حكايات علمية

٢٤

الإضاءة الداخلية والخارجية

دكتور مهندس/ سمير محمود والى

obeikandl.com

دار المعارف

رقم الإيداع ٢٠٠١/١٩٣٧
الترقيم الدولي ISBN 977-02-6104-1

٧/٢٠٠٠/٥٢

طبع بمطابع دار المعارف (ج.م.ع.)

obeikandl.com

obeikandl.com

تم تنفيذ المتن والغلاف بالمركز الإلكتروني بدار المعارف

الناشر: دار الم عارف – ١١١٩ كورنيش النيل – القاهرة: ج.م.ع.

إعداد الماكيت: أمانى والى

١ – السفر إلي الخارج

كانت فرحة محمد وأخته أماني وكذا ابن خالتهم مصطفي لا توصف، فهذه هي المرة الأولي في حياتهم التي يسمح لهم أباؤهم بالسفر إلي خارج البلاد ضمن رحلة سياحية تابعة لأحدى شركات السياحة، فقد اعتبر محمد محمد أن هذه الموافقة تعني اعترافاً ضمنياً من والده أنه أصبح رجلاً يمكنه الاعتماد على نفسه بل ويجعله مسئولاً عن أخته أماني وكذا يبلغ الثامنة عشرة من عمره إلا أنه كان يشعر في داخله أنه رجل يستطيع أن يفعل كل ما يفعله الكبار لذا كانت سعادته غامرة حين أعلنت المذيعة في الإذاعة الداخلية لمطار القاهرة الدولي بصوت رقيق أنه على السادة ركاب طائرة مصر للطيران التوجه إلي صالة السفر رقم (٦) فقال محمد لأخنه: أسمعت يا أماني ماذا تقول المذيعة إنها تعترف هي الأخرى بأننا أصبحنا سادة ولسنا أطفالاً أو حتى ناشئة ضحك مصطفي قائلاً: إن المذيعة لم ترك يا محمد وإلا كانت غيرت رأيها، أحتد عليه محمد وهو يقول: هكذا أنت يا مصطفي لا تقر ولا تعترف برجولتي المبكرة وسوف أريك أني جدير بهذا اللقب، قاطعتهم أماني قائلة: دعكم من هذا الجدل وهيا بنا إلي صالة السفر رقم(٦) قبل أن تفوتنا الطائرة. لم تمض على هذه المناقشة سوى نصف ساعة حتى كان محمد وأماني ومصطفي يجلسون على مقاعدهم في طائرة مصر للطيران وقد وصلت الطائرة إلي ارتفاع حوالى ٣٠ ألف قدم فوق سطح الأرض والمضيفة الجوية تبتسم لهم قائلة: هل تودون أن أحضر لكم طعام العشاء الآن؟ أجاب الجميع في صوت واحد: نعم، أضافت المضيفة قائلة: يوجد بجواركم مقعد خال هل تمانعون أن ينتقل إليه أحد الركاب فهناك راكب يشكي من أن جارته في المقعد سيدة مريضة ربما كان مرضها معدياً وهو يخشي على نفسه من العدوى، رد محمد: نحن لا مانع لدينا، قالت المضيفة شكراً لكم وسأحضر لكم طعام العشاء حالاً، علقت أماني على هذا الحديث قائلة: كان يجب عليك يا محمد أن تسألنا عن رأينا في حضور الراكب بجوارنا قبل أن تسمح له بالحضور، رد محمد بسرعة: لا تنسي أنني رجل الرحلة ومسئول عنكم لذا اتخذت هذا القرار بالنيابة عنكم، قال مصطفي: إننا لم ننتخبك لتكون مسئولاً عنا، أجاب محمد: إنني لست في حاجة لهذا الانتخاب فأنا أكبركم سناً، همت أماني قائلة: أنت لست ديمقراطياً، أوشك محمد أن يرد عليها لولا سماعهم لصوت يقول مساء الخير أيها الأصدقاء، نظر الجميع نحوه فإذا هو

الراكب الذى أخبرتهم عنه المضيفة، سكت الجميع بهة ثم ردوا جميعاً في صوت واحد: مساء النور. جلس الراكب الجديد بجوار محمد وقدم نفسه لهم قائلاً: أنا المهندس شريف أعمل في أحد المكاتب الاستشارية المتخصصة في الإضاءة ومسافر إلي أوروبا للاطلاع على أحد (التكنولوجيات) والنظم الخاصة بالإضاءة الخارجية والداخلية، قال مصطفي في تعجب: الإضاءة لها نظم (وتكنولوجيات) كيف ذلك؟! رد المهندس شريف قائلاً: بالطبع يا عزيزتي، ولكن ما هي أسماؤكم؟ عرف كل منهم المهندس شريف باسمه وقالوا: نحن أيضاً في رحلة سياحية إلي أوروبا، أضاف المهندس شريف: أنا سعدت بمقابلتكم ويسعدني – إن سمح وقتكم– أن أطالعكم على نظم الإضاءة (وتكنولوجياتها) أجاب الجميع: بكل سرور يسعدنا ذلك وسوف ننسق مع مشرف رحلتنا إمكانية أن ننفصل عن الوفد السياحي طوال مدة الرحلة ثم ننضم إليهم عند العودة، ولكن هل يمكنك أن تخبرنا شيئاً عن الإضاءة عامة؟

أجاب المهندس شريف: طبعاً فكما تعلمون أن التصميم السليم في الشوارع والميادين وكذا في المصانع وأماكن العمل عامة له أثره الواضح في سلامة المرور وفى عمليات الإنتاج وكفاءة العمل وأمان العاملين والآلات، هذا بالإضافة إلي الراحة النفسية والشعور الداخلي بالبهجة والارتياح وحب مكان العمل أو الطرقات والشوارع، وقد أثبتت الدراسات أن سوء الحالة الضوئية في أماكن العمل مثلا يحالو العمال تعويضها عن طريق مزيد من الجهد والتدقيق الذى ما يلبث بطول الوقت أن يتحول إلي شعور بالإجهاد والملل ينتج عنه أخطاء في العمل أو زيادة فترات الراحة.

وقد أدركت الدول المتقدمة أهمية الحاجة إلي مستوى جيد من الإضاءة حسب نوع العمل المطلوب وكذلك الظروف المحيطة به، ويقصد بكلمة (مستوى جيد) تحقيق إضاءة بمستوى مناسب وبكمية كافية.

ودراسة الإضاءة عامة تستوجب معرفة ثلاث موضوعات رئيسية هي:

١- طبيعة الضوء والكميات الظواهر الضوئية.

٢- خواص وأداء مختلف أنواع المصابيح الكهربية.

٣- التصميم الجيد لنظم الإضاءة والاعتبارات الخاصة بالتصميم.

ويمكنني توضيح كل موضوع من هذه المواضيع لكم كالتالي:

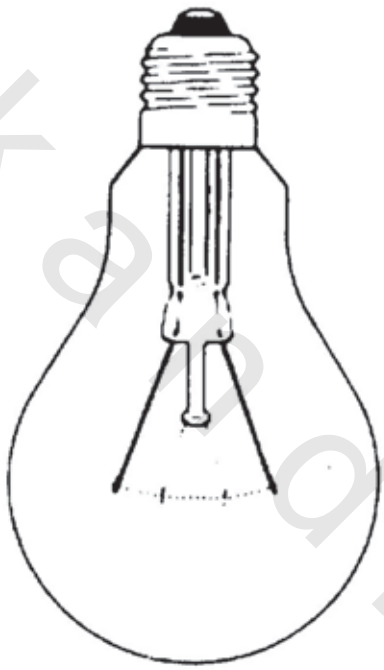
طبيعة الضوء والكميات والظواهر الضوئية:

الضوء هو صورة من صور الطاقة الإشعاعية الموجودة في مجال الطيف الكهرومغناطيسي والتي تسبب إحساساً بالرؤية، ويتراوح طول موجة الضوء المرئي بين ٣٨٠ إلي ٧٨٠ نانومتر (النانومتر هو ١٠ $^{-٩}$ من المتر) ويحتوى ضوء النهار الأبيض على مجموعة من الألوان مختلطة مع بعضها بنسب معينة، وكل لون له طول موجي معين فاللون البنفسجي له أقصر طول موجي يليه الأزرق فالأخضر فالأصفر فالبرتقالي ثم الأحمر، وبين هذه الألوان توجد ثلاثة ألوان أولية لا يمكن الحصول عليها بخلط لونين أو اكثر وهذه الألوان الأولية هي الأحمر – الأخضر – البنفسجي – وتقاس كمية الضوء بكمية تعرف باسم (الفيض الضوئي) وهي عبارة عن كمية الضوء الصادرة من مصدر الضوء في الثانية الواحدة. وكمية الفيض الضوئي تقاس بوحدة تسمي (اللومن) (Lumen) أما شدة الإضاءة فهي كمية الفيض الضوئي مقدراً باللومن الساقطة عمودياً على وحدة المساحات من هذا السطح أى أن شدة الإضاءة هي كمية الفيض الضوئي مقسومة على مساحة السطح، ووحدة شدة الإضاءة هي (اللوكس) (Lux).

والمصابيح الكهربية لا تقوم عادة بإلقاء الضوء الصادر منها بصورة متساوية في جميع الاتجاهات. فالمصباح المعتاد الذى يسمي المصباح المتوهج (أو مصباح الفتيل) الموضح في

obeikandl.com

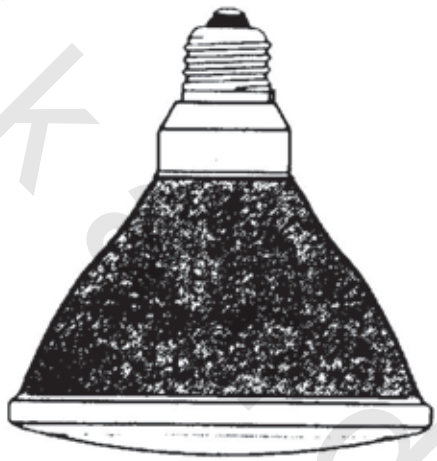
(شكل ١) إذا علق في السقف فإنه يلقي بمعظم الضوء الصادر منه إلي أسفل بينما يترك السقف معتماً وهكذا كل المصابيح، لذا يتطلب التصميم السليم للإضاءة معرفة



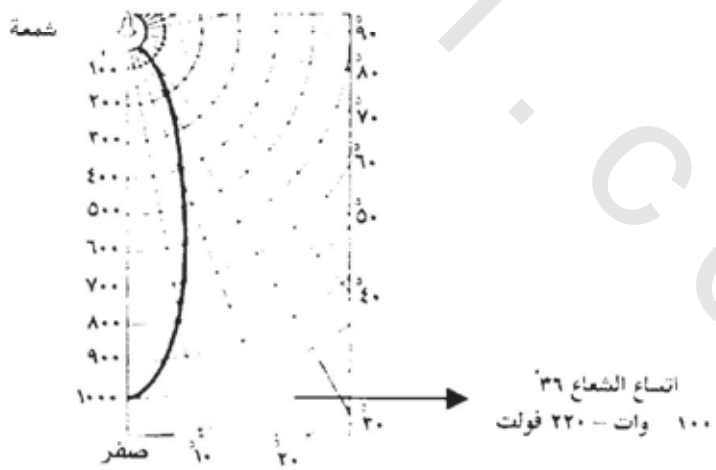
(شكل ١) المصباحُ المتوهجُ أو مصباحُ الفتيل.

opeikanal.com

الطريقة التي يلقي بها المصباح الضوء في جميع الاتجاهات، والطريقة الوحيدة لذلك هو الحصول على رسم منحني توزيع شدة الاستضاءة لهذا المصباح، ويوضح (شكل٢) أحد المصابيح التي تعمل بتفريغ الشرارة وتسمي المصابيح العاكسة ذات الشعاع الضيق Spot



(شكل ٢) أ. مصباح عاكس ذو شعاع ضيق Spot .



(شكل ٢) ب. منحنى توزيع شدة الاستضاءة للمصباح الموضح في (شكل ٢ - أ).

وأيضاً منحني توزيع شدة الإستضاءة للنصف الأيمن من المصباح وبالطبع فإن النصف الأيسر يشابه تماماً للنصف الأيمن من المنحني، وهذا المنحني يمثل المحور الرأسي الأيمن وكذا المحور الأفقي الزاوية التي يتم قياس شدة الاستضاءة عندها حيث تكون النقطة الرأسية تحت المصباح مباشرة معادلة لزاوية صفر أما النقطة الأفقية المجاورة للمصباح فتمثل الزاوية ٩٠ درجة وهذا النوع من المصابيح يكون مناسباً لإضاءة- مثلا- ممر ضيق بين حائطين أو ممر لمخزن فيه البضائع مكدسة على الجانبين.

والضوء ينتشر في خطوط مستقيمة وعندما يعترضه وسط ما تحدث له واحدة أو أكثر من الظواهر الثلاث التالية:

١- الامتصاص:

حيث يمتص الجسم جزءاً من الطاقة الضوئية الساقطة عليه تتحول داخلة إلي طاقة حرارية ومعامل الامتصاص هو النسبة بين كمية الضوء الممتص وكمية الضوء الساقط عليه، وتصل هذه النسبة غلي ٥% في الزجاج وقد تصل إلي ٩٠% في البلاستيك.

٢- الانعكاس:

ويحدث الانعكاس عند سقوط الضوء على سطح معتم حيث يرتد جزء من الضوء الساقط. ومعامل الانعكاس هو النسبة بين كمية الضوء المنعكس وكمية الضوء الساقط. والانعكاس يمكن أن يحدث بثلاث طرق محتلفة:

- انعكاس منتظم: كما يحدث في المرايا والمعادن المصقولة.
- انعكاس مبنسط: كما يحدث في الزجاج (المصنفر) والأسطح غير المصقولة.

- انعكاس انتشارى" كما يحدث في زجاج (الأوبال) و (البورسلين) وطلاء الأسقف والحوائط.

٣- الانكسار:

ويحدث الانكسار عند سقوط الضوء على جسم شفاف أو شبه شفاف حيث ينفذ جزء من الضوء خلال الجسم. ومعامل النافذية: هو النسبة بين الضوء النافذ والضوء الساقط، ويحدث الانكسار بنفس الطرق الثلاث المذكورة في الامتصاص وهي المنتظم، المنبسط ثم الانتشارى.

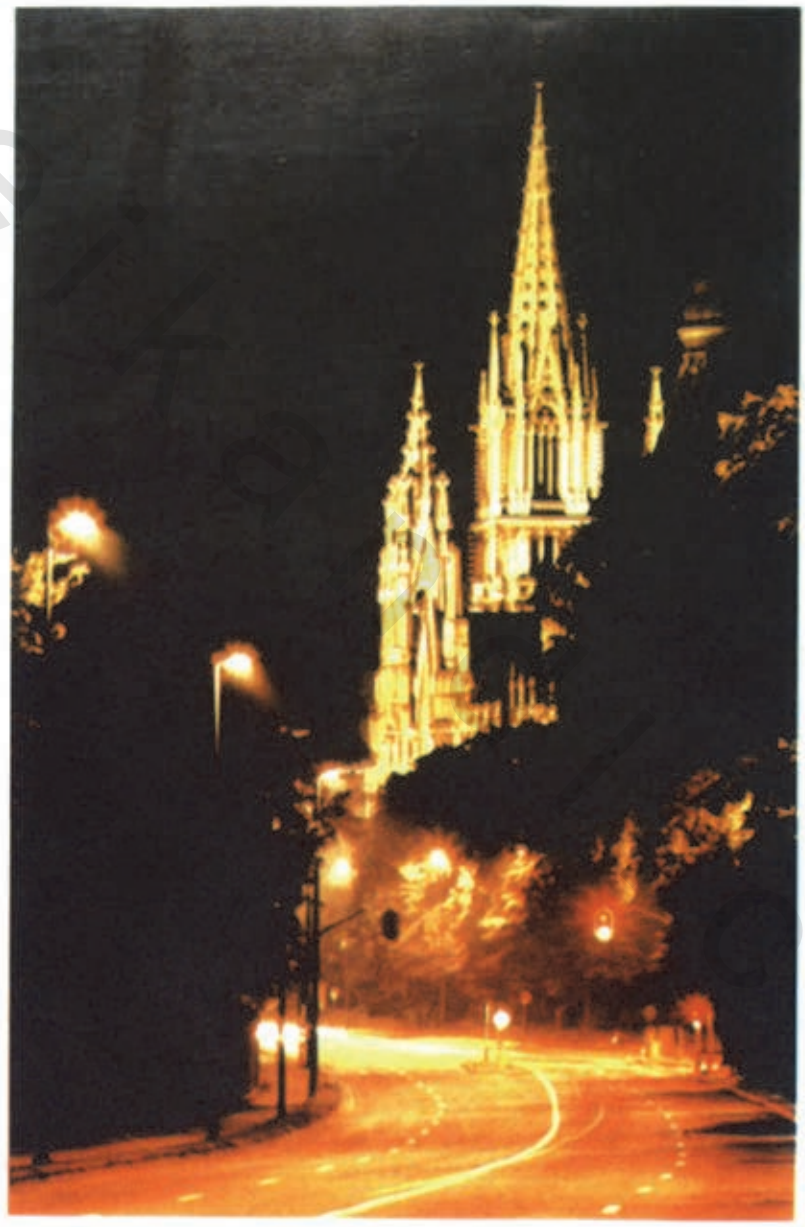
وفي هذه اللحظة وجه قائد الطائرة نظر الركاب إلي أنهم بصدد الهبوط في مطار المدينة الأوربية.

نظر الجميع من شباك الطائرة فوجدوا المدينة تتلالأ بالأضواء، ويتضح ذلك في (شكل٣) فصاحوا مبهورين: ما هذا الجمال؟! أجاب المهندس شريف: هذا جزء من إتقان الإضاءة الخارجية، وقطع عليهم قائد الطائرة حديثهم ليطلب منهم ربط الأحزمة لأنهم سيهبطون بعد دقائق في المطار.

وما هي إلا دقائق حتى كانوا جميعاً يستقلون سيارة أجرة متجهين إلي الفندق، وفي الطريق صاح محمد منبهراً، ما هذا الجمال؟! فنظر الجميع فإذا مبني جميل للغاية زاد من جمالة روعة تصميم إضاءته الخارجية كما يتضح في شكل (٤) رد عليه المهندس شريف: هذا مثل آخر لجمال وروعة الإضاءة الخارجية، لا تتعجل يا محمد فأنا الأن مرهق وغداً نستأنف حيدثنا عن الإضاءة الخارجية.

صاح الجميع: نحن في شوق إلي الغد..

(شكل ٣) نظر الجميع من شباك الطائرة فوجدوا المدينة تتلألأ بالأضواء.



(شكل ٤) مبنى جميل للغاية زاد من جماله روعة تصميم إضاءته الخارجية.

٢- الإضاءة الخارجية

في الصباح استيقظ الجميع من نومهم وتناولوا طعام الإفطار وجلسوا في بهو الفندق يحتسون أكواب الشاي وهم يتجاذبون أطراف الحديث حيث بدأ المهندس شريف حديثه قائلاً: قبل أن أحدثكم عن نظم الإضاءة الخارجية هناك بعض التعريفات الضوئية التي يجب علينا معرفتها حتي يمكننا فهم أسباب الجمال والروعة في الإضاءة الخارجية، وهذه التعريفات هي:

١- النصوع:

وهي حالة الجسم المضاء التي تمكنه من أن يرى عن طريق الضوء الخارج منه والداخل إلي العين وهو يساوى كثافة الفيض الضوئي الصادر من المصدر الضوئي أو المنعكس من الجسم المضاء. ويجب ملاحظة أن هناك فرقاً بين شدة الإضاءة وبين النصوع، وهو أن شدة الإضاءة هي كثافة الفيض الساقط على الجسم المضاء، أما النصوع فهو كثافة الفيض النابع من الجسم سواء أكان ذلك عن طريق انعكاس أو نفاذ الضوء الساقط عليه أو كان ذلك لأن الجسم نفسه يعتبر مصدراً للضوء. من ذلك نفهم أن النصوع- وليست شدة الإضاءة – هو السبب في الرؤية فعلي سبيل المثال فإن الجسم الأسود اللون يكون نصوعه صفرا حيث لا ترى العين شيئاً منه مهما كان مقدرا الفيض الضوئي الساقط عليه (بمعني أن شدة الإضاءة عليه لا تساوى صفر بسبب سقوط الضوء عليه). ويتم قياس النصوع بوحدة تسمي (اللامبرت) (Lambert) ولها نفس أبعاد اللوكس (لومن ÷ مساحة).

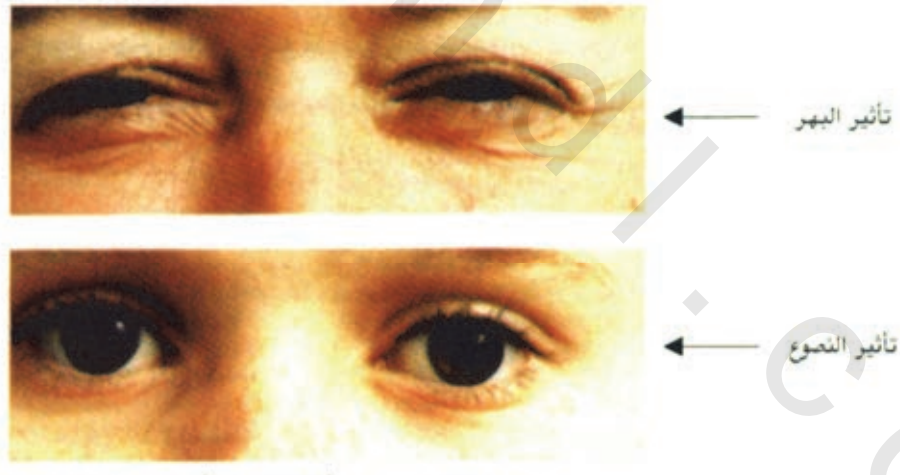
وفي الإضاءة الخارجية يتجلي معني النصوع في كبارى لندن وفي بوابة النصر بباريس ليلاً، وهذا ما يتضح في (شكل ٥) و (شكل ٦) وإذا كانت هذه الأمثلة تعطي لمحة جمالية لكبارى لندن وبوابة نصر باريس فإن النصوع يصبح أمراً أسياسياً وحيوياً للطرق السريعة حيث إن نصوع الإضاءة بها- كما هو واضح في (شكل٧) أمر لازم لتفادى الحوادث للسيارات ولأماكن قائدى وركاب المركبات السريعة.

(شكل ٦) بوابة النصر فى باريس ليلا مثل من أمثلة جودة النعوع

(شكل ٧) النعوع أمر حيوى فى الطرق السريعة لتفادى الحوادث وأمان قائدى وركاب المركبات السريعة.

٢- البهر Glare:

البهر هو أى نصوع يسبب المضايقة أو الإزعاج أو تداخل الرؤية أو التعب للعين، ويوضح شكل (٨) الفرق بين تأثير النصوع وبين تأثير البهر، والمصدر الضوئي إذا تعدى نصوعه ١.٥ لامبرت فإنه يسبب بهرا، والبهر يمكن أن يحدث عن طريق الأسطح الامعة العاكسة وهي في هذه الحالة يسمي بهراً منعكساً أو بهرا غير مباشر، ويمكن أن يحدث من مصدر الضوء مباشرة وفي هذه الحالة يسمي بهراً مباشرا، ويمكن أن يحدث البهر أيضاً نتيجة للتابين الشديد في مستوى النصوع، فضوء مصباح كشاف السيارة العالي يسبب بهرا شديداً للعين عند النظر إليه في الظلام وذلك بسبب التابين الشديد بين نصوعه ونصوع الوسط المحيط به (ظلام تام) ولكن هذا الضوء نفسه لا يسبب أى بهر أو مضايقة للعين في ضوء النهار العادى لانعدام التباين بينه وبين الوسط المحيط به.



(شكل ٨) الفرق بين تأثير النصوع وتأثير البهر.

وتعتبر مشكلة البهر من المشاكل الصعبة والدقيقة في خطوات تصميم المنظومة الضوئية ولا سيما ذلك البهر الذى يأتي عن طريق التباين الشديد.

٢- الألوان والخواص اللونية للمصابيح:

لكي يمكن معرفة اللون الحقيقي لأى جسم يجب أن ننظر إليه وهو معرض لضوء النهار الأبيض، ولكي يكون أى مصباح قادراً على إظهار جميع الألوان بلونها الحقيقي، فإن الطيف الضوئي الصادر منه يجب أن يحتوى على الألوان الثلاثة الأولية (الأحمر والأخضر والبنفسجي) بنفس نسبة تواجدها في ضوء النهار الأبيض ولكن المصابيح تختلف اختلافاً كبيراً بينها في التحليل الطيفي للألوان الصادرة منها- وتقاس قدرة المصباح على إظهار أكبر عدد من الألوان بلونها الحقيقي برقم يعرف باسم (الدليل العام للأمانة اللونية) – فإذا كان ضوء المصباح مطابقاً تماماً لضوء النهار من حيث أمانة نقل جميع الألوان فإن هذا الرقم يساوى ١٠٠ وتقل هذه القيمة كلما قلت قدرة المصباح على نقل الألوان بأمانة.

وأضاف المهندس شريف قائلاً: إن أى مصباح لا يتمكن من إظهار لون معين إلا إذا كان طيفه الضوئي يحتوى على هذا اللون، فمثلاً لو أضأنا حجرة مظلمة بمصباح أحمر (لون أولى) فإن الجسم الأخضر (لون أولي) لن يظهر في هذه الحجرة ولكنه سيظهر باللون الأسود.

لذا فإنه عادة يتم وصف مظهر اللون الصادر من المصباح بأحد ثلاثة تعبيرات:

(أ) لون بارد Cool:

وهو اللون الذى يغلب عليه- في تحليله الطيفي – الألوان القريبة من الأزرق في الطيف الضوئي (مثل البنفسجي والأزرق والأخضر).

(ب) لون متوسط Intermediate:

وهو اللون الذى يغلب عليه– في تحليله الطيفي ٠ الألوان المتوسطة (مثل الأخضر والأصفر).

(حـ) لون دافيء Warm:

وهو اللون الذى يغلب عليه – في تحليله الطيفي – الألوان القريبة من اللون الأحمر (مثل الأخضر والبرتقالي والأصفر).

٤– الكفاءة الضوئية:

الكفاءة الضوئية للمصباح الكهربائي هي مقدار الفيض الضوئي مقدراً باللومن الصادر من المصباح مقابل كل وات من الطاقة الكهربية التي يستهلكها المصباح، وتتراوح هذه الكافءة من حوالي ١٤ – ٢٢ لومن للوات اللمصابيح المتوهجة حختي ١٨٣ لومن للوات في مصباح الصوديوم ذات الضغط المنخفض.

وهنا قاطع مصطفي– كالعادة– المهندس شريف قائلاً: مصابيح الصوديوم ذات الضغط المنخفض؟! نحن لا نعلم عنها شيئاً فأنت يا مهندس شريف لم تخبرنا باى نوه من المصابيح سوى المصابيح المتوهجة.

رد المهندس شريف قائلاً: معلك حق يا مصطفي، دعنا نستعرض كافة أنواع المصابيح من حيث تصنيفها كالتالي:

١– المصابيح المتوهجة: وقد ذكرنا نبذة عنها من قبل.

٢– مصابيح الفلورسنت: وهي غالباً ما تستخدم في الإضاءة الداخلية التي سنتحدث عنها فيما بعد.

opelkanal.com

٣- مصابيح التفريغ عالية الكثافة: وتعتمد الإضاءة الخارجة على مصابيح التفريغ عالية الكثافة وهي أنواع كثيرة وذات خواص متعددة.

سال محمد: لماذا لا تذكر لنا هذه الأنواع لنعرف أى نوه منها رأيناه يحدث هذا الإبداع الضوئي؟ أجاب المهندس شريف: حسناً هذه المصابيح كالتالي:

مصابيح التفريغ عالية الكثافة:

يوجد من هذا النوع الأصناف التالية:

١- مصباح الزئبق عالي الضغط:

وهو مصباح يعطي ضوءاً أبيض يتراوح دليل الأمانة من ١٥ إلي ٥٢ ويتكون من أبنوبة تفريغ من زجاج (الكوارتز) تحتوى على (الزئبق) وعاز (الأرجوان) الخامل، ويعمل هذا المصباح عن طريق قوس (شرارة) كهربائية بداخلة ينتج عنه طاقة إشعاعية في مجال الطيف المرئي بينما يشع جزء آخر في منطقة الأشعة فوق البنفسجية ولهذا السبب توضع أبنوبة التفريغ داخل بصيلة خارجية يتم طلاء جدارها الداخلي بمسحوق فلورى (أى من عنصر الفلور) يعمل على تحويل الأشعة فوق البنفسجية إلي أشعة في مجال الضوء المرئي. ويصل عمر المصباح إلي حوالي ٢٠ ألف ساعة تنخفض بعدها كمية الضوء الناتج من المصباح إلي النصف تقريباً وعندئذ يفضل استبداله لأن تشغيله بعد ذلك يصبح غير اقتصادى وتتراوح كفاءة هذا المصباح من ٤٠ إلي ٦٠ لومن للوات، ويحتاج هذا المصباح في عمله إلي أجهزة مساعدة مثل المكثف و (الكابح) (الملف) وخلافه. ويستخدم هذا المصباح في الإنارة الخارجية الغامرة Flood Lighting وذلك لإنارة الميادين والملاعب وواجهات المباني وخلافه.

٢- مصباح الهاليد المعدني:

وهو مصباح زئبقي عالي الضغط يحتوى على هاليد معدني (عادة يكون عنصر اليود) داخل أنبوبة التفريغ بالإضافى إلي بخار الزئبق، وذلك يؤدى إلي رفع الكفاءة الضوئية وأمانة نقل الألوان، ويصل العمر الافتراضي لهذا المصباح إلي حوالي ٧٠٠٠ ساعة وتتراوح كفاءته الضوئية ما بين ٧٠ إلي ١٠٠ لومن للوات، ويصل دليل أمانة نقل الألوان ما بين ٧٠ إلي ٩٢ وهو دليل عالي القيمة. وهذا المصباح يعطي ضوءاً أبيض شاهقاً ويستخدم في إنارة ملاعب الكرة وواجهات المباني وفي إنارة المساحات الكبيرة كصالات الألعاب والمعارض،ويحتاج هذا المصباح إلي زمن لبدء عمله يتراوح بين ٥ إلي ٦ دقائق.

٣- مصباح الضوء المؤلف

مصباح الضوء المؤلف هو في الاساس مصباح زئبق عالي الضغط إلا أنه يختلف عنه فيما يلي:

- لا يستخدم هذا المصباح (كابح) أى (الملف) وإنما يستخدم مقاومة منه سلك ملفوف من (التنجستين) يحيط بأنبوبة التفريغ الداخلية بدلاً منه.
- تقوم مقاومته (التنجستين) بالتوهج عند مرور التيار بها وينتج عن ذلك ضوء متوهج يغلب عليه اللون الأحمر ويصبح الضوء الناتج من المصباح مؤلفاً أو خليطاً من ضوء القوس الكهربائي أبيض اللون وضوء الفتيل الذى يحتوى على كفاءته الضوئية بين ١١ غلي ٢٦ لومن للوات ويصل دليل أمانة نقل الألوان إلي ٧٢ ويحتاج إلي ٣ دقائق لبدء علمه.

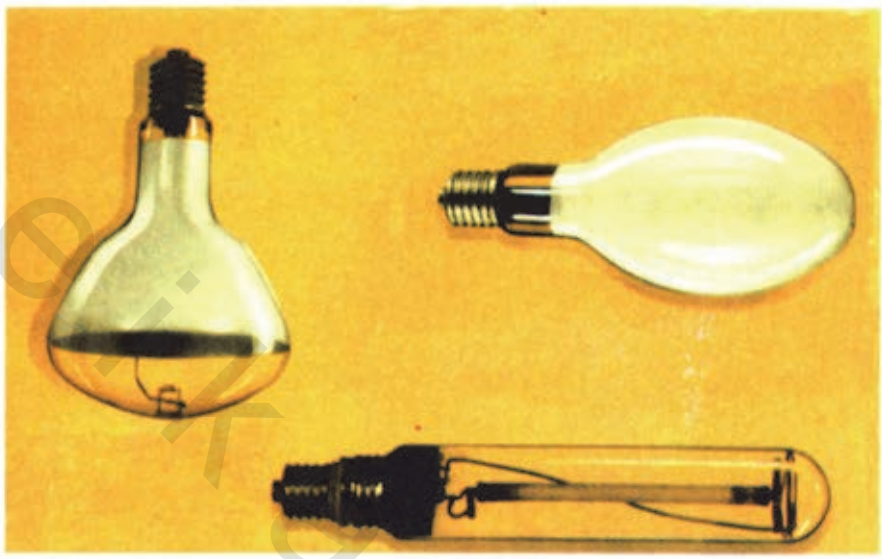
٤- مصباح الصوديوم عالي الضغط:

يعتبر هذا النوع من أكثر المصابيح انتشاراً في الإضاءة الخارجية نظراً لرخص ثمنه ولأن الضوء الصادر منه أصفر اللون مما يكون له الأثر الجيد في وضوح الرؤية ولا سيما في

الجو الترابي وفي الضباب، ويوضح (شكل٩) الضوء الصادر من هذا النوع من المصابيح لإنارة أحد الشوارع، وهذا النوع من المصابيح له عدة أشكال موضحة في (شكل ١٠) أما (شكل ١١) فيوضح التفاصيل الداخلية من خلال مقطع طولي لكل نوع من هذه الأنواع. ومن خلال هذا المقطع يتضح أن مصباح الصوديوم عالي الضغط يشبه في مكوناته الأساسية وأيضاً في فكرة تشغيله مصباح الزئبق عالي الضغط إلا أنه يختلف عنه في لون الضوء الصادر عنه. وسقل عمر المصباح إلي حوالي ٢٤ ألف ساعة تشغيل وتتراوح كفاءته الضوئية بين ٣٧ إي ١٢٠ لومن لكل وات تبعاً لضغط بخار الصوديوم داخل أنبوبة التفريغ أثناء التشغيل، ويصل دليل نقل الألوان رقما يتراوح بين ٢٣ إلي ٨٥ ويحتاج هذا المصباح إلي أجهزة مساعدة لتشغيله قادرة على رفع الجهد عليه من ٢٢٠ فولت إلي رقم يتراوح بين ١٨٠٠فولت إلي ٥٠٠٠ فولت عند بدء تشغيله ولفترة وجيزة فقط بعدها يعمل بمفرده على التيار والجهد العادى للشبكة الكهربائية.

obeikandl.com

(شكل ١٢) الضوء الأصفر له ميزات عديدة فى الإضاءة الخارجية ولاسيما إضاءة الشوارع والكبارى.

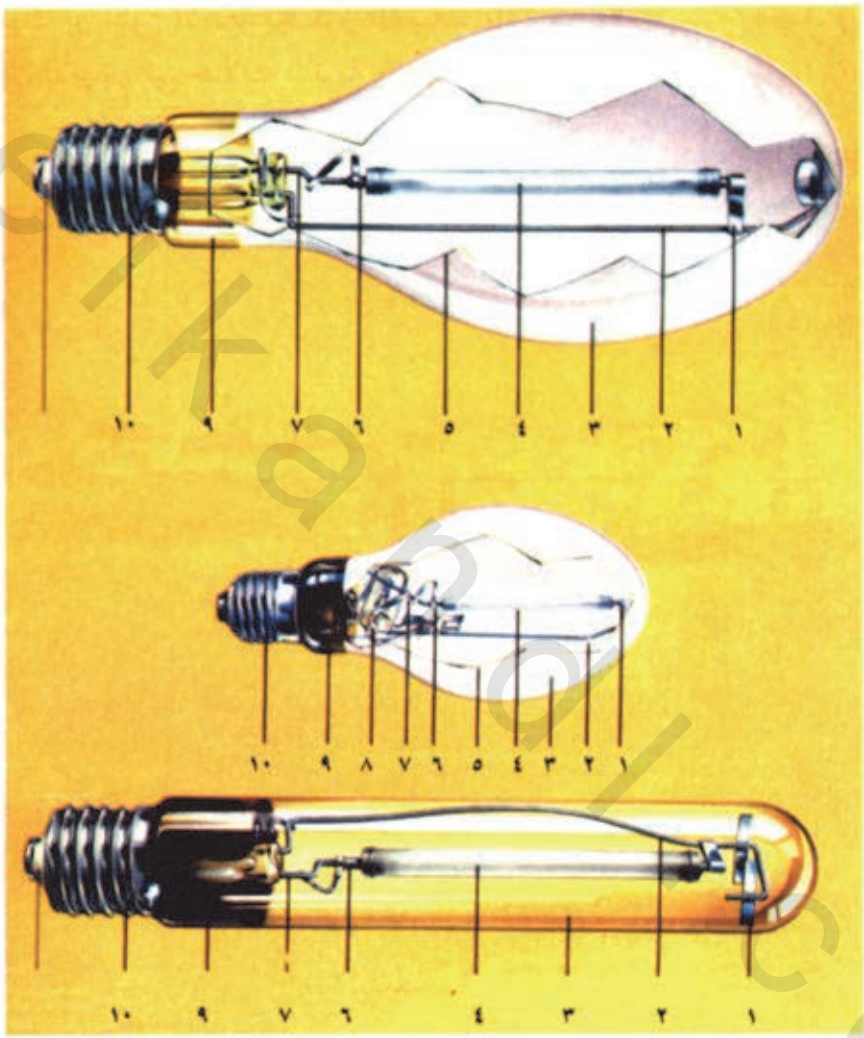


(شكل ١٠) الأشكال المختلفة لمصابيح الصوديوم ذات الضغط العالى.

٥- مصباح الصوديوم منخفض الضغط

هو مصباح ذو ضوء أصفر اللون، تشبه فكرة عمله نفس فكرة عمل المصباح (الفلوروسنت) إلا أن القوس الناتج من مصباح الصوديوم منخفض الضغط ينتج عنه مباشرة ضوء في مجال الطيف المرئي دون الحاجة لمادة فسفورية.

ويصل العمر الافتراضي لهذا المصباح حوالي ٢٠ ألف ساعة، وهذا المصباح له أعلي كفاءة ضوئية على الإطلاق حيث تتراوح كفاءته الضوئية من ١٢٠ إلي ٢٠٠ لومن لكل وات. ودليل أمانة نقل الألوان منخفضة جداً نظراً لأنه يصدر عنه ضوء أصفر أحادى اللون Monochromatic ولهذا فإن ذلك المصباح لا يستخدم في الإضاءة الداخلية. ولكن هذا الضوء الأصفر له ميزات عديدة في الإضاءة الخارجية ولا سيما إضاءة الشوارع والكبارى التي تتعرض لضباب أو أتربة.



(شكل ١١) يوضح التفاصيل الداخلية لمصباح الصوديوم عالى الضغط :

١ – السوستة الحاملة.
٢ – سلك منحنى لتحسين الأداء الضوئى.
٣ – غلاف زجاجى.
٤ – أنبوبة التفريغ.
٥ – طلاء فسفورى
٦ – وحدة معادلة التمدد.
٧ – سلك الدخول.
٨ – المشعل الداخلى.
٩ – قاعدة المصباح.
١٠ – قرص عازل

حيث إن اللون الأصفر يخترق الضباب والأتربة ولا يسبب وهجاً أو بهراً كاللون الأبيض في حالات الأتربة والضباب، ويتضح ذلك في شكل (رقم ١٢).

(شكل ١٢) الضوء الأصفر له ميزات عديدة في الإضاءة الخارجية ولاسيما إضاءة الشوارع والكبارى.

٦- مصابيح الحث الكهربائي

وهذا النوع يعتبر من الأنواع الحديثة التي بدأت تظهر مؤخراً في الأسواق وفي هذا النوع من المصابيح يتم عمل تفريغ كهربي (شرارة) في غاز تحت ضغط منخفض جداً. أما الاختلاف الأساسي فيه عن مصابيح التفريغ التقليدية فهو منخفض جداً. أما الاختلاف الاساسي فيه عن مصابيح التفريغ التقليدية فهو أن يستغني تماماً عن (الإلكترونات) (الأطراف الكهربائية) اللازمة لبعض (الإلكترونات) ويستعيض عنها بهوائي (إيريال) داخلي يتم تغذيته من مولد ترددات عالية للغاية خارج المصباح يقوم بتوليد مجال (مغناطيسي) داخل أنبوبة التفريغ، وينتج عن ذلك مرور تيار في غاز المصباح مما يؤدى إلي تأينه أى (يتحول إلي أيونات) وبدء القوس (الشرارة) الكهربائية. عمر المصباح هو ٦٠ ألف ساعة وهو أطول عمر للمصابيح على الإطلاق وتصل كفاءته الضوئية إلي ٧٠ لومن للوات أما دليل أمانة نقل الألوان فيصل غلي ٨٠. وبدء المصباح شبه لحظي أى أنه لا يحتاج لوقت لبداية التشغيل ولا ينتج عنه أى إشاعات ضارة.

قاطع محمد المهندس شريفا قائلاً: أعتقد أنك ذكرت كافة أنواع المصابيح، رد المهندس شريف: إلي حد ما.

قال محمد: ليس إلي حد ما بل أعتقد أنك وفيت كل الحدود، قال المهندس شريف: أكرر إلي حد ما بالنسبة للإضاءة الخارجية.

تدخلت أماني في الحديث قائلة: هل معني ذلك أن هناك مصابيح أخرى للإضاءة الداخلية؟!

رد المهندس شريف قائلاً: بالتأكيد. نعم.

تدخل مصطفي في الحديث قائلا: لقد انقضي اليوم أو كاد ونحن متعبون فلماذا لا نذهب لتناول وجبة طعام بعدها نتريض قليلاً وفي الغد نستأنف حديثنا عن الإضاءة الداخلية، رد المهندس شريف. كما تشاءون فهيا بنا للطعام صاح الجميع: هيا بنا للطعام.

obeikandl.com

٣- الإضاءة الداخلية

في صباح اليوم التالي استيقظ الجميع من نومهم متأخرين من أثر الوجبة الثقيلة التي تناولوها مساء الأمس وكذا من أثر المجهود الكبير الذى بذلوه في التريض لمدة تزيد عن ساعة ونصف الساعة، لذا فقد قاموا من نومهم كسالي، ولكن بعد تناولهم طعام إفطار خفيف وأكواب الشاي استعادوا انتباههم ونشاطهم وبدأوا في الحديث حيث استهل المهندس شريف الحديث قائلاً: لكل منشأة ملامحها وخواصها ومتطلباتها من منظومة الإضاءة الداخلية ولذلك فإنه لا يمكن وضع قواعد قياسية عامة لا تباعها في مختلف حالات التصميم فإنه لا يمكن وضع قواعد قياسية عامة لاتباعها في مختلف حالات التصميم الداخلي للإضاءة، فمثلاً إضاءة المصنع تختلف عن إضاءة حجرة العمليات بالمستشفي تختلف عن إضاءة المطاعم تختلف عن إضاءة قاعات المحاضرات وهكذا، ولكن هناك مجموعة من القواعد والاعتبارات الأساسية التي يجب أن تخضع للدراسة في كل حالة من الحالات، وهذه الاعتبارات تتمثل فيما يلي:

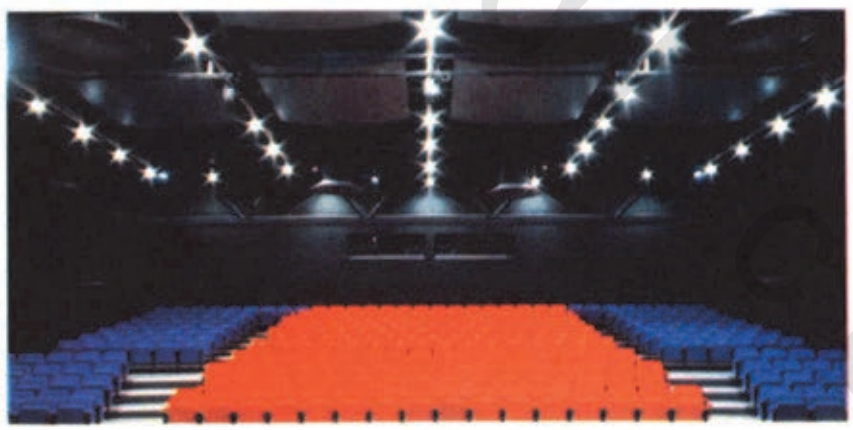
١- التكوين الإنشائي والمعمارى للمبني:

وفي هذا الاعتبار يتم تحديد الأبعاد الداخلية وأقصي وأقل ارتفاع ممكن لوحدة الإضاءة ومعاملات انعكاس الأسطح وعوائق السقف والهيكل الإنشائي للمبني ومدى تحمل السقف لحمل الإضاءة، ويتضح ذلك من الأمثلة الموضحة في (شكل ١٣) الذى يمثل إضاءة داخلية لمطعم محدود المساحة مقارنة (بشكل ١٤) الذى يمثل إضاءة قاعة محاضرات كبيرة الحجم ويظهر فيها اختلاف عدد ونوعية الكشافات المستخدمة.

٢- الهدف من الإضاءة

يتم تحديد الأغراض المراد رؤيتها ومدى الحاجة إلي الرؤية الدقيقة ومتطلبات مظهر اللون ومدى الحاجة إلي إضاءة عالية في مناطق محددة وإحتمال حدوث انعكاسات مزعجة قد

(شكل ١٣) الإضاءة الداخلية لمطعم محدود المساحة.



(شكل ١٤) الإضاءة الداخلية لقاعة محاضرات كبيرة المساحة.

تسبب البهر وطريقة التحكم في الإضاءة، يوضح (شكل ١٥) الإضاءة الداخلية لمحل ملابس حيث تكون متطلبات مظهر اللون ومدى الحاجة إلي إضاءة عالية من مناطق محددة أمراً أساسياً لحسن عرض المنتجات.

(شكل ١٥) إضاءة داخلية لمحل ملابس ويظهر فيه الحاجة إلى إضاءة عالية لإظهار اللون.

opeikan.com

٣- الاعتبارات البيئية:

ويشمل هذا العامل تحديد بيئة المكان (نظيفة – جافة – رطبة – قاسية – متربة – خطرة). ودرجة حرارة المكان وإمكانية عمل تكامل بين اجهزة الإضاءة وتجهيزات المنظومة الأخرى مثل التكييف– التسخين – الصوتيات – أنظمة التحكم الآلي.. الخ)، ويوضح (شكل ١٦) الإضاءة الداخلية لحضانة أطفال حيث يصبح اللون البارد Cool امراً لازماً لزيادة تعقيم المكان.

(شكل ١٦) الإضاءة الداخلية لحضانة أطفال حيث يصبح اللون البارد Cool أمرًا لازما لزيادة تعقيم المكان.

٤- عوامل تصميم الإضاءة:

وفي هذه العوامل يتم تحديد الأبعاد الصحيحة لمواقع المصابيه والحاجة إلي الإضاءة الرأسية وكذا نوع المصابيح التي تحقق متطلبات الألوان وكذا مساعدات الإضاءة سواء عواكس أو مكونات الظلال وخلافه، وتوزيع شدة الاستضاءة، والكفاءة الضوئية للألوان، ومدى الحاجة لخفض ظاهرة الارتعاش أى التأثير (الستروبوسكوبي) (Stroboscopic effect) هذا بالإضافة إلي إمكانية صيانة وتنظيف واستبدال المصابيح، ويوضح (شكل١٧) مثالاً يحتذى به في توزيع شدة الإضاءة والإضاءة الرأسية وحسن تحديد مواقع المصابيح

(شكل ١٧) حسن توزيع شدة الإضاءة واستخدام الإضاءة الرأسية وجودة تحديد مواقع المصابيح

٥- متطلبات السلامة والأمن:

يقصد بالسلامة منع وقوع حوادث كالحرائق والصدمات الكهربائية مثلا. أما الأمن فيقصد به منع حدوث سرقات أو تخريب أو ما شابه ذلك، وهذا يستلزم الحاجة إلي إضاءة طواريء كما يستلزم علامات تحذيرية وإرشادية كما تستوجب أيضاً ملاحظة خطورة تسببها تجهيزات وحدات الإضاءة (كالتسبب في حدوث شرر كهربائي أو رفع درجة الحرارة في مناطق معينة أو وجود احتمال لتسرب غازات قابلة لاشتعال وخلافه).

هنا تدخل محمد في الحديث قائلاً: كل ما ذكرته أيها المهندس شريف يتعلق بالقواعد والاعتبارات الأساسية للإضاءة الداخلية، ولكنك لم تذكر أو توضح أنواع الكشافات و (اللمبات) المستخدمة في الإضاءة الداخلية وهل هي نفس الكشافات، (اللمبات) المستخدمة في الإضاءة الخارجية أم لا؟!

أجاب المهندس شريف: معك حق يا محمد ولكني لم استكمل حديثي بعد، فالكشافات و (اللمبات) المستخدمة في الإضاءة الداخلية أنواع كثيرة ومتعددة لا يتسع المجال لحصرها ولكني ساذكر هنا بعضها، وأهمها هي:

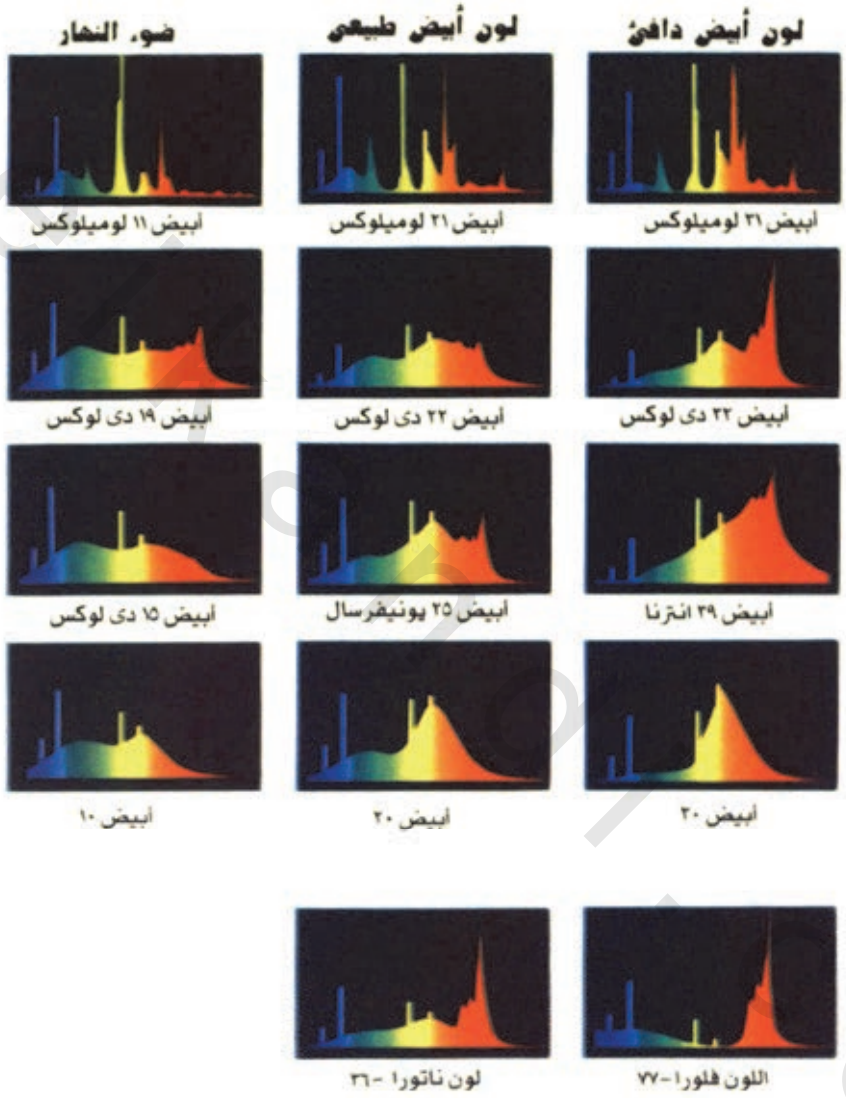
- **اللمبات الفلورسنت:**

توجد اللمبات الفلورسنت بأشكال مختلفة منها الإسطواني المستقيم وله عدة أطوال ٦٠ أو ٩٠ أو ١٢٠ أو ١٦٠ سنتيمتر ومنها المستدير، ويتولد الضوء في مصباح الفلورسنت نتيجة لمرور قوس كهربائي خلال بخار الزئبق الموجود داخل أنبوبة المصباح، وينتج عن هذا القوس تولد أشعة فوق بنفسجية غير مرئية تتحول إلي ضوء مرئي عند سقوطها على المادة الفللورية الموجودة على الجدار الداخلي للأنبوبة، ويعرف مصباح الفلورسنت- علميا – باسم مصباح الزئبق منخفض الضغط، ويتم انبعاث (الإلكترونات) اللازمة للقوس الكهربائي من (إلكترودين) مثبتين في طرفي أنبوبة المصباح، ويختلف شكل (الإلكترودات) باختلاف الطريقة التي يبدأ بها تشغيل المصباح، ويصل عمر المصباح إلي حوالي ٢٠ ألف ساعة. ويختلف لون الضوء

openkandil.com

الصادر من المصباح طبقاً لتركيبة الألوان الصادرة من المصباح، وكل تركيبة ألوان لها اسم ولها رقم، وكما سبق أن ذكرنا فإن مظهر اللون، إما أن يكون بارداً Cool أو متوسطاً Intermediate أو دافئاً Warm وكل لون من هذه الألوان ينقسم إلي عدة أنواع كما هو موضح في (شكل١٨) فاللون البارد تكون أرقامه ١٠ أو ١١ أو ١٥ أو ١٩ وبالمثل نجد اللون المتوسط أو العادى Natural وكذا اللون الدافي، ويوضح الشكل أيضاً بعض الألوان الخاصة التي نتنج ألواناً بيضاء فائقة الجودة للاستخدام في غرفة العلميات بالمستشفيات وما شابه ذلك.

Openkandil.com



(شكل ١٨) تركيبة لمختلف ألوان اللون الأبيض وأرقامها للمبات الفلورسنت.

- **كشافات الإضاءة السفلية والجانبية:**

وهي أنوع عديدة يضاء بعضها باللمبات المتوهجة وبعضها بلمبات (هالوجين) وبعضها بلمبات بخار زئبق، ويوضح (شكل ١٩) مجموعة من هذه الكشافات.

(شكل ١٩) أشكال متنوعة لعدة أنواع من كشافات الإضاءة الداخلية.

- **لمبات ترشيد الاستهلاك الطاقة**

ظهر في الأسواق العالمية حديثاً نوع جديد من اللمبات يسمي لمبات ترشيد استهلاك الطاقة، وتمتاز هذه النوعية من اللمبات بمزايا عديدة إهمها:

- توفير ٨٠% من الطاقة الكهربائية المستخدمة للإنارة حيث إن اللمبة المتوهجة العادية التي تعطي فيضا ضوئياً حوالي ١٥٠٠ لومن وتستهلك ١٠٠ وات تعادلها لمبة ترشيد استهلاك طاقة تعطي ١٥٠٠ لومن ولكنها تستهلك ٢٠ وات فقط.
- زيادة العمر الافتراضي من ٣٠٠ ساعة للمبات المتوهجة محلية الصنع (أو ١٠٠٠ ساعة لمثيلتها المستوردة) إلي ٨٠٠٠ ساعة في لمبات ترشيد استهلاك الطاقة.
- عدم انبعاث أى حرارة من لمبات ترشيد استهلاك الطاقة مما يجعلها موفرة للطاقة مرة أخرى في الأماكن التي بها أجهزة (تكييف) للهواء (تبريد)، حيث إن الحرارة المتولدة من اللمبات المتوهجة العادية تكون حملا حرارياً إضافياً على أجهزة (التكييف).

ويوضح (شكل ٢٠) أشكال وأنواع لمبات ترشيد استهلاك الطاقة.

(شكل ٢٠) لمبات ترشيد استهلاك الطاقة

obeikandl.com

واختتم المهندس شريف حديثة قائلاً: وبالطبع فإن أى من هذه الأنواع للإضاءة الداخلية يعتمد على تصميم واختيار منظومات الإضاءة.

تساءلت اماني في دهشة: وما هي منظومات الإضاءة؟ أجاب المهندس شريف قائلاً: لقد أدركنا الوقت وحان وقت خروجنا للتريض والتسوق وتفقد معالم المدينة فلماذا لا نرجيء حديثنا إلي الغد؟! أجاب الجميع: حسناً نحن في شوق شديد إلي الغد.

obeikandl.com

٤- منظومات الإضاءة

انقشع ظلام الليل، وحل نور الصباح واستيقظ الجميع من نومهم، وارتدوا ملابسهم ثم تناولوا طعام الإفطار وانتظروا المهندس شريف ليستأنف حديثه الشيق عن الإضاءة الداخلية والخارجية وما هي إلا دقائق معدودة حتي هل عليهم المهندس شريف بابتسامته المعهودة وجلس الجميع يتناولون أكواب الشاي.

واستأنف المهندس شريف حديثه قائلاً: لقد وعدتكم بالحديث اليوم عن منظومات الإضاءة، ويقصد بكلمة منظومة الإضاءة المصابيح ومساعدات الإضاءة وكذا الطريقة التي يتم بها تركيب هذه الأجهزة ودوائرها الكهربية وطرق التحكم فيها. وتوجد عادة أربع منظومات شهيرة للإضاءة وهي كالتالي:

١- منظومة الإضاءة العامة:

ويتم في هذه المنظومة تحقيق مستوى النصوع و الإضاءة المطلوبة بصورة متجانسة تقريباً علي كل المساحة الأفقية للمكان المضاء، وتعتبر الإضاءة العامة أفضل الطرق للإضاءة عند الحاجة إلي مرونة كاملة في اختيار موقع الإضاءة أو موقع العمل ولهذا السبب فإنها تستخدم في المساحات الكبيرة كالورش والمخازن وعنابر الإنتاج والمكاتب الكبيرة ويوضح الجدول التالي مستويات النصوع والإضاءة في بعض المجالات الصناعية.

مستويات الإضاءة والنصوع في بعض المجالات الصناعية

مسلسل	المجال	أقل نصوع مقدرا باللوكس
١	**ورش التجميع:**	
	– السيارات والآلات المتوسطة	٥٠٠
	– الأجهزة فائقة الدقة (كالساعات)	١٥٠٠
٢	الصناعات الكيماوية:	
	– صناعة الأدوية	٧٥٠
	– تناسق ومراجعة الألوان	١٠٠٠
٣	صناعة الملابس:	
	الخياطة	٧٥٠
	الكبس	٥٠٠
٤	الصناعات الكهربية:	
	صناعة الكابلات	٣٠٠
	تجميع الراديو والتلفزيون والتليفون	١٠٠٠
٥	صناعة الأغذاية:	
	العمليات الذاتية	٢٠٠
	مناطق العمل العامة	٣٠٠

obeikandi.com

مسلسل	المجال	أقل نصوع مقدرا باللوكس
٦	سباكة المعادن:	
	سباكة غير دقيقة	٣٠٠
	سباكة دقيقة	٥٠٠
٧	صناعة الزجاج والخزف:	
	الأفران	١٥٠
	الرسم اليدوى	١٠٠٠
٨	صناعة الحديد والصلب:	
	العمليات المنفردة	٥٠
	منطقة الإنتاج	٣٠٠
٩	صناعة الجلود:	
	– مناطق العمل العامة	٣٠٠
١٠	أعمال الطباعة:	
	غرف المراجعة والقراءة	٧٥٠
	الألوان والطباعة بالمعدن	٢٠٠٠

obeikandl.com

وبالطبع لا يتسع المجال هنا لذكر مستويات الإضاءة المطلوبة لكافة الأنشطة البشرية.

والعيب الوحيد للإضاءة العامة هو ضياع جزء من الطاقة في إضاءة مساحات ليس بها عمل لذا كان النوع الثاني من منظومات الإضاءة.

٢- منظومة الإضاءة المحلية:

تحقق الإضاءة المحلية توجيهاً للضوء نحو اماكن العمل، أما في غير أماكن العمل فتكون الإضاءة ٥٠% من الإضاءة مكان العمل، ويمكن تحقيق الإضاءة المحلية عن طريق ترتيب وضع وحدات الإضاءة تبعاً لنشاط العمل بحيث يمكن توجيه الضوء للمكان المطلوب فقط.

٣- منظومة الإضاءة الموجهة:

وهو نوع من الإضاءة يتم فيه توجيه الضوء على مساحة محددة بمستوى إضاءة مرتفع وتوضع وحدة الإضاءة فوق منطقة العمل مباشرة حيث تعطي شدة إضاءة عالية على المستويين الافقي والرأسي بطريقة مرنة.

٤- منظومة الإضاءة الموجهة مع الإضاءة العامة:

يتم اللجوء إلي هذه المنظومة عندما يكون الغرض المرئي منخفضاً ويراد عمل إضاءة موجهة عليه لرفع شدة إضاءته وتستخدم لذلك وحدات توجيه الإضاءة بالإضافة إلي وحدات الإضاءة العامة.

opeikan.com

وهنا وجه المهندس شريف سؤالاً إلي الشبان قائلاً: لقد عرضت عليكم صورا كثيرة، هل يستطيع أحد منكم أن يخبرني عن نوع منظومة الإضاءة في كل صورة عرضتها عليكم؟!

قال مصطفي محاولاً تغيير اتجاه الحديث لتفادى الإجابة علي هذا السؤال: ولكنك يا مهندس شريف لم توضح لنا مساعدات الإضاءة التي ذكرتها، فهم المهندس شريف قصد مصطفي من تغيير مجرى الحديث وضحك قال: مساعدات الإضاءة هي أجهزة العكس ونشر وامتصاص الضوء يتم استخدامها مع جميع المصابيح تقريباً لتحقيق ما يلي:

- توفير وسيلة لتوصيل المصباح على دائرة التغذية.
- توفير حماية طبيعية للمصباح.
- إعطاء مظهر جمالي للمصباح.
- منع البهر المباشر.
- التحكم في طريقة توزيع الضوء الصادر من المصباح عن طريق التحكم في شكل منحني توزيع شدة الإستضاءة.

قاطعت أماني الحديث قائلة: ولكنك لم تذكرنا لنا هذه المساعدات؟

أجاب المهندس شريف قائلاً: مساعدات الإضاءة هي واحدة أو أكثر من الأجهزة التالية:

- **العواكس:**

وهي أسطح لامعة توضع خلف المصباح لعكس أشعته تبعاً للشكل الهندسي لهذا السطح بحيث تنعكس أشعة المصباح فتكون إما متوازية أو متباعدة أو متقاربة طبقاً للتصميم.

obeikandl.com

- **العدسات وكاسرات الأشعة:**

تستخدم العدسات أمام المصباح لتوجيه الأشعة الصادرة من المصباح لتكون إما متوازية أو متقاربة أو متباعدة طبقاً للمطلوب ولنوع العدسة. أما كاسرات الأشعة فهي أسطح منشورية تستعمل على نطاق واسع مع مصابيح الفلورسنت لتوزيع إضاءتها.

- **أجهزة الإخفاء:**

وهي اجهزة تستخدم لحجب المصباح عن الرؤية المباشرة لمنع البهر أو لإضفاء نواح جمالية على المنظر.

- **النواشر:**

وتستخدم النواشر لنشر الضوء الصادر من المصباح في جميع الاتجاهات مما يتيح خفض النصوع لجميع زوايا الرؤية ومن أمثلة النواشر استخدام انتفاخ زجاجي جول المصباح أو (شمسية) بيضاء أمام المصباح.

- **مؤشرات الألوان:**

وتستعمل مع المصابيح المتوهجة بصفة خاصة للحصول على لون معين من الضوء وهي عبارة عن أسطح من الزجاج أو البلاستيك بألوان معينة بحيث تسمح فقط بنفاذ اللون المطلوب وتمتص أوتعكس باقي الألوان غير المرغوب فيها.

obeikandi.com

واختتم المهندس شريف حديثه قائلاً: ويجب أثناء تصميمنا لإضاءة مكان ما أن ندرس إمكانية تكامل النظام الضوئي مع ضوء النهار الداخل إلي الموقع عن طريق النوافذ أو الأسطح الشفافة (كألأسقف التي تصنع على شكل أسنان المنشار أو غيرها) كما يجب أتخاذ قرار مبكر عن مدى مساهمة ضوء النهار في إنارة المباني الداخلية عامة وذلك من خلال أحد البدائل الآتية:

١- الاعتماد على ضوء النهار الطبيعي خلال ساعات النهار مع تصميم نظام إضاءة كهربية للإضاءة الليلية.

٢- استخدام الضوء الكهربي كضوء مساعد دائم لضوء النهار كما هو موضع في (شكل ٢١).

٣- الاعتماد تماماً على الإضاءة الكهربية للإضاءة ليلاً ونهاراً في حالة وجود قيود للموقع أو للمباني على دخول ضوء النهار الطبيعي.

هنا صاحت أماني: لابد أن أعيد تصميم الإضاءة لحجرة نومي طبقاً لما علمته من معلومات قيمة.وقال محمد: أما أنا فسأعيد تصميم الإضاءة حجرة المكتب الخاصة بي حتى أتمكن من تحقيق هذه الأسس لراحتي وسلامة نظرى أثناء استذكارى للدروس. أما مصطفي فقد صاح قائلاً: أرى أننا لم نتكبد مصاريف السفر بالطائرة وتكاليف الإقامة في الفندق لنتحدث عن الإضاءة الداخلية والخارجية بل يجب علينا أن تتحرك الآن وفوراً للاستمتاع بالرحلة ولا مانع لدى من أن نمعن النظر أثناء استمتاعنا بالرحلة في وسائل الإضاءة الخارجية والداخلية لكل المتاحف ودرو السينما والمطاعم التي سنرتادها، ولكن اتركوا الحديث عن الإضاءة حالياً وهيا بنا للتنزه ومواصلة برنامج الرحلو.

صاح الجميع: هيا بنا..!

(شكل ٢١) مثال لإضاءة كافتيريا بمساهمة ضوء النهار مع الإضاءة الكهربائية.

المراجع

1- Troll, General Catalogue, 1993.
2- Philips, high pressure sodium lamps.
3- Philips lighting. Product rang ingormation SL* Décor lamps.
4- Osram catalogue.
٥- الكهرباء العربية – ١٩٩٥ – مقالات الإضاءة – دكتور عبد المنعم موسي.

obeikandl.com

الفهرس

١- السفر إلي الخارج ٤

٢- الإضاءة الخارجية..... ١٣

٣- الإضاءة الداخلية..... ٢٧

٤- منظومات الإضاءة..... ٣٨

المراجع ٤٦

obeikandl.com