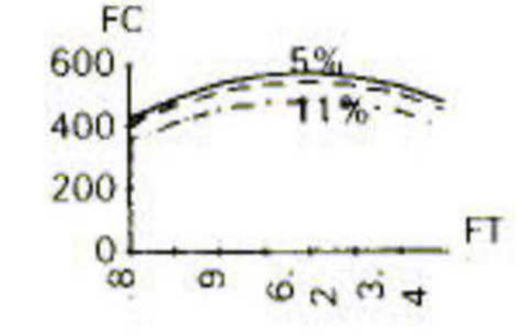
الحائط الشمالي



الحائط الغربي



الحائط الجنوبي



اسطح الحوائط الداخلية

—— Rc1 – – – Rc2 – · – Rc3

عرض القاعة = W	عدد فتحات السقف n	طول كل فتحة من فتحات السقف = L	معامل انعكاس الارضية Rf
طول القاعة L	عرض كل فتحة من فتحات السقف = w	معامل انعكاس السقف = Rc	معامل انعكاس الحوائط = Rw

جدول (٣-٣٨)

٤-١-٥ التجربة الخامسة :

٤-١-٥-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الحوائط (Rw) كما هو واضح فى الجدول (٣-٣٩) :

وقد اختيرت للحوائط ثلاثة أنواع من التشطيبات (دهانات ذات ألوان مختلفة)[١] لكل منها معامل انعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(دهـان باللون الأبيـض)	Rw1 = 0.85	حيث شدة الاستضاءة E1
(دهـان باللون السـكرى)	Rw2 = 0.60	حيث شدة الاستضاءة E2
(دهـان باللون البـــنى)	Rw3 = 0.30	حيث شدة الاستضاءة E3
(دهـان باللون الأســود)	Rw4 = 0.05	حيث شدة الاستضاءة E4

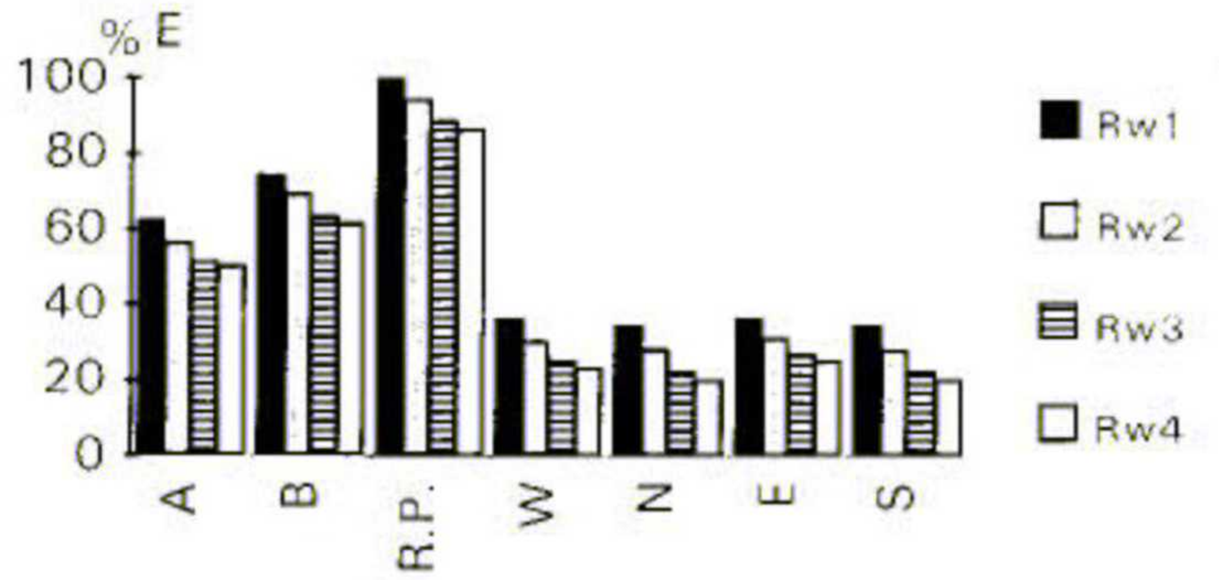
٤-١-٥-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٩) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس السقف (Rw) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة					
	E1-E2 % / E1	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw1 إلى Rw2	E2-E3 % / E2	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw2 إلى Rw3	E3-E4 % / E3	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw3 إلى Rw4
المحور (أ) A		٪١٠		٪١٠		٪٥
المحور (ب) B		٪٨		٪٨		٪٤
نقطة المرجع R.P.		٪٦		٪٦		٪٣
الحائط الغربى		٪١٦		٪١٨		٪٩
الحائط الشمالى		٪١٨		٪٢٠		٪١٠
الحائط الشرقى		٪١٥		٪١٦		٪٨
الحائط الجنوبى		٪١٨		٪٢٠		٪١٠

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٣٥)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٣٥) :

- أن نسب إنخفاض شدة الاستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب) . وهى تعتبر نسباً ضئيلة مما يدل على ضعف تأثير تغير معامل إنعكاس الحوائط على شدة الاستضاءة عند هذه المواضع وخاصة عند نقطة المرجع التى تعتبر أقل المواضع تأثراً .
- أما الحوائط فهى تعتبر أكثر المواضع تأثراً بتغير معامل إنعكاسها (فقد إنخفضت شدة الإستضاءة بمقدار ٣٧٪ عندما تغير لون الحوائط من الأبيض إلى الأسود).

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٣٩) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الاتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rw	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rw1	١ : ٠.٣	١ : ٠.٤
Rw2	١ : ٠.٣	١ : ٠.٤
Rw3	١ : ٠.٢	١ : ٠.٤
Rw4	١ : ٠.٢	١ : ٠.٤

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس الحوائط (Rw) .

التجربة الخامسة

(أ)

(ب)

مسقط افقي

قطاع عرضي

نموذج القاعة	GM
L=3/2w	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n	
1	L=3/2w
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R

Rc	Rw				Rf
0.80	0.85	0.60	0.25	0.05	0.25

التوقيت	
فصل الصيف	الساعة ١٢ ظهرا

نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tr
0.10	

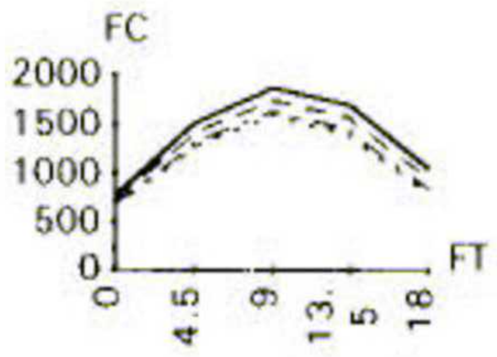
W = عرض القاعة
L = طول القاعة

n = عدد فتحات السقف
W = عرض كل فتحة من فتحات السقف

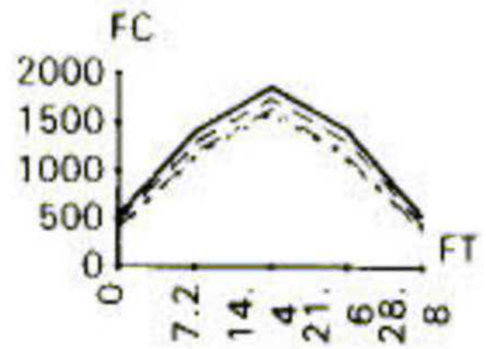
L = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف

Rf = معامل انعكاس الارضية
Rw = معامل انعكاس الحوائط

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

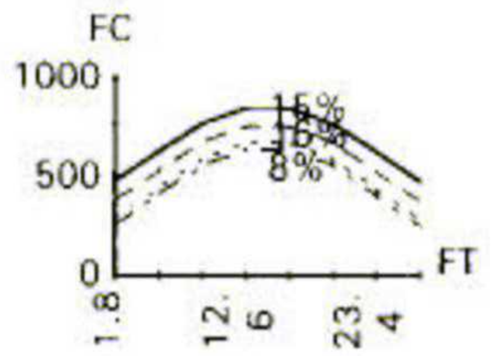


المحور (ب)

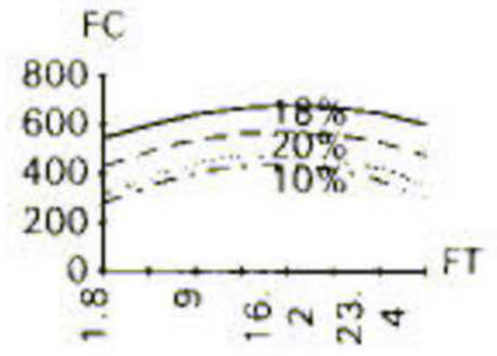


المحور (أ)

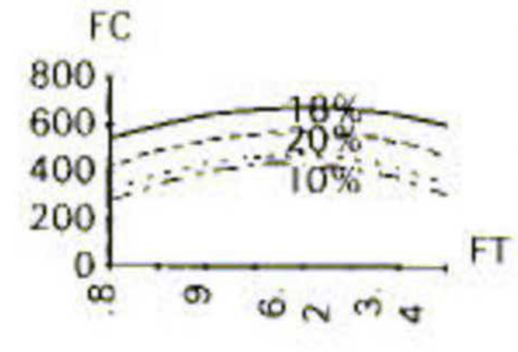
الحائط الشرقي



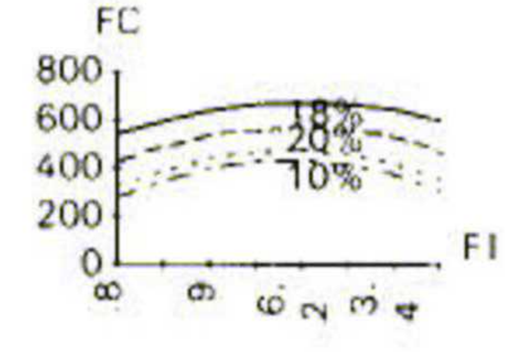
الحائط الشمالي



الحائط الغربي



الحائط الجنوبي



Rw1 Rw2 Rw3 اسطح الحوائط الداخلية

جدول (٣-٣٩)

٤-١-٦ التجربة السادسة :

٤-١-٦-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الأرضية (Rf) كما هو واضح فى الجدول (٣-٤٠) :

وقد أختير الأرضية ثلاثة أنواع من التشطيبات[١] لكل منها معامل إنعكاس مختلف ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(أرضيـــــة رخـــــام) Rf1 = 0.45 حيث شدة الإستضاءة E1
(أرضية خشب ذات لون فاتح) Rf2 = 0.25 حيث شدة الإستضاءة E2
(أرضية خشب ذات لون داكن) Rf3 = 0.10 حيث شدة الإستضاءة E3

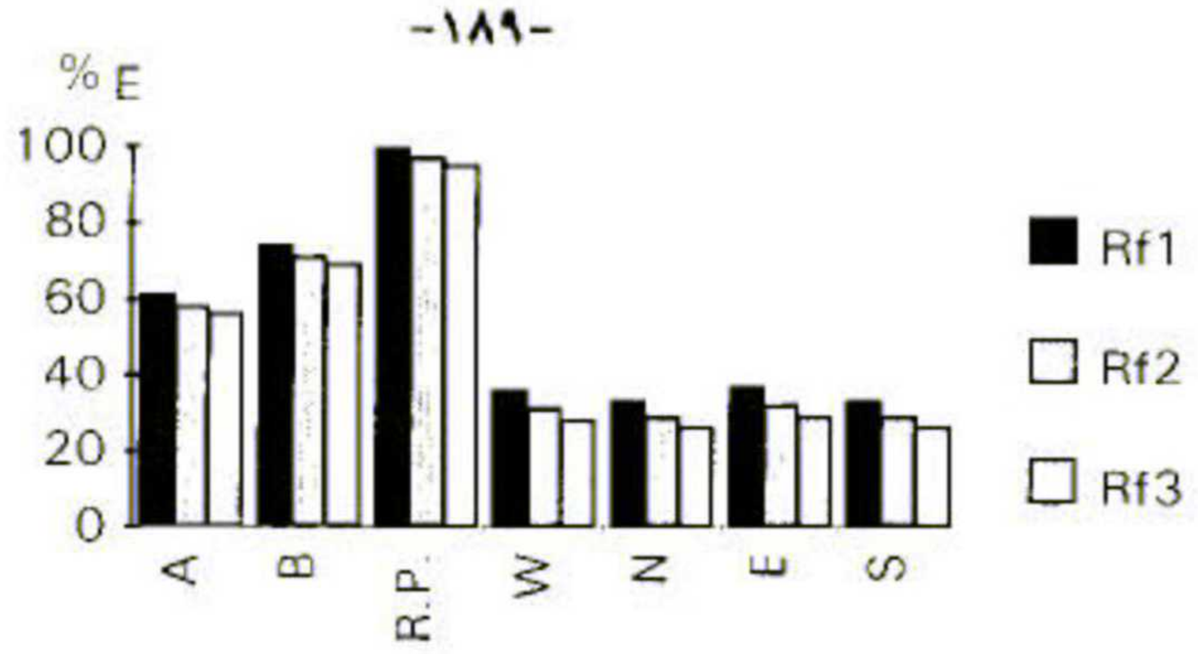
٤-١-٦-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٠) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس الأرضية (Rf) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبـــة إنخفـــاض شـــدة الإستـــضاءة			
	E1-E2 / E1 %	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf1 إلى Rf2	E2-E3 / E2 %	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf2 إلى Rf3
المحور (أ) A		٥٪		٤٪
المحور (ب) B		٤٪		٣٪
نقطة المرجع R.P.		٣٪		٢٪
الحائط الغربى		١٣٪		١٠٪
الحائط الشمالى		١٣٪		١١٪
الحائط الشرقى		١٣٪		١٠٪
الحائط الجنوبى		١٣٪		١١٪

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٣٦)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٣٦)

- أن نسب انخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع . وهى تعتبر نسباً ضئيلة مما يدل على ضعف تأثير تغير معامل إنعكاس الأرضية على شدة الإستضاءة عند هذه المواضع .
- أما أسطح الحوائط فقد تساوت عندها نسب الإنخفاض وهى فى نفس الوقت أكثر المواضع تأثراً .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٠) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rf	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rf1	١ : ٠.٣	١ : ٠.٥
Rf2	١ : ٠.٣	١ : ٠.٥
Rf3	١ : ٠.٣	١ : ٠.٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس الأرضية (Rf).

GM	نموذج القاعة
	L=3/2w
H	ارتفاع القاعة
	2/3w
H:w	2:1
SM	نموذج فتحة السقف

n	L=3/2w
1	

h	ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف
	H:h
	4:1

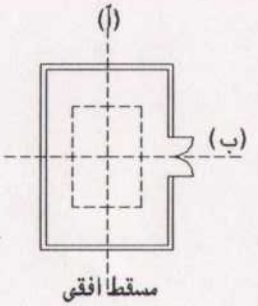
k	نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية
	1/3

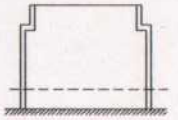
R	معامل انعكاس الاسطح الداخلية				
	Rc	Rw	Rf		
	0.80	0.60	0.45	0.25	0.10

T	التوقيت	
	فصل	الساعة
	الصيف	١٢ ظهرا

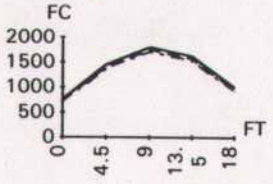
Tr	نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى
	0.50

التجربة السادسة

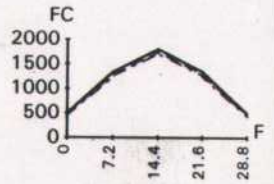



قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

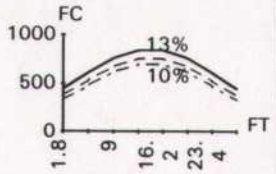


المحور (ب)

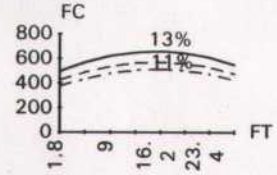


المحور (أ)

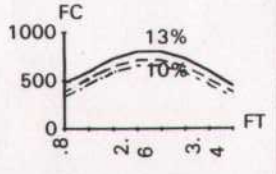
الحائط الشرقى



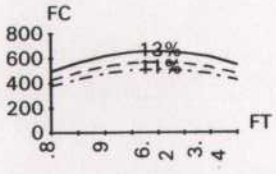
الحائط الشمالى



الحائط الغربى



الحائط الجنوبى



اسطح الحوائط الداخلية — Rf1 — — Rf2 — · — Rf3

w = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٤٠)

٤-٢ النموذج الثانى لفتحة السقف :
«ثلاث فتحات مستطيلة الشكل»

النموذج الثانى SM2 عبارة عن ثلاث فتحات مستطيلة الشكل موزعة فى سقف القاعة بحيث تكون محاورها الطولية موازية للمحور الطولى للقاعة وتقع فى المواضع الآتية : جدول (٣-٤١) .

* الأول عند نهاية ربع القاعة الأول $\frac{W}{4}$
* الثانى فى مركزها $\frac{W}{2}$
* الثالث عند بداية الربع الأخير منها $\frac{3W}{2}$

وقد روعى فى هذا النموذج أن يتساوى مجموع مساحات الفتحات الثلاثة مع مساحة الفتحة الواحدة التى استخدمت فى النموذج الأول (SM1)[١] .

وفى هذا النموذج (SM2) :

$$L = \frac{4}{5} L \qquad w = \frac{5}{12} KW$$

w = عرض الفتحة الواحدة

L = طول الفتحة الواحدة

K = نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة

W = عرض القاعة

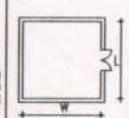
L = طول القاعة

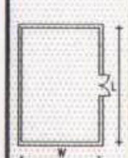
---

(١) بند (٤-١)

GM نموذج قاعة اللوحات الفنية

GM1	GM2
L=W	L=3/2W



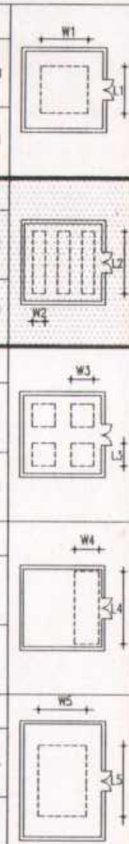


H ارتفاع القاعة

H1	H2	H3
$\frac{1}{2}W$	$\frac{2}{3}W$	W

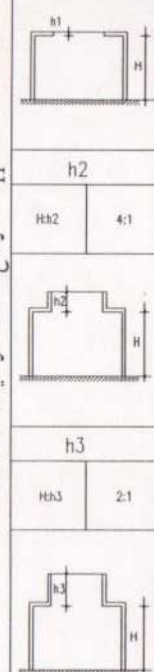
SM نموذج فتحة السقف

	n	w	L	H:w
SM1	1	W1=L1	W1=L1	1.2:1
SM2	3	$\frac{5}{12}$Kw	4/5L	6.6:1
SM3	4	W3=L3	W3=L3	2.4:1
SM4	1	KW	L	2:1
SM5	1	$\frac{2}{3}$L5	$\frac{3}{2}$w5	1.2:1



h ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف

	H:h	
h1	H:h1	20:1
h2	H:h2	4:1
h3	H:h3	2:1



K نسبة مجموع مساحة فتحة السقف لمساحة ارضية القاعة

K1	K2	K3
$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{10}$

R معامل انعكاس الاسطح الداخلية

Rc1	Rw1	Rf1
0.80	0.85	0.45
Rc2	Rw2	Rf2
0.65	0.60	0.25
	Rw3	
	0.25	
Rc3		Rf3
	Rw4	
0.30	0.05	0.10

T التوقيت

صيف	شتاء
Ts1	Tw1
10 am	10 am
Ts2	Tw2
12 noon	12 noon
Ts3	Tw3
4 pm	4 pm

Tr نسبة نفاذية الزجاج مع السطح الشبكي الموجود اسفل الفتحة

Tr1	Tr2	Tr3
0.50	0.20	0.10

GM نموذج القاعة
W عرض القاعة
L طول القاعة

H ارتفاع القاعة

SM نموذج فتحة السقف
n عدد فتحات السقف
w عرض كل فتحة من فتحات السقف
L طول كل فتحة من فتحات السقف

h ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف

k نسبة مجموع مساحة فتحات السقف لمساحة ارضية القاعة

R معامل انعكاس الاسطح الداخلية
Rc معامل انعكاس السقف
Rw معامل انعكاس الحوائط
Rf معامل انعكاس الارضية

T التوقيت
Ts صيف
Tw شتاء

Tr نسبة نفاذية الزجاج مع السطح الشبكي الموجود اسفل فتحة السقف

البدائل المختلفة للعناصر المعمارية الاساسية

جدول (٣-٤١)

٤-٢-١ التجربة الأولى :

٤-٢-١-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع القاعة (H) كما هو واضح فى الجدول (٣-١١) .

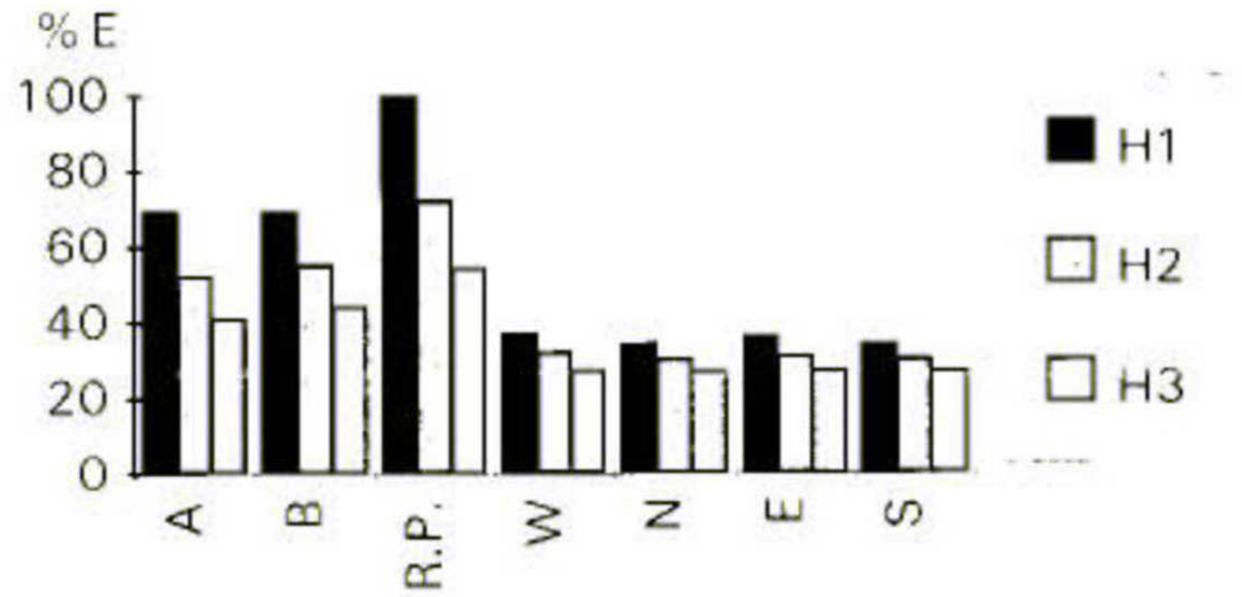
- الارتفاع = نصف عرض القاعة H1 = 1/2W حيث شدة الإستضاءة E1
- الارتفاع = ثلثى عرض القاعة . H2 = 2/3W حيث شدة الإستضاءة E2
- الارتفاع = كامل عرض القاعة . H3 = W حيث شدة الإستضاءة E3

٤-٢-١-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٢) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع القاعة (H) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثى عرض القاعة	$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد الإرتفاع من ثلثى عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة
المحور (أ) A	٪١٧	٪٢٠
المحور (ب) B	٪١٤	٪١٨
نقطة المرجع R.P.	٪٢٨	٪٢٥
الحائط الغربى	٪١٤	٪١٤
الحائط الشمالى	٪١١	٪١١
الحائط الشرقى	٪١٣	٪١٤
الحائط الجنوبى	٪١١	٪١١



شـــــكل (٣-٣٧)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٣٧)

- أن نقطة المرجع الموجودة فى مركز القاعة - هى أكثر المواضع تأثراً بتغير قيمة إرتفاع القاعة H .
- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة عند أسطح الحوائط متساوية تقريباً ، وهى أقل المواضع تأثراً بتغير ارتفاع القاعة (H) .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٢) أن تدرج شدة الإستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع القاعة	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
H1 = 1/2W	١ : ٠.٤	١ : ٠.٣
H2 = 2/3W	١ : ٠.٥	١ : ٠.٥
H3 = W	١ : ٠.٥	١ : ٠.٦

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الإستضاءة يتغير مع إختلاف إرتفاع القاعة (H) فكلما زاد إرتفاع القاعة كلما زادت قيمة نسبة تدرج شدة الاستضاءة .

نموذج القاعة	GM
L = 3/2W	

ارتفاع القاعة			H
1/2W	2/3W	W	
H:w	H:w	H:w	
3.8:1	6.6:1	7.5:1	

نموذج فتحة السقف			SM
n	w	L	
3	1/12 kW	4/5 L	

ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
20:1	

نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	

معامل انعكاس الاسطح الداخلية			R
Rc	Rw	Rf	
0.80	0.60	0.25	

التوقيت		T
فصل	الساعة	
الصيف	١٢ ظهرا	

نسبة نفاذية الزجاج مع تغذية السطح الشبكي	Tr
0.50	

التجربة الاولى

الشمال

(ب)

(أ) W W (أ)

مسقط افقي

h H1 H1 = 1/2W

قطاع عرضي

h H2 H2 = 2/3W

قطاع عرضي

h H3 H3 = W

قطاع عرضي

نسب انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

FC 3000 2000 1000 0 — 14% 18% — 0 4.5 9 13.5 18 FT

المحور (ب)

FC 3000 2000 1000 0 — 17% 20% — 0 7.2 14 21.6 28.8 F

المحور (أ)

الحائط الشمالي

FC 1000 500 0 — 11% 11% — 0 1.8 9 16.2 23.4 FT

الحائط الجنوبي

الحائط الشرقي

FC 1500 1000 500 0 — 13% 14% — 0 1.8 12.6 23.4 FT

الحائط الغربي

اسطح الحوائط الداخلية

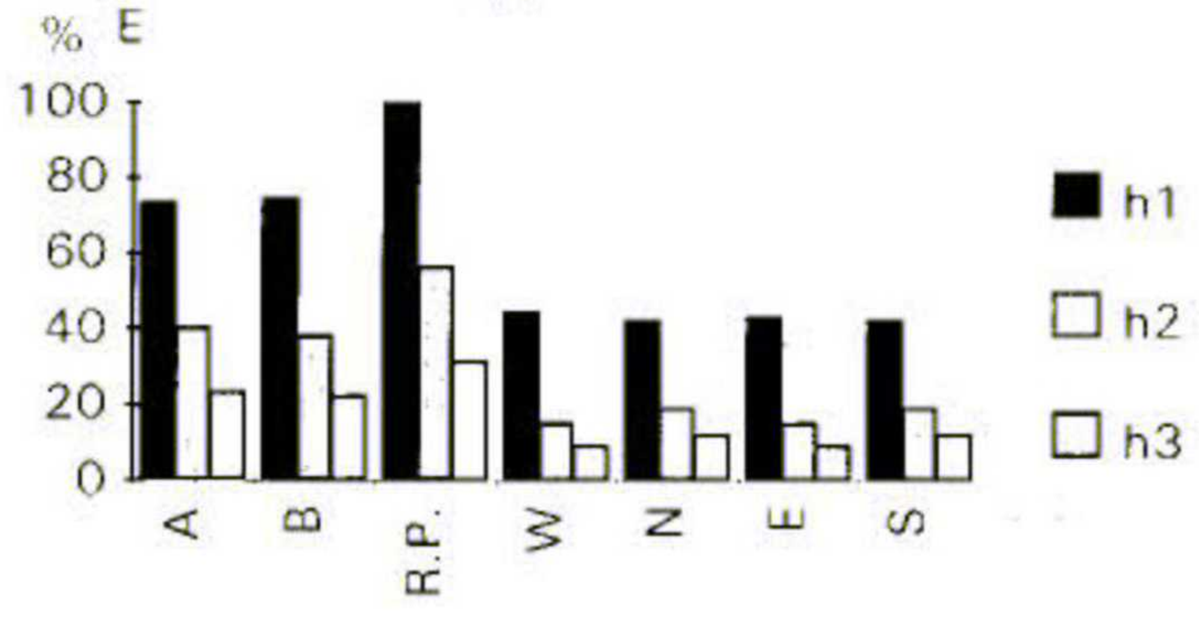
FC 1000 500 0 — 11% 11% — 0 .8 9 6.2 3.4 FT

FC 1500 1000 500 0 — 14% 14% — 0 .8 2.6 3.4 FT

H1 --- H2 - · - H3

W = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	RI = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	W = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٤٢)



شـــــكل (٣-٣٨)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٣٨)

- أن تغير ارتفاع جوانب فتحة السقف له تأثير كبير على شدة الاستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة وخاصة عند اسطح الحوائط مما يدل على أهمية هذا العنصر وامكانية استغلاله للوصول إلى شدة الاستضاءة المطلوبة داخل القاعة المتحفية .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

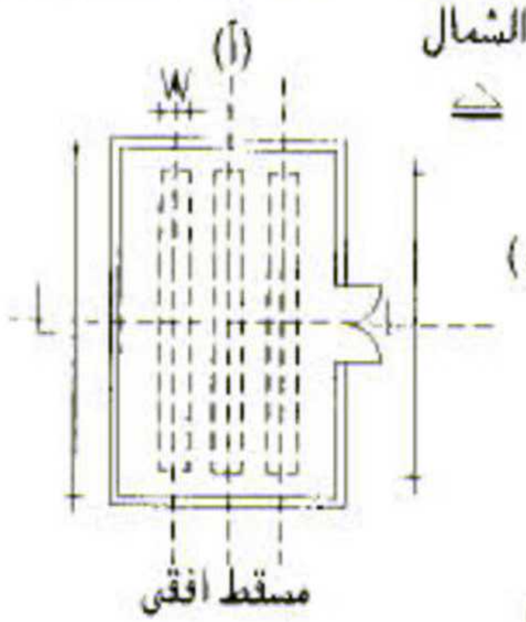
يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٣) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

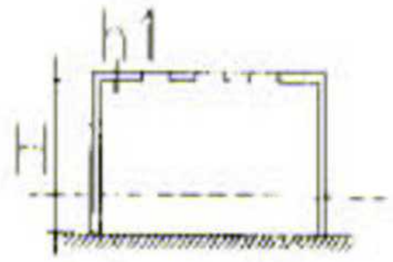
المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع جوانب فتحة السقف	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
h1	١ : ٠.٤	١ : ٠.٤
h2	١ : ٠.٤	١ : ٠.٤
h3	١ : ٠.٤	١ : ٠.٤

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لا يتغير مع إختلاف إرتفاع جوانب فتحة السقف .

التجربة الثانية

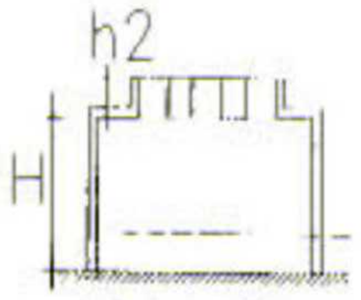
الشمال





h1=1/20H

قطاع عرضى



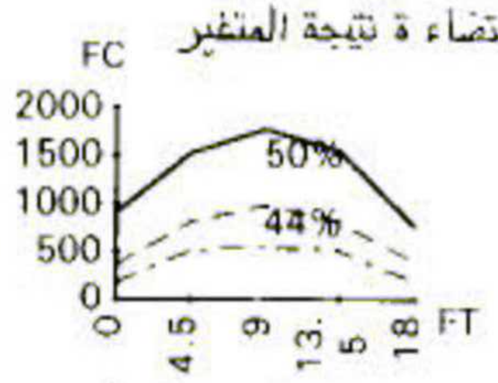
h2=1/4H

قطاع عرضى

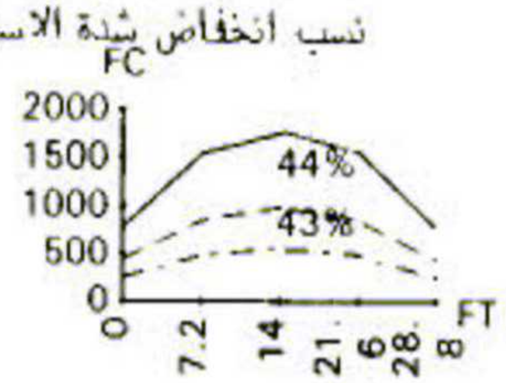
h3=1/2H

قطاع عرضى

نسب انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة المتغير

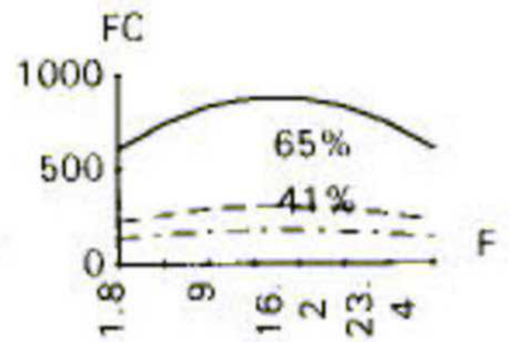


المحور (ب)



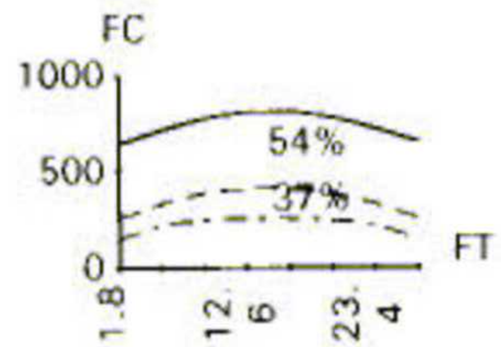
المحور (أ)

الحائط الشرقى

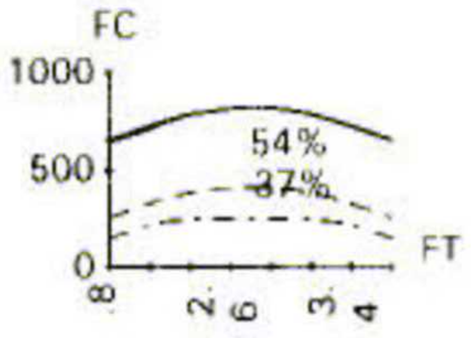


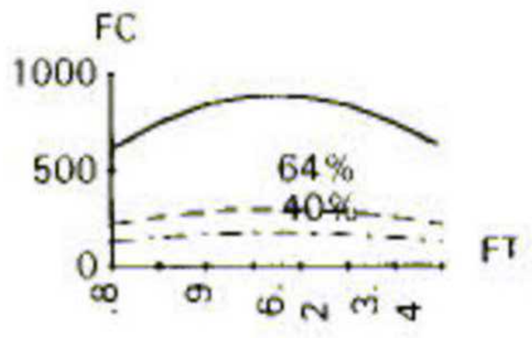
الحائط الغربى

الحائط الشمالى



الحائط الجنوبى





اسطح الحوائط الداخلية

— h1 – – – h2 – · – h3

نموذج القاعة	GM		
l=3/2W			
ارتفاع القاعة	H		
2/3w			
6.6:1	H:w		
نموذج فتحة السقف	SM		
n	W	L	
3	$\frac{5}{12}$KW	$\frac{4}{5}$L	
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h		
H:h1	H:h2	H:h3	
20:1	4:1	2:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k		
1/3			
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R		
Rc	Rw	Rf	
0.80	0.60	0.25	
التوقيت	T		
فصل	الساعة		
الصيف	١٢ ظهرا		
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	Tr		
0.50			

W = عرض القاعة
L = طول القاعة
n = عدد فتحات السقف
W = عرض كل فتحة من فتحات السقف
l = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rw = معامل انعكاس الحوائط
Rf = معامل انعكاس الارضية

جدول (٣-٤٣)

٣-٢-٣ التجربة الثالثة :

٣-٢-٣-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (k) كما هو واضح فى الجدول (٣-١٣) .

وقد أختير للنسبة K ثلاث قيم نسبية متناقصة وهى :

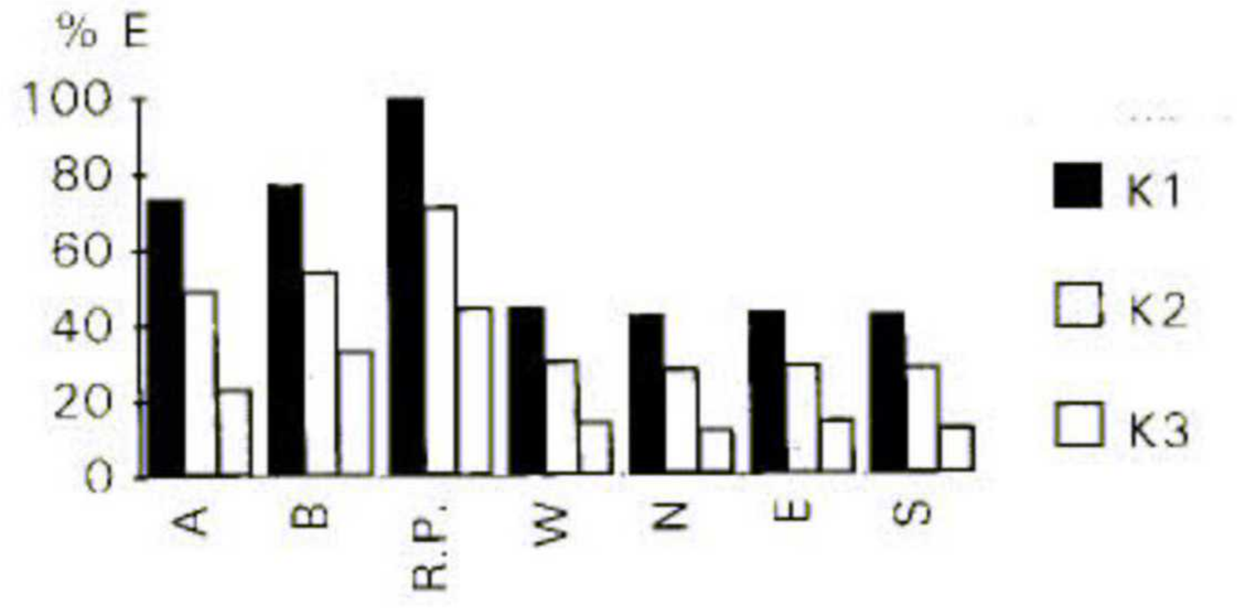
K1 = 1/3	حيث شدة الإستضاءة E1
K2 = 1/5	حيث شدة الإستضاءة E2
K3 = 1/10	حيث شدة الإستضاءة E3

٤-٢-٣-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٤) أن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص نسبة مجموع مساحات فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل النسبة من K1 إلى K2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل النسبة من K2 إلى K3	
المحور (أ) A	٣٣٪		٥٦٪	
المحور (ب) B	٢٩٪		٤٠٪	
نقطة المرجع R.P.	٢٩٪		٣٨٪	
الحائط الغربى	٣٢٪		٥٣٪	
الحائط الشمالى	٣٣٪		٥٦٪	
الحائط الشرقى	٣٢٪		٥٣٪	
الحائط الجنوبى	٣٣٪		٥٦٪	



شـــــكل (٣-٣٩)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٣٩) :

- أن شدة الاستضاءة تتأثر تأثراً كبير بتغير نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة وذلك فى مواضع الدراسة المختلفة وخاصة عند اسطح الحوائط .

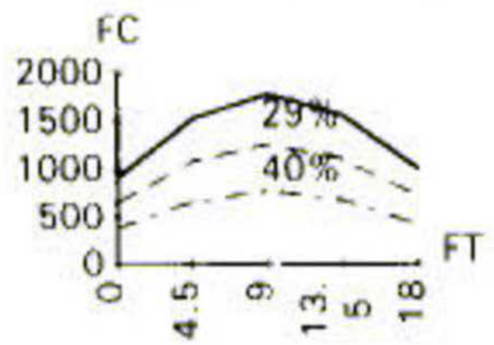
ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٤) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

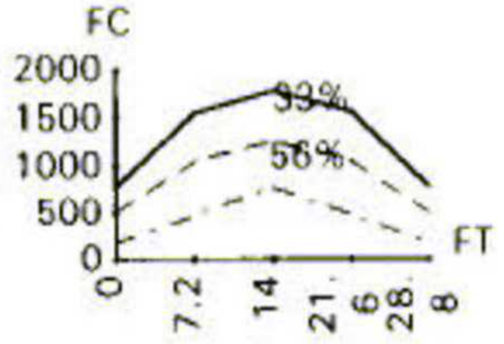
المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
النسبة K	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
K1 = 1/3	١ : ٠.٤	١ : ٠.٥
K2 = 1/5	١ : ٠.٤	١ : ٠.٥
K3 = 1/10	١ : ٠.٢	١ : ٠.٥

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير فى الاتجاه العرضى مع إختلاف نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) ولكن فى الاتجاه الطولى بتغير تدرج الضوء حين تصل هذه النسبة إلى ١/ ١٠ من مساحة أرضية القاعة .

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

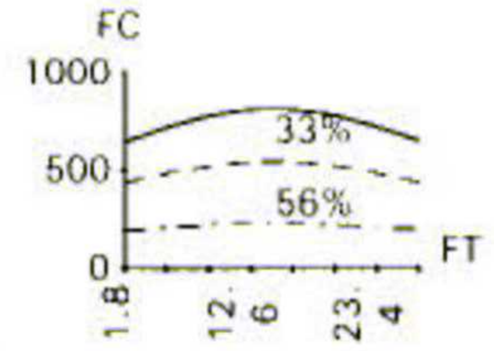


المحور (ب)

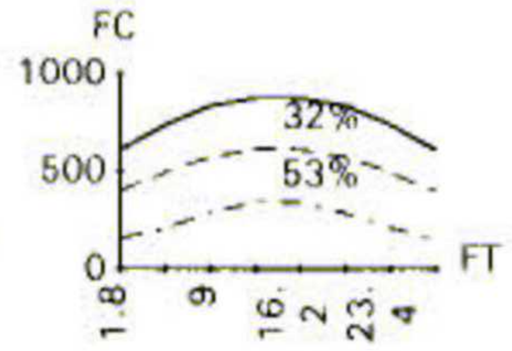


المحور (أ)

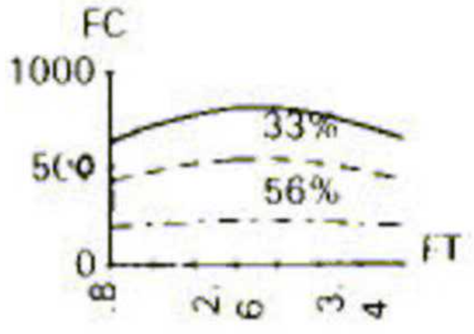
الحائط الشمالي



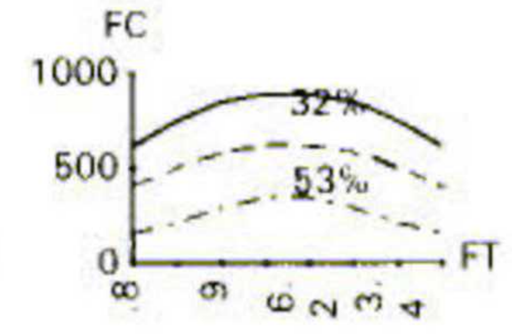
الحائط الشرقي



الحائط الجنوبي



الحائط الغربي

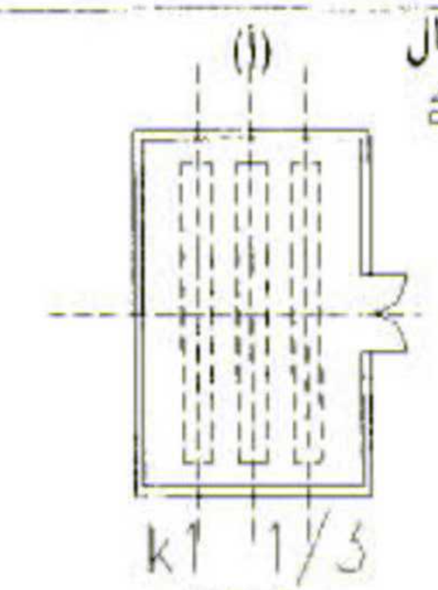


اسطح الحوائط الداخلية

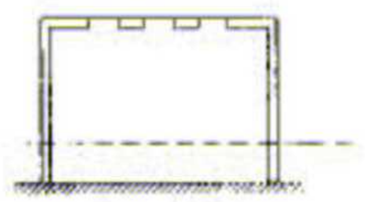
—— K1 – – – K2 — · — K3

الشمال

(أ)

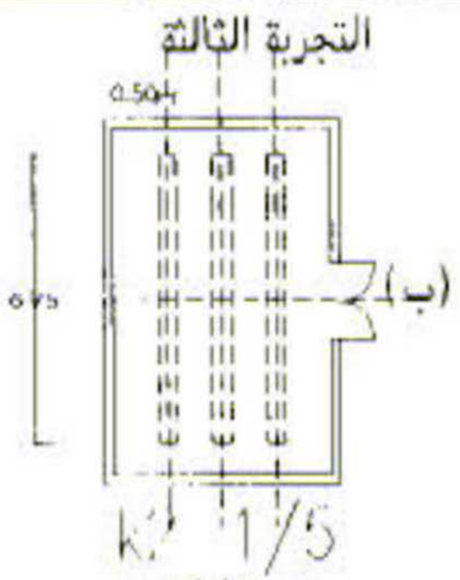


مسقط افقي

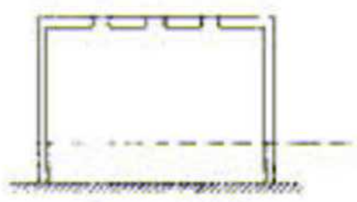


قطاع عرضي

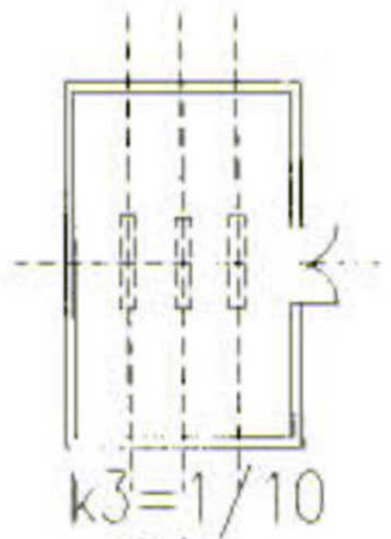
التجربة الثالثة



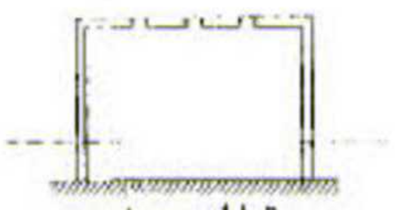
مسقط افقي



قطاع عرضي



مسقط افقي



قطاع عرضي

نموذج القاعة	GM
L=3/2W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
6.6:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM

n	W	L		
5	$\frac{5}{12}$ KW	$\frac{4}{5}$L	$\frac{3}{5}$L	$\frac{5}{12}$L

ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
20:1	

نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية			k
k1=1/3	k2=1/5	k3=1/10	

معامل انعكاس الاسطح الداخلية			R
Rc	Rw	Rf	
0.80	0.60	0.25	

التوقيت		T
فصل	الساعة	
الصيف	١٢ ظهرا	

نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tr
0.50	

W = عرض القاعة
L = طول القاعة
n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
l = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rf = معامل انعكاس الارضية
Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٤٤)

٤-٢-٤ التجربة الرابعة :

٤-٢-٤-١ *الثوابت والمتغير*

فى هذه التجربة تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس أحد الأسطح الداخلية وهو السقف (Rc) كما هو واضح فى الجدول (٣-٤٥) .

وقد أختيرت ثلاثة أنواع من تشطيبات السقف لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة[1] وهى :

(دهان أبيض على بياض)	Rc1 = 0.80	حيث شدة الإستضاءة E1
(بيـــــــاض فقط)	Rc3 = 0.65	حيث شدة الإستضاءة E2
(خرســانة ظاهـرة ناعمة)	Rc3 = 0.30	حيث شدة الإستضاءة E3

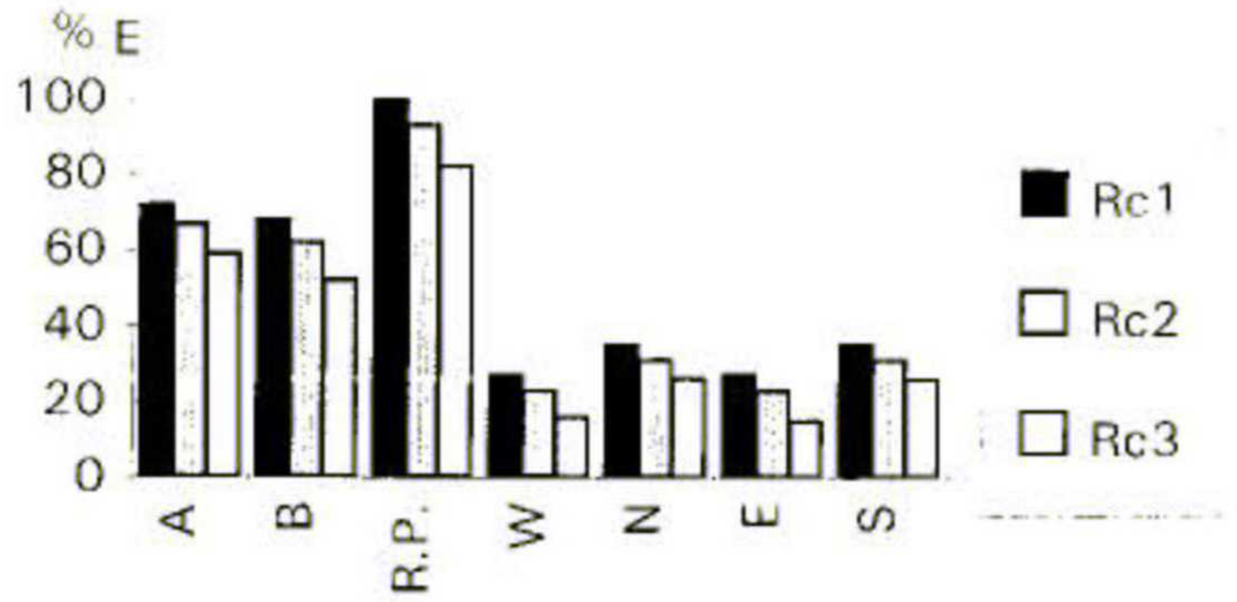
٤-٢-٤-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٥) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس السقف (Rc) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc1 إلى Rc2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc2 إلى Rc3	
المحور (أ) A	٧٪		١٣٪	
المحور (ب) B	١٠٪		١٩٪	
نقطة المرجع R.P.	٧٪		١٣٪	
الحائط الغربى	١٥٪		٣١٪	
الحائط الشمالى	١٠٪		٢٠٪	
الحائط الشرقى	١٥٪		٣٢٪	
الحائط الجنوبى	١٠٪		٢٠٪	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٤٠)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٤٠)

- أنه عندما تقل قيمة معامل إنعكاس السقف (Rc) إلى نصف قيمتها (من ٦٥ر٠ إلى ٣٠ر٠) تقريباً تتضاعف نسب إنخفاض شدة الإستضاءة وذلك عند كل مواضع الدراسة .
- أن أسطح الحوائط هى أكثر المواضع تأثراً خاصة الحائطين الغربى والشرقى للقاعة وتعتبر نسب الانخفاض عندها كبيرة أى أن معامل إنعكاس السقف فى هذه الحالة أصبح عامل مؤثر على شدة الاستضاءة .

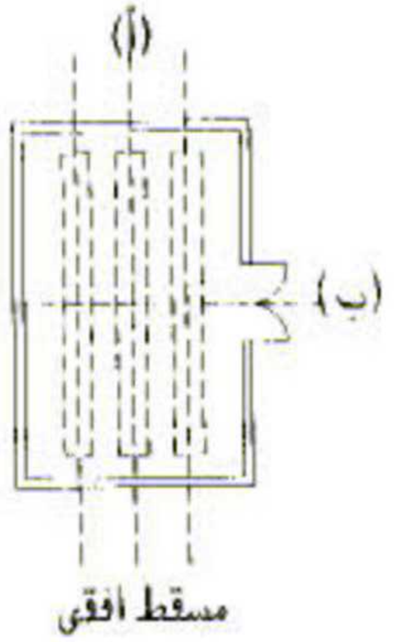
ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

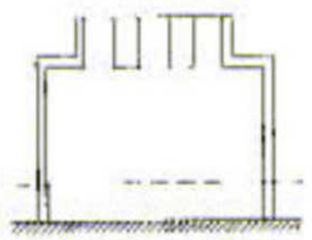
يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٥) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rc	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rc1 = 0.80	١ : ٠.٤	١ : ٠.٣
Rc2 = 0.65	١ : ٠.٤	١ : ٠.٣
Rc3 = 0.30	١ : ٠.٤	١ : ٠.٣

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس السقف (Rc) فى الاتجاهين الطولى والعرضى .

التجربة الرابعة




قطاع عرضى

نموذج القاعة	GM
1 : 3/2W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
6.6:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM

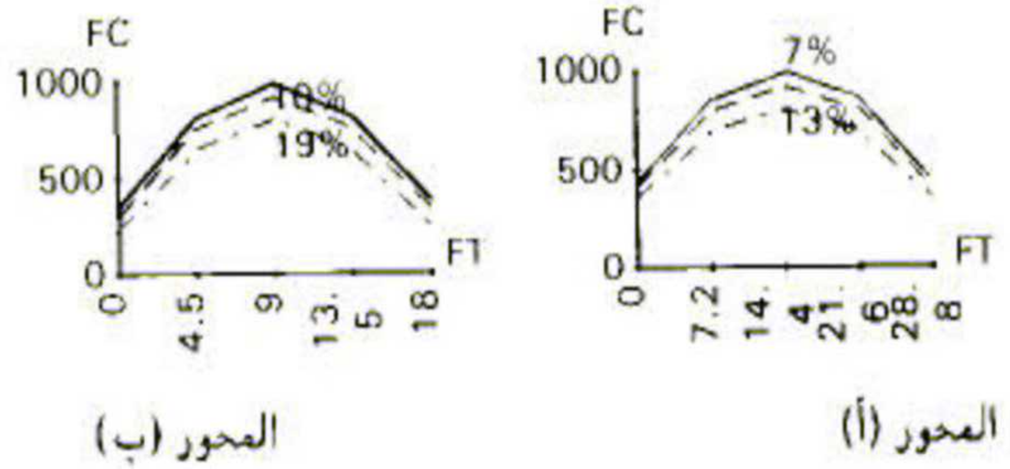
n	w	L
3	$\frac{5}{12}$KW	$\frac{4}{5}$L

ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	K

Rc			Rw	Rf
0.80	0.65	0.30	0.60	0.25

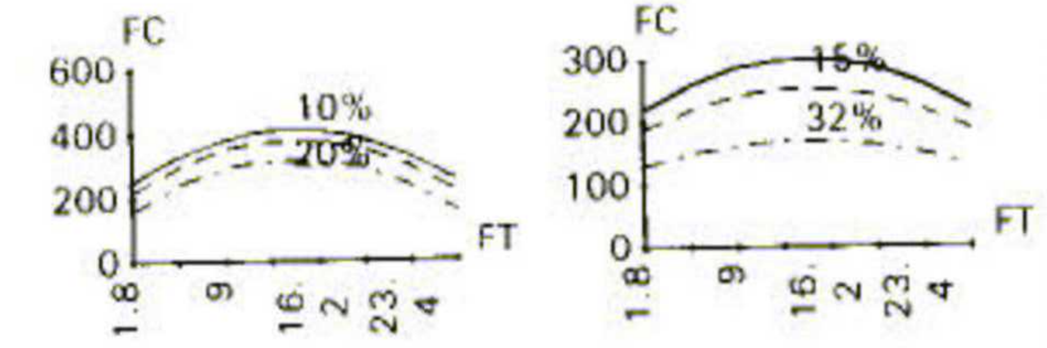
التوقيت	T
فصل الصيف	الساعة ١٢ ظهرا
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	τ
0.50	

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

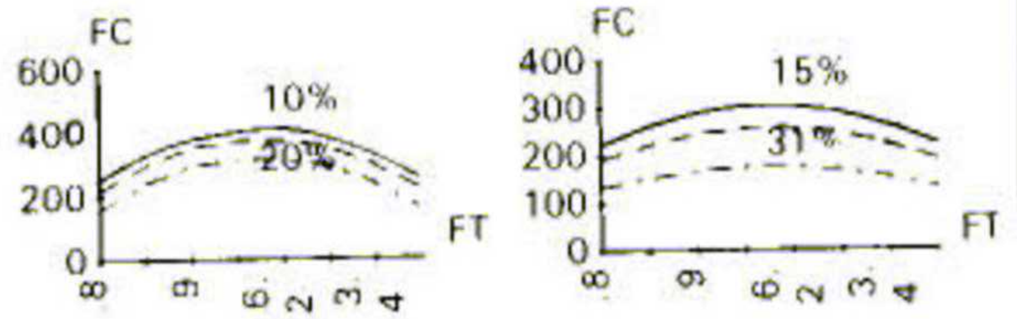


المحور (ب) المحور (أ)

الحائط الشرقى الحائط الشمالى



الحائط الغربى الحائط الجنوبى



اسطح الحوائط الداخلية

—— Rc1 – – – Rc2 — · — Rc3

W عرض القاعة
L طول القاعة

n عدد فتحات السقف
w عرض كل فتحة من فتحات السقف

L = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف

Rf معامل انعكاس الارضية
Rw معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٤٥)

٤-٢-٥ التجربة الخامسة :

٤-٢-٥-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الحوائط (Rw) كما هو واضح فى الجدول (٣-٤٦) :

وقد أختير للحوائط أربعة أنواع من التشطيبات (دهانات ذات ألوان مختلفة)[١] لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(دهـان باللون الأبيـض)	Rw1 = 0.85	حيث شدة الإستضاءة E1
(دهـان باللون السـكرى)	Rw2 = 0.60	حيث شدة الإستضاءة E2
(دهـان باللون البـــنى)	Rw3 = 0.25	حيث شدة الإستضاءة E3
(دهـان باللون الأســود)	Rw4 = 0.05	حيث شدة الإستضاءة E4

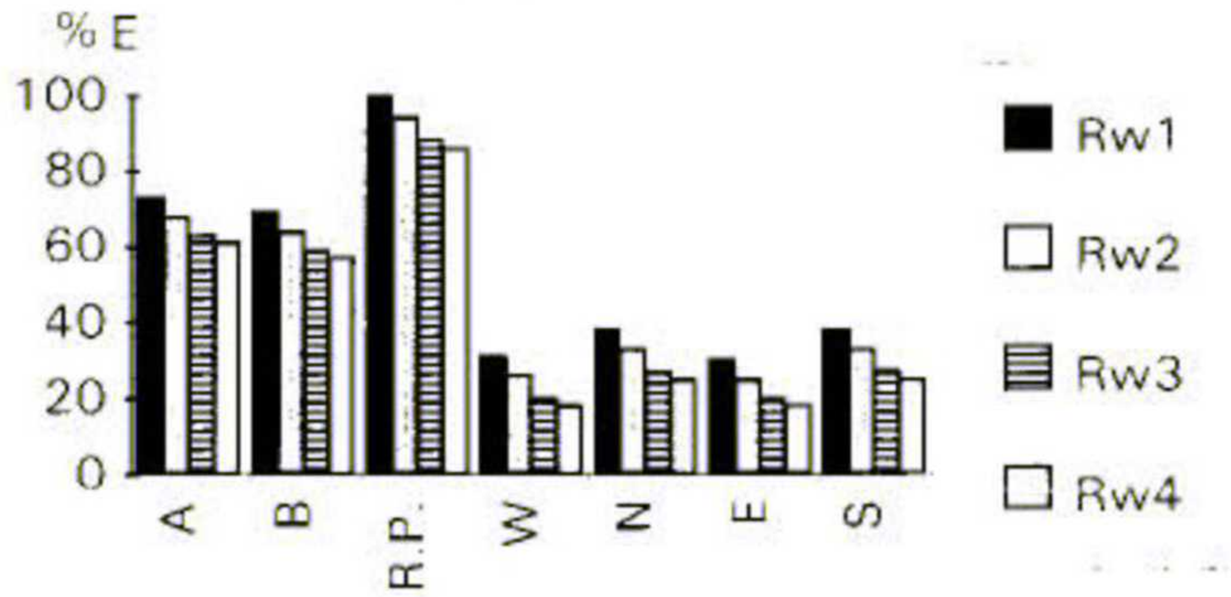
٤-٢-٥-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٦) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس الحوائط (Rw) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة					
	E1-E2 % E1	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw1 إلى Rw2	E2-E3 % E2	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw2 إلى Rw3	E3-E4 % E3	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw3 إلى Rw4
المحور (أ) A		٨٪		٨٪		٣٪
المحور (ب) B		٩٪		٩٪		٤٪
نقطة المرجع R.P.		٦٪		٦٪		٣٪
الحائط الغربى		١٨٪		٢١٪		١١٪
الحائط الشمالى		١٦٪		١٧٪		٨٪
الحائط الشرقى		١٨٪		٢٠٪		١٠٪
الحائط الجنوبى		١٦٪		١٧٪		٨٪

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٤١)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٤١):

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب) .
- أن أقل المواضع تأثير بتغير معامل انعكاس الحوائط هى نقطة المرجع .
- أن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط ، (فقد انخفضت شدة الاستضاءة بمقدار ٤٢٪ عندما تغير لون الحوائط من الأبيض إلى الأسود) .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-١٥) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rw	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rw1 = 0.85	١ : ٠.٤	١ : ٠.٤
Rw2 = 0.60	١ : ٠.٤	١ : ٠.٤
Rw3 = 0.25	١ : ٠.٤	١ : ٠.٤
Rw4 = 0.05	١ : ٠.٤	١ : ٠.٤

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس الحوائط (Rw) .

التجربة الخامسة

نموذج القاعة	GM
l=3/2W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
6.6:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM

n	w	l
3	$\frac{5}{12}$KW	$\frac{1}{5}$l

ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	b
1/5	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R

Rc	Rw				Rf
	0.85	0.60	0.25	0.05	
0.80					0.25

التوقيت	T
فصل	الساعة
الصيف	١٢ ظهرا
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	Tr
0.50	

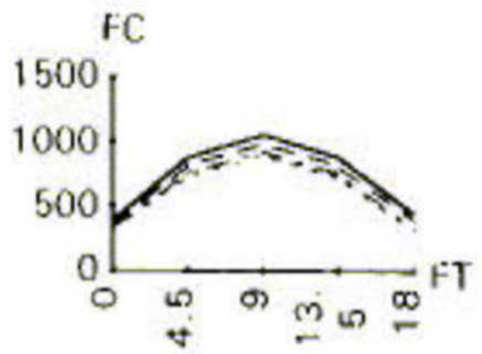
(أ)

(ب)

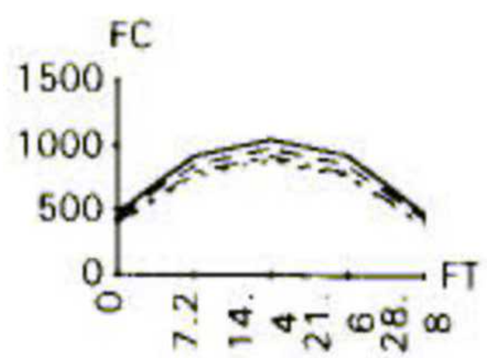
مسقط افقى

قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

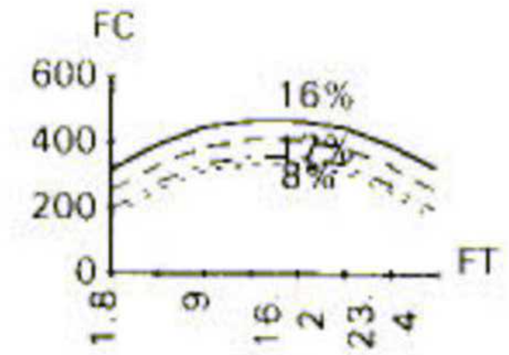


المحور (ب)

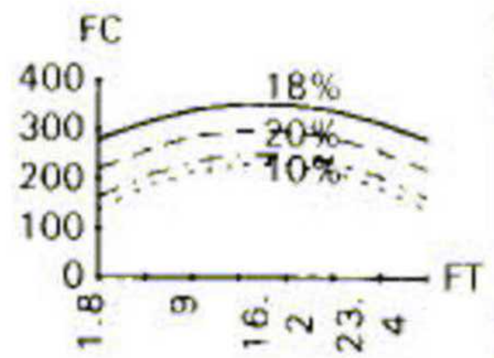


المحور (أ)

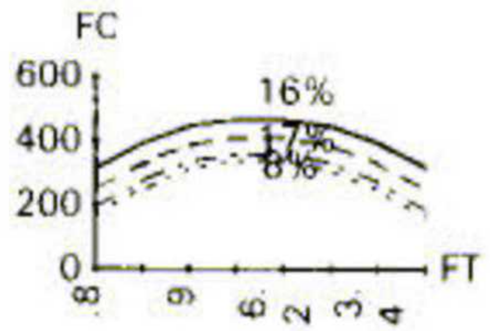
الحائط الشمالى



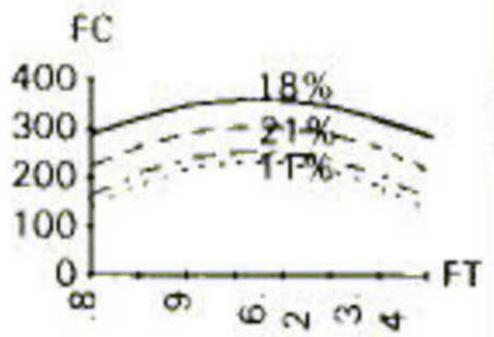
الحائط الشرقى



الحائط الجنوبى



الحائط الغربى



اسطح الحوائط الداخلية Rw1---Rw2-·-Rw3

W = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
l = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٤٦)

٤-٢-٦ التجربة السادسة :

٤-٢-٦-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الأرضية (Rf) كما هو واضح فى الجدول (٣-٤٧) :

وقد أختير الأرضية ثلاثة أنواع من التشطيبات[١] لكل منها معامل إنعكاس مختلف ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(أرضيـــــة رخـــــام) Rf1 = 0.45 حيث شدة الإستضاءة E1
(أرضية خشب ذات لون فاتح) Rf2 = 0.25 حيث شدة الإستضاءة E2
(أرضية خشب ذات لون داكن) Rf3 = 0.10 حيث شدة الإستضاءة E3

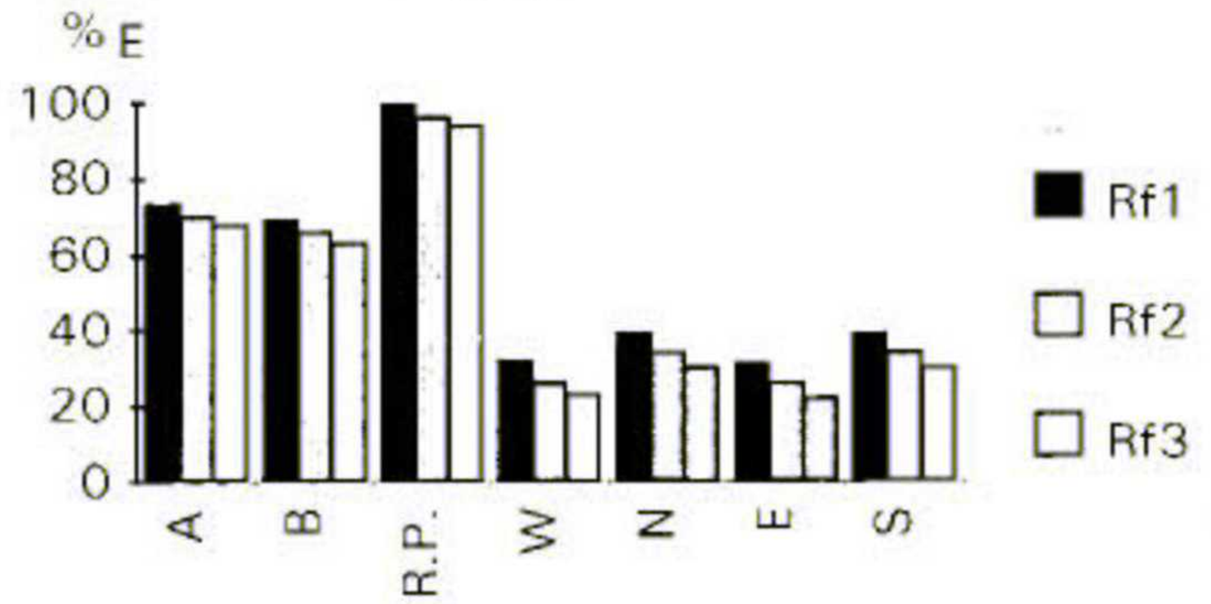
٤-٢-٦-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٧) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس الأرضية (Rf) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf1 إلى Rf2	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf2 إلى Rf3
المحور (أ) A	٥٪		٣٪	
المحور (ب) B	٥٪		٤٪	
نقطة المرجع R.P.	٤٪		٣٪	
الحائط الغربى	١٧٪		١٤٪	
الحائط الشمالى	١٤٪		١١٪	
الحائط الشرقى	١٧٪		١٤٪	
الحائط الجنوبى	١٤٪		١١٪	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٤٢)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٤٢)

- إن شدة الإستضاءة على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع تتأثر تأثراً ضعيفاً بتغير معامل إنعكاس الأرضية (Rf) .
- إن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط وخاصة عند الحائطين الغربى والشرقى للقاعة نتيجة لتغير معامل إنعكاس الأرضية .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٦) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس الأرضية Rf	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rf1 = 0.45	١ : ٠.٤	١ : ٠.٤
Rf2 = 0.25	١ : ٠.٤	١ : ٠.٤
Rf3 = 0.10	١ : ٠.٤	١ : ٠.٤

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير مع إختلاف معامل إنعكاس الأرضية (Rf).

التجربة السادسة

نموذج القاعة	GM
L=3/2W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
6.6:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n	w	L
3	5/12 KW	4/5 L
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc	Rw	Rf
0.80	0.60	0.45 / 0.25 / 0.10
التوقيت	T
فصل	الساعة
الصيف	١٢ ظهرا
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	T1
0.50	

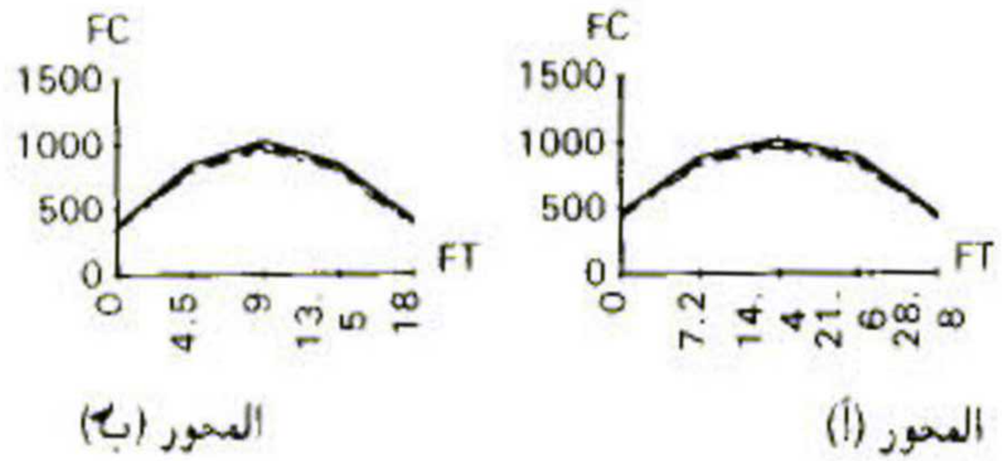
(أ)

(ب)

مسقط افقى

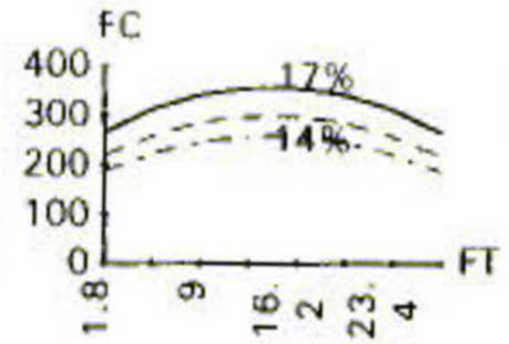
قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

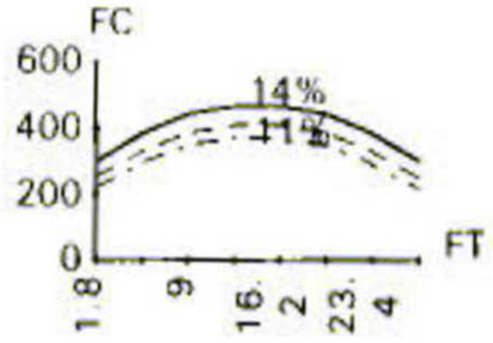


المحور (أ) المحور (ب)

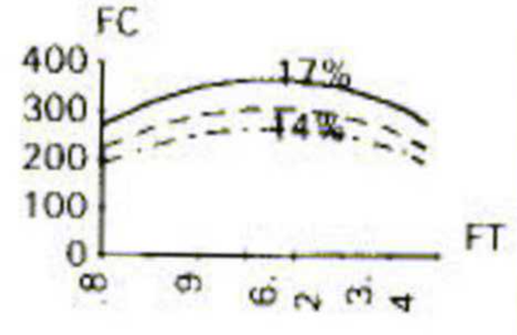
الحائط الشرقى



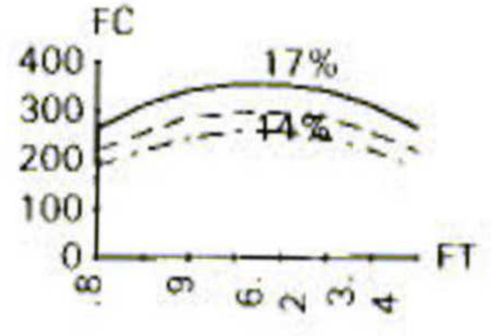
الحائط الشمالى



الحائط الغربى



الحائط الجنوبى



اسطح الحوائط الداخلية — Rf1 - - - Rf2 — · — Rf3

L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط
n = عدد فتحات السقف	W = عرض القاعة
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	l = طول القاعة

جدول (٣-٤٧)

٤-٣ النموذج الثالث لفتحة السقف :
«أربع فتحات مربعة الشكل»

النموذج الثالث SM3 عبارة عن أربع فتحات متماثلة مربعة الشكل موزعة فى سقف القاعة بحيث تكون أضلاعها موازية لمحورى القاعة الطولى والعرض ويمر بمراكزها أربعة محاور منها :

أثنان موازيان لمحور القاعة الطولى:

* الأول عند ربع القاعة الأول $\frac{W}{4}$ * والثانى عند الربع الأخير $\frac{3W}{4}$

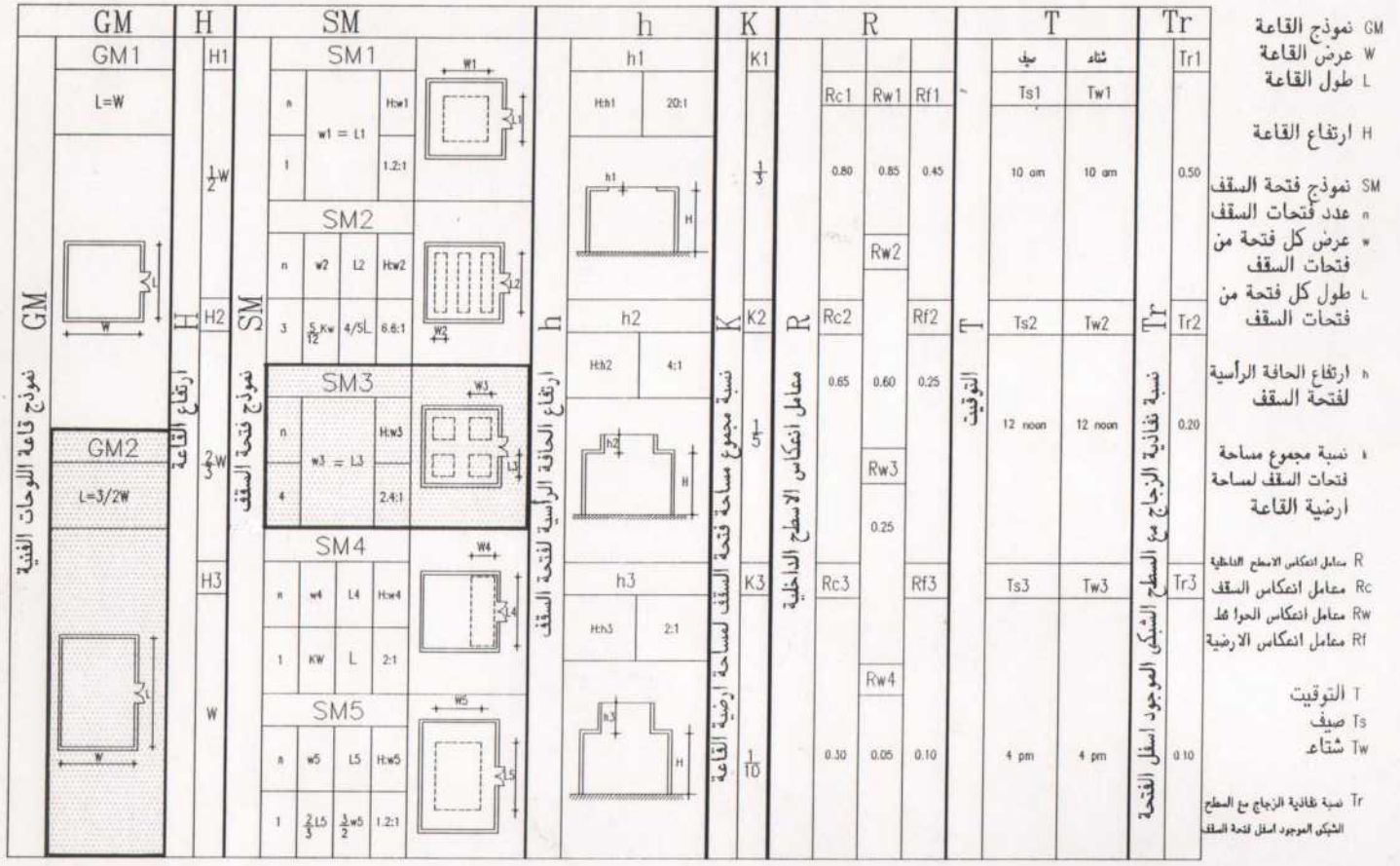
والأخران موازيان لمحور القاعة العرضى :

* الأول عند ربع القاعة الأول $\frac{L}{4}$ * والثانى عند الربع الأخير $\frac{3L}{4}$

L = طـول القاعة

W = عرض القاعة

وقد روعى فى هذا النموذج SM3 أن يتساوى مجموع مساحات الفتحة المربعة مع مساحة النموذج الأول SM1 (فتحة واحـــدة) ومساحة النموذج الثانى SM2 (ثلاث فتحات مستطيلة الشكل) جدول (٣-٤٧) .



GM نموذج القاعة
W عرض القاعة
L طول القاعة

H ارتفاع القاعة

SM نموذج فتحة السقف
n عدد فتحات السقف
w عرض كل فتحة من فتحات السقف
L طول كل فتحة من فتحات السقف

h ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف

K نسبة مجموع مساحة فتحات السقف لمساحة ارضية القاعة

R معامل انعكاس الاسطح الداخلية
Rc معامل انعكاس السقف
Rw معامل انعكاس الحوا ئط
Rf معامل انعكاس الارضية

T التوقيت
Ts صيف
Tw شتاء

Tr نسبة نفاذية الزجاج مع السطح الشبكي الموجود اسفل فتحة السقف

البدائل المختلفة للعناصر المعمارية الاساسية

جدول (٣-٤٧)

٤-٣-١ التجربة الأولى :

٤-٣-١-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع القاعة (H) كما هو واضح فى الجدول (٣-٤٨) .

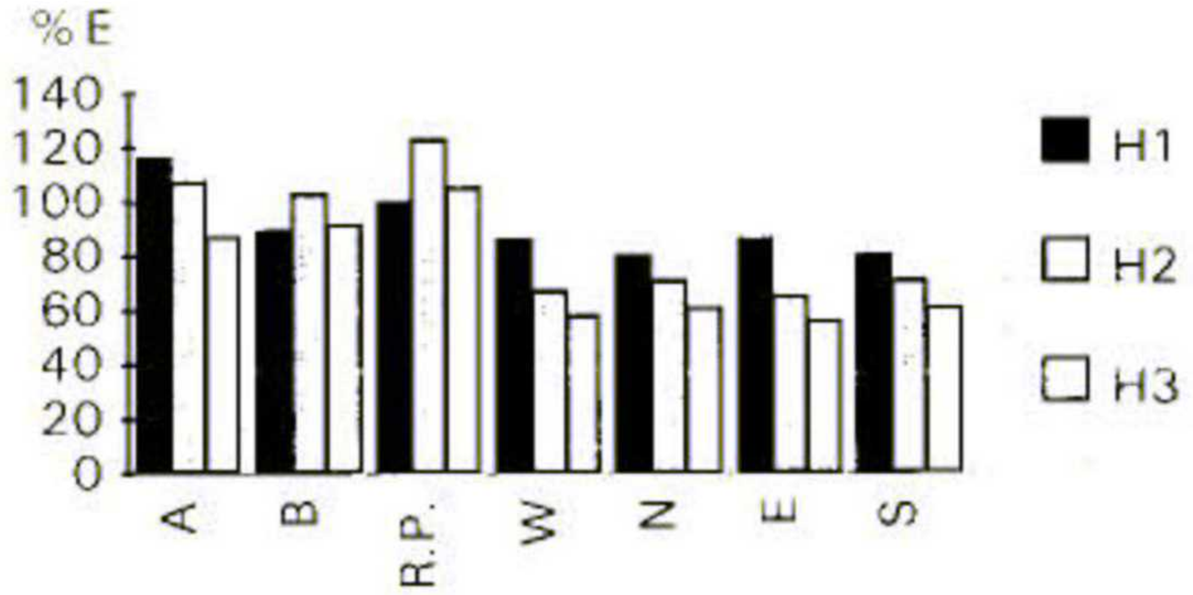
- الإرتفاع = نصف عرض القاعة H1 = 1/2W حيث شدة الإستضاءة E1
- الإرتفاع = ثلثى عرض القاعة . H2 = 2/3W حيث شدة الإستضاءة E2
- الإرتفاع = كامل عرض القاعة . H3 = W حيث شدة الإستضاءة E3

٤-٣-١-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٨) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع القاعة (H) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثى عرض القاعة	$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد الإرتفاع من ثلثى عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة
المحور (أ) A	٢٥٪	١٨٪
المحور (ب) B	-١٦٪	١١٪
نقطة المرجع R.P.	-٢٣٪	١٤٪
الحائط الغربى	٢٠٪	١٤٪
الحائط الشمالى	١١٪	١٣٪
الحائط الشرقى	٢٢٪	١٤٪
الحائط الجنوبى	١١٪	١٣٪



شـــــكل (٣-٤٣)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٤٣)

- أن أكثر المواضع تأثرا بتغير إرتفاع القاعة هى شدة الاستضاءة على المحور(أ) أى الاتجاه الطولى للقاعة .
- تزيد شدة الاستضاءة عند نقطة المرجع عندما يزيد الارتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثيها ثم تنخفض مرة أخرى عندما يصل الارتفاع إلى كامل عرض القاعة .

ب- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٨) أن تدرج شدة الإستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع القاعة	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
H1 = 1/2W	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
H2 = 2/3W	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
H3 = W	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الإستضاءة لا يتغير مع إختلاف إرتفاع القاعة ولكن فى نفس الوقت أختلف تدرج شدة الاستضاءة فى الاتجاه الطولى عن الاتجاه العرضى للقاعة .

نموذج القاعة	GM
L=3/2W	

ارتفاع القاعة			H
1/2W	2/3W	W	
H:w	H:w	H:w	
1.8:1	2.4:1	3.5:1	

نموذج فتحة السقف		SM
n		
4	w – L	

ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
20:1	

نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	

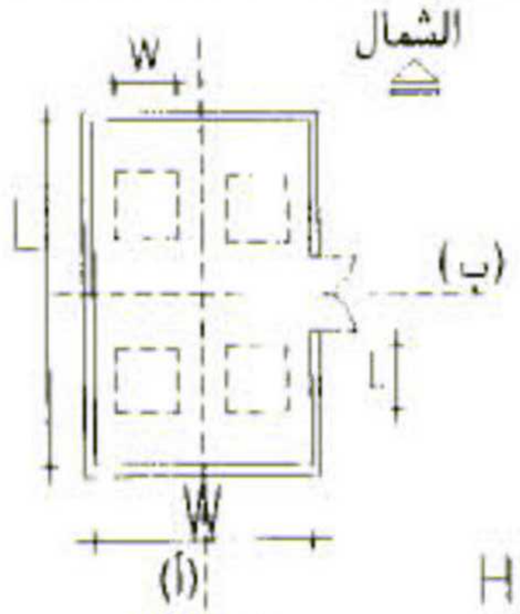
معامل انعكاس الاسطح الداخلية			R
Rc	Rw	Rf	
0.80	0.60	0.25	

التوقيت		T
فصل	الساعة	
الصيف	١٢ ظهرا	

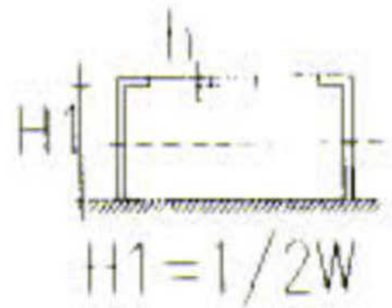
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tr
0.50	

التجربة الاولى

الشمال

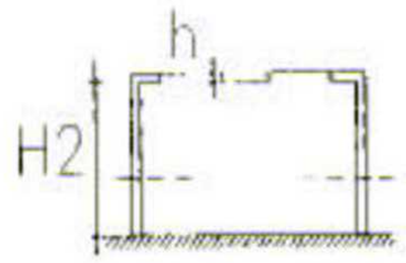


مسقط افقي



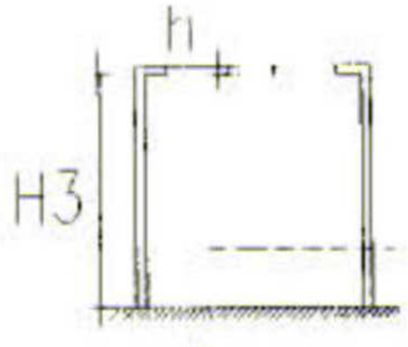
H1=1/2W

قطاع عرضي



H2=2/3W

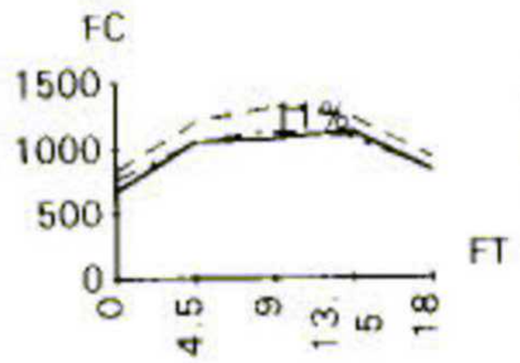
قطاع عرضي



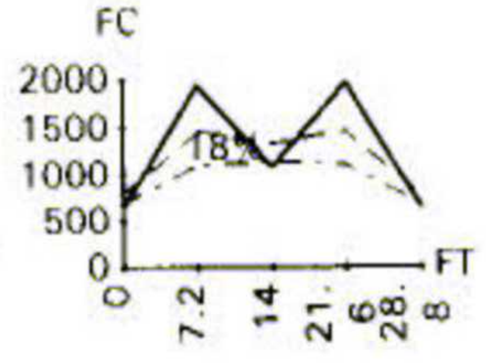
H3=W

قطاع عرضي

نسب انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

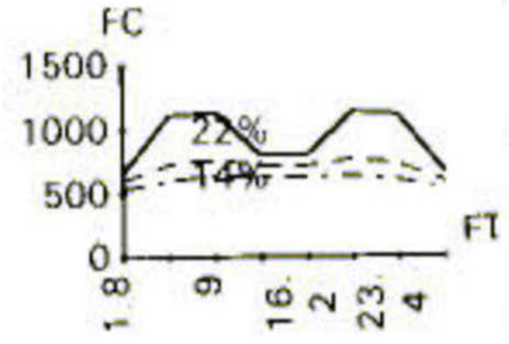


المحور (ب)

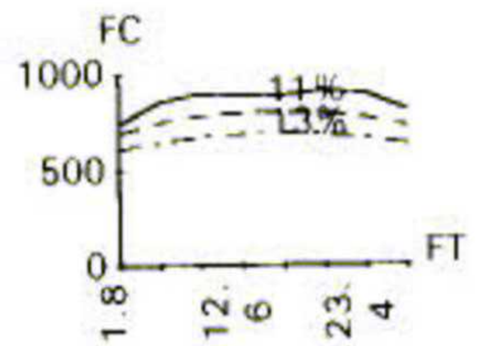


المحور (أ)

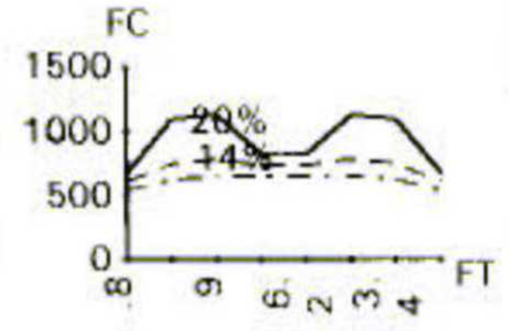
الحائط الشرقي



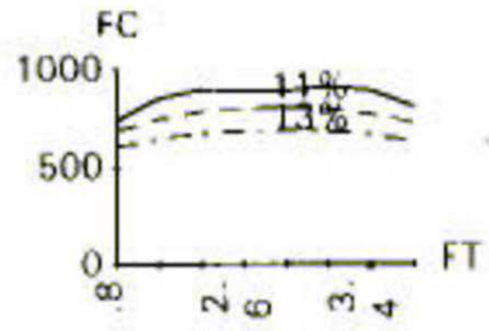
الحائط الشمالي



الحائط الغربي



الحائط الجنوبي



اسطح الحوائط الداخلية

— H1 – – – H2 – · – H3

W = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٤٨)

٤-٣-٢ التجربة الثانية :

٤-٣-٢-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) كما هو واضح فى الجدول (٣-٤٩) .

وقد أختير للإرتفاع (h) ثلاث قيم نسبية متزايدة .

$h1 = \frac{1}{20} H \ (= \frac{1}{8.5} w)$ حيث شدة الإستضاءة E1

$h2 = \frac{1}{4} H \ (= \frac{1}{1.7} w)$ حيث شدة الإستضاءة E2

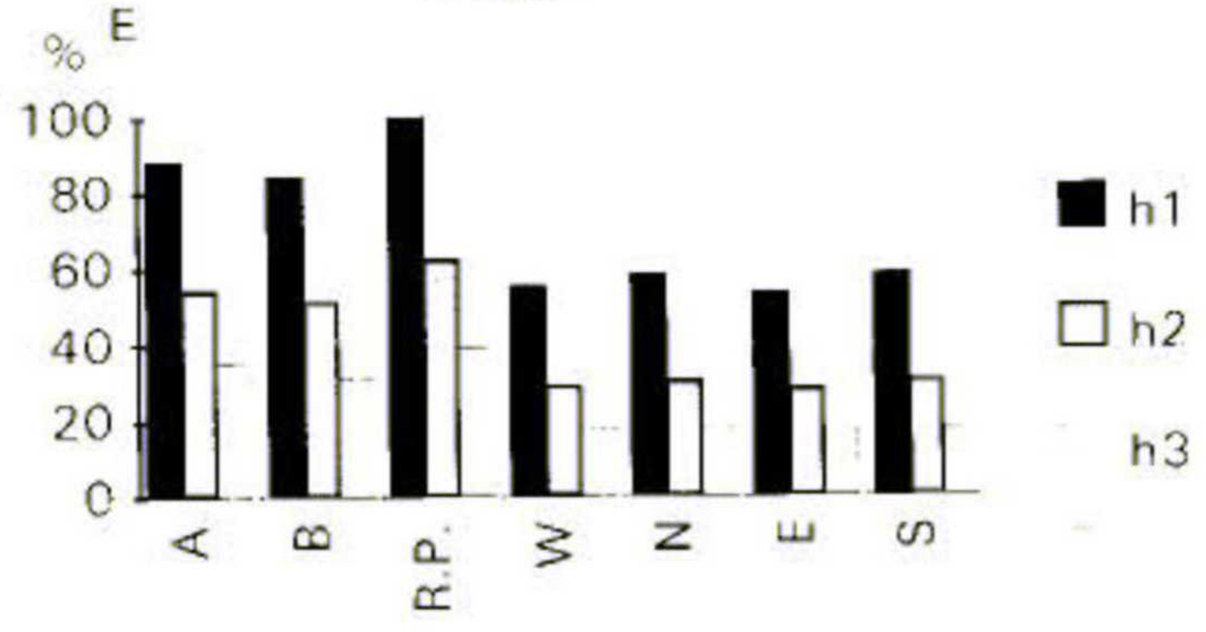
$h3 = \frac{1}{2} H \ (= \frac{1}{0.85} w)$ حيث شدة الإستضاءة E3

٤-٣-٢-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٩) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h1 ، إلى h2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h2 ، إلى h3	
المحور (أ) A	٪٣٩		٪٣٥	
المحور (ب) B	٪٤٠		٪٣٨	
نقطة المرجع R.P.	٪٣٨		٪٣٧	
الحائط الغربى	٪٤٩		٪٣٨	
الحائط الشمالى	٪٤٨		٪٣٩	
الحائط الشرقى	٪٤٨		٪٣٩	
الحائط الجنوبى	٪٤٨		٪٣٩	



شـــــكل (٣-٤٤)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٤٤) :

- أن تغير إرتفاع جوانب فتحة السقف له تأثير كبير على شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة وخاصة عند أسطح الحوائط .
- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع .

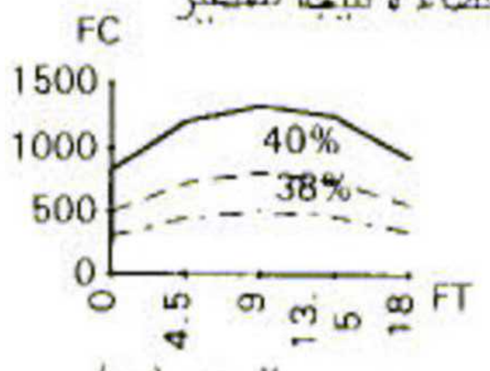
ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٤٩) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

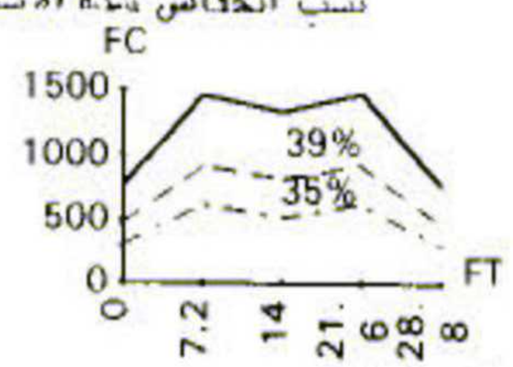
المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع جوانب فتحة السقف	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
$h1 = \frac{1}{20} H$	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
$h2 = \frac{1}{4} H$	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
$h3 = \frac{1}{2} H$	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لا يتغير مع إختلاف إرتفاع جوانب فتحة السقف .

نسب انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

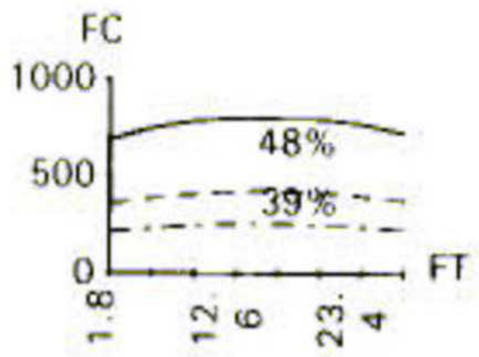


المحور (ب)

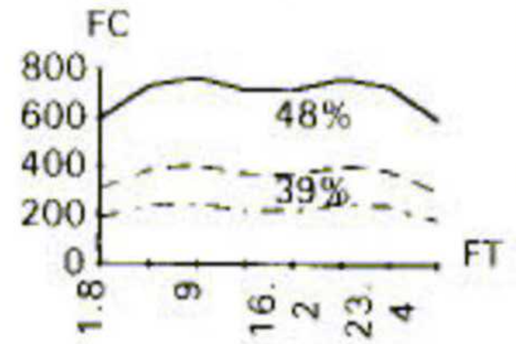


المحور (أ)

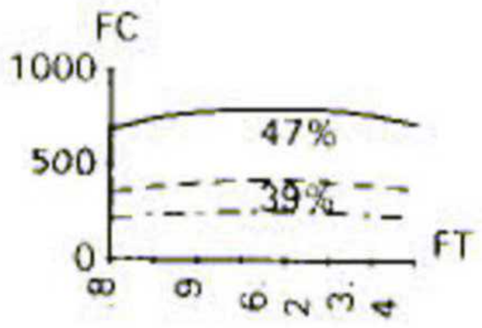
الحائط الشمالي



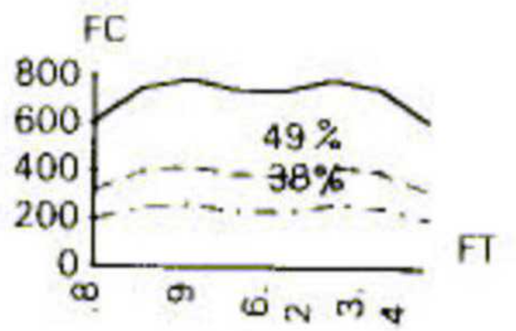
الحائط الشرقي



الحائط الجنوبي



الحائط الغربي

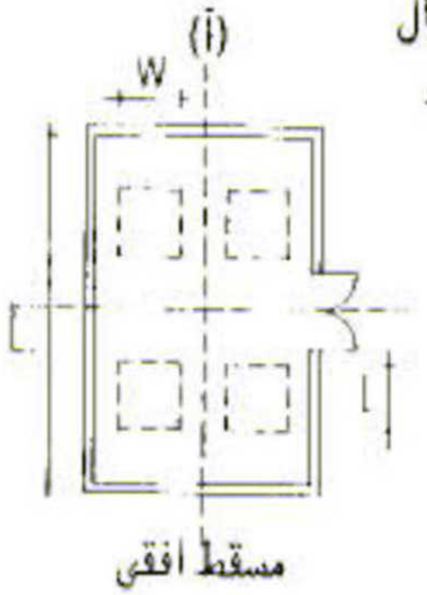


اسطح الحوائط الداخلية

—— h1 – – – h2 – · – h3

الشمال

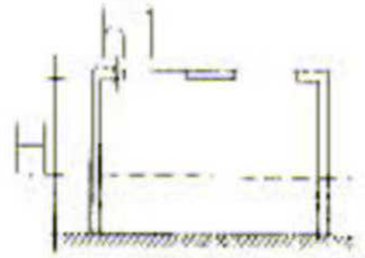
(أ)



مسقط افقي

التجربة الثانية

(ب)

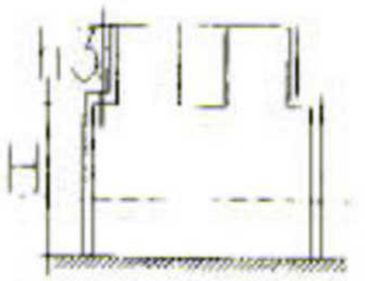


h1 =1/20H

قطاع عرضي

h2=1/4H

قطاع عرضي



h3=1/2H

قطاع عرضي

نموذج القاعة	GM
L=3/2W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2.4:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n / 4	w L
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h1 / 20:1	H:h2 / 4:1	H:h3 / 2:1
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc / 0.80	Rw / 0.60	Rf / 0.25
التوقيت	T
الساعة: ١٢ ظهرا	فصل: الصيف
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tr
0.50	

W = عرض القاعة
L = طول القاعة
n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
l = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rw = معامل انعكاس الحوائط
Rf = معامل انعكاس الارضية

جدول (٣-٤٩)

٤-٣-٣ التجربة الثالثة :

٤-٣-٣-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (k) كما هو واضح فى الجدول (٣-٠٥) .

وقد أختير للنسبة K ثلاث قيم نسبية متناقصة وهى :

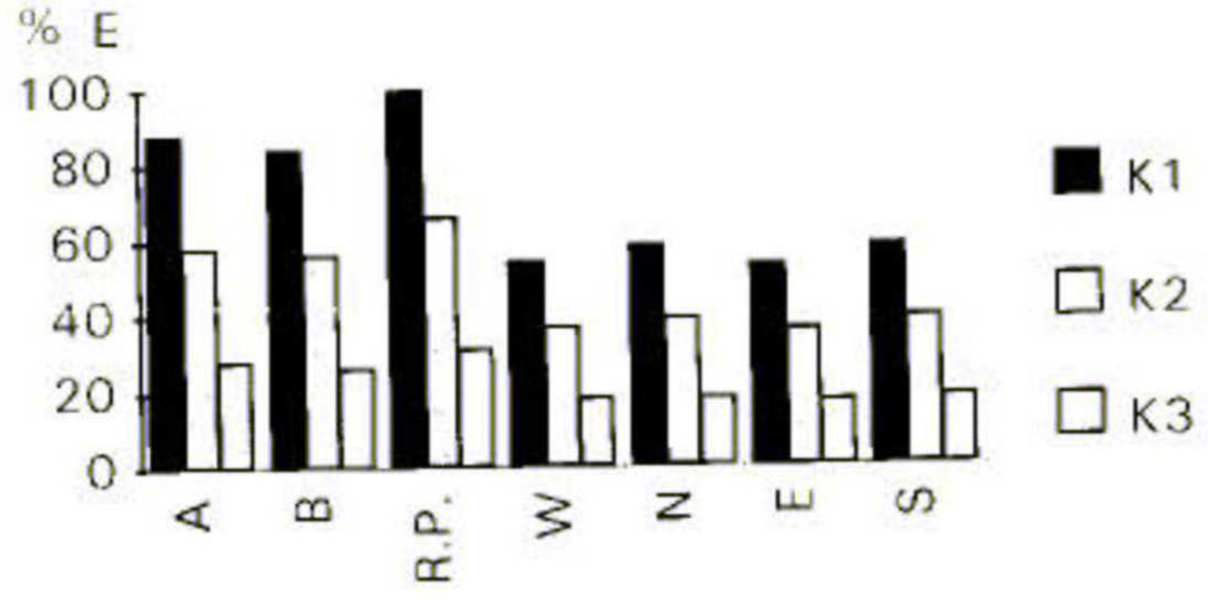
K1 = 1/3	حيث شدة الإستضاءة E1
K2 = 1/5	حيث شدة الإستضاءة E2
K3 = 1/10	حيث شدة الإستضاءة E3

٤-٢-٣-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٠٥) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص نسبة مجموع مساحات فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل النسبة من K1 إلى K2	$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل النسبة من K2 إلى K3
المحور (أ) A	٣٣٪	٥٣٪
المحور (ب) B	٣٣٪	٥٣٪
نقطة المرجع R.P.	٣٤٪	٥٣٪
الحائط الغربى	٣٠٪	٥٢٪
الحائط الشمالى	٣٣٪	٥٣٪
الحائط الشرقى	٣٢٪	٥٢٪
الحائط الجنوبى	٣٣٪	٥٣٪



شـــــكل (٣-٤٥)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٤٥)

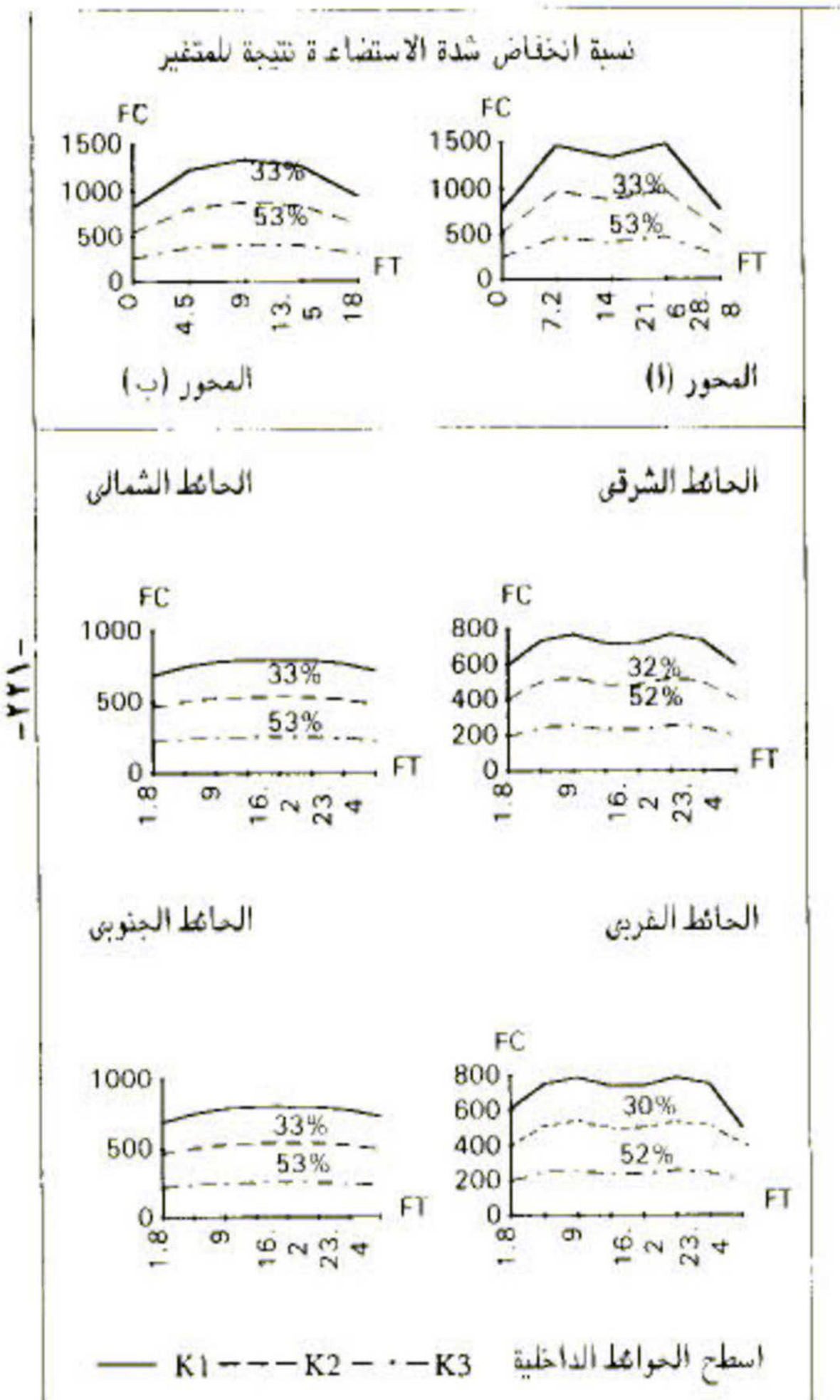
- إن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً فى مواضع الدراسة المختلفة .
- إن شدة الإستضاءة تتأثر تأثراً كبيراً بتغير نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة .

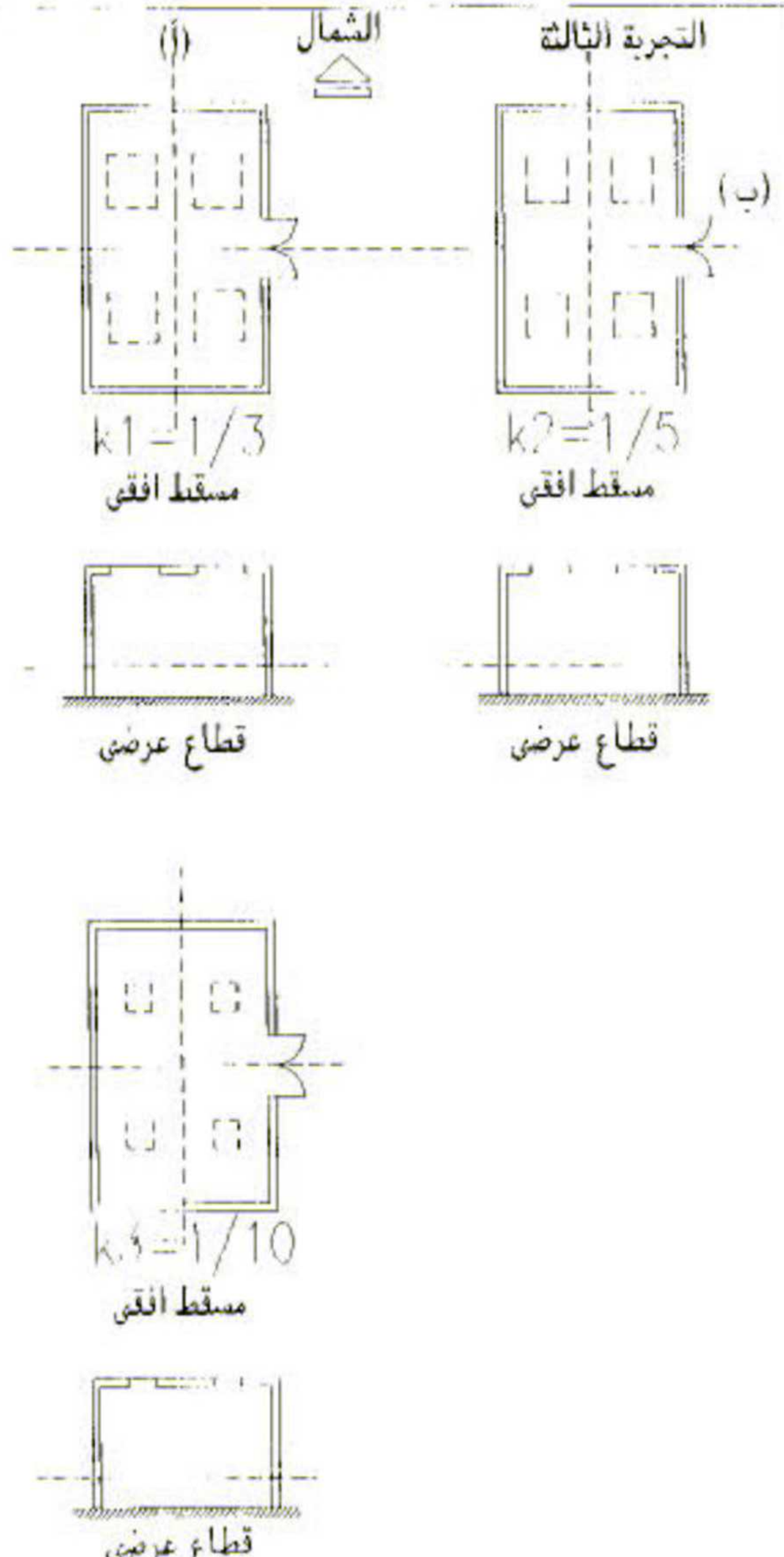
ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٠) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
النسبة K	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
K1 = 1/3	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
K2 = 1/5	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
K3 = 1/10	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير فى الإتجاهين الطولى والعرضى مع إختلاف نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) .





نموذج القاعة	GM
L=3/2W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2.4:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n	w L
4	
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
20:1	

نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k	
k1=1/3	k2=1/5	k3=1/10
معامل انعكاس الاسطح الداخلية		ρ
Rc	Rw	Rf
0.80	0.60	0.25
التوقيت		t
فصل	الساعة	
الصيف	١٢ ظهرا	
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي		T_f
0.50		

W = عرض القاعة
L = طول القاعة
n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
L = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Ri = معامل انعكاس الارضية
Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٥)

٤-٣-٤ التجربة الرابعة :

٤-٣-٤-١ *الثوابت والمتغير*

فى هذه التجربة تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس أحد الأسطح الداخلية وهو السقف (Rc) كما هو واضح فى الجدول (٣-٥١) .

وقد أختيرت ثلاثة أنواع من تشطيبات السقف لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة[1] وهى :

(دهان أبيض على بياض)	Rc1 = 0.80	حيث شدة الإستضاءة E1
(بيـــــــاض فقط)	Rc2 = 0.65	حيث شدة الإستضاءة E2
(خرســانة ظاهـرة ناعمة)	Rc3 = 0.30	حيث شدة الإستضاءة E3

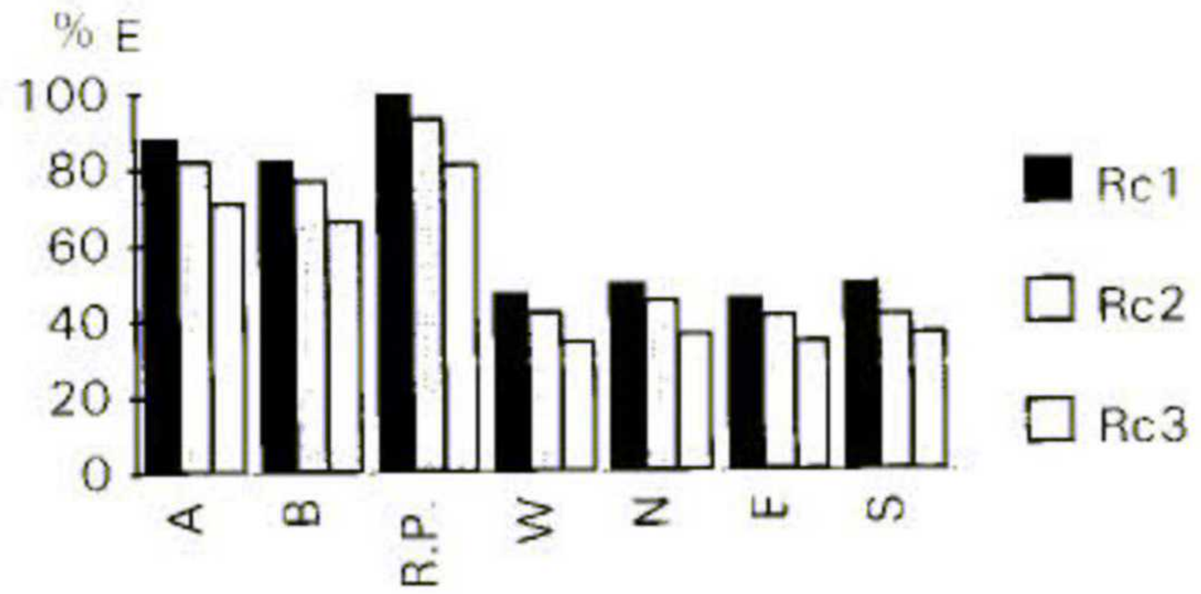
٤-٣-٤-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥١) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس السقف (Rc) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc1 إلى Rc2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc2 إلى Rc3	
المحور (أ) A	٧٪		١٤٪	
المحور (ب) B	٧٪		١٤٪	
نقطة المرجع R.P.	٧٪		١٤٪	
الحائط الغربى	٩٪		١٩٪	
الحائط الشمالى	٩٪		١٩٪	
الحائط الشرقى	٩٪		١٩٪	
الحائط الجنوبى	٩٪		١٩٪	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٤٦)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٤٦)

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع .
- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى عن أسطح الحوائط الأربعة وهى أكثر المواضع تأثر .
- أنه عندما تقل قيمة معامل انعكاس السقف Rc إلى نصف قيمتها (من ٦٥ . ٠ إلى ٣٠ . ٠) يتضاعف نسب انخفاض شدة الاستضاءة وذلك عند كل مواضع الدراسة .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

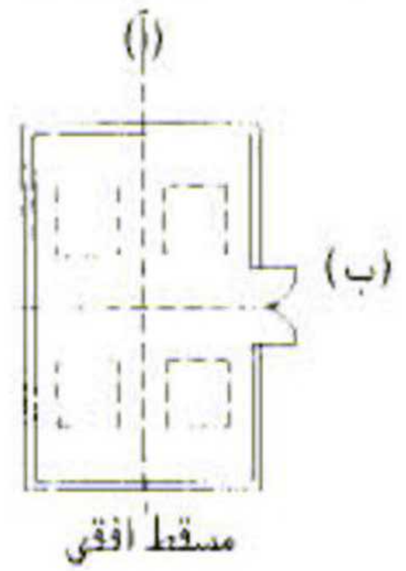
يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥١) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

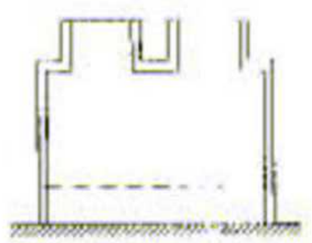
المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rc	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rc1 = 0.80	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
Rc2 = 0.65	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
Rc3 = 0.30	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير فى الإتجاهين الطولى والعرضى مع إختلاف معامل إنعكاس السقف (Rc) .

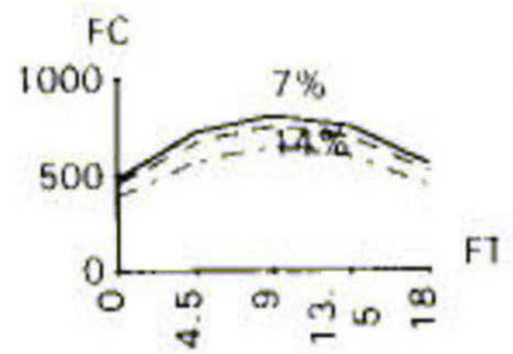
التجربة الرابعة

نموذج القاعة	GM
L=2/3W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2.4:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n = 4	w = 1
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc: 0.80 0.65 0.30 — Rw: 0.60 — Rf: 0.25	
التوقيت	T
الساعة: ١٢ ظهرا — فصل: الصيف	
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tr
0.50	

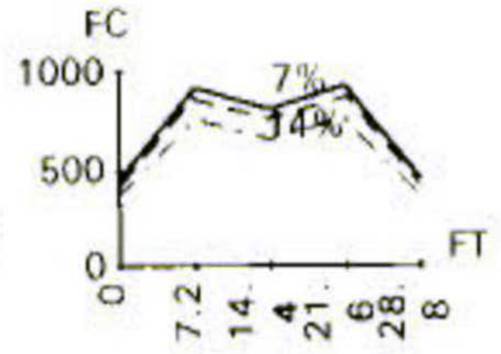



قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

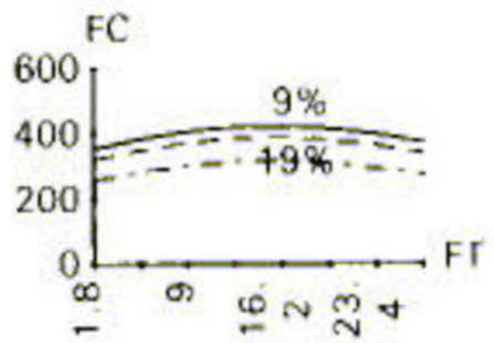


المحور (ب)

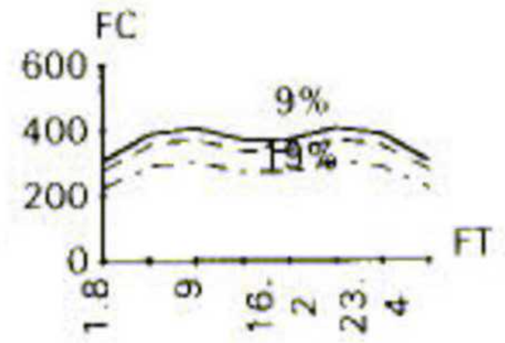


المحور (أ)

الحائط الشرقى

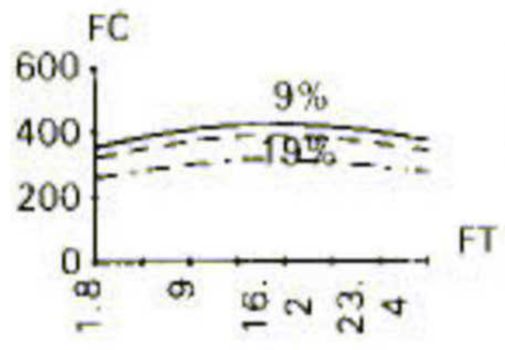


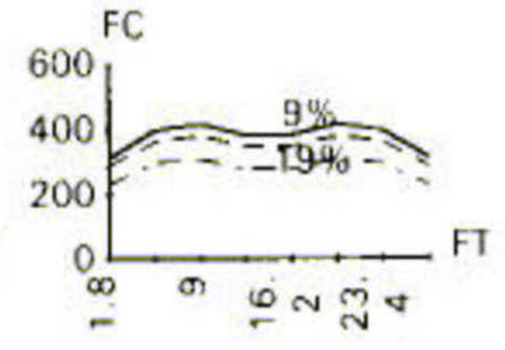
الحائط الشمالى



الحائط الغربى

الحائط الجنوبى





اسطح الحوائط الداخلية

—— Rc1 – – – Rc2 — · — Rc3

w = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
l = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٥١)

٤-٣-٥ التجربة الخامسة :

٤-٣-٥-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الحوائط (Rw) كما هو واضح فى الجدول (٣-٥٢) :

وقد أختير للحوائط أربعة أنواع من التشطيبات (دهانات ذات ألوان مختلفة)[1] لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(دهـان باللون الأبيـض)	Rw1 = 0.85	حيث شدة الإستضاءة E1
(دهـان باللون السـكرى)	Rw2 = 0.60	حيث شدة الإستضاءة E2
(دهـان باللون البـــنى)	Rw3 = 0.30	حيث شدة الإستضاءة E3
(دهـان باللون الأســود)	Rw4 = 0.05	حيث شدة الإستضاءة E4

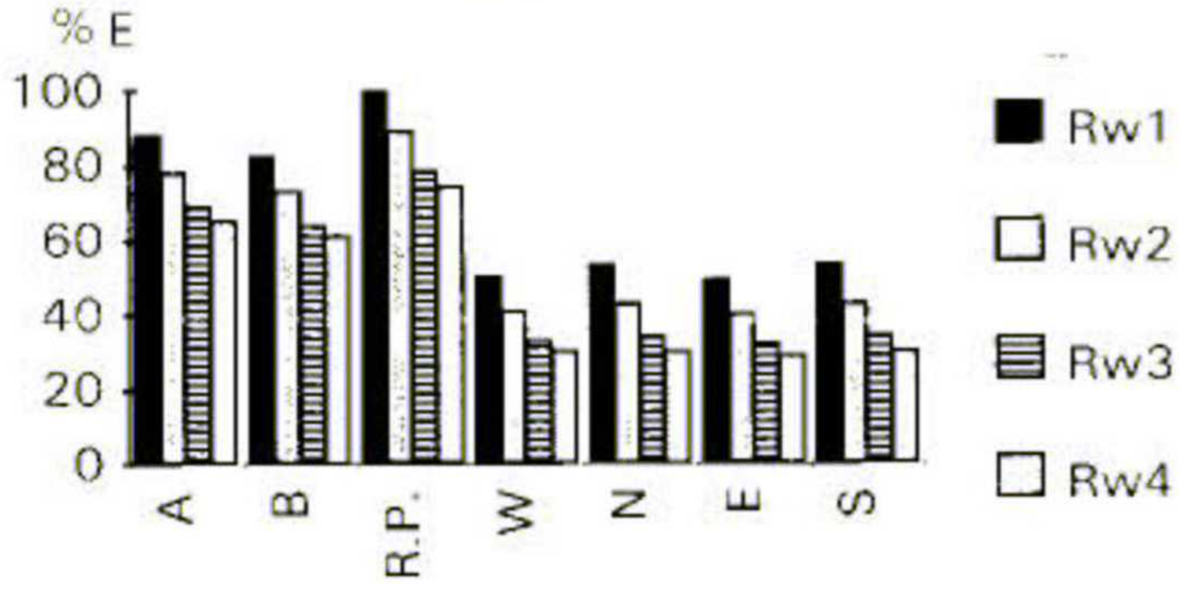
٤-٣-٥-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٢) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس الحوائط (Rw) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة					
	E1-E2 % / E1	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw1 إلى Rw2	E2-E3 % / E2	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw2 إلى Rw3	E3-E4 % / E3	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw3 إلى Rw4
المحور (أ) A	٪١١		٪١٢		٪٦	
المحور (ب) B	٪١١		٪١٢		٪٦	
نقطة المرجع R.P.	٪١١		٪١٢		٪٦	
الحائط الغربى	٪١٨		٪٢٠		٪١١	
الحائط الشمالى	٪١٩		٪٢١		٪١١	
الحائط الشرقى	٪١٨		٪٢٠		٪١١	
الحائط الجنوبى	٪١٩		٪٢١		٪١١	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٤٧)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٤٧)

- إن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع .
- إن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط (فقد إنخفضت شدة الإستضاءة بمقدار ٥١٪ عندما تغير لون الحوائط من اللون الأبيض إلى اللون الأسود) .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٢) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rw	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rw1 = 0.85	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
Rw2 =0.60	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
Rw3 = 0.25	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
Rw4 = 0.05	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير فى الاتجاهين الطولى والعرضى مع إختلاف معامل إنعكاس الحوائط (Rw) .

التجربة الخامسة

(أ)

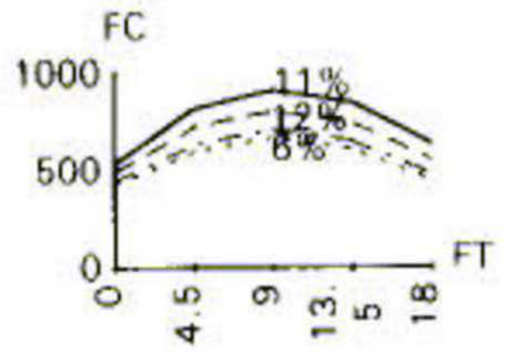
(ب)

مسقط افقى

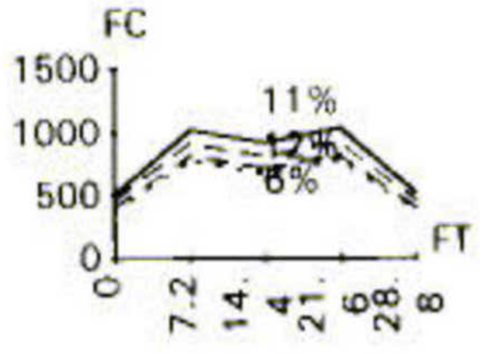
قطاع عرضى

نموذج القاعة	GM
L=3/2W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2.4:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n: 4	w = L
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
11:h	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc: 0.80 — Rw: 0.85, 0.60, 0.25, 0.05 — Rf: 0.25	
التوقيت	T
فصل: الصيف — الساعة: ١٢ ظهرا	
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	Tr
0.50	

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

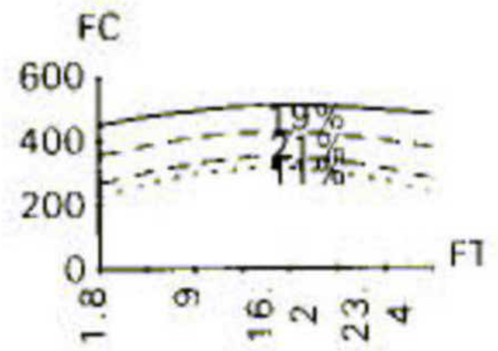


المحور (ب)

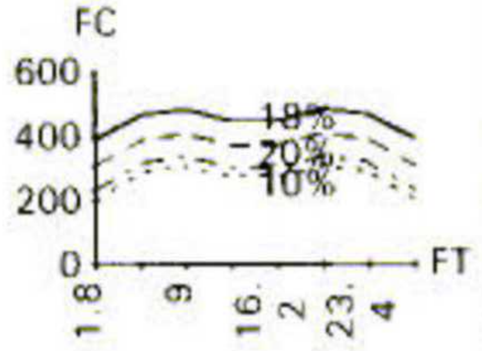


المحور (أ)

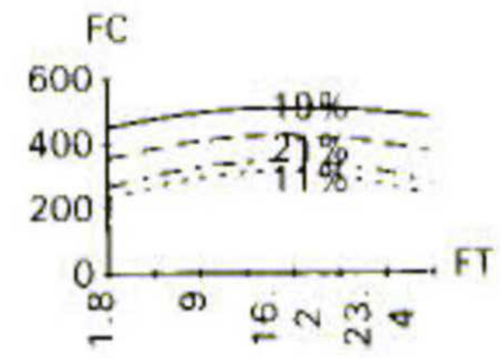
الحائط الشمالى



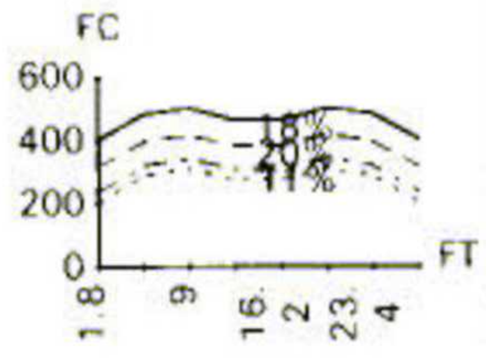
الحائط الشرقى



الحائط الجنوبى



الحائط الغربى



اسطح الحوائط الداخلية Rw1 — Rw2 - - Rw3

L = طول كل فتحة من فتحات السقف — Rf = معامل انعكاس الارضية
Rc = معامل انعكاس السقف — Rw = معامل انعكاس الحوائط
n = عدد فتحات السقف
W = عرض كل فتحة من فتحات السقف
W = عرض القاعة
L = طول القاعة

جدول (٣-٥٢)

٤-٣-٦ التجربة السادسة :

٤-٣-٦-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الأرضية (Rf) كما هو واضح فى الجدول (٣-٥٣) :

وقد أختير الأرضية ثلاثة أنواع من التشطيبات[١] لكل منها معامل إنعكاس مختلف ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(أرضيـــــة رخـــــام) Rf1 = 0.45 حيث شدة الإستضاءة E1

(أرضية خشب ذات لون فاتح) Rf2 = 0.25 حيث شدة الإستضاءة E2

(أرضية خشب ذات لون داكن) Rf3 = 0.10 حيث شدة الإستضاءة E3

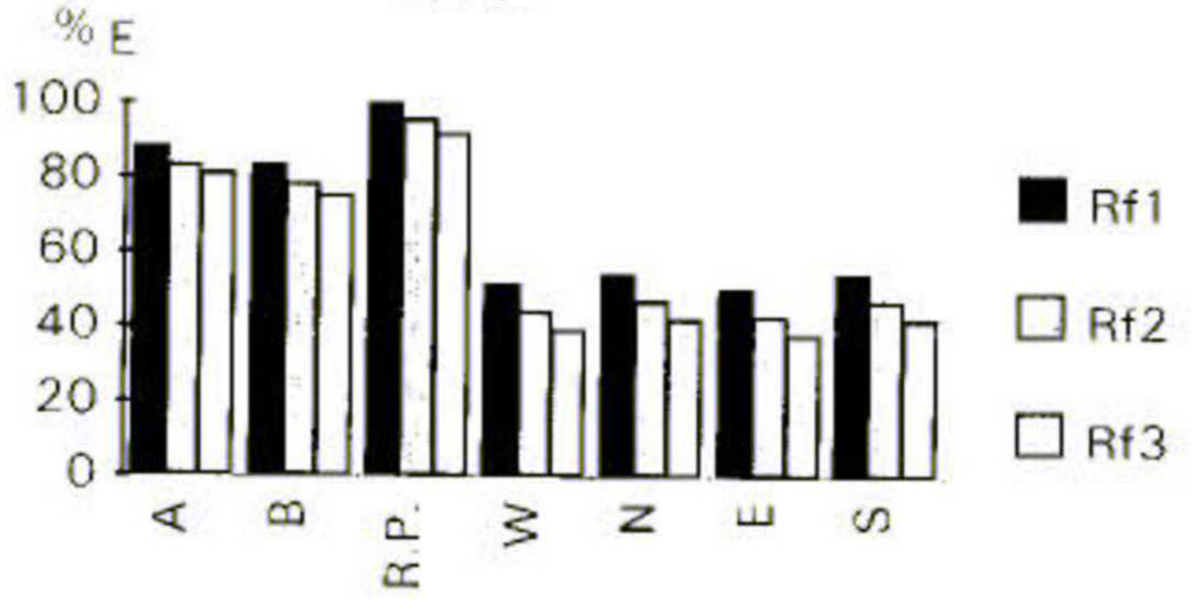
٤-٣-٦-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٣) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس الأرضية (Rf) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf1 إلى Rf2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf2 إلى Rf3	
المحور (أ) A	٪٥		٪٣	
المحور (ب) B	٪٥		٪٤	
نقطة المرجع R.P.	٪٥		٪٤	
الحائط الغربى	٪١٤		٪١١	
الحائط الشمالى	٪١٣		٪١٠	
الحائط الشرقى	٪١٤		٪١١	
الحائط الجنوبى	٪١٣		٪١٠	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٤٨)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٤٨)

- أن شدة الإستضاءة على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع تتأثر تأثراً ضعيفاً بتغير معامل إنعكاس الأرضية (Rf) .
- أن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط .

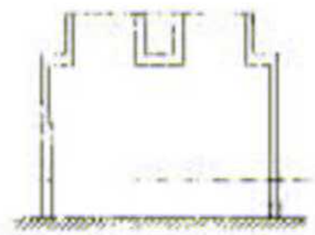
ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٣) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

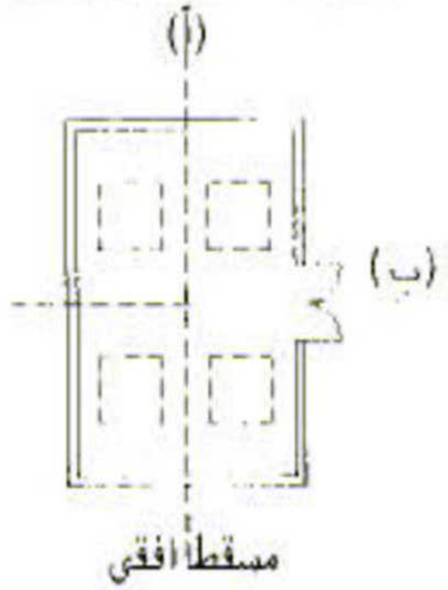
المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس الأرضية Rf	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rf1 = 0.45	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
Rf2 = 0.25	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧
Rf3 = 0.10	١ : ٠.٦	١ : ٠.٧

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير فى الإتجاهين الطولى والعرضى مع إختلاف معامل إنعكاس الأرضية (Rf).

التجربة السادسة

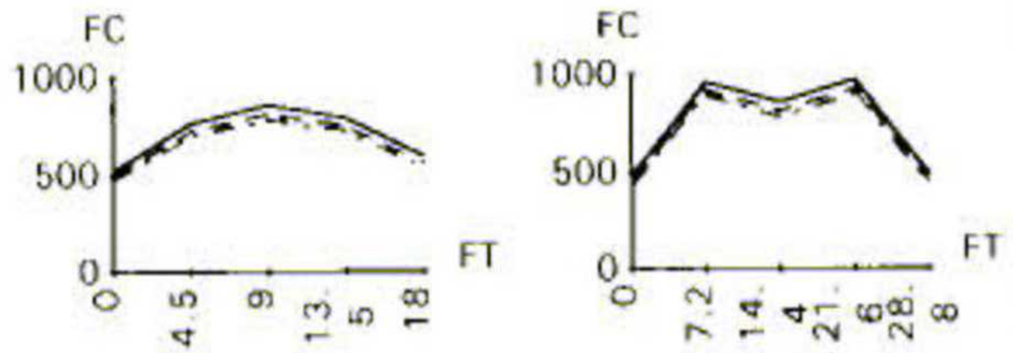


قطاع عرضي

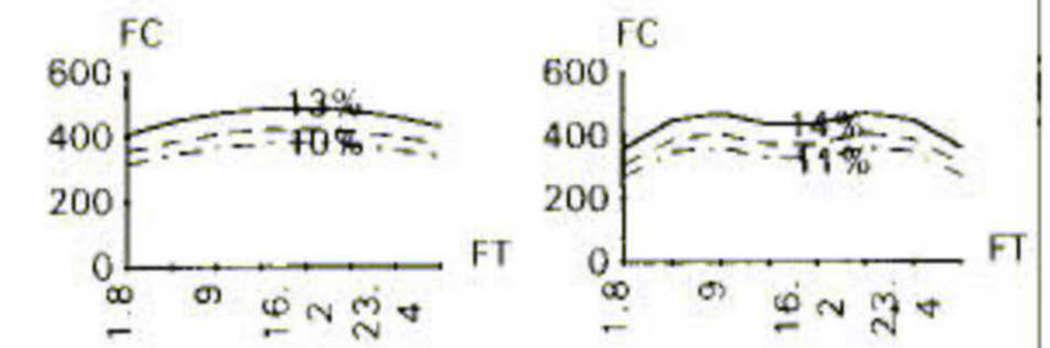


نموذج القاعة	GM
L=3/2W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2.4:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
h / w	
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h_1
H:h_1	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc / Rw / Rf	
0.80 / 0.60 / 0.45 / 0.25 / 0.10	
التوقيت	T
فصل: الصيف — ساعة: ١٢ ظهرا	
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	T_1
0.5	

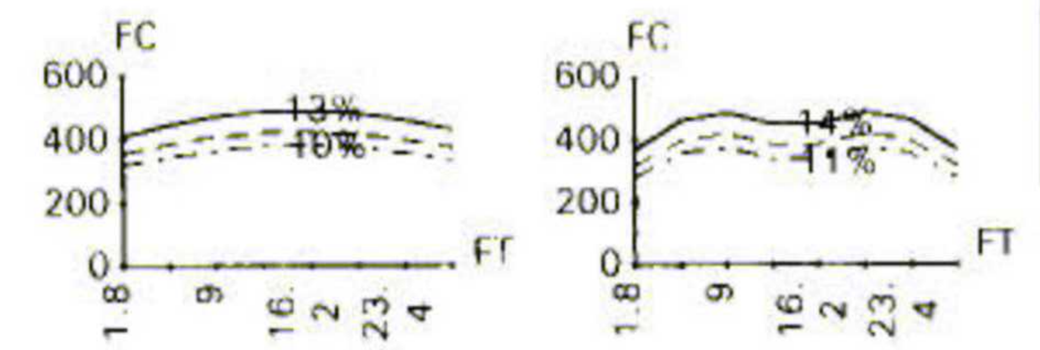
نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير



الحائط الشرقي — الحائط الشمالي



الحائط الغربي — الحائط الجنوبي



—— Rf1 – – – Rf2 — · — Rf3 اسطح الحوائط الداخلية

W = عرض القاعة		n = عدد فتحات السقف	
L = طول القاعة		w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	
R_C = معامل انعكاس السقف		l = طول كل فتحة من فتحات السقف	
R_W = معامل انعكاس الحوائط		R_I = معامل انعكاس الارضية	

جدول (٣-٥٣)

٤-٤ النموذج الرابع لفتحة السقف :
«فتحة واحدة مستطيلة الشكل»

النموذج الرابع SM4 عبارة عن فتحة واحدة طولها يساوى طول القاعة وموجودة فى الجانب الشرقى منها جدول (٣-٥٤) .

وفيهـــا :

$w = KW$ $\qquad$ $L = L$

L = طول القاعة

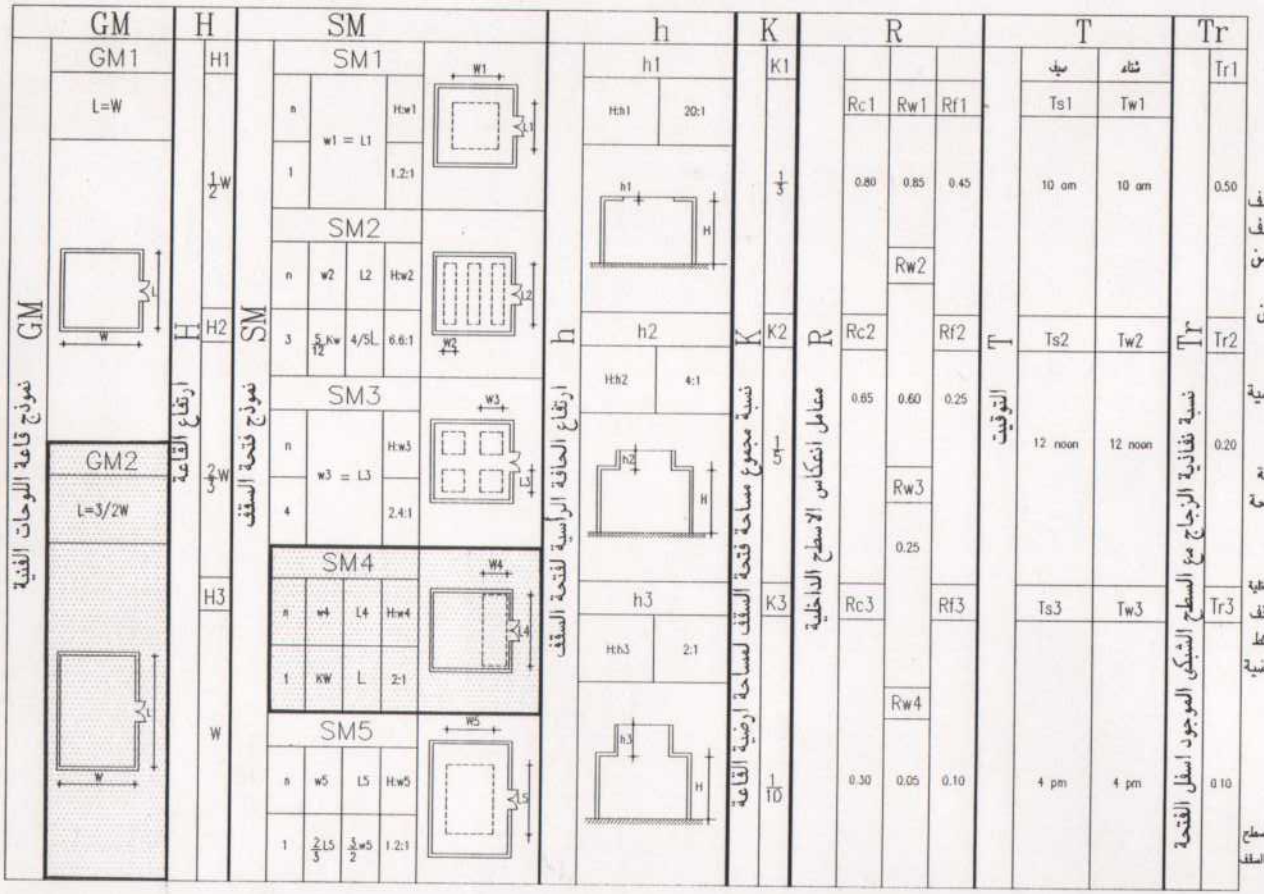
W = عرض القاعة

K = نسبة مجموع مساحة فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة.

L = طول فتحة السقف

w = عرض فتحة السقف

وكما فى الحالات السابقة فقد روعى أن تتساوى مساحة فتحة السقف (النموذج SM4) مع المساحة التى أفترضت فى النموذج الأول SM1 (فتحة واحدة فى مركز سقف القاعة) وتلك التى أفترضت فى النموذج الثانى SM2 (ثلاث فتحات مستطيلة الشكل) وكذلك تلك التى أفترضت فى النموذج الثالث SM3 (أربع فتحات متماثلة مربعة الشكل).



GM نموذج القاعة
W عرض القاعة
L طول القاعة

H ارتفاع القاعة

SM نموذج فتحة السقف
n عدد فتحات السقف
w عرض كل فتحة من فتحات السقف
L طول كل فتحة من فتحات السقف

h ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف

k نسبة مجموع مساحة فتحات السقف لمساحة ارضية القاعة

R معامل انعكاس الاسطح الداخلية
Rc معامل انعكاس السقف
Rw معامل انعكاس الحوائط
Rf معامل انعكاس الارضية

T التوقيت
Ts صيف
Tw شتاء

Tr نسبة نفاذية الزجاج مع السطح الشبكي الموجود اسفل فتحة السقف

البدائل المختلفة للعناصر المعمارية الاساسية

جدول (٣-٥٤)

٤-٤-١ التجربة الأولى :

٤-٤-١-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع القاعة (H) كما هو واضح فى الجدول (٣-٥٥) .

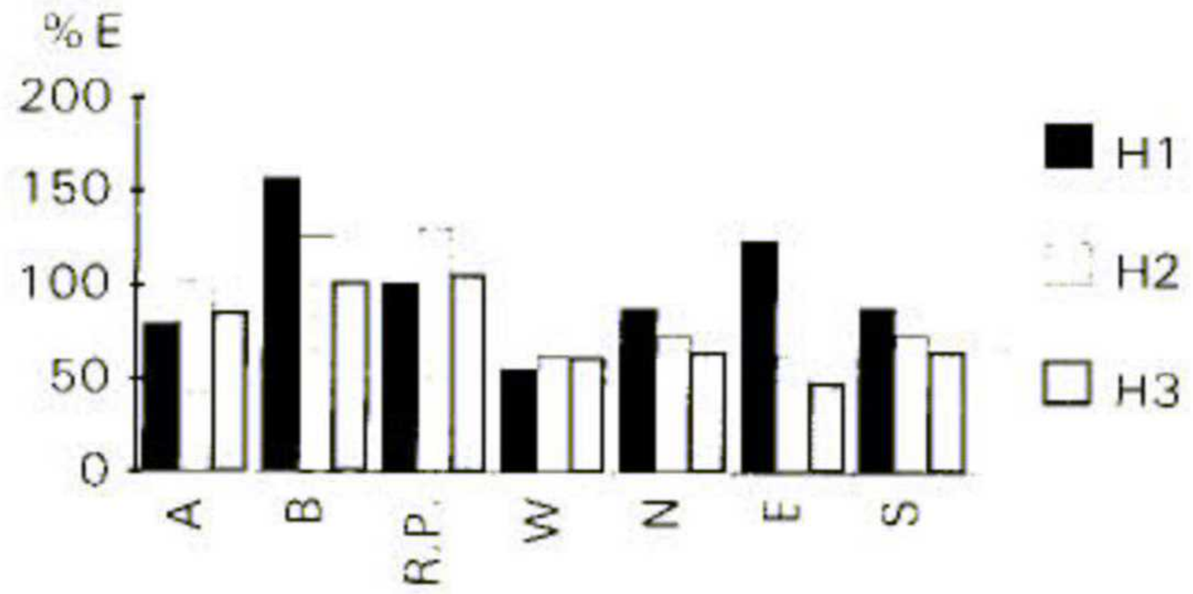
- الإرتفاع = نصف عرض القاعة H1 = 1/2W حيث شدة الإستضاءة E1
- الإرتفاع = ثلثى عرض القاعة . H2 = 2/3W حيث شدة الإستضاءة E2
- الإرتفاع = كامل عرض القاعة . H3 = W حيث شدة الإستضاءة E3

٤-٤-١-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٥) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع القاعة (H) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثى عرض القاعة		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد الإرتفاع من ثلثى عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة	
المحور (أ) A	-٣١٪		١٨٪	
المحور (ب) B	٣٨٪		١٢٪	
نقطة المرجع R.P.	-٣٠٪		١٩٪	
الحائط الغربى	-١٦٪		٣٪	
الحائط الشمالى	٢٢٪		١١٪	
الحائط الشرقى	٤٤٪		٢٢٪	
الحائط الجنوبى	٢٢٪		١١٪	



شـــــكل (٣-٤٩)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٤٩) :

- أن نسبة شدة الإستضاءة تزداد على المحور (أ) وعند نقطة المرجع بنفس القيمة عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثى عرض القاعة وتنخفض أيضاً بنفس القيمة عندما يصل الارتفاع إلى كامل عرض القاعة .
- أن أكثر المواضع تأثراً هو الحائط الشرقى للقاعة مع تغير ارتفاع القاعة وأقل المواضع تأثراً هو الحائط الغربى (البعيد عن الفتحة) حيث تزداد شدة الاستضاءة فى البداية عندما يزيد الارتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثيها ثم تنخفض مرة أخرى بنسبة ضئيلة عندما يزيد الإرتفاع إلى كامل عرض القاعة .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٥) أن تدرج شدة الإستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع القاعة	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
H1 = 1/2W	١ : ٠.٦	١ : ٠.١
H2 = 2/3W	١ : ٠.٦	١ : ٠.٢
H3 = W	١ : ٠.٦	١ : ٠.٤

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الإستضاءة لا يتغير فى الإتجاه الطولى للقاعة مع إختلاف إرتفاعها ولكنه يختلف فى الإتجاه العرضى لها .

نموذج القاعة	GM
L=5/2W	

ارتفاع القاعة			H
1/2W	2/3W	W	
H:w	H:w	H:w	
1.5:1	2:1	3:1	

نموذج فتحة السقف			SM
n	w	L	
1	KW	L	

ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
20:1	

نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	

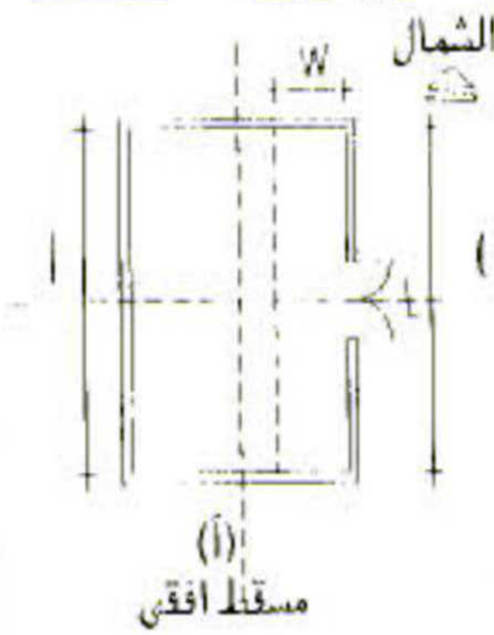
معامل انعكاس الاسطح الداخلية			R
Rc	Rw	Rf	
0.80	0.60	0.2	

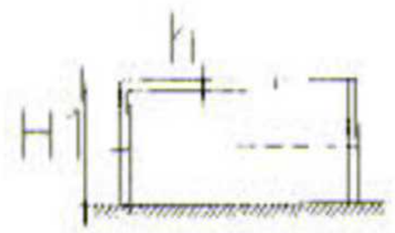
التوقيت		T
فصل	الساعة	
الصيف	١٢ ظهرا	

نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tr
0.50	

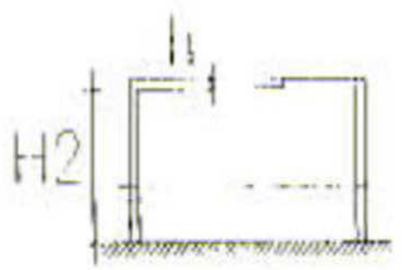
التجربة الاولى

الشمال

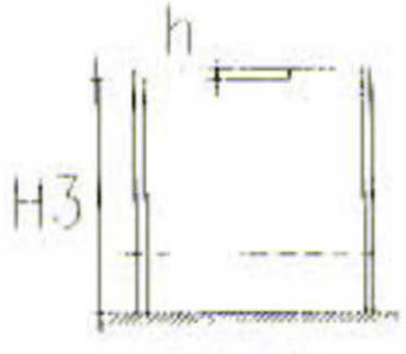




قطاع عرضي

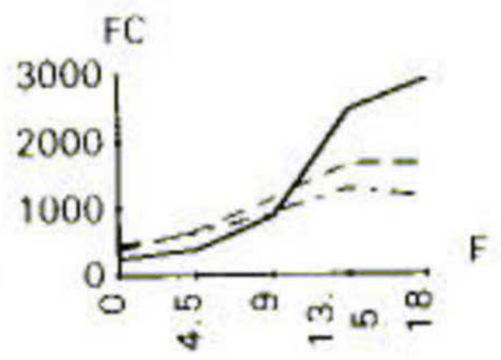


قطاع عرضي

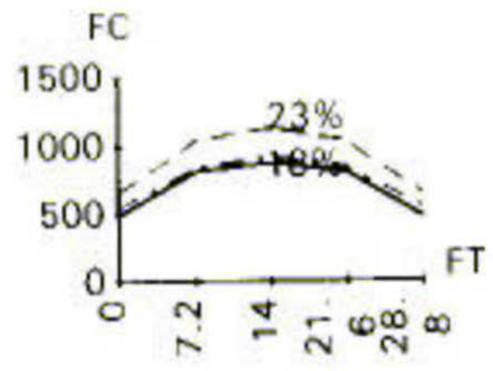


قطاع عرضي

نسب انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

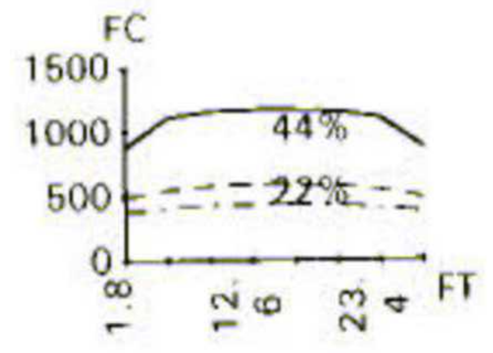


المحور (ب)

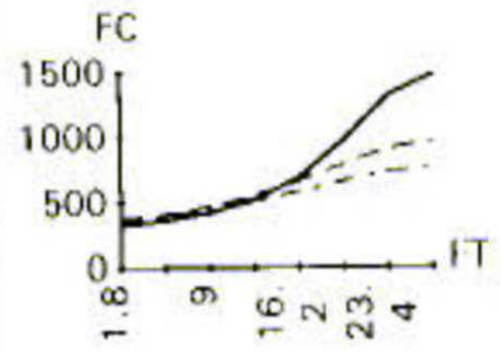


المحور (أ)

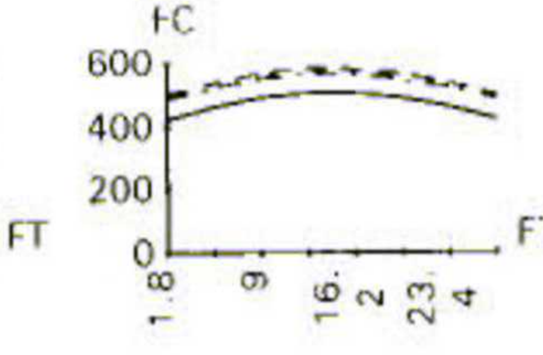
الحائط الشرقي



الحائط الشمالي

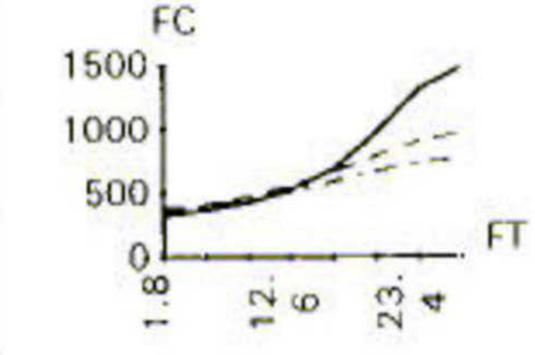


الحائط الغربي



اسطح الحوائط الداخلية

الحائط الجنوبي



—— H1 – – – H2 – · – H3

W = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	l = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٥٥)

٤-٤-٢ التجربة الثانية :

٤-٤-٢-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) كما هو واضح فى الجدول (٣-٥٦) .

وقد أختير لإرتفاع جوانب فتحة السقف (h) ثلاث قيم نسبية متزايدة .

$h1 = \frac{1}{20} H \ (= \frac{1}{10} w)$ حيث شدة الإستضاءة E1

$h2 = \frac{1}{4} H \ (= \frac{1}{2} w)$ حيث شدة الإستضاءة E2

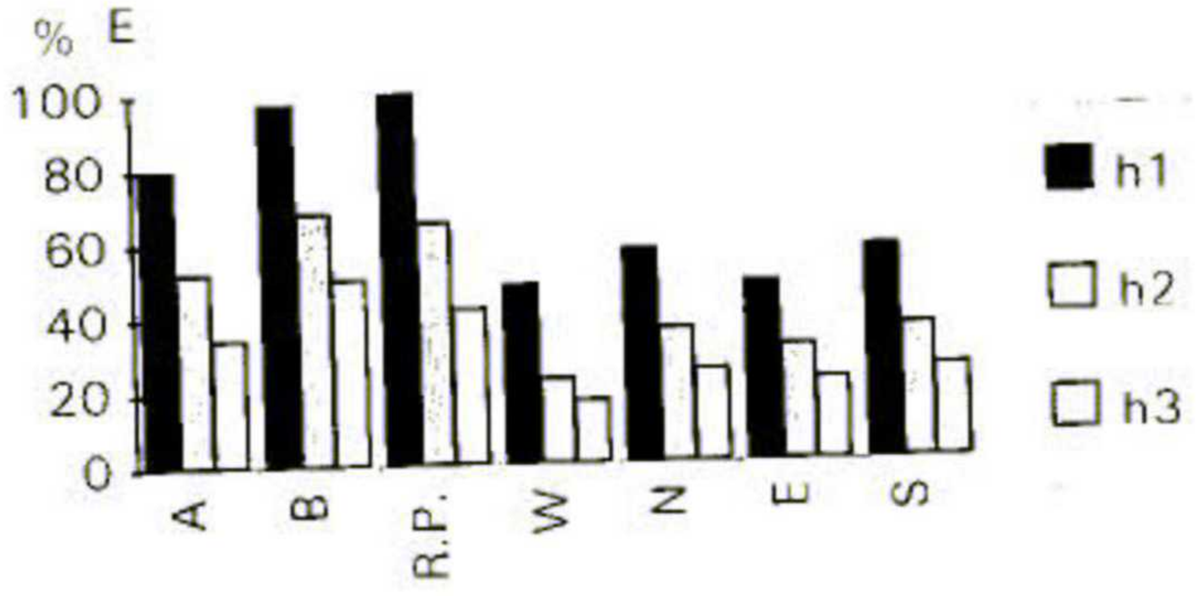
$h3 = \frac{1}{2} H \ (= \quad w)$ حيث شدة الإستضاءة E3

٤-٤-٢-٢-٣ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٦) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتزايد إرتفاع جوانب فتحة السقف (h) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h1 ، إلى h2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h2 ، إلى h3	
المحور (أ) A	٪٣٥		٪٣٥	
المحور (ب) B	٪٣٦		٪٣١	
نقطة المرجع R.P.	٪٣٥		٪٣٥	
الحائط الغربى	٪٥٢		٪٢٧	
الحائط الشمالى	٪٣٨		٪٣١	
الحائط الشرقى	٪٣٦		٪٣٠	
الحائط الجنوبى	٪٣٨		٪٣١	



شـــــكل (٣-٥٠)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٥٠) :

- إن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة متساوية تقريباً عند كل مواضع الدراسة عدا الحائط الغربى الذى يعتبر أكثر المواضع تأثراً .
- إن تغير إرتفاع جوانب فتحة السقف له تأثير كبير على شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة مما يدل على أهمية ذلك العنصر وإمكانية إستغلاله للوصول إلى شدة الإستضاءة المطلوبة داخل القاعة المتحفية .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٦) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
إرتفاع جوانب فتحة السقف	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
$h1 = \frac{1}{20} H$	١ : ٠.٦	١ : ٠.٢
$h2 = \frac{1}{4} H$	١ : ٠.٦	١ : ٠.١
$h3 = \frac{1}{2} H$	١ : ٠.٦	١ : ٠.١

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لا يتغير مع إختلاف إرتفاع جوانب فتحة السقف .

نموذج القاعة	GM
L 3/2W	

ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2:1	H:w

نموذج فتحة السقف			SM
n	w	L	
1	KW	L	

ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف			h
H:h1	H:h2	H:h3	
20:1	4:1	2:1	

نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	

معامل انعكاس الاسطح الداخلية			R
Rc	Rw	Rf	
0.80	0.60	0.25	

التوقيت		T
فصل	الساعة	
الصيف	١٢ ظهرا	

نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	Tr
0.50	

الشمال

(أ)

W

التجربة الثانية

L

(ب)

مسقط افقى

h1

h1 = 1/20H

قطاع عرضى

h2

H

h2 - 1/4H

قطاع عرضى

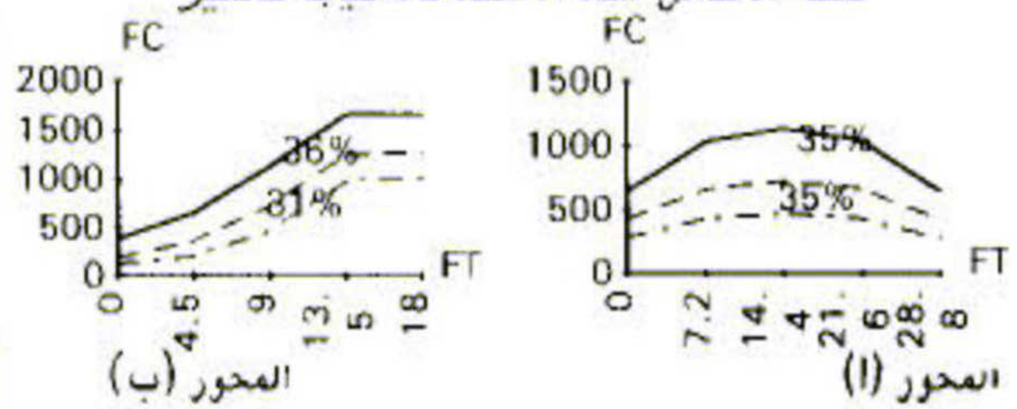
h3

H

h3 - 1/2H

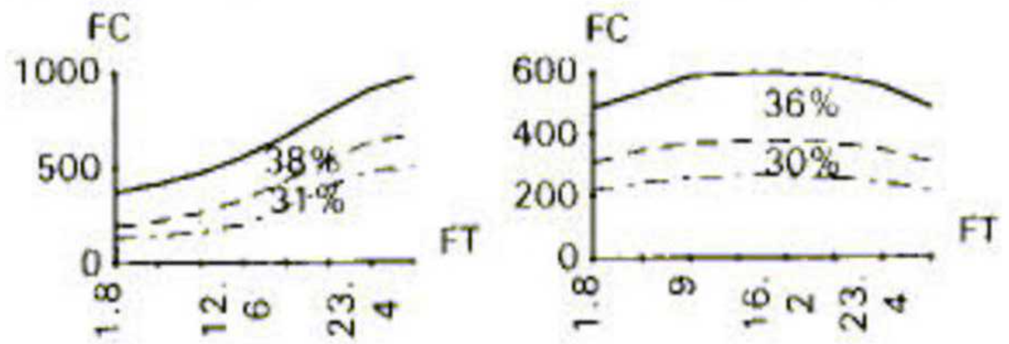
قطاع عرضى

نسب انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير



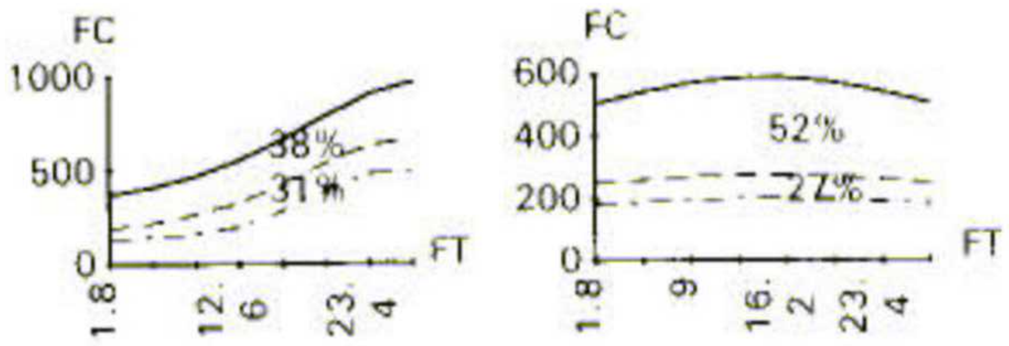
الحائط الشمالى

الحائط الشرقى



الحائط الجنوبى

الحائط الغربى



اسطح الحوائط الداخلية

—— h1 – – – h2 – · – h3

W = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	L = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٥٦)

٤-٤-٣ التجربة الثالثة :

٤-٤-٣-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (k) كما هو واضح فى الجدول (٣-٥٧) .

وقد أختير للنسبة K ثلاث قيم نسبية متناقصة وهى :

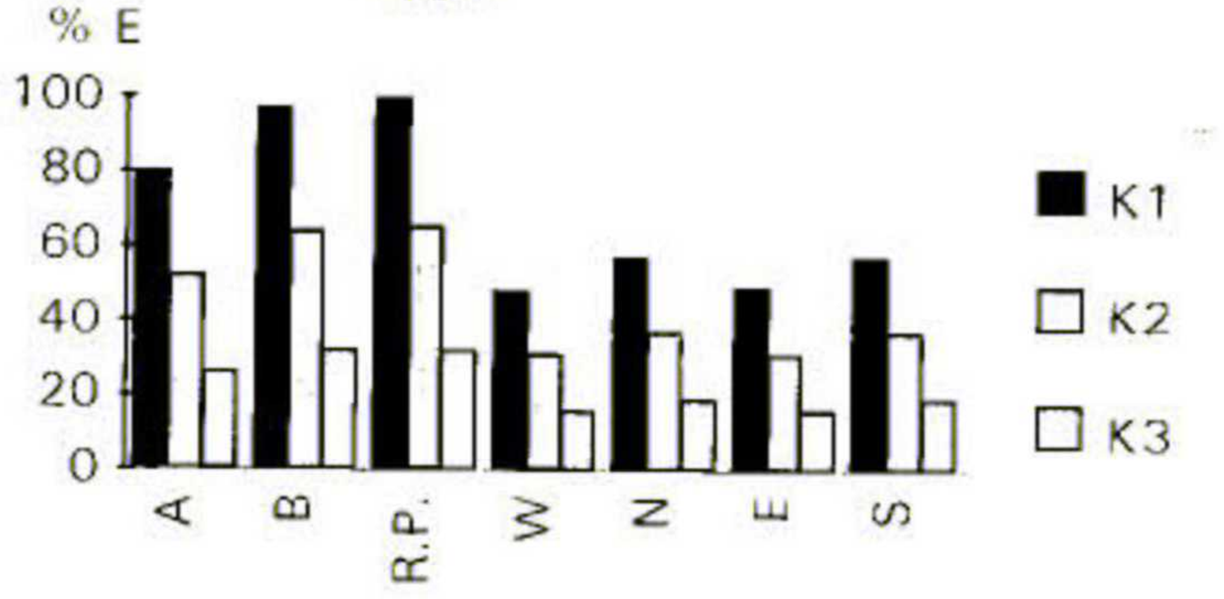
K1 = 1/3	حيث شدة الإستضاءة E1
K2 = 1/5	حيث شدة الإستضاءة E2
K3 = 1/10	حيث شدة الإستضاءة E3

٤-٤-٣-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٧) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص نسبة مجموع مساحات فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل النسبة من K1 إلى K2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل النسبة من K2 إلى K3	
المحور (أ) A	٣٥٪		٥٠٪	
المحور (ب) B	٣٥٪		٥٠٪	
نقطة المرجع R.P.	٣٥٪		٥٠٪	
الحائط الغربى	٣٥٪		٤٩٪	
الحائط الشمالى	٣٤٪		٤٩٪	
الحائط الشرقى	٣٦٪		٤٩٪	
الحائط الجنوبى	٣٤٪		٤٩٪	



شـــــكل (٣-٥١)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٥١)

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً فى مواضع الدراسة المختلفة .
- أن شدة الإستضاءة تتأثر تأثراً كبيراً بتغير نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة .

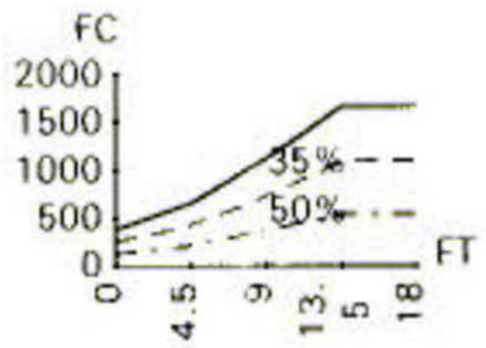
ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٧) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

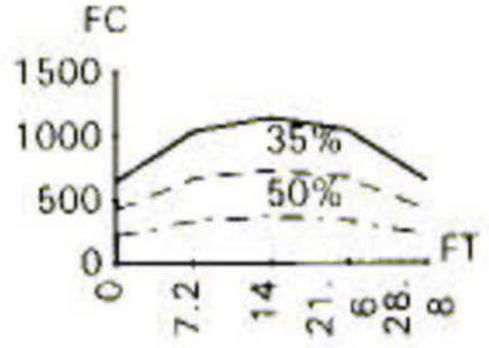
المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
النسبة K	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
K1 = 1/3	١ : ٠.٦	١ : ٠.٢
K2 = 1/5	١ : ٠.٦	١ : ٠.٢
K3 = 1/10	١ : ٠.٦	١ : ٠.٢

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير فى الإتجاهين الطولى والعرضى مع إختلاف نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة (K) .

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

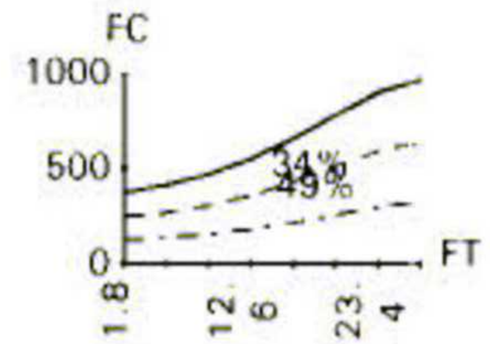


المحور (ب)

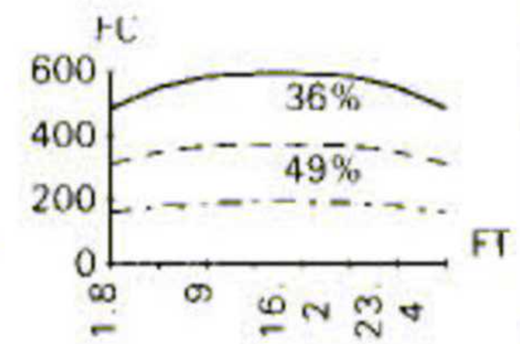


المحور (أ)

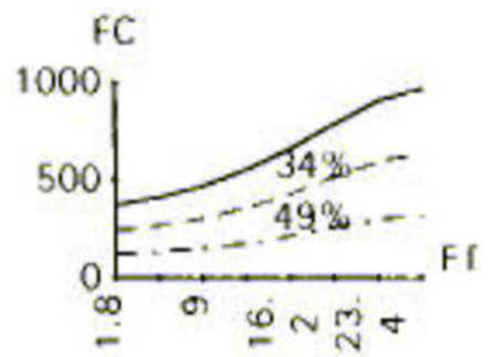
الحائط الشمالي



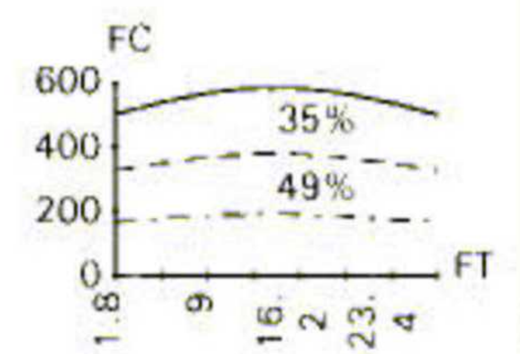
الحائط الشرقي



الحائط الجنوبي

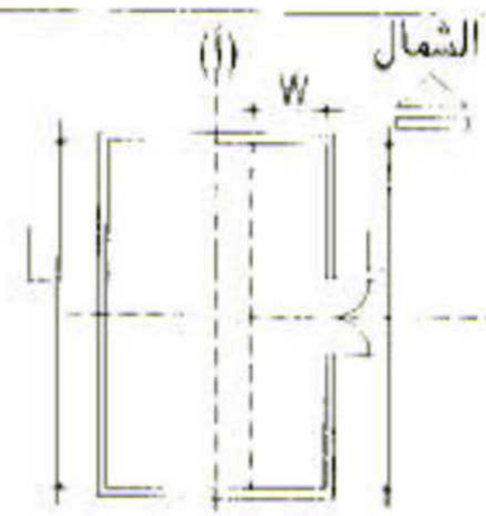


الحائط الغربي

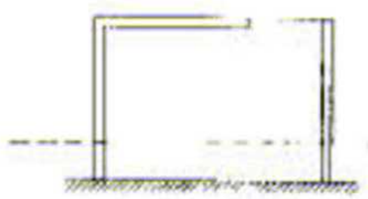


اسطح الحوائط الداخلية

الشمال (أ)

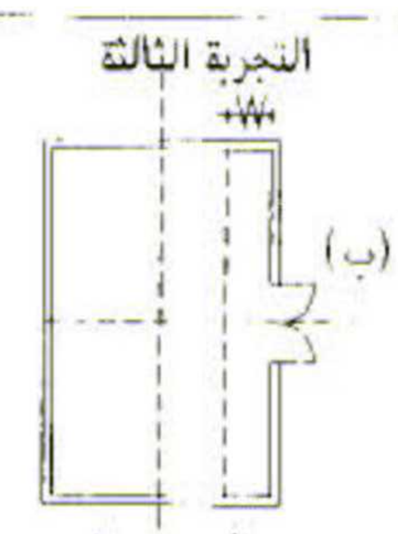


مسقط افقي

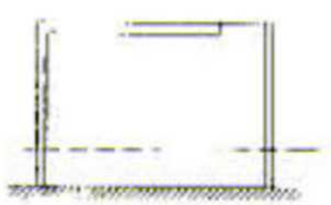


قطاع عرضي

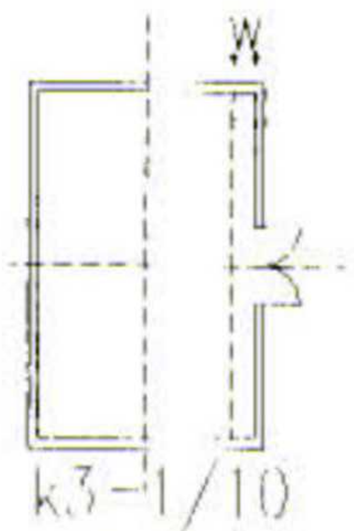
النجربة الثالثة



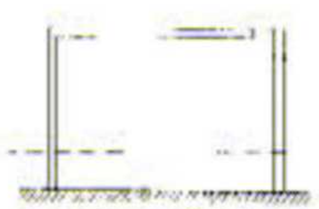
مسقط افقي



قطاع عرضي



مسقط افقي



قطاع عرضي

نموذج القاعة	GM
l=3/2W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2:1	H.w
نموذج فتحة السقف	SM
n / w / L	
1 / KW / L	
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
20:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
k1=1/3 | k2=1/5 | k3=1/10	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc / Rw / Rf	
0.80 / 0.60 / 0.25	
التوقيت	T
فصل: الصيف — الساعة: ١٢ ظهرا	
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tr
0.50	

W = عرض القاعة
L = طول القاعة
n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
L = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rf = معامل انعكاس الارضية
Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٥٧)

٤-٤-٤ التجربة الرابعة :

٤-٤-٤-١ *الثوابت والمتغير*

فى هذه التجربة تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس أحد الأسطح الداخلية وهو السقف (Rc) كما هو واضح فى الجدول (٣-٥٨) .

وقد أختيرت ثلاثة أنواع من تشطيبات السقف لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة[1] وهى :

(دهان أبيض على بياض)	Rc1 = 0.80	حيث شدة الإستضاءة E1
(بيـــــــاض فقط)	Rc2 = 0.65	حيث شدة الإستضاءة E2
(خرســانة ظاهـرة ناعمة)	Rc3 = 0.30	حيث شدة الإستضاءة E3

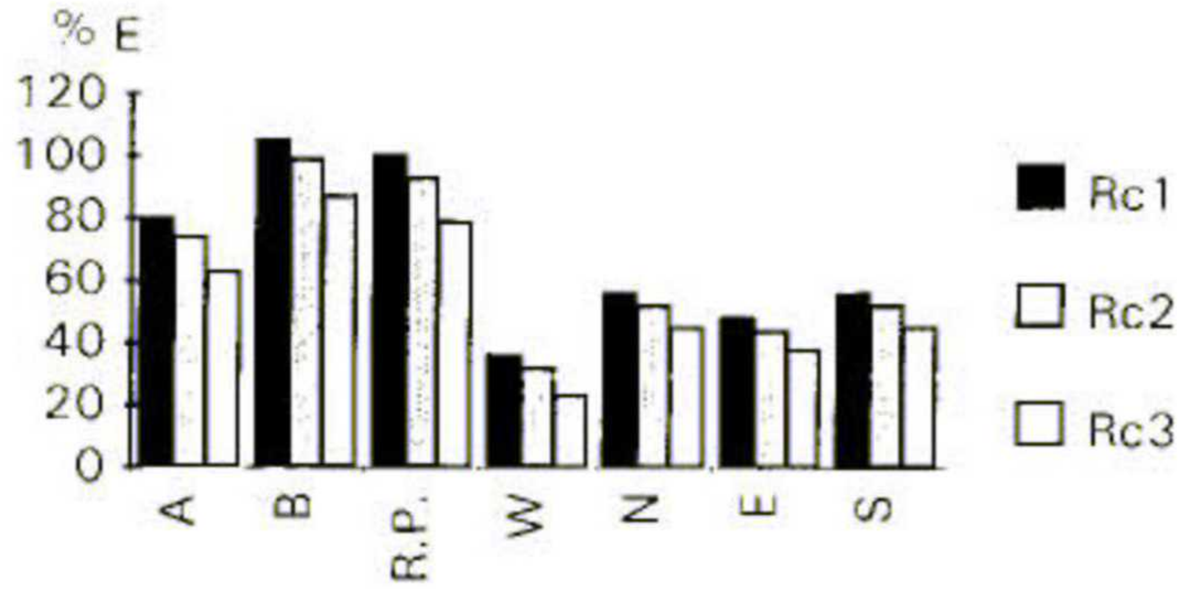
٤-٤-٤-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٨) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس السقف (Rc) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc1 إلى Rc2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يقل معامل إنعكاس السقف من Rc2 إلى Rc3	
المحور (أ) A	٧٪		١٥٪	
المحور (ب) B	٨٪		١٨٪	
نقطة المرجع R.P.	٧٪		١٥٪	
الحائط الغربى	١٢٪		٢٨٪	
الحائط الشمالى	٨٪		١٧٪	
الحائط الشرقى	٧٪		١٥٪	
الحائط الجنوبى	٨٪		١٧٪	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٥٢)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٥٢)

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع.
- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى عند أسطح الحوائط الثلاثة الشمالى والشرقى والجنوبى فيما عدا الحائط الغربى الذى يعتبر أكثر المواضع تأثراً بتغير معامل إنعكاس السقف Rc .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٨) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

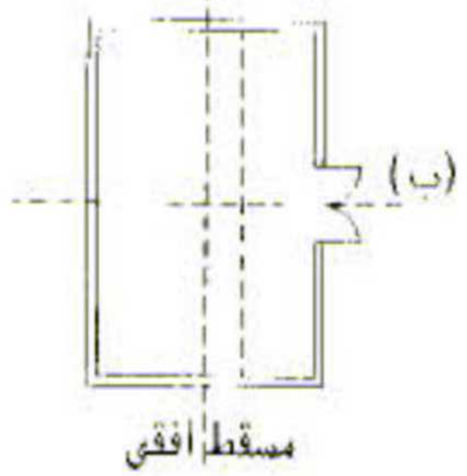
المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rc	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rc1 = 0.80	١ : ٠.٦	١ : ٠.١
Rc2 = 0.65	١ : ٠.٦	١ : ٠.١
Rc3 = 0.30	١ : ٠.٦	١ : ٠.١

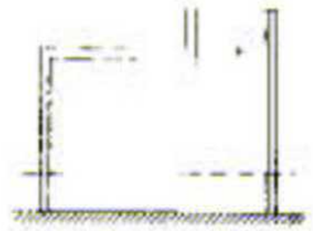
يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير فى الإتجاهين الطولى والعرضى مع إختلاف معامل إنعكاس السقف (Rc) .

التجربة الرابعة

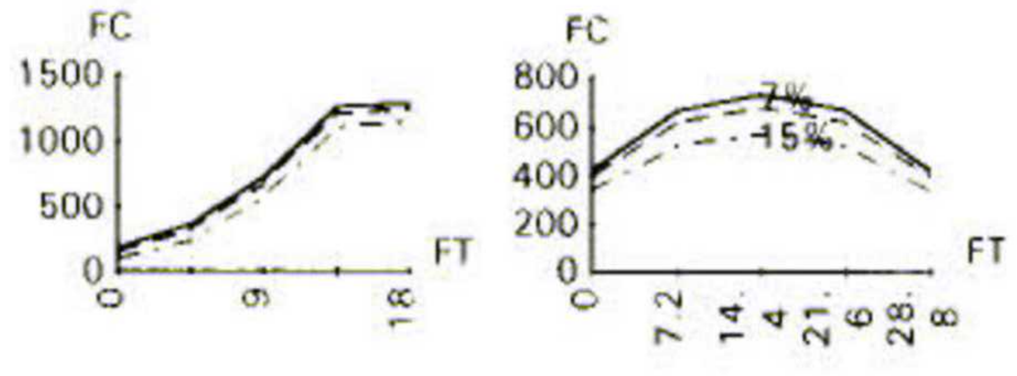
نموذج القاعة	GM
L 3/2W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n | w | L	
1 | kW | L	
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
h:l	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc | Rw | Rf	
0.80 0.65 0.30 | 0.60 | 0.25	
التوقيت	T
الساعة: ١٢ ظهرا | فصل: الصيف	
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشكى	Tr
0.50	

(أ)



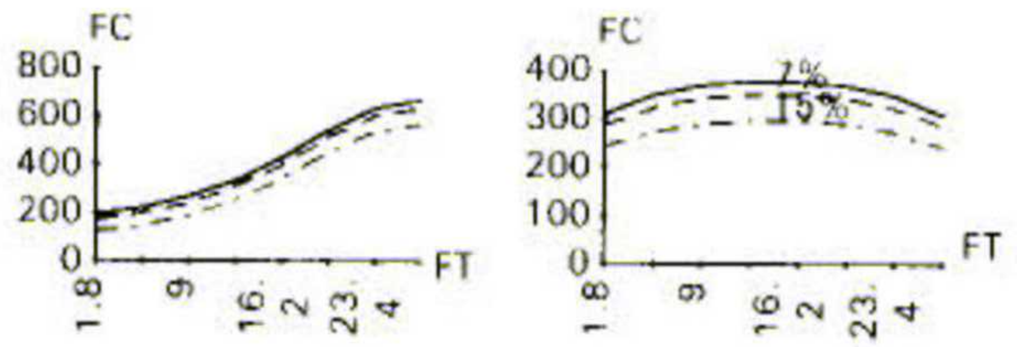


نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير



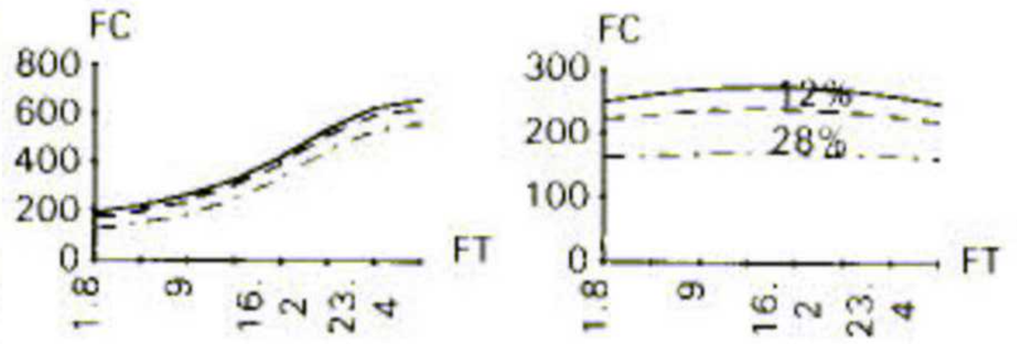
الحائط الشمالى

الحائط الشرقى



الحائط الجنوبى

الحائط الغربى



Rc1 – – – Rc2 – · – Rc3 اسطح الحوائط الداخلية

عرض القاعة	W	عدد فتحات السقف	= n
طول القاعة	l	عرض كل فتحة من فتحات السقف	= W
طول كل فتحة من فتحات السقف	= l	معامل انعكاس الارضية	= Rf
معامل انعكاس السقف	= Rc	معامل انعكاس الحوائط	Rw

جدول (٣-٥٨)

٤-٤-٥ التجربة الخامسة :

٤-٤-٥-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الحوائط (Rw) كما هو واضح فى الجدول (٣-٥٩) :

وقد أختير للحوائط أربعة أنواع من التشطيبات (دهانات ذات ألوان مختلفة)[١] لكل منها معامل إنعكاس ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(دهـان باللون الأبيـض)	Rw1 = 0.85	حيث شدة الإستضاءة E1
(دهـان باللون السـكرى)	Rw2 = 0.60	حيث شدة الإستضاءة E2
(دهـان باللون البـنى)	Rw3 = 0.30	حيث شدة الإستضاءة E3
(دهـان باللون الأسـود)	Rw4 = 0.05	حيث شدة الإستضاءة E4

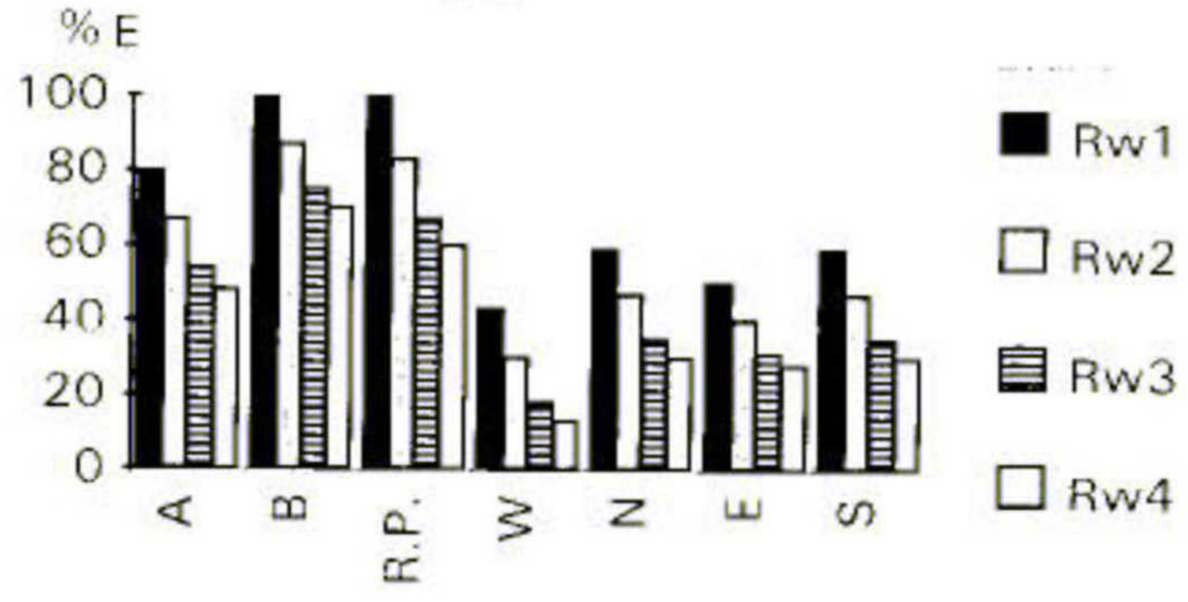
٤-٤-٥-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٩) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس الحوائط (Rw) - هى على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة					
	E1-E2 % / E1	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw1 إلى Rw2	E2-E3 % / E2	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw2 إلى Rw3	E3-E4 % / E3	عندما يقل معامل إنعكاس الحوائط من Rw3 إلى Rw4
المحور (أ) A		٪١٧		٪٢٠		٪١١
المحور (ب) B		٪١٧		٪٢١		٪١٢
نقطة المرجع R.P.		٪١٧		٪١٩		٪١٠
الحائط الغربى		٪٣٠		٪٤٠		٪٢٩
الحائط الشمالى		٪٢٣		٪٢٩		٪١٧
الحائط الشرقى		٪٢١		٪٢٢		٪١١
الحائط الجنوبى		٪٢٣		٪٢٩		٪١٧

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٥٣)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٥٣)

- أن نسب إنخفاض شدة الإستضاءة تتساوى تقريباً على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع .
- إن أكثر المواضع تأثراً هى أسطح الحوائط وخاصة الحائط الغربى من القاعة (فقد إنخفضت شدة الإستضاءة بمقدار ٤٠٪ عندما يتغير لون الحوائط من اللون الأبيض إلى اللون الأسود) .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٥٩) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس السقف Rw	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rw1 = 0.85	١ : ٠.٦	١ : ٠.٢
Rw2 = 0.60	١ : ٠.٦	١ : ٠.١
Rw3 = 0.25	١ : ٠.٦	١ : ٠.١
Rw4 = 0.05	١ : ٠.٦	١ : ٠.١

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير فى الاتجاهين الطولى والعرضى مع إختلاف معامل إنعكاس الحوائط (Rw) .

التجربة الخامسة

نموذج القاعة	GM
L=3/2W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM

n	w	L
.1	KW	L

ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R

Rc	Rw				Rf
0.80	0.85	0.60	0.25	0.05	0.25

التوقيت	T
الساعة	فصل
١٢ ظهرا	الصيف
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكى	Tr
0.50	

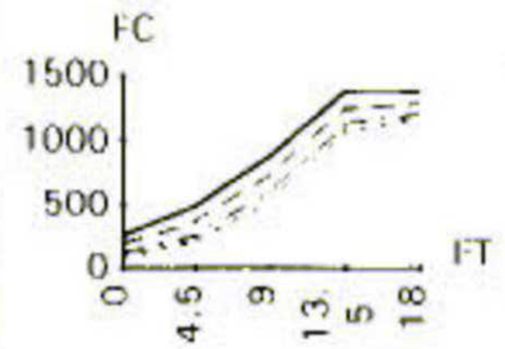
(أ)

(ب)

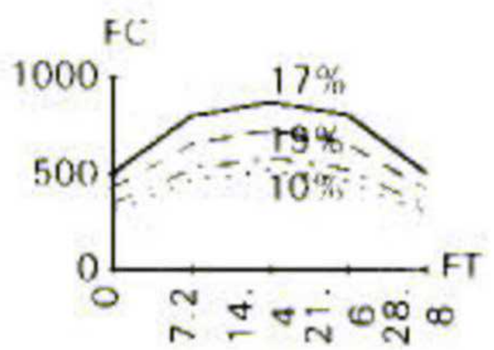
مسقط افقى

قطاع عرضى

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

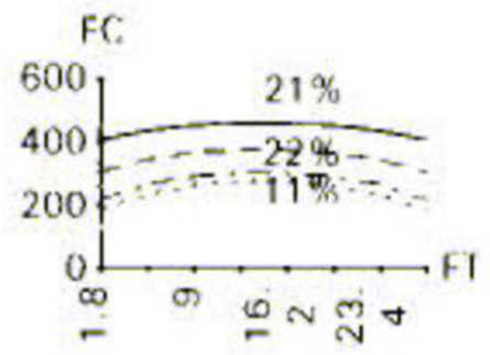


المحور (ب)

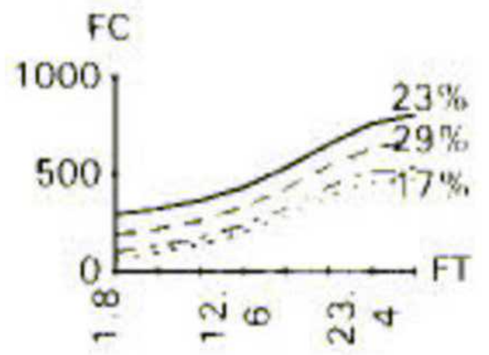


المحور (أ)

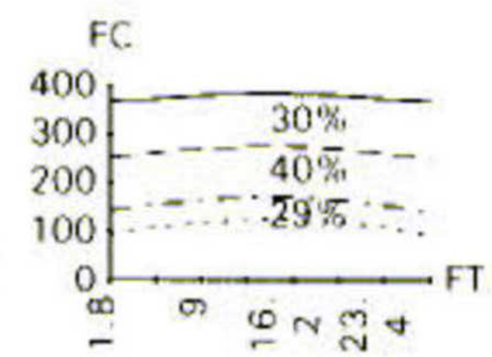
الحائط الشرقى



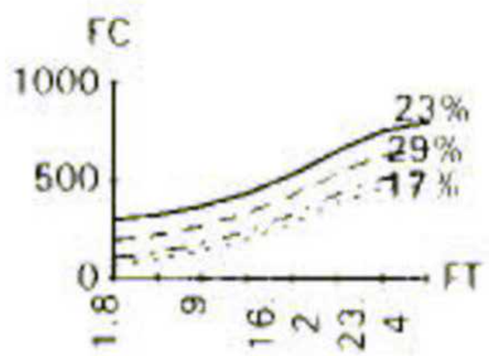
الحائط الشمالى



الحائط الغربى



الحائط الجنوبى



اسطح الحوائط الداخلية Rw1 – – – Rw2 – · – Rw3

W = عرض القاعة	n = عدد فتحات السقف	l = طول كل فتحة من فتحات السقف	Rf = معامل انعكاس الارضية
L = طول القاعة	w = عرض كل فتحة من فتحات السقف	Rc = معامل انعكاس السقف	Rw = معامل انعكاس الحوائط

جدول (٣-٥٩)

٤-٤-٦ التجربة السادسة :

٤-٤-٦-١ *الثوابت والمتغير*

تثبت جميع العناصر المعمارية عدا معامل إنعكاس الأرضية (Rf) كما هو واضح فى الجدول (٣-٦٠) :

وقد أختير الأرضية ثلاثة أنواع من التشطيبات[1] لكل منها معامل إنعكاس مختلف ذو قيمة نسبية مختلفة وهى :

(أرضيـــــة رخـــــام) Rf1 = 0.45 حيث شدة الإستضاءة E1

(أرضية خشب ذات لون فاتح) Rf2 = 0.25 حيث شدة الإستضاءة E2

(أرضية خشب ذات لون داكن) Rf3 = 0.10 حيث شدة الإستضاءة E3

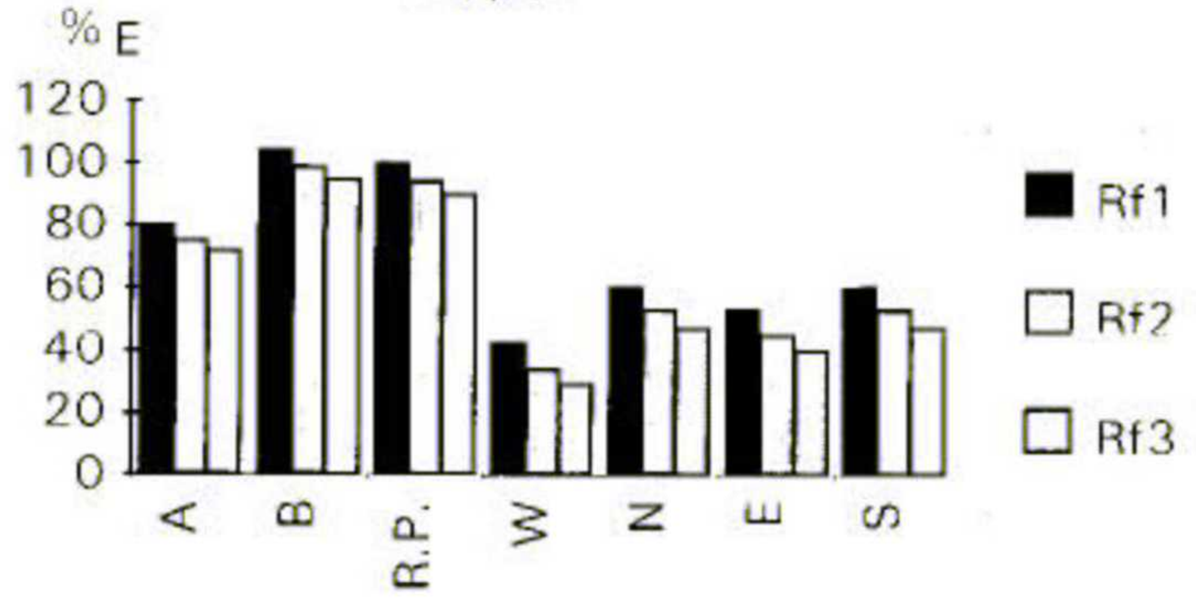
٤-٤-٦-٢ *النتيجة*

أ- <u>التأثر الكمى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٦٠) إن نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة فى مواضع الدراسة المختلفة - نتيجة لتناقص معامل إنعكاس الأرضية (Rf) - تكون على الوجه الآتى :

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf1 إلى Rf2		$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf2 إلى Rf3	
المحور (أ) A	٦٪		٤٪	
المحور (ب) B	٧٪		٥٪	
نقطة المرجع R.P.	٦٪		٤٪	
الحائط الغربى	١٩٪		١٦٪	
الحائط الشمالى	١٥٪		١٢٪	
الحائط الشرقى	١٥٪		١٢٪	
الحائط الجنوبى	١٥٪		١٢٪	

(1) Evan Martin, Housing, Climate and Comfort, the Architectural Press, London 1980, p. 118.



شـــــكل (٣-٥٤)

يتضح من الجدول السابق ومن الشكل (٣-٥٤)

- إن شدة الإستضاءة على المحورين (أ) و(ب) وعند نقطة المرجع تتأثر تأثراً ضعيفاً بتغير معامل انعكاس الارضية Rf كما أن نسب الانخفاض عند هذه المواضع متساوية تقريباً .
- إن أسطح الحوائط هى أكثر المواضع تأثراً وخاصة الحائط الغربى من القاعة .

ب- <u>التأثر الكيفى لشدة الإستضاءة نتيجة للمتغير</u>

يتضح من المنحنيات فى الجدول (٣-٦٠) أن تدرج شدة الاستضاءة فى الإتجاهين الطولى (المحور (أ)) والعرضى (المحور (ب)) يكون على الوجه الآتى :

المتغير	نسب تدرج شدة الإستضاءة من أعلى قيمة إلى أقل قيمة لها	
معامل إنعكاس الأرضية Rf	الإتجاه الطولى (المحور (أ))	الإتجاه العرضى (المحور (ب))
Rf1 = 0.45	١ : ٠.٦	١ : ٠.٢
Rf2 = 0.25	١ : ٠.٦	١ : ٠.١
Rf3 = 0.10	١ : ٠.٦	١ : ٠.١

يوضح الجدول السابق أن تدرج شدة الاستضاءة لايتغير تقريباً فى الاتجاهين الطولى والعرضى مع إختلاف معامل إنعكاس الأرضية (Rf).

التجربة السادسة

نموذج القاعة	GM
l=3/2W	
ارتفاع القاعة	H
2/3w	
2:1	H:w
نموذج فتحة السقف	SM
n	w	l
1	KW	L
ارتفاع الحافة الرأسية لفتحة السقف	h
H:h	
4:1	
نسبة مساحة فتحات السقف لمساحة الارضية	k
1/3	
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
Rc	Rw	Rf		
0.80	0.60	0.45	0.25	0.10
التوقيت	T
الساعة	فصل
١٢ ظهرا	الصيف
نسبة نفاذية الزجاج مع نفاذية السطح الشبكي	Tr
0.50	

(أ)

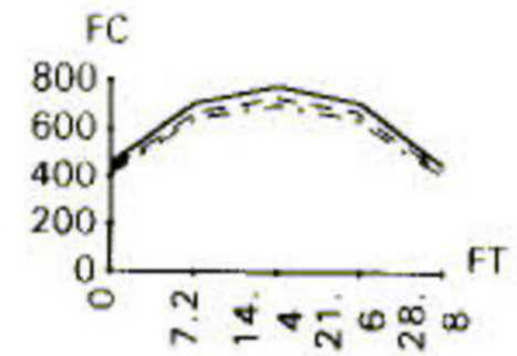
(ب)

مسقط افقي

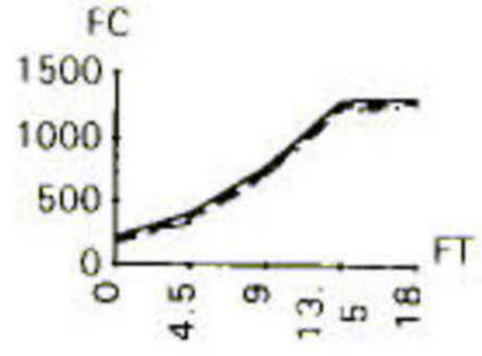
قطاع عرضي

نسبة انخفاض شدة الاستضاءة نتيجة للمتغير

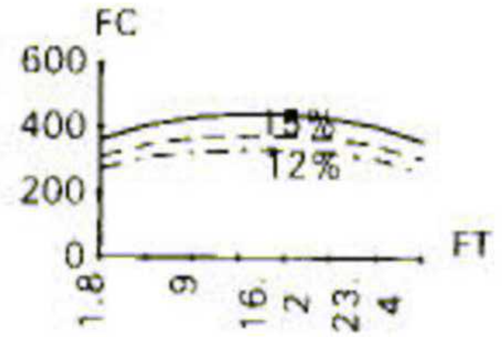
المحور (أ)



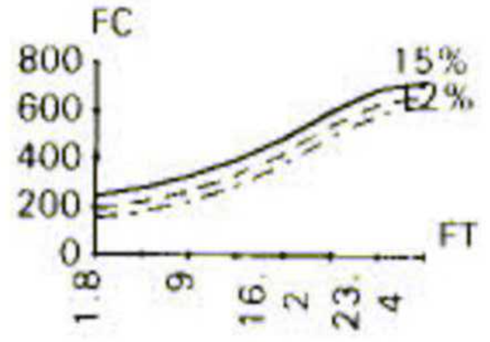
المحور (ب)



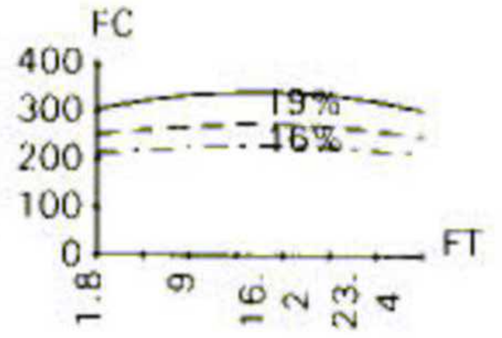
الحائط الشرقي



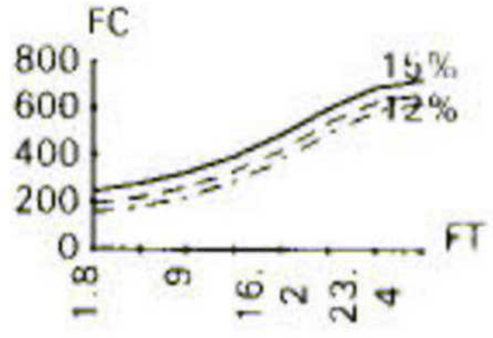
الحائط الشمالي



الحائط الغربي



الحائط الجنوبي



اسطح الحوائط الداخلية

—— Rf1 – – – Rf2 — · — Rf3

l = طول القاعة
W = عرض القاعة
n = عدد فتحات السقف
w = عرض كل فتحة من فتحات السقف
l = طول كل فتحة من فتحات السقف
Rc = معامل انعكاس السقف
Rw = معامل انعكاس الحوائط
Rf = معامل انعكاس الارضية

جدول (٣-٦٠)

الباب الرابع

النتائج التحليلية للدراسة العملية

محتويات الباب الرابع

١ - تمهيـــد

٢- تأثير تغير قيم العناصر المعمارية عى شدة الإستضاءة داخل القاعة المتحفية .

٢-١ تاثير تغير شكل القاعة

٢-٢ تاثير تغير ارتفاع القاعة

٢-٣ تاثير تغير نموذج الفتحات العلوية

٢-٤ تاثير تغير ارتفاع جوانب الفتحة العلوية

٢-٥ تاثير تغير نسبة مجموع مساحات الفتحات العلوية إلى مساحة ارضية القاعة

٢-٦ تاثير تغير معاملات انعكاس الاسطح الداخلية

٢-٢ تاثير تغير النفاذية

١- تمهيـــد

تم فى الباب السابق تقديم عرض تفصيلى للتجارب التى أجريت فى إطار هذا البحث على أساس الثوابت والمتغيرات والافتراضات التصميمية المحددة فيه .

وقد أسفرت هذه التجارب عن النتائج التى أدرجت مع كل تجربة (فى الباب السابق) والتى قد تقدم الاجابات على بعض التساؤلات التى يمكن أن يطرحها المصمم عند تصميمه لقاعة متحفية مضاءة إضاءة طبيعية من فتحات علوية فى سقفها وتعرض على حوائطها لوحات فنية .

ولم تقتصر النتائج المشار إليها على الجانب الكمى ، أى حساب شدة الاستضاءة عند المواضع المختارة للدراسة ، بل تناولت أيضاً الجانب الكيفى وهو توزيع الضوء وتدرجه فى القاعة المتحفية .

وتناولت النتائج المذكورة حالة الاضاءة بالقاعة وما تتعرض له من تغيرات نتيجة لتغير شكل وأبعاد القاعة ، وأشكال وأبعاد وعدد ومواضع فتحات الإضاءة العلوية . وكانت نتائج التجارب فى مجملها متمشية مع ما يمكن أن يتوقعه المصمم من أثر على حالة الاضاءة نتيجة لحدوث التغيرات المشار إليها، وإن كانت هذه التوقعات قد تحولت من خلال إجراء التجارب إلى نتائج محسوبة حساباً دقيقاً ومحدداً، ولم تعد فقط وليدة للإحساس الشخصى الذى قد يختلف من مصمم إلى آخر .

أما الأسس التى أجريت عليها التجارب فقد تم توضيحها تفصيليا فى الباب السابق : حيث أختيرت خصائص تصميمية معمارية معينة ، واعتبرت هذه الخصائص بمثابة متغيرات ، بحيث أنه يتم فى كل تجربة تثبيت جميع العناصر المعمارية عدا عنصراً واحداً يتم تغير قيمته وبالتالى تحسب النتائج المترتبة على هذا التغيير . جدول (٤-١).

العناصر المعمارية فى الدراسة العملية (الثابتة/ المتغيرة) هى :

العنصر	الحالات المختارة
شكل القاعة	١- قاعة مربعة حيث الطول يساوى العرض. ٢- قاعة مستطيلة حيث الطول يساوى مرة ونصف العرض.
ارتفاع القاعة	١- ارتفاع القاعة يساوى نصف عرضها ٢- ارتفاع القاعة يساوى ثلثى عرضها ٣- ارتفاع القاعة يساوى كامل عرضها
نماذج فتحات السقف	١- النموذج الأول : عدد ١ فتحة فى مركز السقف ٢- النموذج الثانى : عدد ٣ فتحة مستطيلة ٣- النموذج الثالث : عدد ٤ فتحة مربعة ٤- النموذج الرابع : عدد ١ فتحة مستطيلة فى جانب السقف
ارتفاع جوانب فتحة السقف (العمق)	١- الارتفاع يساوى $\frac{1}{20}$ من ارتفاع القاعة ٢- الارتفاع يساوى ربع ارتفاع القاعة ٣- الارتفاع يساوى نصف ارتفاع القاعة
نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة ارضية القاعة	١- النسبة هى الثُلث ٢- النسبة هى الخُمس ٣- النسبة هى العُشر
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	السقف: ١- ٠,٨٠ ؛ ٢- ٠,٦٥ ؛ ٣- ٠,٣٠ الحوائط: ١- ٠,٨٥ ؛ ٢- ٠,٦٠ ؛ ٣- ٠,٢٥ ؛ ٤- ٠,٠٥ الارضية: ١- ٠,٤٥ ؛ ٢- ٠,٢٥ ؛ ٣- ٠,١٠
النفاذية فى الفتحات العلوية	١- ٠,٥٠ ٢- ٠,٢٠ ٣- ٠,١٠

جدول (٤-١)

وبمقارنة نسب تغير شدة الاستضاءة الناتجة عن تغير قيم العناصر المعمارية من خلال التجارب وفى الحالات المختلفة وعند مواضع الدراسة المختارة وعند ارتفاع محدد ظهرت النتائج التى ستعرض خطوطها العريضة وتفاصيلها فى هذا الجزء من البحث . جدول (٤-٢) ، (٤-٣) .

٢- تأثير تغير قيم العناصرالمعمارية على شدة الاستضاءة داخل القاعة المتحفية

٢-١ تأثير تغيّر شكل القاعة

* **فى حالة ثبات مساحة الارضية ، وثبات مساحة الفتحة العلوية:**

إذا ما تغير شكل القاعة من مستطيل (حيث الطول = مرة ونصف العرض)
إلى مربع (حيث الطول = العرض)
يكون أكثر المواضع تأثراً : الحوائط ومركز القاعة .

* **فى حالة ثبات عرض القاعة ، وثبات مساحة الفتحة العلوية:**

إذا ما تغير شكل القاعة من مستطيل (حيث الطول = مرة ونصف العرض)
إلى مربع (حيث الطول = العرض)
يكون أكثر المواضع تأثراً : مركز القاعة أما الحوائط فتتأثر تأثراً ضعيفاً .
ويوضح الجدول (٤-٤) تفاصيل ما سبق ذكره .

٢-٢ تأثير تغيّر ارتفاع القاعة

٢-٢-١ التأثر الكمى

* **فى حالة النموذجين الأول والثانى للفتحات العلوية[١] :**

إذا ما تغير ارتفاع القاعة :
يكون أكثر المواضع تأثراً : منطقة وسط القاعة وخصوصاً المركز .
وأقل المواضع تأثراً : الحوائط .
ويسرى ذلك على حالتى القاعة المربعة والمستطيلة (مع إختلاف قيم النتائج بينهما)

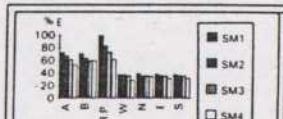
* **فى حالة النموذج الثالث للفتحات العلوية[٢] :**

إذا ما تغير ارتفاع القاعة :
يكون أكثر المواضع تأثراً : الحوائط
وأقل المواضع تأثراً :منطقة وسط القاعة وخصوصاً المركز .
ويسرى ذلك على حالتى القاعة المربعة والمستطيلة (مع اختلاف قيم النتائج بينهما)

---

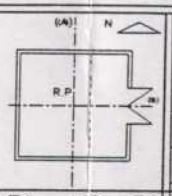
(١) النموذج الأول : عدد ١ فتحـــــة فى مركز السقف .
(١) النموذج الثانى : عدد ٣ فتحة مستطيلة
(٢) النموذج الثالث : عدد ٤ فتحة مربعة

GM1 الثوابت و المتغيرات



E : شدة الاستضاءة (القيمة منسوبة الى شدة الاستضاءة عند نقطة المرجع .

SM4

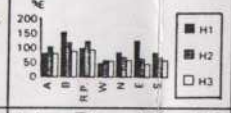


n	w	L	H: w
1	KW	L	2:1

SM	A	B	R.P	W	N	E	S
SM1	73	71	100	38	40	39	38
SM2	68	64	84	38	36	37	37
SM3	62	60	74	36	37	36	37
SM4	53	60	62	29	35	32	35

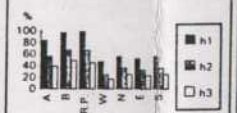
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
27	-26	A
37	43	B
24	-24	R.P.
4	-20	W.
13	6	N.
27	48	E.
13	6	S.

H1→E1 , H2→E2 H3→E3



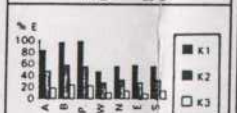
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
31	33	A
32	35	B
32	34	R.P.
32	47	W.
32	38	N.
30	36	E.
33	38	S.

h1→E1 , h2→E2 h3→E3



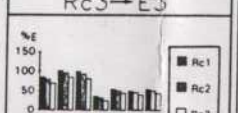
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
59	44	A
58	41	B
59	44	R.P.
58	41	W.
58	41	N.
70	52	E.
58	41	S.

K1→E1 , K2→E2 K3→E3



E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
13	6	A
16	7	B
14	6	R.P.
23	10	W.
16	7	N.
15	7	E.
16	7	S.

Rc1→E1 , Rc2→E2 Rc3→E3

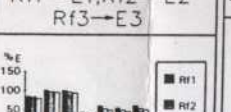


E4-E5 / E5 %	E3-E4 / E4 %	E2-E3 / E3 %	E1-E2 / E2 %	مواضع الدراسة
11	12	20	17	A
12	21	18	18	B
11	20	17	18	R.P.
28	40	29	29	W.
18	29	24	24	N.
11	23	21	21	E.
18	29	24	24	S.

Rw1→E1,Rw2→E2 Rw3→E3,Rw4→E4

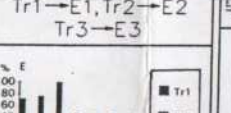
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
3	4	A
4	5	B
3	4	R.P.
12	15	W.
10	13	N.
9	12	E.
10	13	S.

Rf1→E1,Rf2→E2 Rf3→E3

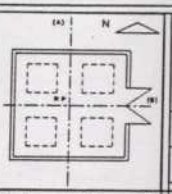


E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
50	62	A
50	62	B
50	62	R.P.
50	62	W.
50	62	N.
50	62	E.
50	62	S.

Tr1→E1,Tr2→E2 Tr3→E3



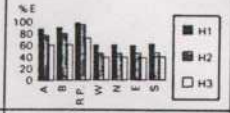
SM3



n	L=W	H: w
4		2.4:1

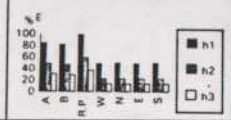
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
24	10	A
21	10	B
24	4	R.P.
16	22	W.
16	34	N.
16	34	E.
16	23	S.

H1→E1 , H2→E2 H3→E3



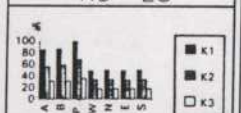
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
37	42	A
38	43	B
37	41	R.P.
40	53	W.
40	53	N.
40	53	E.
40	53	S.

h1→E1 , h2→E2 h3→E3



E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
47	32	A
47	32	B
47	32	R.P.
46	31	W.
46	31	N.
46	31	E.
46	31	S.

K1→E1 , K2→E2 K3→E3

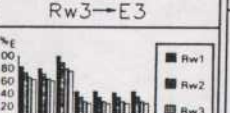


E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
14	7	A
14	7	B
13	7	R.P.
21	10	W.
22	10	N.
21	10	E.
21	10	S.

Rc1→E1 , Rc2→E2 Rc3→E3

E4-E5 / E5 %	E3-E4 / E4 %	E2-E3 / E3 %	E1-E2 / E2 %	مواضع الدراسة
5	11	11	11	A
5	11	10	11	B
5	11	11	19	R.P.
11	21	19	19	W.
11	21	19	18	N.
10	20	18	19	E.
11	21	19	19	S.

Rw1→E1,Rw2→E2 Rw3→E3

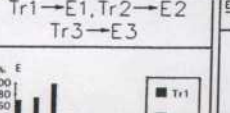


E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
3	4	A
3	4	B
3	4	R.P.
10	12	W.
10	12	N.
10	12	E.
10	12	S.

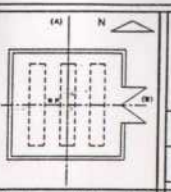
Rf1→E1,Rf2→E2 Rf3→E3

E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
50	62	A
50	62	B
50	62	R.P.
50	62	W.
50	62	N.
50	62	E.
50	62	S.

Tr1→E1,Tr2→E2 Tr3→E3



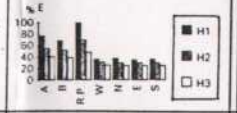
SM2



n	w	L	H: w
3	5/12 KW	4/5 L	6.6:1

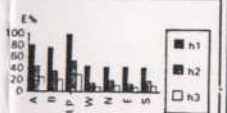
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
26%	26%	A
27%	31%	B
30%	31%	R.P.
15%	14%	W.
15%	21%	N.
15%	13%	E.
14%	16%	S.

H1→E1 , H2→E2 H3→E3



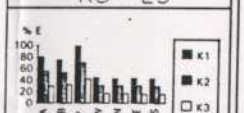
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
43	44	A
44	54	B
44	47	R.P.
41	65	W.
38	54	N.
41	65	E.
38	54	S.

h1→E1 , h2→E2 h3→E3



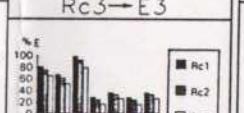
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
47	30	A
41	29	B
40	29	R.P.
47	30	W.
43	29	N.
47	30	E.
47	30	S.

K1→E1 , K2→E2 K3→E3



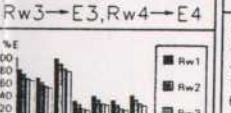
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
13	7	A
19	10	B
14	7	R.P.
30	14	W.
20	10	N.
30	14	E.
19	10	S.

Rc1→E1 , Rc2→E2 Rc3→E3



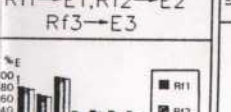
E4-E5 / E5 %	E3-E4 / E4 %	E2-E3 / E3 %	E1-E2 / E2 %	مواضع الدراسة
4	9	9	9	A
5	11	11	11	B
4	9	9	9	R.P.
13	23	15	15	W.
8	17	16	16	N.
12	23	20	16	E.
8	18	16	16	S.

Rw1→E1,Rw2→E2 Rw3→E3,Rw4→E4



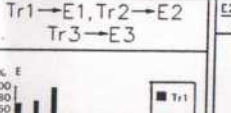
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
2	4	A
3	5	B
2	3	R.P.
11	14	W.
9	12	N.
11	14	E.
9	12	S.

Rf1→E1,Rf2→E2 Rf3→E3

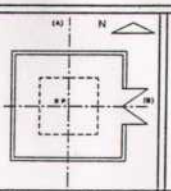


E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
50	62	A
50	62	B
50	62	R.P.
50	62	W.
50	62	N.
50	62	E.
50	62	S.

Tr1→E1,Tr2→E2 Tr3→E3



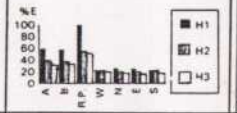
SM1



n	L=W	H: w
1		1.2:1

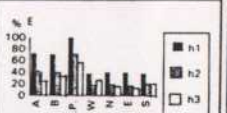
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
26%	24%	A
24%	22%	B
34%	46%	R.P.
13%	6%	W.
15%	14%	N.
15%	14%	E.
13%	6%	S.

H1→E1 , H2→E2 H3→E3



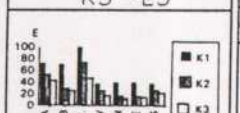
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
24%	27%	A
25%	27%	B
24%	28%	R.P.
31%	32%	W.
29%	31%	N.
29%	31%	E.
30%	32%	S.

h1→E1 , h2→E2 h3→E3



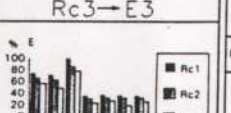
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
44%	29%	A
45%	30%	B
41%	26%	R.P.
46%	31%	W.
46%	33%	N.
46%	33%	E.
46%	33%	S.

K1→E1 , K2→E2 K3→E3



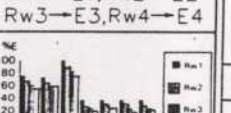
E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
9%	4%	A
9%	4%	B
9%	4%	R.P.
11%	6%	W.
11%	5%	N.
11%	5%	E.
11%	5%	S.

Rc1→E1 , Rc2→E2 Rc3→E3



E4-E5 / E5 %	E3-E4 / E4 %	E2-E3 / E3 %	E1-E2 / E2 %	مواضع الدراسة
4%	9%	10%	10%	A
4%	9%	9%	9%	B
4%	8%	8%	8%	R.P.
10%	20%	18%	18%	W.
6%	22%	16%	16%	N.
9%	18%	17%	17%	E.
10%	20%	18%	18%	S.

Rw1→E1,Rw2→E2 Rw3→E3,Rw4→E4

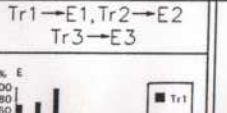


E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
3%	4%	A
3%	4%	B
2%	3%	R.P.
9%	11%	W.
8%	11%	N.
8%	11%	E.
9%	11%	S.

Rf1→E1,Rf2→E2 Rf3→E3

E2-E3 / E2 %	E1-E2 / E1 %	مواضع الدراسة
50	62	A
50	62	B
50	62	R.P.
50	62	W.
50	62	N.
50	62	E.
50	62	S.

Tr1→E1,Tr2→E2 Tr3→E3



H1=W/2	H2=1/2 W	H3=W	H
h1=1/20H			h
K1=1/3			k
Rc1=0.80			Rc
Rw2=0.60			Rw
Rf2=0.25			Rf
Tr1=0.50			Tr

H2=2/3W			H
h1=H/20	h2=H/4	h3=H/2	h
K1=1/3			k
Rc1=0.80			Rc
Rw2=0.60			Rw
Rf2=0.25			Rf
Tr1=0.50			Tr

H2=2/3W			H
h1=H/20			h
K1=1/3	K2=1/5	K3=1/10	K
Rc1=0.80			Rc
Rw2=0.60			Rw
Rf2=0.25			Rf
Tr1=0.50			Tr

H2=2/3W			H
h1=H/4			h
K1=1/3			K
Rc1=0.80	Rc2=0.65	Rc3=0.30	Rc
Rw2=0.25			Rw
Rf2=0.60			Rf
Tr2=0.20			Tr

H2=2/3W			H
h2=H/4			h
K1=1/3			K
Rc1=0.80			Rc
Rw1 0.85	Rw2 0.60	Rw3 0.25	Rw4 0.05	Rw
Rf2=0.25			Rf
Tr2=0.20			Tr

H2=2/3W			H
h2=H/4			h
K1=1/3			K
Rc1=0.80			Rc
Rw2=0.60			Rw
Rf1=0.45	Rf2=0.25	Rf3=0.10	Rf
Tr2=0.20			Tr

H2=2/3W			H
h2=H/20			h
K1=1/3			K
Rc1=0.80			Rc
Rw2=0.60			Rw
Rf2=0.25			Rf
Tr1=0.50	Tr2=0.20	Tr3=0.10	Tr

تعريف الرموز

نموذج القاعة	GM
عرض القاعة	W
طول القاعة	L
ارتفاع القاعة	H
نموذج فتحة السقف	SM
عدد فتحات السقف	h
عرض فتحة السقف	w
طول فتحة السقف	L
ارتفاع جوانب فتحة السقف	h
نسبة مجموع مساحات فتحة السقف الى مساحة ارضية القاعة	K
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
معامل انعكاس السقف	Rc
معامل انعكاس الحوائط	Rw
معامل انعكاس الارضية	Rf
نسبة نفاذية الزجاج مع السطح الشبكى الموجود اسفل الفتحة	Tr
متوسط شدة الاستضاءة (مقربة الى اقرب وحدة عشرية)	E

مواضع الدراسة

المحور الطولى يمر من مركز القاعة	A
المحور العرضى يمر من مركز القاعة	B
نقطة المرجع موجودة فى مركز القاعة	R.P.
الحائط الغربى	W.
الحائط الشمالى	N.
الحائط الشرقى	E.
الحائط الجنوبى	S.

GM2
الثوابت و المتغيرات

E : شدة الاستضاءة (القيمة منسوبة الى شدة الاستضاءة عند نقطة المرجع .

SM	A	B	R.P	W	N	E	S
SM1	59	59	100	36	32	37	32
SM2	55	58	76	34	33	34	33
SM3	50	50	57	31	34	30	34
SM4	40	40	50	24	33	24	33

SM4

n	w	L	H: w
1	KW	L	2:1

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
18	-31	A
12	+38	B
19	-30	R.P.
3	-16	W.
11	+22	N.
22	+44	E.
11	+22	S.

H1→E1 , H2→E2 , H3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
35	+35	A
31	+36	B
35	+35	R.P.
27	+52	W.
31	+38	N.
30	+36	E.
31	+38	S.

h1→E1 , h2→E2 , h3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
50	+35	A
50	+35	B
50	+35	R.P.
49	+35	W.
49	+34	N.
49	+36	E.
49	+34	S.

K1→E1 , K2→E2 , K3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
15	+7	A
18	+8	B
15	+7	R.P.
28	+12	W.
17	+8	N.
15	+7	E.
17	+8	S.

Rc1→E1 , Rc2→E2 , Rc3→E3

$\frac{E3-E4}{E3}$	$\frac{E2-E3}{E2}$	$\frac{E1-E2}{E1}$	مواضع الدراسة
11	20	17	A
12	21	17	B
10	19	17	R.P.
29	40	30	W.
17	29	23	N.
11	22	21	E.
17	29	23	S.

Rw1→E1,Rw2→E2 , Rw3→E3,Rw4→E4

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
4	6	A
5	7	B
4	6	R.P.
16	19	W.
12	15	N.
12	15	E.
12	15	S.

Rf1→E1,Rf2→E2 , Rf3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
50	62	A
50	62	B
50	62	R.P.
50	62	W.
50	62	N.
50	62	E.
50	62	S.

Tr1→E1,Tr2→E2 , Tr3→E3

SM3

n	L=W	H: w
4		2.4:1

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
18	+25	A
11	-16	B
14	-23	R.P.
14	+20	W.
13	+11	N.
14	+22	E.
13	+11	S.

H1→E1 , H2→E2 , H3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
35	+39	A
38	+40	B
37	+38	R.P.
38	+49	W.
39	+48	N.
39	+48	E.
39	+48	S.

h1→E1 , h2→E2 , h3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
53	+33	A
53	+33	B
53	+34	R.P.
52	+30	W.
53	+33	N.
52	+32	E.
53	+33	S.

K1→E1 , K2→E2 , K3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
14	+7	A
14	+7	B
14	+7	R.P.
19	+9	W.
19	+9	N.
19	+9	E.
19	+9	S.

Rc1→E1 , Rc2→E2 , Rc3→E3

$\frac{E3-E4}{E3}$	$\frac{E2-E3}{E2}$	$\frac{E1-E2}{E1}$	مواضع الدراسة
6	12	11	A
6	12	11	B
6	12	11	R.P.
11	21	18	W.
11	21	19	N.
11	20	18	E.
11	21	19	S.

Rw1→E1,Rw2→E2 , Rw3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
3	5	A
4	5	B
4	5	R.P.
11	14	W.
10	13	N.
11	14	E.
10	13	S.

Rf1→E1,Rf2→E2 , Rf3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
50	62	A
50	62	B
50	62	R.P.
50	62	W.
50	62	N.
50	62	E.
50	62	S.

Tr1→E1,Tr2→E2 , Tr3→E3

SM2

n	w	L	H: w
3	$\frac{5}{12}$ KW	$\frac{4}{5}$ L	6.6:1

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
20	+17	A
18	+14	B
25	+28	R.P.
14	+14	W.
11	+11	N.
14	+13	E.
11	+11	S.

H1→E1 , H2→E2 , H3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
43	+44	A
44	+50	B
44	+44	R.P.
41	+65	W.
37	+54	N.
41	+65	E.
37	+54	S.

h1→E1 , h2→E2 , h3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
56	+33	A
40	+29	B
38	+29	R.P.
53	+32	W.
56	+33	N.
53	+32	E.
56	+33	S.

K1→E1 , K2→E2 , K3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
13	+7	A
19	+10	B
13	+7	R.P.
31	+15	W.
20	+10	N.
32	+15	E.
20	+10	S.

Rc1→E1 , Rc2→E2 , Rc3→E3

$\frac{E3-E4}{E3}$	$\frac{E2-E3}{E2}$	$\frac{E1-E2}{E1}$	مواضع الدراسة
3	8	8	A
4	9	9	B
3	6	6	R.P.
11	21	18	W.
8	17	16	N.
10	20	18	E.
8	17	16	S.

Rw1→E1,Rw2→E2 , Rw3→E3,Rw4→E4

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
3	5	A
4	5	B
3	4	R.P.
14	17	W.
11	14	N.
14	17	E.
11	14	S.

Rf1→E1,Rf2→E2 , Rf3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
50	62	A
50	62	B
50	62	R.P.
50	62	W.
50	62	N.
50	62	E.
50	62	S.

Tr1→E1,Tr2→E2 , Tr3→E3

SM1

n	L=3/2W	H: w
1		1.2:1

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
16	+36	A
23	+17	B
33	+41	R.P.
21	+8	W.
14	-7	N.
24	+10	E.
14	-7	S.

H1→E1 , H2→E2 , H3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
22	+24	A
22	+23	B
22	+24	R.P.
28	+29	W.
27	+28	N.
27	+28	E.
27	+28	S.

h1→E1 , h2→E2 , h3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
53	+33	A
49	+29	B
45	+25	R.P.
53	+33	W.
54	+35	N.
53	+33	E.
54	+35	S.

K1→E1 , K2→E2 , K3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
10	+6	A
8	+4	B
8	+4	R.P.
11	+5	W.
11	+5	N.
11	+5	E.
11	+5	S.

Rc1→E1 , Rc2→E2 , Rc3→E3

$\frac{E3-E4}{E3}$	$\frac{E2-E3}{E2}$	$\frac{E1-E2}{E1}$	مواضع الدراسة
5	10	10	A
4	8	8	B
3	6	6	R.P.
9	18	16	W.
10	20	18	N.
8	16	15	E.
10	20	18	S.

Rw1→E1,Rw2→E2 , Rw3→E3,Rw4→E4

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
4	5	A
3	4	B
2	3	R.P.
10	13	W.
11	13	N.
10	13	E.
11	13	S.

Rf1→E1,Rf2→E2 , Rf3→E3

$\frac{E2-E3}{E2}$ %	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مواضع الدراسة
50	62	A
50	62	B
50	62	R.P.
50	62	W.
50	62	N.
50	62	E.
50	62	S.

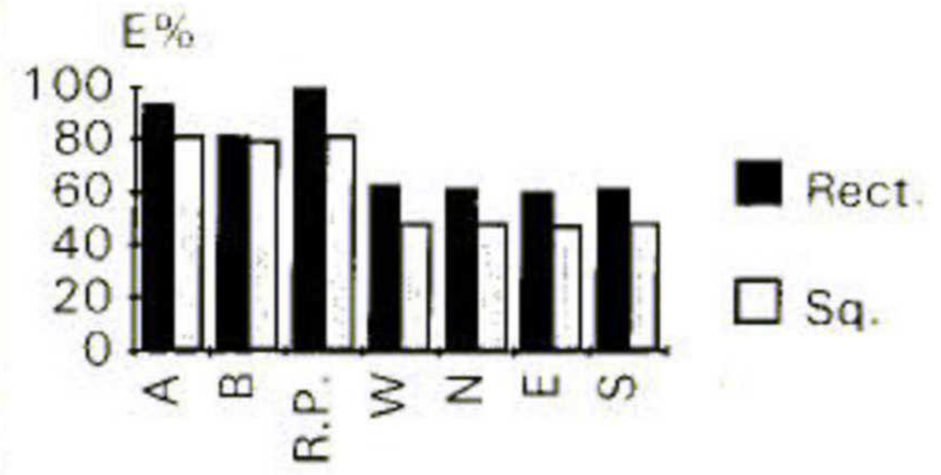
Tr1→E1,Tr2→E2 , Tr3→E3

$H1=\frac{W}{2}$ $H2=\frac{3}{2}W$ $H3=W$	H
h1=1/20H K1=1/3 Rc1=0.80 Rw2=0.60 Rf2=0.25 Tr1=0.50	h k Rc Rw Rf Tr
H2=2/3W	H
$h1=\frac{H}{20}$ $h2=\frac{H}{4}$ $h3=\frac{H}{2}$	h
K1=1/3 Rc1=0.80 Rw2=0.60 Rf2=0.25 Tr1=0.50	k Rc Rw Rf Tr
H2=2/3W h1=H/20	H h
K1=1/3 K2=1/5 K3=1/10	K
Rc1=0.80 Rw2=0.60 Rf2=0.25 Tr1=0.50	Rc Rw Rf Tr
H2=2/3W h2=H/4 K1=1/3	H h K
Rc1=0.80 Rc2=0.65 Rc3=0.30	Rc
Rw2=0.60 Rf2=0.25 Tr1=0.50	Rw Rf Tr
H2=2/3W h2=H/4 K1=1/3 Rc1=0.80	H h K Rc
Rw1 0.85 Rw2 0.60 Rw3 0.25 Rw4 0.05	Rw
Rf2=0.25 Tr1=0.50	Rf Tr
H2=2/3W h2=H/4 K1=1/3 Rc1=0.80 Rw2=0.60	H h K Rc Rw
Rf1=0.45 Rf2=0.25 Rf3=0.10	Rf
Tr1=0.50	Tr
H2=2/3W h2=H/20 K1=1/3 Rc1=0.80 Rw2=0.60 Rf2=0.25	H h K Rc Rw Rf
Tr1=0.50 Tr2=0.20 Tr3=0.10	Tr

تعريف الرموز	
نموذج القاعة	GM
عرض القاعة طول القاعة ارتفاع القاعة	W L H
نموذج فتحة السقف	SM
عدد فتحات السقف	h
عرض فتحة السقف	w
طول فتحة السقف	L
ارتفاع جوانب فتحة السقف	h
نسبة مجموع مساحات فتحة السقف الى مساحة ارضية القاعة	K
معامل انعكاس الاسطح الداخلية	R
معامل انعكاس السقف	Rc
معامل انعكاس الحوائط	Rw
معامل انعكاس الارضية	Rf
نسبة نفاذية الزجاج مع السطح الشبكى الموجود اسفل الفتحة	Tr
متوسط شدة الاستضاءة (مقربة الى اقرب وحدة عشرية)	E
مواضع الدراسة	
المحور الطولى يمر من مركز القاعة	A
المحور العرضى يمر من مركز القاعة	B
نقطة المرجع موجودة فى مركز القاعة	R.P.
الحائط الغربى	W.
الحائط الشمالى	N.
الحائط الشرقى	E.
الحائط الجنوبى	S.

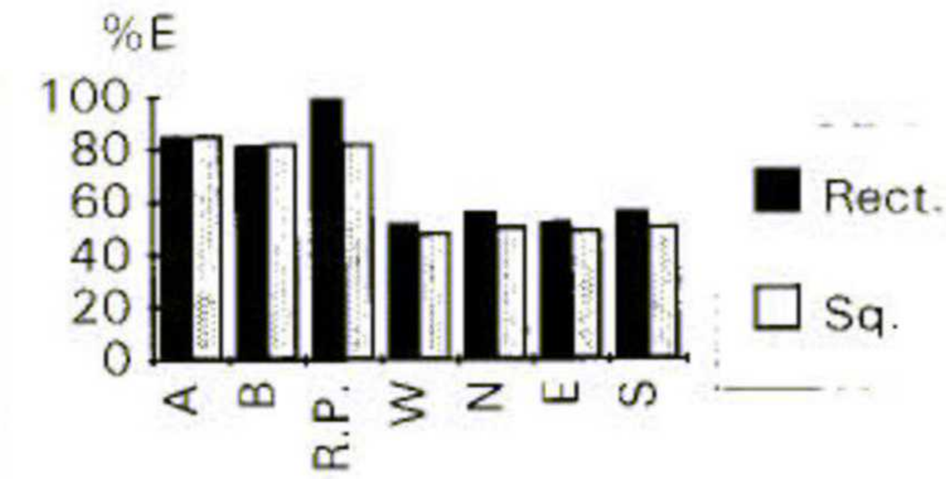
تأثير تغيّر شكل القاعة

عند ثبات المساحة



مواضع الدراسة	نسبة انخفاض شدة الاستضاءة عندما يتغير شكل القاعة من قاعة مربعة إلى قاعة مستطيلة
المحور (أ) A	١٢٪
المحور (ب) B	٢٪
نقطة المرجع R.P.	١٩٪
الحائط الغربي	٢٢٪
الحائط الشمالي	٢١٪
الحائط الشرقي	٢٢٪
الحائط الجنوبي	٢٢٪

عند ثبات عرض القاعة



مواضع الدراسة	نسبة انخفاض شدة الاستضاءة عندما يتغير شكل القاعة من قاعة مربعة إلى قاعة مستطيلة
المحور (أ) A	–
المحور (ب) B	–
نقطة المرجع R.P.	١٨٪
الحائط الغربي	٥٪
الحائط الشمالي	١١٪
الحائط الشرقي	٥٪
الحائط الجنوبي	١١٪

جدول (٤-٤) يوضح مدى تأثير تغير شكل القاعة
عى شدة الاستضاءة الداخلية فى حالتى ثبات المساحة وثبات عرض القاعة

* فى حالة النموذج الرابع للفتحات العلوية[١] :

إذا ما تغير ارتفاع القاعة :

يكون أكثر المواضع تأثراً : الحائط الملاصق للفتحة .

وأقل المواضع تأثراً : باقى الحوائط .

ويسرى ذلك على حالتى القاعة المربعة والمستطيلة (مع اختلاف قيم النتائج بينهما)

٢-٢-٢ التأثر الكيفى

* فى جميع الحالات (أيا كان شكل القاعة ونموذج الفتحات العلوية)

إذا ما تغير ارتفاع القاعة : يتغير توزيع الضوء الطبيعى (نسب تدرج شدة الاستضاءة فى منطقة وسط القاعة عند مستوى القياس .

وتوضح الجداول (٤-٥) - (٤-٦) - (٤-٧) - (٤-٨) تفاصيل ما سبق ذكره.

٢-٣ تأثير تغيّر نموذج الفتحات العلوية

٢-٣-١ التأثر الكمى

* أيا كان شكل القاعة (مربعة أو مستطيلة)

إذا ما تغير النموذج (من بين النماذج الأربعة المأخوذة فى الاعتبار فى هذا البحث)

يكون أكثر المواضع تأثراً : مركز القاعة

* والنموذج الأول هو الذى يعطى أكبر قيمة لشدة الاستضاءة (عند مركز القاعة)

* والنموذج الرابع هو الذى يعطى أصغر قيمة لشدة الاستضاءة (عند مركز القاعة)

ويكون أقل المواضع تأثراً : الحوائط (خاصة عند الحائطين الموازين لعرض القاعة)

٢-٣-٢ التأثر الكيفى

* فى جميع الحالات : إذا ما تغير نموذج الفتحات العلوية يتغير توزيع الضوء الطبيعى (أى تدرج شدة الاستضاءة) فى القاعة .

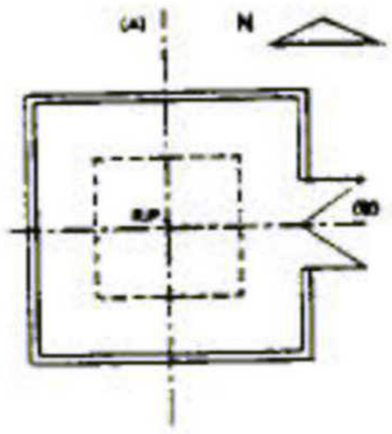
٢-٣-٣ مقارنة شدة الاستضاءة عند الحوائط نتيجة لتغير نموذج الفتحات العلوية :

وقد أجريت التجارب فى ساعات مختلفة من اليوم وأدت إلى نفس النتيجة .

---

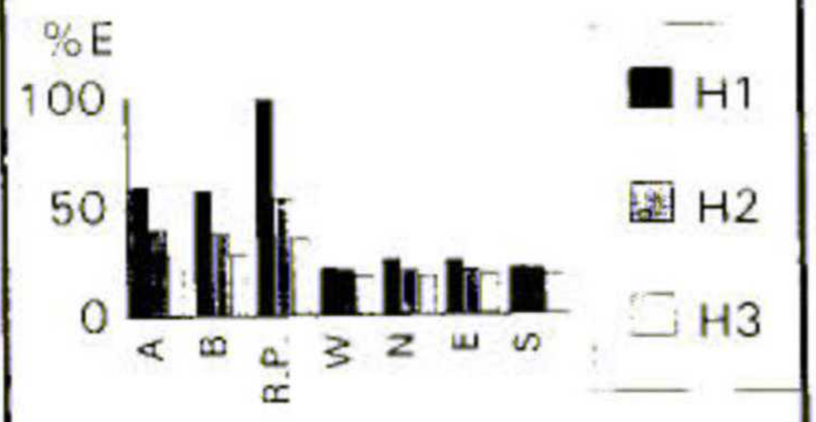
(١) النموذج الرابع : فتحة واحدة فى جانب سقف القاعة .

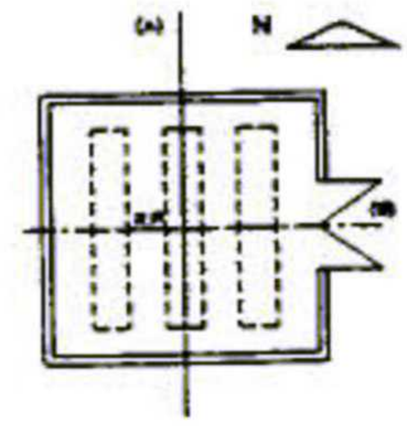
تأثير تغيّر ارتفاع القاعة



النموذج الأول
للفتحات العلوية

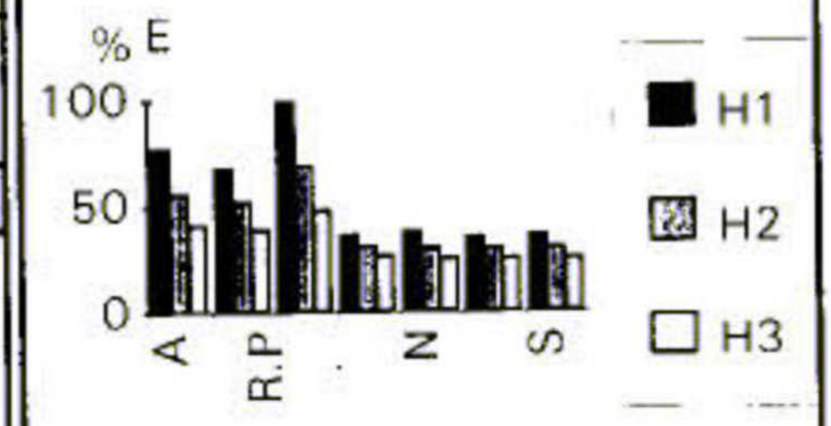
مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثي عرض القاعة	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	عندما يزيد الإرتفاع من ثلثي عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة
المحور (أ) A	٢٤٪			٢٦٪
المحور (ب) B	٢٢٪			٢٤٪
نقطة المرجع R.P.	٤٦٪			٢٤٪
النقاط الغربي	٦٪			١٣٪
النقاط الشمالي	١٤٪			١٥٪
النقاط الشرقي	١٤٪			١٥٪
النقاط الجنوبي	٦٪			١٣٪





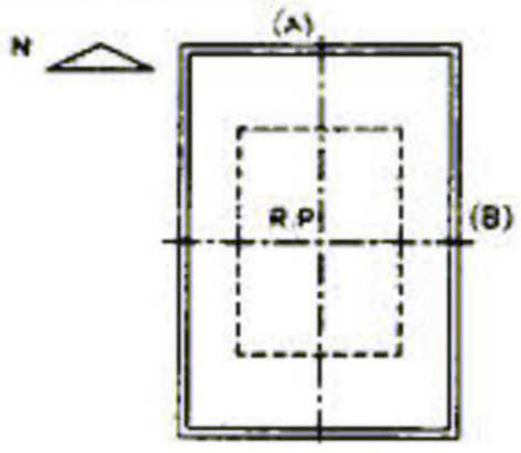
النموذج الثانى
للفتحات العلوية

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثي عرض القاعة	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	عندما يزيد الإرتفاع من ثلثي عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة
المحور (أ) A	٢٦٪			٢١٪
المحور (ب) B	٣١٪			٢٢٪
نقطة المرجع R.P.	٣١٪			٣٠٪
النقاط الغربي	١٤٪			١٥٪
النقاط الشمالي	٢١٪			١٥٪
النقاط الشرقي	١٣٪			١٥٪
النقاط الجنوبي	١٦٪			١٤٪



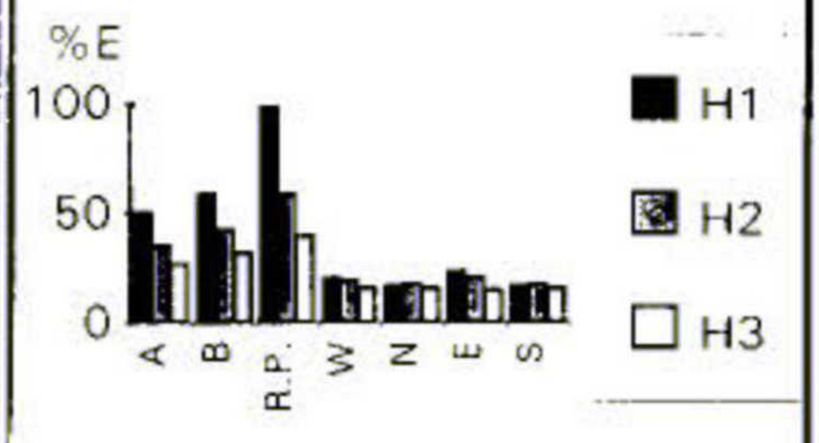
جدول (٤-٥) أتفقت نتائج النموذجين الأول والثانى للفتحات العلوية
من حيث أن أكثر المواضع تأثراً لتغير ارتفاع القاعة هى منطقة وسط القاعة
وخاصة عند مركزها (القاعة المربعة)

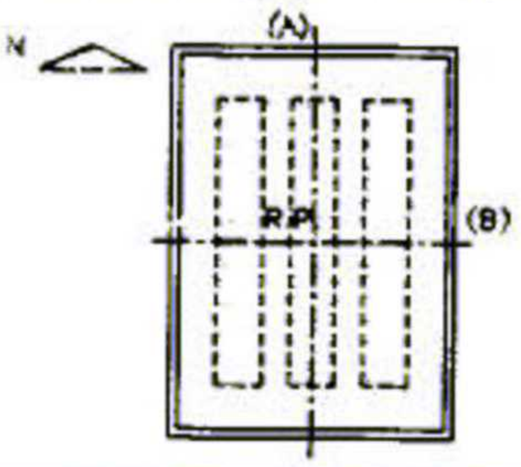
تأثير تغيّر ارتفاع القاعة



النموذج الأول
للفتحات العلوية

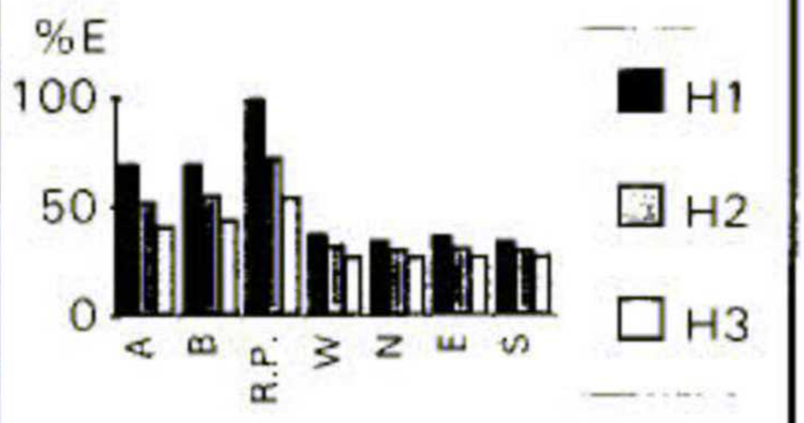
مواضع الدراسة	نسبة الإنخفاض عندما يزيد الإرتفاع		نسبة الإنخفاض عندما يزيد الإرتفاع	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	من نصف عرض القاعة إلى ثلثي عرض القاعة	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	من ثلثي عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة
المحور (أ) A	٪٣١		٪١١	
المحور (ب) B	٪١٧		٪٢٢	
نقطة المرجع R.P.	٪٤١		٪٣٣	
النقطة الغربي	٪٨		٪١١	
النقطة الشمالي	٪-٧		٪١٤	
النقطة الشرقي	٪١٠		٪٢٤	
النقطة الجنوبي	٪-٧		٪١٤	





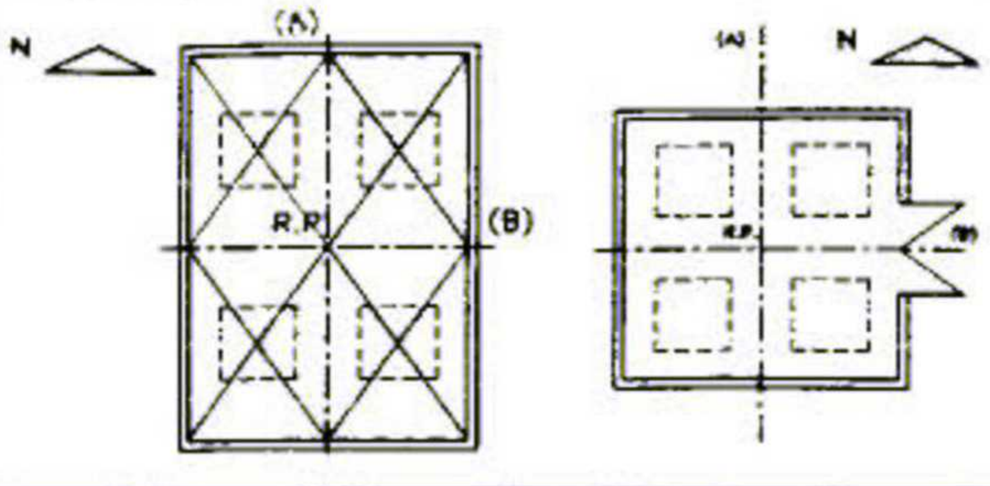
النموذج الثانى
للفتحات العلوية

مواضع الدراسة	نسبة الإنخفاض عندما يزيد الإرتفاع		نسبة الإنخفاض عندما يزيد الإرتفاع	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	من نصف عرض القاعة إلى ثلثي عرض القاعة	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	من ثلثي عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة
المحور (أ) A	٪١٢		٪٢٠	
المحور (ب) B	٪١٤		٪١٨	
نقطة المرجع R.P.	٪٢٨		٪٢٥	
النقطة الغربي	٪١٤		٪١٤	
النقطة الشمالي	٪١١		٪١١	
النقطة الشرقي	٪١٣		٪١٤	
النقطة الجنوبي	٪١١		٪١١	



جدول (٤-٦) أتفقت نتائج النموذجين الأول والثانى للفتحات العلوية
من حيث أن أكثر المواضع تأثراً تغير ارتفاع القاعة هى منطقة وسط القاعة
وخاصة عند مركزها (القاعة المستطيلة)

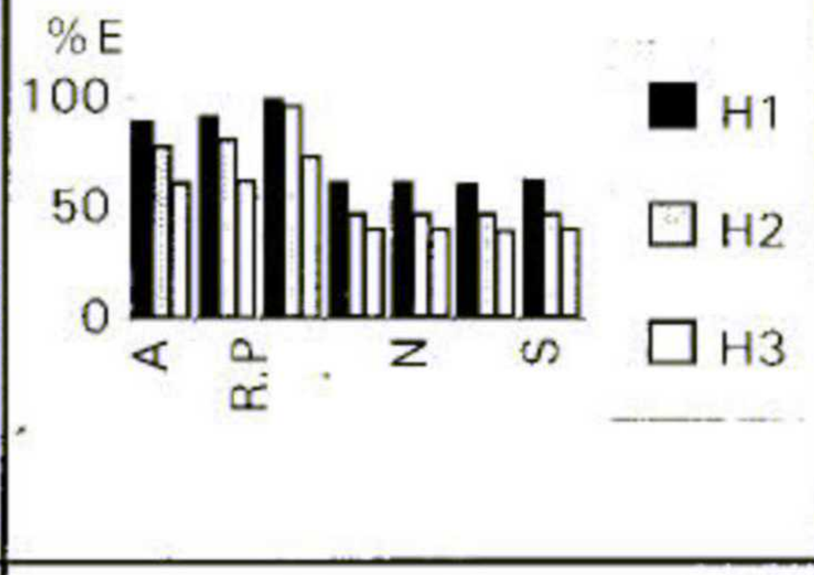
تأثير تغيّر ارتفاع القاعة



النموذج الثالث
للفتحات العلوية

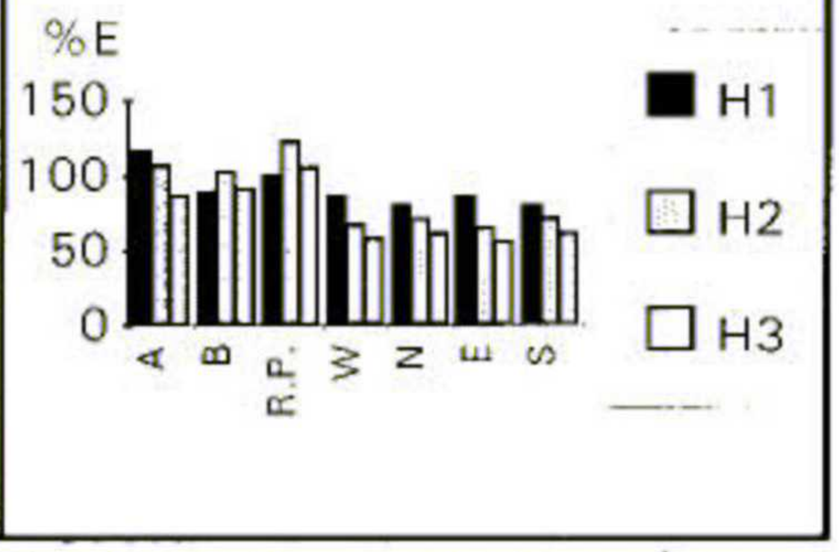
القاعة المربعة

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثي عرض القاعة	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	عندما يزيد الإرتفاع من ثلثي عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة	$\frac{E2-E3}{E2}$ %
المحور (أ) A	٪١٠		٪٢٤	
المحور (ب) B	٪١٠		٪٢١	
نقطة المرجع R.P.	٪٤		٪٢٤	
الحائط الغربي	٪٢٢		٪١٦	
الحائط الشمالي	٪٢٤		٪١٦	
الحائط الشرقي	٪٢٤		٪١٦	
الحائط الجنوبي	٪٢٢		٪١٦	



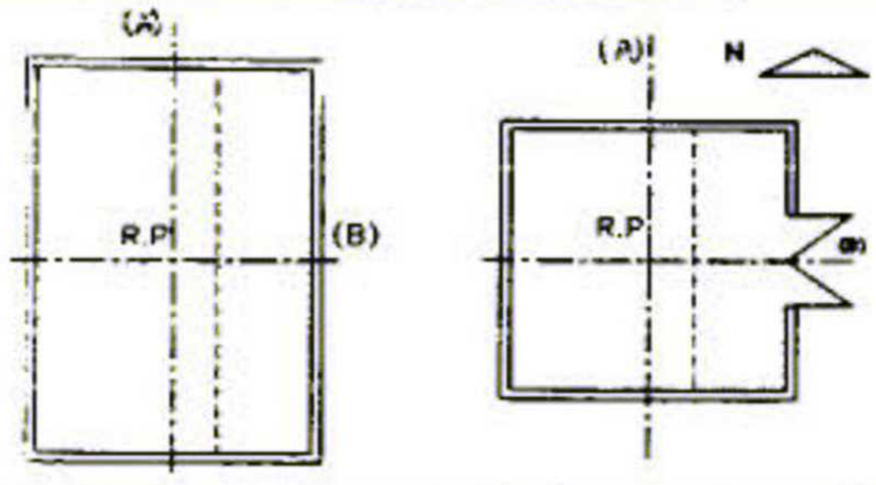
القاعة المستطيلة

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثي عرض القاعة	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	عندما يزيد الإرتفاع من ثلثي عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة	$\frac{E2-E3}{E2}$ %
المحور (أ) A	٪٢٥		٪١٨	
المحور (ب) B	٪١٦-		٪١١	
نقطة المرجع R.P.	٪٢٣-		٪١٤	
الحائط الغربي	٪٢٠		٪١٤	
الحائط الشمالي	٪١١		٪١٣	
الحائط الشرقي	٪٢٢		٪١٤	
الحائط الجنوبي	٪١١		٪١٣	



جدول (٤-٧) النموذج الثالث للفتحات العلوية كان أكثر المواضع تأثراً بتغير ارتفاع القاعة هى الحوائط وأقل المواضع تأثراً هى منطقة وسط القاعة خاصة عند مركزها ويلاحظ تزايد شدة الاستضاءة فى حالة القاعة المستطيلة عندما يزيد ارتفاع القاعة من نصف عرضها إلى ثلثيها

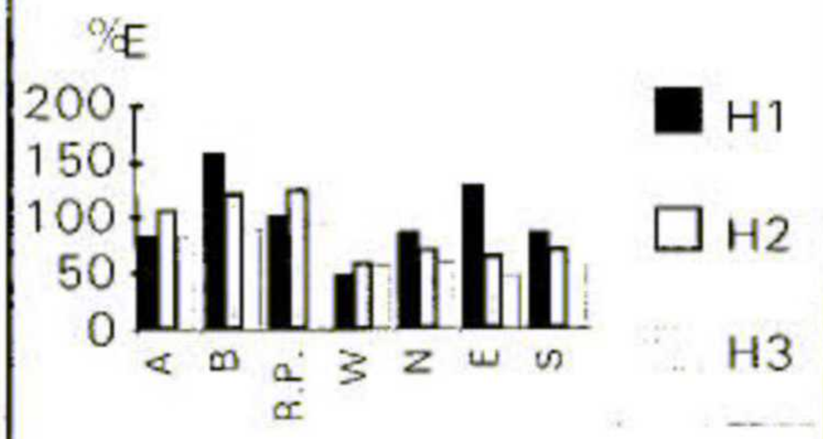
تأثير تغيّر ارتفاع القاعة



النموذج الرابع
للفتحات العلوية

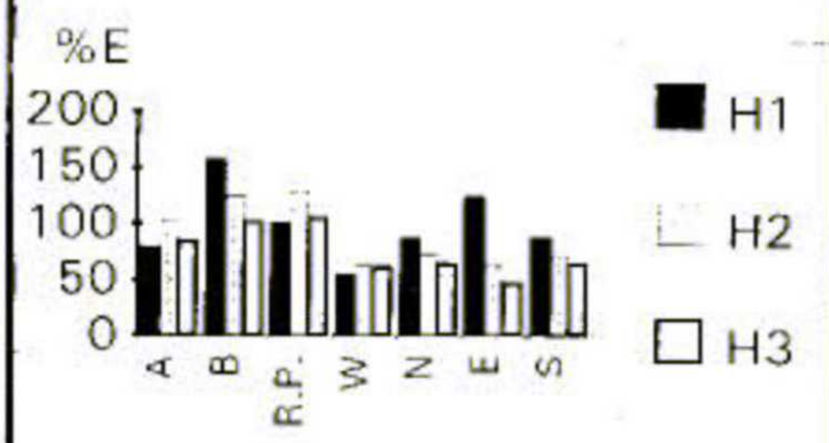
القاعة المربعة

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	E1-E2 / E1 %	عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثي عرض القاعة	E2-E3 / E2 %	عندما يزيد الإرتفاع من ثلثي عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة
المحور (أ) A		٪٢٦-		٪٢٧
المحور (ب) B		٪٤٣		٪٢٧
نقطة المرجع R.P.		٪٢٤-		٪٢٤
الحائط الغربي		٪٢٠-		٪٤
الحائط الشمالي		٪٦		٪١٣
الحائط الشرقي		٪٤٨		٪٢٧
الحائط الجنوبي		٪٦		٪١٣



القاعة المستطيلة

مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	E1-E2 / E1 %	عندما يزيد الإرتفاع من نصف عرض القاعة إلى ثلثي عرض القاعة	E2-E3 / E2 %	عندما يزيد الإرتفاع من ثلثي عرض القاعة إلى كامل عرض القاعة
المحور (أ) A		٪٣١-		٪١٨
المحور (ب) B		٪٣٨		٪١٢
نقطة المرجع R.P.		٪٢٠-		٪١٩
الحائط الغربي		٪١٦-		٪٣
الحائط الشمالي		٪٢٢		٪١١
الحائط الشرقي		٪٤٦		٪٢٢
الحائط الجنوبي		٪٢٢		٪١١



جدول (٤-٨) أختلفت نتائج النموذج الرابع للفتحات العلوية (أيا كان شكل القاعة) حيث أن تمركز الضوء فى جانب واحد من القاعة جعل الحائط الملاصق للفتحة هو أكثر المواضع تأثراً بتغير ارتفاع القاعة
أما باقى الحوائط فكان تأثرها ضعيفاً

* فى القاعة المربعة :

«فتحة مربعة فى مركز سقف القاعة»

تتطابق قيمة شدة الاستضاءة تقريباً عند الحوائط الأربعة للقاعة .

«ثلاث فتحات مستطيلة»

تتطابق قيم شدة الاستضاءة عند كل من الحائطين المتقابلين غير أن تلك القيم تقل فى حالة الحائطين المتقابلين والموازيين للمحور الطولى للفتحات بمقدار ١٩٪ عنها فى الحائطين المتقابلين الآخرين) .

«أربعة فتحات مربعة الشكل»

تتطابق قيم شدة الاستضاءة عند الحوائط الأربعة .

«فتحة واحدة فى جانب سقف القاعة»

تتطابق قيم شدة الاستضاءة عند الحائطين الموازيين للمحور العرضى للفتحة أما بخصوص الحائطين الآخرين فتقل قيمة شدة الاستضاءة عند الحائط البعيد عن الفتحة بمقدار ١٠٪ عن تلك الخاصة للحائط الملاصق للفتحة .

* فى القاعة المستطيلة :

«فتحة واحدة فى مركز سقف القاعة»

تتطابق قيم شدة الاستضاءة عند كل من الحائطين المتقابلين فى القاعة ، غير أن تلك القيم تقل فى حالة الحائطين المتقابلين والموازيين للمحور العرضى للفتحة بمقدار ١٩٪ عنها فى الحائطين المتقابلين الآخرين .

«ثلاث فتحات مستطيلة الشكل»

تتطابق قيم شدة الاستضاءة عند كل من الحائطين المتقابلين ، غير أن تلك القيم تقل فى حالة الحائطين المتقابلين والموازيين للمحور العرضى للفتحات بمقدار ٧٪ عنها عند الحائطين المتقابلين الآخرين .

«أربعة فتحات مربعة الشكل»

تتطابق قيم شدة الاستضاءة عند كل من الحائطين المتقابلين فى القاعة غير أن الفارق بينهما ضئيل .

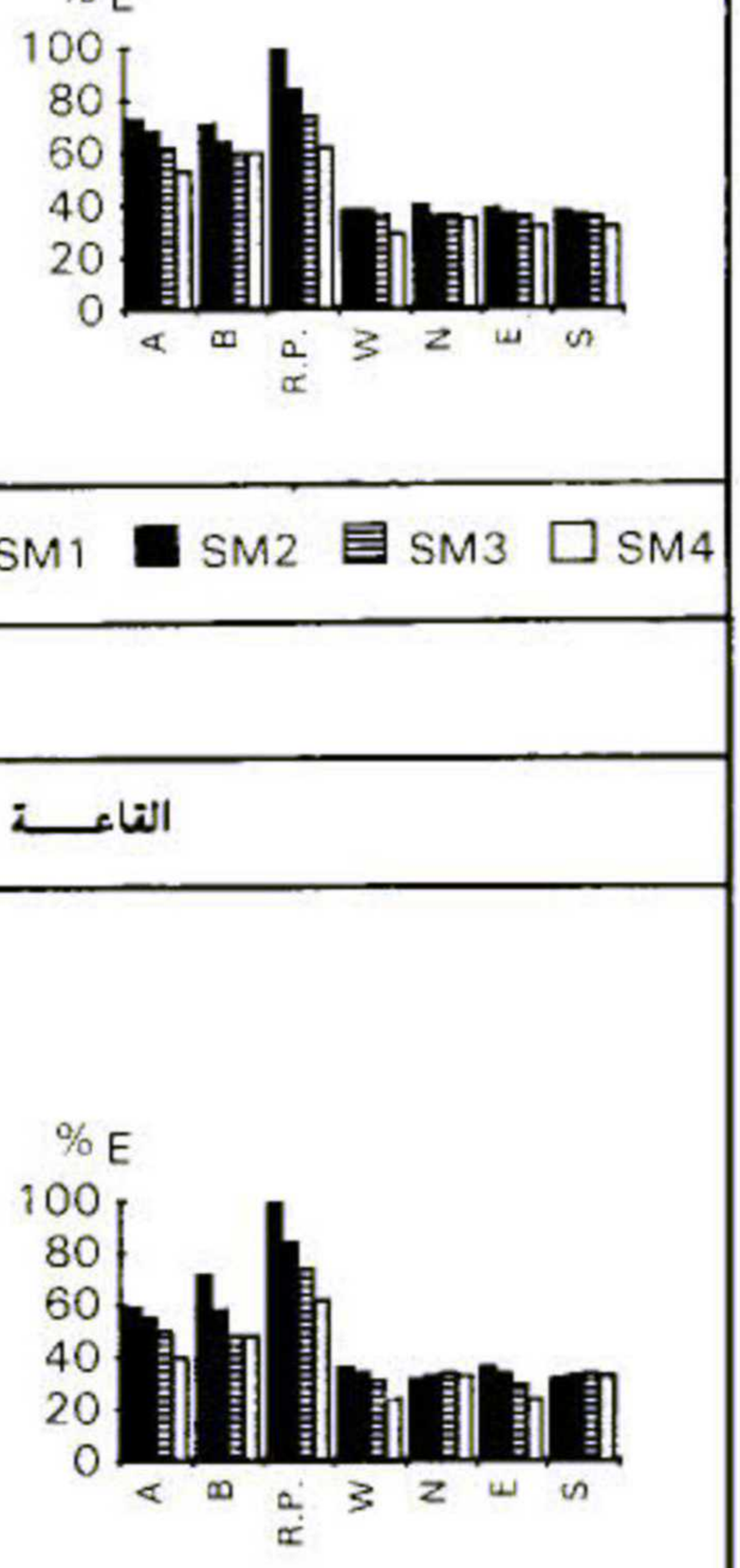
«فتحة واحدة فى جانب سقف القاعة»

تتطابق قيم الحائطين الموازيين للمحور العرضى للفتحة أما بخصوص الحائطين الآخرين فتقل قيمة شدة الاستضاءة عند الحائط البعيد عن الفتحة بمقدار ٢٤٪ عن تلك الخاصة بالحائط الملاصق للفتحة .

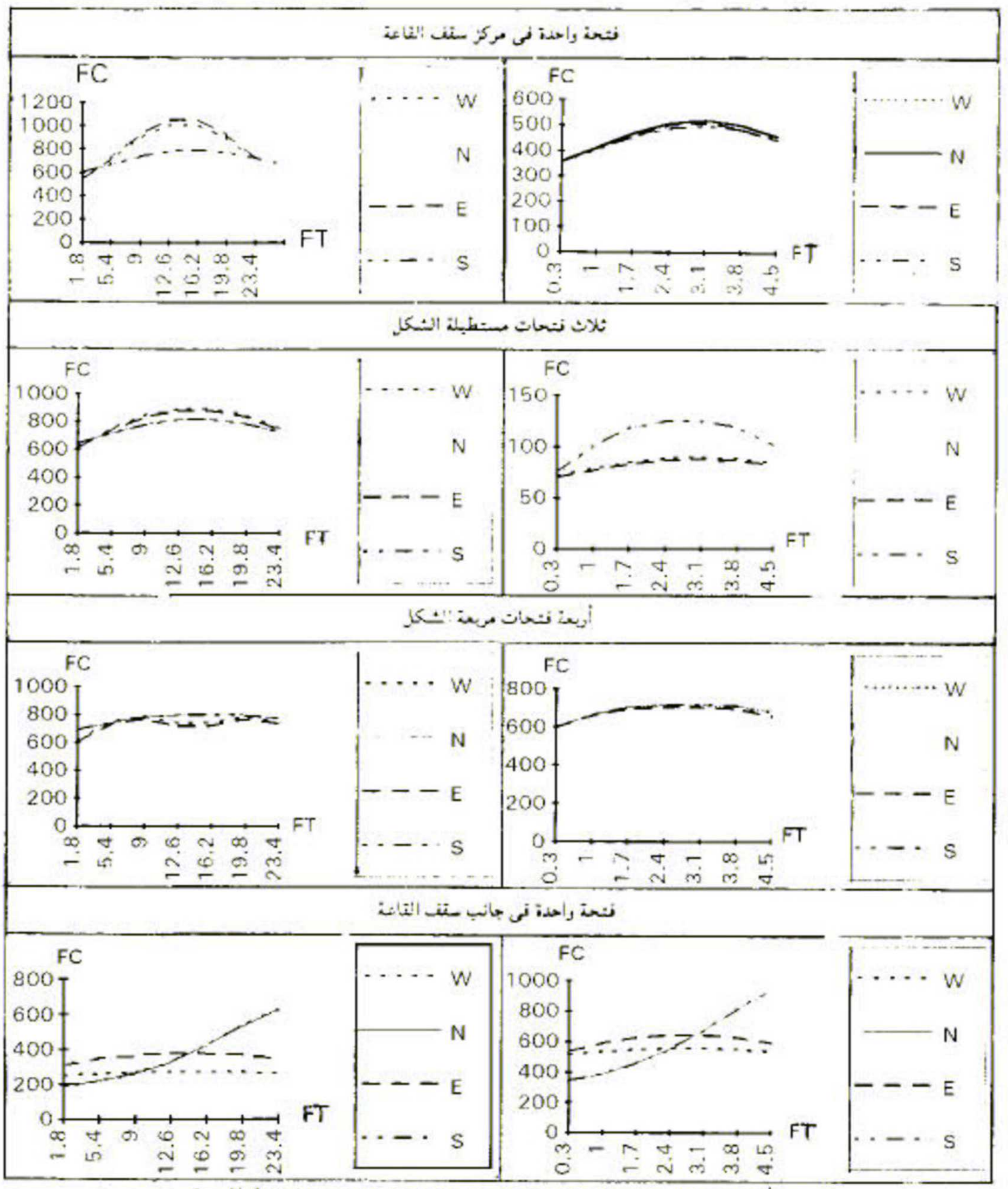
ويوضح الجدول (٤-٩) ، (٤-١٠) تفاصيل ما سبق ذكره .

تأثير تغيّر نموذج الفتحات العلوية من حيث العدد والأبعاد والموضع

القاعـــة المربعـــة		
	نسب انخفاض شدة الاستضاءة عند مركز القاعة	عندما يتغير نموذج الفتحة من فتحة واحدة في مركز القاعة إلى ثلاث فتحات مستطيلة
	١٦٪	
	١١٪	عندما يتغير نموذج الفتحة من ثلاث فتحات مستطيلة الشكل إلى أربع فتحات مربعة
	١٦٪	عندما يتغير نموذج الفتحة من أربعة فتحات مربعة إلى فتحة واحدة مستطيلة في جانب القاعة
القاعـــة المستطيلـــة		
	نسب انخفاض شدة الاستضاءة عند مركز القاعة	عندما يتغير نموذج الفتحة من فتحة واحدة في مركز القاعة إلى ثلاث فتحات مستطيلة
	٢٤٪	
	٢٥٪	عندما يتغير نموذج الفتحة من ثلاث فتحات مستطيلة الشكل إلى أربع فتحات مربعة
	١٢٪	عندما يتغير نموذج الفتحة من أربعة فتحات مربعة إلى فتحة واحدة مستطيلة في جانب القاعة



جدول (٤-٩) ويوضح تأثر شدة الاستضاءة الداخلية
عند مركز القاعة بتغير نموذج الفتحة العلوية
على الرغم من تساوى المساحة



جدول (٤-١٠) يوضح العلاقة بين قيم شدة الاستضاءة عند الخوائط المربعة
فى كل نموذج من نماذج الفتحات وفى كل قاعة

٢-٤ تأثير تغيّر ارتفاع جوانب الفتحة العلوية

٢-٤-١ التأثر الكمى

* إن تغير ارتفاع جوانب الفتحة العلوية يعتبر واحداً من أكثر العناصر المعمارية تأثيراً فى شدة الاستضاءة .
* إذا ما تغير ارتفاع جوانب فتحة السقف يكون أكثر المواضع تأثراً : الحوائط .
* أما نسب تغير شدة الاستضاءة الناشئ عن تغير ارتفاع جوانب الفتحة (أو الفتحات) العلوية فلا تتأثر بتغير شكل القاعة (مربعة أو مستطيلة) عند مواضع الدراسة .

(فنماذج الفتحات فى القاعة المربعة تتوافق نتائجها تقريباً مع ما يناظرها فى القاعة المستطيلة) .

٢-٤-٢ التأثر الكيفى

* فى جميع الحالات (أيا كان شكل القاعة أو نموذج الفتحات العلوية) إذا ما تغير ارتفاع جوانب الفتحة العلوية لا يتغير توزيع الضوء الطبيعى (أى نسب تدرج شدة الاستضاءة) فى منطقة وسط القاعة عند مستوى القياس .

ويوضح الجدول (٤-١١) تفاصيل ما سبق ذكره .

٢-٥ تأثير تغيّر نسبة مجموع مساحات الفتحات العلوية إلى مساحة أرضية القاعة :

٢-٥-١ التأثر الكمى

* إن تغير النسبة المذكوره يعتبر واحداً من أكثر العناصر المعمارية تأثيراً على شدة الاستضاءة .
* **فى جميع الحالات (أيا كان شكل القاعة أو نموذج فتحات السقف)**

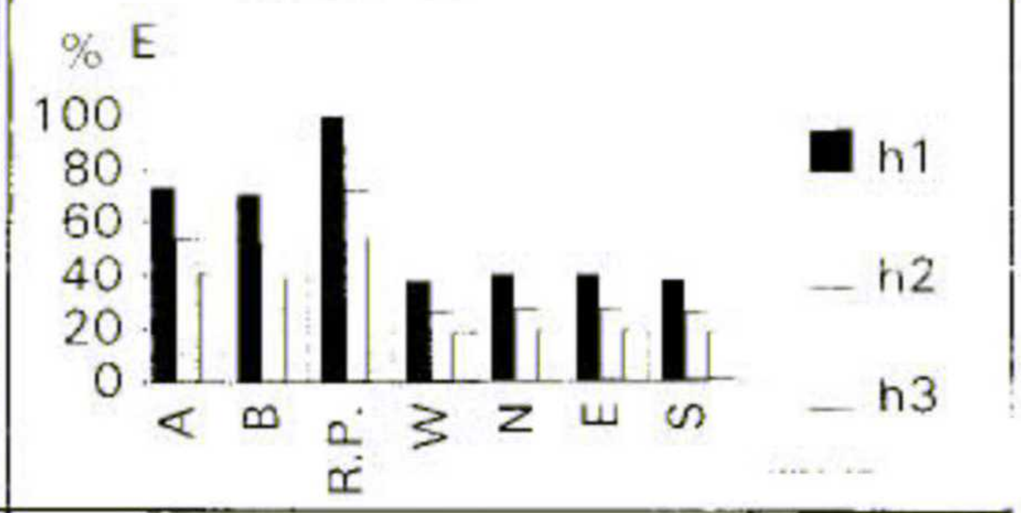
ذا ما تغيرت نسبة مجموع مساحات الفتحة العلوية إلى مساحة ارضية القاعة تغيرت شدة الاستضاءة تغيراً كبيراً ويكون أكثر المواضع تأثراً : الحوائط .

* **فى حالة تغير شكل القاعة**

- فى حالة القاعة المربعة : إذا ما تغيرت نسبة مجموع مساحات الفتحة العلوية إلى مساحة ارضية القاعة ستكون النتيجة مماثلة أيا كان نموذج فتحة السقف باستثناء النموذج الرابع الذى كان الأكثر تأثراً خاصة عند الحائط الملاصق للفتحة .

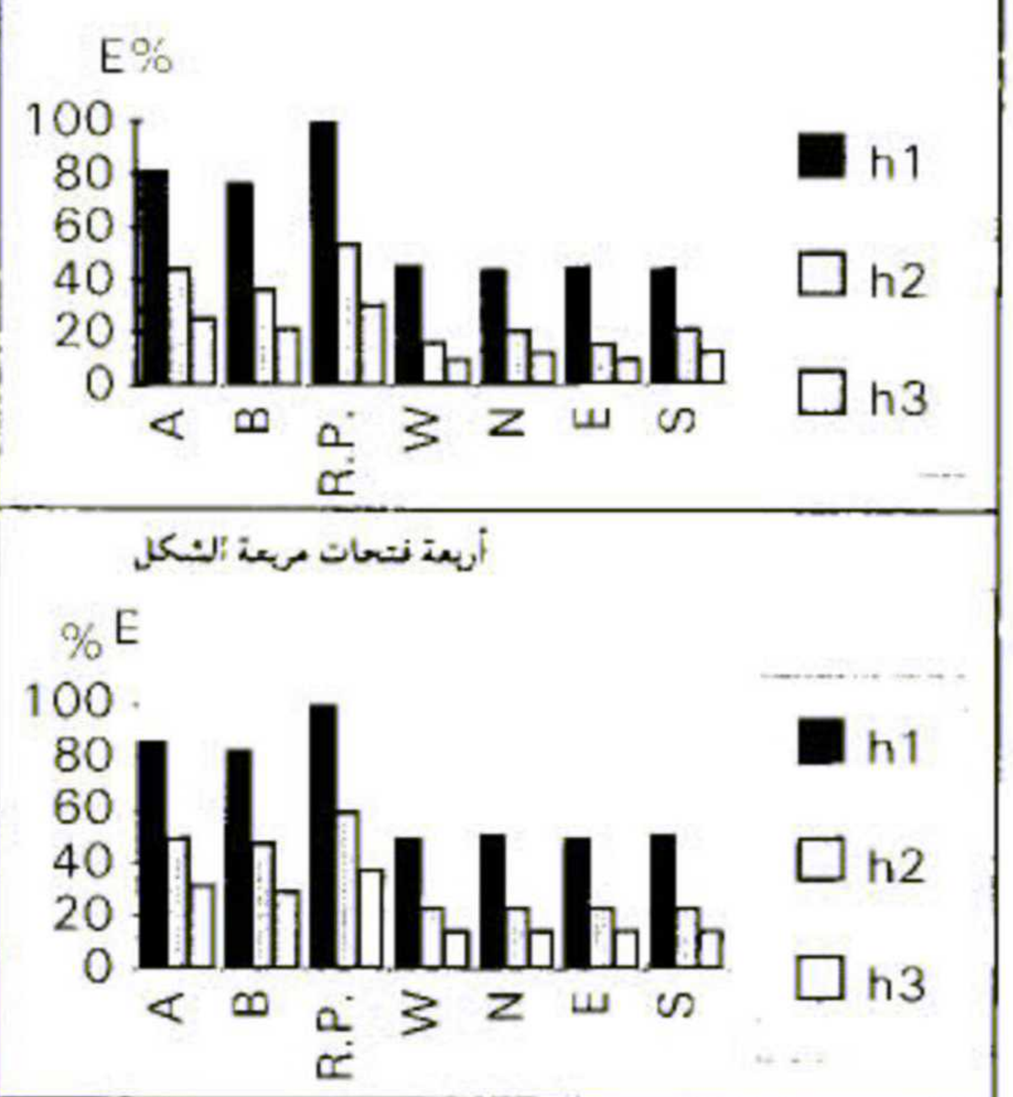
تأثير تغيّر ارتفاع جوانب الفتحة العلوية

فتحة واحدة في مركز سقف القاعة



مواضع القراءة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E_2-E_1}{E_1}$ %	عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h1 إلى h2	$\frac{E_2-E_3}{E_2}$ %	عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h2 إلى h3
تحت الركن A	٢٧٪		٢٤٪	
تحت الركن B	٢٧٪		٢٨٪	
تحت المركز R.P.	٢٨٪		٢٤٪	
الحائط الغربي	٢٣٪		٢٣٪	
الحائط الشمالي	٢٣٪		٢٩٪	
الحائط الشرقي	٢٣٪		٢٩٪	
الحائط الجنوبي	٢٣٪		٣٠٪	

ثلاث فتحات مستطيلة الشكل

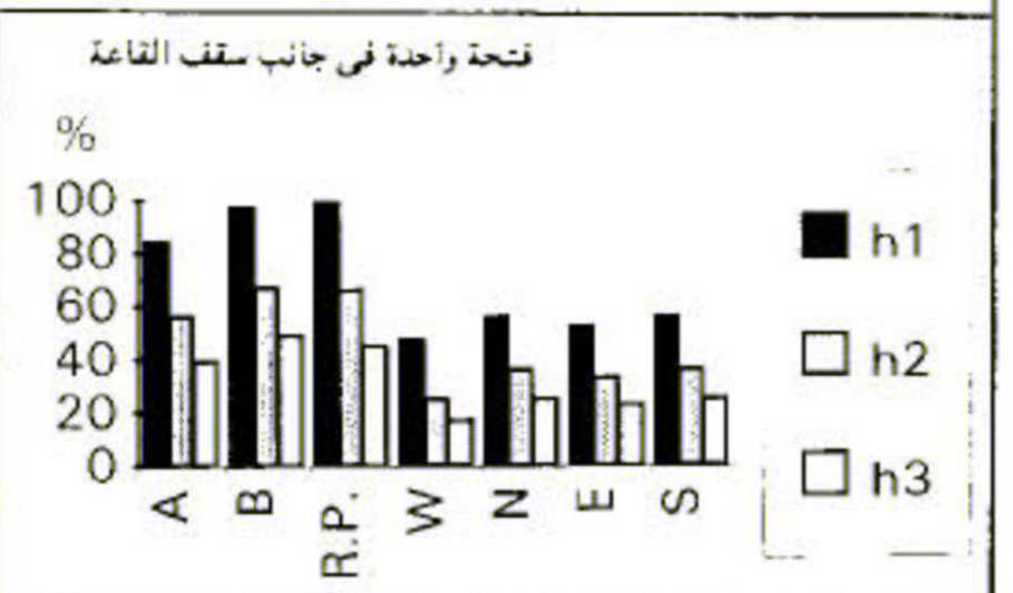


مواضع القراءة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E_1-E_2}{E_1}$ %	عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h1 إلى h2	$\frac{E_2-E_3}{E_2}$ %	عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h2 إلى h3
تحت الركن A	٢٦٪		٢١٪	
تحت الركن B	٢٤٪		٢٤٪	
تحت المركز R.P.	٢٤٪		٢٤٪	
الحائط الغربي	٢٦٪		٢٤٪	
الحائط الشمالي	٢٦٪		٢٤٪	
الحائط الشرقي	٢٦٪		٢٤٪	
الحائط الجنوبي	٢٦٪		٢٤٪	

أربعة فتحات مربعة الشكل

مواضع القراءة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E_1-E_2}{E_1}$ %	عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h1 إلى h2	$\frac{E_2-E_3}{E_2}$ %	عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h2 إلى h3
تحت الركن A	٤١٪		٣٢٪	
تحت الركن B	٤٣٪		٢٨٪	
تحت المركز R.P.	٤١٪		٢٢٪	
الحائط الغربي	٤٢٪		٤٠٪	
الحائط الشمالي	٤٢٪		٤٠٪	
الحائط الشرقي	٤٢٪		٤٠٪	
الحائط الجنوبي	٤٢٪		٤٠٪	

فتحة واحدة في جانب سقف القاعة



مواضع القراءة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E_1-E_2}{E_1}$ %	عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h1 إلى h2	$\frac{E_2-E_3}{E_2}$ %	عندما يزيد إرتفاع جوانب فتحة السقف من h2 إلى h3
تحت الركن A	٣٢٪		٣١٪	
تحت الركن B	٣١٪		٢٢٪	
تحت المركز R.P.	٣٤٪		٢٢٪	
الحائط الغربي	٤٧٪		٢٢٪	
الحائط الشمالي	٣٨٪		٢٢٪	
الحائط الشرقي	٣٦٪		٢٠٪	
الحائط الجنوبي	٣٨٪		٢٢٪	

جدول (٤-١١) يوضح مدى تأثير تغير ارتفاع جوانب فتحة السقف على شدة الاستضاءة الداخلية خاصة عند الحوائط أيا كان شكل القاعة.

- فى حالة القاعة المستطيلة : فتكون النتائج متماثلة فى جميع نماذج الفتحات العلوية .

٢-٥-٢ التأثر الكيفى

*** فى جميع الحالات (أيا كان شكل القاعة أو نموذج فتحات السقف)**

إذا ما تغيرت نسبة مجموع مساحات الفتحة العلوية إلى مساحة ارضية القاعة لايتغير توزيع الضوء الطبيعى (أى نسب تدرج شدة الاستضاءة) فى منطقة وسط القاعة عند مستوى القياس .

ويوضح الجداول (٤-١٢) ، (٤-١٣) تفاصيل ما سبق ذكره .

٢-٦ تأثير تغيّر معاملات انعكاس الأسطح الداخلية :

٢-٦-١ التأثر الكمى

* أجريت تجربة تشمل الحالات الآتية :

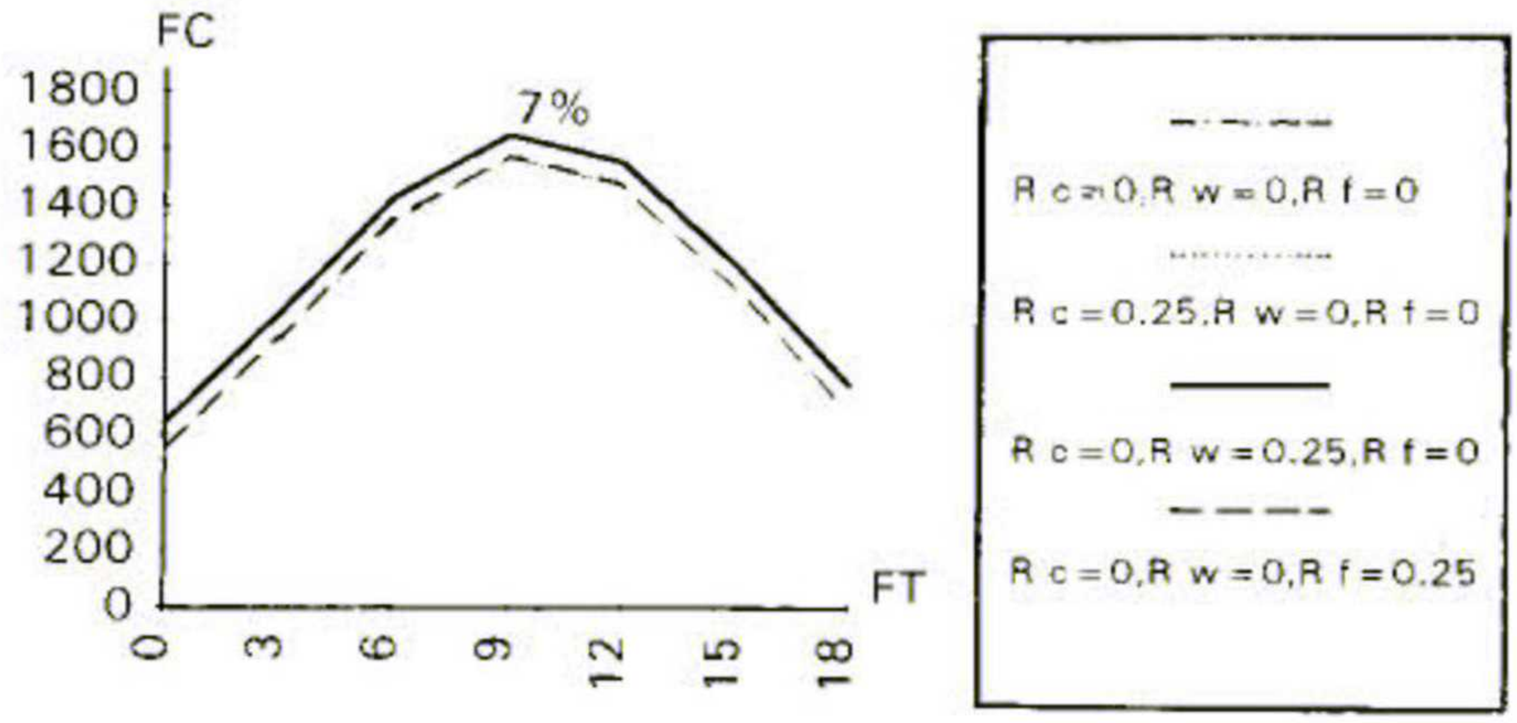
الحالة الأولى = معاملات انعكاس جميع الاسطح = صفر

الحالة الثانية = معاملات انعكاس جميع الاسطح ماعدا السقف = صفر

الحالة الثالثة = معاملات انعكاس جميع الاسطح ماعدا الارضية = صفر

الحالة الرابعة = معاملات انعكاس جميع الاسطح ماعدا الحوائط = صفر

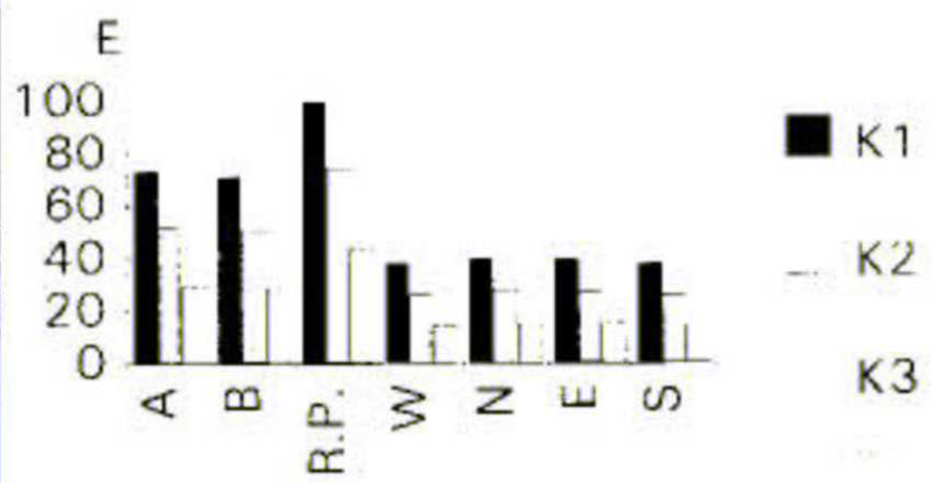
ومن مقارنة الحالات المذكورة تبين أن نتائج الحالات الثلاثة الأولى متطابقة من حيث شدة الاستضاءة أما بالنسبة للحالة الرابعة فتزداد شدة الاستضاءة عندها بمقدار ٧٪ تقريباً ، الأمرن الذى يوضح التأثير الجوهرى لمعامل انعكاس الحوائط على شدة الاستضاءة كما هو موضح فى الشكل (٤-١) .



شكل (٤-١)

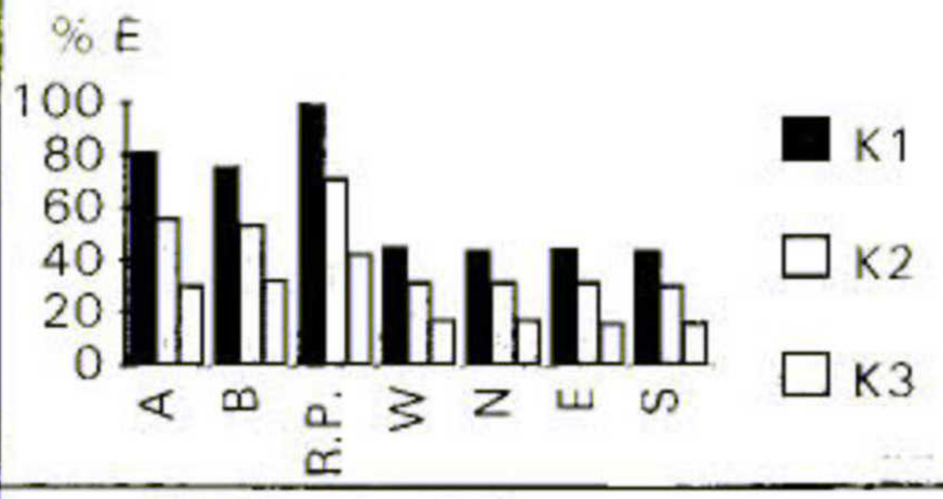
تأثير تغيّر نسبة مجموع مساحات فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة

فتحة واحدة في مركز سقف القاعة



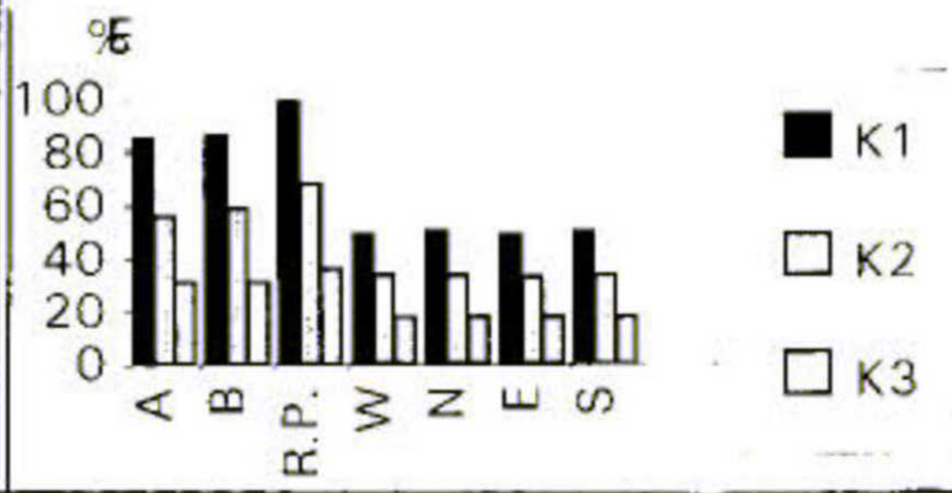
مواضع القراءة	نسبة إنتشار قسط الإستضاءة			
	$\frac{E1+E2}{E1}$ %	مقدار القيمة من E1 إلى E2	$\frac{E2+E3}{E2}$ %	مقدار القيمة من E2 إلى E3
المحور A-h	٪٢٨		٪٤١	
المحور B-h	٪٣٠		٪٤١	
نقطة المرجع R.P	٪٣٦		٪٤١	
النقطة الغربية	٪٢٨		٪٤٦	
النقطة الشمالية	٪٣٣		٪٤٦	
النقطة الشرقية	٪٣٣		٪٤٦	
النقطة الجنوبية	٪٣٣		٪٤٦	

ثلاث فتحات مستطيلة الشكل



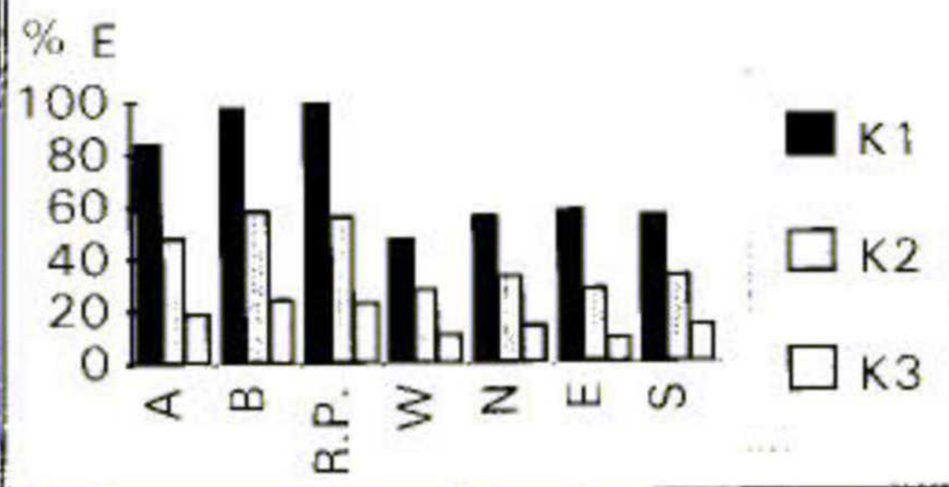
مواضع القراءة	نسبة إنتشار قسط الإستضاءة			
	$\frac{E1+E2}{E1}$ %	مقدار القيمة من E1 إلى E2	$\frac{E2+E3}{E2}$ %	مقدار القيمة من E2 إلى E3
المحور A-h	٪٣		٪٤٢	
المحور B-h	٪٢٩		٪٤٧	
نقطة المرجع R.P	٪٢٩		٪	
النقطة الغربية	٪٣٠		٪٤٧	
النقطة الشمالية	٪٢٩		٪٤٣	
النقطة الشرقية	٪٣٠		٪٤٧	
النقطة الجنوبية	٪٣٠		٪٤٦	

أربعة فتحات مربعة الشكل



مواضع القراءة	نسبة إنتشار قسط الإستضاءة			
	$\frac{E1+E2}{E1}$ %	مقدار القيمة من E1 إلى E2	$\frac{E2+E3}{E2}$ %	مقدار القيمة من E2 إلى E3
المحور A-h	٪٣١		٪٤٧	
المحور B-h	٪٣١		٪٤٧	
نقطة المرجع R.P	٪٣١		٪٤٧	
النقطة الغربية	٪٢٩		٪٤٦	
النقطة الشمالية	٪٣١		٪٤٦	
النقطة الشرقية	٪٣١		٪٤٦	
النقطة الجنوبية	٪٣١		٪٤٦	

فتحة واحدة في جانب سقف القاعة



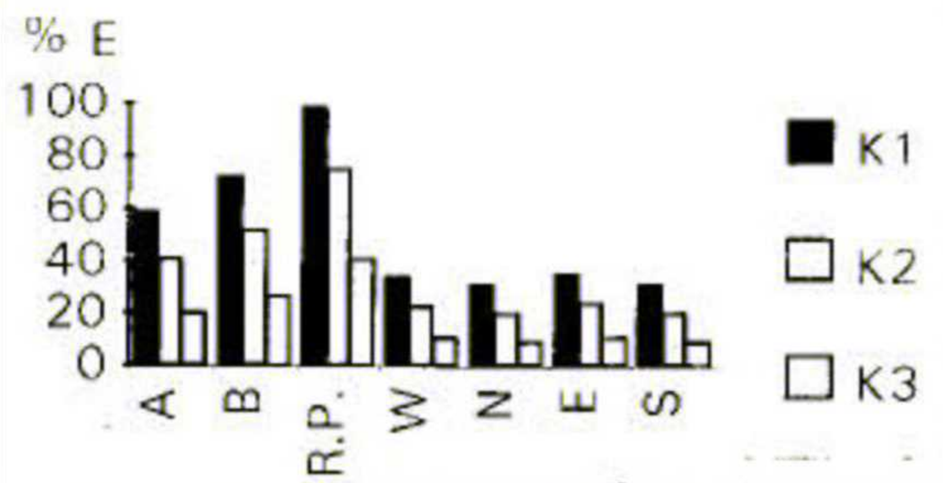
مواضع القراءة	نسبة إنتشار قسط الإستضاءة			
	$\frac{E1+E2}{E1}$ %	مقدار القيمة من E1 إلى E2	$\frac{E2+E3}{E2}$ %	مقدار القيمة من E2 إلى E3
المحور A-h	٪٤١		٪٥٩	
المحور B-h	٪٤١		٪٥٨	
نقطة المرجع R.P	٪٤١		٪٥٩	
النقطة الغربية	٪٤١		٪٥٨	
النقطة الشمالية	٪٤١		٪٥٨	
النقطة الشرقية	٪٤٢		٪٦٠	
النقطة الجنوبية	٪٤١		٪٥٨	

جدول (٤-١٢) يوضح مدى تأثير تغير نسبة مجموع مساحات فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة على شدة الاستضاءة الداخلية خاصة عند الحوائط (القاعة المربعة)

تأثير ٢: نسبة مجموع مساحات فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة

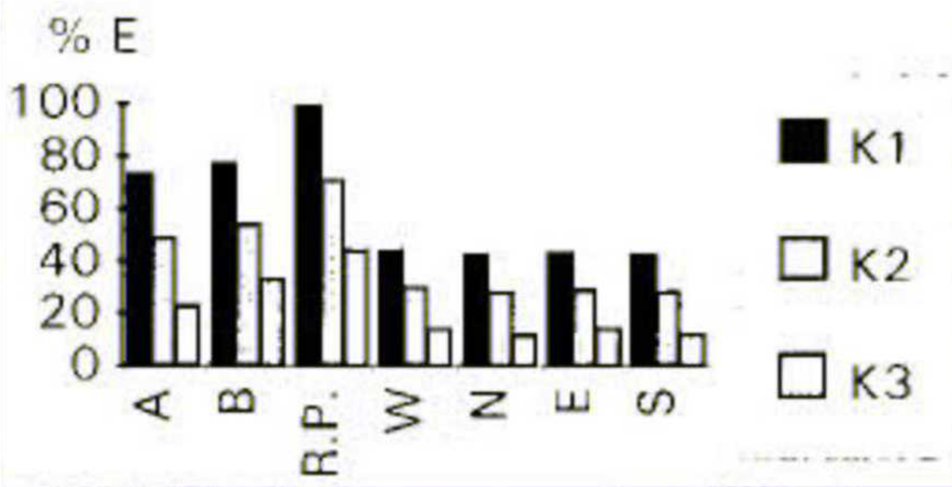
مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مقدار الفرق من K1 إلى K2	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	مقدار الفرق من K2 إلى K3
المحور A (أ)	٣٣٪		٥٣٪	
المحور B(ب)	٢٩٪		٥٩٪	
نقطة المرجع R.P	٢٥٪		٤١٪	
الحائط الغربي	٣٣٪		٥٣٪	
الحائط الشمالي	٣٥٪		٥٤٪	
الحائط الشرقي	٣٣٪		٥٣٪	
الحائط الجنوبي	٣٥٪		٥٦٪	

فتحة واحدة في مركز سقف القاعة



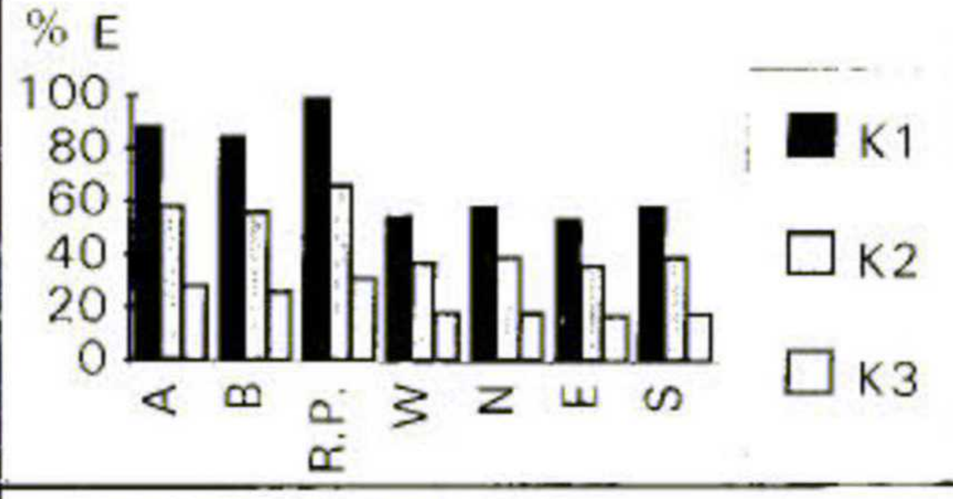
مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مقدار الفرق من K1 إلى K2	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	مقدار الفرق من K2 إلى K3
المحور A (أ)	٣٣٪		٤٢٪	
المحور B(ب)	٢١٪		٨٪	
نقطة المرجع R.P	٢٨٪		٣٤٪	
الحائط الغربي	٣٣٪		٥٣٪	
الحائط الشمالي	٣٣٪		٥٩٪	
الحائط الشرقي	٣٣٪		٥٣٪	
الحائط الجنوبي	٣٣٪		٥٩٪	

ثلاث فتحات مستطيلة الشكل



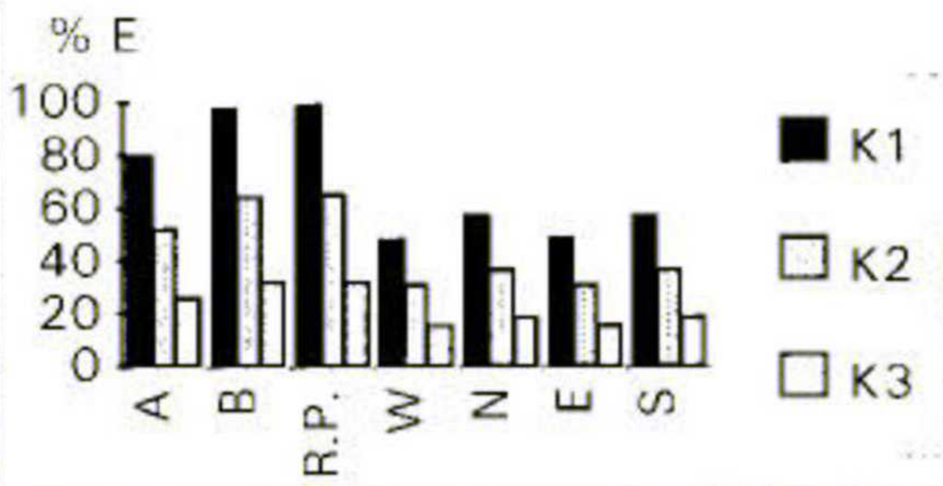
مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مقدار الفرق من K1 إلى K2	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	مقدار الفرق من K2 إلى K3
المحور A (أ)	٣٣٪		٤٣٪	
المحور B(ب)	٣٣٪		٤٣٪	
نقطة المرجع R.P	٣٤٪		٤٣٪	
الحائط الغربي	٣٠٪		٤٢٪	
الحائط الشمالي	٣٣٪		٤٣٪	
الحائط الشرقي	٣٣٪		٤٣٪	
الحائط الجنوبي	٣٣٪		٤٣٪	

أربعة فتحات مربعة الشكل



مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة			
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	مقدار الفرق من K1 إلى K2	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	مقدار الفرق من K2 إلى K3
المحور A (أ)	٣٥٪		٠٪	
المحور B(ب)	٣٥٪		٠٪	
نقطة المرجع R.P	٣٥٪		٠٪	
الحائط الغربي	٣٥٪		٤٩٪	
الحائط الشمالي	٣٤٪		٤٩٪	
الحائط الشرقي	٣٥٪		٤٩٪	
الحائط الجنوبي	٣٤٪		٤٩٪	

فتحة واحدة في جانب سقف القاعة



جدول (٤-١٣) يوضح مدى تأثير تغير نسبة مجموع مساحات فتحة السقف إلى مساحة أرضية القاعة على شدة الاستضاءة الداخلية خاصة عند الحوائط (القاعة المستطيلة)

* فى جميع الحالات (أيا كان شكل القاعة أو نموذج فتحات السقف)

إذا ما تغير أى من معاملات الانعكاس:

يكون أشد الأسطح تأثراً (من حيث الاستضاءة) هو الحوائط .

وأقل الأسطح تأثراً (من حيث الاستضاءة) هو وسط القاعة ومركزها .

لايحدث تغير محسوس فى النتائج إذا تغير شكل القاعة (مستطيلة/مربعة)

٢-٦-٢ التأثر الكيفى

* فى جميع الحالات :

لا يتغير توزيع الضوء الطبيعى (نسب تدرج شدة الاستضاءة) مع تغير معاملات انعكاس الأسطح الداخلية وذلك فى منطقة وسط القاعة عند مستوى القياس .

أ- تأثير تغير معاملات انعكاس الأسطح الداخلية : السقف

كلما قل عرض الفتحة العلوية : زادت نسب تغير شدة الاستضاءة بفعل تغير معامل انعكاس السقف (وذلك بسبب كون معامل انعكاس جوانب الفتحة العلوية يتغير هو الآخر مع معامل انعكاس السقف) .

ولذلك تكون زيادة نسب تغير شدة الاستضاءة أكبر ما تكون إذا كانت الفتحات العلوية من النموذج الثانى (٣ فتحات مستطيلة) .

ويوضح الجدول (٤-١٤) تفاصيل ما سبق ذكره .

ب- تأثير تغير معاملات انعكاس الأسطح الداخلية : الحوائط

* لون دهان الحوائط : له تأثير كبير على شدة الاستضاءة الداخلية وخاصة عند الحوائط . وقد تصل نسبة انخفاض شدة الاستضاءة إلى ٤٠٪ عند الحوائط إذا ما تغير لون دهان الحوائط من الأبيض إلى الأسود .
* فى حالتى القاعة المربعة والقاعة المستطيلة : إذا ما تغير معامل انعكاس الحوائط ستكون النتيجة متماثلة تقريباً أيا كان نموذج فتحة السقف باستثناء النموذج الرابع للفتحات الذى كان الاكثر تأثراً خاصة عند الحائط البعيد عن الفتحة .

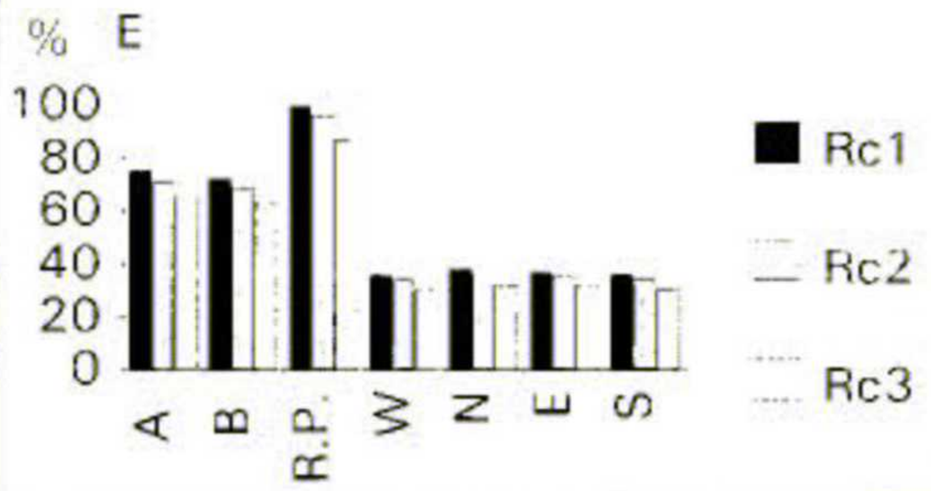
ويوضح الجدول (٤-١٥) تفاصيل ما سبق ذكره .

جـ- تأثير تغير معاملات انعكاس الاسطح الداخلية : الأرضية

* إن تغير معامل انعكاس الارضية من أقل المعاملات تأثيراً على شدة الاستضاءة الداخلية .
* فى جميع الحالات (أيا كان شكل القاعة أو نموذج فتحات السقف) أن نسب تغير شدة الاستضاءة نتيجة لتغير قيمة هذا المعامل تتراوح ما بين ٢٪ إلى ١٥٪ وهى تعتبر نسباً ضئيلة بالمقارنة بالعناصر الأخرى .

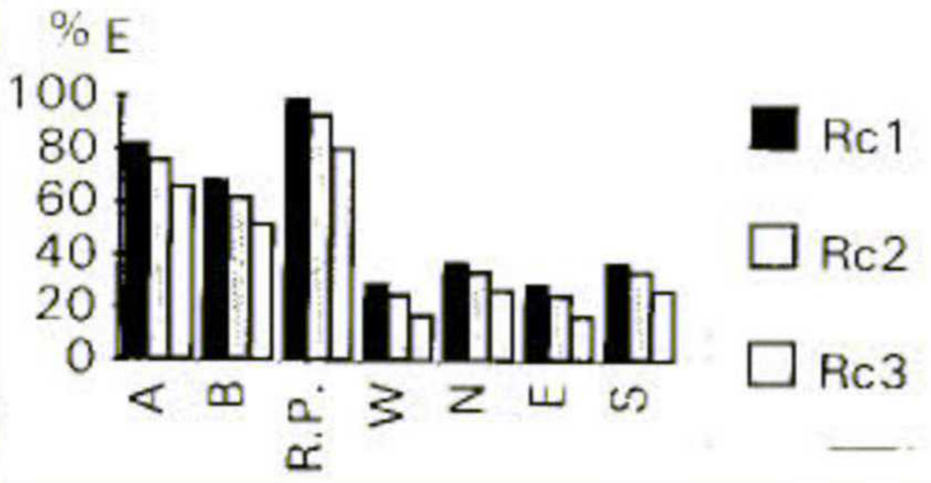
معامل انعكاس السقف

فتحة واحدة فى مركز سقف القاعة



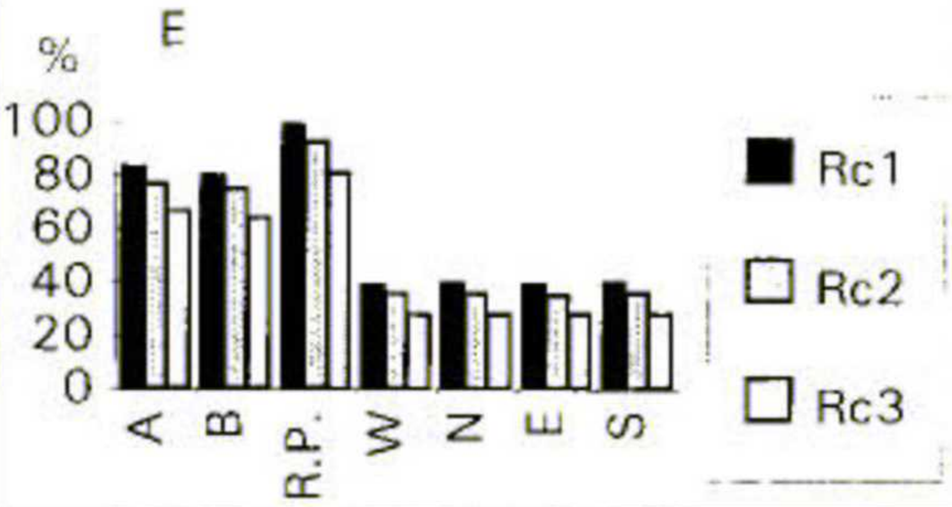
مواضع القراءة	نسبة الانخفاض عندما الاستضاءة		نسبة الانخفاض عندما يقل معامل انعكاس السقف	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	عندما يقل معامل إنعكاس السقف من ٧٠٪ إلى ٥٠٪	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	عندما يقل معامل إنعكاس السقف من ٥٠٪ إلى ٣٠٪
المحور A (أ)	٤٪		٩٪	
المحور B (ب)	٤٪		٩٪	
نقطة قرص R.P.	٤٪		٩٪	
النقطة الغربى	٩٪		١١٪	
النقطة الشمالى	٨٪		١١٪	
النقطة الشرقى	٨٪		١١٪	
النقطة الجنوبى	٨٪		١١٪	

ثلاث فتحات مستطيلة الشكل



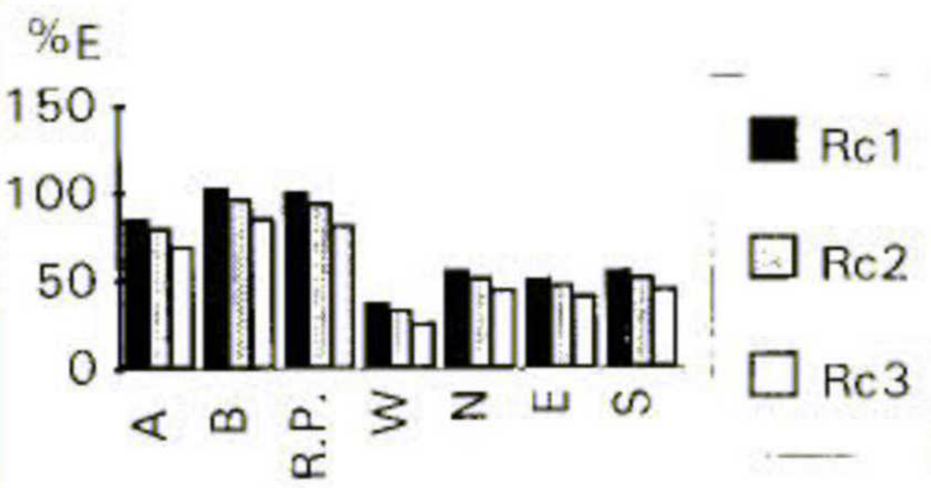
مواضع القراءة	نسبة الانخفاض عندما الاستضاءة		نسبة الانخفاض عندما يقل معامل	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	عندما يقل معامل إنعكاس السقف من ٧٠٪ إلى ٥٠٪	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	عندما يقل معامل إنعكاس السقف من ٥٠٪ إلى ٣٠٪
المحور A (أ)	٧٪		١٣٪	
المحور B (ب)	٧٪		١٣٪	
نقطة قرص R.P.	٧٪		١٣٪	
النقطة الغربى	١٠٪		١٤٪	
النقطة الشمالى	١٠٪		١٤٪	
النقطة الشرقى	١٠٪		١٤٪	
النقطة الجنوبى	١٠٪		١٤٪	

أربعة فتحات مربعة الشكل



مواضع القراءة	نسبة الانخفاض عندما الاستضاءة		نسبة الانخفاض عندما يقل معامل	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	عندما يقل معامل إنعكاس السقف من ٧٠٪ إلى ٥٠٪	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	عندما يقل معامل إنعكاس السقف من ٥٠٪ إلى ٣٠٪
المحور A (أ)	٧٪		١٤٪	
المحور B (ب)	٧٪		١٤٪	
نقطة قرص R.P.	٧٪		١٣٪	
النقطة الغربى	١٠٪		٢٣٪	
النقطة الشمالى	١٠٪		٢٢٪	
النقطة الشرقى	١٠٪		٢١٪	
النقطة الجنوبى	١٠٪		٢١٪	

فتحة واحدة فى جانب سقف القاعة



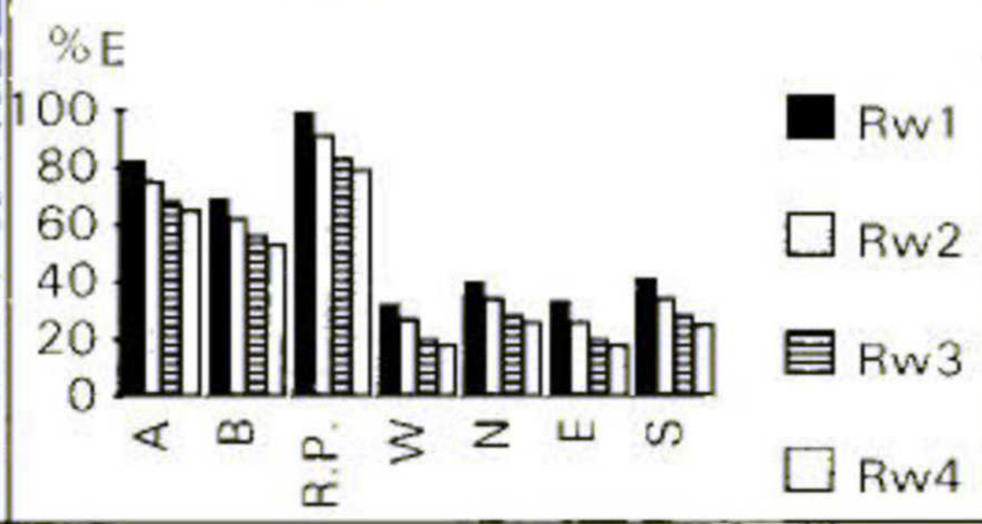
مواضع القراءة	نسبة الانخفاض عندما الاستضاءة		نسبة الانخفاض عندما يقل معامل	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ %	عندما يقل معامل إنعكاس السقف من ٧٠٪ إلى ٥٠٪	$\frac{E2-E3}{E2}$ %	عندما يقل معامل إنعكاس السقف من ٥٠٪ إلى ٣٠٪
المحور A (أ)	٦٪		١٣٪	
المحور B (ب)	٧٪		١١٪	
نقطة قرص R.P.	٦٪		١٤٪	
النقطة الغربى	١٠٪		١٣٪	
النقطة الشمالى	٧٪		١١٪	
النقطة الشرقى	٧٪		١٠٪	
النقطة الجنوبى	٧٪		١١٪	

جدول (٤-١٤) يوضح تأثير تغير معامل انعكاس السقف
على شدة الاستضاءة الداخلية وخاصة عند الحوائط
التى تعتبر أكثر المواضع تأثراً (أيا كان شكل القاعة)

معامل انعكاس الحوائط

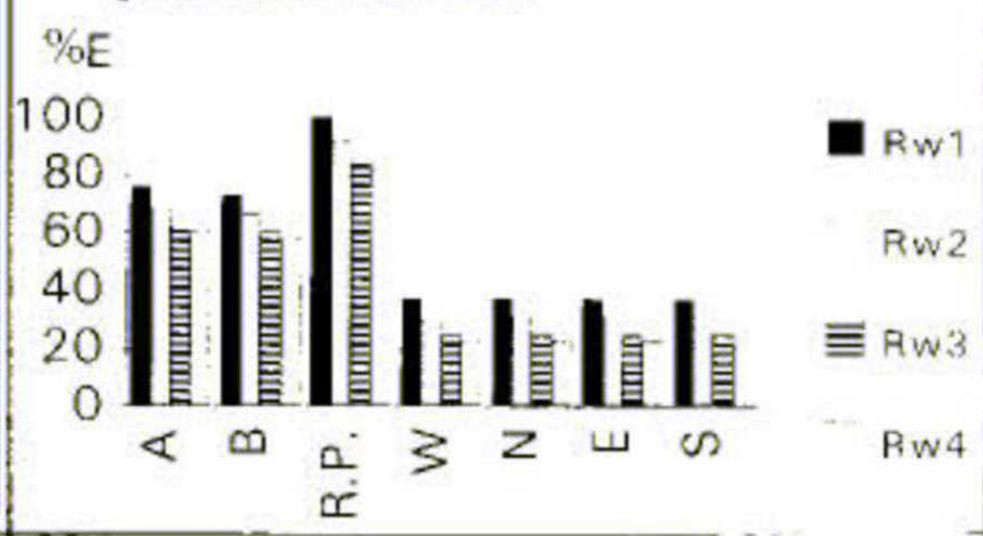
مواضع القراءة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة				
	E3-E4 / E3	عند بفرض معامل إنعكاس الحوائط من Rw4 إلى Rw1	E2-E3 / E2	عند بفرض معامل إنعكاس الحوائط من Rw3 إلى Rw2	E1-E2 / E1 عند بفرض معامل إنعكاس الحوائط من Rw2 إلى Rw1
تحت الحائط	٪٤		٪٩		٪١
تحت المنتصف	٪٤		٪٩		٪٩
عند الركن البعيد	٪٤		٪٨		٪٨
عند الحائط	٪١٠		٪٢٠		٪١٨
عند المنتصف	٪٩		٪١٢		٪١٦
عند الركن القريب	٪٨		٪١٨		٪١٤
عند المنتصف	٪١٠		٪٢٠		٪١٨

فتحة واحدة فى مركز سقف القاعة



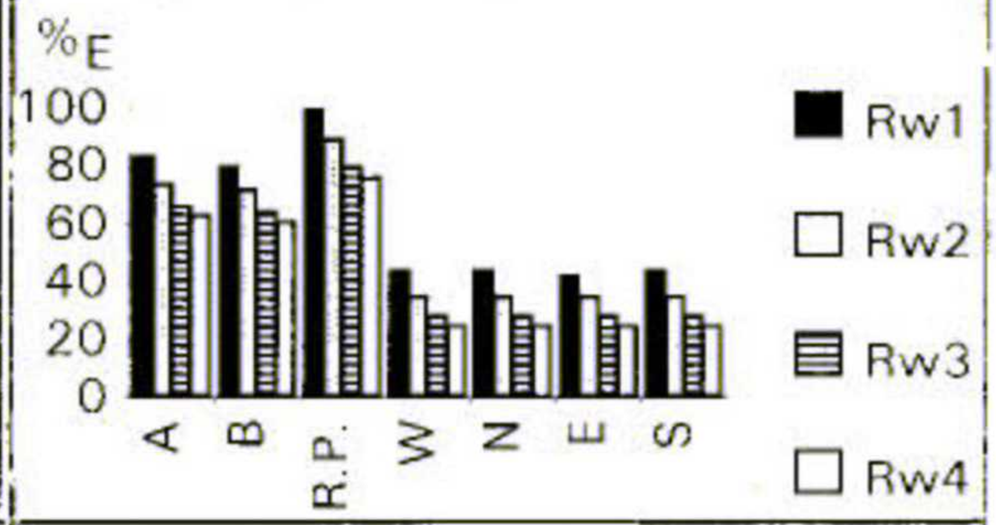
مواضع القراءة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة				
	E3-E4 / E3	عند بفرض معامل إنعكاس الحوائط من Rw4 إلى Rw1	E2-E3 / E2	عند بفرض معامل إنعكاس الحوائط من Rw3 إلى Rw2	E1-E2 / E1 عند بفرض معامل إنعكاس الحوائط من Rw2 إلى Rw1
تحت الحائط	٪٤		٪٩		٪٩
تحت المنتصف	٪٥		٪١١		٪١١
عند الركن البعيد	٪٤		٪٩		٪٩
عند الحائط	٪١٣		٪٢٣		٪١٦
عند المنتصف	٪٨		٪١٧		٪١١
عند الركن القريب	٪١٢		٪٢٣		٪١٠
عند المنتصف	٪٨		٪١٨		٪١٦

ثلاث فتحات مستطيلة الشكل



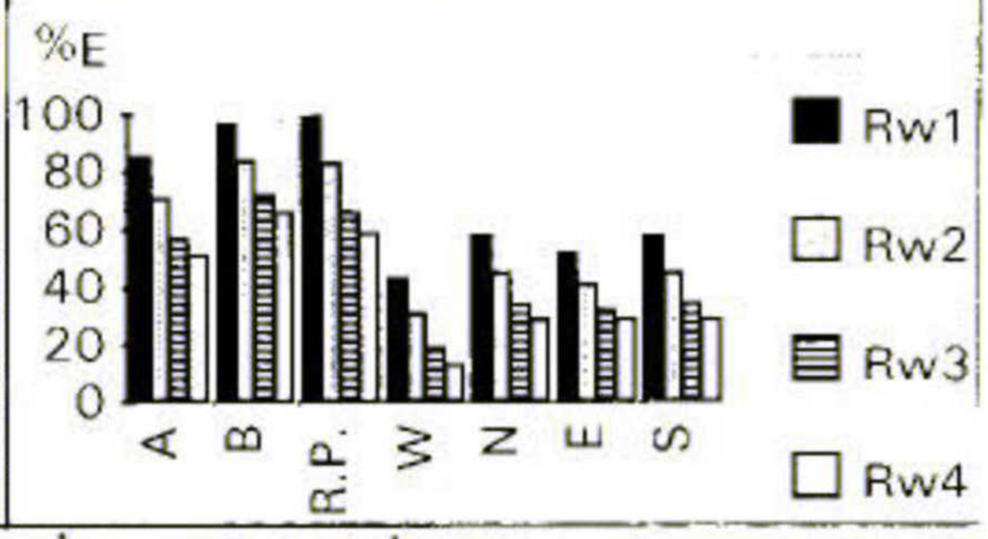
مواضع القراءة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة				
	E3-E4 / E3	عند بفرض معامل إنعكاس الحوائط من Rw4 إلى Rw1	E2-E3 / E2	عند بفرض معامل إنعكاس الحوائط من Rw3 إلى Rw2	E1-E2 / E1 عند بفرض معامل إنعكاس الحوائط من Rw2 إلى Rw1
تحت الحائط	٪٨		٪١١		٪١١
تحت المنتصف	٪٨		٪١١		٪١١
عند الركن البعيد	٪٨		٪١١		٪١١
عند الحائط	٪١١		٪٢١		٪١٩
عند المنتصف	٪١١		٪٢١		٪١٩
عند الركن القريب	٪١٠		٪٢٠		٪١٨
عند المنتصف	٪١١		٪٢١		٪١٩

أربعة فتحات مربعة الشكل



مواضع القراءة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة				
	E3-E4 / E3	عند بفرض معامل إنعكاس الحوائط من Rw4 إلى Rw1	E2-E3 / E2	عند بفرض معامل إنعكاس الحوائط من Rw3 إلى Rw2	E1-E2 / E1 عند بفرض معامل إنعكاس الحوائط من Rw2 إلى Rw1
تحت الحائط	٪١١		٪٢٠		٪١٧
تحت المنتصف	٪١٢		٪٢١		٪١٨
عند الركن البعيد	٪١١		٪٢٠		٪١٧
عند الحائط	٪١٨		٪٤٠		٪٢٩
عند المنتصف	٪١٨		٪٢٩		٪٢٤
عند الركن القريب	٪١٨		٪٢٢		٪٢١
عند المنتصف	٪١٨		٪٢٩		٪٢٤

فتحة واحدة فى جانب سقف القاعة



جدول (٤-١٥) يوضح تأثير تغير معامل انعكاس الحوائط
على شدة الاستضاءة الداخلية وخاصة عند الحوائط
التى تعتبر أكثر المواضع تأثراً (أيا كان شكل القاعة)

* إن نسب تغير شدة الاستضاءة متماثلة تقريباً فى جميع الحالات .
ويوضح الجدول (٤-١٦) تفاصيل ما سبق ذكره .

٢-٧ تأثير تغيّر النفاذية :

٢-٧-١ التأثر الكمى

* إن النفاذية تعتبر واحدة من أكثر العناصر المعمارية تأثيراً على شدة الاستضاءة إلى جانب أنها تتحكم فى أشعة الشمس المباشرة وتجنبها عن طريق الشرائح المتحركة (السطح الشبكى) .

*** فى جميع الحالات (أيا كان شكل القاعة أو نموذج فتحات السقف)**

إذا ما تغيرت النفاذية فإن النتيجة متماثلة (نسب تغير شدة الاستضاءة) .

٢-٧-٢ التأثر الكيفى

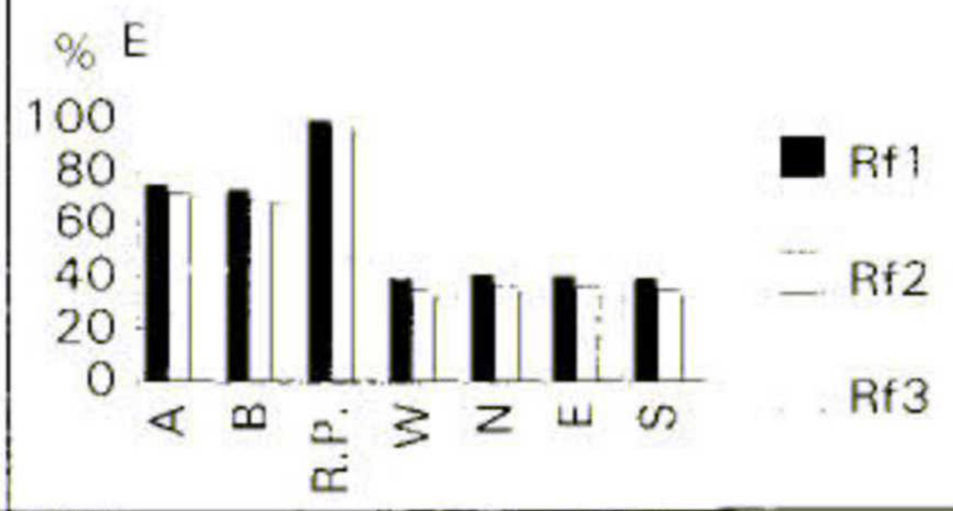
*** فى جميع الحالات (أيا كان شكل القاعة أو نموذج الفتحات العلوية)**

إذا ما تغيرت النفاذية فلا يتغير توزيع شدة الاستضاءة (أى نسب تدرج شدة الاستضاءة) فى منطقة وسط القاعة عند مستوى القياس .
ويوضح الجدول (٤-١٧) تفاصيل ما سبق ذكره .

بإستعراض نتائج التجارب التى عرضت فى الفقرات السابقة ، ودراسة القيم النسبية لتأثير العناصر المعمارية المختلفة على شدة الاستضاءة داخل قاعة متحفية ما تضاء إضاءة طبيعية عن طريق فتحات علوية فى سقفها وتخصص لعرض لوحات فنية على حوائطها . يتضح مدى تعدد النتائج التى يمكن الحصول عليها بإختلاف وتنوع العناصر المعمارية المكونة للقاعة وبالتالى تظهر ضرورة إيجاد وسيلة يمكن أن يستعين بها المصمم عند تناوله لتصميم قاعة متحفية وتحديد عناصرها المعمارية بما يحقق ما تتطلبه اللوحات الفنية من قيم لشدة الاستضاءة ، وكنتيجة لذلك تم اعداد برنامج "الحاسب" ، وهو ما سيعرض تفصيلياً فى الباب الخامس من البحث .

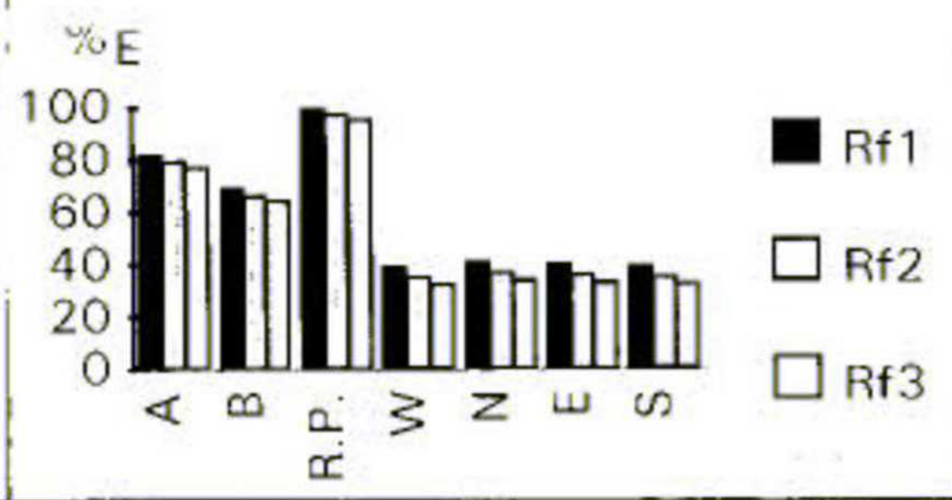
معامل انعكاس الأرضية

فتحة واحدة فى مركز سقف القاعة



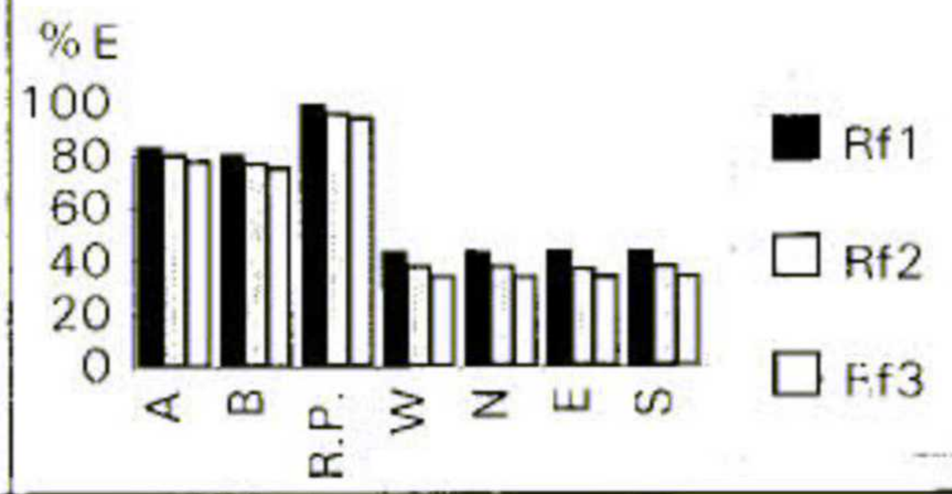
مواضع القراءة	نسبة إنخفاض قدرة الإستضاءة	
	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf1 إلى Rf2	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf2 إلى Rf3
المحور (أ) A	٤٪	٣٪
المحور (ب) B	٤٪	٣٪
نقطة المرجع R.P.	٣٪	٢٪
النقطة الغربى	١١٪	٩٪
النقطة الشمالى	١١٪	٨٪
النقطة الشرقى	١١٪	٨٪
النقطة الجنوبى	١١٪	٩٪

ثلاث فتحات مستطيلة الشكل



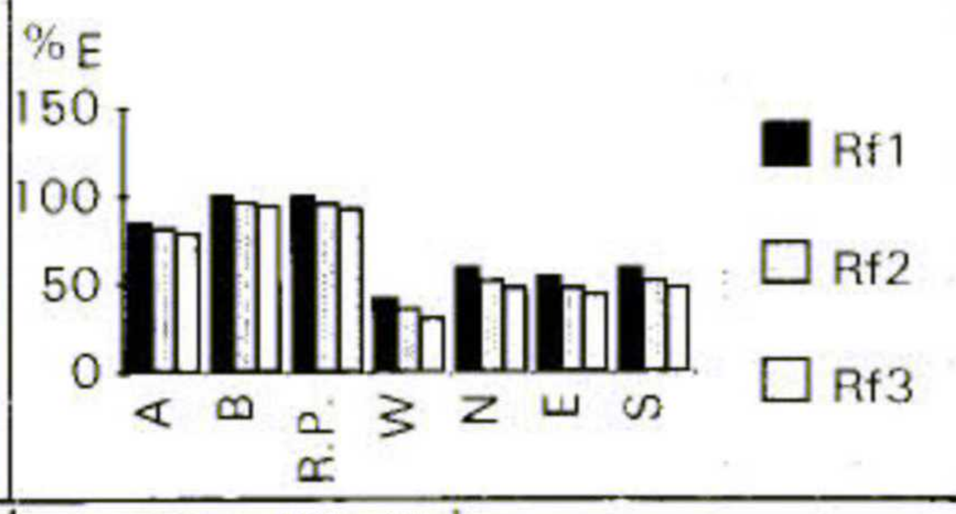
مواضع القراءة	نسبة إنخفاض قدرة الإستضاءة	
	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf1 إلى Rf2	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf2 إلى Rf3
المحور (أ) A	٤٪	٣٪
المحور (ب) B	٤٪	٣٪
نقطة المرجع R.P.	٣٪	٢٪
النقطة الغربى	١٤٪	١١٪
النقطة الشمالى	١٢٪	٩٪
النقطة الشرقى	١٤٪	١١٪
النقطة الجنوبى	١٢٪	٩٪

أربعة فتحات مربعة الشكل



مواضع القراءة	نسبة إنخفاض قدرة الإستضاءة	
	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf1 إلى Rf2	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf2 إلى Rf3
المحور (أ) A	٤٪	٣٪
المحور (ب) B	٤٪	٣٪
نقطة المرجع R.P.	٤٪	٣٪
النقطة الغربى	١٢٪	١٠٪
النقطة الشمالى	١٢٪	١٠٪
النقطة الشرقى	١٢٪	١٠٪
النقطة الجنوبى	١٢٪	١٠٪

فتحة واحدة فى جانب سقف القاعة



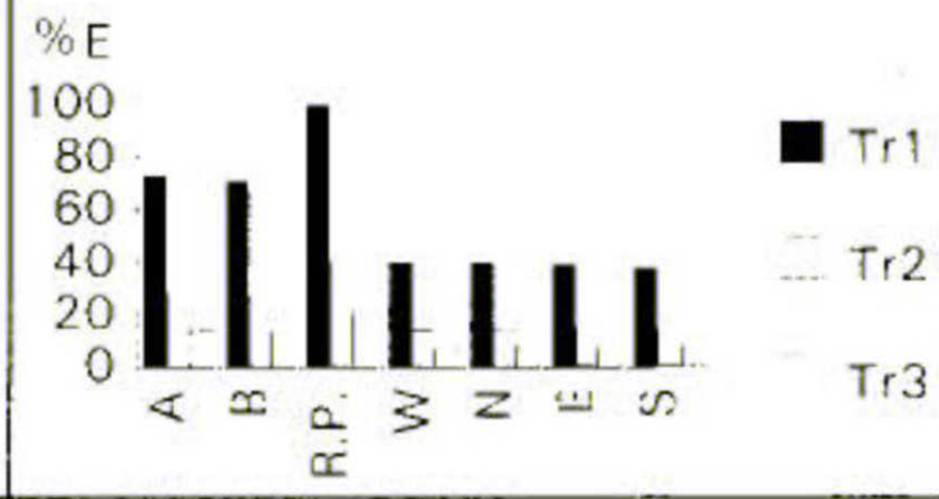
مواضع القراءة	نسبة إنخفاض قدرة الإستضاءة	
	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf1 إلى Rf2	عندما يقل معامل إنعكاس الأرضية من Rf2 إلى Rf3
المحور (أ) A	٤٪	٣٪
المحور (ب) B	٥٪	٤٪
نقطة المرجع R.P.	٤٪	٣٪
النقطة الغربى	١٥٪	١٢٪
النقطة الشمالى	١٣٪	١٠٪
النقطة الشرقى	١٤٪	٩٪
النقطة الجنوبى	١٣٪	١٠٪

جدول (٤-١٦) يوضح ضعف تأثير تغير معامل انعكاس الأرضية
على شدة الاستضاءة داخل القاعة (أيا كان شكل القاعة)

تأثير تغيّر النفاذية

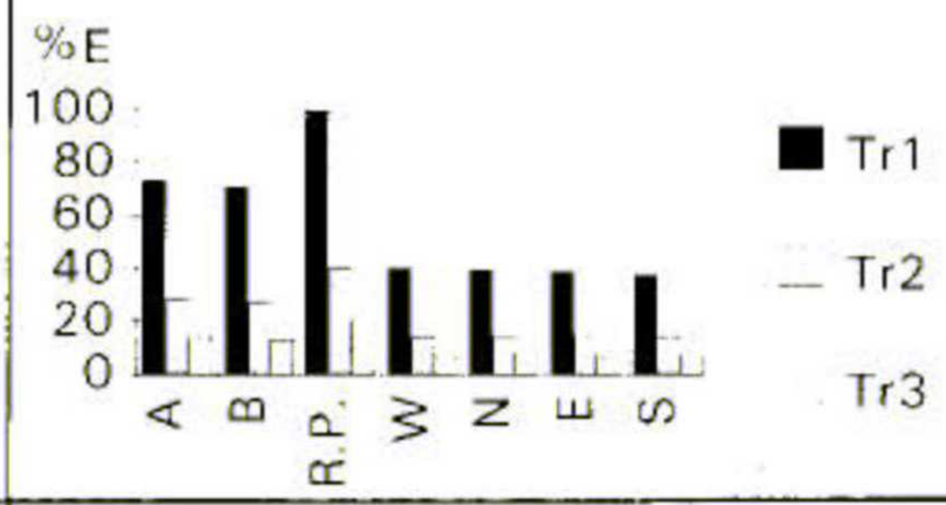
مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr1 إلى Tr2	$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr2 إلى Tr3
المحور A أ	٢٢٪	٠٪
المحور أ ب B	٢٢٪	٠٪
نقطة المرجع R.P.	٢٢٪	٠٪
الحائط الغربي	٢٢٪	٠٪
الحائط الشمالي	٢٢٪	٠٪
الحائط الشرقي	٢٢٪	٠٪
الحائط الجنوبي	٢٢٪	٠٪

فتحة واحدة في مركز سقف القاعة



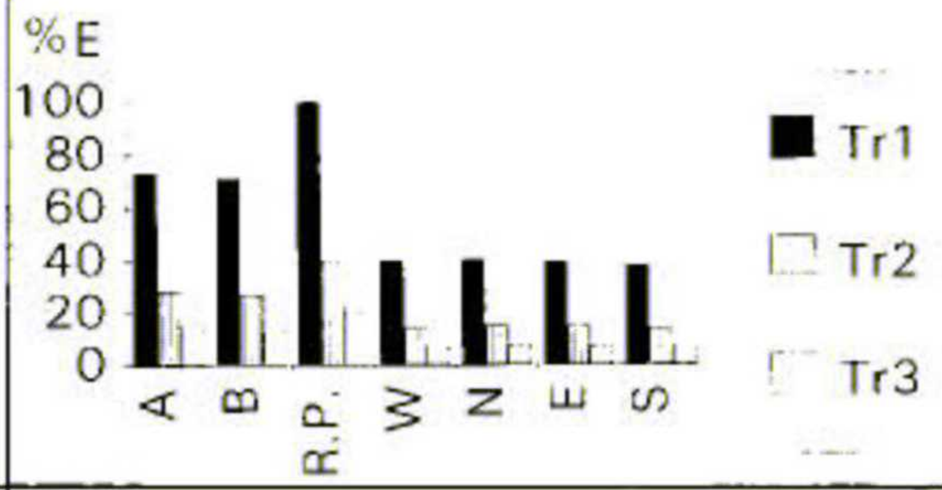
مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr1 إلى Tr2	$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr2 إلى Tr3
المحور A أ	٢٢٪	٠٪
المحور أ ب B	٢٢٪	٠٪
نقطة المرجع R.P.	٢٢٪	٠٪
الحائط الغربي	٢٢٪	٠٪
الحائط الشمالي	٢٢٪	٠٪
الحائط الشرقي	٢٢٪	٠٪
الحائط الجنوبي	٢٢٪	٠٪

ثلاث فتحات مستطيلة الشكل



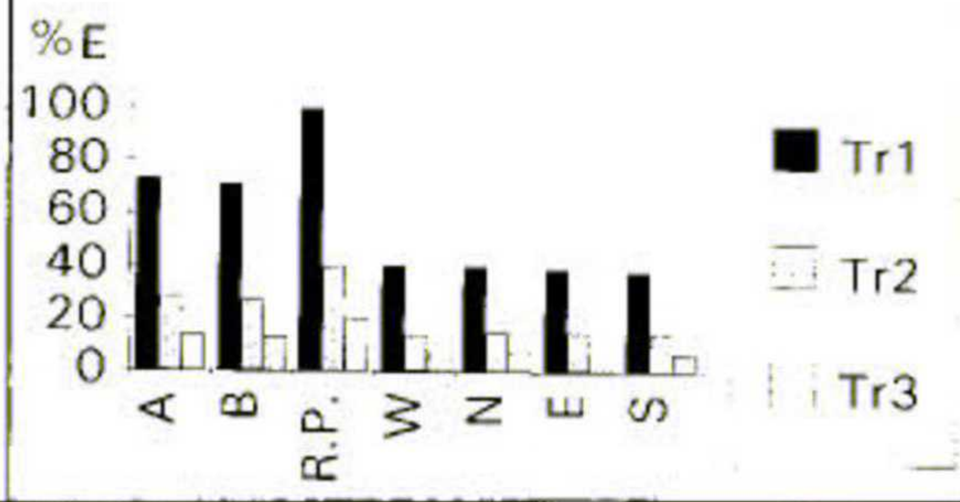
مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr1 إلى Tr2	$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr2 إلى Tr3
المحور A أ	٢٢٪	٠٪
المحور أ ب B	٢٢٪	٠٪
نقطة المرجع R.P.	٢٢٪	٠٪
الحائط الغربي	٢٢٪	٠٪
الحائط الشمالي	٢٢٪	٠٪
الحائط الشرقي	٢٢٪	٠٪
الحائط الجنوبي	٢٢٪	٠٪

أربعة فتحات مربعة الشكل



مواضع الدراسة	نسبة إنخفاض شدة الإستضاءة	
	$\frac{E1-E2}{E1}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr1 إلى Tr2	$\frac{E2-E3}{E2}$ % عندما تقل نسبة النفاذية من Tr2 إلى Tr3
المحور A أ	٢٢٪	٠٪
المحور أ ب B	٢٢٪	٠٪
نقطة المرجع R.P.	٢٢٪	٠٪
الحائط الغربي	٢٢٪	٠٪
الحائط الشمالي	٢٢٪	٠٪
الحائط الشرقي	٢٢٪	٠٪
الحائط الجنوبي	٢٢٪	٠٪

فتحة واحدة في جانب سقف القاعة



جدول (٤-١٧) يوضح تأثير تغير النفاذية
على شدة الاستضاءة الداخلية (أيا كان شكل القاعة)

الباب الخامس

برنامج الحاسب لتحليل الإضاءة الطبيعية

فى قاعة متحفية للوحات الفنية

محتويات الباب الخامس

١- تمهيـــد

٢- إمكانيات برنامج الحاسب

النتائج والتوصيات

١ - تمهيـــد

بعد أن تمت دراسة النتائج المختلفة للتجارب العملية (الباب السابق) وتحليلها للتعرف على مدى تأثير كل عنصر من العناصر المعمارية المختلفة على شدة الاستضاءة داخل القاعة المتحفية (نقطة البحث) ، أصبح من الممكن الوصول إلى وضع برنامج للحاسب يتم بواسطته تحليل حالة الضوء داخل قاعة متحفية مضاءة إضاءة طبيعية عن طريق فتحات علوية فى سقفها وتعرض على حوائطها لوحات فنية ، بحيث يتيح البرنامج للمصمم التعرف على شدة الاستضاءة ، وتدرجها فى مواضع مختلفة من القاعة فى ظل الخصائص المعمارية المختلفة .

وتتوفر فى هذا البرنامج إمكانية الحصول على تقارير مختلفة تحتوى على تحليل للإضاءة الطبيعية عند النقاط المختلفة بالإضافة إلى «كنتور» الخاص بتوزيع الاضاءة ، مع الأخذ فى الاعتبار أن تكون شدة الاستضاءة عند الحوائط فى القاعة المتحفية بالقيم التى تتطلبها اللوحات الفنية المعروضة على حوائطها دون نقصان يعوق الرؤية السليمة ولا زيادة تعرض اللوحات للضرر .

علماً بأن شدة الاستضاءة القصوى للوحات بالألوان الزيتية = ١٥٠ لاكس[١] .

وشدة الاستضاءة القصوى للوحات بالألوان المائية = ٥٠ لاكس .

ويتميز هذا البرنامج الذى تم تطويره على الحاسب ، بسهولة الاستخدام والتنقل بين الاختيارات المختلفة للعناصر المعمارية .

وهو ما سيوضح تفصيلياً فى هذا الجزء من البحث .

---

(١) جدول (١-١) الباب الأول .

٢- إمكانيات البرنامج

يتم التعامل مع البرنامج (MDL) عن طريق ظهور قائمة اختيارات على شاشة الحاسب بها كافة العناصر المعمارية وبدائلها المتاحة بحيث يمكن للمستخدم الاختيار فيما بينها كما هو موضح فى الشكل التوضيحى (١-٥) وهذه العناصر وبدائلها هى :

٢-١ شكل القاعة Gallery Model

ويمكن اختيار احد شكلين للقاعة : قاعة مربعة أو قاعة مستطيلة ، حيث يتم ادخال احد ابعاد القاعة وهو عرضها على أن تحسب باقى الابعاد من هذه القيمة .

٢-٢ معاملات انعكاس الاسطح الداخلية Reflectance

ويمكن اختيار احد معاملين للانعكاس لكل سطح من الاسطح الداخلية (السقف- الحوائط - الارضية) .

٢-٣ نموذج فتحة السقف Skylight Model

ويمكن اختيار احد اربعة نماذج لفتحة السقف .

- النموذج الأول = فتحة واحدة فى مركز سقف القاعة لها أبعاد محددة SM1
- النموذج الثانى = ثلاث فتحات مستطيلة ذات أبعاد ومواضع محددة SM2
- النموذج الثالث = اربع فتحات مربعة ذات أبعاد ومواضع محددة SM3
- النموذج الرابع = فتحة واحدة فى جانب من سقف القاعة ذات أبعاد ومواضع محددة SM4

٢-٤ نسبة مساحة الفتحات إلى مساحة ارضية القاعة K

حيث يمكن اختيار احد ثلاث قيم لهذه النسبة .

$K = 1/3$

$K = 1/5$

$K = 1/10$

وبعد الاختيار يمكن حساب ابعاد فتحة السقف .

---

(1) MDL = Museums Daylighting.

٢-٥ نسبة النفاذية Tr

المقصود بنسبة النفاذية هو نفاذية الزجاج مع الشرائح المائلة المتحركة المركبة عليه (السطح الشبكى)

حيث يمكن اختيار احد النسبتين :

$Tr = 0.10$

$Tr = 0.20$

وقد ثُبتت فى البرنامج خصائص الموقع ووقت القياس .

خصائص الموقع هى :

- الموقـــــع : القاهرة (من حيث خط الطول وخط العرض)
- طبيعة الموقع : حضرية
- المنـــــاخ : صحراوى
- حالة السمـاء : صافية
- وقت القيـاس : الساعة ١٢ ظهراً فى فترة شهور الصيف(١)

بعد أن تتم تغذية الشاشة بجميع الاختيارات يمكن الحصول على التقرير الخاص بتحليل الاضاءة الطبيعية .

ويعتبر هذا التقرير أداة مفيدة تساعد المصمم على التعرف على كيفية استخدام العناصر (البدائل المعمارية المختلفة) للوصول إلى شدة الاستضاءة التى تتطلبها القاعة المتحفية .

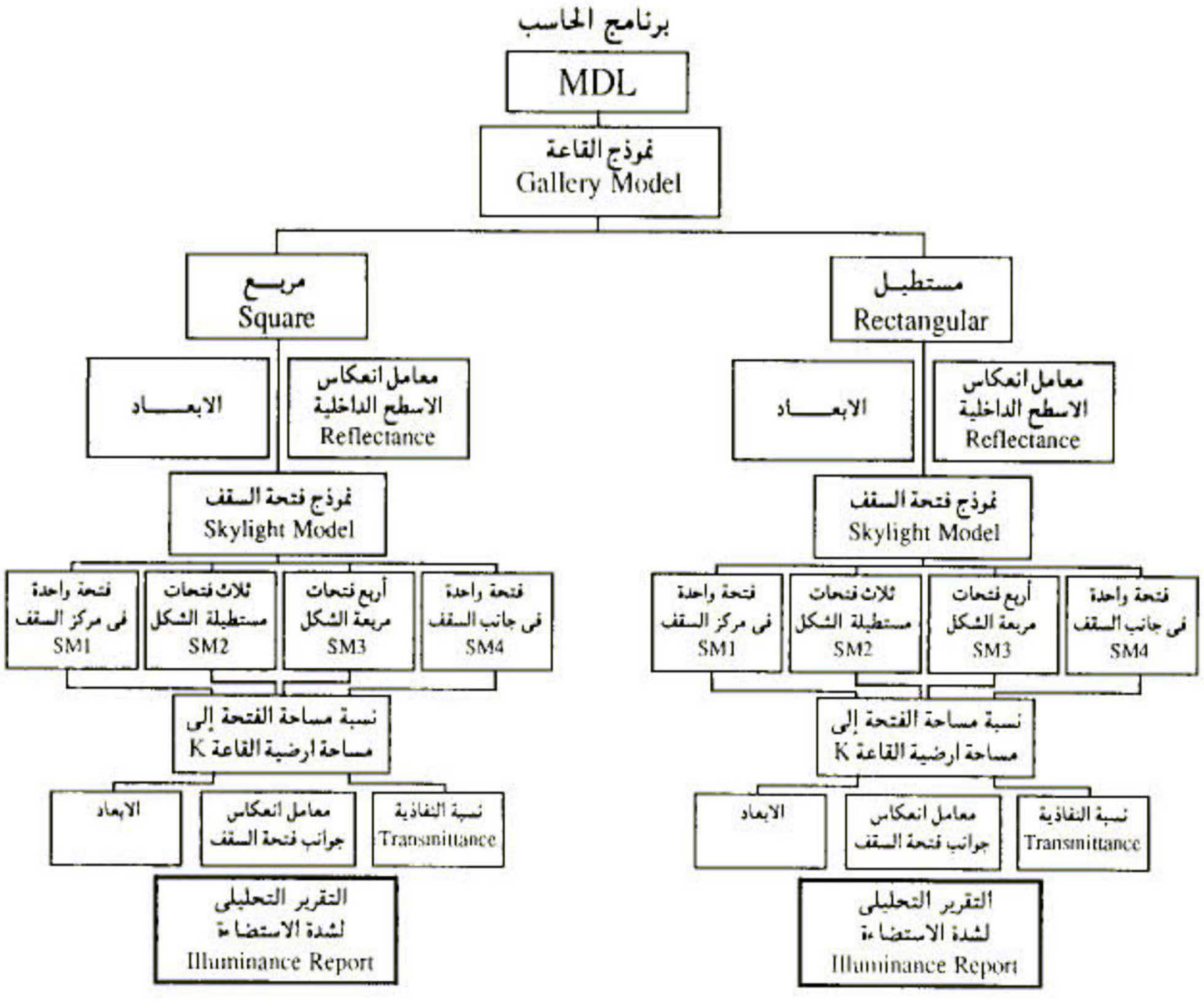
وجدير بالذكر أن فى بعض الحالات لا يوجد امكانية تحقيق بعض الاختيارات لأنها لاتوصل إلى شدة الاستضاءة التى تتطلبها اللوحات الفنية فتظهر رسالة توضح اسباب عدم امكانية تحقيق هذا الاختيار .

بالاضافة إلى ان البرنامج يحتوى على امكانية تخزين بيانات مستخدمى البرنامج والتقارير التى سبق أن حصلوا عليها من خلال التشغيل .

ويوضح شكل (٥-٢) مجموعة العلاقات بين العناصر المعمارية المختلفة التى على أساسها تحدد سير البرنامج ، كما توضح الأشكال (٥-٣) و(٥-٤) و(٥-٥) الشاشات المختلفة التى تظهر فى البرنامج .

---

(١) بند ٢-٢-١ (ح) : الباب الثانى : معامل تصحيح للوقت .



شكل (٥-١) العناصر المكونة للبرنامج

شكل (٥-٢) يوضح مجموعة العلاقات بين العناصر المعمارية المختلفة

- تعريف الرموز :

GM1 = القاعة المربعة

GM2 = القاعة المستطيلة

W = عرض القاعة

H = ارتفاع القاعة

SM1 = فتحة واحدة فى مركز سقف القاعة

SM2 = ثلاث فتحات مستطيلة

SM3 = اربعة فتحات مربعة

SM4 = فتحة واحدة فى جانب سقف القاعة

h = ارتفاع جوانب فتحة السقف

R = معامل انعكاس الاسطح الداخلية

Rc = معامل انعكاس السقف

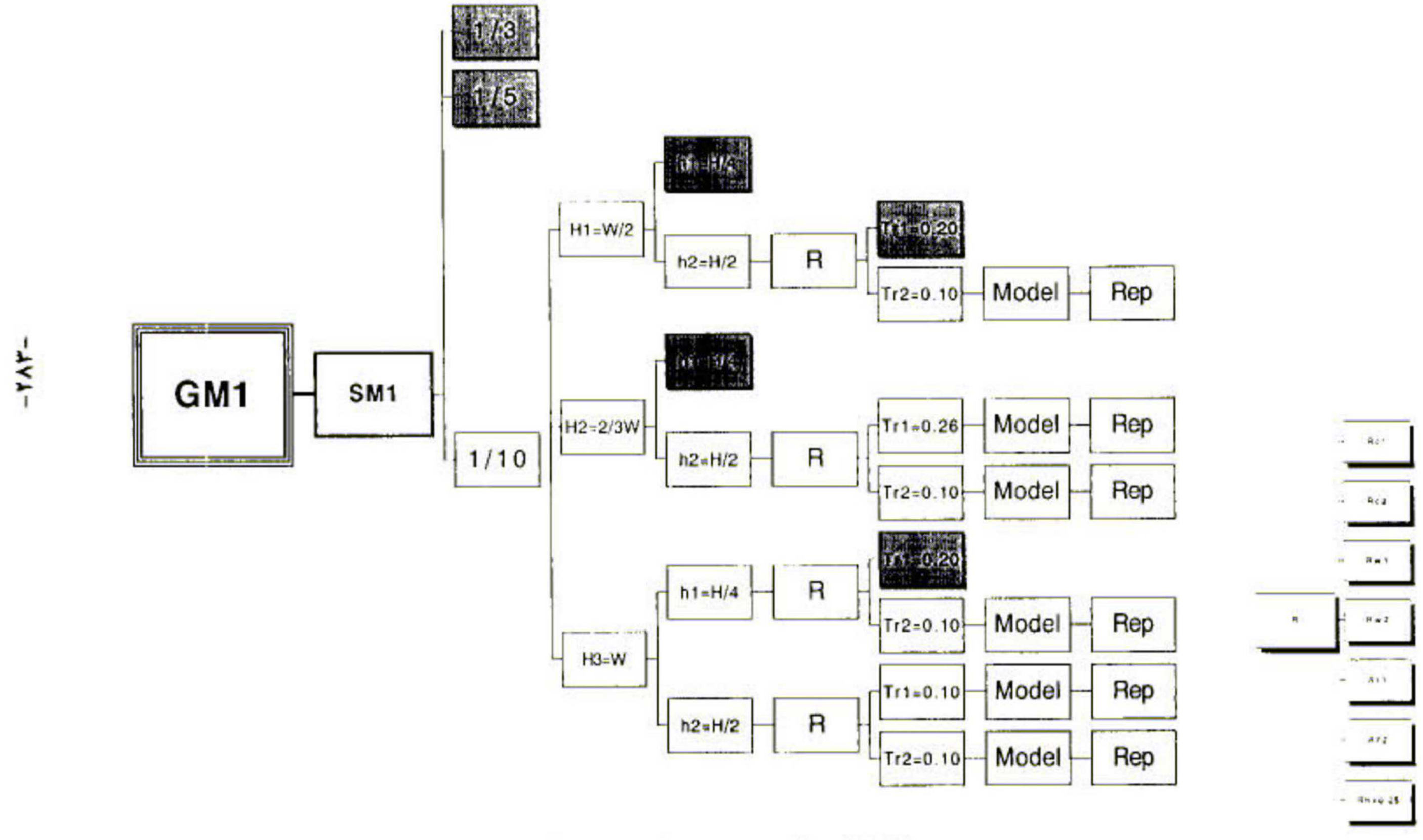
Rw = معامل انعكاس الحوائط

Rf = معامل انعكاس الارضية

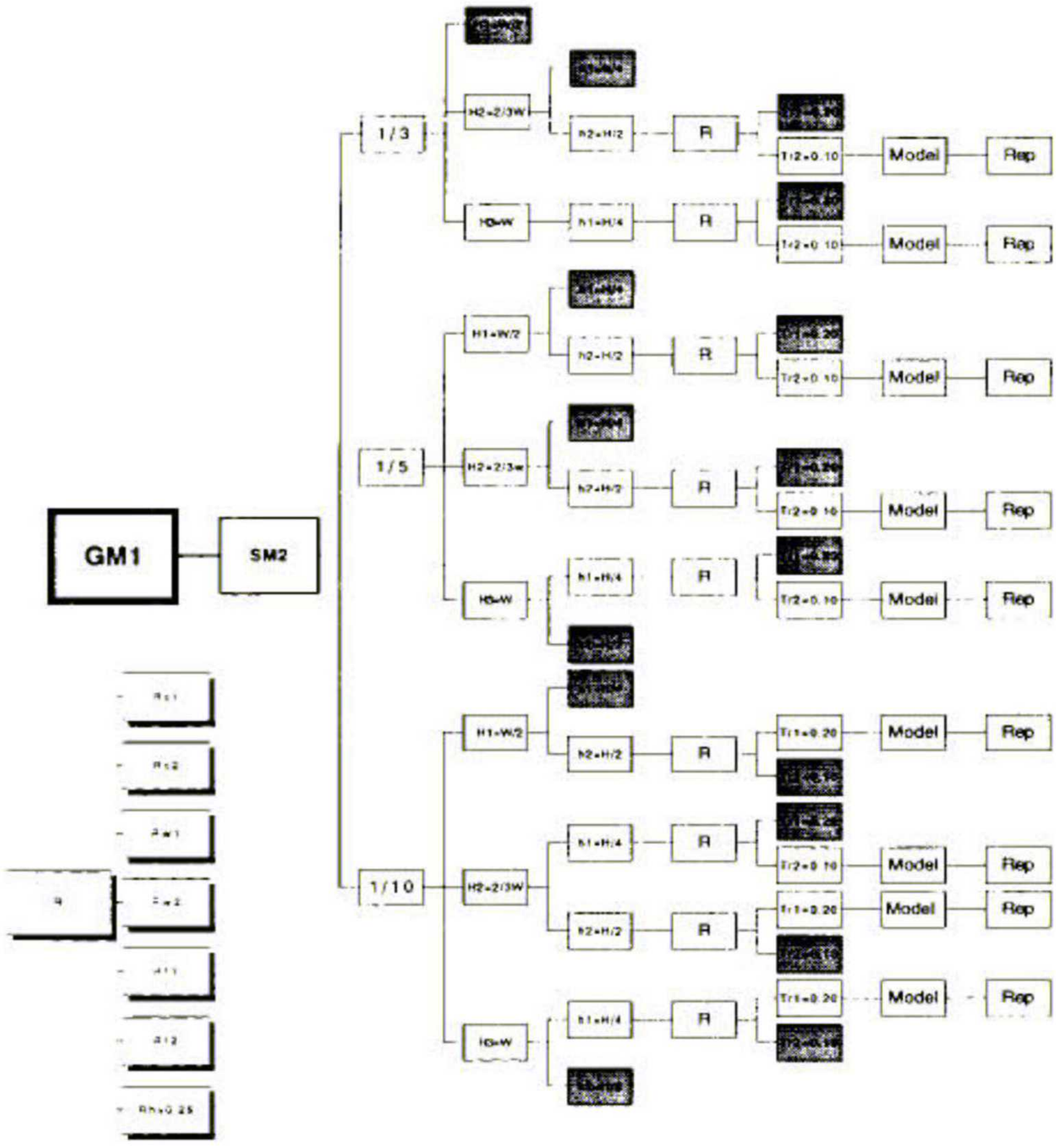
Tr = نسبة النفاذية

Model = نموذج القاعة تبعاً للاختيارات

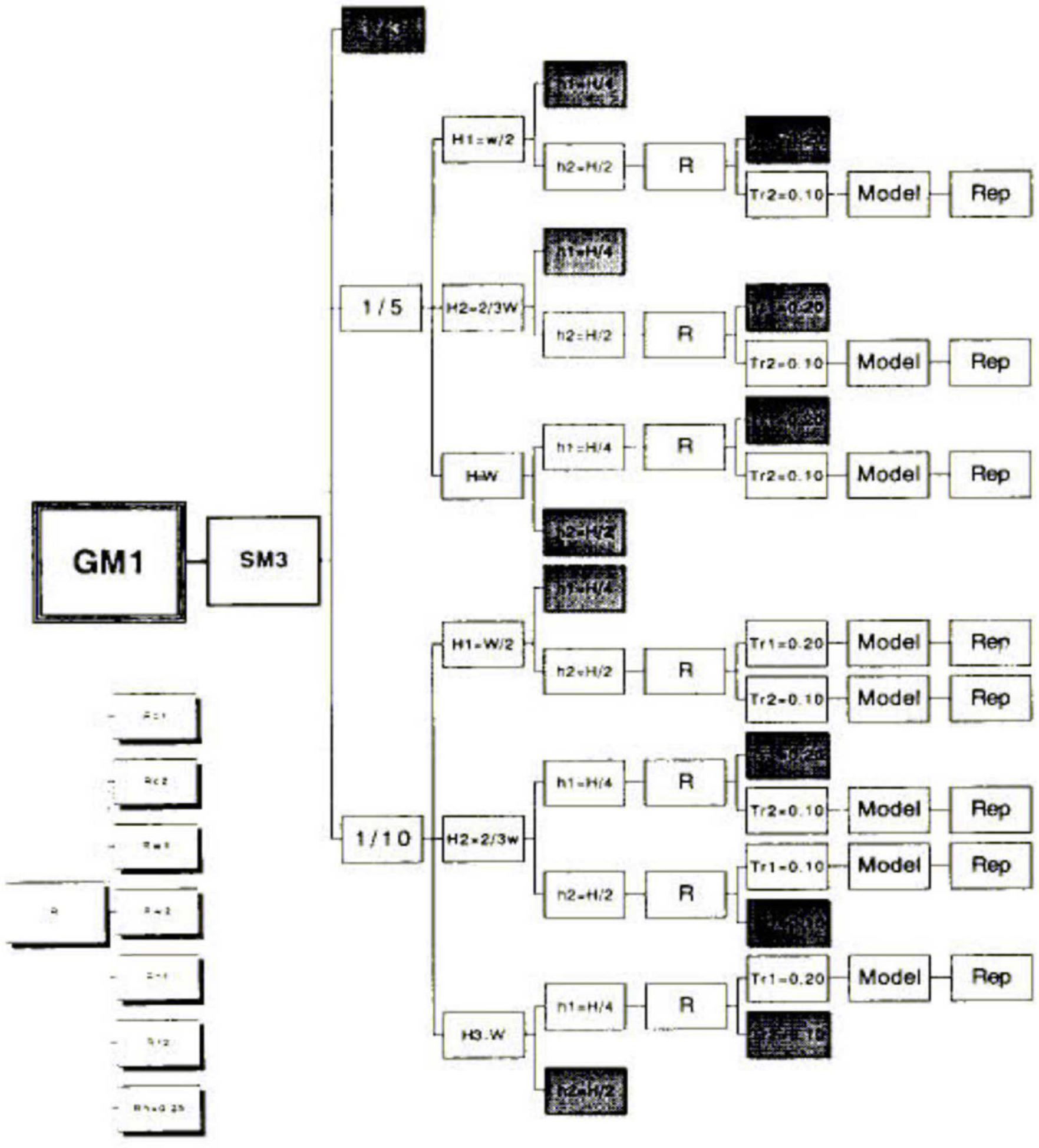
Rep = التقرير التحليلى لشدة الاستضاءة



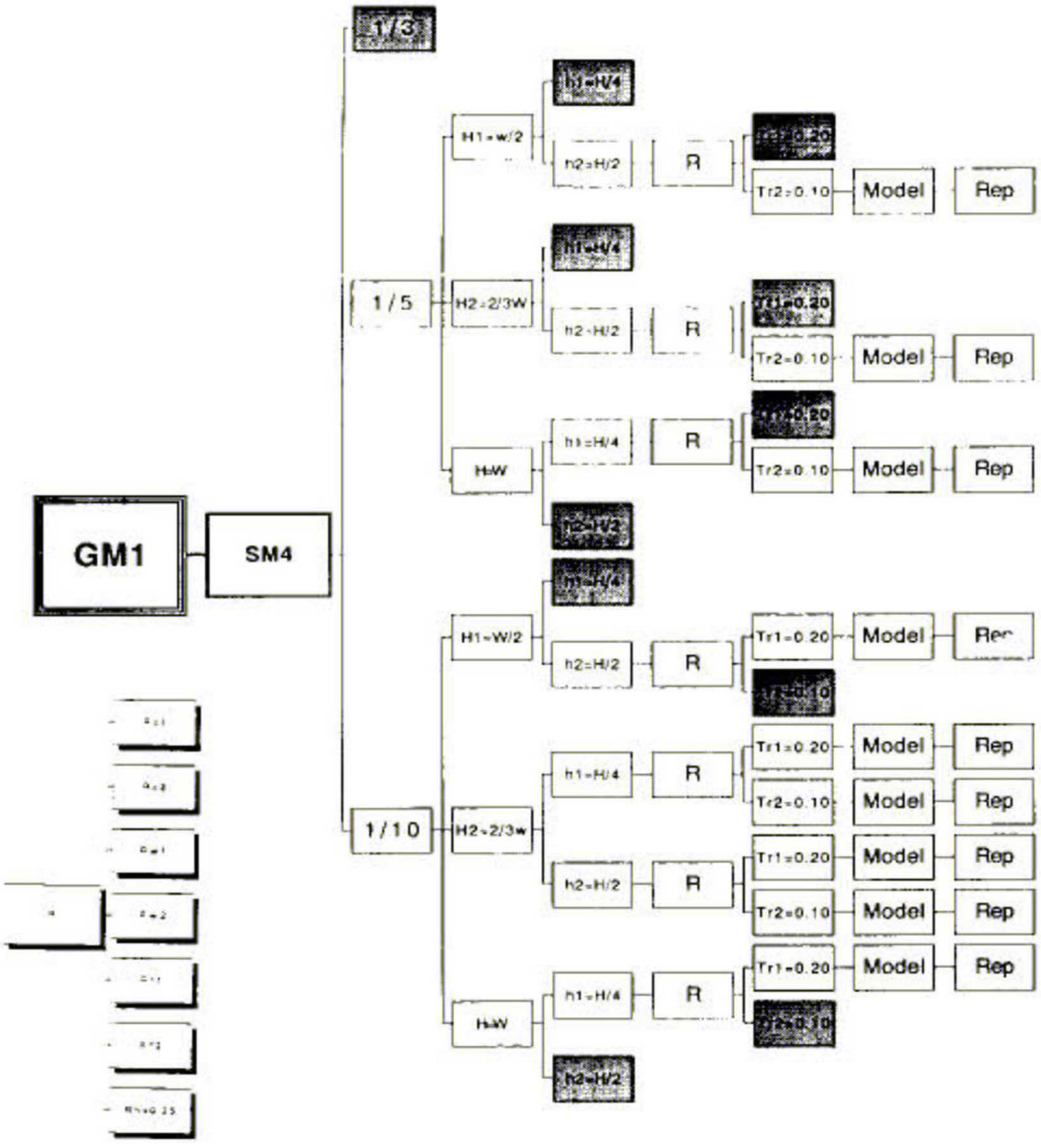
حالة القاعة المربعة وفتحة واحدة فى مركز سقف القاعة



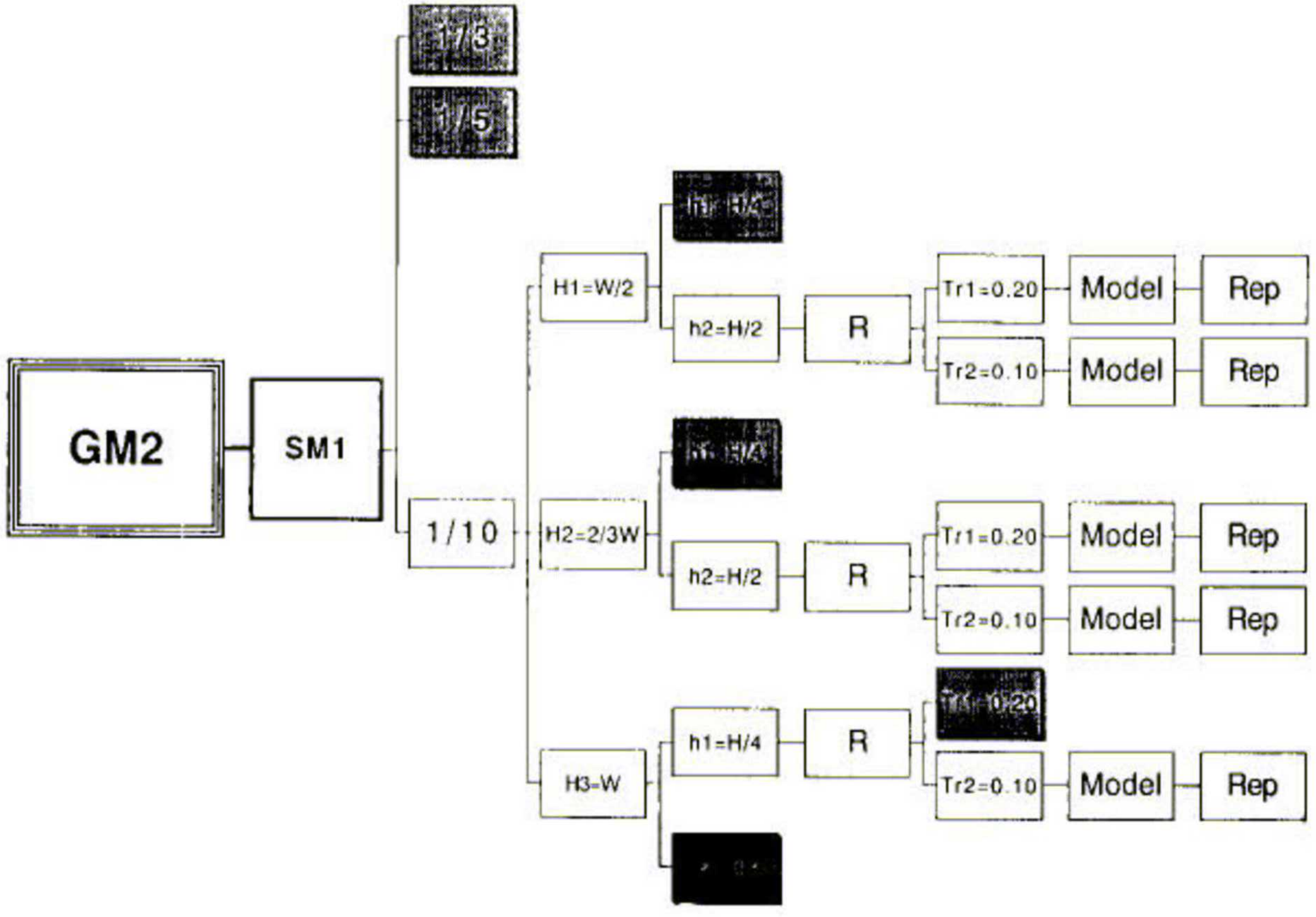
حالة القاعة المربعة وثلاث فتحات مستطيلة



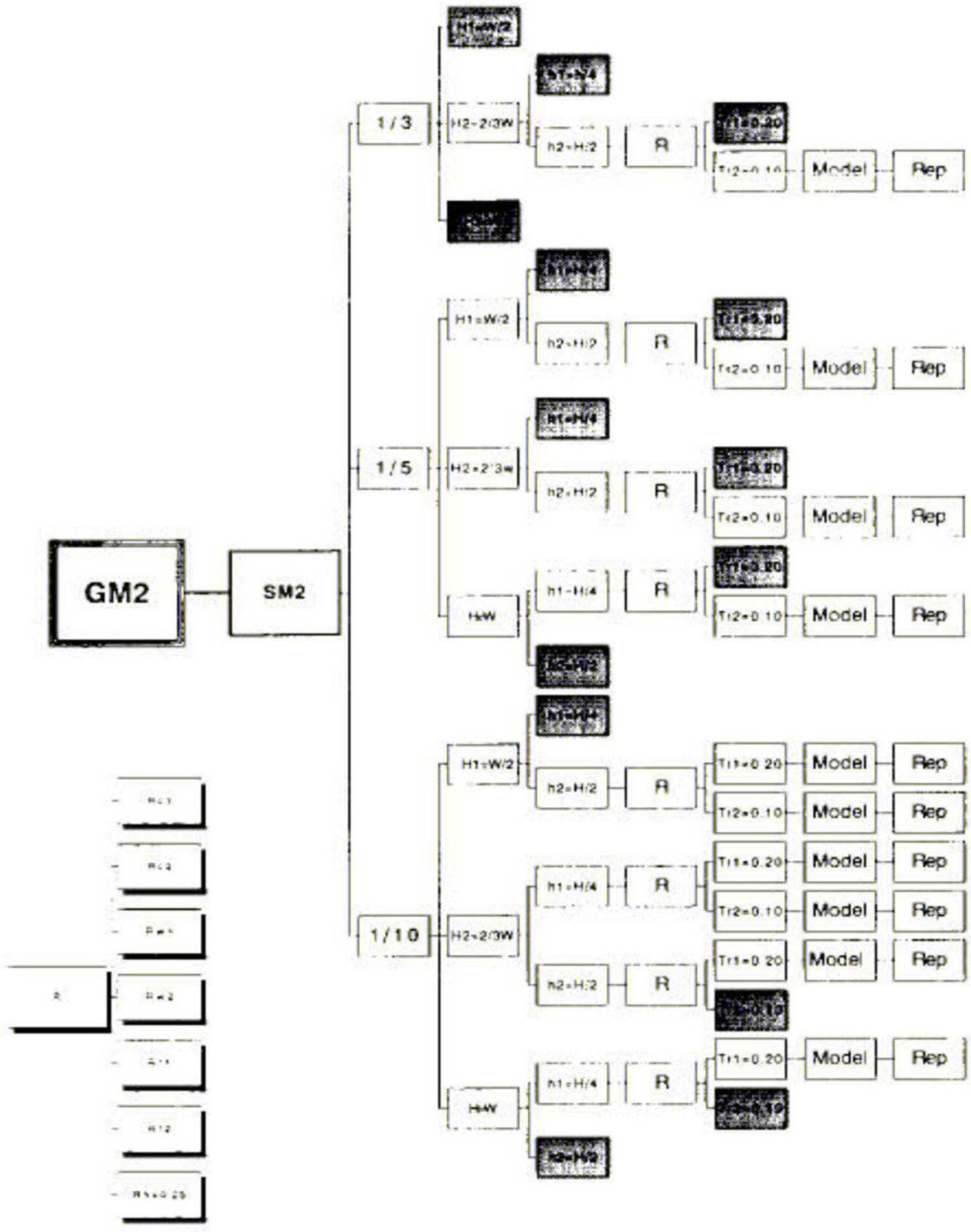
حالة القاعة المربعة وأربع فتحات مربعة



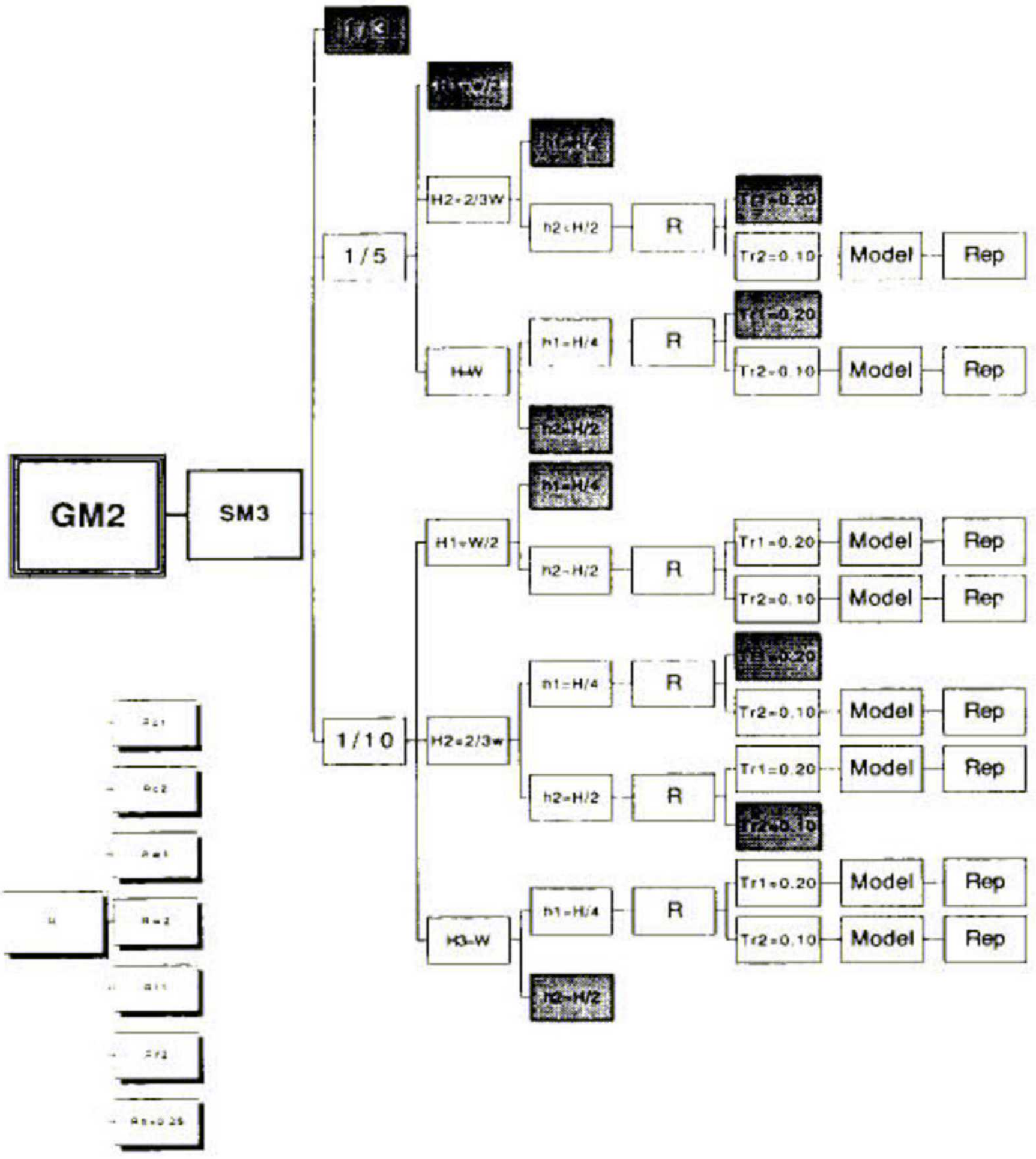
حالة القاعة المربعة وفتحة واحدة فى جانب سقف القاعة



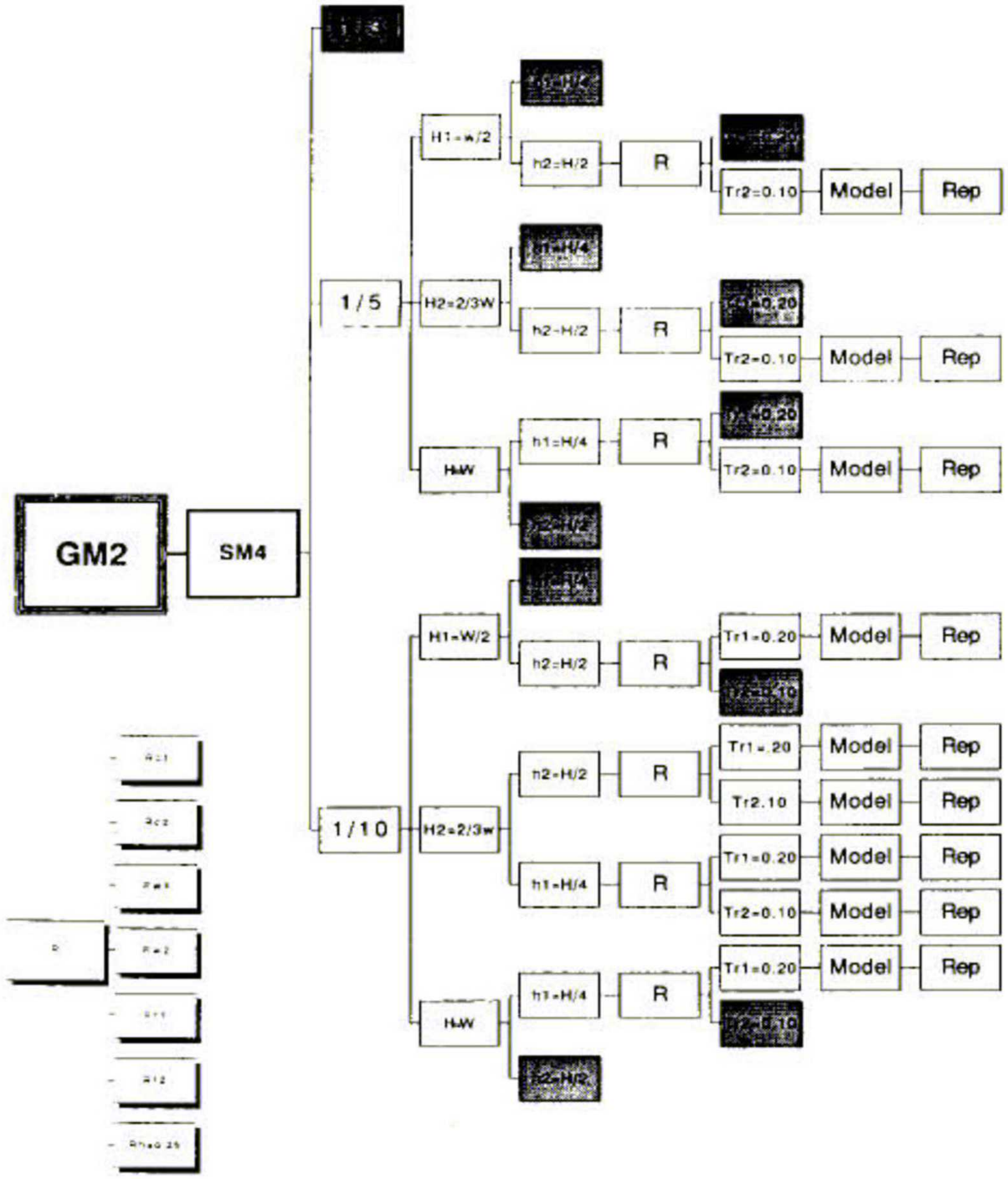
حالة القاعة المستطيلة وفتحة واحدة فى مركز سقف القاعة



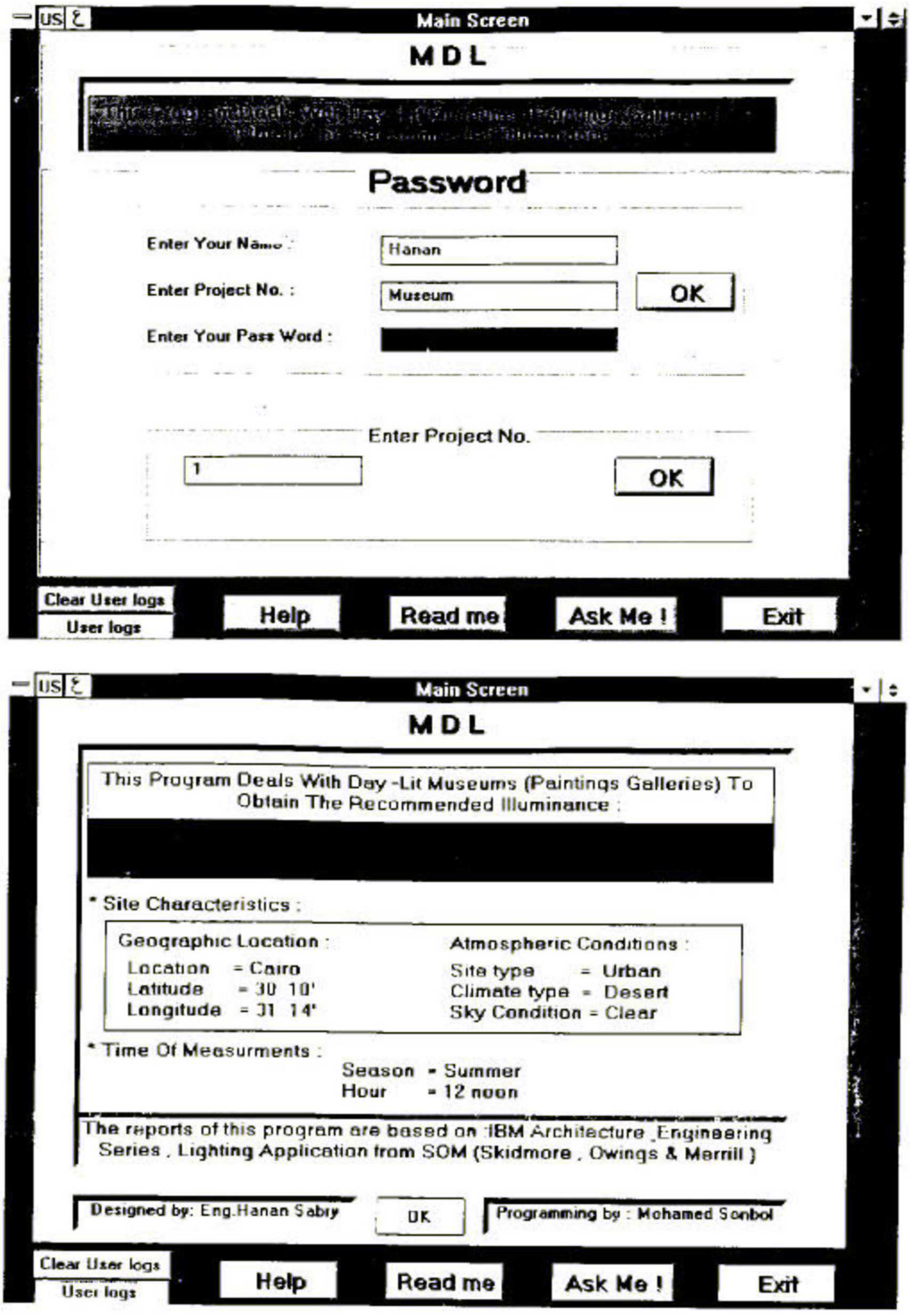
حالة القاعة المستطيلة وثلاث فتحات مستطيلة



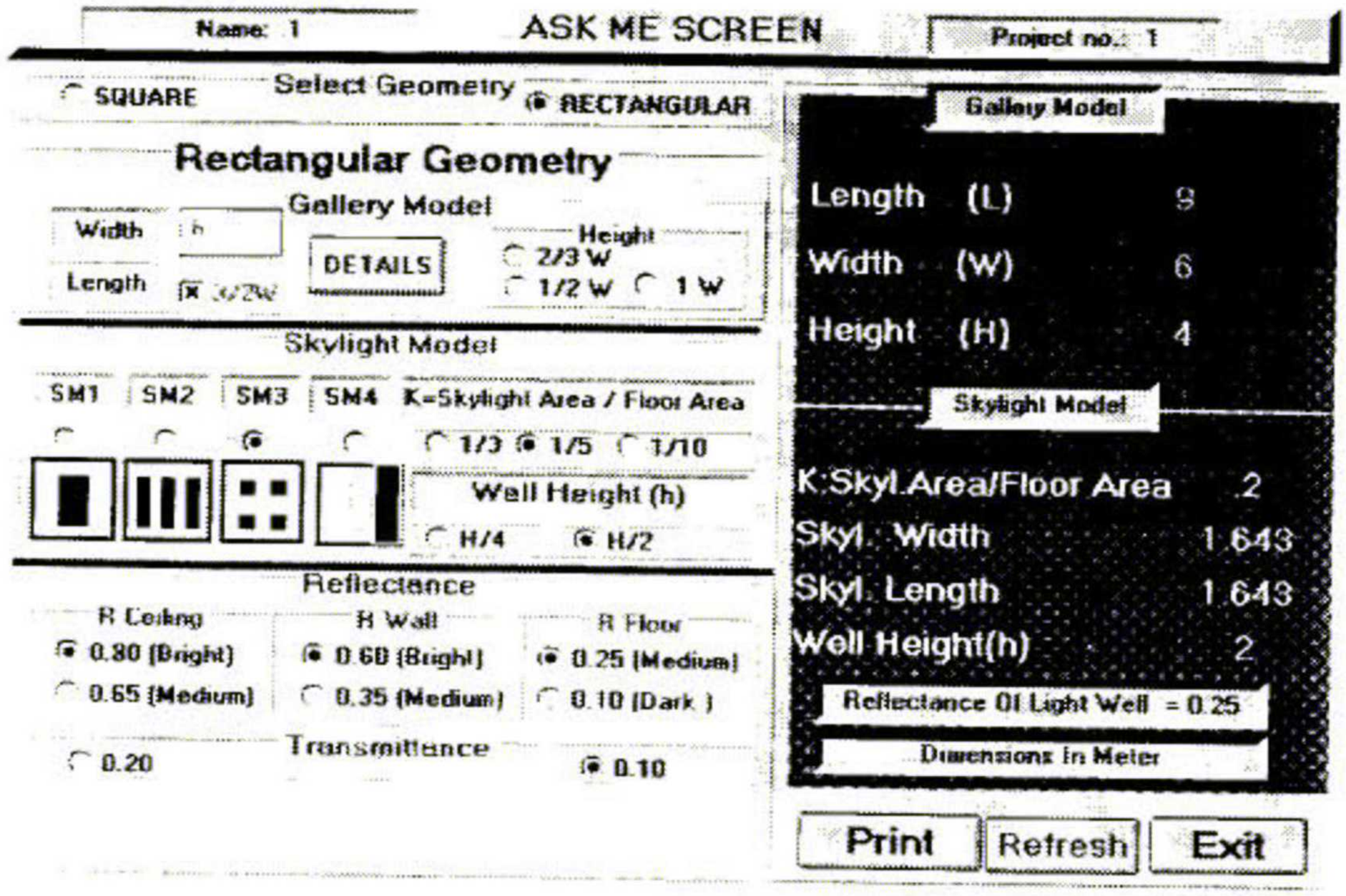
حالة القاعة المستطيلة وأربع فتحات مربعة

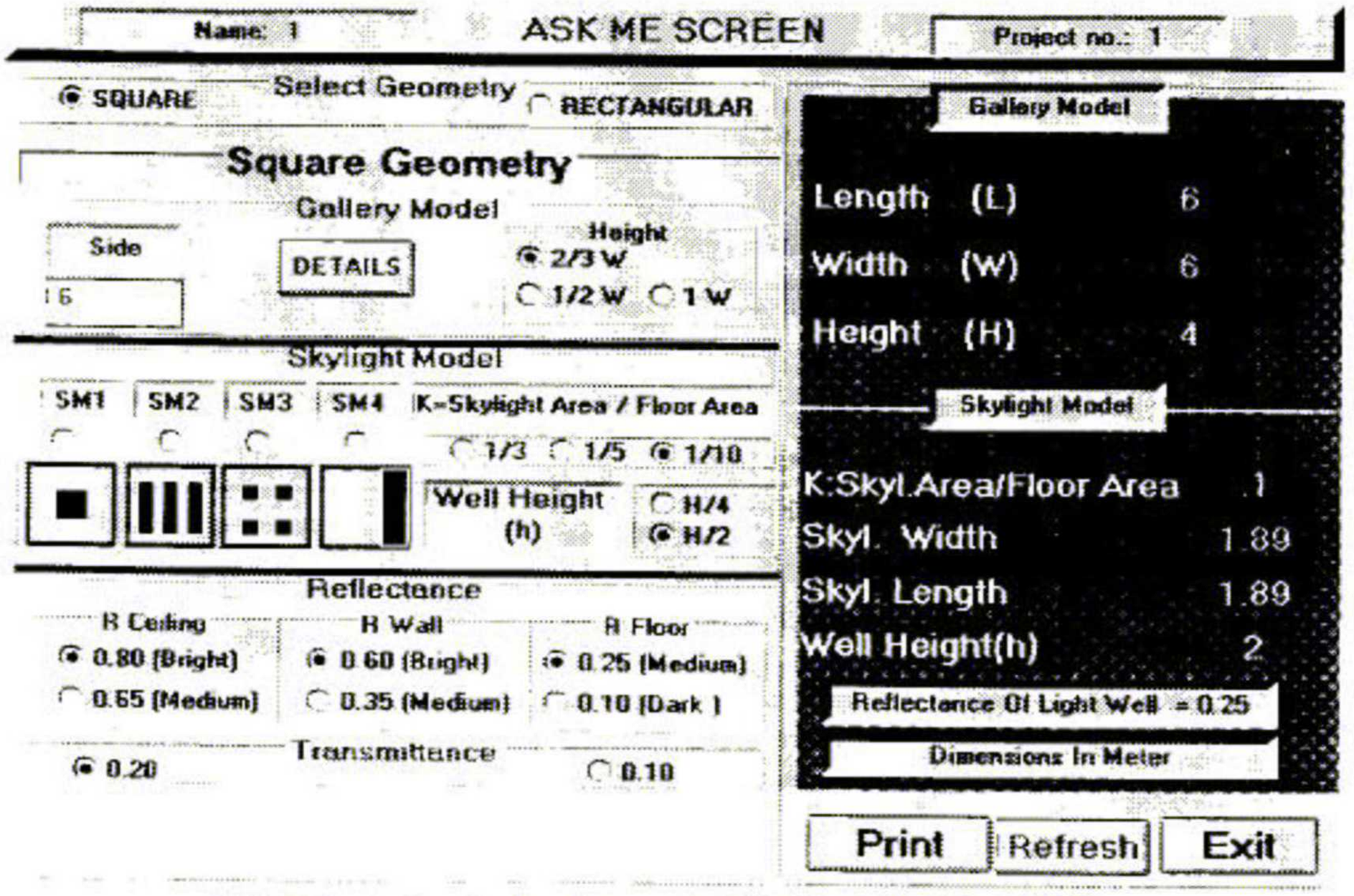


حالة القاعة المستطيلة وفتحة واحدة فى جانب سقف القاعة

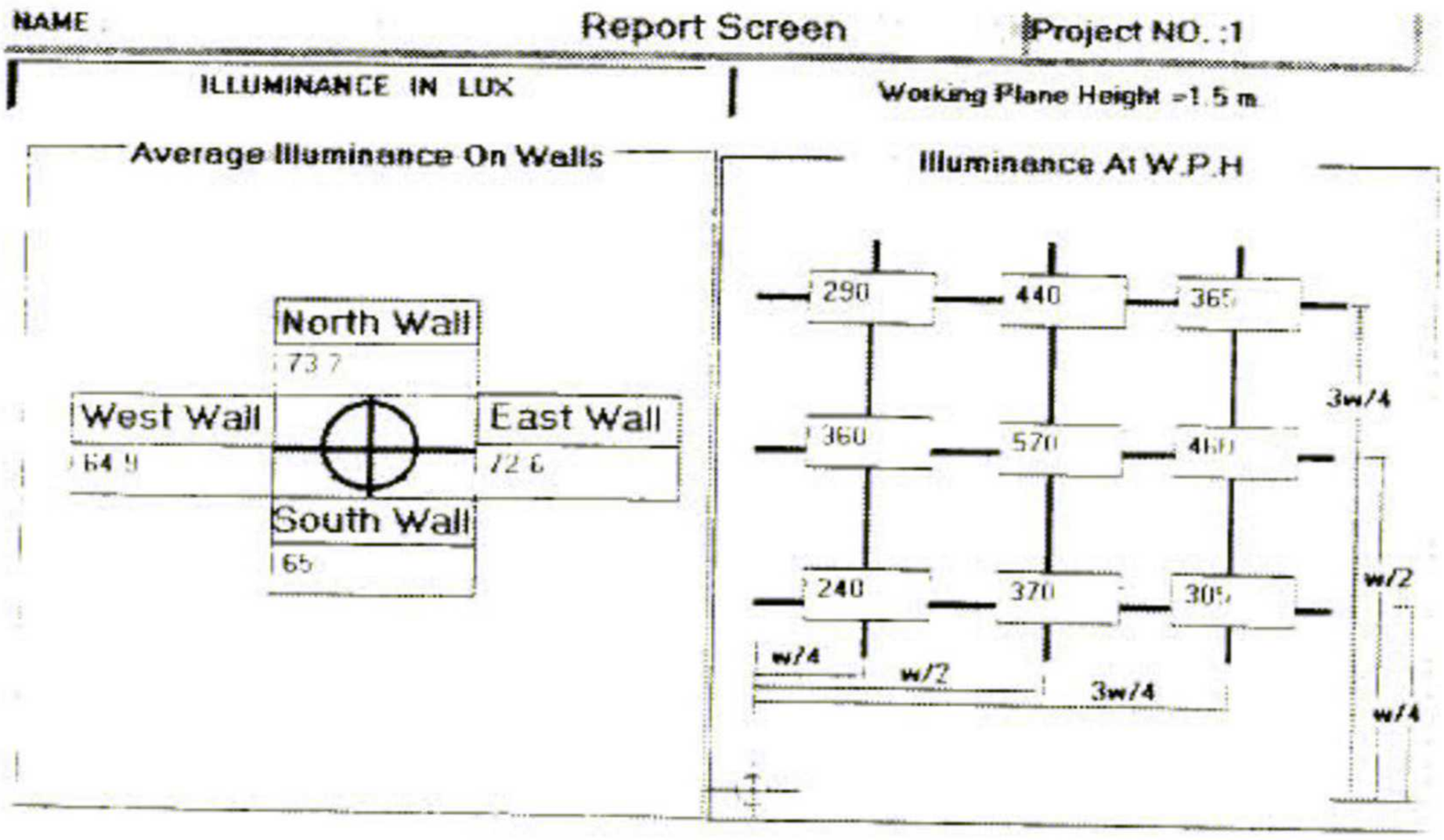


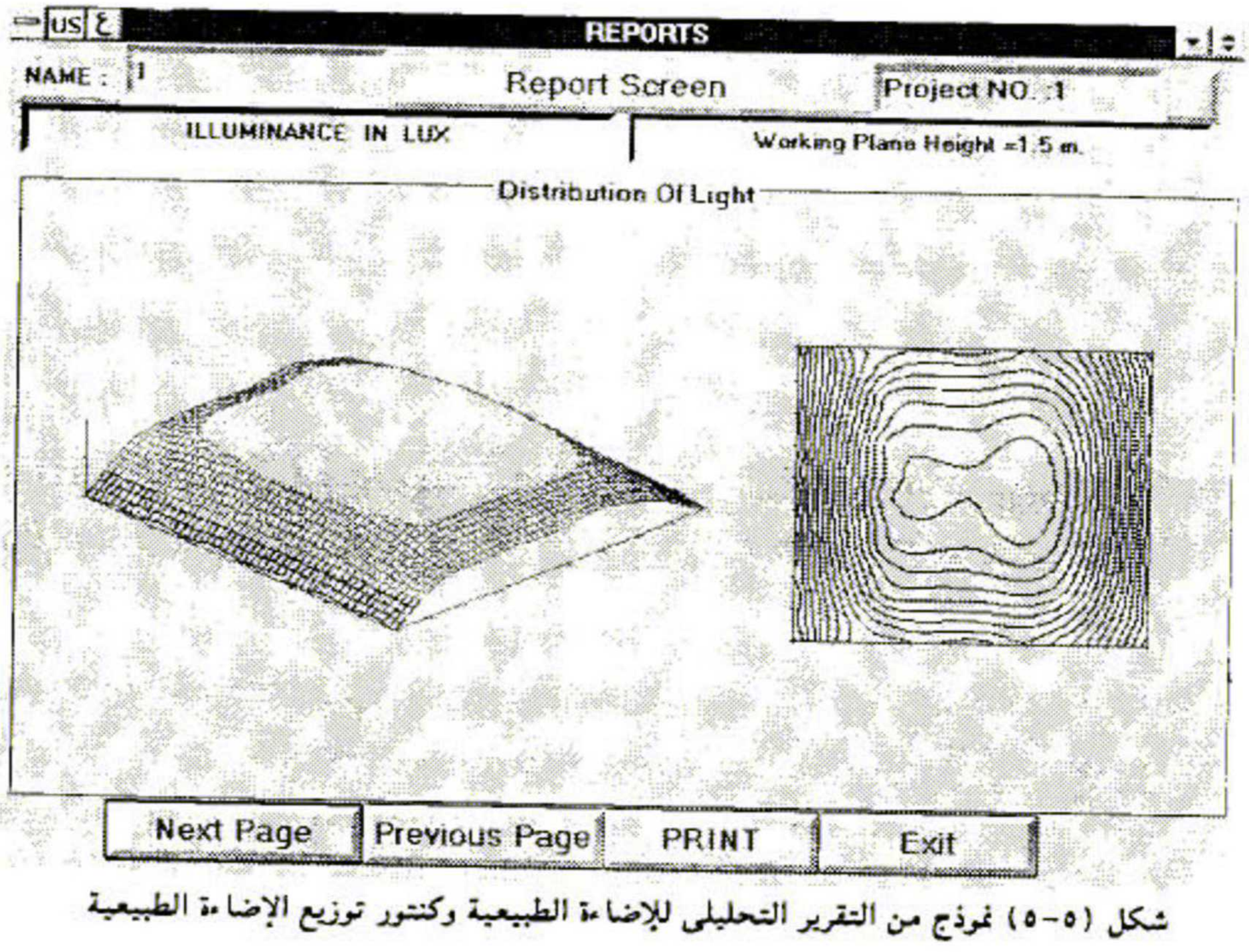
شكل (٥-٣) شاشات بداية البرنامج والمقدمة





شكل (٥-٤) شاشات تغذية البرنامج ببيانات العناصر المعمارية المختلفة





شكل (٥-٥) نموذج من التقرير التحليلى للإضاءة الطبيعية وكنتور توزيع الإضاءة الطبيعية

النتائج والتوصيات

اولاً : النتائج

قدم هذا البحث تجارب عملية تدرس حالة الضوء فى قاعة متحفية مضاءة أضاءة طبيعية عن طريق فتحات علوية فى سقفها وتعرض على حوائطها لوحات فنية وتم دراسة تأثير تغير قيم العناصر المعمارية التى تدخل فى تصميم القاعة (شكل القاعة ابعادها - عدد ومواضع وابعاد واشكال ونفاذية الفتحات العلوية - نوع التشطيبات للإسطح الداخلية ومعاملات انعكاساتها) على شدة الاستضاءة من حيث الكم والكيف .

واسفرت هذه التجارب عن نتائج محسوبة حساباً دقيقاً ومحدداً - لا إتجاهات وليدة الاحساس الشخصى الذى قد يختلف من مصمم لأخر - توضح مدى تأثير كل عنصر معمارى على شدة الاستضاءة عند مواضع الدراسة المختلفة وخاصة عند الحوائط المعروض عليها اللوحات الفنية وتم عمل مقارنة تحليلة لجميع النتائج التى قد تعددت واختلفت ، ولكن يمكن الاشارة إلى :

* عناصر معمارية لها تأثير كبير على شدة الإستضاءة داخل القاعة :

أ - إرتفاع جوانب فتحة السقف

نتيجة لتغير ذلك الإرتفاع تراوحت نسب تغير شدة الإستضاءة مابين ٣٠٪ و ٦٥٪ تبعاً لنموذج فتحة السقف والعلاقة النسبية بين عرض الفتحة وإرتفاع جوانبها .

ب - نسبة مجموع مساحات فتحات السقف إلى مساحة أرضية القاعة :

نتيجة لتغير تلك النسبة تراوحت نسب تغير شدة الإستضاءة مابين ٣٠٪ و ٤٦٪ فيما عدا حالة فتحة السقف الموجودة فى جانب سقف القاعة فقد تصل النتائج إلى ٧٠٪ خاصة عند الحائط البعيد عن الفتحة وذلك فى حالتى القاعة المربعة والقاعة المستطيلة .

ج - النفاذية (نفاذية الزجاج مع الشرائح المتحركة) :

نتيجة لتغير النفاذية تراوحت نسب تغير شدة الإستضاءة ما بين ٥٠٪ و ٦٢٪ أيا كان شكل القاعة والفتحات العلوية .

د - معامل إنعكاس الحوائط :

عند تغير لون الحوائط من الأبيض إلى الأسود وصلت نسبة تغير شدة الإستضاءة إلى ٤٠٪ (أما بالنسبة لمعامل إنعكاس الأرضية يعتبر من العناصر ضعيفة التأثير على شدة الإستضاءة تتراوح نسب تغيرها ما بين ٢٪ و ١٥٪) .

* ان فى معظم التجارب كان اكثر المواضع تأثرا هى اسطح الحوائط من حيث شدة الإستضاءه نتيجه لتغير قيمة العناصر المعمارية المذكوره عدا حالات : تغير ارتفاع القاعة وتغير شكل الفتحات العلوية .

* أن تدرج شدة الإستضاءة لايتغير مع تغير قيم العناصر المعمارية المختلفة فى الدراسة العملية أى أن توزيع الضوء الطبيعى لايتغير فيما عدا حالات : تغير إرتفاع القاعة وتغير شكل الفتحات العلوية .

ومن دراسة النتائج وتحليلها والتعرف على تأثير العناصر والبدائل التصميمية المختلفة للقاعة المتحفية على شدة الإستضاءة ودراسة القيم النسبية الخاصة بذلك امكن الوصول لوضع برنامج للحاسب يتم بواسطته تحليل الضوء فى القاعات المتحفية موضوع الدراسة بحيث يتيح للمصمم الاختيار من بين العناصر المعمارية المختلفة

المكونة للقاعة والتعرف على البدائل التصميمية المختلفة التى تحقق النتائج المناسبة للوحات الفنية من حيث الرؤية السليمة مع المحافظة على اللوحات (علماً بأن شدة الإستضاءه القصوى للوحات بالألوان الزيتية = ١٥٠ لاكس) وشدة الإستضاءة القصوى للوحات بالالوان المائية = ٥٠ لاكس) .

وبالتالى يحصل المصمم فى كل تصميم للقاعة على تقرير تحليلى للإضاءة الطبيعيهعند النقاط المختلفة " وكنتور " خاص بتوزيع الضوء الطبيعى بالإضافة الى متوسط شدة الإستضاءة عند الحوائط .

ويتميز هذا البرنامج بسهولة الاستخدام والتنقل بين عناصره المختلفة الى جانب انه فى بعض الحالات لايوجد امكانية تحقيق بعض الاختبارات لانها لاتوصل الى النتائج الملائمة للوحات الفنية فتظهر على شاشة الحاسب رسالة توضح اسباب عدم امكانية تحقيق هذا الاختبار . وجدير بالذكر ان البرنامج يحتوى على امكانية تخزين لبيانات مستخدمى البرنامج والتقرير الى سبق ان حصلوا عليها من خلال التشغيل .

وقد يتساءل المصمم اى الاختبارات أفضل من حيث تصميم الفتحات العلوية للقاعة هل هى فتحة واحدة فى مركز السقف ام تقطيع الفتحة الى ثلاث فتحات مستطيلة أو أربعة فتحات مربعة أم وجود فتحة واحدة فى جانب سقف القاعة .. فلكل من هذه الاختبارات مميزاته الخاصة به وقد قام البرنامج باستخدام العناصر المعمارية المختلفة لتحقيق شدة الإستضاءة المطلوبة فى كل حالة ولكن يمكن الاشاره الى ان تقطيع الفتحه العلوية الى ثلاث فتحات مستطيله الشكل تعطى مرونه اكبر من خلال الاختبارات المختلفه والاحتمالات التصميمية للقاعة .

ثانياً : التوصيات

من الدراسات والنتائج السابقه اتضح اهمية التوصيات الآتيه :

- ان الاضاءة الطبيعية لها مميزات وخصائص تظهر أهميتها فى تصميم المبانى بصفه عامة وفى تصميم المتاحف بصفه خاصة لما يميزها من أظهار الألوان وبالتالى أظهار الاعمال الفنيه بالصورة الطبيعية وتحت نفس ظروف ابداعها لذا يوصى البحث بالإهتمام بالاضاءه الطبيعيه واستغلالها أكبر وقت ممكن من ساعات النهار فى اضاءة القاعات المتحفية .
- يوصى البحث بالاهتمام بتدريس الاضاءة الطبيعية فى المراحل الاولى من الدراسة المعمارية ، فهو علم له قوانينه الخاصة وحساباته وطرقه التحليلية المختلفة عن الاضاءة الصناعية .
- يوصى البحث بإستخدام برنامج " الحاسب " المختص بتحليل الضوء فى القاعات المتحفية والذى يعتبر اداه مساعده للمصمم المعمارى فى مراحل التصميم الابتدائية والتفضيل بين البدائل التصميمية المختلفة .

مجالات الابحاث الجديدة :

أن هذا البرنامج يفتح مجالات جديده لابحاث أخرى تخص الاضاءة الطبيعيه مثل تغير نوع العمل الفنى المعروض وبالتالى تغير متطلباته من حيث شدة الاستضاءة ومواضع نوافذ الضوء الطبيعى مع امكانية تصميم برامج تناسب حالات أخرى من المبانى .

الملخـــــــص

جامعة عين شمس
كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

ملخص رسالة الدكتوراه

الإضـــاءة الطبيعيـــة كعنـــصر هـــام في تصميـــم المتاحـــف فى مصـــر

مقدم من : المهندسة حنان مصطفى كمال صبرى
مدرس مساعد بقسم الهندسة المعمارية

يهدف هذا البحث إلى تقديم «الإضاءة الطبيعية» كوسيلة فعالة وجذابة لإضاءة المتاحف ، وكبديل مناسب يمكن أن يقوم ، خلال ساعات النهار ، بإتاحة شدة الإستضاءة اللازم توافرها لحسن عرض المعروضات المختلفة (مع المحافظة عليها) فيحل بذلك خلال تلك الساعات ، محل الإضاءة الصناعية (الكهربائية) التى جرى العمل على إستخدامها فى المتاحف المختلفة على مدار ساعات اليوم .

ويركز البحث فى ذلك على حالة القاعات المتحفية المخصصة لعرض اللوحات الفنية على حوائطها ، والتى يأتيها الضوء الطبيعى من خلال فتحات علوية فى سقفها .

كما يهدف البحث إلى حصر أهم العناصر المعمارية التى تدخل فى تصميم مثل هذه القاعات المتحفية ، وهى شكل القاعة وأبعادها ، وأشكال وعدد ومواضع وأبعاد ودرجة نفاذية الفتحات العلوية ، والتشطيبات الممكنة للأسطح الداخلية للقاعة من سقف وحوائط وأرضية ، وهى التشطيبات التى تتمثل فى معامل الإنعكاس الضوئى لكل منها ، ومن ثم تحديد البدائل التى يمكن الإختيار من بينها فيما يختص بكل عنصر من تلك العناصر ، وفيما يختص بالعلاقات بين بعضها والبعض الآخر ، وبالتالى ، وفى ظل المناخ المصرى بالتحديد ، يتم معرفة حالة الإضاءة المترتبة على كل من تلك البدائل ، كماً وكيفاً ، (أى شدة الإستضاءة وتدرجها) عند نقاط مختلفة فى القاعة ومدى ملاءمتها للوحات الفنية ، من ناحية وضوح الرؤية دون تعريضها لأيه أخطار أو أضرار ، مع وضع القواعد المختلفة

التى تمكن المصمم المعمارى من حسن تصميم القاعة بما يحقق تلك الأهداف وذلك على هيئة برنامج للحاسب يمكن تطبيقه فى مثل تلك الحالات .

منهج البحث :

* دراسة متطلبات الإضاءة الطبيعية داخل المتاحف والتعرف على المبادئ والحلول الأراء المختلفة من حيث الكم والكيف .
* إختيار نقطة البحث : قاعة متحفية مخصصة لعرض اللوحات الفنية على حوائطها ومضاءة بالضوء الطبيعى الذى يأتيها من سماء صافية خلال فتحة أو فتحات فى سقف القاعة .
* دراسة طرق تحليل الإضاءة الطبيعية وإختيار أكثر الطرق مُلاَءَمَةً لنقطة البحث : طريقة سريان الفيض الضوئى مع إستخدام الحاسب .
* إجراء التجارب العملية للبدائل التصميمة والعناصر المعمارية الخاصة بالقاعة المتحفية (نقطة البحث) والتعرف على مدى تأثير تلك البدائل على شدة الاستضاءة من حيث الكم والكيف .
* التحليل المقارن لنتائج تلك التجارب جميعاً والوصول إلى وضع برنامج الحاسب .

محتويات البحث :

* **الباب الأول : «متطلبات الإضاءة الطبيعية داخل المتاحف»**

يتناول الباب الأول دراسة مميزات ومشاكل الإضاءة الطبيعية داخل المتاحف وطرق علاجها مع دراسة شدة الإستضاءة التى تتطلبها النوعيات المختلفة للأعمال الفنية المعروضة . والعوامل الهامة التى تحقق إحتياجات الإضاءة الجيدة داخل المتحف ، ومن هذه الدراسة تم إختيار نقطة البحث التى سيتم تركيز الدراسة العملية عليها : قاعة متحفية للوحات الفنية مضاءة بالضوء الطبيعى الذى يأتيها من سماء صافية خلال فتحة أو فتحات فى سقف القاعة .

* **الباب الثانى : «طرق تحليل الإضاءة الطبيعية داخل المبانى»**

يتناول الباب الثانى دراسة طرق تحليل الإضاءة الطبيعية وإمكانيات وحدوديات كل طريقة وإختيار أكثرها جدوى وملاءمة لنقطة البحث - لإستخدامها كأداة إختبار فى الدراسة العملية - وهى طريقة «سريان االفيض الضوئى» مع إستخدام الحاسب .

* **الباب الثالث : «الدراسة العملية للبدائل التصميمة للقاعات المتحفية»**

يتم فى هذا الباب إجراء تجارب عملية على أساس إختيار قيم للبدائل التصميمية والعناصر المعمارية المختلفة المتعلقة بالقاعة المتحفية (نقطة البحث) ودراسة التأثر

الكمى والكيفى لشدة الاستضاءة بتغير تلك البدائل (شكل القاعة وأبعادها ، عدد ومواضع وأبعاد وأشكال ونفاذية الفتحات العلوية ، أنواع التشطيبات للأسطح الداخلية: السقف - الحوائط - الأرضية أى معامل الإنعكاس الضوئى لكل منها) .

* **الباب الرابع : «النتائج التحليلية للدراسة العملية»**

يتناول الباب الرابع الدراسة التحليلية المقارنة لنتائج التجارب العملية والتعرف على مدى تأثير البدائل التصميمية المختلفة على شدة الاستضاءة داخل القاعة المتحفية وأكثر المواضع تأثراً إلى جانب دراسة تأثر توزيع الضوء الطبيعى بتغير تلك البدائل .

* **الباب الخامس : «برنامج الحاسب» لتحليل الإضاءة الطبيعية فى قاعة متحفية للوحات الفنية**

يتناول هذا الباب إمكانيات «برنامج الحاسب» والعناصر المعمارية المكونة له والذى تم إعداده على أساس نتائج الدراسة العملية وهو برنامج يمكن المصمم من معرفة الحالة الضوئية (شدة الإستضاءة وتدرجها) المترتبة على إختيار كل من البدائل المعمارية المتاحة للقاعة المتحفية للوحات الفنية وذلك عند مواضع مختلفة منها وبحيث تكون ملاءمة للوحات من ناحية وضوح الرؤية وفى نفس الوقت حمايتها من أى أضرار . ويتميز البرنامج بسهولة الإستخدام إلى جانب تحديد الحالات التى لا تتحقق فيها شدة الإستضاءة المناسبة للوحات والتى يقوم الحاسب عندها بإعطاء رسالة تفيد ذلك .

الملاحـــــــق

الملاحق

ملحق (أ) أنواع الإضاءة الصناعية المستخدمة فى المتاحف

ملحق (ب) المتاحف وأنواعها

ملحق (جـ) أنواع النماذج المجسمة وإستخداماتها

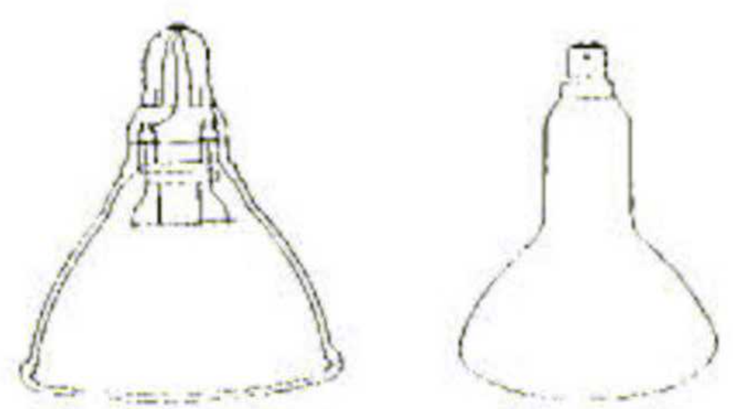
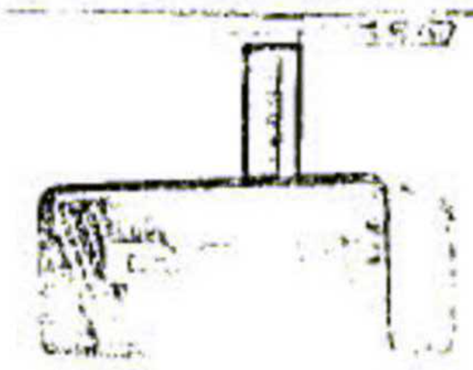
ملحق (د) تحليل الإضاءة الطبيعية بطريقة سريان الفيض الضوئى

ملحق (هـ) أنواع الفتحات العلوية

ملحق (و) نموذج التقرير الناتج عن تحليل الإضاءة الطبيعية باستخدام برنامج الحاسب (AES)

ملحق (ز) القياسات الضوئية

ملحق (ح) مصطلحات وتعريفات

	تعريـــــف	إمكانيات إستخدامها فى المتحف	العيوب وعلاجها
١-اللمبة المتوهجة التنجستانية	اللمبة المتوهجة التى تحتوى على فتيلة من التنجستان يجرى تسخينها حتى نحو ٢٧٠٠°س بواسطة تيار كهربائى هى أرخص لمبة وأقربها تناولاً - وهى ذات أشكال وقدرات متعددة .  لمبة ذات غطاء داخلى مفضض مع شعاع مشتت اللمبة على شكل قطع مكافئ	بسبب شكل اللمبة المتوهجة ، يمكن تركيبها فى مكان يصبح مصدر ضوء عبارة عن نقطة واحدة ذات إضاءة مخروطية تحدد أبعادها عن طريق تصميم الغلاف الذى ستركب فيه اللمبة . ويمكن تحريك الغلاف تحريكاً دائرياً بحيث يمكن توجيه الضوء نحو أحد المعروضات . ومثل هذا الضوء الموجه يمكن أن يحدث نموذجاً معيناً أو يسمح بإضاءة مساحة معينة دون غيرها . ويمكن فى بعض الحالات تجميع عدة لمبات متوهجة داخل غلاف واحد مع أختيار قدرة اللمبة الواحدة لأجل الحصول بدقة على كمية الضوء اللازمة لحالة معينة .	المكون فوق البنفسجى من الضوء المنبعث من اللمبة منخفض ولذلك لا يحتاج الأمر عادة إلى مرشح الأمر الذى يسبب مرونة فى الإستخدام. وعيبها هو إرتفاع الإنبعاث الحرارى وإنخفاض الكفاءة بالمقارنة باللمبة الفلورسنت أى أن مزيداً من الطاقة الكهربائية سيستهلك لإنتاج نفس الكمية من الضوء . شدة الإستضاءة عند نقطة معينة (باللاكس) = قوة الإضاءة (بالكاندلا) / مربع المسافة (بالمتر) بين اللمبة و الفيض الضوئى (باللومين) / المساحة المضاءة (بالمتر المربع) =
٢-اللمبة الهالوجينية التنجستانية	اللمبة الهالوجينية التنجستانية هى لمبة قصيرة ذات شكل طولى ، وهى أعلى كفاءة من اللمبة التنجستانية العادية وتحدث ضوءاً أكثر بياضاً بعض الشئ . وهى تحتاج مصدر قوى وتستعمل عادة لإضاءة فيضانية فى حيز صغير أو إضاءة خارجية عامة .	يمكن فى المتحف أن تضئ جزءاً كبيراً من حائط معين من مسافة . 	المكون فوق البنفسجى عالٍ ويجب أن يحتوى الغلاف على مرشح زجاجى بتحميل الحرارة العالية إذا ما أريد تجنب أى ضرر يمكن أن تحدثه الأشعة فوق البنفسجية .

	تعريـــــف	إمكانيات إستخدامها فى المتحف	العيوب وعلاجها
٣-اللمبة الفلورسنت	اللمبة الفلورسنت هى مصدر ضوء ذات شكل طولى تتكون من أنبوبة زجاجية مبطنة من الداخل بمسحوق فوسفورى ومملوءة ببخار الزئبق وغاز الأرجون . وعند مرور الكهرباء فى قطب (سلك) تنجستانى فى طرف الأنبوبة ، يتم إمتصاص الإشعاع المنبعث من الزئبق بواسطة المسحوق الفوسفورى الذى يعيد بعثه على شكل ضوء مرئى . وتعتبر «درجة الحرارة اللونية» لهذا الضوء قريبة من تلك الخاصة بالضوء المنبعث من سماء ملبدة بالغيوم (٦٥٠٠ كلفن) أو بدرجة إحمرار لمبة تنجستانية (عند ٣٠٠٠ كلفن) الأمر الذى يتوقف على التركيب الكيميائى للمواد المستخدمة ، وهذه القدرة على تغير الدرجة حالة يبدو فيها الضوء الصناعى أزرق أو أحمر هى خاصية هامة للإضاءة الفلورسنت . مقطع فى لمبة فلورسنت	اللمبة الفلورسنت العادية هى أصلح ما يمكن لإحداث ضوء مشتت عام. الغلاف الخاص باللمبة يمكن أن يوجه الضوء إلى حد ما ولكن ليس من المستطاع تركيزه فى نقطة معينة بنفس الدرجة التى يمكن الحصول عليها من اللمبة المتوهجة . وبسبب قدرة اللمبة الفلورسنت على خلق الضوء المشتت بكفاءة ، فإنها تعتبر المصدر المستخدم عادة من خلف الحواجز المختلفة عندما تدعو الحاجة إلى إضاءة عامة أو إلى محاكاة ضوء النهار .	هناك تطوير جديد فى تصميم اللمبة الفلورسنت أنتج لمبة صغيرة تشبه كثيراً اللمبة التنجستانية ويمكن أن تركب فى الدواية العادية (مثلاً اللمبة فيليبس SL) وتسبب اقتصاداً كبيراً فى الطاقة ولها عمر يصل إلى نحو ٨٠٠٠ ساعة عمل .

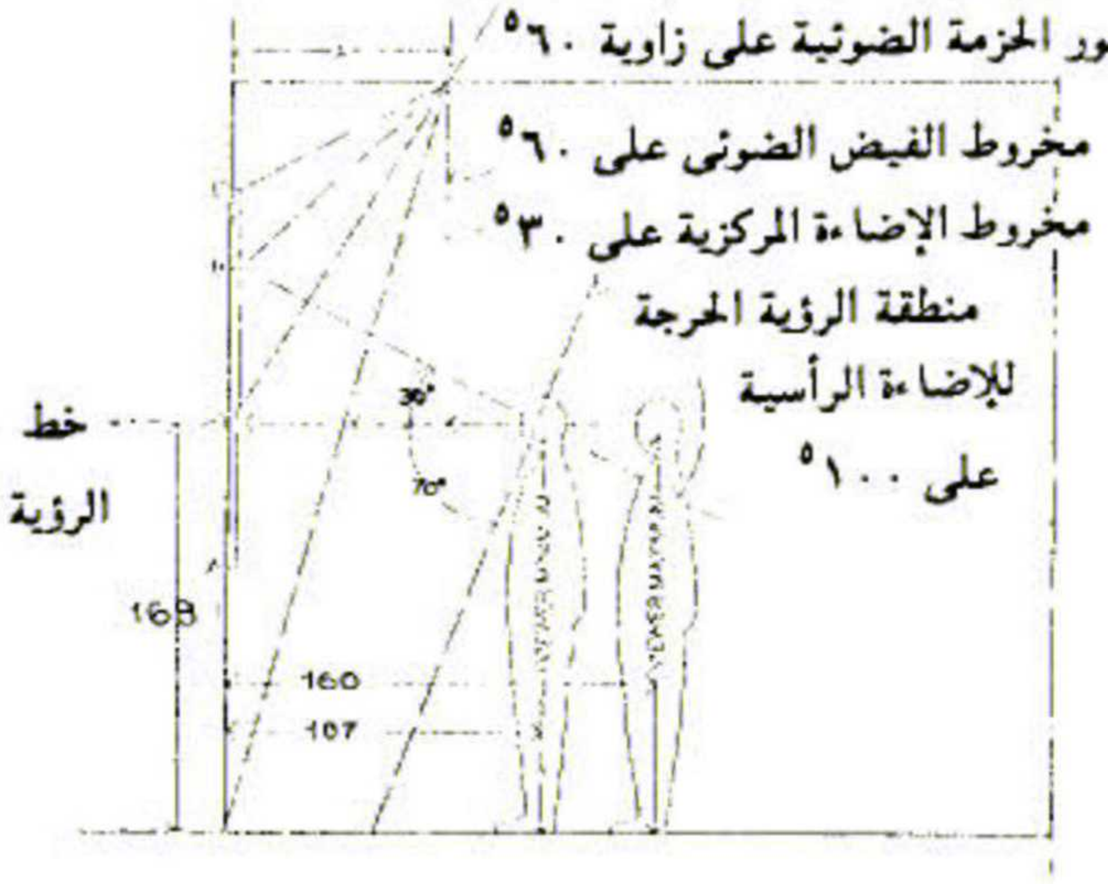
أنواع الاعمال الفنيه المعروضه وطرق اضاءتها بالاضاءه الصناعية[١]

أ- الاعمال الفنية ذات البعدين

جميع المعروضات السطحية لابد ان تصلها اضاءة موزعة التكامل في قوتها ولونها والاخص عند استخدام نوعين من اللمبات (فلورسنت وحرارى : اللمبه المتوهجة التنجستانية) فمن الافضل عمل حساب دقيق لهذا الخليط للوصول الي توزيع متناسق علي جميع اجزاء اللوحة .

* <u>اللوحات الفنية</u>

في حالة اضاءة اللوحات الفنية فأن افضل اضاءة لها اللمبات الفلورسنت ذات درجة حرارة لون ٤٠٠٠ وفي أغلب الاحيان تكون زواية الميل علي السطح الرأسى ٣٠° وهي افضل الاتجاهات للأشعة الضوئيه ويمكن تقليلها الي ١٥° أو ٢٠° اذا حدث اي انعكاس شكل (أ-١).



هذا المقطع يوضح افضل موضوع للمبات الكهربائيه يمكن معه منع السطوع المبهر وظلال البروايز مع الاستفادة المثلى من المخروطات الضوئية وتحديد أقل مسافة ممكنة للتطلع الي اللوحات ما يناسب ارتفاعها

شكل (أ-١)[٢]

---

(١) د. نبيل بحيرى : الإضاءة وتأثيرها على المعروصات وطرق حمايتها بالمتاحف وصالات العرض ، دراسات وبحوث مجلة خاصة تصدرها جامعة حلوان - سبتمبر ١٩٨٥ ، ص ١٧ .

2- Progressive Architecture, February 1984, Shedding some light on Art p. 107.

* <u>السجاد والنسيج</u> :

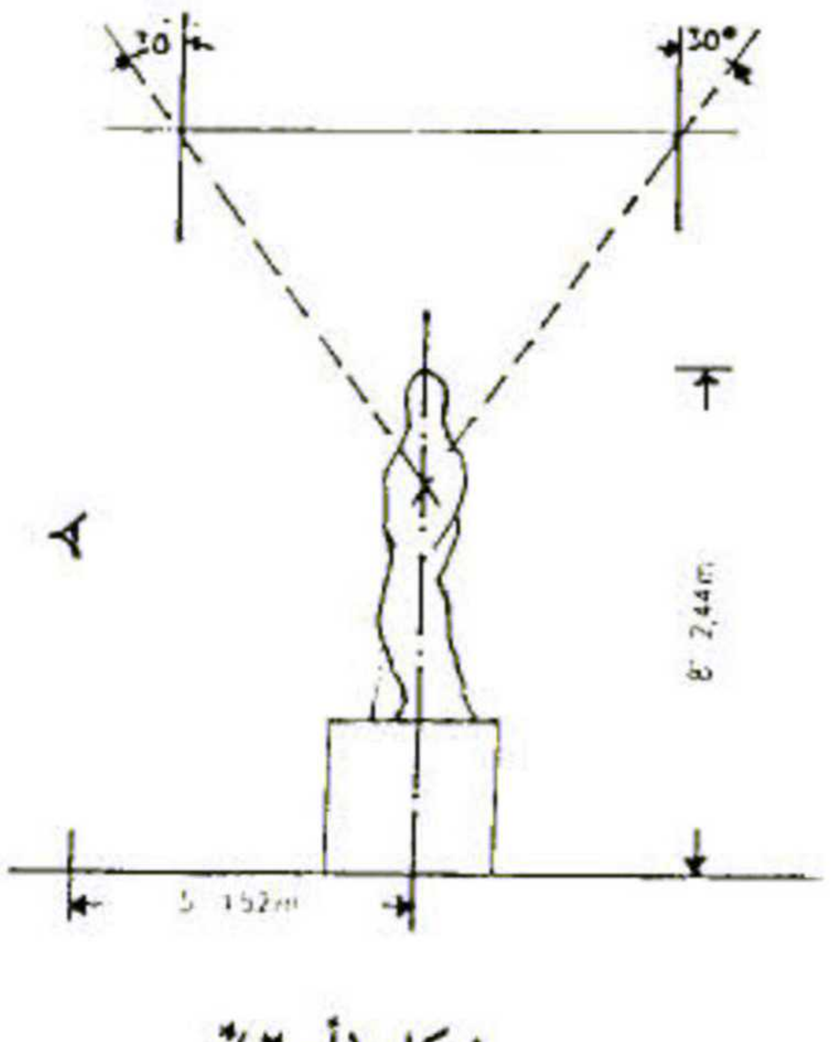
في حالة اضاءة السجاد والنسيج تضاء القاعة اضاءة عامة بالاضافة الي اضاءة موجهة من على بعد طريق لمبات فلورسنت ذات عواكس نصف اسطوانية وبزاوية ٣٠° الى ٤٠° على المستوى الرأسى .

* <u>أعمال الجرافيك والوثائق والطوابع</u>

اعمال الجرافيك والوثائق والطوابع هي اكثر المعروضات حساسية للاشعاعات والحرارة والرطوبة لذلك يجب تزويد الخزائن المعروضة بها بأجهزة لضبط درجة الحرارة بين ١٥° ، ١٨° والرطوبة النسبية فى حدود ٥٪ واستخدام لمبات فلورسنت (مزدوجة الطبقات) لايصدر عنها اي اشعاعات فوق بنفسجية أو دون حمراء .

(ب) الاعمال الفنية ذات الثلاثة ابعاد

الهدف من اضاءة هذا التحف هو اظهارالنواحى الجمالية دون المبالغة فى اظهار الاجزاء البارزة أو الغائرة - فمن الافضل استخدام مصدرين ضوئيين احدهما أضعف من الآخر لتخفيف حدة الظل التى قد تظهر في حالة استخدام مصدر ضوئى واحد شكل (أ-٢) . اما فى حالة العرض فى الهواء الطلق فيجب اضافة مصدر صناعى الي جانب الضوء الطبيعى لتأكيد البارز والغائر - اما اذا اردنا اظهار بعض النقوش أو الرسومات في الاسقف فيمكن استخدام الكرانيش فى اخفاء اللمبات علي محيط القاعة.



شكل (أ-٢)*

* Michael Brawne, The New Museum

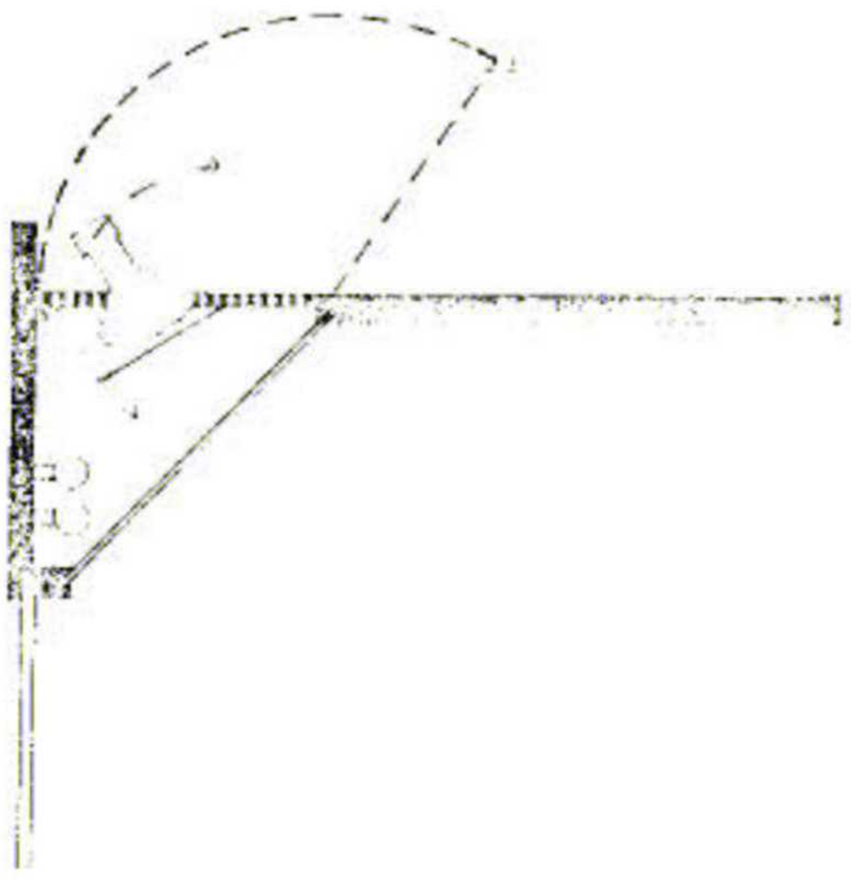
(جـ) الاعمال الفنية داخل الخزائن

* من الداخل

ان استخدام اللمبات الحرارية داخل الخزائن مرفوض الا في حالة ان تكون مكيفاً لما يصدر عنها من حرارة وبالتالى فالحل الوحيد هو استخدام لمبات الفلورسنت التي يجب اخفائها وايجاد طريقة لتركيبها وتسريب الكم الحراري الناتج عنها مع مراعاة تسهيل عملية الصيانه دون فتح الخزائن

* من الخارج

وذلك بتسليط الاضواء من خارج الخزائن سواء بطريقة مباشره أو غير مباشرة (بالانعكاسات) ويمكن المزج بين الطريقتين بتزويد الخزائن بفتحات تهوية والكشافات بمرشحات تحجب الاشعاعات فوق البنفجسية ودون الحمراء شكل (أ-٣)



شكل (أ-٣)*

---

* Michael Brawne, The New Museum

ملحـــق (ب)

المتاحف وأنواعها

تتجاوب المتاحف مع إهتمام الناس بالإطلاع على ما يحيط بهم من أمور وظواهر ، سواء كان ذلك تاريخاً قديماً أو ظواهر حديثة ، والمتاحف تضم بين جدرانها : الحفريات القديمة ، والأسلحة الحجرية ، بالإضافة إلى الأعمال الفنية التى تعبر عن تطلعات الإنسان فى بحثه عن معنى وجوده ، وبالإضافة كذلك إلى النماذج التى تصنف وتشرح آخر إنجازاته . وبذلك تحظى المتاحف على إمتداد العالم بإقبال جماهيرى لا ينقطع(١) .

ويتوقف تصميم المتحف وترتيبه على غرضه وطبيعته وأهم معروضاته ، ولكل نوع من أنواع المتاحف متطلباته التى تلبيها الوسائل المعمارية المختلفة . وإذا كان من الصعب حصر تلك الأنواع والمتطلبات إلا أنه من الممكن تلخيص الموضوع على الوجه الآتى ولو لإعطاء فكرة عن الجهد الذى ينبغى أن يقوم به المصمم عند ما يتصدى لمثل هذه المهمة :

١- متاحف الفن والآثار القديمة : Musems of Art an Archaeology

فى مثل هذه المتاحف تتوقف أبعاد القاعات على أنواع وأبعاد المعروضات فمثلاً نجد القاعات التى يفترض أن تتسع لعرض اللوحات الفنية القديمة المرسومة أو المشغولة ، تصل إلى نحو ٥ × ٧ متر ، بحوائط تبلغ إرتفاعاتها نحو ٢٥ . ٤م . أما فى حالة عرض قطع الأثاث ، أو قطع الزينة المعدنية أو الزجاجية ... إلخ التى تعرض فى فترينات زجاجية ، فإن السقف لن يحتاج لأن يكون بمثل هذا الإرتفاع .

* بالنسبة للفضيات والمجوهرات فتعرض داخل خزائن محكمة الإغلاق بها إضاءة داخلية وتوضع فى غرفة خافتة الإضاءة حتى يكون التركيز على المعروضات فقط .

ويفضل أن تكون هذه الغرف طولية وليست مربعة (مثل الممرات والجاليرى) لأن الزائر لا يحتاج إلى مساحة خلفية للعودة إلى وراء للتفرج على المعروضات والتى ستعرض داخل خزائن على طول الحوائط .

٢- المتاحف التاريخية والوثائقية : Historical and Archival Museums

تحتاج هذه المتاحف إلى فراغات أصغر بسبب إعتمادها على الخزائن الزجاجية التى توضع بها المعروضات ، هذا بالإضافة إلى غرف عديدة وكبيرة نسبياً لحفظ الوثائق بصفة إحتياطية ويفضل عرض الأوراق والمقتنيات فى غرف لها حماية مناسبة ومضاءة إما بإضاءة صناعية أو إضاءة طبيعية غير مباشرة .

٣- متاحف الأجناس البشرية والشعوب :

Enthnographic and Folk Museums

تعرض المعروضات فى مثل هذه المتاحف داخل خزائن كبيرة وثقيلة ، تحتاج إلى مساحات كبيرة من الفراغ . كما تحتاج إلى مساحات كبيرة أيضاً فى حالة الرغبة فى عرض البيئات الطبيعية بشكل يماثل الواقع خاصة إذا كان فى النية إستخدام قطع من الطبيعة نفسها . وفى هذ الحالة ربما يحتاج الأمر إلى إضاءة صناعية قوية أكثر من إحتياجه إلى إضاءة طبيعية .

٤- متاحف الفيزيقا والعلوم الطبيعية والمتاحف التكنولوچية والتعليمية :

Museums of Physical and Natural Sciences, Technological or Educationed Museums

نظراً للتنوع الشديد فى المعروضات فى مثل هذه المتاحف ، وما تحتاجه من تقسيم إلى أقسام مناسبة لأنواع المعروضات ، تتباين هذه المتاحف فى الأحجام والخصائص المعمارية والوظيفية ، فإذا كانت المعروضات مقسمة إلى مجموعات (معادن - حشرات - حفريات - نباتات مجففة ... إلخ) تكفيها غرف متوسطة الحجم ، بينما يحتاج عرض هياكل الحيوانات المجمعة أو النباتات فى أحجامها الطبيعية مثلاً إلى فراغات ضخمة وتجهيزات فنية خاصة (مثل الحفاظ على العينات بمعزل عن التأثيرات الجوية) . وتحتاج هذه المتاحف إلى معامل لتحضير المواد والتجهيزات اللازمة لذلك (حفظ الضبط ودرجة الرطوبة والتعقيم .. إلخ) .

٥- متاحف لأغراض أخرى

مثل مقتنيات كبار الشخصيات (بعد وفاتهم) ، والمتاحف المخصصة كمتاحف البريد والمواصلات والزراعة والفضاء ويتحمل المعمارى فى جميع الحالات مسئولية إتخاذ القرار التصميمى المناسب لنوع المتحف المطلوب من حيث الشكل والأبعاد والترتيبات المختلفة التى يتطلبها الحال بما فى ذلك التصميم المعمارى للمعنى والتصميم الداخلى ثم ، عند اللزوم ، تصميم العرض المخصص وخط سير الزائر وإحتياجات الآمن ، وفوق ذلك كله الإضاءة والتهوية على ضوء عدد الزوار المحتمل .

النموذج	الإستخدامات	المقياس	
١- النماذج المجسمة لدراسة ماهو خارج المبنى والبيئة المحيطة.	١- لدراسة أشكال الظلال وتأثير المباني المحيطة على أشكال الظلال . ٢- تستخدم فى تحليل الضوء الطبيعى للتأكد من أن الضوء الطبيعى (سواء على صورة ضوء شمس أو ضوء سماوى) يمكن أن يصل إلى واجهة مبنى معين . ٣- النماذج المجسمة لدراسة أثر الضوء الشمسى داخل مبنى معين: توزيع وإختراق الضوء الشمسى بالنسبة لواجهة المبنى.	- تقبل النماذج المجسمة للإضاءة الطبيعية لأن تكون أصغر حجماً من باقى نماذج الإضاءة الطبيعية . - تتراوح المقاييس المستخدمة فى النماذج المجسمة بين ٣٢/١ بوصة لكل قدم وبين $\frac{1}{4}$ بوصة لكل قدم (أى ٣٨٤/١ إلى ٤٨/١) . - إذا كان الغرض من بناء النموذج هو دراسة أثر الضوء المنعكس من المبانى أو الأسطح الأخرى سيكون الأمر محتاجا إلى المقاييس الأكبر (مثلا ٤/١ بوصة لكل قدم (٤٨/١) وذلك للتوصل إلى نتائج أكثر دقة .	المقاييس الأصغر يمكن إستخدامها إذا كان النموذج منفذاً لغرض تحليل أشكال الظلال .
٢- النماذج اللازمة لدراسة خصائص الأداء فى مبنى معين بما فى ذلك : - إختراق الضوء الطبيعى . - التوزيع . - مستويات شدة الإستضاءة . - التباين Contrast	يجب بناء النموذج بحيث يمكن دراسة توزيع وإختراق الضوء السماوى سواء فى الأيام الصافية أو الغائمة . ومن الممكن إستخدام نفس النموذج لكل من الضوء الشمسى والضوء السماوى إلا إذا كان من الضرورى ملاحظة أمور خاصة مثل التحكم أو توزيع الضوء الشمسى فعندئذ يعمل نموذج منفصل لكل من الحالتين .	- يحتاج مثل هذا النموذج لأنه يكون أكبر حجما وتتراوح المقاييس هنا بين ٢/١ بوصة لكل قدم وبين ٤/٣ بوصة لكل قدم (٢٤/١ إلى ١٦/١) . - أما إذا كان النموذج معدا لكى يلاحظ فقط من خلال فتحات للرؤية ليصبح المقياس هو ٢/١ بوصة لكل قدم إلى بوصة واحدة لكل قدم (٢٤/١ إلى ١٢/١) .	إذا كان من المطلوب أن يعامل النموذج وثائقيا أو يُقيم بالتصوير الشمسى فإن نوع الكاميرا هو الذى يحدد المقياس . ويراعى ألايقل الإرتفاع بين الأرضية والسقف عن ٥ بوصات (١٢.٥سم) لضمان وجود حيز كاف لوضع أجهزة الفوتومتر أو إستخدام اليد أحياناً .
٣- النماذج الخاصة بالفتحات المنفردة بما فى ذلك الزجاجى منها ومعدات الظلال وغيرها (التفاصيل الإنشائية غير العادية) .		- ينفذ النموذج أحياناً بالحجم الطبيعى . - يعمل نموذج بالحجم الطبيعى إذا كان مطلوبا دراسة حيز معين مضاء إضاءة طبيعية . ومن الممكن أيضاً للمصممين الداخليين إستخدام مثل هذا النموذج لدراسة تشطيبات داخلية معينة (أثاث - أبليكات - إضاءة كهربائية - التحكم بطريقة خاصة فى الإضاءة الكهربائية) .	

ملحـــق (د)

١- تحليل الإضاءة الطبيعية بطريقة سريان الفيض الضوئى [١]

The Flux Transfer Method

إن طريقة سريان الفيض الضوئى هى طريقة تحليل يمكن بواسطتها حساب سريان الفيض الضوئى المرئى بين مصدر للضوء والسطح المتلقى .

وهذا الحساب يتم على أساس إستخدام المعاملات المختلفة مثل :

معامل التكوين (C) Configuration Factor

معامل الشكل (F) Form Factor

معامل «هيجبى» (H) Higbie Factor

تختلف طريقة حساب كل معامل مع إختلاف موضع نافذة الضوء الطبيعى (إذا كانت موازية لمستوى القياس أو عمودية عليه) وإبعادها وبعدها عن نقطة القياس .

فمعامل التكوين (C) Configuration Factor يمكن إستخدامه لوصف الضوء الواصل إلى نقطة قياس من مسطح مضئ شكل (د-١)

ومعامل الشكل (F) Form Factor لوصف الضوء الواقع على كل مسطح شكل (د-٢)

أما فى معامل "هيجبى" (H) Higbie Factor فيستبعد ضوء الشمس المباشر من الوصول إلى داخل المبنى . بالإضافة إلى أن الضوء الواصل من النافذة إلى نقطة القياس دالة فى المسافة بين أحد أركان الفتحة والخط العمودى الساقط على مستوى القياس من النافذة وكذلك طول الخط العمودى نفسه شكل (د-٣) .

مثال لاستخدام معامل "هيجبى" لتحليل الإضاءة الطبيعية فى فراغ داخلى :

حالة نافذة ضوء طبيعى موازية لمستوى القياس (فتحة علوية فى السقف)

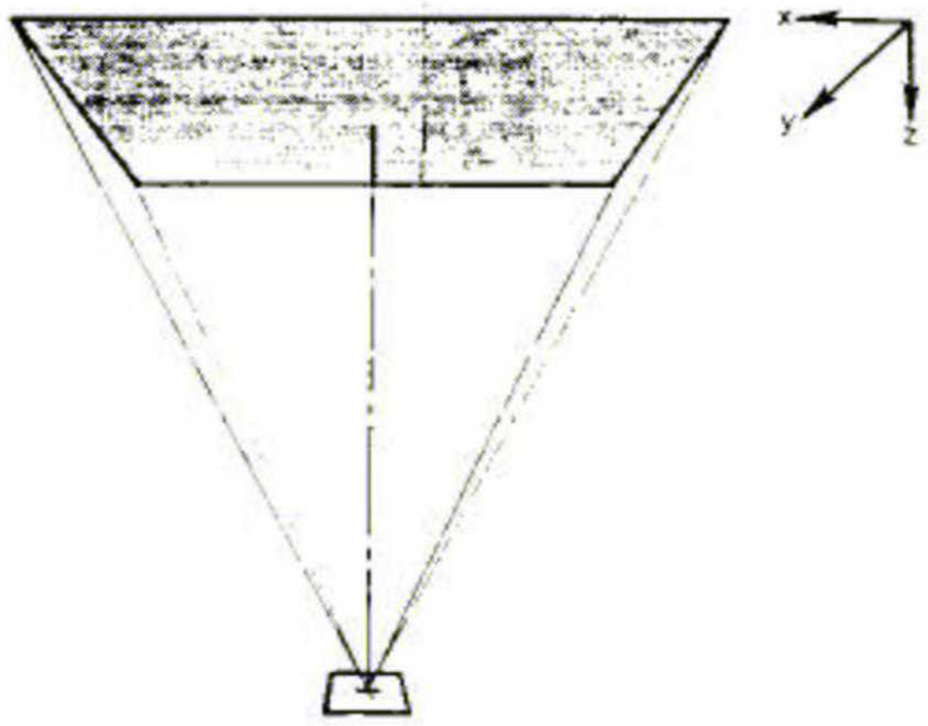
أ- المركبة السماوية (E_{SE})

$$E_{SE} = (Ea \times Ta)\ H$$

---

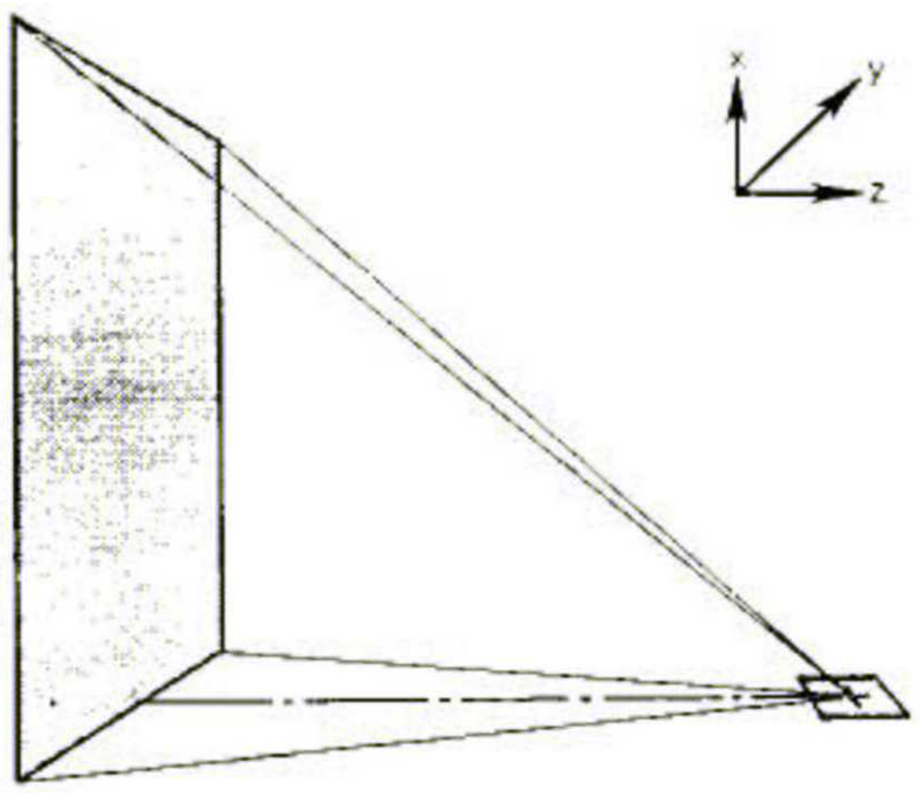
(1) Robbins, C.L.: Daylighting Design and Analysis, p. 207 (مرجع سابق)

شكل (د-١) معامل التكوين Configuration Factor (C)



نقطة القياس موازية لنافذة الضوء

$$C = \int_{X_1}^{X_2} \int_{Y_1}^{X_2} \frac{z^2}{\pi\ (x^2 + y^2 + z^2)^2}\ d\ x\ dy$$



نقطة القياس عمودية على نافذة الضوء

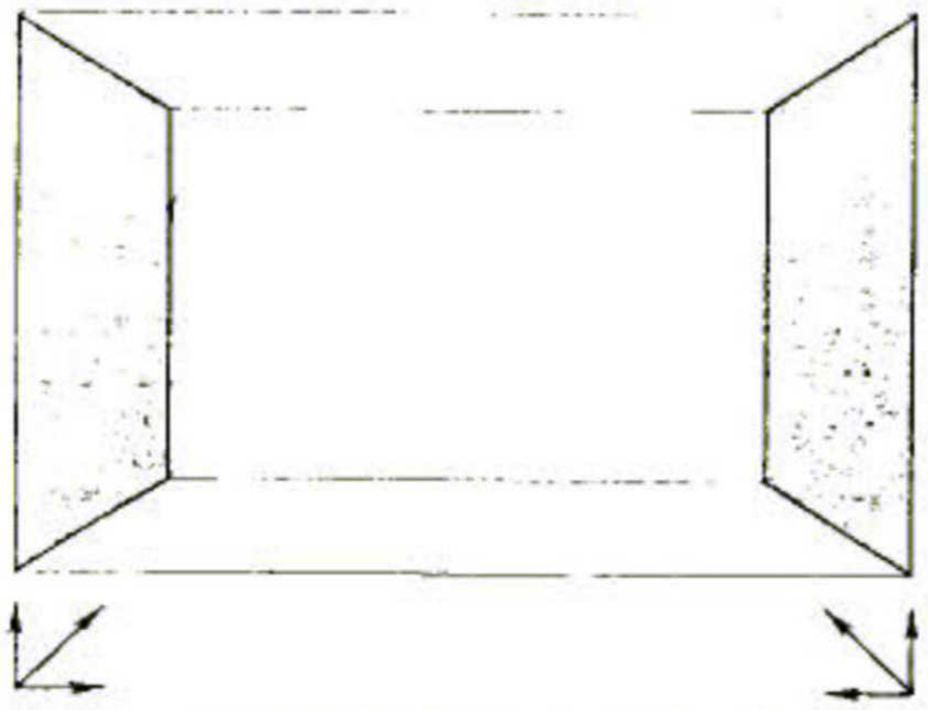
$$C = \int_{X_1}^{X_2} \int_{Y_1}^{Y_2} \frac{x\ y}{\pi\ (x^2 + y^2 + z^2)^2}\ d\ x\ dy$$

X, Y = ابعاد نافذة الضوء

Z = المسافة بين نافذة الضوء ونقطة القياس

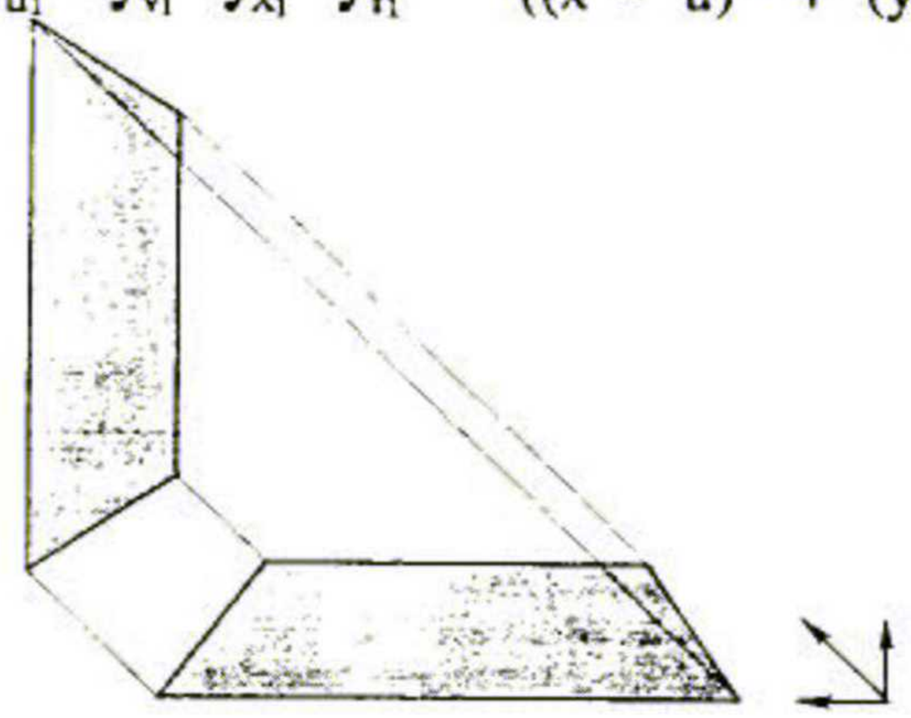
Robbins, C.L.: Daylighting Design and Analysis, p. 204 (مرجع سابق)

شكل (د-٢) * معامل الشكل Form Factor (F)



سطح القياس موازى لنافذة الضوء

$$F = \frac{z^2}{\pi A_1} \int_{u_1}^{u_2} \int_{v_1}^{v_2} \int_{x_1}^{x_2} \int_{Y_1}^{Y_2} \frac{d\,u\,d\,v\,d\,x\,d\,y}{((x - u)^2 + (y - v)^2 + z^2))^2}$$



سطح القياس عمودى على نافذة الضوء

$$F = \frac{1}{\pi A_1} \int_{u_1}^{u_2} \int_{v_1}^{v_2} \int_{x_1}^{x_2} \int_{Y_1}^{Y_2} \frac{(x - \bar{x})\,(v - \bar{v})\,d\,u\,d\,v\,d\,x\,d\,y}{((x - \bar{x})^2 + (y - u)^2 + (v - \bar{v}^2))^2}$$

X, Y = ابعاد نافذة الضوء

u, v = أبعاد السطح المتلقى (سطح القياس)

Z = البعد بين نافذة الضوء وسطح القياس

x coordinate location of the receiving surface = $\bar{x}$

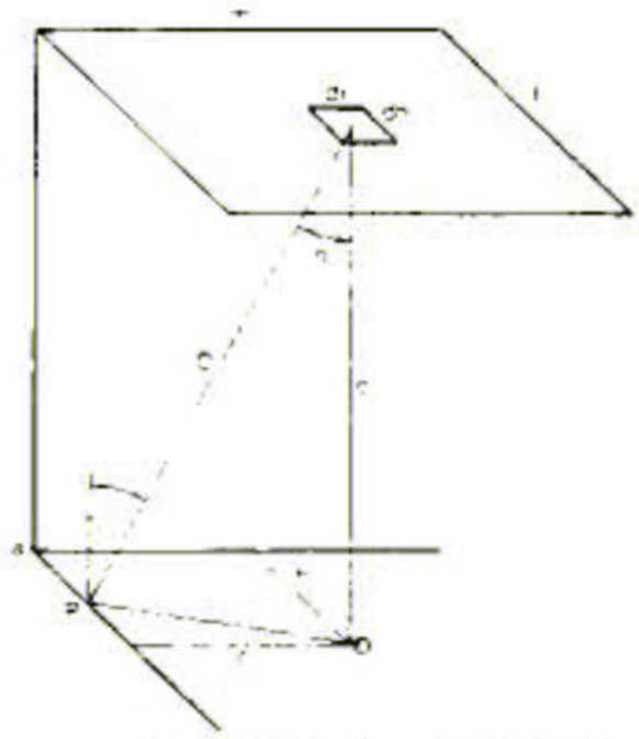
v coordinate of the source surface = $\bar{v}$

A_1 = مساحة نافذة الضوء

---

(1) Robbins, C.L.: Daylighting Design and Analysis, p. 205 (مرجع سابق)

شكل (د-٣) * معامل «هيجبى» Higbie Factor (H)

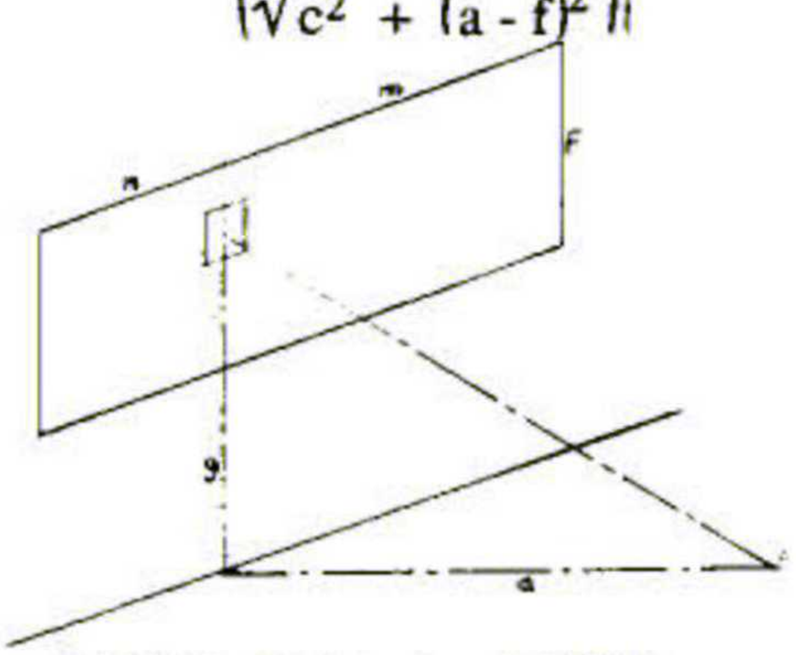


نقطة القياس موازية لنافذة الضوء

$$H = \left[\frac{a}{\sqrt{c^2 + a^2}} \arctan\left(\frac{m}{\sqrt{c^2 + a^2}}\right)\right] + \left[\frac{m}{\sqrt{c^2 + m^2}}\right.$$

$$\left. \arctan\left(\frac{f\sqrt{c^2 + m^2}}{a^2 + c^2 + m^2 - af}\right)\right] + \left[\frac{f - a}{\sqrt{c^2 + (a-f)^2}}\right.$$

$$\left. \arctan\left(\frac{m}{\sqrt{c^2 + (a-f)^2}}\right)\right]$$



نقطة القياس عمودية على نافذة الضوء

$$H = \left[\frac{1}{\sqrt{a^2 + f^2}} \arctan\left(\frac{m}{\sqrt{a^2 + f^2}} + \arctan\frac{n}{\sqrt{a^2 + f^2}}\right)\right]$$

$$- \left[\frac{1}{\sqrt{a^2 + g^2}} \left(\arctan\frac{m}{\sqrt{a^2 + g^2}} \arctan\frac{n}{\sqrt{a^2 + g^2}}\right)\right]$$

---

(1) Robbins, C.L.: Daylighting Design and Analysis, p. 208 (مرجع سابق)

حيث Ea = شدة الإستضاءة التى تصل النافذة

Ta = معامل النفاذية للزجاج

H = معامل "هيجبى"

ب- المركبة المنعكسة من الأسطح الخارجية (E_{ERE})

تستخدم فيها المعادلة السابقة ولكن (H) معامل هيجبى الخاص بالنوافذ العمودية .

جـ- المركبة المنعكسة من الأسطح الداخلية (E_{IRE})

$$E_{IRE} = \{[(E_1)\ (A_1)\ (\rho_1)] + [(E_2)\ (A_2)\ (\rho_2)] + ... + [(E_n)\ (A_n)\ (\rho_n)]\} / [(1 - \rho_{avg})\ (A_r)]$$

حيث $E_1, E_2, ... E_n$: شدة الإستضاءة المركزية التى تصل السطح الداخلى .

$A_1, A_2, ... A_n$: مساحة السطح .

$\rho_1, \rho_2 ... \rho_n$: معامل إنعكاس السطح الداخلى .

ρ_{avg} : متوسط معامل إنعكاس الأسطح الداخلية .

A_r : مجموع مساحات الأسطح فى الفراغ الداخلى .

د- مركبة ضوء الشمس (E_S)

$$E_S = E\ (To)\ (Ca)$$

$$To = (1.1018\ Tg)\ (Cos\ i)\ (1 + \sin^3 i)$$

$$Ca = (Dg)\ (Fg)$$

حيث T_g = معامل النفاذية

i = زواية السقوط بين نافذة الضوء والشمس .

Ca = معامل التزجج

Dg = معامل نظافة الزجاج

Fg = معامل الأطر .

وهناك طرق حساب خاصة فى حالة وجود كاسرات للشمس أو ألواح مائلة عند نافذة الضوء الطبيعى .

نوع الإضاءة العلوية	مواصفاتها	العيوب وعلاجها
الإضاءة الأفقية والآبار الضوئية Horizontal Lights & Light Wells	الإضاءة الأفقية (مثال ذلك الفتحات العلوية) تعطى مستوى منتظماً نسبياً من شدة الإستضاءة على إتساع حيز معين ، وفيها يسمح بإستخدام فتحات «سماوية» وفتحات «شمسية» كوسائل إضاءة داخلية ، وإن كانت الفتحات الشمسية لا يشجع على إستخدامها عادة . الآبار الضوئية : وهى فى هذا المجال ، عبارة عن فتحات فى السقف أو فى الأرضية وإصطلاح الآبار الضوئية يستخدم أيضاً للدلالة على وجود إطار حول الفتحة العلوية (السماوية) .	تستخدم الفتحات العلوية «السماوية» فى معظم الحالات الإضاءة مستويات عمل أفقية ، مثل سطوح المكاتب ، ولوح الرسم ، وما أشبه - وهى أيضاً ذات كفاءة عالية فى إعطاء إضاءة عامة أو فى إضاءة المعروضات ذات الأبعاد الثلاثة مثل قطع النحت واللوحات الفنية .
الإضاءة من فتحات على شكل أسنان المنشار Sawtooth Lights	- الإضاءة من فتحات على شكل أسنان المنشار : توجد فى هذه الطريقة فتحات رأسية أو مائلة مع وجود سقف مائل ليساعد على توجيه ضوء النهار داخل قاعة ما . - ويحتوى هذا النوع من الفتحات على زجاج فى ناحية واحدة فقط من الفتحة ، إلا أن نوعاً خاصاً من تلك الفتحات «أسنان المنشار ذات الإتجاهين» يستخدم فيه الزجاج على الجانبين المتقابلين . - <u>توزيع الإضاءة فى حالة إستخدام الفتحات التى على شكل أسنان المنشار :</u> إذا كانت «أسنان المنشار» منتظمة كانت شدة الإستضاءة متجانسة على إتساع الحيز ، بإستثناء بعض التباينات فى السطوع . غير أن الترتيب العام ، والإرتفاع ، والعمق ، والمسافات البينية ، كل هذه العوامل تؤثر فى التوزيع وكمية الضوء الطبيعى فى الحيز الداخلى .	بالإضافة إلى إستخداماتها التقليدية فى جميع أنواع الإضاءة الصناعية تقريباً ، تستخدم أيضاً فى أية حالة يكون مطلوب منها إضاءة مساحة كبيرة مثال ذلك المكاتب ، والمدارس ، وغرف المستشفيات ، والمكتبات ، الصالات والمصانع ...

نوع الإضاءة العلوية	مواصفاتها	العيوب وعلاجها
الإضاءة بالحزم الضوئية المباشرة وغير المباشرة .	يتجنب ضوء الشمس المباشر عادة فى تصميمات الإضاءة الطبيعية ، غير أنه مع بعض العناية يمكن الحصول منه على إضاءة فعالة وجذابة ويطلق على تصميمات الإضاءة الطبيعية التى يسمح فيها بدخول أشعة الشمس المباشرة إلى داخل المبنى إسم «الإضاءة بالحزم الضوئية المباشرة غير المباشرة» . **وفى حالة التصميم المعتمد على الحزمة الضوئية المباشرة :** يستخدم ضوء الشمس للإضاءة الداخلية دون أى محاولة للتحكم فيه أو توزيعه . ونظراً لأن أى فتحة للضوء الطبيعى سوف تسمح بدخول ضوء الشمس إلى داخل المبنى وتصبح مصدراً للإضاءة بالحزمة الضوئية المباشرة ، فإن مثل هذه التصميمات تعتبر معتادة إلى حد كبير . علماً بأن جهد كبير يبذل دائماً لمحاولة تجنب وجود ضوء الشمس داخل المبنى . **وأما فى حالة التصميم المعتمد على الحزمة الضوئية غير المباشرة :** فيتقطع ضوء الشمس عند الضوء كمصدر إضاءة داخلية . والتصميمات الثلاثة الممكنة لإستخدام الضوء الطبيعى غير المباشر هى : ١- غمر السقف ٢- غمر الجدران ٣- غمر الأرضية ، والفكرة الأساسية فى هذه التصميمات هى : غمر السطح بالضوء الطبيعى - جذب الأنظار إلى السطح علماً بأنه من الممكن إقتران الإستخدام غير المباشر للضوء الطبيعى مع أى إضاءة جانبية أو إضاءة علوية .	وتستخدم الإضاءة غير المباشرة بالضوء الطبيعى فى الحالات التى لا يهم فيها تحقيق مستوى معين من شدة الإستضاءة .

ملحـــق (و)

نموذج التقرير الناتج عن تحليل الإضاءة الطبيعية بموجب برنامج الحاسب (AES)

ILLUMINANCE

WORKING PLANE HEIGHT: 4.80

AVG= 48.37 MIN= 5.19 MAX= 328.39

ABS. Y COOR.	ABSOLUTE X-COORDINATE(S) .0	4.5	9.0	13.5	18.0
28.8 *	8.	7.	7.	7.	6.
21.6 *	12.	46.	93.	66.	13.
14.4 *	11.	124.	328.	205.	21.
7.2 *	8.	45.	92.	66.	14.
.0 *	5.	6.	7.	7.	6.

AVERAGE ROOM SURFACE ILLUMINANCE

SURFACE NUMBER	AVERAGE ILLUMINANCE
1	17.43
2	15.93
3	19.72
4	15.94
5	67.85
6	12.16

VERTICAL ILLUMINANCE ON ROOM SURFACE 1

ABS Z COOR.	ABSOLUTE Y-COORDINATE(S) 1.80	5.40	9.00	12.60	16.20	19.80	23.40	27.00
9.19	10.	11.	12.	12.	12.	12.	11.	10.
7.96	10.	12.	14.	15.	15.	14.	12.	10.
6.74	11.	13.	15.	17.	17.	15.	13.	11.
5.51	11.	14.	16.	18.	18.	16.	14.	11.
4.29	12.	14.	17.	19.	19.	17.	14.	12.
3.06	13.	18.	24.	28.	28.	24.	18.	13.
1.84	15.	21.	28.	33.	33.	28.	21.	15.
.61	17.	23.	31.	35.	35.	31.	23.	17.

VERTICAL ILLUMINANCE ON ROOM SURFACE 2

ABS Z COOR.	ABSOLUTE X-COORDINATE(S)							
	1.13	3.39	5.66	7.92	10.18	12.44	14.71	16.97
9.19	10.	11.	11.	11.	11.	11.	11.	11.
7.96	11.	12.	12.	13.	13.	13.	12.	12.
6.74	11.	12.	13.	13.	14.	13.	13.	12.
5.51	12.	13.	14.	14.	14.	14.	14	13.
4.29	13.	14.	14.	15.	15.	15.	14.	13.
3.06	14.	17.	19.	20.	21.	20.	18	15.
1.84	16.	20.	23.	25.	25.	25.	21.	18.
.61	18.	22.	26.	28.	28.	28.	24.	20.

VERTICAL ILLUMINANCE ON ROOM SURFACE 3

ABS Z COOR.	ABSOLUTE Y-COORDINATE(S)							
	1.80	5.40	9.00	12.60	16.20	19.80	23.40	27.00
9.19	10.	11.	12.	13.	13.	12.	11.	10.
7.96	10.	12.	14.	16.	16.	14.	12.	10.
6.74	11.	13.	16.	19.	19.	16.	13.	11.
5.51	11.	14.	17.	20.	20.	17.	14.	11.
4.29	12.	16.	20.	29.	29.	23	16.	12.
3.06	13.	20.	31.	37.	37.	31.	20.	13.
1.84	15.	23.	34.	41.	41.	34.	23.	15.
.61	17.	25.	35.	41.	41.	35.	25.	17.

VERTICAL ILLUMINANCE ON ROOM SURFACE 4

ABS Z COOR.	ABSOLUTE X-COORDINATE(S)							
	1.13	3.39	5.66	7.92	10.18	12.44	14.71	16.97
9.19	10.	11.	11.	11.	11.	11.	11.	11.
7.96	11.	12.	12.	13.	13.	13.	12.	12.
6.74	11.	12.	13.	13.	14.	13.	13.	12.
5.51	12.	13.	14.	14.	14.	14.	14.	13.
4.29	12.	14.	14.	15.	15.	15.	14	13.
3.06	14.	17.	19.	20.	21.	20.	18.	15.
1.84	16.	20.	23.	25.	25.	25.	21.	18.
.61	18.	22.	26.	28.	28.	28.	24.	20.

ملحـــق (ز)

القياسات الضوئية PHOTOMETRY[1]

١- الضوء :

هو طاقة محمولة بواسطة موجات كهرومغناطيسية ذات تردد معين (التردد هو عدد الذبذبات كل ثانية) ، وهذا التردد هو الذى تحسه وتتجاوب معه شبكية العين ثم المخ ، وبالتالى يحدث لدى الإنسان الإحساس بالضوء

والموجات الكهرومغناطيسية تختلف من نوع من أنواعها إلى نوع آخر حسب التردد frequency (عدد الذبذبات كل ثانيه Hertz) ، فأدناها تردداً (تبدأ من ٤١٠) هى موجات الإذاعة ، ثم تليها موجات الأشعة «تحت الحمراء» ، ثم الأشعة المرئية المشار إليها (بتردد حوالى ١٤١٠) ثم الأشعة فوق البنفسجية ثم أشعة إكس ثم أشعة جاما وهى أعلاها (بتردد حتى ٢٣١٠) .

٢- قوة الإضاءة: Luminous Intensity

تقاس قوة إضاءة أى مصدر ضوئى بمقارنتها بقوة إضاءة «الشمعة المعيارية الدولية» ، وهى مصدر ضوئى متعارف عليه عالميا ، وتسمى وحدة قياس قوة الإضاءة «كاندلا»

٣- التدفق الضوئى : Luminous Flux, ϕ

التدفق الضوئى هو المعدل الزمنى للطاقة الضوئية المنبعثة من مصدر ضوئى ووحدة التدفق الضوئى هى «ليومن» Lumen

فإذا كان المصدر الضوئى قوته ١ كاندلا ، فقد إصطلح على أن الجزء من التدفق الضوئى المنبعث منه والمنحصر داخل زاوية مجسمة قياسية (يقع رأسها عند مصدر الضوء) يكون مقداره ١ ليومن الزواية المجسمة Solid Angle :

بما أن الزاوية العادية (المستوية) تنشأ نتيجة لإلتقاء مستقيمين فى المستوى عند

---

(1) Blackwood, Kelly and Bell : General Physics, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1964, p. 448. (ماجستير الباحثة . ١٩٩)

نقطه معينه فيه ، فإن الزاوية المجسمه تنشأ نتيجة لإلتقاء ثلاثة مستويات (أو أكثر) فى الفراغ عند نقطة معينة ، لتكن هذه النقطة (أى رأس الزاوية) هى مركز كرة .

ولما كانت مساحة سطح الكرة = $4\Pi R^2$، فلو قسمنا سطح الكرة إلى 4Π من الأجزاء مساحة كل جزء منها R^2 ، ووصلنا بين مركز الكرة وبين محيط أحد هذه الأجزاء ، فستتكون بذلك زاوية مجسمه (رأسها عند المركز) ذات إتساع معين تكون هى عبارة عن الوحدة التى تقاس بها الزاوية المجسمة أى «الزواية المجسمة القياسية»
Unit Solid Angle "STERADIAN"

وبذلك تجتمع عند مركز الكرة 4Π من الزوايا المجسمة القياسية (وواضح أن الزاوية المجسمة القياسية لا تتغير بتغير نظم القياس من نظام مترى إلى غيره من النظم).

وبناء عليه إذا كانت قوة إضاءة المصدر الضوئى = (I) كاندلا
فإن التدفق الضوئى المنحصر داخل زاوية مجسمة قياسية = (I) ليومن
ولما كان الفراغ المحيط بالمصدر الضوئى المنتظم الإشعاع فى جميع الإتجاهات يساوى 4Π من الزوايا المجسمة القياسية ، لذلك يكون التدفق الضوئى الكلى المنبعث من هذا المصدر = (4Π I) ليومين .
أما كمية الطاقة الضوئية المنبعثة من مصدر ضوئى خلال فترة معينة (مقاسة بعدد الثوانى) فتحسب بالـ «ليومن ثانية» (وهو ما يقابل «الوات ثانية» ومضاعفاته مثل «الكيلو وات ساعه») .
وواضح أن التدفق الضوئى مقاساً بالليومن ثابت من حيث أنه لا يتغير بتغير نظم القياس من نظام مترى إلى غيره من النظم .

٤- شدة الإستضاءة: Illumination or Illuminance E

٤-١ : شدة الإستضاءة على سطح معين هى التدفق الضوئى الواصل عمودياً إلى ذلك السطح مقسوماً على مساحة السطح .
شدة الإستضاءة = التدفق الضوئى (ليومن) / المساحة العمودية $E=\phi/A$

٤-٢ : فى النظام المترى تكون الوحدة ليومن / متر مربع وهى تسمى «لاكس» LUX
فإذا فرض أن مصدر الضوء وقوته I كاندلا عبارة عن نقطة فى مركز كرة فارغه شفافة نصف قطرها «R» متر ، كان التدفق الضوئى الكلى فى جميع الإتجاهات = 4Π I ليومن ، وبالتالى تكون شدة الإستضاءة على سطح الكرة :

= التدفق الضوئى الكلى (اليومن) / مساحة سطح الكرة (متر مربع) لاكس

= $4\Pi I / 4\Pi R^2$ لاكس

= I / R^2 لاكس

فإذا كانت قوة إضاءة مصدر الضوء ١ «كاندلا» وكان نصف القطر ١ متر - كانت شدة الإستضاءة على سطح الكرة ١ «لاكس» .

* كما يتضح من النتيجة أعلاه أنه يمكن حساب شدة الإستضاءة عند نقطة معينه عدديا بقسمة قوة إضاءة مصدر الضوء بالكاندلا على مربع المسافة مقاسة بالمتر .
* إذا إستخدم النظام الإنجليزى بدلا من النظام المترى لوجد أن وحدة شدة الإستضاءة هى ليومن/قدم مربع وتسمى «قدم شمعه» Foot - Candle

وبمقارنة الوحدتين نجد الأتى :

وحدة شدة الإستضاءة بالنظام المترى = لاكس = ليومن / متر مربع

وحدة شدة الإستضاءة بالنظام الإنجليزى = قدم شمعه = ليومن / قدم مربع

أى أن ١ قدم شمعة = ١٠,٧ لاكس

ملحـــق (ح)

مصطلحات وتعريفات

١- مصطلحات

Louvres	أسطح مائلة
Infra red	أشعة تحت الحمراء
Ultra violet	أشعة فوق بنفسجية
Colour rendering	إظهار اللون
Zenith	أوج
Sky condition	حالة السماء
Rod cells	الخلايا الاسطوانية بالعين
Cone cells	الخلايا المخروطية بالعين
Brightness	سطوع
Wavelength	طول الموجة
The electro-magnetic spectrum	طيف الكهربائي المغناطيسى
The incandescent filament lamp.	لمبة متوهجة تنجستانية
The tungsten halogen lamp.	لمبة هالوجينية تنجستانية
Filter	مرشح
Sensors	مستشعرات
Daylighting components	مكونات الاضاءة الطبيعية
Inserts	ملصقات
Lighting scheme	منظومة الاضاءة
Transmittance	نفاذية

٢- تعريفات [1]

- **إظهار اللون** **Colour rendering**

The effect of a light source on the colour appearance of objects in conscious or subconscious comparison with their colour appearance under a reference light source, usually daylight.

تأثير مصدر ضوئى على المظهر اللونى للأشياء بالمقارنة (الواعية أو غير الواعية) بمظهرها اللونى تحت مصدر ضوئى قياسى (عادة ضوء النهار) .

- **الأوج** **Zenith**

The point at the top of hemispheric sky dome.

النقطة الواقعة عند قمة القبة السماوية نصف الكروية .

- **تكيف** **Adaptation**

The process by which the visual system becomes accustomed to more or less light or light of different colour than it was exposed to during an immediately preceding period.

العملية التى يعتاد الجهاز البصرى بواسطتها على ضوء يختلف قوة أولونا عن ذلك الذى كان معرضاً له فى اللحظة السابقة مباشرة على التغيير .

- **جودة الضوء** **Quality of light**

Quality of light : Pertains to the distribution of luminance in a visual environment. The term is used in a positive sense and implies that all luminances contribute favourably to visual performance, visual comfort, ease of seeing, safety, and aesthetics for the specific visual tasks involved.

تتعلق جودة الضوء بتوزيع الإضاءة فى محيط مرئى . وأساسها أن جميع مصادر الضوء الموجودة فى المحيط تتعاون إيجابياً (أى لايضاد بعضها بعضاً) فى خلق الأداء البصرى والراحة البصرية وسهولة الرؤية والسلامة والجمال للمهام البصرية المطلوبة .

- **سطوع مبهر** **Glare**

The sensation produced by luminance within the visual field that is sufficiently greater than the luminance to which the eyes are adapted to cause annoyance, discomfort or loss of visual performance and visibility.

هو الإحساس الناشئ عن وجود إضاءة فى مجال الرؤية أقوى من تلك التى يمكن للعينين

---

(1) Robbins, Claude L. Daylighting Design and Analysis P. 81

أن تتكيفا معها وذلك إلى درجة تكفى لإحداث مضايقة أو عدم إرتياح أو فقدان للقدرة على الأداء البصرى .

- **سماء صناعية** **Artificial Sky**

An enclosure that simulates the luminance distribution of a clear or overcast sky for the purpose of testing physical daylighting models.

حيّز يمكن به محاكاة توزيع الإضاءة فى حالتى السماء الصافية أو الملبدة وغرضه إختبار الإضاءة الطبيعية بالنماذج المجسمة .

- **ضوء مباشر** **Direct light**

The visible radiation received on a surface directly from the sun, without reflection by the sky.

الشعاع المرئى الذى يتم إستقباله (على سطح معين) مباشرة من الشمس ، أى دون إنعكاس من السماء .

- **ضوء مشتت** **Diffuse light**

The visible radiation received on a surface from the sky, including background sky brightness, horizon brightness, and circumsolar brightness.

الشعاع المرئى الذى يتم إستقباله (على سطح معين) من السماء ، متضمناً سطوع الخلفية السماوية ، وسطوع الأفق وسطوع الشمس .

- **طريقة سريان الفيض الضوئى** **Flux Transfer Method**

A method of analysis whereby the visible flux transfer between a source and receiving surface is determined based upon the view factor between the two surfaces.

هى طريقة للتحليل يتم بها تحديد إنتقال الفيض الضوئى المرئى من مصدر ضوئى إلى سطح إستقبال وذلك على أساس معامل المنظر بين السطحين .

- **كمية الضوء (كمية الطاقة الضوئية)** **Quantity of Light**

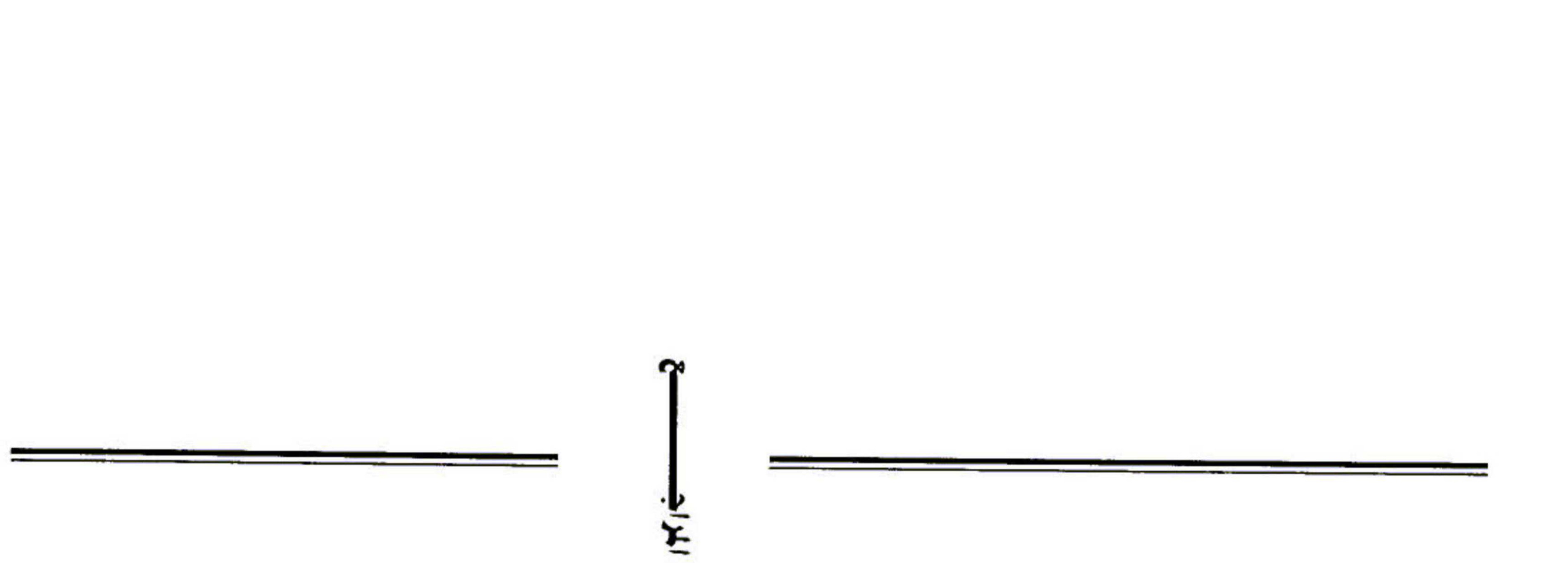
The product of the luminous flux by the time it is maintained. It is the time integral of luminous flux.

هى حاصل ضرب الفيض الضوئى فى زمن سريانه أو هو التكامل الزمنى للفيض الضوئى.

- **نانومتر** **Nanometer, nm.**

The unit of measure of wavelength equal to 10^{-9} meter.

هى وحدة قياس طول الموجة وتساوى $١٠^{-٩}$ (واحد على مليار) من المتر .



REFERENCES المراجع الاجنبية

* BOOKS:

1- **Alexander, Edward P.:** Museums in Motion, an Introduction to the History and Functions of Museums.

2- **Allwood, John, Gassell & Collier Macmillan:** The Great Exhibitions, Publishers L.T.D., London, 1977.

3- **Blackwood, Kelly & Bell:** General Physics, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1964.

4- **Brawne, Michael:** The Museum Interior, Thames and Hudson 1982.

5- **Brawne, Michael:** The New Museum, Architecture and Display, the Architectural Press, London, 1980.

6- **Cliffs, N.J. Englewood:** Illuminating Engineering for Energy Efficient, Luminous Environments. Prentice Hall Inc.

7- **Coleman, Laurence:** Museum Buildings, The American Association of Museums, Washington, 1950.

8- **Cowan, Henry J.:** Architectural Technology, Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.

9- **Davis, Douglas:** The Museum Transformed, Design and Culture In The Post-Pompidou Age, Cross River Press, 1990.

10- Department of Scientific and Industrial Research Building: Principles of Modern Buildings Volume No 1, Reearch Station, Her Majesty's Stationary Office London, 1969.

11- **Egan, M. David:** Concepts in Architectural Lighting, College of Arch. Clemson University, Mcgraw Hill Book, 1976.

12- Environmental Science Hand Book for Architects and Builders: The Construction Press, Lancasterm England 1st Edition, 1980.

13- **Evan, M.:** Housing Climate and Comfort, The Architectural Press, John Wiley & Sons, New York, 1980.

14- **Evans, H., Benjamin:** Daylighting Architecture, AIA Architectural Record Book, Mcgraw Hill Company 1981.

15- **Flynn, John E., et al.:** Architectural Interior Systems, Lighting Air Conditioning Acoustics, Van Nostrand Reinhold Environmental Engineering Series, 1970.

16- **Gillette, Gary:** A Daylighting Model for Building Energy Simulation, National Bureau of Standards, 1983.

17- **Gregory, R.L.:** Eye and Brain, The Psychology of Seeing; World University, McGraw Hill Book Company, Second Edition, 1973.

18- **Henderson, S.T.:** Daylight and its Spectrum, American Elservier Publishing Company, Inc, New York, 1970.

19- **Hopkinson, R.G. and Petherbridge, P. & Longmore:** Daylighting, William Heinemann Ltd, 1966.

20- **Hopkinson, R.G.:** Architectural Physics, Lighting London, Her Majesty's Stationary London 1963.

21- **IBM Architecture & Engineering Series,** Lighting Applications: Lights, Reference Guide, SOM, 1994.

22- **Johnson, E. Verner and Horhan, Joanne C.:** Museum Collection Storage, Unesco, 1979.

23- **Johnson, Timothy E.:** Solar Architecture, The Direct Gain Approach, Mass achusetts Institute of Technology Mcgraw Hill Book Company.

24- **Khan, Louis:** Light Is The Theme: Louis Khan and The Kimbell Art Museum, Comments on Architcture, Compiled by Nell E. Johnson Kimbell Art Foundation, Fort Worth, 1975.

25- **Koenigsberger, Ingersoll, Mavehew & Sozolay:** Manual of Tropical Housing & Buildings, Part One, Climatic Design, Longman Group, London, 1974.

26- **Kohler, Walter:** Lighting in Architecture, Light and Colour, Reinhold Publishing Corporation, 1959.

27- **Lam, Willian M.C.:** Perception and Lighting as Form Givers For Architecture, Edited by Christopher High Ripman, 1968.

28- **Lechner, Norbert:** Heating, Cooling, Lighting, Design Methods for Architecture, John Wiley, Sons, Inc, 1991.

29- **Lupertz, Markus:** Museum Buildings in the Federal Republic of Germany, An Exhibition of the Goethe Institute in Collaboration with the Deutshes Archite Klurmuseum Academy Editions, London, 1986.

30- **Montaner, Josep and Oliveras, Jordi:** The Museums Of The Last Generation, Academy Editions, St., Martin's Press, 1985.

31- **Moore, Fuller:** Concepts and Practice of Architectural Daylighting, Illustrations by Gregory Anderson, Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.

32- **Phillips, Derek:** Lighting In Architectural Design, Micgraw-Hill Book Company, 1964.

33- **Reid, Esmond:** Understanding Buildings, A Multidisciplinary Approach, the MIT Press, Cambridge, Massa chusetts, 1986.

34- **Robbins, Claude L.:** **Daylighting,** Design and Analysis, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1986.

35- **Scully, Vincent:** Frank Lloyd Wright, U.S.A., Eigth Printings, 1979.

36- **Searing, Helen:** New American Art Museum, Whitney Museum of Ameriican Art, 1982.

37- **Stein, et al.:** Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, John Wiley and Sons, New York, 7th Edition, 1986.

38- **Stephens, Suzanne:** Building The New Museum, Princeton, Arch. Press, 1986.

39- **Szokolay, SV.:** Environmental Science Handbook for Architects and Builders, The Construction Press, London, 1st edition, 1980.

40- The Editors of Architectural Record: Buildings For The Arts, Mcgraw Hill, Inc, 1978.

41- The Editors of Sunset Books and Sunset Magazine: Windows & Skylights Sunset Publishing Corporation, 1993.

42- **Thomson, Garry:** The Museum Environment - Second Edition CBE - (Scientific Adviser, the National Gallery Lon 1960-1985) the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works 1985.

43- **Tillotson, Robert G.:** Museum Security, La Securité Dans Les Musées, ICOM, Paris, 1977.

44- **Turnor, Denis P.:** Window Glass Design Guide, The Architectural Press, Ltd, London, 1977.

45- **Unesco:** Museums Imagination and Education, 1977.

46- **Unesco:** The Organization of Museums, Practical Advice, 1960.

* PERIODICALS:

1- Batiment International, Building Research & Practice CID, September, October 1986.

2- Baumeister, Oktober 1981.

3- Journal of the Illuminating Engineering Society (IES), volume 7, part 3, 1978, an instrument for the measurement of equivalent sphere illumination.

4- Journal of the Illuminating Engineering Society (IES), volume 4, part 2, 1975, on the coputation of equivalent sphere illumination.

5- Lighting Journal (Rugby, England), Museum display scene Harris, J.B., Jun, 1989.

6- Lighting Journal, Illumination and Conservation of paintings. Dr. José M. Casal (member), Rugby, England Dec. 1989, Volume 54.

7- Progressive Architecture February 1984, Shedding Some Light on Art Special Issue: Johnson and Burgea / Museum Lightig.

8- The Architectural Journal, Shedding Some Light on the Louvre, Technical and Practice, 1994.

9- The Architectural Review, 1004 February 1984, Mirrors Museum of Their Time? Michael Brawne Meir's High Museum, The Burrell, Glasgw National, Gallery latest Mirrors Museums of their time, Michael Brawne.

10- The Architectural Review - Architecture Design Landscape urbanism worldwide, 1164, February 1994 Museums & Librairies Coenen's Architecture Centre Bolles - Wilson in Munster.

11- The Architectural Review, 1030, December 1982, Roger's Inmosfactory, Hollein's Monchengladbach Museum.

المراجع العربية

*** كتب:**

١- **د. سمية حسن محمد إبراهيم ، أ.د. محمد عبد القادر محمد** ، فن المتاحف ، دار المعارف .

٢- **د. شفق العوض الوكيل ، د. محمد عبد الله سراج** ، المناخ وعمارة المناطق الحارة القاهرة ، ١٩٨٥ .

٣- **د. محمد عبد الفتاح عبيد** ، الإنارة لطلبة العمارة ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.

*** الأبحاث والرسائل:**

١- **حنان مصطفى كمال صبرى** ، الإضاءة الطبيعية فى العمارة الإسلامية ، دراسة ميدانية مقارنة فى قاعات بعض المنازل المملوكية والعثمانية بالقاهرة ، كلية الهندسة جامعة عين شمس ، ١٩٩٠ (ماجيستير الباحثة) .

٢- **محمد النحاس** ، التأثير المتبادل بين الإدراك الحسى والتصميم الداخلى للمتاحف ، كلية الهندسة ، جامعة عين شمس ، ١٩٩٠ (ماجيستير).

٣- **د. نبيل بحيرى** ، الإضاءة وتأثيرها على المعروضات وطرق حمايتها بالمتاحف وصالات العرض ، دراسات وبحوث مجلة خاصة تصدرها جامعة حلوان ، سبتمبر ١٩٨٥ .

*** دوريات :**

المتحف ، اليونسكو ١٩٨٩ ، عدد ١١٤ .

الملخص الإنجليزى

Ain Shams University
Faculty of Engineering
Architectural Dept.

NATURAL LIGHTING AS AN IMPORTANT FACTOR IN THE DESIGN OF MUSEUMS IN EGYPT

Presented by

Hanan Mostafa Kamal Sabry

A Thesis Submitted to the Faculty of Engineering
Ain Shams University, in Partial Fulfilment
of the Requirement for the Degree of Ph.D. in Architecture

Under the Supervision of

Professor Dr. Mohamed Kamel Mahmoud
Professor of Architecture Dept. of Arch. Ain Shams University

Professor Dr. Sayed Madbouly Aly
Professor and Head of Dept. of Arch. Ain Shams University

Professor Dr. Morad Abd El Kader
Professor of Architecture and Environmental Control
Dept. of Arch. Ain Shams University

Ain Shams University
1996

Ain Shams University
Faculty of Engineering
Architectural Dept.

Thesis for Ph.D Degree in Architecture

NATURAL LIGHTING AS AN IMPORTANT FACTOR IN THE DESIGN OF MUSEUMS IN EGYPT

Presented by : Hanan Mostafa Kamal Sabry

SUMMARY

This research work aims at introducing "Natural Lighting" as an effective and attractive way of museum lighting, and as a convenient alternative which can, during day time hours, provide the illuminance necessary for displaying different articles, thus replacing, during the said hours, artificial (electric) lighting usually employed at museums around the clock.

The research work, in this respect, concentrates on museum halls, utilized for displaying paintings hanging on the walls, and fed by natural light through upper openings (top lighting).

The research work also aims at identifying the main architectural elements usually taken into consideration when designing such museum halls, viz : shape and dimensions of hall, shape, number, positions, dimensions and transmittance of the upper openings, and different finishings of the inner surfaces of the hall (ceiling, walls, floors) expressed as reflectances thereof. Identifying the different alternatives of each of the said elements then follows, together with relationships among then. Accordingly, under Egyptian weather, the lighting conditions (illuminance values and graduation) at different points in the hall are calculated for each of the cases relevant to the said alternatives, thus determining whether those lighting conditions suit the paintings from the points of view of both clear vision and

freedom from harmful effects. The rules that would enable the architect to correctly design the hall are thus laid down, taking the form of a computer program which indicates the illuminance resulting from each design alternative.

PROCEDURE:

- Study of natural lighting requirements in museums and getting acquainted with the principles, solutions and different opinions, quantitatively and qualitatively.
- Choice of the RESEARCH POINT, viz: a museum hall used for displaying paintings hanging on its walls, and lit by natural light coming from a clear sky through one or more openings in the ceiling of the hall.
- Study of the methods of analyzing the natural lighting and choice of the method most convenient for the research point, viz : the Flux Transfer Method, Computer Aided.
- Performance of experiments on the basis of the different alternatives of the architectural elements of the museum hall under study, and identifying the effects of those alternatives on the illuminance, quantitatively and qualitatively.
- Comparative analysis of results of the said experiments and formation of a computer program.

CONTENTS OF THE RESEARCH WORK:

Chapter (1): Requirements of Natural Lighting Inside Museums:-

Advantages and problems of natural lighting inside museums and how they are overcome; study of illuminance needed for different art exhibits; main factors that ensure good lighting inside museums.
Choice of the Research Point, viz: a museum hall used for displaying paintings hanging on its walls, and lit by natural light coming from a clear sky through one or more openings in the ceiling of the hall.

Chapter (2): Methods of Analyzing Indoor Natural Lighting:-

Study of the different methods of analyzing indoor

natural lighting and the possibilities and limitations of each method.
Identifying the most suitable one for the Research Point, viz: "The Flux Transfer Method".

Chapter (3): Experimental Study on Architectural Alternatives of Museum Halls:-
Experiments performed on the basis of choosing certain values for the different alternatives of the architectural features pertaining to the museum hall (RESEARCH POINT); study of their effects quantitatively and qualitatively on illuminance.
(Hall shape and dimensions - number, positions, dimensions, shapes and transmittance of the top openings - finishing of internal surfaces hence their reflectances).

Chapter (4): Analytical Results of the Experimental Study:-
Comparative analytical results of the experiments; identifying the extent of the effect of each design alternative on illuminance inside museum hall quantitatively and qualitatively.

Chapter (5): Computer Program for Analyzing Natural Lighting in a "Museum Hall for Displaying Paintings":-
The resulting computer program is built on the basis of the analytical results of the experimental study.
This program enables the design to obtain the necessary information in this respect, viz: lighting conditions (illuminance and graduation) resulting from choosing any of the architectural alternatives available for such a museum hall, at different points there in, and consequently, the designer may choose the best possible design to suit the exhibits to be displayed from the point of view of illuminance.