الفهرس

مقدمة عامة 5

الفصل الأول:مفهوم الإنارة

1-1 أهمية الإنارة..... 8
2-1 لمحة تاريخية 8
3-1 الإنارة الطبيعية 9
4-1 الإنارة الصنعية 9
5-1 الإنارة بالكهرباء 10
6-1 تعاريف عامة..... 11
7-1 مفهوم الإنارة الخارجية..... 12

الفصل الثاني:إنارة الملاعب

1-2 أهمية إنارة الملاعب..... 15
2-2 متطلبات أساسية في إنارة الملاعب 16
3-2 شروط الإنارة الجيدة في المنشات الرياضية 17
4-2 نوع و جودة الإنارة في الملاعب 17
5-2 البهر في الملاعب 18
6-2 مستوى الإنارة في الملاعب 18
7-2 وحدات الإنارة و المصابيح المستخدمة في إنارة الملاعب 18
8-2 أعمدة الإنارة 19
9-2 الطرق المعتمدة في إنارة الملاعب 21
10-2 تصميم الإنارة العملي 23
11-2 طريقة حساب توزيع الإنارة في الملعب 26

الفصل الثالث: شرح استخدام برنامجي Dialux وCalculux

3-1 شرح إستخدام برنامج Calculux 32
3-2 شرح إستخدام برنامج Dialux 41

الفصل الرابع: تنفيذ إنارة الملعب البلدي في اللاذقية باستخدام البرامج الحاسوبية

4-1 دراسة الوضع الراهن باستخدام برنامجي Calculux وDialux 53
4-2 الدراسات من اجل تحسين الواقع الحالي باستخدام برنامج Calculux 58

الخاتمة و التوصيات 70
الملاحق 71
المراجع 73

مقدمة عامة

ظهر علم الإنارة الكهرباء منذ أول مصباح كهربائي تم اكتشافه من قبل العالم توماس إديسون و قبل إن يتوصل إلى اختراع المصباح الكهربائي فقد كانت عدد المحاولات الفاشلة التي قام بها حوالي 10000 محاولة و من هنا تأتي أهمية هذا العلم حاليا فقد أصبح له مجاله الخاص في هندسة الكهرباء.

من المعلوم أن الإنارة الخارجية للملاعب هي علم قائم بذاته ولابد من القيام بدراسات دقيقة للحصول على توزيع جيد لأجهزة الإنارة وتأمين انتظام وسويات إنارة حسب النظم العالمية.

يجب توفر الإضاءة المناسبة في الملاعب لكي توفر للاعبين سهولة الرؤية والحركة في ساحة الملعب, كما يجب أن تكون كافية بحيث تتمكن كاميرات المراقبة والتصوير التلفزيوني من تسجيل المباريات بدقة ووضوح، والشرط المهم هو عدم تشكل الظلال المزعجة للاعبين نتيجة عدم توزيع الأجهزة بشكل منتظم في ساحة الملعب، ومن ناحية أخرى يجب أن يكون الضوء الصادر من الأجهزة غير مبهر ولذلك توضع المصابيح على ارتفاعات عالية.

ويجب أن يكون لون الضوء شبيهاً بضوء النهار وذا كثافة فيض كبيرة من أجل الاستطاعة أي مردود عالٍ وأفضل نوع واجب استخدامه مصابيح الميتال هاليد ذات الإستطاعات حسب مساحة الملعب.

ولإجراء الحسابات السريعة لمعرفة سويات الإنارة في نقاط معينة يلجأ إلى القوانين المستخدمة في حسابات الإنارة الموجهة وحديثاً تستخدم الحاسبات الالكترونية في عملية الحساب, وتختلف شروط الإنارة في الملاعب حسب طبيعة هذه الأماكن, سواء التي تستخدم للمباريات المحلية أو الألعاب الأولمبية أو الدولية, لذا قامت بعض النظم الوطنية والدولية والمتعارف عليها بتحديد سويات الإنارة الأفقية والشاقولية لأجل مختلف أنواع الملاعب الرياضية, فمثلاً حددت المواصفات الألمانية سوية عمودية 1000 Lux وسوية أفقية 1500 Lux .

فكرة عن المشروع

سبب إعداده:

جميع المشاريع و الكتب و المراجع الموجودة حاليا تناولت مفهوم الإنارة و الإنارة الداخلية و الإنارة الخارجية لواجهات المتاجر و إنارة اللوحات الإعلانية و إنارة الشوارع و الأنفاق بشكل مسهب و بكثير من التفصيل وتم أيضا التطرق كثيرا لإستخدام البرمجيات في الإنارة مثل برنامج Dialux.

إنما لم يكن لإنارة الملاعب الرياضية حصة وافرة من الشرح حيث لإنارة الملاعب أهمية كبيرة و تحتاج لكثير من الدراسة ومن هنا جاءت فكرة المشروع الذي يضم كل ما يحتاجه مهندس الإنارة حول إنارة الملاعب الرياضية من أساسيات لا بدى منها و كيفية تطبيقه بواسطة البرامج الحاسوبية مع لمحة عن بعض التعاريف و الحسابات اليدوية التي يجب معرفتها من حيث المبدأ. حيث تم التطرق فيه بداية لمفهوم الإنارة بشكل عام و من ثم الحديث عن إنارة الملاعب الرياضية و الاعتبارات الأساسية الواجب التقيد بها و بعد ذلك شرح برنامجي Dialux و Calculux في إنارة الملاعب الرياضية.

و كمثال عملي جرى دراسة و تصميم إنارة الملعب البلدي في اللاذقية باستخدام برنامجي Calculux و Dialux و الحصول على نتائج الوضع الراهن و من ثم محاولة تحسين الإنارة عن طريق تغيير زاوية الناشر أو تغيير نوع المصابيح المستعملة و المقارنة بين النتائج التي حصلنا عليها لإختيار الحالة الأفضل.

محتويات المشروع:

يتضمن المشروع أربعة فصول بالإضافة إلى الخاتمة والتوصيات:

الفصل الأول: يتطرق بشكل مختصر أهمية الإنارة و أهم التعاريف في علم الإنارة.

الفصل الثاني: يعرض أهمية الإنارة الخارجية و إنارة الملاعب الرياضية و الشروط الواجب التقيد بها و بعض من الطرق المستخدمة في إنارة الملاعب.

الفصل الثالث: و يعرض شرح مفصل لاستخدام كل من برنامجي Calculux و Dialux لتفيذ إنارة ملعب كرة القدم.

الفصل الرابع:و يعرض لتنفيذ إنارة الملعب البلدي في اللاذقية بواسطة برنامجي Dialux و Calculux و الحصول على نتائج الوضع الراهن ومن ثم يعرض اقتراحات لتحسين توزع الإنارة في الملعب عبر تغيير زاوية الناشر و تغيير نوع المصابيح المستخدمة و أخيراً الخاتمة والتوصيات .

الفصل الأول
مفهوم الإنارة

مقدمة:

الإنارة lighting هي إسقاط ضوء على سطوح الأشياء يمكّن من رؤيتها بالعين المجردة أو من تبيّن شكلها وتسجيل وجودها بوسائل أخرى تتحسس بالضوء. والضوء المرئي إشعاع طاقة حرارية على شكل موجات كهرومغناطيسية، تنتشر في الفراغ بسرعة ثابتة قدرها 3×10^{8} m/s وبتواتر محدد بين 4×10^{14} هرتز و 7.5×10^{14} هرتز أي إن أطوال تلك الموجات تتراوح بين 400 نانومتر (الضوء البنفسجي) و 750 نانو متر (الضوء الأحمر) في مجال الطيف الكهرومغناطيسي الذي يتألف من الألوان: البنفسجي فالأزرق فالنيلي فالأخضر فالأصفر فالبرتقالي فالأحمر. أما الإشعاعات الضوئية التي لا تحس بها العين فهي خارج الطيف المرئي، وقد تكون موجاتها أقصر كالأشعة فوق البنفسجية، أو أطول كالأشعة تحت الحمراء، ولا يمكن كشف هذه الإشعاعات إلا بوسائل خاصة كأجهزة التصوير وغيرها.

1-1 أهمية الإنارة:

تكمن أهمية الإنارة في أن البشر يلتمسون المعرفة ويحصلون على القسم الأعظم من معلوماتهم عن العالم المحيط بهم بطريق الرؤية أو الإبصار، كما أن الإنارة تسهم في تحقيق الاستقرار النفسي للإنسان في عمله وفي أوقات راحته إلى جانب إسهامها في المحافظة على صحة الإنسان وسلامته. فعندما تكون الإضاءة حسنة والرؤية جيدة يزداد مردود العمل ويتحسن نوعه وتتناقص إصابات العمل وأخطاؤه، وتنخفض حوادث الطرق وتتحسن أحوال المعيشة. ولا شك في أن الإنفاق على تحسين شروط الإنارة كبير الجدوى وسريع التعويض اقتصادياً. والإنارة النموذجية rational هي الإنارة التي تستجيب لمتطلبات الصحة والاقتصاد معاً، وهي مسألة معقدة جداً وتدخل في صميم مهمات هندسة الصحة العامة. وتعد المتطلبات الصحية المنطلق الأساسي في دراسة خصائص الرؤية عند الإنسان مثل حساسية العين للضوء وقدرتها على تمييز الألوان والتباين، وحدة البصر، وسرعة الإدراك البصري، وثبات الرؤية الواضحة، فالإضاءة الجيدة توفر شروطاً ملائمة للعيش ولممارسة مختلف الأنشطة الإنسانية، وعند إضاءة أماكن العمل إضاءة مقبولة تراعى، على سبيل المثال، درجة الدقة في تنفيذ العمل المطلوب، وتباين الأشياء عن خلفياتها، وضرورة تمييز القطع السريعة الحركة أو البعيدة، ومدة الأعمال المنفذة والأخطار التي قد تنجم عن تعب العين إضافة إلى ضرورة تجنب البهر وضرورة توزيع الضوء توزيعاً عادلاً فوق السطوح وفي المحيط المجاور لمكان العمل، وكذلك اختيار الطيف الضوئي المناسب والمريح للعين وتوجيه سقوطه توجيهاً صحيحاً. أما الإنارة السيئة فقد تسبب في حدوث إصابات مرضية مختلفة في العين وإصابات جسمية متنوعة إلى جانب إرهاق البصر والإرهاق العام وما ينتج عنها جميعاً من سوء إنتاج وتعب نفسي. والإضاءة إما أن تكون طبيعية أو صنعية أو مختلطة.

1-2 لمحة تاريخية

برزت حاجة الإنسان منذ عصور ما قبل التاريخ إلى سد نقص الإضاءة الطبيعية بالإضاءة الصنعية فاستغل النيران والمشاعل والشموع والسرج والمصابيح وغيرها، وكانت الغاية من استخدام الأضواء الصنعية منذ البداية توفير إمكان الرؤية في الظلام من جهة، وتحقيق المؤثرات البصرية طبقاً لحاجة الإنسان من جهة أخرى. ولقد تطورت تقنيات الإضاءة مع تطور قدرة الإنسان على التحكم في النيران، وتوصله إلى مصادر للضوء ذات فعالية ومردود كبيرين، وإلى إيجاده الوسائل المناسبة للتحكم فيها، فوضع الشمعة على شمعدان ليزيد في ضيائها ويضفي جمالاً على نورها بتزييناته الزجاجية الموشورية، وركب للسراج أو المصباح الزيتي عدداً من العاكسات تساعد على تركيز الضوء، واستعمل فيه فتيلاً من القطن قابلاً للضبط، وجعل للمصباح منافذ تسمح بمرور تيار من الهواء يوفر له أكبر كمية من الأكسجين اللازم للاحتراق كما في مصباح أرغاند Argand سنة 1784م، وركب له زجاجة أسطوانية (بلّورة) مكوّرة الوسط تزيد من تركيز الإضاءة، وبعد اكتشاف النفط استبدل بالزيت الكيروسين (زيت الكاز) وزيت البارافلين لتحسين نوعية

الاحتراق، وأدى ذلك كله إلى الحصول على مصابيح سهلة الصنع قليلة التكلفة وأمينة يمكن الاعتماد عليها، فبطل استخدام الشموع وإن ظلت للزينة.

شهدت بداية القرن التاسع عشر تطوراً كبيراً في تقنيات الإضاءة الصنعية عندما استخدم الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة وكندا ثم الغاز المستخرج من الفحم الذي استعمله وليم مردوك الاسكتلندي William Murdockحين كلف إضاءة أحد شوارع لندن سنة 1820، ثم غاز الأسيتلين، ورافق ذلك صنع أجهزة خاصة لحرق هذه الغازات والإفادة من ضوئها توجت جمعيها باختراع (قميص ويلزباخ Welsbach montle سنة 1880) الذي يتألف من شبكة دقيقة أسطوانية أو كروية من القطن المحبوك thorium والسيزيوم cesium، وعندما يستعمل هذا القميص في جهاز الإضاءة (اللوكس) تحترق المواد التي عولجت بها ويبقى القميص هشاً سريع التلف، غير أنه يعطي ضوءاً شديد البياض مائلاً قليلاً إلى الخضرة بسبب أملاح الثوريوم، ويزداد توهجه بازدياد ضغط الغاز عند المدخل.

ومع كثرة سيئات وسائل الإضاءة الآنفة الذكر فقد ظلت جميعها أو بعضها يستخدم حتى اليوم في مختلف أرجاء العالم لسبب أو لآخر، غير أن اكتشاف الكهرباء في أواسط القرن التاسع عشر أحدث ثورة عالمية في تقنيات الإضاءة كان لها أطيب الأثر في تبدل معيشة الإنسان.

3-1 الإنارة الطبيعية:

هي التي تأتي من مصادر ضوء طبيعية، وهي الإنارة الأكثر ملائمة فيزيولوجياً للإنسان، غير أنها تتبدل وتختلف باختلاف الوقت والفصل والموقع والبعد عن خط الاستواء، وحالة الطقس، وغير ذلك، وتتراوح درجة الإضاءة الطبيعية الواقعة على السطوح الأفقية في الأماكن المكشوفة عادة بين «0.0005» Lux في الليلة المظلمة (غير القمراء)، و«0.3» Lux في الليلة القمراء التامة البدر، و«100000» Lux تقريباً تحت أشعة الشمس المباشرة (انظر تعريف اللوكس فيما بعد). ويتم تقويم الإضاءة الطبيعية داخل المباني بحسب مُعامل الإضاءة الطبيعية، وهو النسبة بين الإضاءة الساقطة على مساحة من الداخل والإضاءة الخارجية على مساحة تساويها نتيجة لتناثر الضوء الصادر عن القبة السماوية. ومعامل الإضاءة الطبيعية هذا مرهون بحجم المنبع الضوئي ووضعه وشدة الضوء الصادر عنه والمواد الحاجبة له وقدرة السطوح الداخلية على عكس الضوء، و تعتمد معظم الدول معدلات محددة لمعامل الإضاءة الطبيعية طبقاً لقيمة البناء والغاية منه، وقد تراوح بين 0.25% و 10%في أماكن الإنتاج المغلقة.

4-1 الإنارة الصنعية:

لا تستطيع الإنارة الطبيعية توفير جميع الشروط الضرورية لممارسة الإنسان نشاطاته في جميع الأوقات، أو في الأماكن التي لا يصل إليها ضوء النهار كذلك قد تفرض بعض المسوغات الاقتصادية والتقنية إقامة مبان لا تدخلها الإضاءة الطبيعية لضرورات شتى كالمحافظة على درجة حرارة أو درجة رطوبة ثابتتين أو الإبقاء على المكان المغلق نظيفاً وحاليا توجد تصاميم هندسية يستغنى فيها عن النوافذ ويستعاض عنها بمعدات وتجهيزات لتزويد المبنى بالضوء والهواء المكيف بشكل متكامل ليعطي الراحة والجو الطبيعي . و تستخدم أيضا الإنارة الصناعية للإستعاضة عن الإنارة بالضوء الطبيعي أثناء الليل كما يمكن أن تكون وسيلة من وسائل الديكور في المكان المراد عن طريق الإستفادة بالظلال وبلون الضوء المستخدم كما يمكن أن تستخدم لإظهار الأشكال المجسمة من خلال الإستفادة من النور والظل وذلك باستخدام إضاءة خاصة وتوزيعها بالمكان بشكل معين.

5-1 الإنارة بالكهرباء:

استخدمت الكهرباء في الإضاءة بادئ ذي بدء بالقوس الكهربائية بين قطبين من الكربون، وطور هذا النوع ليستخدم في إنارة الشوارع في المدن الكبرى معطياً ضوءاً ساطعاً قريباً من الضوء الطبيعي. إلا أن اختراع المصباح الكهربائي ذي السلك الفحمي المتوهج سنة 1878 كان الخطوة العلمية الأولى في الإضاءة بالكهرباء .وبسبب أهمية هذا المصباح فقد نشب جدل كثير حول من توصل أولاً إلى ابتكاره ويدعي كل من الفرنسيين والروس والبريطانيين والأمريكيين نسبته إليهم، والحقيقة أن الفضل الأول في صنع المصباح الكهربائي المتوهج المفرغ من الهواء واستعماله تجارياً إنما يعود إلى توماس إديسون Thomas Edison في الولايات المتحدة الأمريكية لأن عمله هذا كان جزءاً من مشروع متكامل للإضاءة الكهربائية شمل توليد الطاقة ونقلها وتوزيعها، وأقامت شركته عرضاً تاريخياً سنة 1879 للإضاءة بالكهرباء في حديقة منلو Menlo Park عُدَّ الأول من نوعه في العالم، ولم يقتصر إسهام إديسون على ابتكار المصباح واستعماله وإنما رافق ذلك الكثير من الفكر العملية المطبقة حتى اليوم، ومن بينها نظام الربط (الوصل) على التفرع (التوازي) المعمول به حالياً في جميع أرجاء العالم الذي لا يعدو كونه ترجمة لفكرة إديسون الأولى .ومنذ ذلك الحين احتلت المصابيح الكهربائية مكانتها المهمة في الاستثمار الصناعي واشتغل كبار الفيزيائيين والمنتجين في العمل على تحسين أنواعها وإطالة أعمارها..

كانت الخطوة التالية في الإنارة الصنعية بالكهرباء ابتكار أنابيب التفريغ الغازية أنابيب التبخير (vapour tubes)، وهي أنابيب الإضاءة التي تعمل بمبدأ القوس الكهربائية داخل أنبوب مفرغ من الهواء يحوي كمية قليلة من بخار عنصر ما كالنيون مثلاً (الضوء الأحمر) أو بخار الزئبق (الضوء الأزرق والأبيض المائل للزرقة). وقد شاع استعمال هذه الأنابيب في الإضاءة المنزلية وفي المصانع ولتزيين الواجهات منذ الثلاثينات من القرن العشرين حتى غدت بعد تحسينها من أفضل الوسائل العملية في الإضاءة الداخلية، وهي المعروفة اليوم باسم مصباح التألق الغازي أو الفلورسنت (fluorescent) ولقد طرأت تحسينات كثيرة في غضون النصف الثاني من القرن التاسع عشر على أنابيب التفريغ الغازية هذه فابتكر مصباح تفريغ بخار الزئبق العالي الضغط ومصباح التفريغ الصوديومي العالي الضغط أيضاً الذي استعمل في إضاءة الشوارع وواجهات المباني الحجرية والآثار كما استعمل في الأجهزة التي تحتاج إلى إضاءة شديدة، وكان من آخر ما أنجز في هذا الصدد مصباح التفريغ الزنوني غاز الزنون الخامل (xenon) ذو الطاقة العالية والضوء المشابه لضوء الشمس تقريباً، ثم مصباح الألق الكهربائي المصباح الوضاء الكهربائي (electro luminescent)الذي يجعل الجدران والسقوف وكأنها ذاتية الإضاءة، الأمر الذي قد يصبح وسيلة الإضاءة الأساسية في المستقبل.

وخلاصة القول أن لعلم الإنارة اليوم من أنواع المعرفة ما يمكن من تلبية جميع احتياجات الإنارة العامة والخاصة بحسب الغرض منها: للإضاءة الداخلية في المنازل وفي المصانع أو لإضاءة الشوارع والمباني، أو تزيين الواجهات والإعلانات، أو للإستعمال في المنارات وفي المناور الكاشفة، أو إضاءة المساحات الكبيرة إضاءة غامرة flood lighting كمهابط الطائرات أو الملاعب الرياضية مثلاً، أو للاستعمال في التصوير المجهري وأجهزة التنظير الطبية، أو لنقل الضوء بوساطة الألياف البصرية المرنة flexibel optic fibers أو لتوفير الإضاءة بأحد عناصر الطيف المرئي أو الأشعة فوق البنفسجية أو تحت الحمراء وغير ذلك.

6-1 تعاريف عامة لا بد منها في علم هندسة الإنارة:

يجب أن يراعي تنظيم الإنارة وظيفتها والغاية المرجوة منها. وثمة معدلات وضوابط متفق عليها عند تصميم إضاءة مكان ما إذ يختلف حساب الإضاءة لشارع أو ساحة عن حساب الإضاءة في «ورشة» عمل، ويرتكز هذا الحساب أساساً على قوانين الفيزياء العامة وقوانين الإشعاع التي تضبط انتشار الضوء وتمكن من قياس شدته وكثافته وانعكاسه ومردوده. فالمعروف أن إشعاع الضوء هو انتقال للطاقة على شكل موجات كهرومغناطيسية.

1-6-1 شدة الإضاءة Luminous intensity:

هي القوة الزاوية لضوء صادر عن منبع ضوئي، مصباح مثلاً، معبراً عنها بالشمعة الكانديلا(candela) أي إن شدة إضاءة منبع ضوئي نقطي (شمعة واحدة) تساوي تدفقاً ضوئياً قيمته لومَنٌ واحد في زاوية مجسمة solid angle قيمتها واحد ستراديانd steradian .

2-6-1 التدفق الضوئي Luminous flux:

هو معدل إصدار الضوء من المنبع، وواحدة قياسه «اللومن lumen (lm)» ، ويقصد به السيالة الضوئية التي يصدرها منبع ضوئي نقطي بزاوية مجسمة تساوي استرادياناً واحداً وشدتها كانديلا واحدة, ويمكن تقدير الضوء الصادر من أي منبع ضوئي باللومن، فالشمعة العادية تشع 13 لومناً، والمصباح السلكي ذو الاستطاعة 100 واط يشع 1300 lumen، وأنبوب التألق الغازي بطول 120 cm يشع نحو 5000 lumen.

3-6-1 الاستطاعة الإشعاعية radiant power:

هي القدرة التي يشعها منبع ضوئي في الفراغ المحيط به في واحدة الزمن وتقدر بالواط «watt» فاستطاعة الشمعة واط واحد تقريباً.

4-6-1 الضياء illuminance أو illumination:

قد يعرف أيضاً بالسيالة الضوئية، وهو التدفق الضوئي على مساحة محددة من السطح المقابل لمصدر الضوء في أي نقطة من نقاطه. ويقاس الضياء في أي نقطة من نقاطه. ويقاس الضياء في المقاييس المترية بـ Lux وهو وحدة قياس تكافئ الضوء المباشر الساقط على سطح يبعد متراً واحداً عن مصدر ضوئي نقطي يعادل شمعة واحدة، وهو يساوي أيضاً لومناً واحداً في المتر المربع. ويقاس الضياء في الولايات المتحدة الأمريكية باللومن/قدم^2 أو شمعة/قدم^2 أي كمية الضوء الصادرة عن شمعة واحدة على سطح مساحته قدم مربعة واحدة على مسافة قدم واحدة (30سم). أي إن اللومن/قدم^2 يعادل 10.76 لوكس. ويقدر ضياء ضوء النهار المباشر من سماء تغطيها غيوم بيضاء ناصعة بنحو 10.000 لوكس أي 1000لومن/قدم^2 تقريباً.

5-6-1 الفاعلية الضوئية luminous efficacy:

هي العامل الذي يحدد نسبة التدفق الضوئي مقدراً باللومن إلى الاستطاعة الكهربائية الفعلية اللازمة لتحقيق الإشعاع الضوئي بالواط، وتقاس هذه الفاعلية باللومن/واط.

6-6-1 الفاعلية الضوئية النسبية relative luminous efficiency:

هي قدرة الضوء على التأثير في عين الإنسان وتعبر عن حساسية العين البشرية للطيف المرئي، أي في حدود أطوال الموجات 380-760 نانو متر. أما القيمة العظمى لحساسية العين فتساوي الواحد عند اللون الأخضر المصفر أي عند طول الموجة 555 نانومتر.

1-6-7عامل الانعكاس reflectance factor:

هو قابلية سطح ما لعكس الضوء الساقط عليه ليراه الناظر. فالسطح الأبيض يعكس الضوء بنسبة 100%، في حين لا يزيد عامل الانعكاس للسطح الأسود على 2%، ويبلغ عامل الانعكاس للسطح الرمادي نحو 40% من الضوء الساقط عليه، فإذا كان السطح ناثراً للضوء في جميع الاتجاهات كالسطوح الكامدة أو المخمل القاتم فإن عامل الانعكاس يقترب من الواحد وتصبح الاستضاءة مرهونة مباشرة بالضياء، أي بكمية الضوء الساقط على ذلك السطح.

1-6-8 الاستضاءة أو الألق luminance أو brightness:

هي القياس الكمي لمعامل الانتفاع utilance من الإضاءة، أي النسبة بين شدة الإضاءة الصادرة عن المنبع الضوئي وشدتها على السطح المضاء وتقدر باللامبرت lambert أو الميلي لامبرت (0.001 لامبرت)، واللامبرت الواحد يعادل شمعة واحدة في السنتمتر المربع مقسومة على π . ووحدة قياس الاستضاءة في الولايات المتحدة هي لامبرت/قدم.

1-6-9 سويات الإضاءة:

لما كان الضوء الساقط على السطح المضاء هو العامل الوحيد الذي يؤثر في عين الإنسان تأثيراً مباشراً ويحدد قدرته على الرؤية فقد وجد مهندسو الإضاءة أن حساب الضياء والاستضاءة والانعكاس عند السطح المذكور، أي ما يعرف بسويات الإضاءة، هو الأساس في تصميمها، وأن هذه السوية تتناسب ـ كما أشير إلى ذلك في فقرة الأسس المعتمدة في الإضاءة ـ طرداً مع الضياء وعكساً مع عامل الانعكاس على أن تؤخذ في الحسبان العوامل التالية عند حساب سوية الإضاءة المطلوبة:

ـ توافر إضاءة كافية للرؤية وغير متعبة للعين وفق المتطلبات التي يفرضها علم البصريات الفيزيولوجي وهندسة الصحة العامة.

ـ مراعاة شروط العمل انطلاقاً من راحة البصر وفاعلية الرؤية لمدة طويلة.

ـ ثبات الإضاءة واستقرار الضوء باستمرار واختيار الطيف المناسب للرؤية.

ـ تجنب الإبهار وسقوط الضوء المباشر في العين، ومنع اللمعان المزعج على السطوح المضاءة.

ـ توزع الضوء توزعاً متساوياً على سطوح العمل وفي المجال المتاخم لها.

ـ مراعاة تكلفة الأجهزة والأدوات المستعملة في الإضاءة ونفقات استهلاك الطاقة.

ولكل دولة من الدول شروطها التي تحدد سويات الإنارة في مؤسساتها ومنشآتها المختلفة، إضافة إلى النظم العامة التي تحددها اللجان والمنظمات الدولية المعنية.

1-7 مفهوم الإنارة الخارجية:

تقسم الإنارة الخارجية إلى إضاءة استثمارية (خدمية) إلزامية وإضاءة تأثيرية أو تزيينية، والغاية الأساسية للإضاءة الاستثمارية هي توفير الأمن والشروط الملائمة للعمل والحركة في الخارج. وتتطلب الإضاءة الخارجية الاستثمارية في معظمها خبرة خاصة لا تتوافر إلا في مهندس الإضاءة المختص، فإضاءة المطارات والملاعب والشوارع عمل اختصاصي يحتاج إلى مهارة ودراية، وقد يكون من الخطر تركه لممارس غير ذي خبرة، لأن إضاءة مهبط في مطار ما لا تحدد موقعه وبعده فحسب وإنما تمكن الطيار من معرفة طريقه، وكيفية هبوطه بدقة متناهية ومن مسافة كبيرة. أما إضاءة الشوارع فهدفها الرئيس تحقيق أمن حركة وسائل النقل والمشاة والإقلال من حوادث الطرق، فالمعروف أن حوادث الطرق في الشوارع الجيدة الإضاءة تقل بنسبة 30% عنها في الطرق غير المضاءة. وتخضع الإضاءة الاستثمارية عموماً لمعدلات محددة توفر الوضوح والتوجه الصحيحين مع تجنب التأثير الباهر للأضواء المستعملة.

تهتم الإضاءة التأثيرية lighting for effect أو التزيينية decorative lighting بإحداث تأثيرات معينة في العين البشرية وإضفاء ظلال وانعكاسات وبقع شديدة الضياء على الأشياء التي تسلط عليها

الأضواء، فتمنحها منظراً خلاباً بغض النظر عن قدرة العين على تمييز تفصيلاتها أو قراءة ما هو مكتوب عليها كإضاءة الآثار والحدائق العامة. و تتضمن المجالات التالية:

- إنارة المدن والشوارع:

تعتمد هذه الإنارة اعتماداً كبيراً على مخطط المدن وعلى أجهزة الإضاءة ومواضعها. ولقد أدرك الإنسان منذ القدم أهمية إضاءة الطرق بوصفها عامل أمن وعائقاً للجريمة، وقد عرفت شوارع المدن الكبرى الإضاءة منذ قرون، وكان الناس في دمشق والقاهرة في العصر المملوكي يلزمون بوضع مصابيح على أبواب دورهم، وبحمل مصابيح عند تجولهم ليلاً، وشاع استعمال مصابيح الغاز في عواصم العالم منذ أواخر القرن التاسع عشر ثم حلت محلها مصابيح القوس الكهربائي فالمصابيح ذات السلك. ومع تطور صناعة السيارات وازدياد حركة المرور على الطرق ليلاً اكتسبت إضاءة الشوارع أهمية جديدة وتطلب الأمر استعمال مصابيح شديدة التوهج كمصابيح بخار الزئبق والصوديوم .

وتبنت الدول المختلفة مبادئ متباينة لإضاءة مدنها وشوارعها لعل أفضلها ما تم تبنيه في القارة الأوربية من اعتماد مبدأ الرؤية الطبيعية بإضاءة السطوح المطلوبة مع إبقاء الخلفية مظلمة، وقد تضاف إليها أو تكملها إضاءة تزيينية عامة وأضواء واجهات المحال التجارية.

ويراعى عند إضاءة الشارع عرضه واتجاه السير فيه، فقد تكون الإضاءة على أحد الجانبين إذا كان عرض القسم المخصص للمرور أقل من 12 متراً، وتكون الإضاءة على محور الشارع إذا لم يزد عرضه على 18 متراً وتصبح الإضاءة على كلا الجانبين عندما يصل العرض إلى 48 متراً، ويجب ألا تزيد المسافة الفاصلة بين القنديل أو المصباح والآخر على 4-5 أضعاف ارتفاعه عن سطح الشارع، ويضاف إلى هذا كله مؤشرات الطرق المضيئة والإشارات الضوئية التي تنظم السير.

- إنارة المنشآت الأثرية والعامة:

إن الغاية الأساسية من إضاءة هذه المنشآت هي الإضاءة التأثيرية التزيينية وغالباً ما يكون الأسلوب المتبع هو «إضاءة الغمر»، والقصد منها إضاءة الواجهات والنصب والنوافير والرايات واللافتات والمساحات الخضراء بمناوير وكشافات متعددة الألوان متباينة الشدة.والمبدأ العام هنا، كما في إضاءة الملاعب هو تسليط الضوء على الشيء المراد إبرازه من مسافة كافية، فتنار المنشأة من دون ما يجاورها. والغاية من «إضاءة الغمر» توزيع الضوء بالاتجاه وبالكمية اللازمين لإنارة جميع أجزاء الواجهة فتبرز منحوتاتها ورسوماتها وأشكالها كما تبدو في وضح النهار. وقد يلجأ إلى تعليم حواف الأبنية بمصابيح التألق أو بالمصابيح الملونة الظاهرة أو المخفية، وإلى إبراز معالم البناء المعمارية بأضواء تنبعث من الداخل من خلال السطوح الزجاجية أو بوضع أضواء خلف المنشأة تضفي عليها ظلالاً خاصة، ويضاف إلى ذلك كله تنوع الإعلانات واللوحات المضيئة التي تعطي المشاهد التأثير المطلوب.

- إنارة الملاعب وحلبات الرياضة:

كانت الألعاب الرياضية مقتصرة على ضوء النهار في تاريخها الطويل، غير أن تطور مصادر الطاقة ومنابع الضوء وفر الجدوى الاقتصادية الضرورية لإضاءة حلبات الرياضة وملاعبها. وكانت الإضاءة في البدء تعتمد على أضواء معلقة فوق الملعب مباشرة إلا أن الأسلوب الأساسي المتبع اليوم هو استخدام صفوف من أجهزة الإنارة الضخمة projectors في زوايا الملعب أو على محيطه. وتستعمل في هذه الحالة مصابيح خاصة ذات مردود ضوئي مرتفع وحياة طويلة نسبياً مثل مصابيح التنغستين ـ هالوجين وربما شهدت الملاعب قريباً مصابيح أكثر فاعلية من نوع مصابيح الزنون التي يجري العمل على تطويرها .

وبما أن موضوع دراستنا هو تحسين إنارة الملعب البلدي في محافظة اللاذقية و هو ملعب مكشوف فسندخل في الفصول القادمة بتفاصيل إنارة الملاعب المكشوفة و ما هي الأمور الواجب مراعاتها و الأسس الفنية و القواعد العالمية المتبعة في إنارة الملاعب المكشوفة.

الفصل الثاني
إنارة الملاعب

مقدمة:

يجب توفر الإنارة المناسبة في الملعب لكي توفر سهولة الرؤية والحركة بسلام في ساحة الملعب كما يحب أن تكون كافية بحيث يمكن لكاميرات المراقبة والتصوير التلفزيوني من تسجيل المباريات بدقة ووضوح والشرط الأخر المهم هو عدم تشكل الظلال المزعجة لعيون اللاعبين نتيجة عدم توزيع الأجهزة بشكل منتظم في ساحة الملعب و من ناحية أخرى يجب أن يكون الضوء الصادر من الأجهزة غير مبهر ولذلك توضع المصابيح على إرتفاعات عالية طبعا هذا سيتطلب عدد أكبر من المصابيح ولذلك يجب دراسة مشروع إنارة الملاعب بدقة عالية لكي لا تكون الكلفة مرتفعة جدا.

أخيرا من الضروري أن يكون لون الضوء المستخدم شبيه بلون ضوء النهار ذو كثافة فيض كبيرة من أجل واحدة الاستطاعة أي مردودها عالي.

1-2 أهمية إنارة الملاعب:

تعتبر الإنارة أمر في غاية الأهمية لجميع الألعاب الرياضية، وتحتاج في الغالب إلى خبرة تقنية خاصة لكي يتم إختيار المصابيح الملائمة وكذلك قياس شدة ودرجة توزيع إضاءتها في جميع أنحاء أرضية الملعب (لكل رياضة درجة شدة إضاءة محددة). كما أنه يجب أن تكون مصادر الإضاءة على ارتفاعات محددة تتناسب مع نوع الرياضة (الإرتفاع في التنس 10 متر تقريباً، في كرة القدم يصل إلى 45 متر) بما يحقق الرؤية الجيدة والمتابعة الواضحة.

ولقياس الإضاءة تستخدم الشمعة لكل قدم (مربع) كوحدة قياس لقوة / شدة الإضاءة في المكان المحدد. فشدة الإضاءة المقاسة بعدد الشموع في القدم المربع تعتبر عامل أساسي في راحة العينين وفاعلية النظر لجميع مستخدمي المنشأة، ولكن يجب مراعاة درجة شدة الإضاءة من خلال توازن في علاقتها مع درجات السطوع لكل من مصدر الإضاءة وأسطح الانعكاس الممكن رؤيتها (ونعني بانعكاس الإضاءة نسبة الضوء المنعكس على المرتد من الإضاءة الساقطة على سطح الأرضيات) .

بالإضافة إلى كمية وجودة (قوة / شدة / توزيع) الضوء المنبعث من نظام الإضاءة المتوفر، هناك بعض العوامل التي يجب مراعاتها عند اختيار نظام الإضاءة الكهربائي ومنها: الصيانة، والإصلاح، والاستبدال، والتنظيف. (معظم مصادر الإضاءة الكهربائية الثابتة لها عاكس للضوء يحتاج إلى عناية دورية). في الصالات المغلقة والمسابح وما شابه يجب توزيع مصادر الإضاءة بشكل متساو، ويفضل إضافة مصادر إضاءة في مناطق الأهداف أو المرمى لزيادة وضوح الرؤيا، كما انه يفضل ان تكون الإضاءة منخفضة في مناطق المشاهدين / الجماهير، بل إنه يجب العناية بالإضاءة الإضافية من حيث حجبها والتقليل من تأثيرها السلبي على وضوح الرؤية للمشاهدين و المشاركين على حدٍ سواء. أما في المناطق ذات الرطوبة العالية كدورات المياه وأماكن الاستحمام والمسابح ...الخ فتحتاج إلى مصابيح إضاءة مقاومة للرطوبة. هناك العديد من أنواع المصابيح التي يمكن استخدامها في المنشآت الرياضية مثل:

- مصباح متوهج Incandescent.
- مصباح فلوري Fluorescent.

- مصباح بخار زئبقي Mercury – vapor.
- مصباح بخار الصوديوم Sodium – vapor.

ولكل نوع من هذه الأنواع مزاياً وعيوب / ايجابيات وسلبيات يجب مراعاتها، فمثلاً: المصباح المتوهج له عمر افتراضي طويل ولايتأثر بعدد مرات التشغيل، بالإضافة إلى ان تكلفة الشراء معقولة جداً، ولكن إضاءته مركزة ويعتبر مصدر للحرارة. بينما المصباح الفلوري / النجف يتميز بطول فترة الاستخدام ويعطي إضاءة أعلى من المصابيح المتوهجة بمقدار 2.5 مرة وبنفس حجم الطاقة الكهربائية المستخدمة، في المقابل مصابيح البخار الزئبقي عالية التكلفة عند الشراء.

بالنسبة لإنارة الملاعب الخارجية فهناك ثلاثة عوامل رئيسية يجب مراعاتها، وهي: المسافة، وعوامل البيئة، والأمن والسلامة.حيث يؤثر العاملان الأول والثاني على جودة الإضاءة والتكلفة المالية، بينما العامل الثالث فعلاقته بالممارسين والمشاهدين.

a- المسافة : في الملاعب الخارجية توضع مصادر الإنارة على أعمدة خارج نطاق الملاعب وبمسافات مختلفة مما يؤثر على شدة الإضاءة وجودتها.

b- عوامل البيئة : تتأثر مصادر الإضاءة المحمولة على أعمدة بالرياح والغبار والعوامل البيئية الأخرى، وتحديداً عاكس الضوء، وذلك نظراً لتعرضها لتلك العوامل على مدار الساعة من كل يوم مما قد يؤثر على توجيه الإضاءة والذي يقلل من مستواها. فمثلاً انحراف في توجيه مصدر الإضاءة بمقدار 10 درجات يقلل من الإضاءة في مكان الممارسة من 30 شمعة/قدم إلى 10 شمعة/قدم، بالإضافة إلى أن الخلل ربما يؤثر على توزيع الإضاءة في الملعب ومن ثم يؤثر على جودة الرؤية للممارسين والمشاهدين. كما أن العوامل الأخرى كالرطوبة والغبار تقلل من وصول الإضاءة بشكل جيد، ولهذا يجب استخدام مصابيح خاصة لتفادي هذه المشاكل.

c- الأمن والسلامة : نظراً لأن الإنارة في الملاعب الخارجية موزعة حول الملاعب وتستمد الطاقة الكهربائية من مصدر واحد، لذا يجب تمديد التوصيلات (كابلات) الكهربائية تحت الأرض كلما أمكن ذلك، مع مراعاة أن التوصيلات لابد وأن يتم إخراجها من الأرض وتوصيلها بأعمدة المصابيح من خلال بعض الأجهزة والمفاتيح الكهربائية التي يجب أن لا تكون في متناول الأفراد العاديين. فإضاءة الملاعب الخارجية تحتاج في الغالب إلى مستوى عال من الكهرباء (220 فولت أو 480 فولت أو أكثر) مما يتطلب استخدام أجهزة تمثل مصادر خطورة إذا لم يتم مراعاة ذلك.

2-2 منطلقات أساسية في إنارة الملاعب:

1-يجب أن تحقق إنارة الملاعب إظهار أى شيء صغير الحجم مثل كرة الجولف أو كرة الهوكي أو كرة القدم أو إظهار أى أداة رياضية مثل عصا الهوكي وكذلك إضافة خلفية متباينة لها وإمكانية رؤيتها من أى زاوية من زوايا الملعب بالنسبة لكل من اللاعبين والمحكمين والمشاهدين.
2-يجب مراعاة حساب الاستضاءة الأفقية والرأسية بحيث تتراوح النسبة بينهما من (0.5-2).

3- تتراوح خلفيات الأشياء حسب نوع الملعب فمثلا في ملعب كرة القدم توجد خلفيات متباينة النصوع مثل الحشائش والحوائط والسماء وملابس المشاهدين في المدرجات مما يجعل التحكم في النصوع صعبا، ويتطلب ذلك استخدام أسوار فاتحة اللون وضرورة إنارة المدرجات والمنطقة الفاصلة بين المدرجات والملعب.

4- عند إنارة الملاعب ابتداء من سطح الأرض وحتى ارتفاع معين، بعدد قليل من وحدات الإنارة التي لها قدرات إضاءة عالية، تكون أغلب المساحات الخلفية مظلمة نسبيًا وذات نصوع مناسب، ولتقليل البهر يجب ألا تكون وحدات الإنارة مرئية عند الخلفية حتى يمكن للمشاهدين رؤية الكرة

5- عند تصميم نظم الإنارة في الملاعب، يجب الاهتمام براحة ثلاث مجموعات هي اللاعبون،المراقبون والحكام، الجمهور المشاهد.

وحيث يختلف موقع كل من هذه المجموعات في الملعب، فبالتالي تختلف رؤية الملعب لكل منهم .وفى حالة اللاعبين والحكام فإن موقعهم غير ثابت داخل الملعب وهذا بالطبع يتوقف على نوع اللعبة الرياضية .فمثلا عند تصميم إنارة مناسبة لمجموعة من هذه المجموعات، يجب مراعاة ألا تتسبب هذه الإنارة في وجود بهر في مجال الرؤية للمجموعتين الأخريين.

3-2 شروط الإنارة الجيدة في المنشآت الرياضية:

- مراعاة إتباع مستويات شدة الإضاءة، حسب توصيات الجمعية الأمريكية لمهندسي الإضاءة (illuminating Engineering Society of North America)، بما يتناسب مع نوع الرياضة.
- ضرورة قياس شدة الإضاءة وتساوي توزيعها في جميع أنحاء الملعب.
- يجب تجنب وجود أماكن / بقع مظلمة في إي جزء من أرضية الملعب.
- يجب تجنب مشاكل انعكاسات الضوء الناتجة عن سوء توزيع الإضاءة.
- التأكد من عدم وجود ظلال للأدوات أو اللاعبين على أرضية الملعب.
- التأكد من عدم تأثير الإضاءة على المشاهدين في المدرجات.
- استخدام أغطية بلاستيكية شفافة غير قابلة للكسر لحماية مصادر إضاءة بعض الملاعب.
- مراعاة الارتفاعات المناسبة لمصادر الإضاءة.
- تطبيق المواصفات والمقاييس الإنشائية القانونية لأعمدة الإضاءة.
- التأكد من استخدام تمديدات كهربائية (كابلات) ذات قوة مناسبة للحاضر والمستقبل.
- استخدام لوحات مفاتيح الإضاءة الملائمة والخاصة بكل وحدة من وحدات المنشأة.
- إجراء أعمال الصيانة الدورية لجميع أجهزة الإضاءة بصفة منتظمة.

4-2 نوع وجودة الإنارة في الملاعب:

1- يفضل أن تكون الإنارة في الملاعب من النوع المنتشر وذلك بهدف مضاهاة الإضاءة الطبيعية بالنهار بالإنارة الداخلية عندما يكون معامل الانعكاس لكل من السقف والحوائط والأرضيات كبيرًا.
2- يجب اختيار مواقع وحدات الإنارة في الملاعب بدقة لكي تحقق رؤية الجسم المرئي (الكرة أو أدوات اللعبة مثلا).ويلعب شكل الجسم المراد رؤيته ولون وطبيعة سطحه دورًا هاما في تحديد عدد وأماكن وحدات الإنارة المستخدمة. وفى معظم الأحيان يكون هذا الجسم عبارة عن كرة. ولحسن الحظ فإن الكرات المستخدمة في أغلب الأحيان لها انعكاسية سطحية انتشارية Diffuse surface reflectance.

3- يتم وضع المصادر الضوئية في الأماكن التي تعطى أفضل توافق بين الإضاءة المنتشرة المرغوب فيها وأقل بهر عند أغلب مواقع المشاهدين.
4- يجب أن تكون الإنارة منتظمة وبدون تغيرات حادة في المستوى في كل الفضاء فوق أرضية الملعب حتى يمكن رؤية الكرة السريعة التي إذا عبرت من منطقة مضاءة إلى منطقة مظلمة نسبيًا فإنها تظهر للاعبين كما لو كانت تتحرك غير واضحة لأعينهم مما يصعب تحديد مسارها.

5-2 البهر في الملاعب:

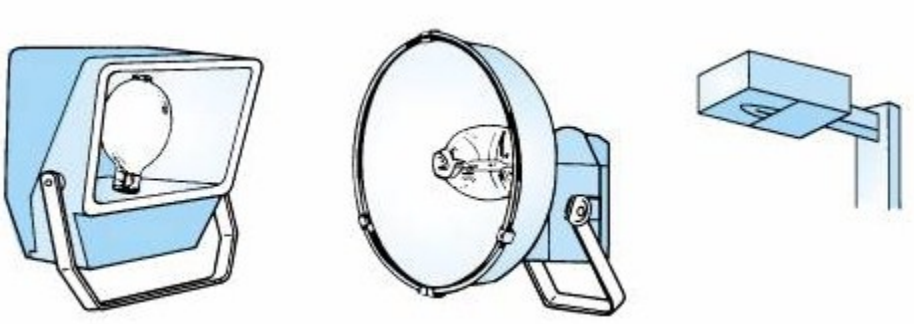
1- يجب خفض النصوع إلى الحد الأدنى في إنارة الملاعب.
2- تمثل مصادر الضوء الغامر مصدرًا للبهر، لذلك يجب وضع وحدة الإنارة بعيدًا عن خط الرؤية، وتتأثر الزاوية المحصورة بين محور المصدر وخط الرؤية بالبعد الأفقي للمصدر وبارتفاع عن سطح الأرض.
3- يلزم إزاحة وحدات الإنارة من خطوط الرؤية، وإلا فيجب في هذه الحالات التوفيق بين تقليل البهر وتوجيه الضوء في الاتجاه الصحيح.
4- يجب دراسة خطوط الرؤية لكل من اللاعبين والحكام والمشاهدين وفى الحالات التي يصعب فيها التخلص من البهر كلية يجب استخدام عوارض توجيه الضوء لتقليل نصوع المصابيح. ويمكن استخدامها كذلك للتغلب على القدرة الضوئية الفائضة والمتسربة لأماكن أخرى مجاورة للملعب خاصة بالنسبة للملاعب المقامة بجوار المناطق السكنية. ويؤدى استخدام العوارض إلى نقصان الفيض الضوئي الصادر من وحدات الإنارة مما يتطلب زيادة عددها لتعويض هذا النقصان.
5- يكون من المفضل في بعض الألعاب التي يتحرك فيه الشئ المراد مشاهدته في اتجاه واحد مثلما في رياضة التجديف وسباق العدو ورمى الرمح، استخدام إضاءة رأسية من اتجاه يتم تحديده .وفى مثل هذه الحالات يجب التأكد من أن الأعمدة التي تحمل وحدات الإنارة الأخرى لا تظهر في نطاق الرؤية .وبعد تركيب المصابيح في موقعها الصحيح وعلى الارتفاع المناسب، فإن تصويب الإضاءة الغامرة هو الذي يحدد ما إذا كان انتظام واتجاه شدة الاستضاءة تجعل الإضاءة مريحة للعين أم لا.

6-2 مستوى الإضاءة في الملاعب:

1- يجب أن يكون مستوى الإضاءة في الملاعب كافيا ومناسبا حتى يتمكن اللاعبون من الرؤية الواضحة وكذلك لتمكين الحكام والجمهور من المشاهدة الواضحة، هذا بالإضافة إلى إمكان مشاهدة اللعب بوضوح عبر الإرسال التليفزيوني.
2- عندما يكون عدد المشاهدين داخل الملعب كبيرا مثلما يحدث في ملعب كرة القدم، فيتم تحديد مستوى الإضاءة بحيث يتمكن أبعد صف من صفوف المشاهدين من الرؤية بوضوح لأحداث المباراة. ولتحقيق ذلك، قد يحتاج الأمر إلى مستوى إضاءة أعلى في المنطقة المتواجد بها اللاعبون، ويبين الجدول في الملحق /1/ مستوى الإضاءة للرياضات المختلفة طبقًا لمواصفات جمعية هندسة الإنارة الأمريكية (IESNA).

7-2 وحدات الإنارة والمصابيح المستخدمة في إنارة الملاعب:

1- يوجد نوعين من المصابيح الكهربائية المستخدمة في إنارة الملاعب وهى:
أ -المصابيح الفلورية في حالة الملاعب الصغيرة مثل ملاعب الاسكواش
ب-مصابيح التفريغ شديدة الإضاءة مثل مصابيح الزئبق والهاليد المعدني .
2-يتم اختيار النوع المناسب من المصابيح حسب المتطلبات ويدخل في هذا الاختيار الاعتبارات الاقتصادية.ويوضح شكل(2-1) بعض النماذج لوحدات الإنارة المستخدمة في إنارة الملاعب

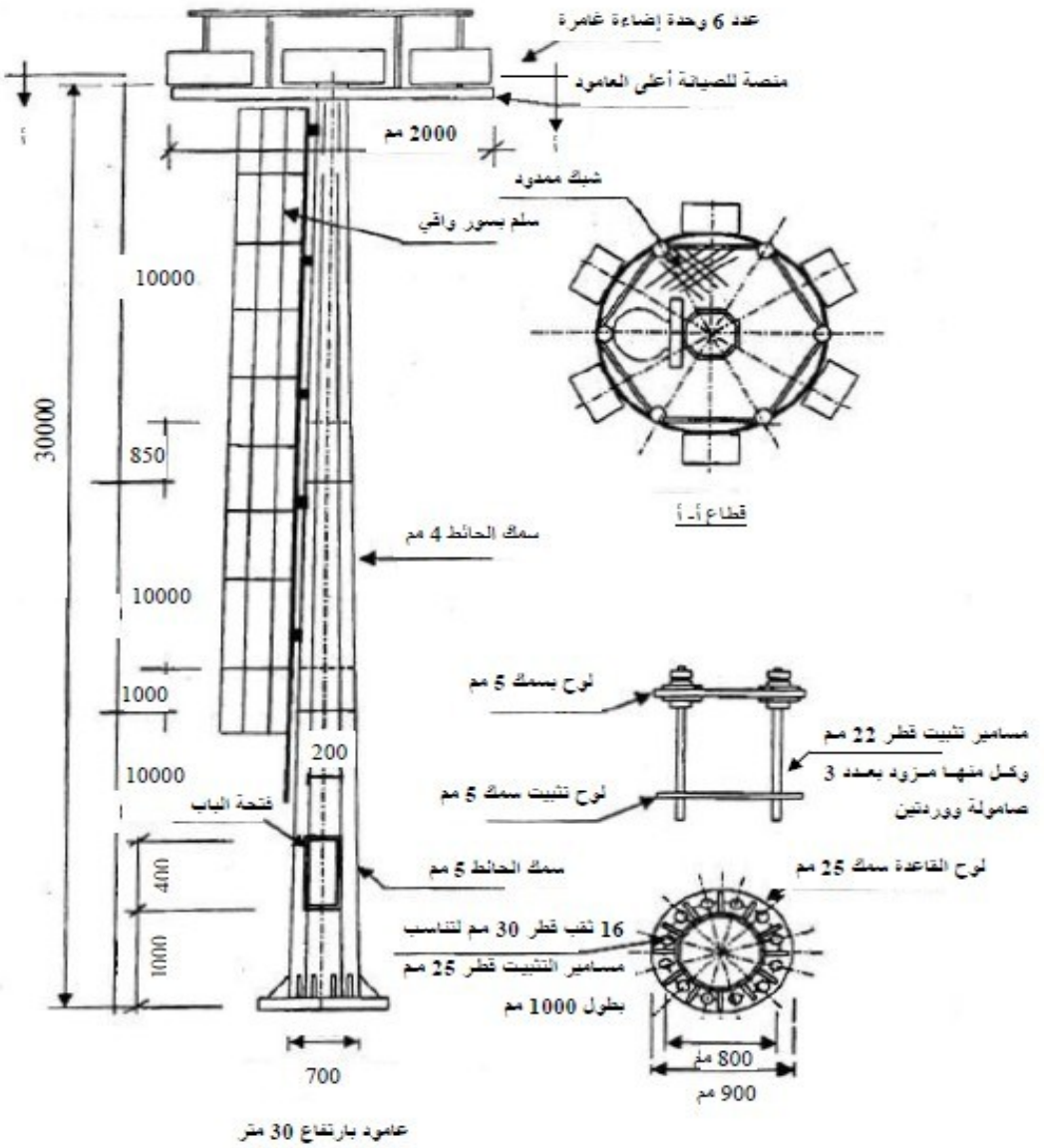


الشكل(2-1): نماذج لوحدات الإنارة المستخدمة فى إنارة الملاعب

8-2 أعمدة الإنارة العالية:

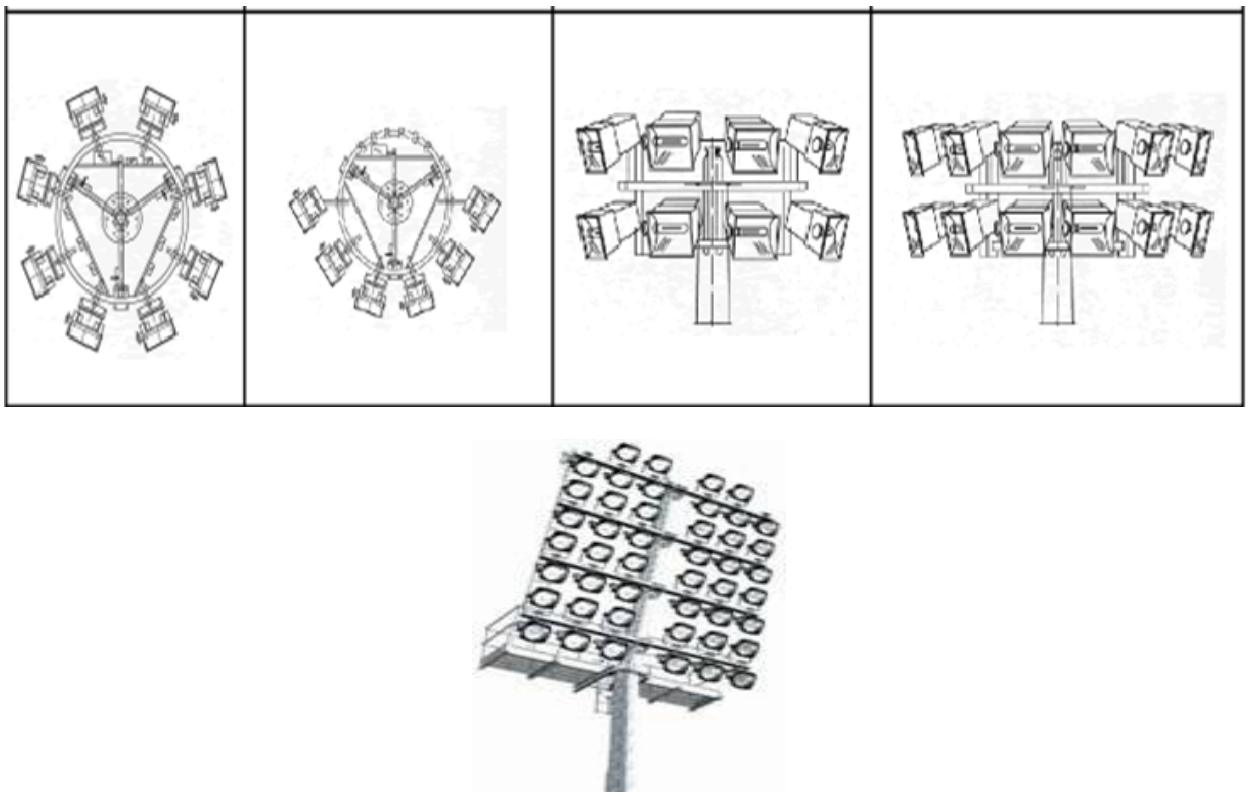
1- تستعمل أعمدة الإنارة العالية لإنارة الساحات الفسيحة مثل المطارات والموانئ والميادين والملاعب الرياضية والأماكن المفتوحة لانتظار السيارات وكذا في ملتقى أو تفريع الطرق السريعة.
2- يزود عامود الإنارة العالي بهيكل متين أعلى العامود تثبت فيه وحدات الإنارة الغامرة وعلبة نهايات كابل التغذية الكهربائية والتوصيلات والمصاهر
3- يزود العامود بوسائل تمكن من الوصول إلى وحدات الإنارة للصيانة والإصلاح مثل استعمال رافعة بمحرك كهربائي داخل العامود لخفض ورفع هيكل وحدات الإنارة مع المحافظة على استقامة كابل التغذية المرن، أو إمالة العامود معتمدة على مفصلات قوية بمحور أفقي بأكمله إلى الوضع الأفقي إلى الأرض ورفعه إلى الوضع الرأسي باستعمال ونش بمحرك كهربائي داخل العامود، أو استعمال سيارة خاصة بونش يحمل كابينة صغيرة يمكنها الوصول إلى ارتفاع وحدات الإنارة
4- تتراوح ارتفاعات هذه الأعمدة ما بين 20-60 مترا وتستخدم الارتفاعات حتى 30 مترا في إنارة الساحات العامة والموانئ والمطارات و تزود بحامل للكشافات العلوية التي تتخذ أشكال هندسية دائرية أو مربعة أو مثمنة، أما الارتفاعات ما بين 40 -60 مترا فتستخدم لإنارة الاستادات والملاعب الأوليمبية يمكن استعمال أبراج هيكلية عالية من زوايا الصلب المتشابكة (Latticed steel structures) في أركان الملاعب الرياضية الكبيرة حيث يثبت هيكل متين أعلى البرج لتركيب مجموعة وحدات الإنارة ذات الضوء الغامر في عدة صفوف ولتثبيت علبة نهايات كابلات التغذية الكهربائية والتوزيع والمصاهر .وتكون لهذه الأبراج ذات الزوايا الصلب التشابكية سلالم للوصول إلى أعلى البرج سواء لتركيب الكشافات أو صيانتها أو لإجراء ضبط اتجاهها على أرضية الملاعب بواسطة مناجل مركبة بالكشافات.

و يبين الشكل (2-2) نموذج لبرج هيكلي عالي من زوايا الصلب التشابكية:



الشكل(2-2) : نموذج لبرج هيكلي عالي من زوايا الصلب التشابكية .

ونورد في الشكل (2-3) توضع أجهزة الإنارة على هياكل حمل أجهزة الإنارة للأبراج ذات الإرتفاع العالي



الشكل (2-3): بعض أشكال هياكل حمل وحدات الإنارة على الأعمدة ذات الارتفاع العالي

2-9 الطرق المعتمدة في إنارة الملاعب و سويات الإنارة فيها:

تتبع طريقة اختبار كيفية توزيع الإنارة بالدرجة الأولى إلى تصميم الملعب و موقعه و إلى نوعية المباريات التي تجري عليه والتي على أساسه يتم اختيار الإنارة الأنسب بحيث تحقق مستوى الإنارة الأمثل و هنا يأتي دور المهندس في اختيار نوعية الإنارة الأنسب حسب نظام الإنارة المعتمد في البلد.حيث يتم تحديد موقع و ارتفاع و زاوية الميلان الأمثل بحيث نحصل على توزع متماثل للإنارة في كافة أرجاء الملعب. والطرق المتبعة في الإنارة:

1- في الشكل (2-4) ملعب تجري عليه مباريات محلية يحتوي على 80 بروجيكتور على ارتفاع 40m متوضعة خارج نطاق الملعب بحيث مستوى الإنارة العمودية 1200 Lux و الأفقية 900 Lux.

الشكل (2-4)

2- في الشكل (2-5) الإنارة تتوضع على 6 أعمدة بارتفاع 22 m كما على سطح المنصة .مستوى الإنارة العمودية Lux1000 لملعب كرة القدم و Lux600 لميدان السباق.

الشكل (2-5)

3- في الشكل (2-6) الإنارة معلقة بالسقف من الداخل متوسط مستوى الإنارة يكون lux 2000 و تعتبر هذه الطريقة فعالة جدا و نحصل على صورة واضحة على التلفاز.

الشكل (2-6)

4- في الشكل (2-7) ملعب يحتوي 164 بروجيكتور متوضعة على 4 صاريات بارتفاع 38 m و يوجد 20 بروجيكتور أخر على سطح المنصة بحيث نحصل على مستوى إنارة أفقي حوالي lux2000 و وعامودي باتجاه TV-camera حوالي lux17000 و هذا لإجراء مباريات FIFA العالمية و UEFA.

الشكل (2-7)

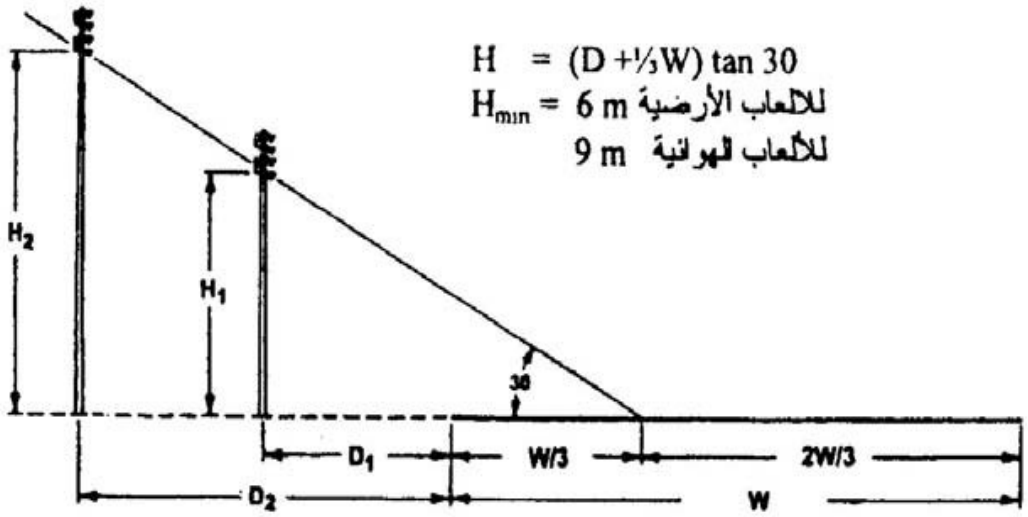
10-2 تصميم الإنارة العملية:

عام:

أ -تختلف أبعاد ملاعب كرة القدم بإختلاف مستوى عمر اللاعبين وفى جميع الحالات فهى ليست ثابتة.
ب-تكون أبعاد الملعب في حالة اللاعبين الأكبر من 18 عام للمباريات الدولية وكأس العالم في الحدود الآتية:
(الطول: من 105 إلى 110 مترا).
(العرض: من68 إلى 75 مترا).
أما الأبعاد المثلى (وهى معطاة بالقدم حيث أن هذه اللعبة بريطانية الأصل) فتكون 360× 225 قدم اي (m 108×67.5).

النقاط الأساسية عند تصميم الإنارة العملية:

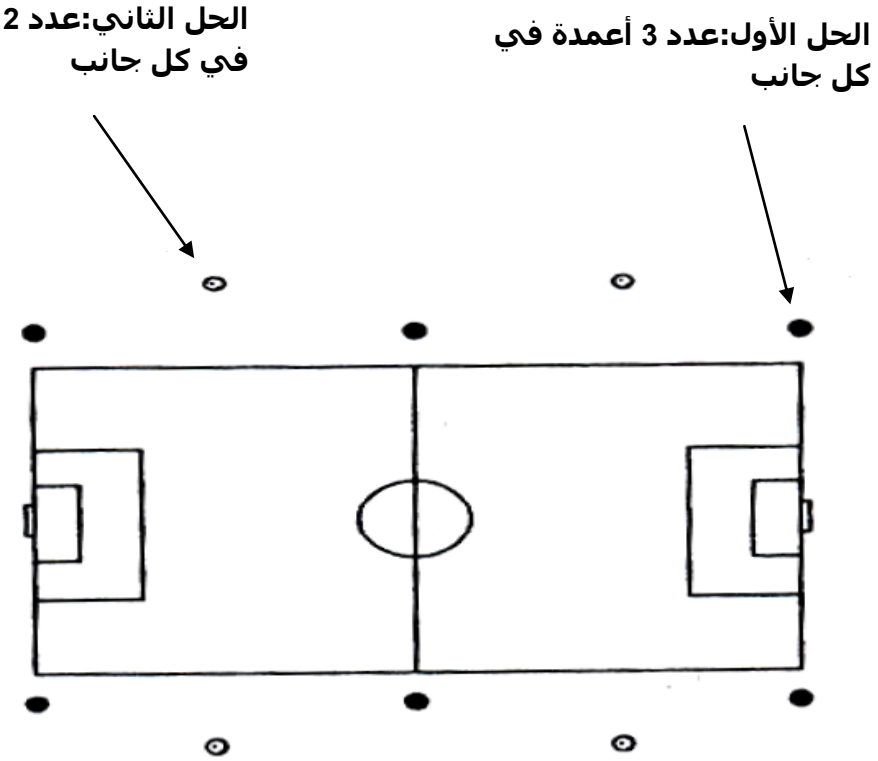
- البهر: يتم التحكم فيه بضبط تصويب الإضاءة واختيار المواقع المثلى لأعمدة الإنارة. يراعى اختيار وحدات الإنارة ذات أشعة بحزمة ضوئية مناسبة للحصول على شدة الإضاءة المناسبة والانتظام الجيد.
- ارتفاع أعمدة الإنارة : يجب أن تكون الزاوية بين السطح الأفقى للملعب والخط الواصل بين مصدر الضوء الأقل ارتفاعًا ونقطة تقع على ثلث عرض الملعب تساوي أو أكبر من(30^0-25^0).
يجب ألا يقل ارتفاع وحدة الإنارة على العمود عن 6 أمتار للألعاب منخفضة الارتفاع وعن 15 مترا للألعاب التي على ارتفاع عال وتحدد ارتفاعات الأعمدة طبقًا للوارد في الشكل (2-8)



الشكل(2-8):تحديد الارتفاع المناسب لأعمدة الإنارة

- عدد الأعمدة : يعتمد هذا العدد على بعد الأعمدة عن الخطوط الجانبية للملعب نفسه، ويزداد العدد كلما اقتربت الأعمدة من هذه الخطوط كما في الشكل (2-9) ويتراوح عدد الأعمدة من 4 إلى 10 طبقا لاتساع المدرجات.

- أماكن الأعمدة المستخدمة: تركب أعمدة الإنارة باستخدام الإمكانيات المتواجدة مع الاهتمام بألا توضع وحدات الإنارة في خط الرؤية للاعبين وللمشاهدين. وتوضع الأعمدة في الملاعب الرئيسية (الاستادات) عند الأركان (أربعة أعمدة) وهذا ممكن نظرًا لوجود بعد كاف بينها وبين أرضية الملعب بحيث لا يقل الإرتفاع عن 30 مترا.



الشكل(2–9) **إنارة ملعب كرة باستخدام أربعة أو ستة أعمدة إنارة**

- توجيه وحدات الإنارة الغامرة:

يجب الاهتمام بتوجيه كل وحدة إنارة على مكان محدد في الملعب وذلك بغرض الحصول على إنارة رأسية وأفقية منتظمة في جميع أنحاء الملعب، وبدون أن يؤدى ذلك إلى وجود أى بهر مزعج للموجودين بالملعب. لتحقيق هذا الغرض، يتم إعداد رسم لنمط الإنارة في الملعب مبينا عليه نقاط توجيه وحدات الإنارة الغامرة الموجهة من الوحدات المركبة على الأعمدة.

يمكن بدقة حساب توزيع شدة الإضاءة الناتجة عن هذا النمط للتوجيه باستخدام المنحنيات الفوتومترية لوحدات الإنارة.

حيث نتبع الخطوات التالية لتوجيه وحدات الإنارة:

1- يمكن من المسقط الرأسي لملعب كرة القدم ومن المنحنيات الفوتومترية لوحدات الإنارة، تحديد التوجيه الرأسي لمحاور الشعاع الضوئي للحصول على إنارة أفقية جيدة الانتظام على الملعب نفسه مع فائض طرفي (spill) كاف من الضوء لإنارة الحيز الفضائي حتى ارتفاع 15 مترا فوق سطح الملعب.

2- يجب مراعاة ألا يكون هذا الضوء مصدرا لإزعاج المشاهدين في المدرجات المقابلة.

3- يمكن استخدام المسقط الأفقي للملعب لتحديد اتجاهات وحدات الإنارة للحصول على إنارة أفقية منتظمة في الاتجاه الطولي للملعب.
4- يتم استخدام وحدات إنارة غامرة عريضة الشعاع أكبر من 40 بْسبب قرب الأعمدة من أرض الملعب ونظرًا لعرض الشعاع، فإن درجة النصوع في الجزء الأعلى من الشعاع تكون منخفضة بالنسبة لنصوع الملعب نفسه مما يجعل الرؤية مريحة.
5- يتم ضبط محاور الإضاءة يدويًا للحصول على الاتجاهات التي تم حسابها مسبقًا وتشمل الزوايا الأفقية والرأسية لكل من الأعمدة المستخدمة.
(تكون أغلب مصابيح الإنارة الغامرة عادة مزودة بمقاييس للزوايا).

ملاحظة:

توجد جداول تعطى نماذج لنتائج تصميم الإنارة للملاعب الرياضية ومنها ملاعب كرة القدم تم إعدادها بواسطة برامج الحاسوب ومتوفرة تجاريًا وهى تعطى نتائج دقيقة توفر الوقت في الحساب ولكنها لا تغنى عن معرفة المبادئ الأساسية والعوامل التي يجب مراعاتها عند تصميم الإنارة و التي تم على أساسها وضع مثل هذه البرامج.

11-2 طريقة حساب توزيع شدة الإنارة في الملعب:

قبل البدء بإجراء البحث سيتم توضيح طريقة حساب توزيع شدة الإنارة في الملعب وذلك باستخدام الطريقة النقطية **(طريقة شدة الإضاءة)** ويرتكز هذا الحساب أساساً على قوانين الفيزياء العامة وقوانين الإشعاع التي تضبط انتشار الضوء وتمكن من قياس شدته وكثافته وانعكاسه و مردوده فالمعروف أن إشعاع الضوء هو انتقال للطاقة على شكل موجات كهرومغناطيسية:

$$\lambda = \frac{1234}{E}$$

حيث λ (لامدا) = طول الموجة و E : طاقة الإشعاع

وتحسب طاقة الإشعاع بالقانون:

$$E = \nu \times h = \frac{c}{\lambda} h$$

حيث ν = تواتر (تردد) الإشعاع

h = ثابت بلانك = 6.62506×10^{-34} (j.s)

c = سرعة انتشار الضوء = 3×10^{8} (m/s)

ولقياس شدة الضوء الصادر عن مصباح مكشوف يوضع مستقبل للضوء على بعد معين عن المصباح وفي جميع الاتجاهات, ثم يحسب كمية الضوء الساقطة بشكل عمودي على هذا المستقبل بقانون التربيع العكسي للإشعاع الذي ينص على أن سوية الإنارة (E) في نقطة ما يتناسب طرداً مع شدة إضاءة المنبع (I) وعكساً مع مربع المسافة (d^2) بين المنبع وتلك النقطة. فإذا كان السطح في تلك النقطة متعامداً مع شعاع الضوء الوارد عليه يصبح القانون:

$$E = \frac{I}{d^2}$$

لكن عندما يكون السطح في تلك النقطة يصنع زاوية مع شعاع الضوء الوارد عندها يصبح قانون التربيع العكسي:

$$E = \frac{I}{d^2} \times \cos\alpha$$

$$d = \frac{h}{\cos\alpha}$$

$$E = \frac{I}{h^2} \times \cos^2\alpha \times \cos\alpha$$

$$E = \frac{I}{h^2} \times \cos^3\alpha$$

نستخدم في الحسابات الشدة الضوئية التي يشعها المنبع الضوئي في اتجاه معين ويتم معرفة قيمة الشدة الضوئية من مخطط الشدة الضوئية للجهاز والذي يوجد عادة في النشرة الفنية العائدة له, ويتم إجراء الحسابات باستخدام العلاقة التالية التي نستنتجها بالاستعانة بالشكل (2-10) كما يلي:

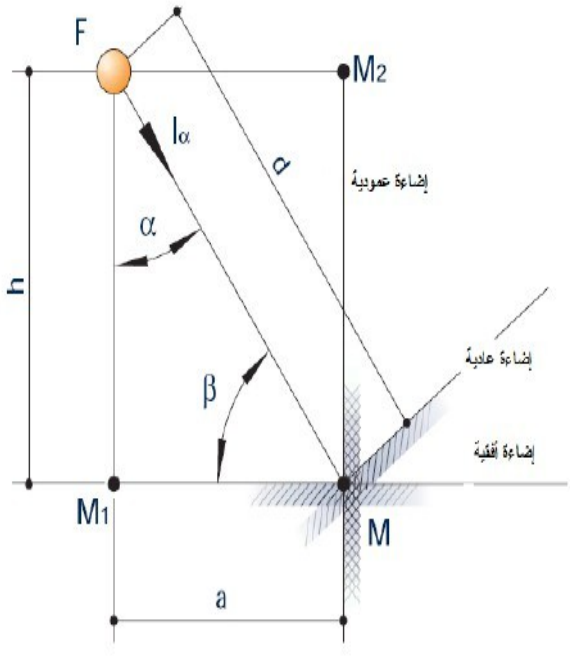
حيث E: سوية الإنارة على المكان المضاء واحدتها lux.

I: الشدة الضوئية في الاتجاه a وتقاس بالكانديلا cd.

d: المسافة بين المنبع الضوئي والسطح المضاء وتقاس بالمتر m.

h: ارتفاع جهاز الإضاءة عن المكان المضاء ويقاس بالمتر m.

α: الزاوية بين الشعاع الساقط والناظم على السطح المضاء.



الشكل(-210) مخطط الإنارة العام

بنـاءً علـى الشـكل (1-10) فإننـا يجـب أن نميـز بـين ثلاثـة أنـواع مـن الإضـاءة وذلـك حسـب سـقوطها علـى السـطح المضـاء وحسـب زوايـا التوجيـه والـدوران للمصـابيح وهـذه الأنـواع يجـب أن تؤخـذ بعـين الاعتبـار لـدى دراسـة الإنـارة فـي الملعـب حيـث يـتم حسـاب كـل نـوع منهـا وفـق معادلـة معينـة ومطبقـة فـي البرنـامج الحاسـوبي الـذي يقـوم بإتمـام العمليات الحسابية لسويات الإنارة في نقاط محددة في الملعب.

حساب سويات الإنارة العادية E_N:

يتم حساب سوية الإنارة هذه وفق قانون التربيع العكسي المباشر كما يلي:

$$E_N = \frac{I_\alpha}{d^2}$$

إذا كانت النقطة M متوضعة تحت النقطة F مباشرة أي في النقطة M1 عندئذٍ تحسب سوية الإنارة وفق المعادلة التالية:

$$E_N = \frac{I_\alpha}{h^2}$$

أما إذا كانت النقطة M متوضعة في النقطة M2 عندئذٍ تحسب سوية الإنارة وفق المعادلة التالية:

$$E_N = \frac{I_\alpha}{d^2}$$

حساب سويات الإنارة الأفقية E_H :

$$E_H = E_N \times \cos\alpha = \frac{I_\alpha}{d^2} \times \cos\alpha$$

يمكن حساب سوية الإنارة هذه بدلالة الارتفاع وفق العلاقة التالية:

$$d = \frac{h}{\cos\alpha}$$

$$E = \frac{I_\alpha}{h^2} \times \cos^3\alpha$$

حساب سويات الإنارة العمودية E_V :

في هذه الحالة أيضاً نطبق قانون التربيع العكسي لسويات الإنارة ولكن بدلالة تجيب الزاوية β:

$$E_V = E_N \times \cos\beta$$

وباعتبار أن جهاز الإنارة والإشعاع الصادر عنه باتجاه السطح المضاء والشاقول يشكل مثلث قائم الزاوية فإن الزاوية ترتبط مع الزاوية بعلاقة بسيطة كما يلي:

$$\alpha + \beta + 90^\circ = 180^\circ$$
$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

وبتطبيق العلاقات المثلثية نجد:

$$\cos\beta = \cos\left(90^\circ - \alpha\right) = \cos 90^\circ \times \cos\alpha + \sin 90^\circ \times \sin\alpha$$

ولذلك يكون :

$$\cos\beta = \sin\alpha$$

بتعويض هذه العلاقة بمعادلة سوية الإنارة العمودية فتكون النتيجة كما يلي:

$$E_V = E_N \times \sin\alpha$$

$$E_V = \frac{I_\alpha}{d^2} \times \sin\alpha$$

يمكن حساب سوية الإنارة هذه بدلالة الارتفاع وفق العلاقة التالية:

$$d = \frac{h}{\cos\alpha}$$

$$E_V = \frac{I_\alpha}{h^2} \times \cos^2\alpha \times \sin\alpha$$

من العلاقات السابقة نجد أن هناك تناسباً بين طردياً ارتفاع برج الإنارة وزاوية ميلان مصباح الإضاءة وتناسباً عكسياً بين الارتفاع وشدة الإنارة حيث كلما ازداد ارتفاع العمود كلما قلت شدة الإنارة في المكان المراد إنارته لذلك يجب معايرة زاوية ميلان المصباح بما يتلاءم مع ارتفاع برج الإنارة وشدة الإضاءة بحيث يتم الحصول على سويات إنارة منتظمة ومتساوية على كامل المساحة المطلوب إنارتها.

ملاحظة: في مشروعنا لا يمكن تغيير ارتفاع البرج في الملعب البلدي في اللاذقية (موضوع الدراسة) حيث أن الملعب مبني لذلك سنركز دراستنا على تغيير زاوية الميلان للحصول على سويات إنارة منتظمة على ارض الملعب.