الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

الإضاءة والصوتيات

Acoustics and Lighting

م. سنا بي أوغلو

كلية الفنون – بكالوريوس تصميم داخلي

الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

الإضاءة

Lighting

المحاور

- المخرجات المتوقعة من الدرس
- الإضاءة الطبيعية

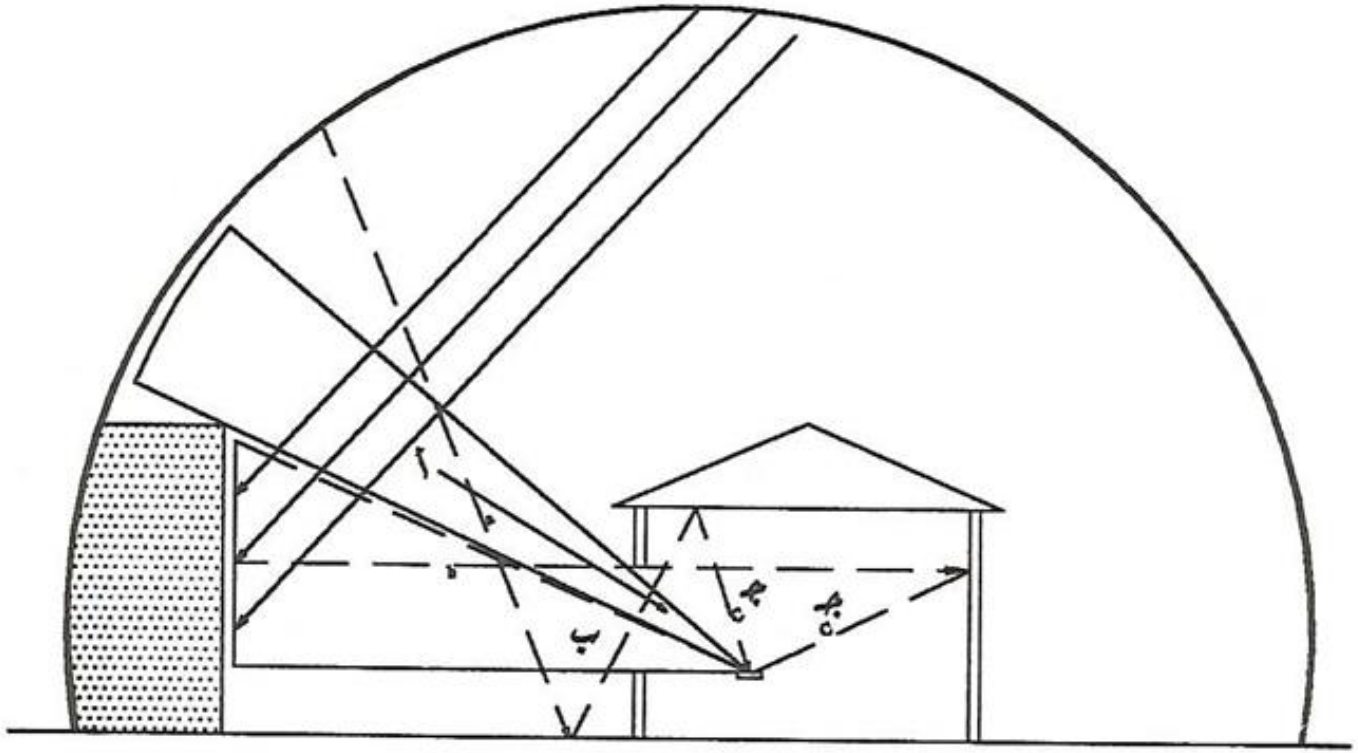
المخرجات المتوقعة من الدرس

- التعرف على المصادر الأساسية للضوء الطبيعي (الشمس).
- تحديد كيفية وصول الضوء الطبيعي إلى المباني بطرق مختلفة (الضوء المشتت، المنعكس من الداخل أو الخارج، وضوء الشمس المباشر).
- تعلم كيفية حساب نسبة الضوء الداخل للمبنى مقارنة بالإضاءة الخارجية.
- إدراك العلاقة بين متغيرات التصميم المختلفةSC ، ERC، IRCومعامل الضوء الطبيعي.
- التعرف على التحديات والحلول الخاصة بالإضاءة الطبيعية في المناطق المدارية والحارة الجافة.

الإضاءة الطبيعية

- المصدر الأساسي للضوء الطبيعي هو الشمس ولكن الضوء الذي يصل إلى الأرض من الشمس يكون مشتتاً جزئياً بواسطة الغلاف الجوي والأحوال الطقسية المحلية حيث يحدد ذلك كيف يدخل هذا الضوء إلى المبنى.
- وإذا أخذنا نقطة ما داخل إحدى المباني فإن الضوء يصلها بإحدى الطرق الآتية
  - أ - الضوء المشتت أو ضوء السماء **Skylight** من خلال النوافذ أو الفتحات.
  - ب - ضوء منعكس من الخارج (بواسطة الأرض أو المباني الأخرى) بواسطة نفس النوافذ.
  - ج - ضوء منعكس من الداخل، من الجدران، الأسقف والأسطح الداخلية الأخرى.
  - د - ضوء الشمس المباشر على طول المسار من الشمس بواسطة النافذة وإلى النقطة المعنية مباشرة.
- وتؤثر الأحوال المناخية بصورة كبيرة على كل من الكمية الشاملة للضوء والمقدار النسبي لكل من المركبات أعلاه.

الإضاءة الطبيعية



الإضاءة الطبيعية

المناخ والضوء

- في المناخات المعتدلة، حيث تكون السماء ملبدة بالصحب، يكون مصدر الضوء هو نصف الكرة السماوية **Sky hemisphere.** يحدث أحياناً أن يكون هناك ضوءاً مباشراً من الشمس ولكن لا يعتمد عليه في أغلب الأحيان، والسماء نصوع كافي لإمداد الضوء في الغرف العادية.
- أما المناطق الحارة الجافة والتي تتميز بضوء شمس مباشر وقوي بنسبة لغياب السحب من السماء فتم حماية المباني من هذا الضوء المباشر لأسباب حرارية. وهنا تتلون السماء بلون أزرق داكن وبنصوع منخفض يصل حتى 1700 كاندل/م2 فلا يكون كافياً لتأمين الإضاءة الطبيعية المناسبة. وهذه السماء الصافية يصل نصوعها لأعلى درجاته قرب خط الأفق بينما يكون في أدناه عمودياً مع الشمس. وتنعكس الأرض الجرداء الحافة المضاءة بواسطة الشمس وكذلك جدران المباني الأخرى ذات الألوان الفاتحة الكثير من الضوء الساقط عليها ويشكل هذا الضوء المنعكس المصدر الرئيسي للإضاءة الطبيعية داخل المباني.
- ومهما يكن من أمر، فإن هذا الضوء المنعكس يمكن أيضاً أن يكون مصدراً للوهج **glare** عندما تقع هذه الأسطح، المضاءة بقوة، في المجال البصري للإنسان.

الإضاءة الطبيعية

- وتولد ذرات الغبار الخفيفة المعلقة في الهواء نوعاً من الضباب الرقيق haze وتزيد لمعان brightness السماء الظاهري إلى 10000 كاندل/م2، بينما ينخفض النصوع في حالة العواصف الترابية المتكررة إلى 850 كاندل/م2.
- وفي المناطق الحارة الرطبة، حيث تكون السماء ملبدة بالصحب دائماً ونصوع يتعدى الـ 7000 كاندل/م2 فيسيطر الضوء المشتت القوي والسماء اللامعة بحيث تكون الغرفة ذات الإضاءة المعتدلة طبيعيًا سبباً للوهج الغير مريح.

الإضاءة الطبيعية

2 معامل الضوء الطبيعي DF

نسبة لتغير مستويات الإضاءة خارج المباني، فإنه من الصعب حساب الإضاءة داخل المباني بتلك الطرق المعروفة في الإضاءة الاصطناعية. ولكن إذا قارننا بين الإضاءة في نقطة معينة لمبنى والإضاءة الخارجية نجد أن هناك علاقة نسبية ثابتة. هذه النسبة الثابتة يعبر عنها بالنسبة المئوية وتسمى معامل الضوء الطبيعي - **DF: Daylight Factor**

$$DF = (Ei / Eo) \times 100\%$$

حيث Ei = الإضاءة الداخلية على النقطة المعينة .

Eo = الإضاءة الخارجية المباشرة من نصف الكرة السماوية

وتكون قيمة هذا المعامل ثابتة فقط إذا كانت السماء ومغطاة كلياً بالسحب

وبحيث لا يكون هناك ضوء مباشر من الشمس .

هنالك ثلاث مركبات تساهم في تحديد معامل الضوء الطبيعي :

(1) المركبة السماوية SC-Sky component .

(2) مركبة الضوء المنعكس من الخارج ERC-Externally reflected component.

(3) مركبة الضوء المنعكس من الداخل IRC-Internally reflected component.

وأذن :

$$DF = SC + ERC + IRC$$

الإضاءة الطبيعية

3- متغيرات التصميم

يعتمد مقدار كل من المركبات المساهمة في تحديد معامل الضوء الطبيعي على متغيرات التصميم التالية:

أ - **SC** المساحة المرئية من السماء من النقطة المحددة، ومتوسط زاوية ارتفاعها (نصوع السماء من هذه الزاوية)، إذن فموضع النافذة ومساحتها بالنسبة للنقطة المحددة، سمك إطار النافذة، نوعية زجاج النافذة ونظافتها وأي حواجز خارجية؛ سوف تؤثر على مقدار هذه المركبة.

ب - **ERC** مساحة الأسطح الخارجية الممكن رؤيتها من النقطة المحددة ومعامل انعكاس هذه الأسطح.

ج - **IRC** حجم الغرفة، نسبة الجدران والأسطح الأخرى إلى مساحة النوافذ ومعامل انعكاس الأسطح الداخلية.

وإذا تم تأسيس معامل الضوء الطبيعي لنقطة معينة يمكن تحويل هذا المعامل إلى قيمة إضاءة معينة إذا ما علمت قيمة الإضاءة الخارجية، فمثلاً:

الإضاءة الطبيعية

3- متغيرات التصميم

يعتمد مقدار كل من المركبات المساهمة في تحديد معامل الضوء الطبيعي على متغيرات التصميم التالية:

أ - **SC** المساحة المرئية من السماء من النقطة المحددة، ومتوسط زاوية ارتفاعها (نصوع السماء من هذه الزاوية)، إذن فموضع النافذة ومساحتها بالنسبة للنقطة المحددة، سمك إطار النافذة، نوعية زجاج النافذة ونظافتها وأي حواجز خارجية؛ سوف تؤثر على مقدار هذه المركبة.

ب - **ERC** مساحة الأسطح الخارجية الممكن رؤيتها من النقطة المحددة ومعامل انعكاس هذه الأسطح.

ج - **IRC** حجم الغرفة، نسبة الجدران والأسطح الأخرى إلى مساحة النوافذ ومعامل انعكاس الأسطح الداخلية.

وإذا تم تأسيس معامل الضوء الطبيعي لنقطة معينة يمكن تحويل هذا المعامل إلى قيمة إضاءة معينة إذا ما علمت قيمة الإضاءة الخارجية، فمثلاً:

إذا كانت DF = 8 % و Eo = 6000 لكس

$$DF = (Ei / Eo) \times 100$$

$$8 = (Ei / 6000) \times 100$$

$$. Ei = (8 \times 6000) / 100 = 480 \text{ Lx}$$

أي أن الإضاءة الداخلية تساوي 480 لكس .

الإضاءة الطبيعية

- وبالتحليل الإحصائي من سجلات الإضاءة لمدة زمنية طويلة لمنطقة ما، يمكن تأسيس مستوى الإضاءة الخارجية Eoلهذه المنطقة بحيث يصل إلى نسبة 90% أو 85% من عدد ساعات النهار. وتؤخذ هذه القيمة تصميمية للضوء الصادر من السماء Design Skyللمنطقة. وبهذا يمكن عكس الحسابات أعلاه واستعمالها كأساس للتصميم حسب الخطوات التالية:

1- يتم تأسيس الإضاءة الداخلية المطلوبة Ei، مثلاً 300 **لكس**.

2- وضع مصدر الإضاءة الخارجية Eo، مثلاً 9000 **لكس**.

3- يتم حساب معامل الضوء الطبيعي:

- DF=(9000300)×100=3.33%

4- يتم معالجة متغيرات التصميم (حجم النوافذ ... إلخ) للتوصل إلى هذا المعامل.

أما الـ 10% المتبقية من ساعات النهار فيمكن إهمالها أو الاستعانة بالاضاءة الاصطناعية.

محليا يمكن أخذ قيمة الضوء الصادر من السماء التصميمية في حدود 10000 إلى 15000 لكس.

الإضاءة الطبيعية

4- الإضاءة الطبيعية في المناطق المدارية

- في المناطق المدارية الحارة يصاحب الإشعاع الحراري الضوء الطبيعي، أي أن أي زيادة في الضوء تعني زيادة في الإشعاع الحراري والذي يسبب إجهاداً أكثر من الإجهاد الذي يسببه قلة الضوء. فمن ناحية نفسية، كلما قلت شدة الضوء كلما شعر الإنسان بالارتياح، وذلك لارتباط الضوء بالحرارة الشديدة. ويحتاج هذا الأمر إلى المعالجة الماهرة بحيث يتم توفير الضوء المناسب من جهة، والتقليل من الشعور الذاتي بالظلام من جهة أخرى، والذي ينشأ من التباين القوي بين البيئة الخارجية الباهرة الضوء والإضاءة الداخلية الخافتة.

- تتلخص إيجابيات ومشاكل الإضاءة الطبيعية في المناطق المدارية في الآتي:
أ - **توفير القدر الكافي من الضوء** حتى في وجود العوائق والشبكات والمظلات المانعة للحرارة.
ب - **إقصاء الأسطح المضيئة بواسطة الشمس**، تلك التي تسبب الوهج، ومن المجال البصري.

الإضاءة الطبيعية

4- الإضاءة الطبيعية في المناطق المدارية

- في المناطق المدارية الحارة يصاحب الإشعاع الحراري الضوء الطبيعي، أي أن أي زيادة في الضوء تعني زيادة في الإشعاع الحراري والذي يسبب إجهاداً أكثر من الإجهاد الذي يسببه قلة الضوء. فمن ناحية نفسية، كلما قلت شدة الضوء كلما شعر الإنسان بالارتياح، وذلك لارتباط الضوء بالحرارة الشديدة. ويحتاج هذا الأمر إلى المعالجة الماهرة بحيث يتم توفير الضوء المناسب من جهة، والتقليل من الشعور الذاتي بالظلام من جهة أخرى، والذي ينشأ من التباين القوي بين البيئة الخارجية الباهرة الضوء والإضاءة الداخلية الخافتة.

- تتلخص إيجابيات ومشاكل الإضاءة الطبيعية في المناطق المدارية في الآتي:
أ - **توفير القدر الكافي من الضوء** حتى في وجود العوائق والشبكات والمظلات المانعة للحرارة.
ب - **إقصاء الأسطح المضيئة بواسطة الشمس**، تلك التي تسبب الوهج، ومن المجال البصري.

الإضاءة الطبيعية

5- المناطق الحارة الجافة

- في هذه المناطق، يجب إقصاء ضوء الشمس المباشر عن المباني للأسباب الحرارية المعروفة أولاً، ولتسببه للوهج ثانياً. وعادة ما تكون النوافذ هنا صغيرة الحجم بحيث لا يمكن إلا رؤية جزء صغير من السماء من أي نقطة داخل المبنى.
- ولأن السماء تكون ذات نصوع منخفض فإن المركبة السماوية للضوء الطبيعي تكون منخفضة. ومن جهة أخرى فإن نصوع السماء عند الأفق يكون كبيراً وربما أدى إلى إحداث الوهج إذا لم يتم استعمال المظلات المانعة لصدّه. كذلك، فإن أسطح المباني الأخرى وسطح الأرض عادة ما تكون ذات الألوان فاتحة وتشكل الأشعة الضوئية المنعكسة منها مصدراً للوهج أيضاً لذا يجب أن يتم معالجتها بعناية لمنع هذا الوهج.

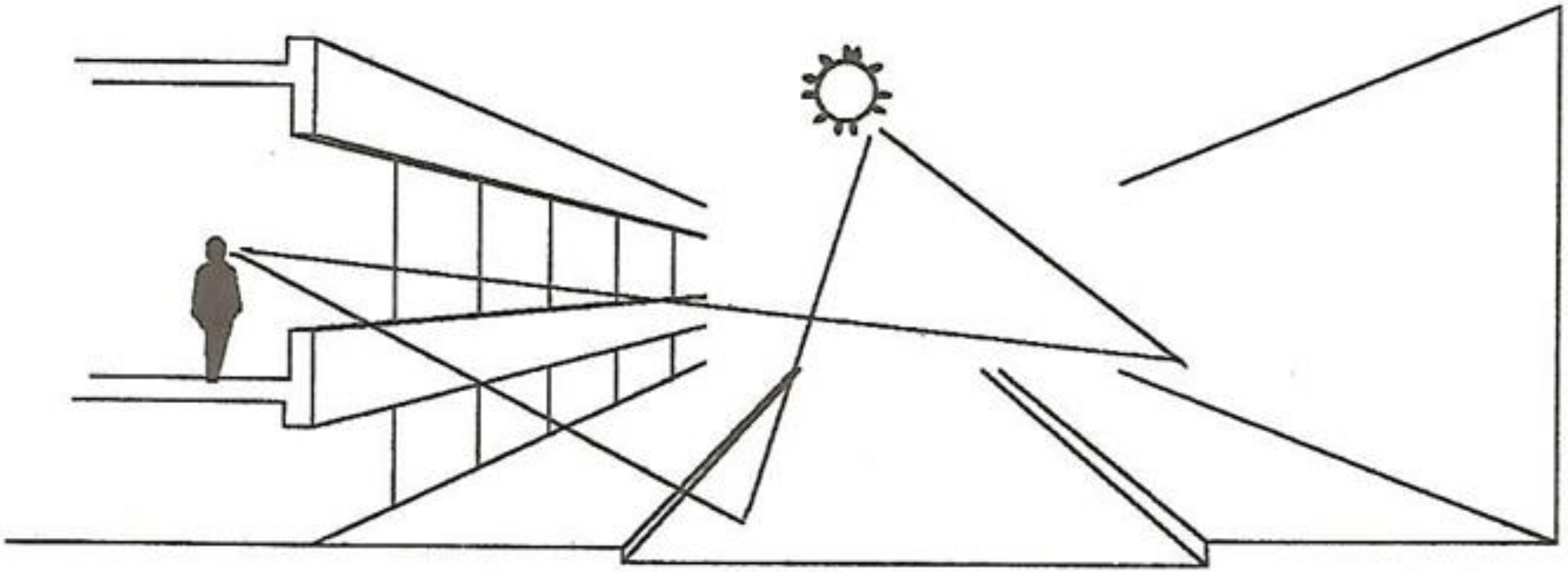
وأكثر الأشكال ملائمة للإضاءة الطبيعية في هذه المنطقة هو الضوء المنعكس داخلياً ويمكن توفير ذلك باستعمال النوافذ المرتفعة **High Level Windows** والتي تكون فيها جلسة النافذة أعلى من مستوى النظر بحيث تسمح هذه النوافذ بمرور الضوء المنعكس إلى السقف الداخلي. وإذا كان هذا السقف أيضاً فإن ذلك يؤمن ضوءاً مُشتتاً كافياً للإضاءة الداخلية من نافذة صغيرة نسبياً .

الإضاءة الطبيعية

- في حالة استعمال المظلات أو كواسر الشمس، يجب وضع هذه المظلات بحيث لا تكون ظاهرة من الداخل مع مراعاة عدم استعمال مواد عاكسة فيها، لأن ذلك يشكل مصدراً للوهج.
- ويمكن استعمال النوافذ العادية إذا كانت تفتح على فناء Courtyard ظليل ومزروع. أما إذا لم يكن هناك بد من أن تكون النافذة مطلّة على جهة مضاءة بواسطة الشمس فيمكن معالجة التباين بين النصوع القوي في الخارج والجهة المجاورة للنافذة في الداخل كما يلي:
  1. طلاء الجدار المجاور للنافذة بلون فاتح.
  2. دهن إطار النافذة الداخلي بالأبيض.
  3. فلطحة النافذة جانب النافذة في الجدار السميك وخلافه بلون فاتح.
  4. عمل فتحات أخرى في الجهة المقابلة لكي تلقي ضوءاً على الجدار المحيط بالنافذة.

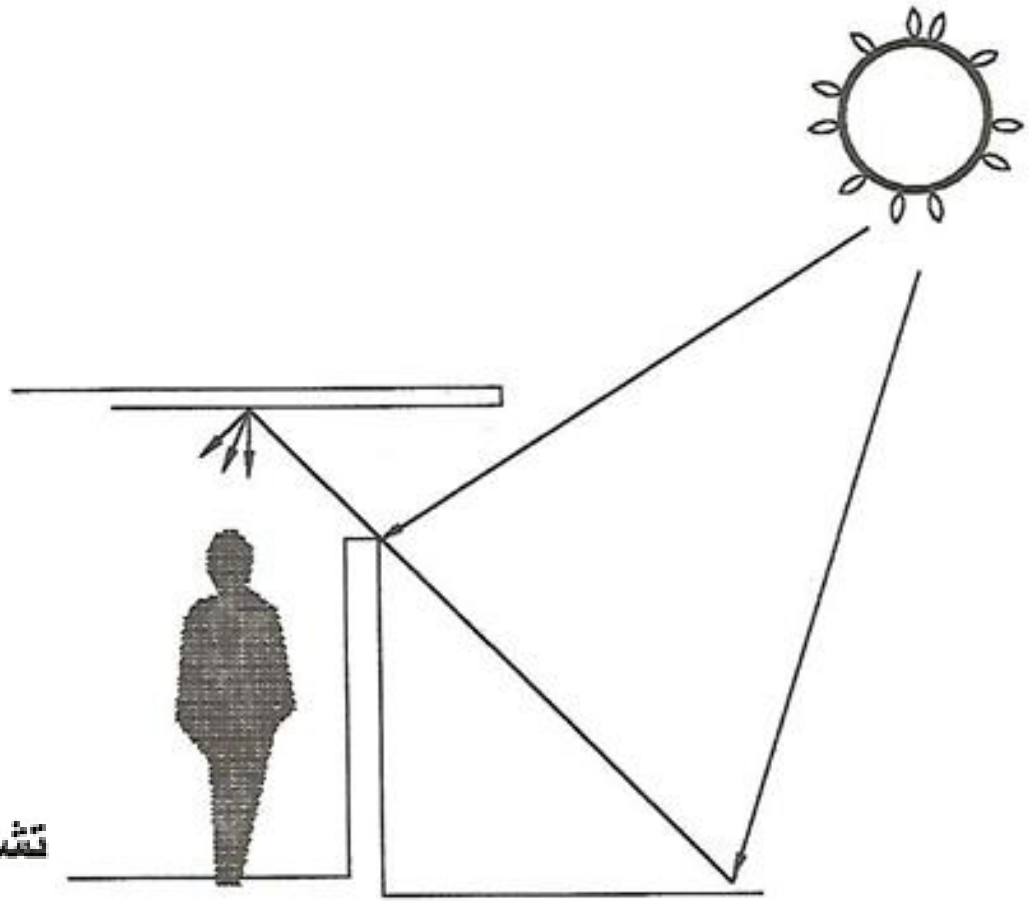
وإحدى الحلول المتاحة لهذه المشكلة هي عمل نافذة رأسية ضيقة في ركن الجدار أو الحجرة بحيث تلقي ضوءاً على سطح الجدار وبالتالي تكون مصدراً ظاهراً نصوعه أقل.

الإضاءة الطبيعية



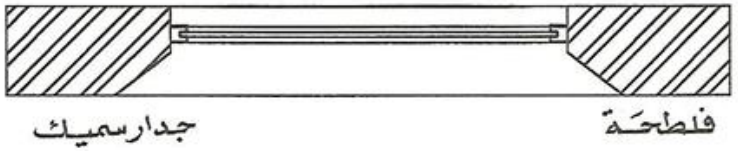
انعكاس الوهج من الأسطح الخارجية

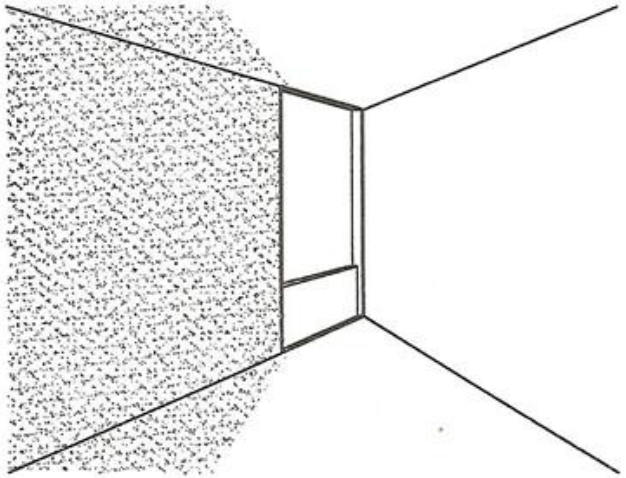
الإضاءة الطبيعية



تشتيت الضوء المنعكس بواسطة السقف الداخلي

الإضاءة الطبيعية





معالجة جوانب النوافذ

الإضاءة الطبيعية

6- المناطق الحارة الرطبة

تكون المباني في هذه المناطق ذات هيكل بنائي خفيف وفتحات واسعة لتأمين التهوية والحركة الكافية للهواء ومظلات كبيرة.

يتم أيضاً إقصاء ضوء الشمس المباشر لأسباب الحرارية المعروفة، وتكون السماء ناصعة حيث تسمح بالقدر الكافي من الضوء، ولكن نسبة النصوع العالي هذا يسبب الوهج. ويمكن حماية المباني من الوهج باستعمال المظلات والأشجار.

7- الإضاءة الاصطناعية التكميلية

يصعب تأمين الإضاءة الطبيعية الكافية في المناطق المعتدلة حيث لا يتعدى معامل الضوء الطبيعي **DF = 2%** داخل المباني وتم عمل نظام يعرف باسم الإضاءة الاصطناعية التكميلية الدائمة **Permanent Supplementary artificial-lighting of the interiors (PSALI)** حيث تتم الإضاءة للأجزاء العميقة اصطناعياً على الدوام.

- ويمكن استعمال هذا النظام بوجود النوافذ الصغيرة التي تشتهر بها المناطق الحارة الجافة، والتي تقصر فيها الإضاءة الطبيعية الداخلية.

الإضاءة الطبيعية

- ولأهمية عنصر التحكم في الحرارة والوهج، فإنه اختيار أن يقبل مستوى أدنى من الضوء مقارنة بالإضاءة الاصطناعية التكميلية الدائمة. وإذا ما تم هذا الاختيار يكون للعامل الحراري في استعمال المصابيح الفلورية لأنها تبعث قدراً أقل من الحرارة التي تنتجها المصابيح ذات الوهج الحراري فمثلا، يتم إرسال الطاقة بالنسبة لكل نوع كما يلي:
- المصابيح ذات الوهج الحراري Incandescent : 5% ضوء، و 95% حرارة.
- المصابيح الفورية :Fluorescent 21% ضوء و 79% حرارة
- هذا بالإضافة إلى توفير استهلاك الكهرباء بالنسبة للمصابيح الفلورية.

الإضاءة الطبيعية

متطلبات الإضاءة الطبيعية:

- من الصعب حساب الاضاءة الطبيعية في نقطة ما داخل المبنى، وتأسيسا على ذلك تم ابتداع تصور معامل الضوء الطبيعي .DF ويستعمل هذا التصور لتأسيس متطلبات الإضاءة الطبيعية المرغوبة أو المنخفضة في الغرف ذات الاستعمالات المختلفة.
- الجدول التالي يوضح أدنى قيم لمعامل الضوء الطبيعي تلك المقترحة بواسطة القياسات البريطانية British Standard Code of Practice والأرقام الموضحة مؤسسة على إضاءة طبيعية قدرها 5000 لكس ولذا يجب استعمال معامل إضاءة طبيعية DF أقل من هذه الارقام من هذه الأرقام في حالة أن تكون السماء أكثر ضوءا كما في المناطق الحارة.
- ويجب أن يرتبط في الأذهان أن أدني قيمة للإضاءة بمعامل إضاءة طبيعية محدد يكون علاقة بالقيمة التصميمة لضوء السماء . Design Sky

الإضاءة الطبيعية

	المكان	النسبة المئوية
1	الممرات	% 0.5
2	المداخل / الصالات / السلالم / أماكن العبادة وعنابر المستشفيات	% 1
3	المكاتب العامة / البنوك / أماكن الاستقبال / فصول الدراسة / أماكن العمليات الجراحية / صالات الألعاب الرياضية	% 2
4	المعامل والصيدليات	% 3
5	مراسم الفنون والعمارة	% 4

الإضاءة الطبيعية

6 الوحدات السكنية

(أ) غرفة المعيشة 1 % على مساحة أدناها 8م^2 ونصف عمق الحجرة

(ب) غرف النوم 0.5 % على مساحة أدناها 6م^2 ونصف عمق الحجرة

(ج) المطبخ 2 % على مساحة أدناها 5 م^2 ونصف مساحة الأرضية

الإضاءة الطبيعية

6 الوحدات السكنية

(أ) غرفة المعيشة 1 % على مساحة أدناها 8م^2 ونصف عمق الحجرة

(ب) غرف النوم 0.5 % على مساحة أدناها 6م^2 ونصف عمق الحجرة

(ج) المطبخ 2 % على مساحة أدناها 5 م^2 ونصف مساحة الأرضية

الإضاءة الطبيعية

9- تقنيات القياس والتنبؤ

- هناك عدة تقنيات ابتدعت لحساب، وقياس الضوء الطبيعي في مراحل التصميم المختلفة. من أهم هذه التقنيات تلك التي قام بتطويرها مركز أبحاث البناء البريطاني **BRS** وهذه الطريقة تعتمد على حساب مركبات معامل الضوء الطبيعي الثلاثة، كل على حدة.
- ويتم حساب المساحة المرئية من السماء **Sky Component** ومساحة الأسطح الخارجية الممكن رؤيتها من النقطة المحددة **Externally Reflected Component** بواسطة أداة ناقلة تسمى ناقلة الإضاءة الطبيعية **Daylight Protractor** بينما يتم حساب الأسطح العاكسة الداخلية **Internally Reflected Component** بالتقدير بواسطة مجموعة من المخططات البيانية **Nomograms**، وهذه الطريقة رغم تعقيدها تعطي صورة دقيقة أكثر من الطرق الأخرى إضافة إلى أنه بعد حساب هذه المركبات فإنك تواجه عوامل تصميمية يتم حسابها مثل نوع الزجاج المستعمل في النوافذ، نفاذية هذا الزجاج إلى مساحة النافذة الكلية وكمية الأوساخ أو الأتربة العالقة في الزجاج.

الإضاءة الطبيعية

- وإذا كان الغرض من التصميم هو معرفة توزيع الضوء على المساحة الكلية للحجرة، وليس على نقطة معينة، فيجب عمل شبكة مرجعية Gridوقياس الضوء على كل نقطة من هذه الشبكة.
- هناك طريقة أخرى للتنبؤ بالضوء الطبيعي وتعرف بطريقة المنظور. وعليه يتم رسم النافذة بمنظور معين ثم ترسم مرة أخرى في مسقط رأسي ويتم استعمال مخطط مسبق التجهيز على النافذة التي تم رسمها وحساب كمية الضوء من النقاط الظاهرة على مساحة النافذة. وهذه الطريقة رغم أنها أقل دقة إلا أنها سريعة ويمكن معها تغيير مساحة النافذة للحصول على أفضل وضع.
- الطريقة الثالثة والأخيرة هي طريقة بسيطة أصدرتها إحدى الطبوعات الاسترالية وتعتمد على رسم بياني بسيط موضح عليه كمية الإضاءة على سطح العمل، المساحة بين النافذة والإضاءة الخارجية، وهنا يحسب فقط الضوء الداخل من النافذة مع إهمال المركبات الأخرى.
- وعلى كل فهناك مراجع ومطبوعات متخصصة يمكن الرجوع إليها والاستعانة بها في مراحل التصميم المختلفة.

الإضاءة الطبيعية

10- الإضاءة الطبيعية في حالة السماء الصافية

- يتم استعمال التقنيات المذكورة آنفاً في المناطق المعتدلة حيث تلبد السماء بالسحب، وتكون الحاجة للضوء الطبيعي أثناء ساعات النهار أكثر منها في المناطق الحارة المدارية. في المناطق المدارية، وخاصة المناخ الحار الجاف، تكون السماء صافية وخالية من السحب ويكون الضوء قوياً ومباشراً في معظم الأوقات، يجب في هذه الحالة أن يتم منع نفاذ ضوء الشمس المباشر إلى داخل المباني لأسباب حرارية، وعليه يكون هناك أهمية لمعادلة شدة الضوء الداخل مع الضوء الناتج، وهذا يمثل أهمية كبرى بالنسبة لهذه المنطقة ككل التي يشكلها الحد الأدنى في المناطق المعتدلة.
- في حالة أن تكون السماء صافية، يتم استقبال الضوء مباشرة من الشمس بالإضافة إلى الضوء المشتت من القبة السماوية. ويتم كذلك عكس هذا الضوء المباشر والمشتت بواسطة الأسطح الخارجية والداخلية.
- وعلى هذا الأساس فإن هاتين المركبتين يجب أن يتعاملا كل على حدة وحسبما على حدة كذلك. كل أداء المواقع المتحكمة في ضوء الشمس والأسطح العاكسة في المباني يختلف بالنسبة لكل من الضوء المباشر للشمس والضوء المشتت من السماء.

الإضاءة الطبيعية

- ولكن، وبالطبع، فإن فصل هاتين المركبتين لا يمكن أن يتم إلا نظرياً، لأنه من الممكن وأحياناً أن تكون هناك إضاءة طبيعية كاملة بدون ضوء شمس مباشر في سماء ملبدة بالغيوم بينما يصعب ذلك في حالة السماء الصافية نسبة لعدم انتظام توزيع الضوء في هذه الحالة.
- وتعتمد معظم الطرق وتقنيات التنبؤ بالإضاءة الطبيعية في حالة السماء الصافية على هذا الفصل بين المركبتين (المباشر والمشتت)، وحساب كل منهما على حدة ثم تجمع النتائج النهائية بعد ذلك. وهذه الطريقة مطولة وبالغة التعقيد نسبة للعدد الكبير من العوامل المتغيرة والتي لا يعول عليها كثيراً، وما دام لا توجد طريقة لتنبؤ تجمع مباشرة بين أثر المركبتين معاً وفي أن واحد فإن الاعتماد على الطرق التجريبية العملية يصبح أكثر من الناحية العملية.

الإضاءة الطبيعية

11- استعمال النماذج:

نسبة للتغيرات المستمرة في الضوء الخارجي فقد أصبح من المهم بناء نماذج تمثل السماء اصطناعياً **Artificial Skies .**

ويتم تسليط الإضاءة في هذه النماذج لتحاكي الإضاءة الصادرة في نصف الكرة السماوية. هناك نوعان أساسيان من هذه النماذج هما النصف كروي والمستطيل وتستعمل هذه النماذج في دراسات الضوء الطبيعي كماً وكيفاً. وقد تم تطوير أساليب وتقنيات التنبؤ المذكورة آنفاً باستعمال هذه النماذج.

الإضاءة الاصطناعية

- يعرف مصطلح الإضاءة **Illumination** بأنه طريقة إضاءة موضوع ما، سواء كان هذا الموضوع كتلة ما، منظر، مساحة أو فراغ داخلي أو خارجي لمبنى. وكما تم ذكره، فإن المصادر الضوئية تنقسم إلى طبيعية (الشمس) واصطناعية، وما أن الشمس كمصدر طبيعي للضوء تعطي هذا الضوء لفترة محدودة من اليوم وهي ساعات النهار، فإن الإضاءة الاصطناعية بأنواعها المختلفة تقوم بإكمال هذه المهمة حتى يتسنى للإنسان متابعة أنشطته المختلفة.

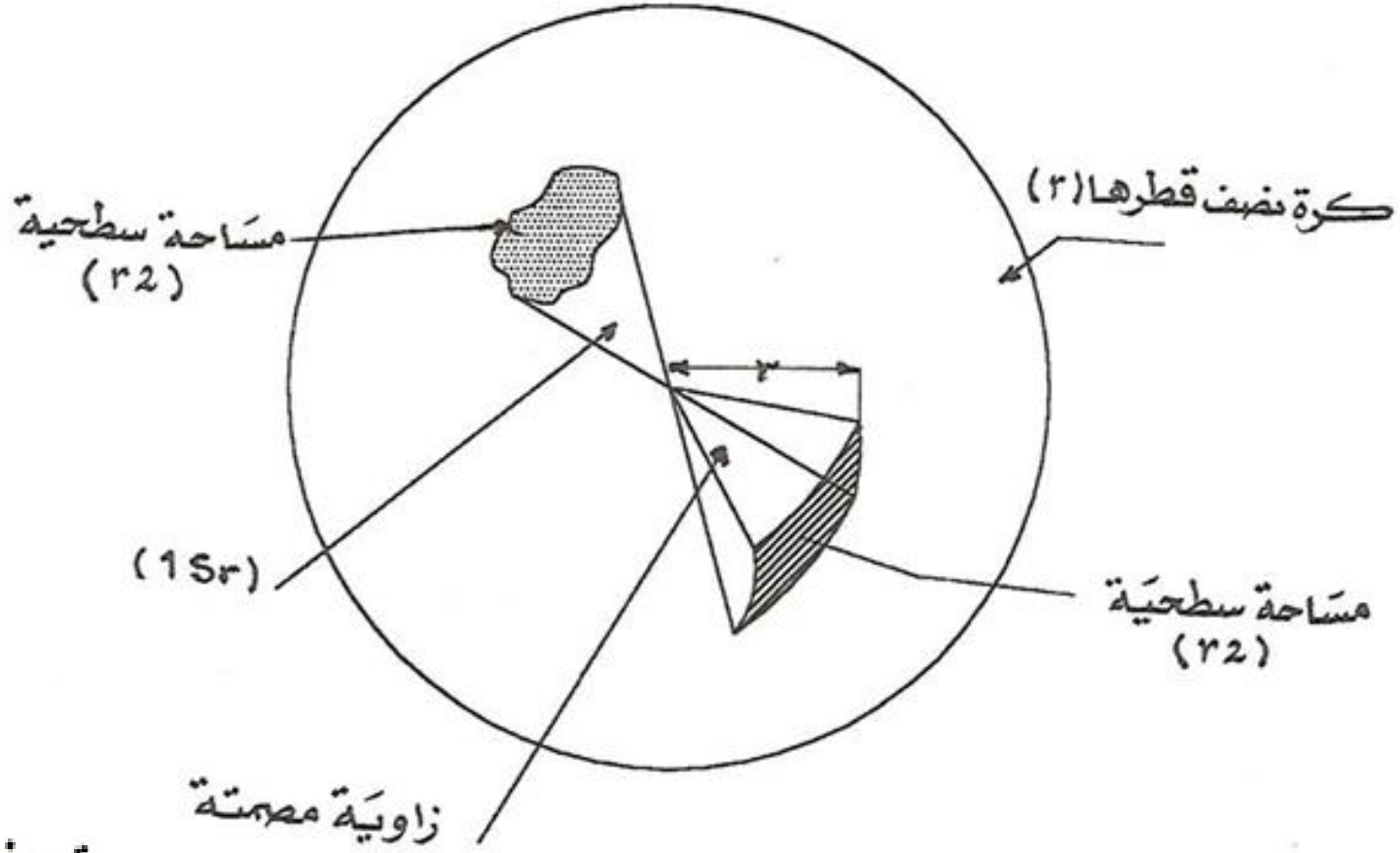
المصطلحات والوحدات

1- الزاوية المصممة Steradian

ويرمز لها بالرمز (**Sr**) وهي وحدة قياس الزوايا الثلاثية الأبعاد وتكافئ الزاوية المسطحة المعتادة. تعرف الزاوية المصممة الواحدة بأنها الزاوية المقابلة من مركز كرة نصف قطرها (r) بعنصر مساحة على سطح هذه الكرة قدره ((r^2، أي نفس نصف قطر الكرة. وبما أن مساحة سطح الكرة ذات نصف قطرها (r) تساوي ($4\pi r^2$)، فإن عدد الزوايا المصممة من مركز هذه الكرة يساوي

4π من الزوايا المصممة: أي $(4\pi r^2 / r^2 = 4\pi)$

الإضاءة الاصطناعية



تعريف الزاوية المصمتة

الإضاءة الاصطناعية

2-الشمعة / الكاندلاCandela

يرمز لها بالرمز**(cd)** ، وتعرف بأنها وحدة قياس الكثافة الضوئية في اتجاه ما. لمصدر يرسل إشعاعاً بتردد قدره 1012×540{12}^10 \times 1012540×540 هرتز Hz وحيث تكون كثافته الإشعاعية في هذا الاتجاه 1/6831/6831/683 واط لكل زاوية مصممة.

3-اللومنLumen

ويرمز له بالرمز**(Lm)** ، وهو وحدة سريان الضوء **luminous flux** والتي تعرف بالضوء المرسل من مصدر ما أو الضوء الذي يتم استقباله على سطح ما.

فإذا كان هناك مصدر ضوئي صغير ذو كثافة ضوئية منتظمة قدرها واحد كاندلا، فإن هذه المصدر يرسل ما حجمه 4π4π4π لومن في كل الاتجاهات أو واحد لومن في نطاق الزاوية المصممة الواحدة

يتم توضيح الضوء المرسل بواسطة اللومن، فمثلاً المصباح الفلوري ذو اللون الأبيض واط يبعث 2950 لومن حينما يكون جديداً.

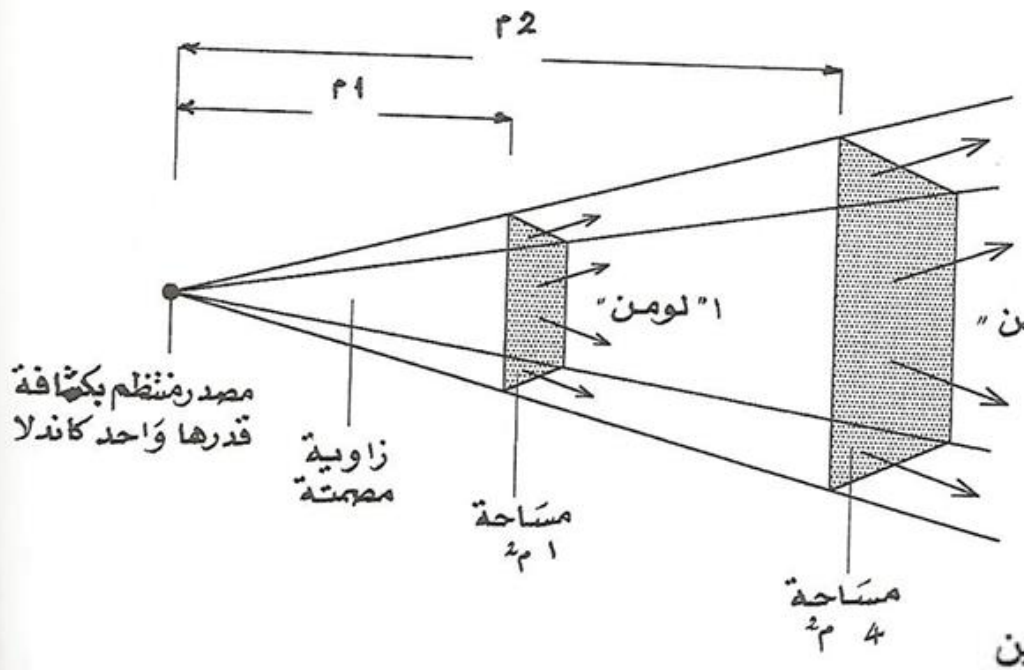
الإضاءة الاصطناعية

4-الإضاءةLuminance / Illuminance

يرمز لها بالرمز**(E)** ، وهي كثافة سريان الضوء الذي يتم استقباله على السطح، أي عدد اللومن على المتر المربع من السطح. وحدة الإضاءة هي **اللكس Lux** وتساوي 1 لومن/م2

5-النصوع Luminance

النصوع هو القياس المادي الطبيعي الذي يثيره سطح مضيء، منفذ للضوء أو عاكس الضوء ليعطي الإحساس بالإشراقية **Luminosity**أو الإنارة. وحدة النصوع هي الكاندلا على المتر المربع أو الكثافة في اتجاه ما مقسومة على وحدة مساحة السطح المرسل . ويمكن حساب النصوع لسطح عاكس في اتجاه معين بالمعادلة:



النصوع = (الإضاءة Lx × معامل النصوع B) / π

العلاقة بين الكاندلا (الشمعة) واللومن

الإضاءة الاصطناعية

6-معامل النصوعLuminance Factor

ويرمز له بالرمز **(B)** وهو النسبة بين نصوع أي سطح عاكس إلى نصوع السطح الأبيض الكامل الناشر للضوء بطريقة منتظمة، وذلك في حالة أن تتم إضاءة كلا السطحين بالتساوي.

وقد تم تعريف أنواع الأسطح العاكسة فيما سبق، وهي تتضمن أن سطح مرآوي أو سطح مختلط الخواص أي فيه متنشر ومنبسط وسطح متنشر، وربما أن هذه التعريفات تحدد النسبة بين مقدار الضوء المنعكس من على السطح إلى ذلك الساقط عليه، فإن نسبة النصوع يمكن أن تحسب بـ:

$$\text{النصوع} = (\text{الإضاءة} \times \text{معامل الانعكاس}) / \pi$$

والعلاقة بين معامل النصوع ومعامل الانعكاس بالنسبة للسطح المرآوي والسطح الكامل الانتشار (المطفي) حسب ما يلي:

أ - **السطح المرآوي :**معامل النصوع يمكن أن يكون أكبر أو أقل من معامل الانعكاس.

ب - **السطح الكامل الانتشار :**يساوي معامل النصوع ومعامل الانعكاس عددياً.

الإضاءة الاصطناعية

7- معامل الانعكاس Reflection Factor / Reflectance

معامل انعكاس السطح هو النسبة بين كمية الضوء المنعكس من على السطح إلى كمية الضوء الساقط عليه ويعبر عنه بالنسبة المئوية. وبالنسبة لحسابات الإضاءة الداخلية فإنه من المفترض أن يتساوى كل من معامل النصوع ومعامل الانعكاس. يرمز لمعامل الانعكاس بالرمز **P**

الإضاءة الاصطناعية

أنواع المصابيح

- يمكن تقسيم المصابيح من حيث إصدار الضوء إلى نوعين؛ مصابيح التوهج **Incandescence** ومصابيح التفريغ الكهربائي **Electrical Discharge**. ويعتمد النوع الأول على رفع درجة حرارة سلك يعرف بالفتيل **Filament** إلى درجة التوهج نتيجة مرور التيار الكهربائي فيه. ويصاحب هذا التوهج ضوء يقع في حدود الطيف المرئي. أما النوع الثاني، فيعتمد على تفريغ شحنة كهربائية بين قطبين خلال وسط غازي .
- أما المصابيح الشائعة الاستعمال فهي كثيرة؛ منها مصابيح التوهج (فتيل) والمصابيح الفلورية **Fluorescent** ومصابيح بخار الزئبق ومصابيح بخار الصوديوم. وباستثناء النوع الأول نجد أن بقية الأنواع تندرج ضمن مجموعة مصابيح التفريغ الكهربائي. وأصلح هذه الأنواع للاستعمال في المباني هي مصابيح التوهج والمصابيح الفلورية.

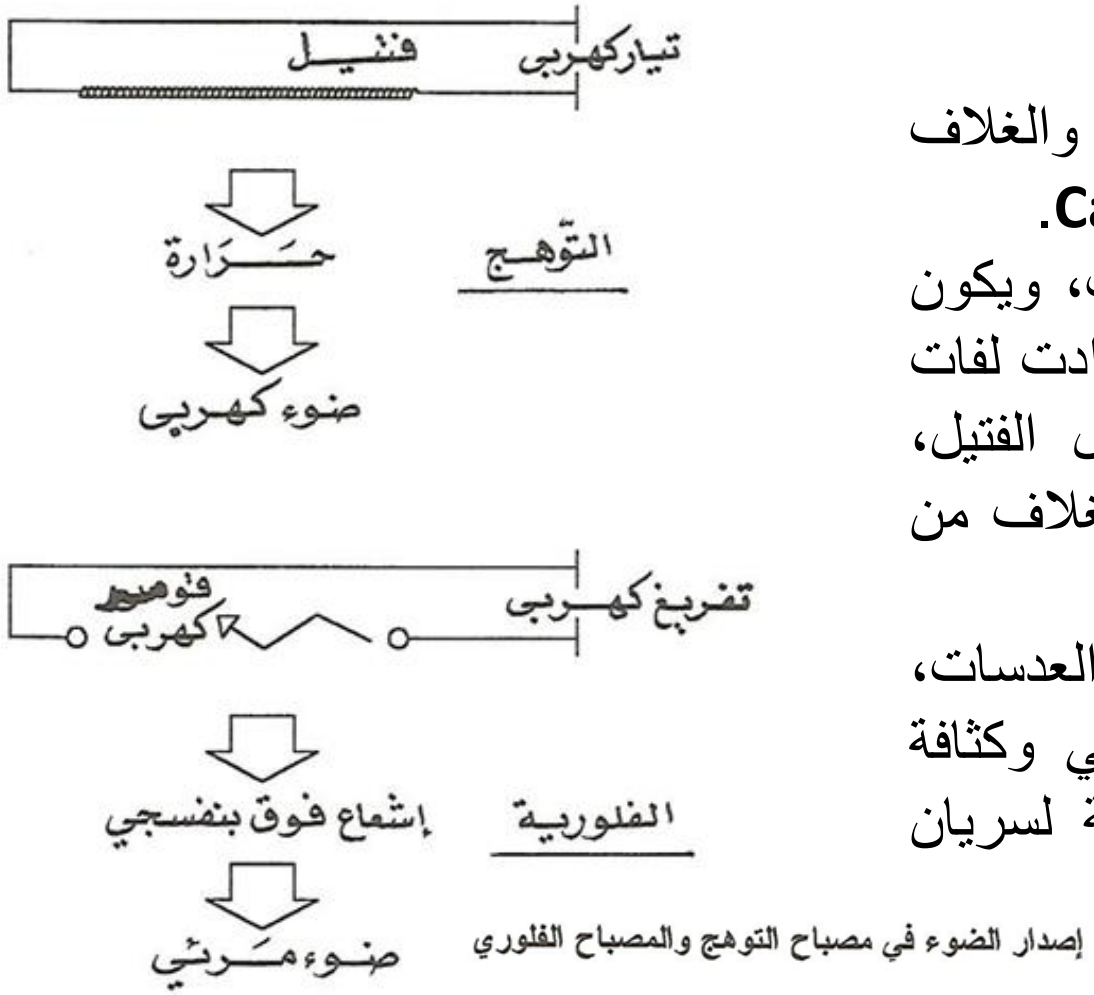
الإضاءة الاصطناعية

10- مصابيح التوهج

يتركب مصباح التوهج من ثلاثة أجزاء رئيسية هي الفتيل والغلاف أو البيصلة **Blub** الذي يشتمل على غاز خامل والقاعدة **Cap**.

يتكون الفتيل من سلك رفيع من معدن التنجستن المسحوب، ويكون إما مستقيماً أو على شكل ملف أو ملف مزدوج، وكلما ازدادت لفات الفتيل كلما قلت نسبة السطح المعرض للغاز إلى طول الفتيل، وبالتالي تقل الحرارة المفقودة بالحمل. كما يؤدي زيادة الغلاف من شأنها تقليل الحجم الظاهري للفتيل وبالتالي حجم الغلاف.

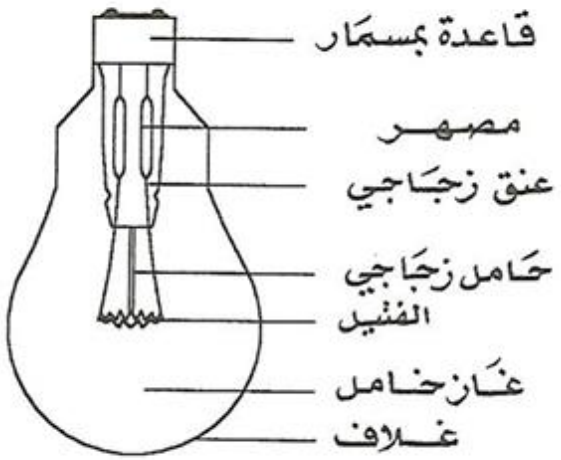
كما يساعد التحكم في حزمة الضوء بواسطة العواكس أو العدسات، وكلما كان هناك ممانعة صغيرة لسريان التيار الكهربائي وكثافة عالية، وذلك يحدث لمرور التيار الكهربائي فيه بمقاومة لسريان التيار حتى التوهج وتكون مصحوبة بانبعاث حراري.

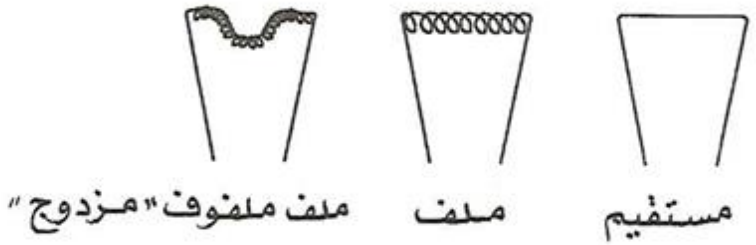


إصدار الضوء في مصباح التوهج والمصباح الفلوري

الإضاءة الاصطناعية

وبالرغم من أن الفتيل لا يصل إلى درجة الانصهار يقع في الطيف المرئي (الضوء) إلا أن معدل تبخر التنجستن عند درجة حرارة التوهج ينذر بانخفاض عمر المصباح. ويعطي المصباح ذو الملف المزدوج الذي قدرته 100 واط ناتجاً ضوئياً قدره 1260 لومن. أما المصباح 40 واط فيعطي ناتجاً ضوئياً قدره 390 لومن.





مصباح التوهج وأنواع الفتيل

الإضاءة الاصطناعية

11- المصابيح الفلورية (الفلوريسنت) واسمها الشائع "النيون"، وسنتناول هنا النوع المستعمل في الإضاءة الداخلية وتعرف بالمصباح ذي المهبط الساخن hot cathode.

- يتركب المصباح من أنبوب زجاجي مملوء بغاز خامل ومبلمر ببخار الزئبق تحت ضغط منخفض، ويوجد عند طرفي الأنبوب فتيلان يشكلان قطبي التفريغ
- عند تسخين الفتيلين وبوجود فرق جهد عالٍ بينهما، ينبعث قوس كهربائي **Electric Arc** خلال بخار الزئبق وينتج عن ذلك انبعاث إشعاع فوق بنفسجي بالإضافة إلى إشعاع مرئي بكمية ضئيلة.
- وعند سقوط الأشعة فوق البنفسجية على المادة الفسفورية المبطنة لجدار الأنبوب فإنها تتحول إلى أشعة مرئية. ويلاحظ أن زجاج الأنبوب يحجز الأشعة فوق البنفسجية ولا يسمح بمرورها، وبصفة عامة فإن القدر الذي ينبعث منها يقل كثيراً عن مثيله من أشعة الشمس.
- يحتاج المصباح الفلوري إلى أجهزة تحكم حتى يمكن تشغيله، تشمل هذه الأجهزة على **Starter** أو البادئ و**الملف الموازن Ballast** و**المكثف Condenser**

الإضاءة الاصطناعية

11- المصابيح الفلورية (الفلوريسنت) واسمها الشائع "النيون"، وسنتناول هنا النوع المستعمل في الإضاءة الداخلية وتعرف بالمصباح ذي المهبط الساخن hot cathode.

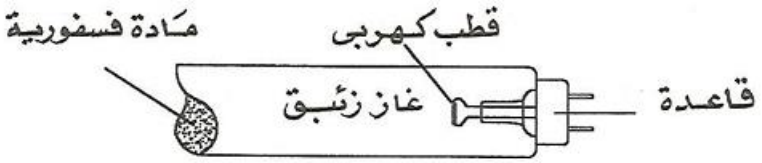
- يتركب المصباح من أنبوب زجاجي مملوء بغاز خامل ومبلمر ببخار الزئبق تحت ضغط منخفض، ويوجد عند طرفي الأنبوب فتيلان يشكلان قطبي التفريغ
- عند تسخين الفتيلين وبوجود فرق جهد عالٍ بينهما، ينبعث قوس كهربائي **Electric Arc** خلال بخار الزئبق وينتج عن ذلك انبعاث إشعاع فوق بنفسجي بالإضافة إلى إشعاع مرئي بكمية ضئيلة.
- وعند سقوط الأشعة فوق البنفسجية على المادة الفسفورية المبطنة لجدار الأنبوب فإنها تتحول إلى أشعة مرئية. ويلاحظ أن زجاج الأنبوب يحجز الأشعة فوق البنفسجية ولا يسمح بمرورها، وبصفة عامة فإن القدر الذي ينبعث منها يقل كثيراً عن مثيله من أشعة الشمس.
- يحتاج المصباح الفلوري إلى أجهزة تحكم حتى يمكن تشغيله، تشمل هذه الأجهزة على **Starter** أو البادئ و**الملف الموازن Ballast** و**المكثف Condenser**

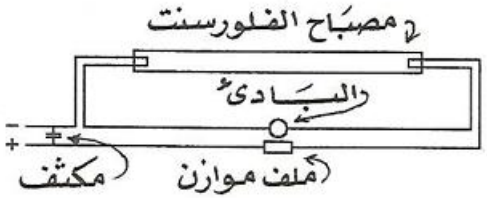
الإضاءة الاصطناعية

أ - المباشر مهمته إغلاق الدائرة الكهربائية لقطبي الأنبوب لمدة محدودة يتم خلالها تسخين القطبين حتى يبدأ قذف الأيونات التي تسهل عملية مرور التيار بين القطبين بعد انتهاء عمل المباشر.

ب - الملف الموازن مهمته التحكم في شدة التيار لمنع زيادته عن الحد الأقصى الذي صمم المصباح على أساسه، وكذلك تنظيم فرق الجهد عند بدء التشغيل.

ج - المكثف، ويستعمل في حالة تعدد المصابيح المستعملة وذلك لتحسين معامل القدرة.





المصباح الفلوري ودائرته الكهربية

الإضاءة الاصطناعية

12- المصابيح وإظهار الألوان

- إن لون الضوء الناتج عن مصابيح التوهج يتوقف على درجة حرارة التوهج، ولذا فإن زيادة درجة حرارة الفتيل يترتب عليها زيادة درجة حرارة اللون **Colour temperature** وبالتالي تزداد نسبة اللون الأزرق إلى الألوان الصفراء والحمراء.
- ونظراً لاحتواء الطيف الناتج عن مصابيح التوهج على جميع الألوان (وإن اختلفت نسبة تواجدها)، فإن هذه المصابيح تتميز بإظهار سلم الألوان.
- يتوقف لون الضوء المنبعث من المصباح الفلوري على تركيب المادة الفسفورية المستعملة والذي يخضع لرغبة الصانع. ولأن هذه المادة تستعمل لتحويل الأشعة فوق البنفسجية إلى أشعة ضوئية، فإن كفاءة هذا التحويل تتناقص كلما اتجهنا نحو النهاية الحمراء للطيف، بينما تبلغ حساسية العين أقصاها عند اللون الأصفر المخضر، ولذلك نجد أن أكثر المصابيح كفاءة هي تلك التي تبث ضوءاً يميل إلى الأخضر. وهكذا ينتج تعارض بين متطلبات الكفاءة، ومتطلبات إظهار السلم للألوان.
- ولذا يوجد العديد من الاختبارات أمام المصمم لترجيح كفة الكفاءة أو كفة إظهار الألوان، وتشمل هذه الاختبارات في وجود ثلاث مجموعات أساسية من المصابيح الفلورية هي: مصابيح عالية الكفاءة **High Efficacy** ومصابيح طبيعية **Normal** ومصابيح ممتازة **Deluxe**.

المصادر

- الإضاءة والصوتيات – د. سعود صادق حسن

شكرا لكم