الفصل الخامس

الضوء

- التأثيرات الوظيفية للإضاءة
- التأثيرات النفسية للإضاءة
- مصادر ومستقبلات الضوء
- التعريض الضوئى
- البهر الضوئى
- الأشعة المنعكسة
- الانكسار الضوئى
- عناصر الإضاءة
- الضوء وتكون الظلال
- الضوء وإنارة الملاعب الرياضية
- خطوات تصميم الإضاءة الداخلية

الفصل الخامس
الضـــــوء

دلت نتائج الدراسات للضوء - بالرغم من قلتها - على أن البريق والأجسام العاكسة وكثافة أو تركيز الضوء هى المسئولة عن عدم الرؤية الجيدة حيث أسفرت عن أن الأضواء التى لا تحتوى على الأشعة فوق البنفسجية تتسبب فى التأثير على الجهاز العصبى ومن ثم تزداد حالات الإفراط فى الحركة *Hyper activity* بالإضافة إلى بعض الأمراض النفسية والعصبية الأخرى ومن ثم يوصى بتزويد الأماكن المغلقة بمصابيح لها خصائص الضوء الطبيعى والذي يجيز مرور الأشعة فوق البنفسجية طويلة الموجات ويحجب قصيرة الموجات فيها والتى ثبت مسئوليتها عن الإفراط فى الحركة وأن الوظائف الحسية والحركية يمكن تنميتها بشكل جيد كانعكاس نفسى لحدة الإبصار فى الإضاءة المنخفضة وسهولة التكيف البصرى.

وتبرز التأثيرات الوظيفية للإضاءة فى النقاط التالية :

- اقتحام المجال البصرى والتشويش على الهدف الخاص بالممارس مما يؤثر على اتساع حدقة العين.
- التأثير على الإبصار المزدوج ومن ثم عدم وضوح البعد البصرى الثالث وحجم الهدف المنظور.
- تضاؤل التوازن بسبب ضعف المجال البصرى للممارس عند تنوع ظروف الإضاءة.
- زغللة العين وإجهادها نتيجة الأجسام البراقة وانعكاس الضوء.
- زيادة حالات الإفراط فى الحركة بسبب التأثير المباشر للضوء على الجهاز العصبى والذى لا يحتوى على الأشعة فوق البنفسجية.
- التأثير فى القدرة على الأداء العام نتيجة التعب العصبي البصرى.

أما من حيث التأثيرات النفسية للإضاءة فتتضح فيما يلى :

- تشتت الانتباه وعرقلة قدرة التركيز.
- اختلال القدرة علي العزل البصري لدى الممارسين حيال ما يقع بمناطق التركيز البصرية أثناء الأداء.
- التأثير على الإنجاز الأمثل لتداخل المثيرات والتشويش على الإشارات الحسية لدى الممارس.
- التأثير على حالة ما قبل البداية وفقاً لنمط الجهاز العصبى للاعب وارتباط ذلك بكل ما يقع عليه عينه من مثيرات مختلفة.
- التأثير على عملية المدخلات الواقعة في مجال الممارس مما يؤثر بالتالى على نوعية العمليات الداخلية لديه ومن ثم كفاءة المخرجات المتمثلة فى الإدراك الجيد المتقن.
- زعزعة الثقة بالنفس وعرقلة مستوى الطموح بسبب البدايات الفاشلة غير الدقيقة نتيجة لشدة وتنوع الاستثارات البصرية التى تقع عليها عين الممارس.

مصادر ومستقبلات الضوء :

فى الطبيعة نجد أن هناك مصادر أولية للضوء تنقسم إلى مستقبلات ضوئية «أجسام حساسة» ومرسلات ضوئية «أجسام باعثة» إحداهما تقوم بإنتاج الضوء الذى تبثه بأنفسها كالشمس «إضاءة طبيعية» والأخرى تقوم بإنتاج الضوء الذي تبثه الشمعة والمصباح والليزر «إضاءة صناعية» حيث تشكل عنصرين مهمين في حياتنا، فهى كما عرفها العلماء بأنها تنسيق علمى رائع لأشكال مجمعة تحت الضوء ، كما أن هناك مصادر ثانوية تبث الضوء فقط بعد سقوطه عليها وهذا هو حال كل الأجسام التى تحيط بنا والتى نستطيع رؤيتها ليلاً أو نهاراً عند سقوط الضوء عليها، ويقال أن هذه المصادر تقوم ببث الضوء الساقط عليها ، وهذا هو حال الكواكب والقمر التى تضئ بالليل لسقوط ضوء الشمس عليها ثم قيامها ببثه أى بعكسه .

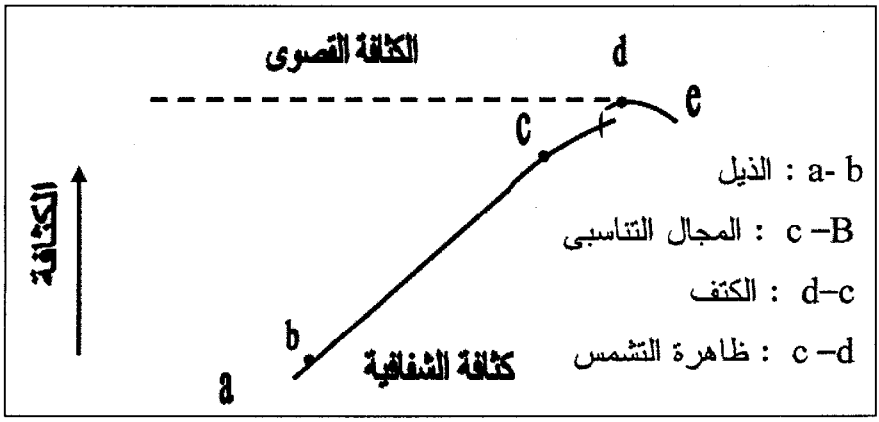
إلا أنه ومن خلال مشاهدة مباراة فى الكرة الطائرة تحت الإضاءة الاصطناعية يملك الإنسان رؤية أفضل من تلك التى تعطيه إياها الإضاءة الطبيعية ، ذلك أن الأشعة المباشرة لضوء الشمس تفرض اتجاهاً معيناً ، فهى تشاهد من خلال التضاد بين شدة الإشعاع « درجة النصوع» والألوان .

وتعتبر درجة ميل أشعة الضوء من العوامل المهمة جداً التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار عند اختيار الموقع ، لذلك يجب أن تكون أرض الملعب ومبانى المركز معرضة للشمس تماماً وألا يكون هناك حواجز طبيعية أو صناعية تحجب أشعة الضوء ، ومن الثابت أنه إذا كان جزء معرضاً للضوء دون الآخر فإن ذلك يتسبب فى عدم تكافؤ توزيع الرؤية إضافة إلى إرهاق العين وعدم راحتها لذلك ينبغى قبل تحديد المساحة أن يكون توزيع الضوء الاصطناعى متعادلاً على نصفى الملعب أو الموقع خاصة فى الصباح الباكر وقبل الغروب حتى يكون هناك تكافؤ فى توزيع درجات الرؤية . وحيث أن مباراة الكرة الطائرة تحكم بالنقاط لا الوقت «الزمن» الأمر الذى يمكن معه أن تستمر المباراة الواحدة طيلة الثلاث ساعات وأكثر بما يفرض الأداء تحت أشعة الضوء لمدد زمنية طويلة نسبيا ، لذا يجب تجنب «التعريض الضوئى» ذى التأثير التراكمى «التجميعى» بالعمل على أن تكون درجة السطوع الوسطية واقعة في منتصف مجال النقل التناسبي «الجزء التناسبي خطياً فى المنحنى» لاستيعاب مجال كاف من درجات السطوع المتطرفة «الضوء والظلال» وإيجاد جو لا يدع مجالاً لتعب العين وتجنب تكون الظلال وذلك بتدارك كل «لمعان مبهر أو تضاد قاس» فى العقل البصرى تحقيقاً للرفاهية البصرية .

التعريض الضوئى :

هو عملية تأثير الضوء على المواد المرئية ، والمعلوم أن الضوء يملك خاصية التأثير التراكمى «التجميعى» على الطبقة الحساسة بالعين وكلما أثر الضوء لفترة أطول تأثرت جزيئات أكثر من الطبقة الحساسة ، وأصبح الحدث المرئى أكثر دكنة ولو استمر تأثير الضوء فترة طويلة حتى ولو كان ضعيفاً فلا نحصل على أى صورة

مرئية لذا ينبغى وقف تأثير الضوء قبل أن تصبح المناطق الأقل إشراقاً مساوية لدرجة غمقان المناطق الأكثر إشراقاً ، وللتوضيح فإنه فى هذا المخطط البيانى يشير المحور الأفقى للمخطط المسمى « بالمنحنى الخصائصى للضوء الساقط» إلى قيم التعريض الضوئى وعلى المحور الرأسى الكثافة الضوئية أو درجة الدكنة ، والصيغة «المعادلة» الرياضية للتعريض تمثل حاصل ضرب الإضاءة الساقطة على السطح المرئي بزمن تأثيرها أى لوكس × ثانية ومن شكل المنحنى الخصائصى نستنتج بعض العوامل الضرورية للحصول على تعريض ضوئى جيد «رؤية أفضل».



أولاً : العلاقة المتبادلة الصحيحة بين درجة الإشراق ودرجة الدكنة أو القتامة تكون ممكنة فقط في منطقة المنحنى ذات التناسب الخطى «المنطقة الواقعة بين النقطتين A ، B» هذه المنطقة تسمى مجال النقل التناسبى «التعريض الصحيح» فى حين تتشوه العلاقة التناسبية عندما يكون هناك تعريض ناقص حيث تضيع تفاصيل كثيرة أو عندما يقع فى مجال التعريض الزائد حيث تصبح جميع التفاصيل داكنة جداً ومن الصعب تميزها عن بعضها.

ثانياً : عند تباين الحدث المرئى والذى يحتوى على اختلافات كبيرة فى درجة السطوع بين المناطق الأكثر إشراقاً والأكثر قتامة يستحيل الحفاظ على النقل الصحيح للألوان والتدرجات حتى عند التعريض الصحيح بالنسبة لمناطق

السطوع المتوسط، ذلك أن المناطق المشرقة جداً «الضوء» سوف تقع فى مجال التعريض الزائد فى حين أن المناطق المعتمة جداً «الظلال» سوف تقترب إلى مجال التعريض الناقص وكلاهما سيفقدان الكثير من التفاصيل.

والمطلوب أن تكون درجة السطوع الوسطية واقعة فى منتصف مجال النقل التناسبي «الجزء المتناسب خطياً فى المنحنى» وفى هذه الحالة يكون هناك مجال كاف على جانبى النقطة الوسطية لاستيعاب درجات السطوع المتطرفة «الضوء والظلال» وتكون الرؤية فى أحسن حالاتها ، لكن الشرط السابق وإن بدا منطقياً إلا أنه يحمل بعض الثغرات منها :

- درجة السطوع فى الحدث المرئى وهى العناصر الجاذبة لاهتمام الناظر ليست دائماً هى الدرجة الوسطية .. فالعروس فى ملابسها البيضاء تحمل درجة سطوع أعلى من جميع عناصر المشهد المرئى الأخرى ، كذلك فإن القط الأسود وهو العنصر الرئيسى فى مشهد آخر يحمل درجة سطوع أقل بكثير من جميع العناصر المحيطة وهذه الحالات بمقدورها خداع أجهزة قياس الضوء حتى الذكية منها.

- ما الذى يمكن اعتباره « سطوع وسطى» للعناصر فى المشهد المرئى ما دام هذا المفهوم غير محدد بدقة وليست هناك قيمة موحدة تستعملها أجهزة قياس الضوء تصلح أن تكون نقطة بداية الإحداثيات ؟

لقد جرت محاولات عديدة لاختيار نقطة بداية الإحداثيات وتنظيمها عالمياً وكذلك الأنجح منها ، تلك التى اعتمدت على مقارنة الخصائص الحقيقية لمجموعة كبيرة من المشاهد الحقيقية حيث أظهرت الإحصاءات أن الغالبية العظمى من المشاهد المرئية تعكس فى المتوسط ١٨ ٪ من الضوء الساقط عليها .. طبقاً لتلك المشاهد التى تحتوى على مناطق إضاءة شديدة وظلال شديدة ولكن بحساب المتوسط لجميع عناصر المشهد تبقى هذه النسبة هى الأعم.

ومن هنا ظهر اتفاق عام على أن الموضوع الذى له نسبة معامل انعكاس ١٨٪ ينبغى أن يقع فى نقطة على منتصف المنحنى الخصائصى وجميع المناطق الأكثر إشراقاً منه أو ظلالاً يجب أن توضع على جانبى هذه النقطة وهو التوافق الذى أدى إلى ظهور ما يسمى بالمنطقة الرمادية التى يستعملها المحترفون لتحديد السطوع الوسطى . وقد لوحظ أن هناك تفهم واضح ومقبول من حيث التعريض الضوئى وتكون الظلال ذات التأثير البالغ فى مستويات الرؤية البصرية .. إلا أن الأمر الملاحظ هو اتفاق معظم أو غالبية الآراء على عدم توافر محكات موضوعية لمثل هذه المتغيرات البصرية يعزى ذلك إلى أحد هذه الأسباب أو كلها.

- ندرة الأدوات التى تنطلق فى قياسها وتطويرها.
- عدم كفاية إجراءات التصميم والاستلام النهائى للملاعب.
- الإطار الفكرى العام لمثل هذه المتغيرات البصرية يتمثل فى صورة ذهنية غير واضحة المعالم ، ومن ثم لاتوجد دورات صقل وتأهيل.

البهر الضوئى :

إن الضوء الساطع الذى يبهر « يأخذ» النظر أمر يتطلب عدم الاستعداد للنظر إليه كما أن هناك صعوبة فى استعادة العينين لعملهما بعد الانتهاء من النظر إليه نتيجة الحملقة البصرية ، وهنا تغلق العينان لبرهة ينقطع فيها الضوء الساقط على العين إلا أن الشبكية تستمر فى إرسال النبضات الكهربية إلى المخ لفترة قصيرة بعد انقطاع الضوء تصل هذه الفترة الزمنية إلى حوالى جزء من ٢٤ من الثانية ويسمى هذا الزمن الحادث زمن الاستبقاء *Persistence Time*.

وإذا زاد نصوع جسم ما فى مجال الرؤية فقد يؤدي ذلك إما إلى تعذر الرؤية أو إلى إجهاد بصرى ، وفى كلتا الحالتين يقال إن العين تعانى من البهر الضوئي ، ورغم أن عين الإنسان تستطيع أن تكيف نفسها للرؤية على مدى واسع من النصوع قد تصل النسبة بين أقل درجة نصوع وأعلى درجة إلى عدة آلاف إلا أنه عند كل درجات

النصوع هناك حدود للرؤية الواضحة ، فعند درجات النصوع الضعيفة لا تظهر دقائق الجسم المرئى، أما إذا كان النصوع شديداً فلا تشعر العين بالراحة بل تصاب بالإجهاد البصرى إلى جانب فقد العين قدرتها على المتابعة البصرية بوضوح.

وينقسم البهر الضوئى إلى نوعين أحدهما بهر معوق وهو ما يؤثر على الإدراك البصري بحيث تصبح الرؤية غير واضحة ، وثانيهما البهر المزعج وهو الشعور بعدم الارتياح بعد التواجد لفترة من الزمن فى مكان به كمية صغيرة من البهر، وهو أهم النوعين بالنسبة للإضاءة الداخلية ويعتمد أساساً على العوامل الآتية :

- نصوع منابع الضوء.
- عدد منابع الضوء وحجمها الظاهرى.
- النصوع التام للمنطقة المحيطة بمجال رؤية «نصوع الخلفية».
- موضع مصدر الضوء بالنسبة لمجال الرؤية.

إلا أن كلا النوعين من البهر ينقسم إلى بهر مباشر ناتج من المنابع والأسطح شديدة النصوع وبهر غير مباشر ناتج عن الانعكاسات المنتظمة من الأسطح المصقولة فى مجال الرؤية أو تكون مجاورة له ويتوقف ذلك النوع من البهر غير المباشر على العوامل الآتية :

- درجة نصوع الجسم.
- معامل انعكاس سطح الجسم والأشياء المحيطة به.
- اتجاه الضوء المنعكس من السطح أو الأسطح المجاورة.
- كمية الضوء الساقط فى اتجاه مشاهدة الجسم.
- حجم الجسم للمشاهد.

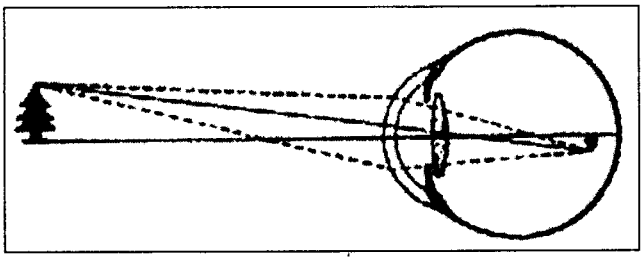
أما مستقبلو وكاشفو الضوء فهناك أنواع عدة .. مثل العين الصناعية وفيلم التصوير والخلية الكهربية الضوئية الموجودة بجانب باب جراح مثلاً حيث لن تسمح بفتحه أو تقوم بإطلاق صفارة إنذار.

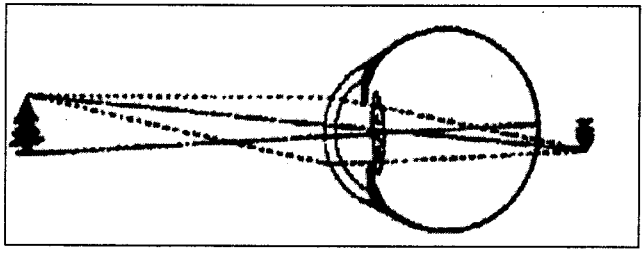
وتلخيصاً .. فإن أشعة الضوء تكون غير مرئية عند النظر إليها بطريقة جانبية حيث أن رؤية أشعة ضوئية تمر من الأمام تعنى وجود جزئيات المادة فى طريقها وهى التى تقوم بنشر الضوء فى كل الاتجاهات وبالتالي يصل الضوء إلى العين مما يسمح برؤية الجزيئات الناشرة للضوء ... ولنتذكر فقط أنه لكى يحدث التفاعل يجب أن تستقبل هذه الأجسام المستقبلة للضوء حيث ينبغي للضوء الخارج من الجسم دخول العين لتتمكن من رؤيته وبالعكس.

الأشعة المنعكسة :

لكى ترى العين الأجسام بوضوح لابد أن تتركز الأشعة المنعكسة من تلك الأجسام على الشبكية منطقة البقعة الصفراء المسماة بالماقولة من الشبكية وهذا يتم عن طريق انكسار أشعة الأجسام عبر القرنية وعدسة العين وتجمعها على الشبكية .. ولكن يعانى البعض من عيوب فى هذه الوظيفة الطبيعية للعين مما يسبب بعض مشاكل الرؤية مثل قصر أو بعد النظر وكذا اللابؤرية أو الاستجماتيزم ، وقد يرجع السبب فى ذلك إلى الزيادة أو النقصان إما فى طول عمق « مقلة « العين من الداخل أو قدرة العين علي تجميع الأشعة المنعكسة من الأجسام وهي غالباً ما تكون بسبب عوامل وراثية.

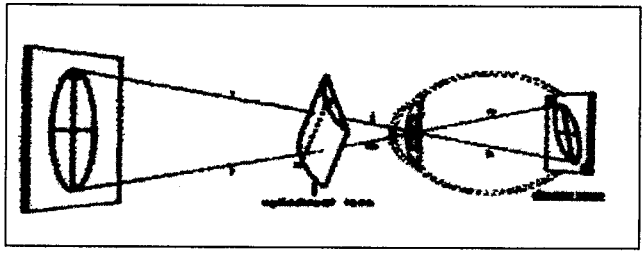
ففى قصر النظر وهى الحالة التى تتكون فيها صور الأجسام أمام الشبكية بدلاً من أن تتكون علي الشبكية نفسها مما يؤدى إلى عدم وضوح الرؤية عن بعد مفضلاً الجلوس عن قرب لتدقيق الرؤية أو تضييق شبه إغلاق الجفون لإمكانية حدوث الرؤية عن بعد ، أما فى





بعد النظر وهى الحالة التي تتكون فيها صور الأجسام خلف الشبكية بدلاً من أن تتكون على الشبكية نفسها مما يؤدى إلى عدم وضوح الرؤية عن قرب مع الصعوبة فى القراءة ومن ثم إجهاد العين.

الانكسار الضوئى :



إن اللابؤرة أو الاستجماتيزم وهى حالة من سوء الانكسار الضوئى والتي لا تتمركز فيها الأشعة المنعكسة من الأجسام فى بؤرة « نقطة» محددة على شبكية العين تحدث نتيجة عدم استواء سطح القرنية أو العدسة مع وجود انحناءات أو التواءات ، مما ينتج عنه تنوع واختلاف فى قوة الانكسار الضوئى فى العين الواحدة ويسبب ذلك عدم وضوح رؤية الأجسام القريبة أو البعيدة معاً إلى جانب تداخل صور الأجسام والخطوط، وهذا ما يجب العمل على تلافيه بقوة لدى لاعبى الكرة الطائرة حتى لا تتداخل رؤية خطوط الملعب عندهم.

إن القدرة على رؤية الهدف البصرى فى حالات الضوء الشديد واللامع وكذا الوقت المطلوب لرؤية هذا الهدف ربما يختلف من لاعب إلى آخر لكى يقوم بالاستجابة البصرية الملائمة والمناسبة أثناء مسار الكرة القادمة من ضوء الشمس إلى الظل «هذا هو حال الكرة الطائرة الشاطئية» ، وهنا نلاحظ أن ارتداء النظارة الشمسية بين الرجال والسيدات أصبح أمراً ضرورياً للتعامل مع الكرة فى الكرة الطائرة الشاطئية، أو كما هو الحال عند النظر إلى الضوء الساطع اللامع.

عناصر الإضاءة :

بشكل عام .. هناك مجموعة عناصر مهمة للإضاءة تتحدد فى الآتى :

(أ) قوة المصدر الضوئى :

فقوة الضوء هى التى تنير الشىء المرئى ، وتتوقف على طبيعة المكان المراد إضاءته وخصائصه.

(ب) شدة إضاءة الشىء المرئى :

والمقصود هو كمية الضوء الساقطة بالفعل على المكان المراد إضاءته مع ملاحظة أن شدة استضاءة المكان تتناسب بشكل طردى مع قوة المصدر الضوئى إلا أنها فى الوقت نفسه تتناسب عكسياً مع البعد بين المكان المراد إضاءته وهذا المصدر الضوئى.

(جـ) التوازن الضوئى :

وهذا يتأتى ليس فقط من عدد الكشافات المستخدمة فى الإضاءة أو توزيعها أو زواياها المختلفة ، وإنما أيضاً من خلال طبيعة المكان المراد إضاءته وألوانه فالألوان القاتمة تمتص الضوء والفاتحة تعكسه وبالتالى تزيد من الإضاءة النسبية للمكان .

(د) درجة حرارة ألوان الضوء .. وتقاس بالكيلفن :

فألوان الضوء تتباين فى درجات حرارتها حيث أن هناك إضاءة النهار أو ما يطلق عليها الإضاءة الطبيعية وهناك الإضاءة الصناعية التى تتماثل بعض أنواعها مع ضوء النهار فى درجة حرارته اللونية ، ويختلف البعض الآخر عن ضوء النهار .

(هـ) ميزان الإضاءة :

يسعى هذا الميزان إلى الحصول على الإضاءة المثلى للمكان من خلال نظام ضيائى وذلك باستخدام نوعيات معينة من الإضاءة منها :

- **الإضاءة التناثرية** .. تكون الإضاءة موزعة تقريباً بالتساوى بين النصف العلوى والسفلى من الحيز المضاء وهو يجمع بين الإضاءة المباشرة وغير المباشرة ويناسب الأجسام المرئية المراد إظهار أبعادها الثلاثية حيث يعطى تجسيماً لها.

- **الإضاءة شبه غير المباشرة** .. يكون النموذج الضيائى للشدة الضيائية موجهاً نحو الأعلى مع وجود جزء ضئيل فى الاتجاه السفلى ولا يصلح هذا النظام الضيائى إذا كان ارتفاع السقف كبيراً أو إذا كان لونه معتماً .

- **الإضاءة غير المباشرة** .. الشدة الضيائية لهذا النوع من الإضاءة تنعدم فى جميع الاتجاهات السفلية ولا يصاحب هذا النوع من الإضاءة أى خيالات أو ظلال لذلك فهو لا يستخدم فى المتاحف والمعارض ولا يصلح لرؤية الأجسام الدقيقة.

- **الإضاءة المباشرة** .. تتركز كل الطاقة الضوئية إلى أسفل وتستخدم لإضاءة الورش والمخازن والأشغال الدقيقة مثل تركيب وتصليح الساعات والتفصيل والحياكة حيث تكون الاستضاءة عالية على أسطح التشغيل وتكون الفوانيس ذات مصابيح من نوع الفتيلة داخل عواكس معدنية مطلية بمواد لامعة مناسبة وهى ضرورية فى غرف العمليات الجراحية.

هذا إلى جانب أنظمة الإضاءة الرئيسية والتى تعتمد على إنارة المكان بشكل رئيسي وهذه الإضاءة تعمل على تكوين ظلالاً للمكان يتم توظيفها والتعامل معها بأنواع أخرى من الإضاءة.

وهناك الإضاءة التكميلية وهى إضاءة مسطحة ناعمة منتشرة ، الهدف منها إضاءة الظلال الناجمة عن استخدام الإضاءة الرئيسية ، إضافة إلى ذلك فهناك الإضاءة التأسيسية التي تنير المكان كله والإضاءة التأكيدية والإضاءة المرتدة والمنعكسة.

وتعتمد هذه الأنظمة على الوحدات التالية :

- **الفيض الضيائى** .. كمية الإشعاع المرئى الخارجة من منبع مضىء فى الثانية الواحدة ووحدة العنصر الضيائى هو اللومن ويرمز له بالرمز المختصر « Lm».

- **كمية الضوء** .. كمية الضوء الخارجة من مصباح معين فى فترة زمنية معينة « Lm. H » لومن/ساعة ويرمز لها بالرمز المختصر « Q ».

- **القدرة التأثيرية الضيائية** .. خارج قسمة الفيض الضيائي الكلي الخارج من المصباح على القدرة الكهربية الكلية التى يستهلكها هذا المصباح ووحداتها لومن/وات.

- **الاستضاءة** .. كمية العنصر الضيائى الساقطة على كل وحدة مسافة من السطح، أى كثافة الفيض عند السطح لومن/متر٢ « لوكس» ويرمز لها بالرمز المختصر «E».

- **الشدة الضيائية** .. كمية العنصر الضيائى الواقفة على عنصر سطح عمودى على اتجاه معين مقسومة على الزاوية الصلبة المقابلة لهذا السطح عند المنبع ويرمز لها بالرمز المختصر « I ».

- **النصوع** ..كمية الفيض التي تترك « تنفذ من» عنصر سطح يحيط بالنقطة وتنتشر فى الاتجاه المحدد بمخروط عنصري يحتوى على الاتجاه المعين مقسومة على حاصل ضرب الزاوية الصلبة لهذا المخروط ومساحة عنصر السطح مسقطة على المستوى العمودى على الاتجاه المذكور ويرمز له بالرمز المختصر « L ».

(و) نوع الضوء المستخدم :

وهنا يمكن التمييز بين الضوء الحاد الخشن والضوء الناعم ، فالضوء الحاد الخشن يعمل على إبراز التفاصيل ويظهر التباين فيه على خلاف الضوء الناعم الذى يحد من هذا التباين ويقلل من حدة المكان المراد إضاءته ، فإضاءة المسطحات مثل الملاعب تحتاج إلى إضاءة خشنة مباشرة حيث هناك الضوء المركز المباشر الذى يؤدى إلى ظلال واضحة ، وهناك الضوء المنتشر الذى تقل معه هذه الظلال وقد تنعدم أحياناً.

الضوء وتكون الظلال :

إن تكون الظلال هو أحد نتائج انتشار الضوء فى خطوط مستقيمة .. فلنقم بالتجربة التالية وهى تسليط الضوء لمصدر نقطى على مضرب تنس مع استخدام لمبة مصباح صغير لعدم وجود مصدر نقطى تام للضوء حيث يسمح دقة وصغر الشعاع الصادر منها باعتبارها مصدراً نقطياً للضوء.

ولن نرى اللمبة إذا وقفنا خلف الكرة بالمنطقة التى لا يصل إليها الضوء الصادر من اللمبة ويطلق على هذه المنطقة منطقة الظل أو الظل الخاص« الحقيقى» حيث تمنع الكرة الضوء من الوصول ، ونرى على المسطح الذى ينعكس عليه الظل منطقة مظلمة يطلق عليها الظل الساقط لسقوطه على السطح ونستطيع أن نحدد منطقة بين الكرة والسطح لا تخترقها الأشعة الضوئية الصادرة عن اللمبة ونتيجة للشكل الدائرى للكرة فى هذه الحالة يتخذ حجم هذا الحيز شكلاً خاصاً وهو مخروط ظلى .. فإذا استبدلنا الكرة بجسم آخر ذى هيئة مختلفة سيتخذ حجم الظل شكلاً مختلفاً هو الآخر.

أما إذا كان مصدر الضوء مصدراً ممتداً وهو الحال فى أغلب الأوقات كالشمس والمصابيح .. الخ فسيظهر على السطح منطقة حدية بين المنطقة المضاءة والمنطقة الواقعة بالظل وهى منطقة شبه الظل ولا تستطيع العين تمييز الحد الفاصل بين منطقتى الظل وشبه الظل ، وإذا وقفنا بمنطقة شبه الظل ونظرنا فى اتجاه مصدر الضوء سنرى جزءاً من المصدر الممتد .

ويكفى لتمثيل منطقتى الظل وشبه الظل تمثيلاً بيانياً .. مد خطاً مستقيماً ماراً بطرفى اللمبة ونقاط الجسم ، ولن يصل أى مستقيم خارج من نقطة باللمبة إلى منطقة الظل بحيث يقع الجسم بين المصدر ومنطقة الظل مباشرة إليكم دون وجود عائق فى طريقه .. فإذا جلستم بأسفل الطاولة لن تتمكنوا من رؤية الأجسام المرسومة بأعلاها، وفى المقابل تصل بعض الأشعة المنبعثة من المصدر إلى منطقة شبه الظل ، ولن تتمكن العين المستقبلة للضوء من رؤية المصدر إذا وجدت بمنطقة مخروط الظل ولنستبدل اللمبة المستخدمة فى تلك التجربة بالشمس ونستبدل كرة المضرب بالأرض، ولنضيف عنصراً جديداً وهو القمر فستكون الظاهرة الشهيرة كسوف الشمس أو خسوف القمر

إذا دخلت الشمس بالمنطقة المخروطية لظل القمر أو دخل القمر بالمنطقة المخروطية لظل الشمس وتستطيع الاستدلال على موقع مصدر الضوء تبعاً لحجم واتجاه الظل فيرشد ظل المزولة الشمسية عن المسار المنتظم الذى تسلكه بهذه الطريقة ، وبناءً على هذا المفهوم تم صنع الساعات الشمسية.

الضوء وإنارة الملاعب الرياضية :

إن إضاءة الملاعب الرياضية تشكل أهمية خاصة حيث توصى مؤسسات الإضاءة المختلفة بملاحظة مستويات شدة الاستضاءة وعدم وجود ضوء مبهر فى اتجاه النظر، كذلك وضعية الأبراج والأعمدة الحاملة لأجهزة الإضاءة ، فوضعية المنابع الضوئية مهم جداً لأن العديد من الأداءات الرياضية يستلزم رؤية الكرة فى الفراغ ويكون النظر متجهاً لأعلى ، هذا فضلاً عن اختيار أنواع المصابيح الملائمة حيث توجد المصابيح المتوهجة ومصابيح البخار ذات الضغط المنخفض وأنابيب الفلورسنت ومصابيح الهالوجين .....الخ.

ولأن إضاءة الملاعب المفتوحة أو المغطاة ليلاً تحتاج إلى دراية خاصة وخبرة تقنية واسعة لأنه لا تكفى أن تكون الإضاءة شديدة على أرضية الملعب وإنما لا بد وأن تكون هذه الإضاءة أيضاً على ارتفاع مناسب حتى إذا ارتفعت الكرة إلى أعلى يستطيع كل من اللاعب والمدرب والحكم متابعتها بسهولة ووضوح ... لذلك يجب الاستفادة ما أمكن من أصحاب الخبرات المتميزة وخبرات إضاءة الملاعب الرياضية.

لذلك ينبغى أن :

- تكون شدة الإضاءة متساوية وموزعة على جميع أجزاء وجنبات الملعب بحيث يكاد الظلام ينعدم فى كل بقعة فيه تقريباً مع ضرورة تجنب مشكلة الزغللة التي تجهد النظر أو على الأقل الحد منها قدر الإمكان وضرورة عدم وجود أية ظلال للأدوات والممارسين ، وهى فى الكرة الطائرة لا تقل عن منطقة اللعب ما بين ١٠٠٠ - ١٥٠٠ وحدة ضوئية « لوكس» على ارتفاع متر واحد فوق سطح منطقة اللعب مع ضبط زواياها بحيث لا تتعارض أشعتها مع زاوية الرؤية.

- الإضاءة رغم كل الاجتهادات مشكلة مزمنة فى ملاعبنا الرياضية وواحد من أهم العوامل التى تعتمد على الإضاءة بصورة أساسية هو عملية التصوير سواء كان تصويراً خاصاً بالصحافة أو تصويراً للنقل عبر شبكات التليفزيون والفضائيات حيث الشكوى من ضعف الإضاءة وعدم التوزيع الجيد وقلة عدد الكشافات ... الخ بما ينعكس ذلك سلباً على جودة اللقطات المصورة لذا يفضل الاعتماد على التصميم العاكس عند توزيع اللمبات والبعد عن أسلوب التصميم الضوئي بالتحريك.

- العامل الآخر الذي يتحكم فى إضاءة الملاعب الرياضية هو العامل الاقتصادى والذى يرتبط بقيمة الاستهلاك إلا أنه يجب المفاضلة والتصنيف النوعى للمبات المستخدمة فى الإضاءة ، فهناك شركات تعتمد فى تغيير البؤرة الضوئية على العامل البشرى بمعنى أن التحريك يكون بالعين ، فى حين نجد أن شركات أخرى تعتمد على التصميم العاكس حيث لديها ما يقرب من سبعة أنواع من العواكس ، وتوزيع اللمبات فى هذه الحالة يختلف رغم أن المشاهدة تعطيك إحساساً بأنها واحدة ، صحيح أن الجزء الخارجى واحد لكن من الداخل يختلف التوزيع فنقطة الزاوية «الجانب» غير نقطة الوسط «المنتصف»، لذا يجب تجنب التقدير فى تغيير البؤرة الضوئية بالتجميع من مصادر مختلفة بمعنى أن تصنع جزءاً وتجمع الباقى .

- جانب آخر من مشاكل الإضاءة هو تصميم الإضاءة «خاصة الداخلية منها» وكيفية الاستلام النهائى حسب المواصفات .. بمعنى أنه .. من الذى يحدد المواصفات ومن الذى سيحدد صحة هذه المواصفات وأين هى الكفاءة والأجهزة التى تساعد على تنفيذ ذلك ، فهناك معلومات واردة أنه عند الاستعانة بإحدى الشركات المتخصصة فى الإضاءة فإنها تقوم بوضع ما يسمى «بمذكرة تفاهم بين الطرفين» ، ومن المتعارف عليه أن هذا النوع من التعاقدات غير ملزم قانوناً بمعنى أنه عند حدوث أى خلل أو إشكال فنى ضوئى لا يتمكن الطرف المستلم من مطالبة الجهة المنفذة أو مقاضاتها لعدم وجود شروط جزائية تحكم ذلك ، وهنا يوصى بأهمية الاستلام النهائي طبقاً للمواصفات القياسية المعمول بها فى هذا الشأن وذلك بالاعتماد على الكفاءات المدربة من ذوى الخبرة مع الاستعانة

بأحدث الأجهزة المخصصة لذلك ، وعليه يجب اتباع الخطوات التالية عند تصميم الإضاءة الداخلية :

(أ) الغرض من التصميم والمواصفات من حيث :

- **نوعية المهام الإبصارية** .. وهى الرؤية البصرية فى الكرة الطائرة أثناء التدريب أو التنافس داخل صالة الألعاب الرياضية.

- **جودة الإضاءة المطلوبة**.. من حيث فعاليتها فى إظهار أمانة عالية للألوان بحيث تظهر هذه الألوان على حقيقتها وفى نفس الوقت لا تتسبب فى أى تغيير أو بهتان للمنظومة اللونية للعبة .

- **كمية الإضاءة المطلوبة** .. وتحسب بوحدات اللوكس داخل الأماكن والحيزات المختلفة وترتبط بالأجسام والأشياء المراد مشاهدتها وهى فى صالة الألعاب الرياضية « وخاصة لعبة الكرة الطائرة» تكون ما بين «٥٠٠ – ١٥٠٠ لوكس» وهى تمثل الحدود الصغرى والكبرى لشدة الاستضاءة بغض النظر عن الجسم داخل الحيز المضاء.

- **نوعية الجو المحيط بالمنطقة المراد إضاءتها** من حيث درجة التلوث ويمكن تصنيف مدى هذا التلوث إلى خمس درجات على النحو التالى :

Very Clean	V C	نظيف جداً
Clean	C	نظيف
Medium	M	متوسط
Dirty	D	متسخ
Very Dirty	V D	متسخ جداً

- **وصف المساحة والمنطقة المراد إضاءتها** .. مثل أبعاد هذا المكان ومعامل انعكاس الحوائط والأسقف والأرضيات وأوضاع مستوى التشغيل وكذا عدد ساعات التشغيل فى اليوم الواحد.

. **اختبار المصابيح المناسبة** .. فالمصباح الكهربى أيا كان نوعه ليس إلا أداة لتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ضوئية من خلال مرور تيار كهربي عبر وسط قد يكون صلباً «المصابيح الفتيلية» مثل المصباح المتوهج ومصباح التنجستين، هالوجين أو سائلاً « مصباح قوس الكربون» أو غازياً «مصابيح التفريخ الغازى» مثل المصباح الفلورى - مصباح الصوديوم ذو الضغط المنخفض والعالى - مصباح الهاليد المعدنى - مصابيح الزئبق ذات الضغط العالى .

ويختلف كل مصباح عن الآخر من حيث التصميم والأداء حسب الغرض من استخدام المصباح ، فهناك مصابيح للأغراض الطبية أو أغراض الإشارة وكذا التصوير والسينما ، كما أن هناك مصابيح لأغراض الإنارة ومنها إضاءة الملاعب أو الصالات الرياضية .

والذي يهمنا هنا هى تلك المصابيح التي تستخدم أساساً لغرض الإنارة أى كمصدر للإضاءة الاصطناعية والتى يمكن تصنيفها إلى :

(١) المصباح المتوهج :

يجب أن تكون لمادته الفتيلية الخواص الآتية .. «درجة انصهار عالية ضغط بخار منخفض ، متانة عالية ، خصائص إشعاع ومقاومة كهربية مناسبة» ولذلك فإن القدرة التأثيرية الضيائية للمصباح المتوهج تعتمد أساساً على درجة حرارة الفتيلة، كما يعتمد عمر المصباح أساساً على هذه الدرجة وأن التوصل إلى التوافق بين عمر المصباح وبين قدرته الضيائية هى مسألة اختيارية .. فإطالة العمر يعنى إضاءة ضعيفة والحاجة إلى عدد أكبر من المصابيح واستهلاك عال للطاقة الكهربية فى حين أن رفع القدرة الضيائية يؤدى إلى معدل كبير فى تبديل المصابيح وبالتالى إلى زيادة كبيرة فى ثمن الإضاءة ، وقد وجد أن ١٠٠٠ ساعة كعمر للمصباح هو التوافق الأمثل بين العمر والقدرة الضيائية حيث أن هذا الرقم يحقق أقل تكلفة لكل وحدة قدرة ضيائية، ولا شك أن أضواء الفلورسنت تعتبر اقتصادية مقارنة بالأضواء المتوهجة، فهى غالباً ما تمدنا بكمية من الضوء تعادل

ثلاث مرات كمية الضوء التى تمدنا بها هذه الأضواء المتوهجة عند تساويهما فى كمية الكهرباء المستهلكة ، وتتميز كذلك كونها تعطى ضوءاً منتشراً مريحاً للنظر ذى قدرة على تقليل الظلال فضلاً عن أن الحرارة الناتجة منه تكون أقل من تلك الناتجة عن الأضواء المتوهجة.

إن مصابيح الفلورسنت ذات اللون الأبيض البارد تجعل المنظومة اللونية للكرة الطائرة تظهر غالباً كما هي فى ضوء النهار ، أما المصابيح الكهربائية ذات اللون الأبيض الدافئ فتمدنا بضوء دافئ يقترب فى لونه من الضوء الناتج من المصابيح المتوهجة ، وعليه يجب الحرص عند اختيار مصابيح الفلورسنت وللحصول على أحسن لون يجب الاهتمام باستبدال المصابيح المحترقة ببديل من نفس اللون والنوع للاستمرار فى المحافظة على تأثير المنظومة اللونية الأصلية وتجانسها.

(٢) مصابيح الزئبق ذات الضغط العالي :

تستخدم لإنارة الشوارع والمراكز التجارية والمناطق السكنية والورش والمصانع وتتراوح عمرها بين ١٦٠٠٠ - ٢٤٠٠٠ ساعة ولا تتأثر بعمليات البدء إذا كانت عدد ساعات الإضاءة بين كل عملية فى حدود الساعتين.

(٣) المصابيح الفلورية :

رغم أن أغلب المصابيح الفلورية لها أنبوبة مستطيلة الشكل إلا أنه توجد مصابيح لها أنبوبة على شكل حرف U أو دائرية الشكل ، ويعتمد لون ضوء المصباح الفلورى وقدرته الضيائية على نوع المادة المتفسفرة المستخدمة فى كسر الأنبوبة الزجاجية وعلى نوع المواد النشطة لرفع الكفاءة الفلورية.

إن أكثر المصابيح الفلورية استخداماً هى المصابيح ذات اللون الأبيض وهناك عدة أنواع من الضوء ذات اللون الأبيض :

صفة البياض	القدرة الضيائية (لومن/وات)	دليل أمانة الألوان
أبيض بارد	80	67
أبيض بارد دى لوكس	55	85
أبيض دافئ	80	55
أبيض دافئ دى لوكس	55	77
أبيض	80	61
ضوء النهار	67	75

إلا أن اختيار اللون الأبيض المناسب يتوقف على غرض الإضاءة والأهمية النسبية التى تعطى لكل من القدرة الضيائية وأمانة نقل الألوان ومظهر الضوء «هل هو أقرب إلى ضوء النهار أو إلى ضوء المصباح التوهجي» فمثلاً يستخدم المصباح ذو الضوء الأبيض البارد وهو أكثر الألوان استخداماً فى المصانع والمكاتب والمدارس حيث له قدرة ضيائية عالية وأمانة نقل ألوان جيدة ، أما المصباح الأبيض البارد دى لوكس فضوؤه أقرب إلى ضوء النهار الطبيعى من حيث المظهر وأمانة نقل الألوان ولذلك فهو يستخدم فى المحلات «ملابس وأقمشة وزهور ... الخ».

(٤) مصابيح الصوديوم :

المصابيح ذات الضغط المنخفض تتميز بأعلى قدرة تأثيرية ضيائية « ١٣٣ - ١٨٥ لومن/وات» بين جميع المصابيح التى تستخدم لأغراض الإضاءة المستمرة ولكنها فى نفس الوقت أسوأهم من ناحية أمانة نقل الألوان «٤٥» حيث لا يمكن أبداً معها تمييز الألوان على ضوئها لذلك فهى تستخدم أساساً للإضاءة الخارجية ذات الأماكن التى تحتاج إلى قدرة ضيائية عالية دون الحاجة إلى أى أمانة فى نقل الألوان مثل الشوارع والموانئ والمطارات ومعابر الخطوط الحديدية والمحاجر .. الخ.

وقد أوضحت النتائج المستخلصة من التجارب أن البهر الناتج من هذه المصابيح أقل إزعاجاً من البهر الناتج من المصابيح الأخرى ويصل عمرها إلى ١٥٠٠٠ ساعة وتتراوح قدرته بين ٣٥ . ١٨٠ وات.

(٥) مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالي :

قدرتها الضيائية عالية «١٢٠ لومن/وات» ومعامل متوسط لأمانة نقل الألوان «٢٣» لذلك فإن استخدامها يكون مناسباً جداً عندما تكون الاعتبارات الاقتصادية أهم بكثير من متطلبات الأمانة فى نقل الألوان ، لذا فهى تستخدم بكثرة فى الإضاءة الخارجية كالشوارع ، وعمر المصابيح الحديثة منها تصل إلى ٢٤٠٠٠ ساعة ، وهى تحتاج إلى بادئ إلكترونى خاص لتوليد نبضات جهد ذات تردد عال ومركبة على جهد المنبع ، وبعد البدء تحتاج إلى ست دقائق لتصل تدفقها الضيائى إلى ٨٠ ٪ من قيمتها، ونظراً لوجود ضغط بخار مرتفع أثناء التشغيل المستمر فهى تحتاج بعد إطفائها لحوالى ثلاث دقائق لإعادة تشغيلها.

(٦) مصابيح التنجستين - هالوجين :

رغم أن هناك صعوبات تقنية ما زالت تحول دون إنتاج مصباح تنجستين - هالوجين يكون له قدرة أقل من ٣٠٠ وات ويعمل بجهد ٢٢٠/١١٠ فولت لاستخدامه فى الإضاءة المنزلية إلا أن هذا النوع من المصابيح له استخدامات أخرى كثيرة وخاصة تلك التى تحتاج إلى قدرة صغيرة وإضاءة عالية للنصوع وأمانة عالية لنقل الألوان، وأهم هذه الاستخدامات هى إضاءة أجهزة السينما وأجهزة تسليط الشرائح ومصابيح السيارات والإضاءة فى المسارح والإضاءة الخارجية ونقل الإذاعات الخارجية على التليفزيون وكذلك عروض الصوت والضوء فضلاً عن الإضاءة الغامرة للملاعب الرياضية .. فهى أنسب أنواع مصابيح إنارة الملاعب والصالات الرياضية وبصفة خاصة أثناء التدريب أو التنافس فى الكرة الطائرة حيث يحتوي بالإضافة إلى الغاز الخامل على كمية

صغيرة من أحد الهالوجينات « الفلور – الكلور – البروم – اليود» التى تولد دورة استرجاع التنجستين – حيث أنه من المعروف أن تبخر التنجستين يؤدى إلى ظاهرة التسويد وأن وجود الغاز الخامل يقلل هذه الظاهرة ، كما أن هذا التسويد يخفض القدرة الضيائية للمصباح ويتسبب أيضاً فى ارتفاع درجة حرارة البصيلة «نتيجة لامتصاص الإشعاع الحرارى» مما يضع حداً أدنى لحجم البصيلة بالنسبة للقدرة المقننة للمصباح ، وقد أمكن التغلب تماماً على هذه الظاهرة فى مصباح التنجستين هالوجين حيث أدت هذه المزايا به إلى إطالة عمره إلى ضعف عمر المصباح المتوهج أى «٢٠٠٠ ساعة» وإلى زيادة القدرة الضيائية إلى «٢١ لوبن / وات» مع الاحتفاظ بأمانة نقل ألوان عالية « ١٠٠».

إن هذا النوع من المصابيح يتميز باحتياجه إلى قدرة صغيرة وإضاءة عالية للنصوع وأمانة عالية لنقل الألوان ، وبالتالى فهو أفضل أنواع المصابيح استخداماً فى الإضاءة الغامرة للملاعب ذات التأثير الإيجابى فى المنظومة اللونية للكرة الطائرة.

(ب) عوامل فقد ضوئى لا يمكن استعادته أو التحكم فيه بواسطة الصيانة من حيث :

– درجة حرارة مصابيح الإضاءة .. وقد لوحظ أن تغيير درجة حرارة المكان المضاء لا يؤثر على أغلب أنواع المصابيح إلا المصابيح الفلورية فهى تتأثر بشدة بأى تغيير فى درجات الحرارة المحيطة بها ، وكل وحدة مكونة من مصباح فلورى وناشر الضوء الخاص بها لها منحنى خصائصى مميز يبين العلاقة بين الفيض الضيائى ودرجة الحرارة المحيطة .

– جهد مصابيح الإضاءة .. فنجد أن المصابيح ذات الفتيلة المتوهجة تتأثر بشدة بتغيير الجهد المسلط عليها ، فتغيير جهد مقداره ١ ٪ يؤدي إلى تغيير كمية الفيض الضيائي مقداره ٣ ٪ ، فى حين أن المصابيح الفلورية تعطى

تغييراً مقداره ١ ٪ فقط فى الفيض الضيائى نتيجة لتغيير مقداره ٢,٥ ٪ فى الجهد المقنن.

- عامل كابح التيار .. حيث يتأثر الفيض الضيائي للمصباح بشدة إذا كان كابح التيار المستخدم فى دائرة هذا المصباح غير مناسب.

- تناقص الإضاءة الناتج عن تغيير طبيعة سطح ناشر الضوء .. حيث أن أى تغيير فى خواص المواد المستخدمة فى صناعة ناشر الضوء يؤدى إلى نقص فى الفيض الضيائى المنبعث منه ، وقد لوحظ أن خواص الزجاج أو الصينى أو الألمونيوم لا تتغير مع الزمن ، بينما تتغير خواص المينا والدهانات الأخرى وجميع أنواع اللدائن إلى حد ما مع مرور الزمن غير أنه لا يوجد حتى الآن أى عامل مناسب لوضع هذا التغيير فى الاعتبار.

(ج) عوامل فقد ضوئى يمكن استعادته أو التحكم فيه بواسطة الصيانة من حيث :

- مقدار اتساخ سطح الأماكن المضاءة .. وقد وجد أن تراكم الأتربة على حوائط وأسقف المكان المضاء يؤدى إلى انخفاض كمية الإضاءة المنعكسة من هذه الأسطح وبالتالى انخفاض الرؤية.

- احتراق المصابيح .. فعندما يكون نظام الإضاءة جديداً فإن معدل احتراق المصابيح يكون صغيراً جداً فى أول الأمر ولكن ، ومع تقادم النظام واقتراب المصابيح من انتهاء عمرها الافتراضى يزداد هذا المعدل زيادة كبيرة بحيث يؤدى إلى انخفاض كبير فى مستوى الاستضاءة إذا لم يتم استبدال المصابيح المحترقة أول بأول ، وعموماً فى أى نظام ضيائي فإنه من الجائز أن يسمح بوجود عدد معين من المصابيح المحترقة فى الفترة المحصورة ما بين عمليتى صيانة ، ولذلك يعرف عامل احتراق المصابيح «*Lamp burnouts-L B O*» بأنه النسبة بين المصابيح المضاءة فعلاً والعدد الكلى للمصابيح وذلك لأقصى عدد مسموح به من المصابيح المحترقة.

- انخفاض الفيض الضيائى المنبعث من المصابيح نتيجة التقادم "الاستعمال" فهناك عدة عوامل متأصلة فى تصميم وتشغيل أى مصباح تؤدى إلى تقادمه أى إلى انخفاض مستمر فى الفيض الضيائى الذى يعطيه خلال عمره الافتراضى، ويحدد المصنع المنتج للمصباح العمر العملي لكل نوع من أنواع المصابيح ، ويقصد بالعمر العملى للمصباح بأنه الفترة الزمنية التي يستخدم فيها المصباح بحيث لا تقل قدرته التأثيرية الضيائية فيها عن حد معين وإذا نقصت عن هذا الحد يعتبر عمر المصباح قد انتهى ويجب استبداله بمصباح جديد ، كما يحدد الصانع معياراً لانخفاض الفيض الضيائى بالتقادم يعرف بعامل انخفاض الفيض الضيائى «*Lamp Lumen Depreciation – LLD*».

- انخفاض الفيض الضيائى المنبعث من ناشر الضوء نتيجة لاتساخه حيث يؤدى اتساخ ناشر الضوء إلى انخفاض فى الفيض الضيائى وتقدر قيمة هذا الانخفاض بعامل خاص يعرف بالانخفاض الاتساخى لناشر الضوء «*Luminaire Dirt Depreciation – LDD*» ، كما أن نواشر الضوء تنقسم إلى ٦ فئات على حسب درجة الصيانة المطلوبة أى على حسب قابليتها للاتساخ، ويقوم الصانع بتحديد فئة الناشر ولكل فئة توجد علاقة بين عامل الاتساخ ومعدل التنظيف وذلك لكل درجة من درجات التلوث المحيط.

(د) الحسابات من حيث :

- عامل الفقد الكلى « LLF» .. وهو حاصل ضرب جميع العوامل السالفة الذكر بدءاً من درجة حرارة مصابيح الإضاءة حتى انخفاض الفيض الضيائى المنبعث من ناشر الضوء نتيجة لاتساخه ، ويلاحظ أنه عندما يصعب الحصول على عامل من هذه العوامل فإنما نفرض قيمته تساوى الواحد الصحيح ، وإذا لاحظنا أن العامل LLF صغيراً جداً بالنسبة للواحد الصحيح فيجب مراجعة التصميم باستخدام نوع آخر من المصابيح تحديد عدد المصابيح الضيائية وشدة كلاً منها .. ويتم ذلك من خلال :

- متوسط الاستضاءة على سطح مستوى التشغيل هي $E = Q_S/A$ حيث «A» هي مساحة سطح التشغيل ، Q_S هو الفيض الضيائي الكلى ، وحيث أن جزءاً فقط من هذا الفيض يصل مستوى التشغيل فإنما نعرف عامل جديد يسمى عامل الانتفاع « *Coefficient of Utilization - CU* » وهو يمثل ذلك الجزء من الفيض الذي يسقط فعلاً على مستوى التشغيل فتصبح الاستضاءة $E = Q_S.CU/A$.

- بإدخال عامل الفقد الكلى فى الاعتبار تصبح الاستضاءة $E = Q_S.CU.$ LLF/A وفى حالة استخدام عدد N من المصابيح للحصول على فيض ضيائى كلى مقداره Q_S تصبح الاستضاءة $E = NQ.CU.LLF/A$ حيث Q هو الفيض الضيائى لكل مصباح .

- معاملات الانعكاس الفعالة .. وهناك معاملان الأول يسمى معامل انعكاس الفجوة السقفية الفعال «*Effective Ceiting Cavity Reflectance - PCC*» والثانى يسمى معامل انعكاس الفجوة الأرضية الفعال :

«*Effective Floor Cavity Reflectance - PCC*».

- معامل الانتفاع للمصابيح .. إن كمية الطاقة الضوئية الممتصة فى ناشر الضوء المستخدم تؤخذ فى الاعتبار ضمنياً ، ويجب أولاً اختيار نوع الناشر المستخدم ثم النسبة الفجوية للغرفة RCR ثم معامل انعكاس الفجوة الفعالة لحجمية السقف ومعامل انعكاس الحوائط PW .

- تحديد أماكن مصابيح الإضاءة .. يجب عند توزيع الثريات داخل الحيز المطلوب إضاءته أن نأخذ فى الاعتبار انتظام الإضاءة فى الأماكن المختلفة بداخله وذلك بإضافة الشكل الجمالي لها ، ويجب ألا تقل الاستضاءة عند أى نقطة عن القيمة المحددة عند بداية التصميم ، ويعتبر انتظام الإضاءة مقبولاً إذا كانت الاستضاءة عند أى نقطة داخل الحيز المضاء لا تزيد ولا تقل عن ١٥ ٪ من قيمة التصميم وإذا كانت الاستضاءة ضعيفة عند ملتقى الحوائط بالسقف فيمكن تفادى ذلك بوضع عدد أكبر من المصابيح داخل الثريات القريبة من الحوائط.

- مراجعة الإضاءة بعد التصميم .. يجب مراجعة صحة التصميم من حيث مواءمة الإضاءة داخل الحيز المضاء للغرض الذى تستخدم فيه ويتم ذلك عن طريق القياس العملى لمستويات الإضاءة داخل هذا الحيز ومراجعة العوامل التى استخدمت أثناء التصميم .

مما سبق ، وتأسيساً على ما تقدم من خطوات متسلسلة لتصميم إضاءة يكون التصور الضوئى « كنموذج توضيحى مقترح « لصالة الألعاب الرياضية «ملعب كرة طائرة» على النحو التالى :

حساب الإضاءة الداخلية
لصالة ألعاب مغطاة أبعادها ٢٨×٥٦م

بريزة تليفون للاتصال الداخلى	
لوحة توزيع تليفون	
بريزة تليفون للاتصال الخارجى	
بريزة عادية قوة ١٠ أمبير – ٢٥٠ فولت	
بريزة تكييف	
بريزة قوى	
وحدة إضاءة خارجية مثبتة على الحائط	
مفتاح سكة واحدة	
مفتاح سكتين	
مفتاح دفياتير	
وحدة إضاءة خارجية معلقة بالسقف	
كشافات فلورسنت ٤ × ٤٠ وات	
مخرج لمبة عادية	
كشاف هالوجين ١٠٠٠ وات معلقة بالسقف	
زر جرس	
مبين أجراس	
إنذار حريق	
صندوق إنذار يدوى (اكسر الزجاج)	
مخرج مروحة سقف	
جهاز تكييف	
مروحة سقف	
لوحة توزيع فرعية للإنارة	
لوحة توزيع عمومية للإنارة	
لوحة توزيع القوى	
جرس للتنبيه عن الحريق	

وباستخدام قيم استضاءة موصى بها «٥٠٠ لوكس» ، وباختيار مصابيح هالوجين «١٠٠٠ وات» للمصباح الواحد.

$$\text{شدة الاستضاءة} = \frac{\text{الفيض الضوئي}}{\text{المساحة}}$$

وحيث أن جزء من الفيض يصل إلى مستوى التشغيل فيمكن تعريف معامل يسمى (معامل الانتفاع) يتوقف على نوع الناشر المستعمل ومدى تلوث الجو المحيط بالمكان المراد إضاءته والمعدل المتوقع لتنظيف السقف والحوائط والأرضية بالإضافة إلى معاملات انعكاس الأرضية والحوائط. ونفترض أن معدل الانتفاع فى هذه الحالة ٠,٥٨

ونفترض أن:

معامل اتساخ الصالة (انخفاض مستوى الإضاءة نتيجة اتساخ الحوائط والسقف والأرضية)

= ٠,٩٥

معامل انخفاض الفيض الضوئي (نتيجة تقادم المصباح)

= ٠,٩٥

معامل الاحتراق (نسبة المصابيح المضاءة إلى العدد الكلى للمصابيح)

= ٠,٨٥

معامل اتساخ المصابيح (نتيجة إلى اتساخ ناشر الضوء)

= ٠,٩٠

معامل انخفاض الجهد (يؤدى إلى تغيير في خواص المصباح)

= ٠,٩٠

معامل الفقد الكلى = ٠,٩٥ × ٠,٩٥ × ٠,٨٥ × ٠,٩٠ × ٠,٩٠

معامل الفقد الكلى = ٠,٦٢

$$\text{شدة الاستضاءة} = \frac{\text{عدد المصابيح} \times \text{الفيض الضوئى} \times \text{معامل الانتفاع} \times \text{معامل الفقد الكلى}}{\text{المساحة}}$$

$$\text{عدد المصابيح} = \frac{\text{شدة الاستضاءة} \times \text{المساحة}}{\text{الفيض الضوئي لكل مصباح} \times \text{معامل الانتفاع} \times \text{معامل الفقد الكلى}}$$

حيث أن الفيض الضوئي لكل مصباح = القدرة الضوئية التأثيرية «هالوجين – تنجستين ذات أمانة ألوان عالية تعادل ٢١ « × القدرة الكهربية والتي تعادل ١٠٠٠ وات

$$\text{عدد المصابيح لصالة الألعاب المغطاة} = \frac{٥٦ \times ٢٨ \times ٥٠٠}{١٠٠٠ \times ٢١ \times ٠,٥٨ \times ٠,٦٢}$$

عدد المصابيح = ١٠٤ مصباح

$$\text{عدد المصابيح لمدرجات الجمهور} = \frac{٥٦ \times ١٦ \times ٥٠٠}{١٠٠٠ \times ٢١ \times ٠,٥٨ \times ٠,٦٢}$$

عدد المصابيح = ٦٠ مصباح

حساب هذه الإضاءة الداخلية لصالة الألعاب المغطاة تمت على أساس استضاءة تقدر بـ ٥٠٠ لوكس وهي أقل استضاءة لصالة الألعاب وفقاً لجدول المقاييس العالمية للاستضاءة لمثل هذه الصالات ، وحيث أن قانون الاتحاد الدولي للكرة الطائرة ينص على أن تكون الاستضاءة المناسبة هى ١٥٠٠ لوكس على بعد ١ متر من سطح الأرض وهي ما يطلق عليها الفجوة الأرضية ، فيراعى تعديل قيم هذه الاستضاءة «١٥٠٠ لوكس» عند استخدام هذا التصور المقترح .

وقد روعى عند توزيع المصابيح الكهربية أن يترك ربع مساحة الصالة من الجانبين .

المستند الأفقي للرسيك الخرسانية لصالة العاب مغلقة