

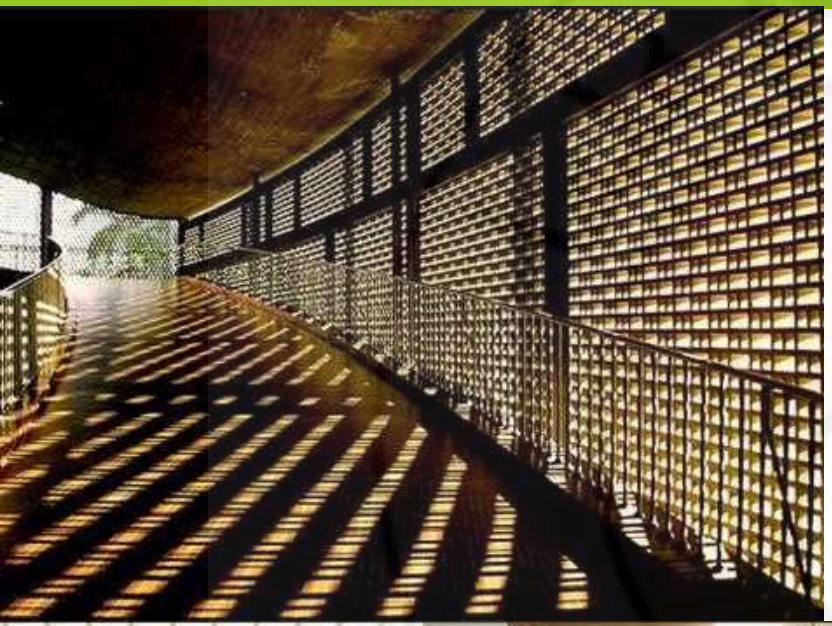
الإضاءة الطبيعية في المباني

Natural lighting in buildings




الانارة الطبيعية متطلب اساسي في المباني
لأسباب نفسية
لأسباب اقتصادية
فطرة الانسان
تقليل احمال الكهرباء اللازمة في المباني
الليل والنهار اساس حياة الانسان

What is light?





- الانارة هي روح التصميم المعماري.
- الانارة تسمح لنا بالرؤيا ومعرفة الوسط المحيط.
- لا شيء مرئي من غير إنارة، الإنارة تسمح لعين الناظر برؤية أشياء غير موجودة فعليا.
- الانارة تقسم: إنارة طبيعية + إنارة اصطناعية.

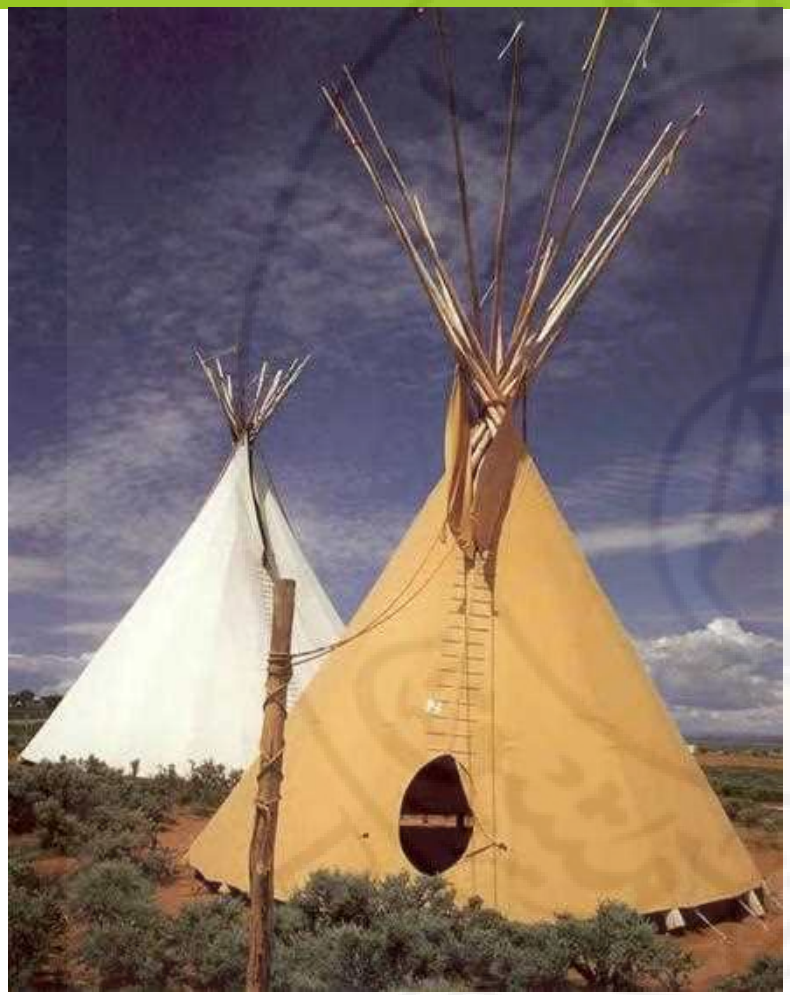
- **مهمة المصمم تحقيق التكامل بين الانارة الطبيعية وكل من:**

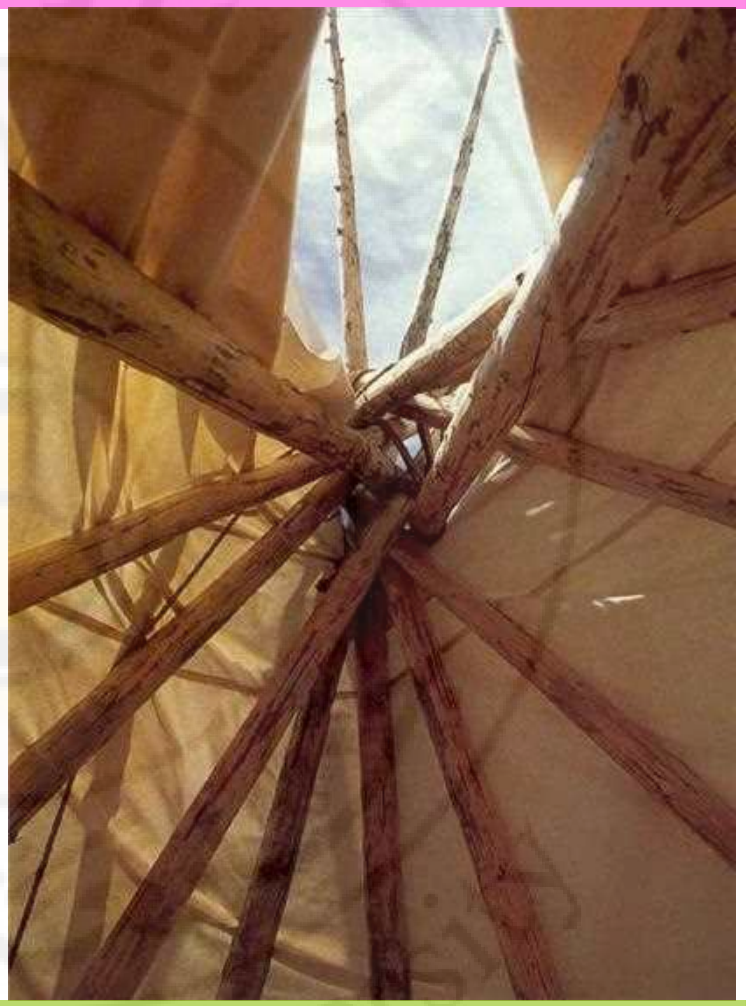
١- الانارة الصناعية ومستلزماتها، وذلك باستخدام النوافذ الجانبية العالية والأسقف العاكسة والعالية.

٢- التهوية الطبيعية والتحكم في حركة الهواء بين الفراغات الداخلية في المباني

٣- التقليل من الضوضاء وذلك بمعالجة جدران الحوائط والنوافذ بمواد ممتصة للصوت

الاضاءة الطبيعية عبر العصور:





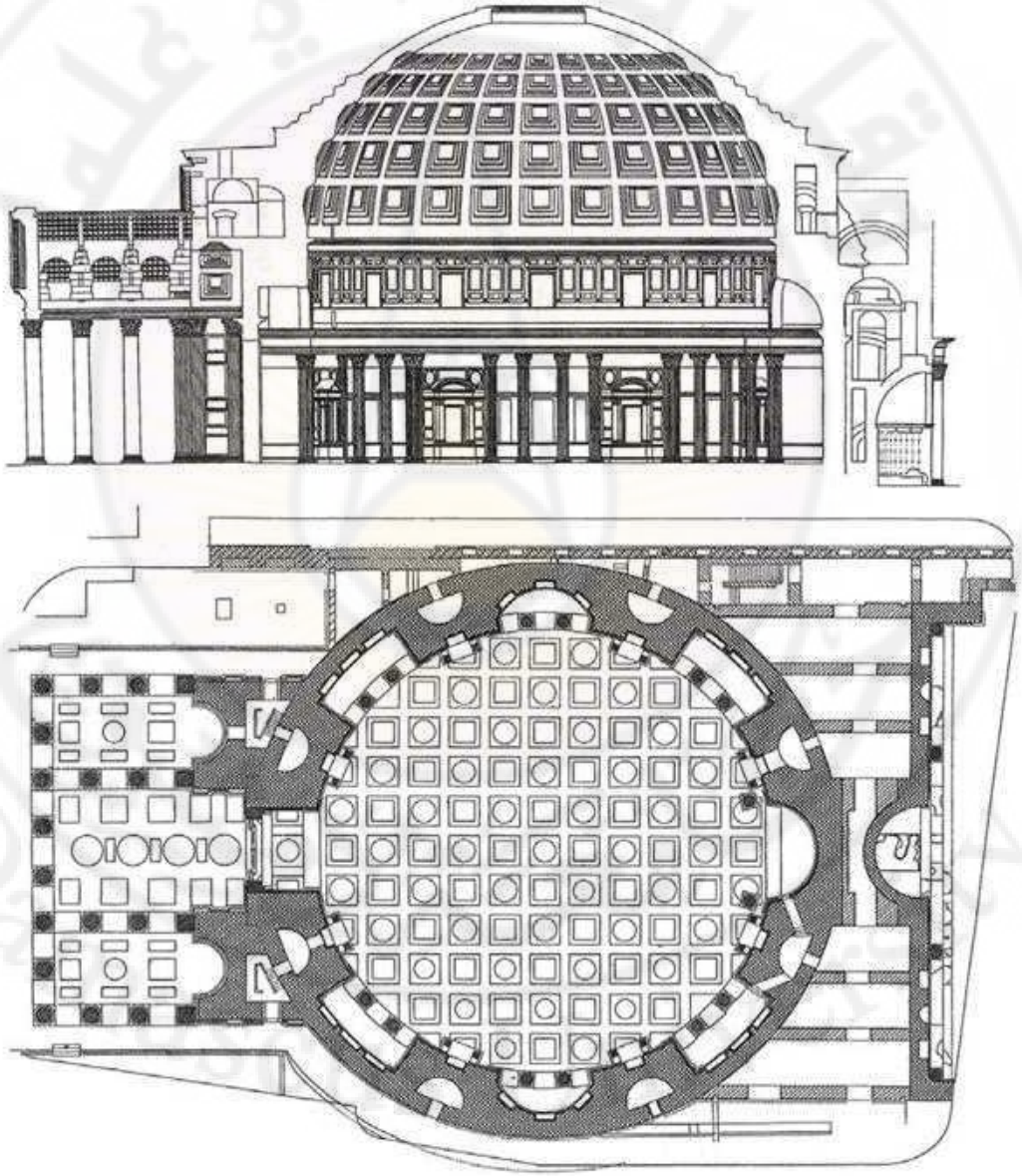
الانارة الطبيعية كانت متطلب مهم وضروري في تصميم وتكنلوجيا البيئة المبنية، منذ بدايات سكن الانسان كانت هناك حاجة ملحة لتشكيل المنشآت حسب متطلب الانارة.

الاضاءة الطبيعية عبر العصور:



بعض أهم المباني في التاريخ، كالبانثيون، استوعب كيف أن الاستخدام الدقيق للإنارة الطبيعية تتطلب أدنى حد من الضوء إذا قُدمت جيدا.

الاضاءة الطبيعية عبر العصور:



الاضاءة الطبيعية عبر العصور:

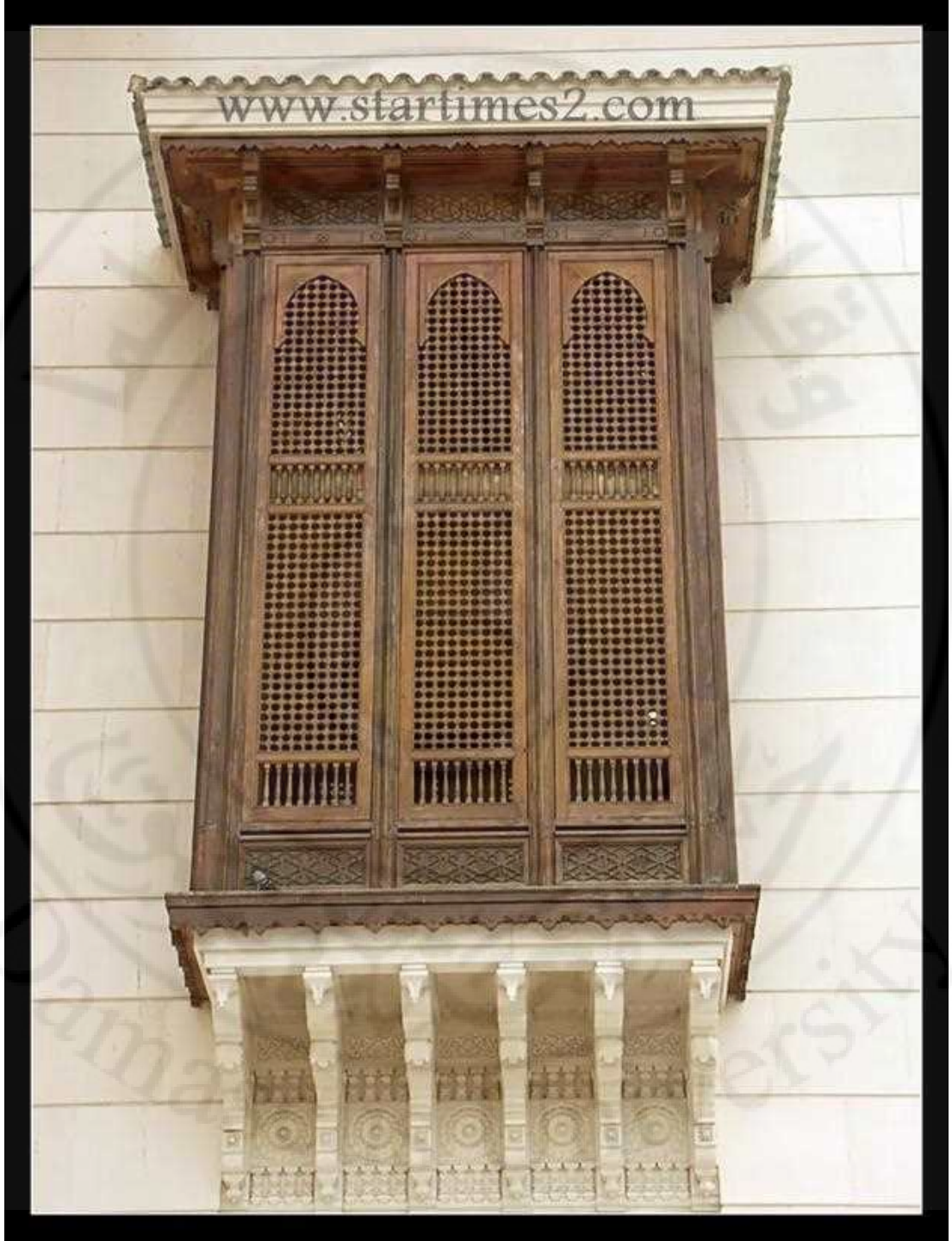


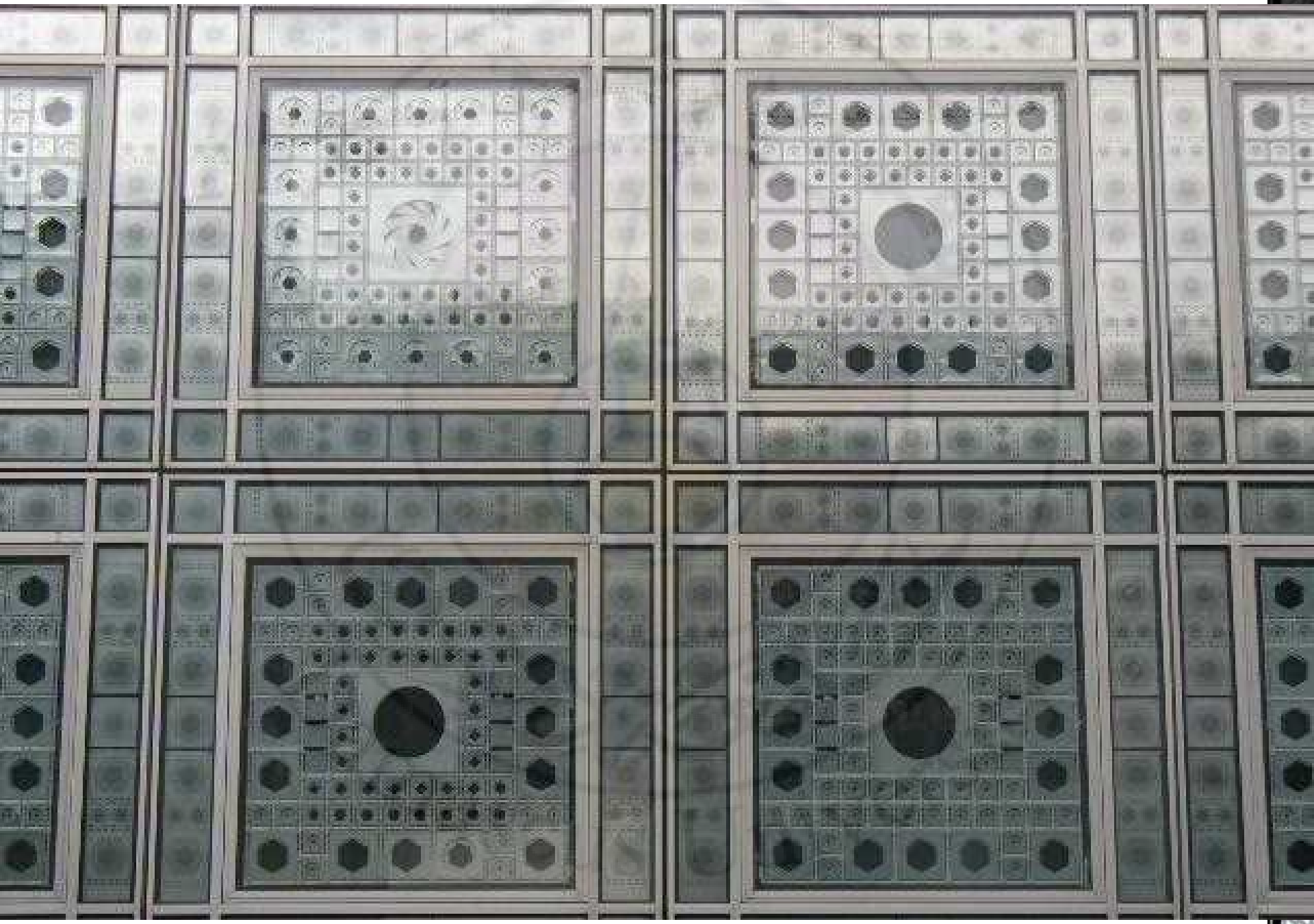
بالرغم من كون الانارة الطبيعية كانت دوما لأغراض وظيفية، إلا أن المداخلات الروحية القوية للتصميم السلبي يرفع من قيمة وهوية العمل المعماري، مثال: كنيسة (st peters)

الاضاءة الطبيعية في المناطق العربية:

- المناخ: حار ومشمس ← تقليل الحرارة والوهج الداخلين للفراغات الداخلية، مما يستدعي تزويد النوافذ بكاسرات للشمس في داخل الغرفة وخارجها، مثل:

١- المشربيات
٢- الرفوف الضوئية
٣- الستائر المثقوبة
٤- الكاسرات الراسية والأفقية
٥- الزجاج المعالج


www.startimes2.com








Pear
Y-DOORS. COM


Rain
Y-DOORS. COM

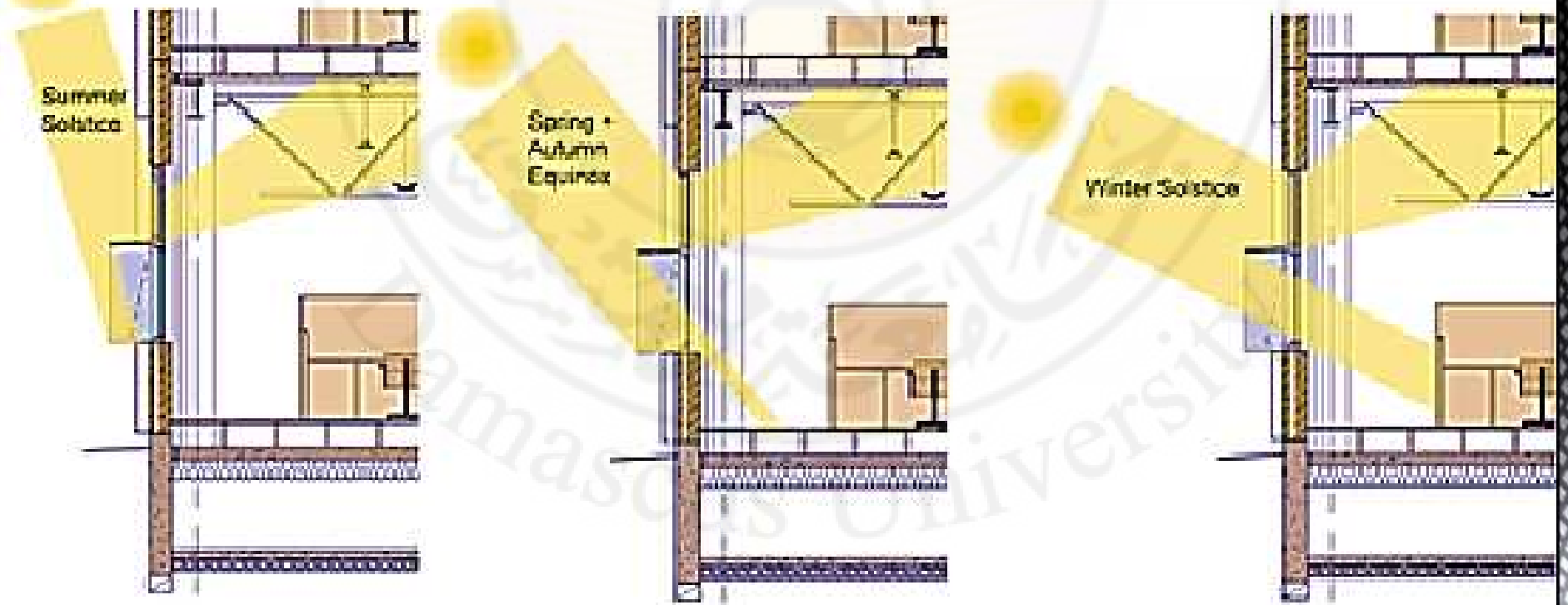

Water Cube
Y-DOORS. COM



اضاءة الشمس وإنارة السماء:

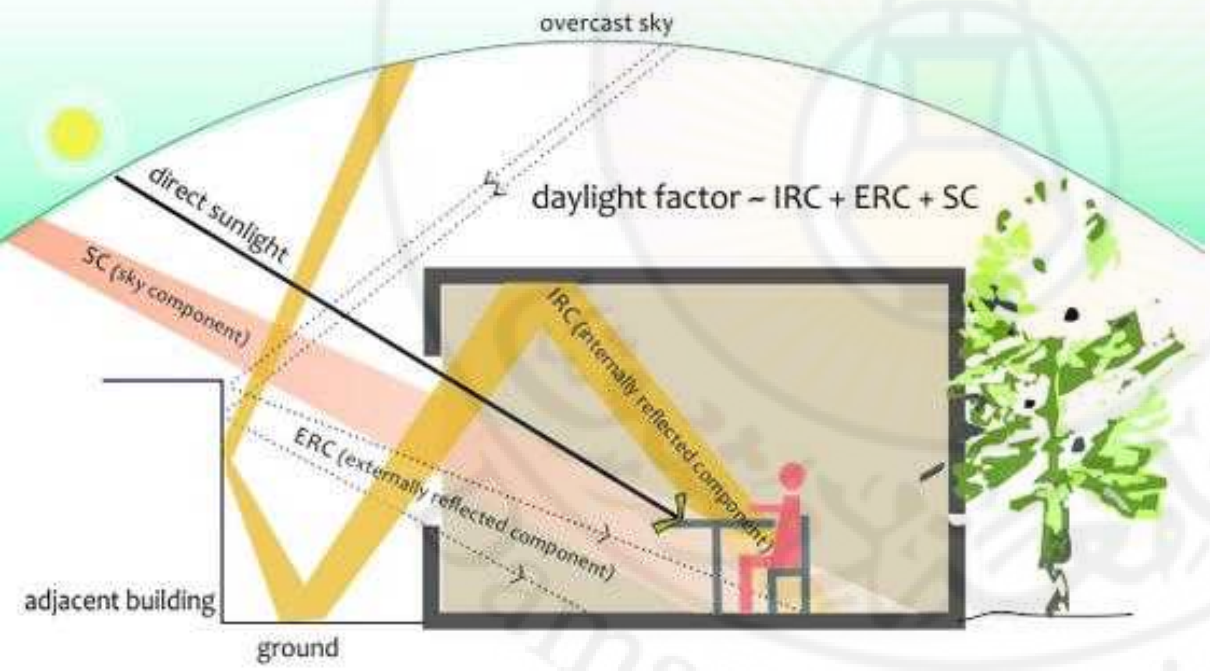
- تعتمد الانارة الطبيعية في المباني على الشمس كمصدر اساسي للإضاءة الطبيعية او عن طريق انارة الشمس للسماء
- تتغير **شدة** الانارة الطبيعية نتيجة لعدة عوامل:

١- ساعات اليوم المختلفة
٢- الفصول الاربعة
٣- خطوط العرض
٤- المناخ المحيط بالمنطقة



اضاءة الشمس وإنارة السماء:

إن الشمس المصدر الطبيعي الوحيد للضوء الطبيعي، غير أن الضوء الذي يصل إلى سطح الأرض يكون منتشرا جزئيا حيث يعمل الجو كناشر للضوء وتحدد الظروف المناخية السائدة كيفية وصول هذا الضوء إلى المبنى، بحيث **يمكن وصول الإضاءة الطبيعية في نقطة معينة داخل الغرف من أربع مصادر:**

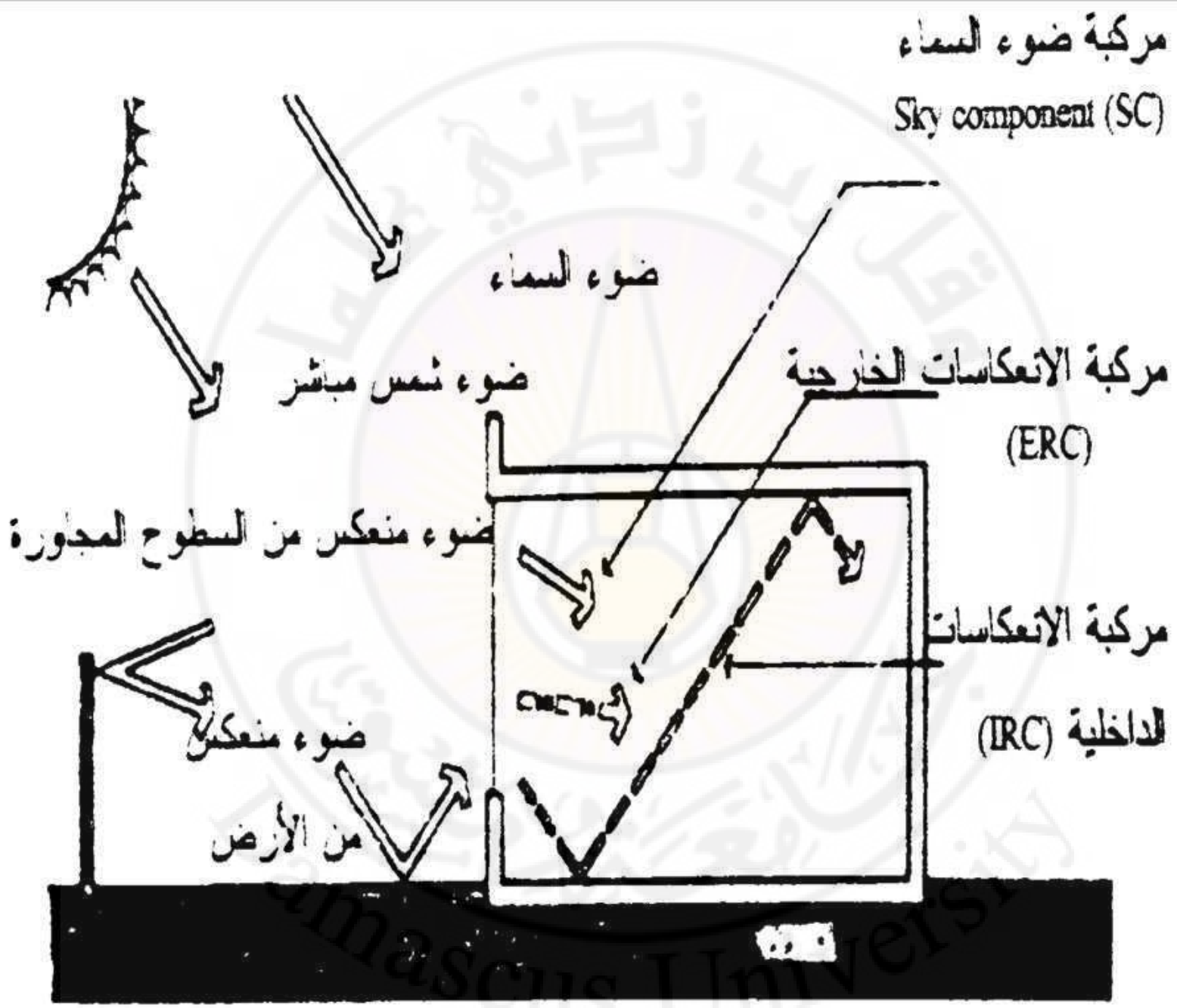


١- الضوء المباشر من الشمس أو الجو: ويدخل من نوافذ أو فتحات المبنى ويعتبر من أقوى أنواع الإضاءة الطبيعية ويتسبب بما يسمى بالإبهار البصري.

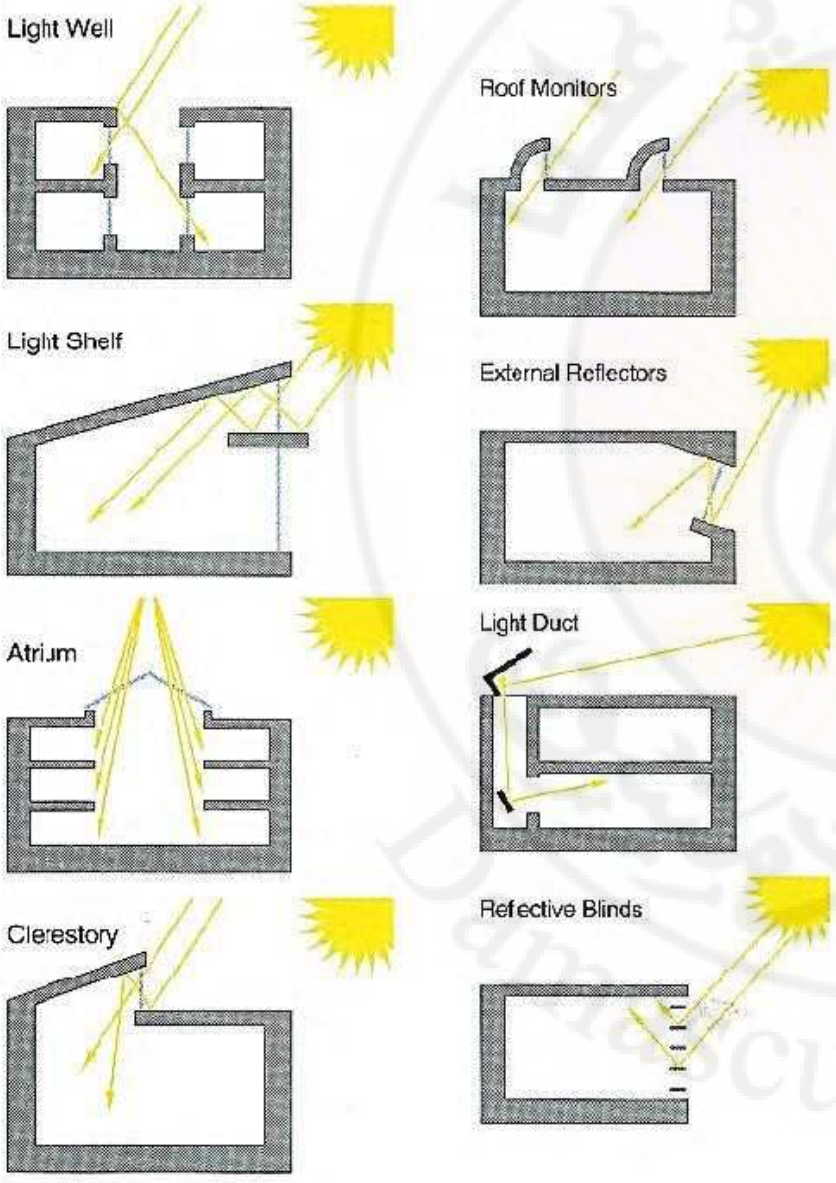
٢- الضوء المنعكس من الأرض المحيطة بالمبنى أو أسطح المباني المجاورة.

٣- الضوء المنعكس من الداخل نتيجة انعكاس الضوء الساقط على الجدران أو السقف أو السطوح الداخلية للغرفة.

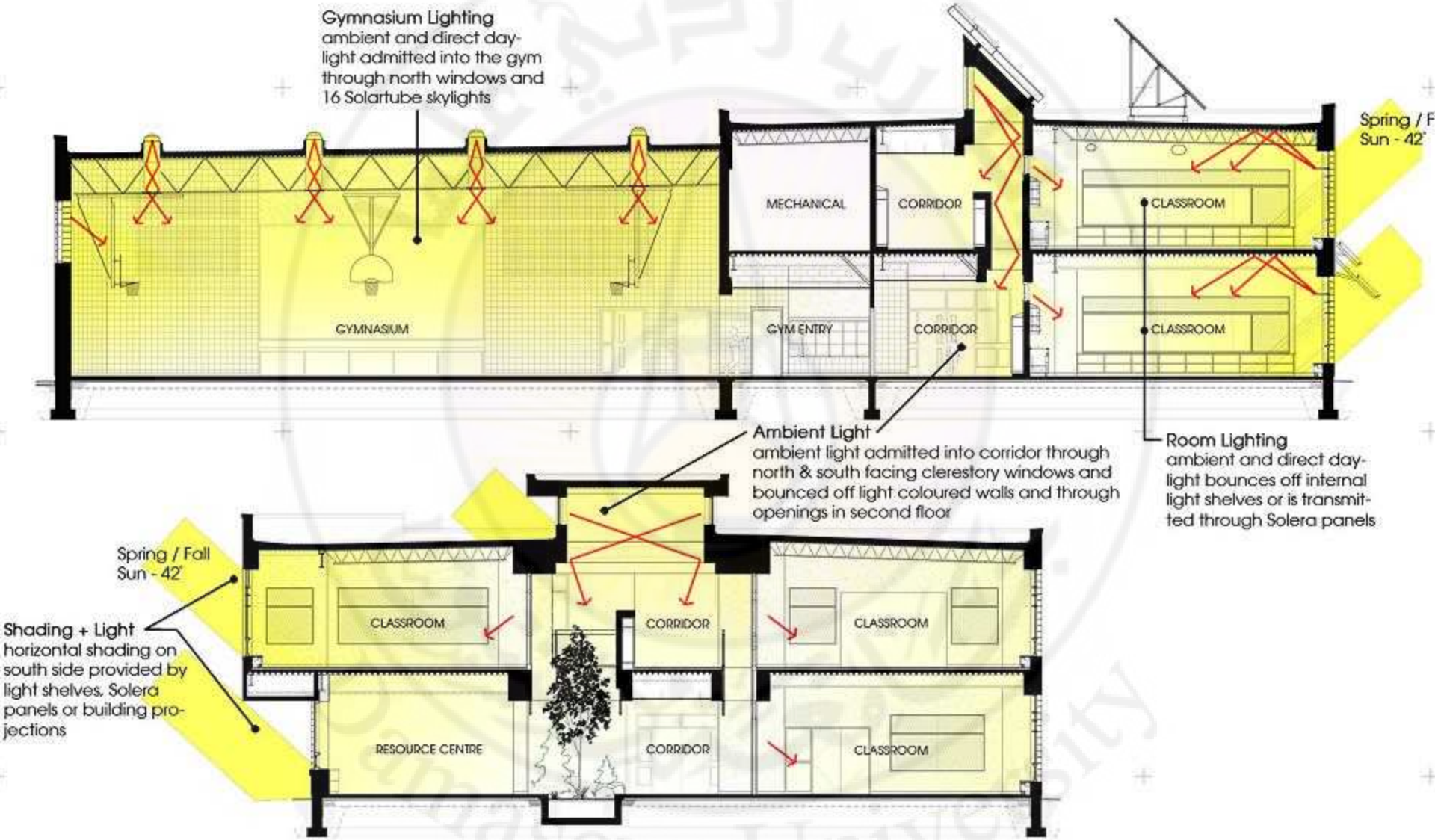
٤- الضوء المشتت بسبب مروره من زجاج مصنفر أو ستارة ويكون على صورة ضوء خافت بلا ظلال مصاحبة له.


مركبة ضوء السماء
Sky component (SC)
ضوء السماء
ضوء شمس مباشر
مركبة الانعكاسات الخارجية
(ERC)
ضوء منعكس من السطوح المجاورة
مركبة الانعكاسات
الداخلية (IRC)
ضوء منعكس
من الأرض

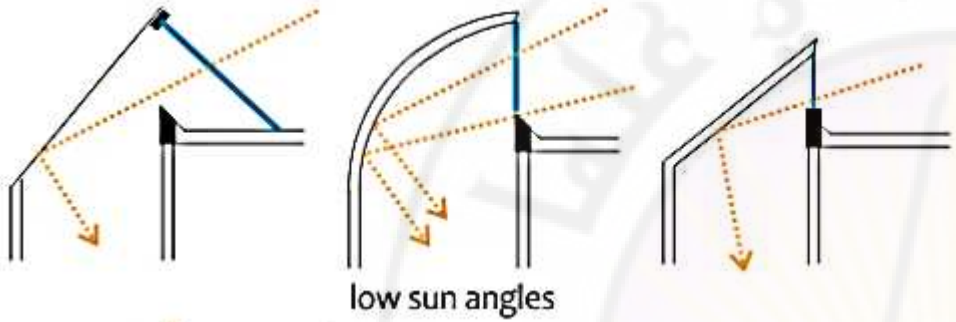
تقنيات الإنارة الطبيعية (Lighting techniques):

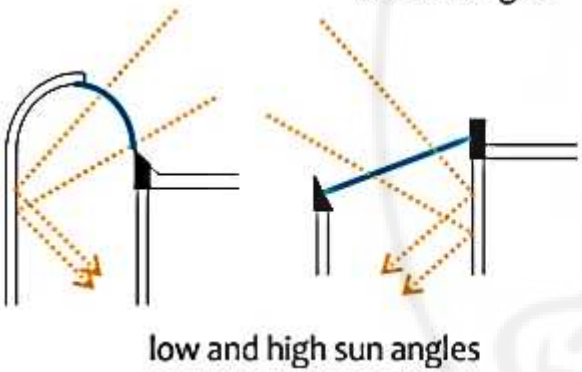


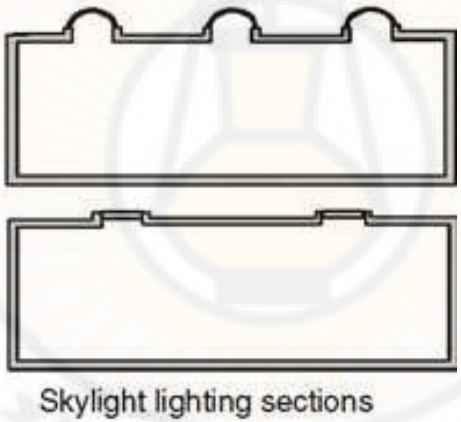
- آبار ضوئية (Light well)
- أسقف مراقبة (Roof monitors)
- رفوف ضوئية (Light shelf)
- عواكس خارجية (External reflectors)
- فناء داخلي (Atrium)
- دكتات ضوئية (Light ducts)
- نوافذ فرق منسوب (Clerestory)
- سواتر عاكسة (Reflective blinds)


Gymnasium Lighting
ambient and direct day-light admitted into the gym through north windows and 16 Solartube skylights
Spring / F
Sun - 42°
MECHANICAL
CORRIDOR
CLASSROOM
GYMNASIUM
GYM ENTRY
CORRIDOR
CLASSROOM
Ambient Light
ambient light admitted into corridor through north & south facing clerestory windows and bounced off light coloured walls and through openings in second floor
Room Lighting
ambient and direct day-light bounces off internal light shelves or is transmit-ted through Solera panels
Spring / Fall
Sun - 42°
Shading + Light
horizontal shading on south side provided by light shelves, Solera panels or building pro-jections
CLASSROOM
CORRIDOR
CLASSROOM
RESOURCE CENTRE
CORRIDOR
CLASSROOM

فتحات الانارة في الاسقف:


low sun angles


low and high sun angles

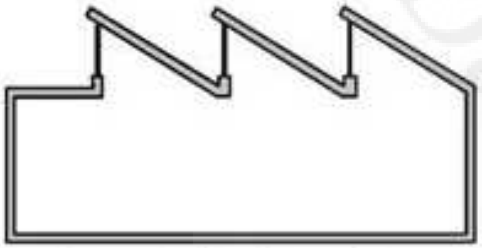

Skylight lighting sections

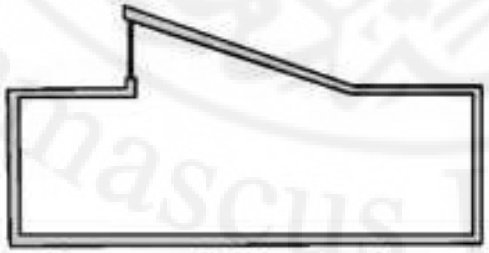
١- الفتحات الجانبية العلوية

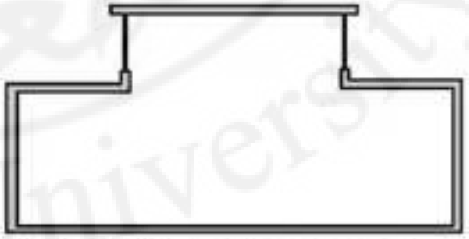
٢- استقبال الفتحات للجهة الشمالية واستخدام المرايا العاكسة لإنارة سقف الفراغ الداخلي

٣- سن المنشار(Saw tooth)، القائم ويناسب المناطق الصحراوية وشبه الاستوائية، والمائل في المناطق المعتدلة

٤- سقف المراقبة (Roof monitor)، وهو عبارة عن نوافذ قائمة مزودة بزوائد تمنع دخول اشعة الشمس المباشرة

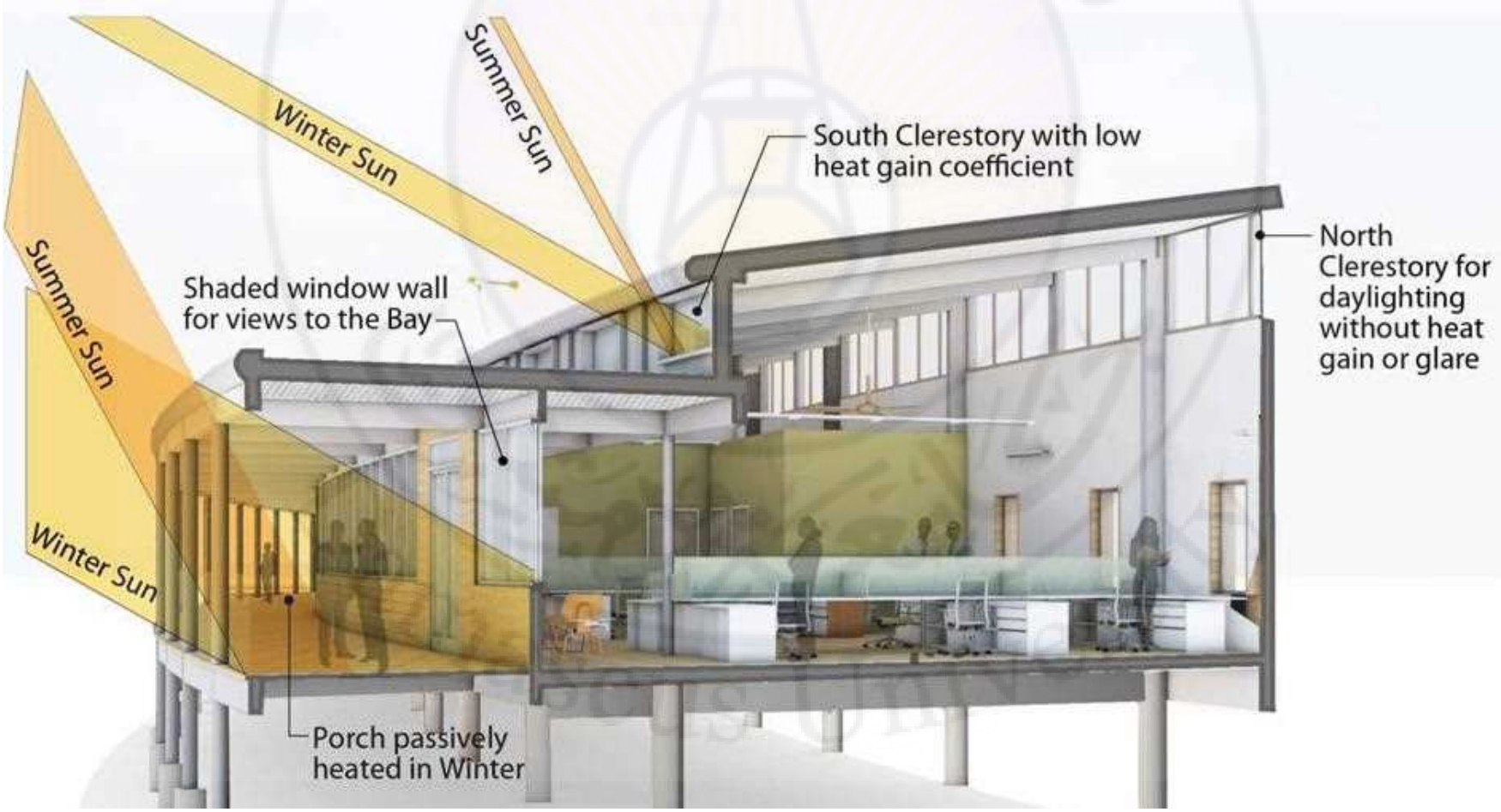

Sawtooth lighting section


Clerestory lighting section


Roof monitor lighting section

النافذة:

- تقوم النافذة بتوفير الجزء الأكبر من الإضاءة الطبيعية داخل المبنى، إذ تعتمد الإضاءة الداخلية السليمة لأي جزء من المبنى على اتجاه الفتحات ومساحتها وشكلها وسطحها والأشعة المنعكسة من الأسطح القريبة.
- والإضاءة السليمة تتمثل في ان تكون درجة الإضاءة مناسبة وموزعة توزيعا متوازناً على سطح الواجهة بدون وجود مناطق مظلمة في الأركان البعيدة.



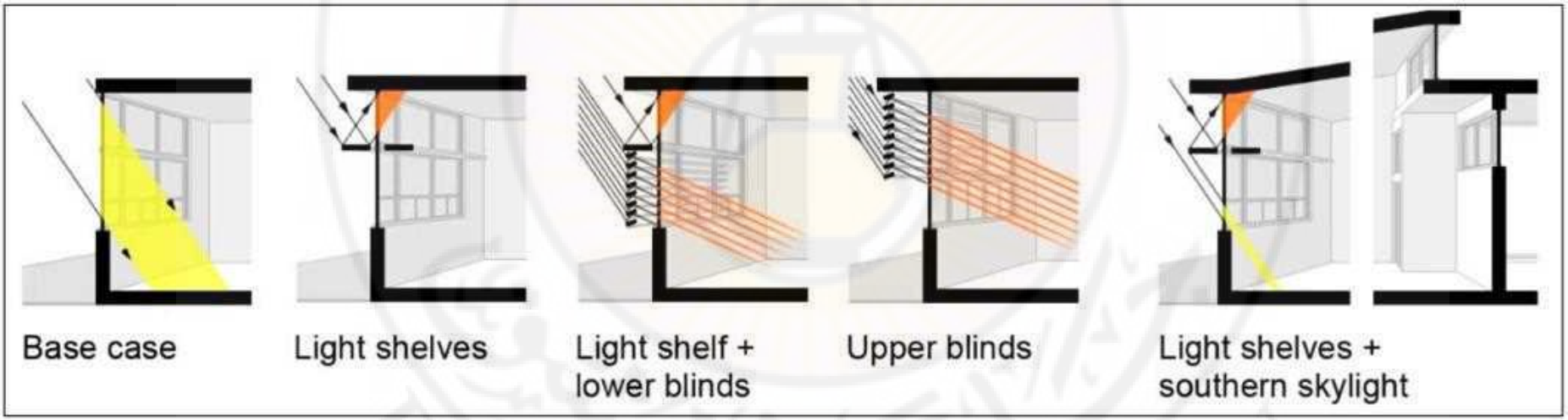
النافذة:

- كما تعتمد الإضاءة داخل المبنى على مساحة النافذة وموقعها على الجدار، فعلى سبيل المثال في حالة وضع النافذة بارزة إلى الخارج رغم ازدياد مساحة الزجاج فان مستوى الإضاءة داخل الغرفة يقل بصورة عامة إلا انه يجعل المنطقة القريبة منه ذات مستوى إضاءة عالية .



النافذة:

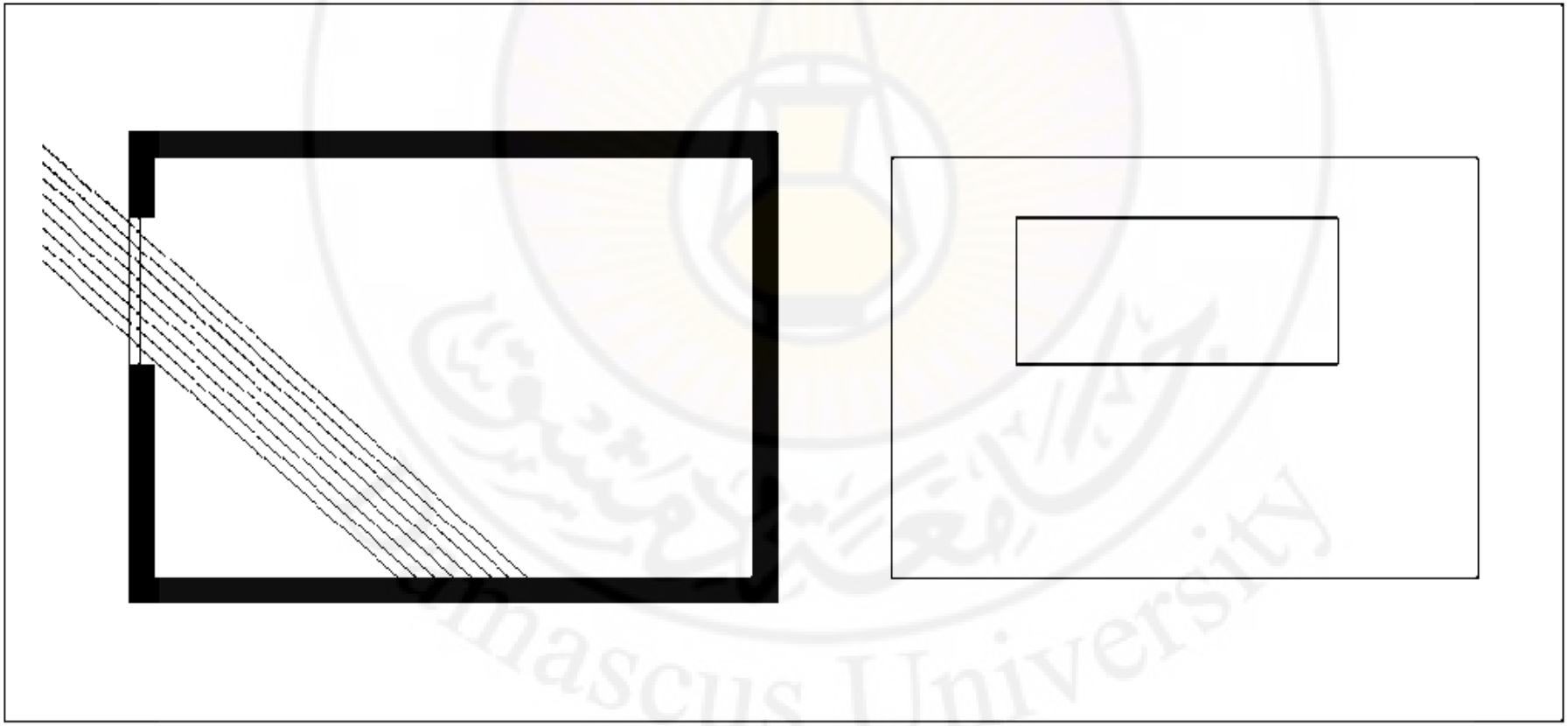
- تتغير نفاذية الضوء الطبيعي باختلاف شكل النافذة من حيث ارتفاعها عن الأرض وقربها من السقف وأخذها الشكل العريض أو الطويل والمستمر أو المقطع. وللمقارنة هنالك ثلاث احتمالات لأشكال نوافذ ضمن قاعة واحدة وعلى جدار واحد ومساحة ثابتة



Damascus University

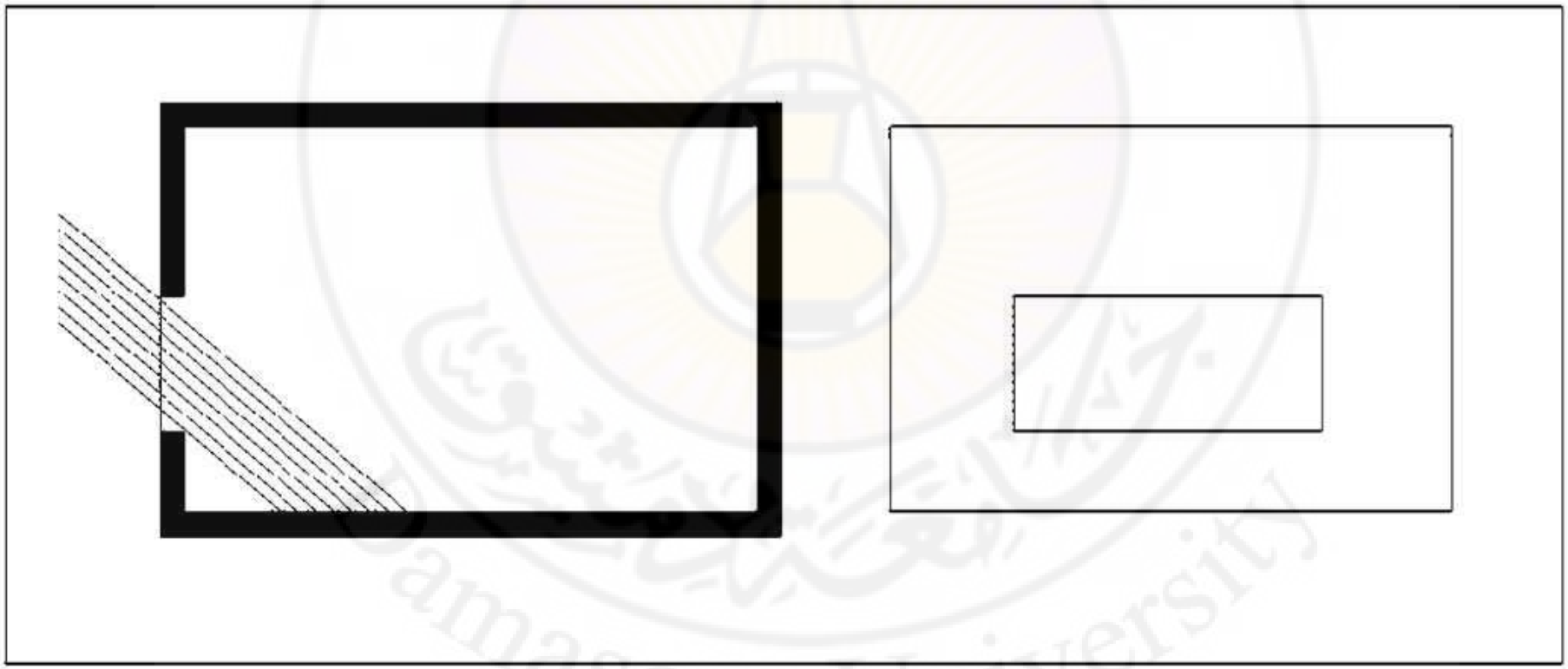
النافذة:

- **نافذة عريضة عالية:** انتشار الضوء بشكل عام في الحيز الداخلي أفضل، وانخفاض الشدة العالية للضوء قرب النافذة. والإضاءة تكون بشكل عام أفضل لدخول الضوء من الأعلى أو من السماء مباشرة



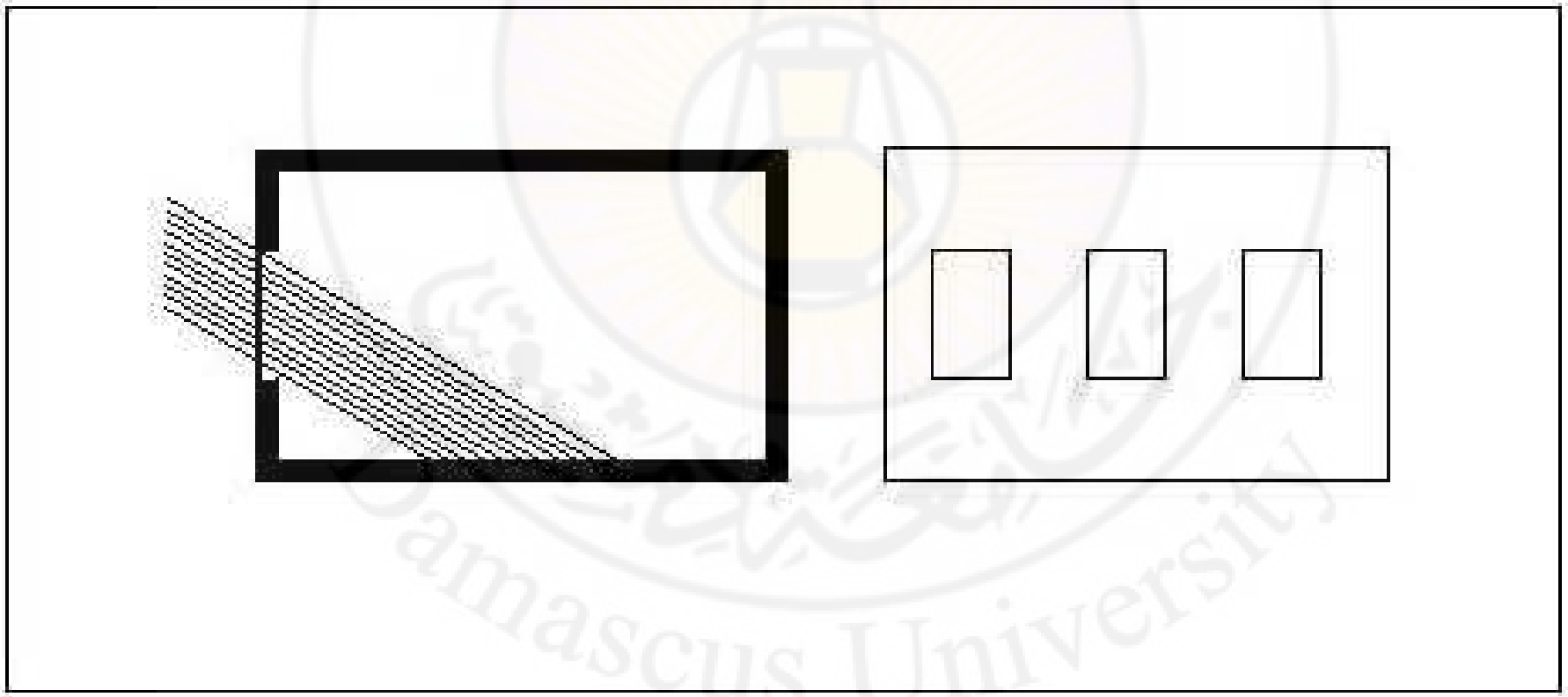
النافذة:

- **نافذة عريضة منخفضة:** تعطي مستوى إضاءة عالي بالقرب من النافذة مع انخفاض سريع للإضاءة عند الاقتراب من الجدار الخلفي.



النافذة:

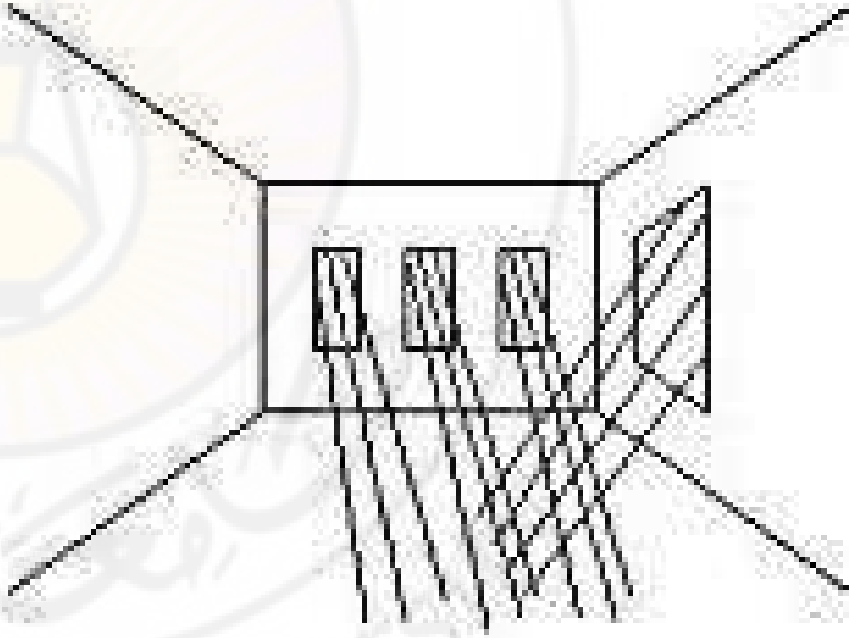
- **ثلاث نوافذ طويلة عموديه:** انتشار الضوء قرب النافذة اقل من الحالة الأولى مع نفاذية أفضل عند الاقتراب من الجدار الخلفي وانتشار أكثر تكافؤا



النافذة:

- ولغرض توزيع الإنارة بشكل متكافئ داخل الغرفة وجعل انتشارها بشكل أفضل، تقسم مساحة النافذة إلى عدة نوافذ على الجدار الواحد أو على موقعين متجاورين حيث يدخل الضوء ليعطي توزيع أفضل للإضاءة. ولزيادة فعالية نفاذ الضوء وانتشاره الأفضل يمكن توزيع النوافذ على جدارين متعامدين





النافذة:



النافذة:



النافذة:



النافذة:

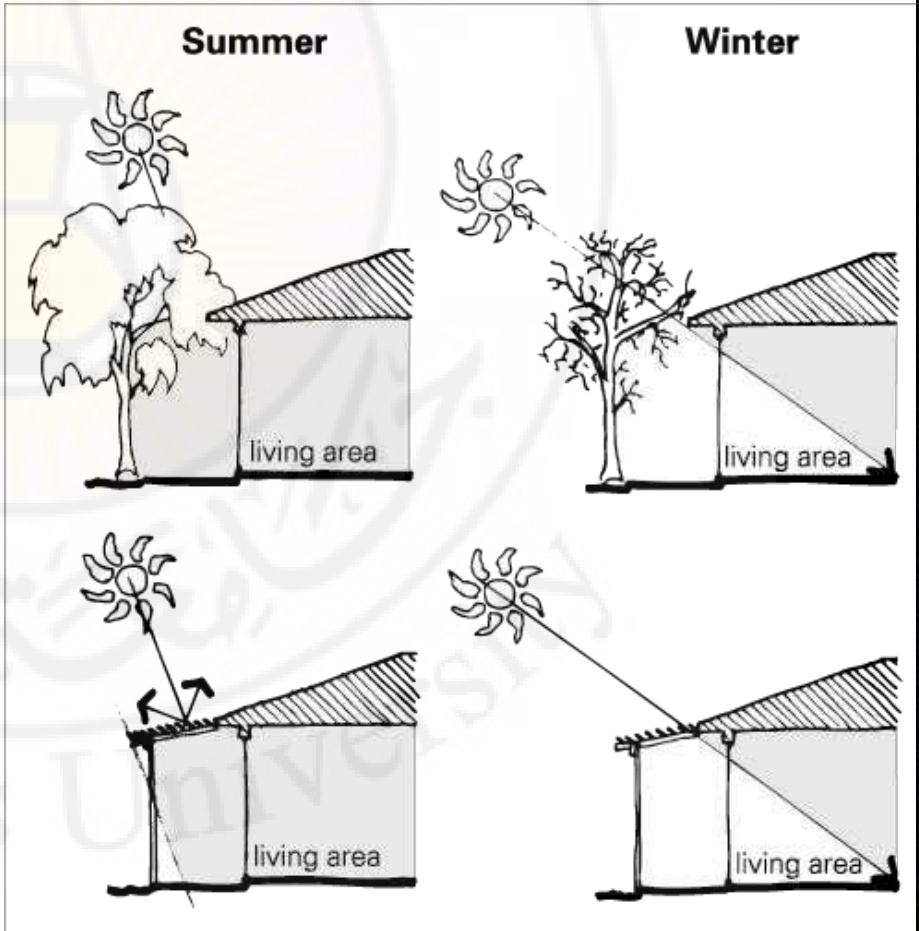




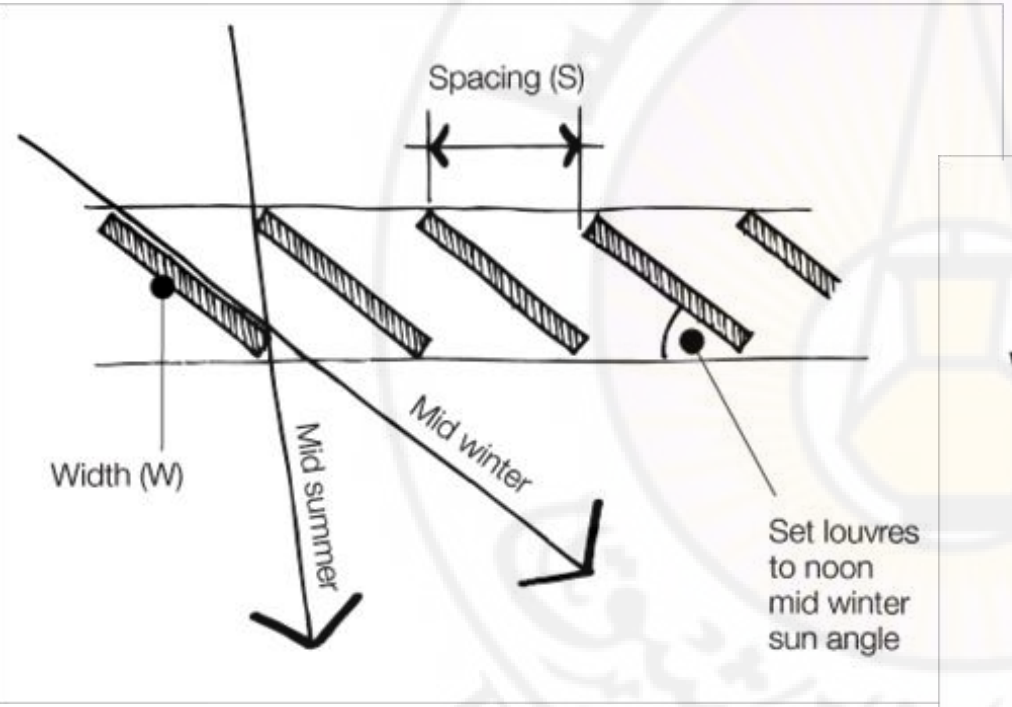
متطلبات الإضاءة الطبيعية في الأبنية في المناطق الحارة الجافة:

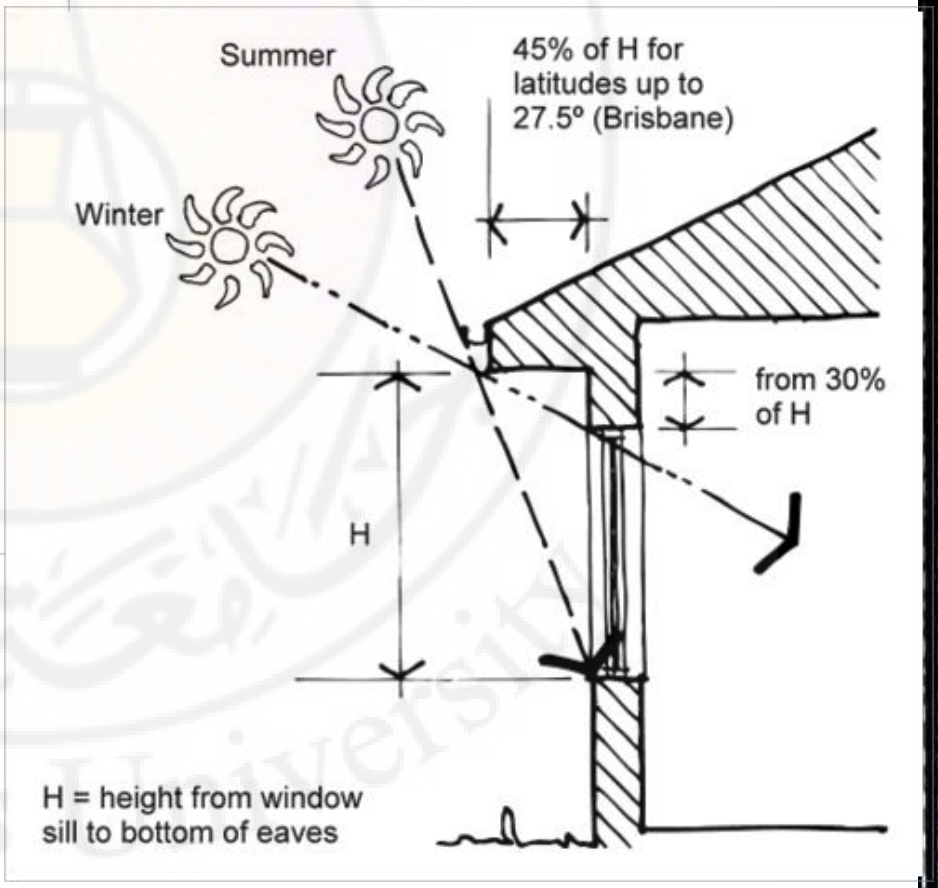
١. توفير إنارة كافية حتى ولو كانت الفتحات مغطاة بعاكسات أو حواجز.
٢. عزل النظر عن الإنارة القوية المسببة للإبهار من الخارج .
٣. الانعكاسات الداخلية للضوء هي أكثر ملائمة لهذا النوع من المناخ بوجود الفتحات العالية حيث تعمل على إدخال الضوء المنعكس إلى السقف وإذا كان السقف ذو لون ابيض فانه يعمل على انعكاس الضوء إلى الداخل





متطلبات الإضاءة الطبيعية في الأبنية في المناطق الحارة الجافة:

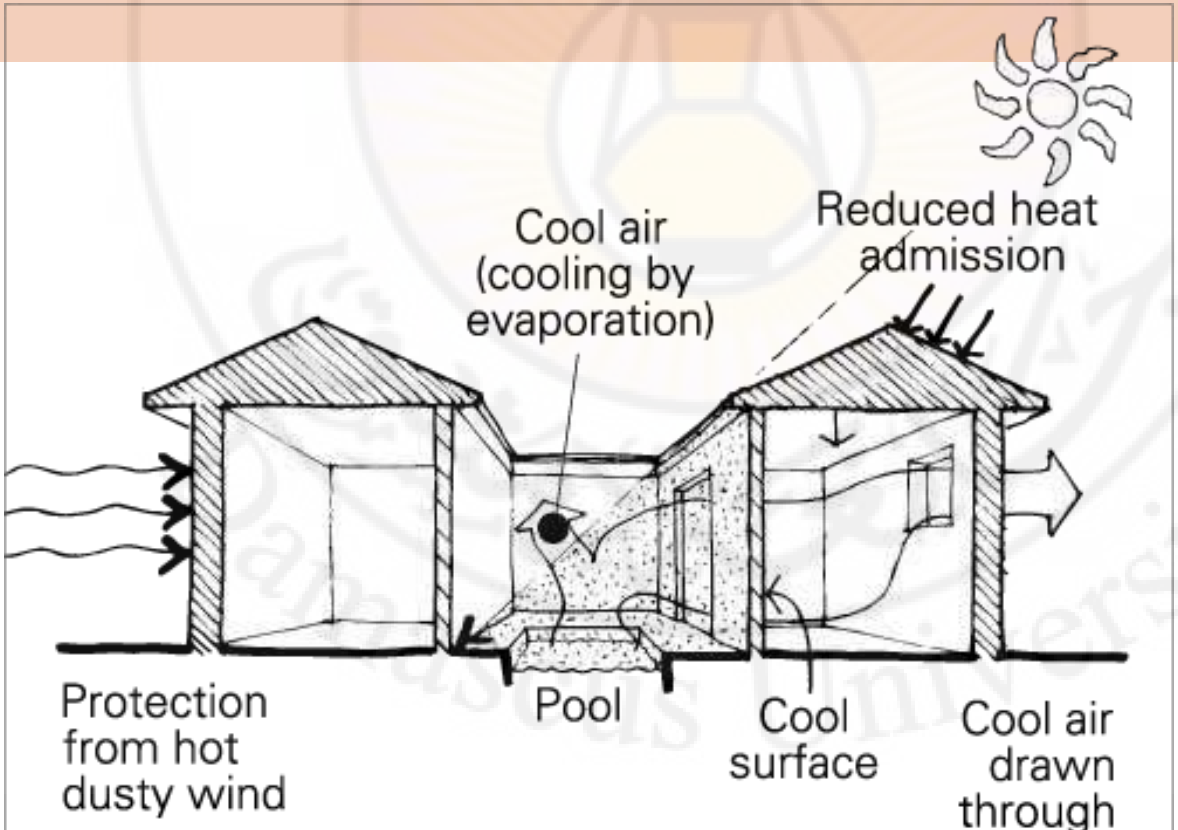




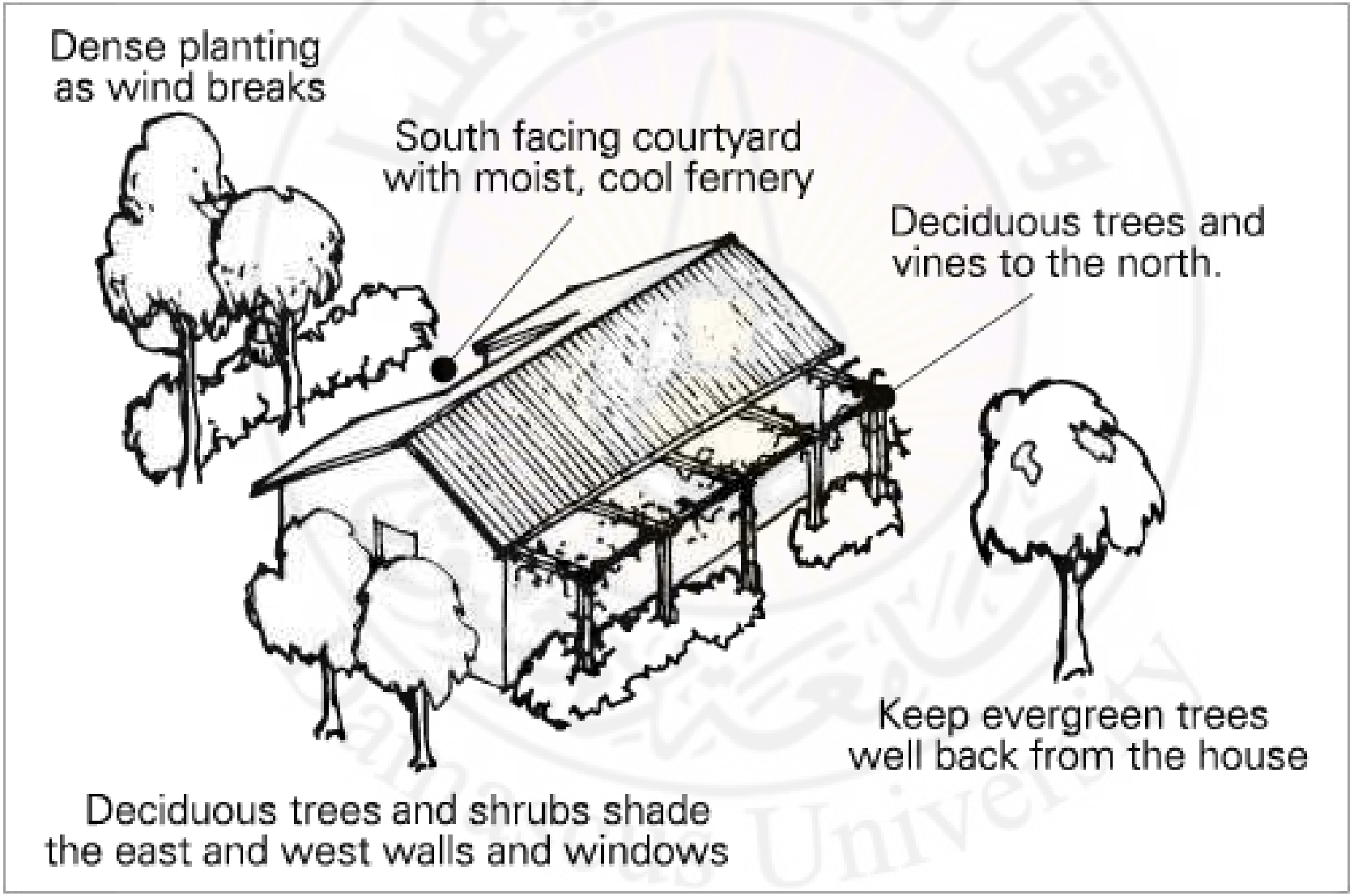
متطلبات الإضاءة الطبيعية في الأبنية في المناطق الحارة الجافة:

- إن تصميم الأبنية في المناطق الحارة ينبغي أن يعتمد على استعمال الضوء المنعكس من السطوح كمصدر أساسي للإضاءة ولذلك يتم اللجوء في تصميم فتحات تعمل على إدخال هذا النوع من الضوء المنعكس وبنفس الوقت تجنب الأشعة الشمسية غير المرغوب فيها وكذلك منع الضوء المؤذي للعين والمسبب للإبهار.

- فالأبنية التراثية في الأقاليم العربية صممت على هذه الفكرة وذلك باستخدام الفتحات الصغيرة المرتفعة وعاكسات الشمس والشبابيك المزخرفة، بالإضافة إلى تصميم الأبنية حول فناء وسطي مظلل واستعمال الأشجار والنباتات للتظليل



متطلبات الإضاءة الطبيعية في الأبنية في المناطق الحارة الجافة:



متطلبات الإضاءة الطبيعية في الأبنية في المناطق الحارة الجافة:





حالات دراسية

Case studies

أمثلة | سكني | حالة١



مبنى سكني لعائلة واحدة، في بيئة قاسية (Coastal desert) ساحلية صحراوية، جميع مواد البناء محلية المصدر.

أمثلة | سكني | حالة١



جناحي السقف الضخمين يحددان الشكل والتصميم للمبنى مع تأمين فراغ تهوية، وسطح مائل لتجميع الأمطار في خزانات خاصة.

أمثلة | سكني | حالة١



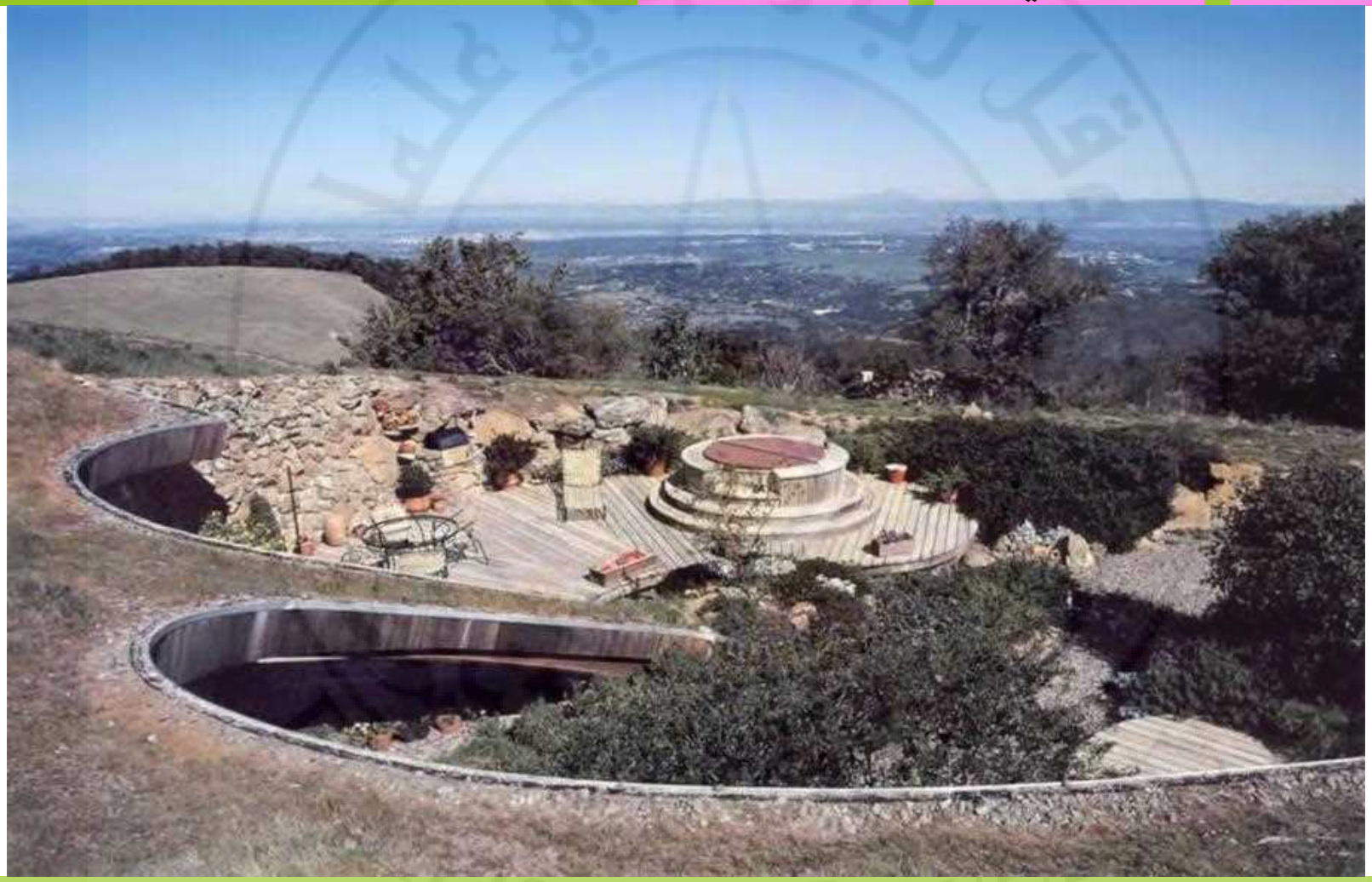
جناحي السقف الضخمين يؤمنان تظليل مهم لهذا المناخ ويسمحان بفتح كبير نسبيا في الأسفل. وهذا يقوي العلاقة مع المحيط ويسمح بإدخال إنارة غير مباشرة للمنزل.

أمثلة | سكني | حالة١



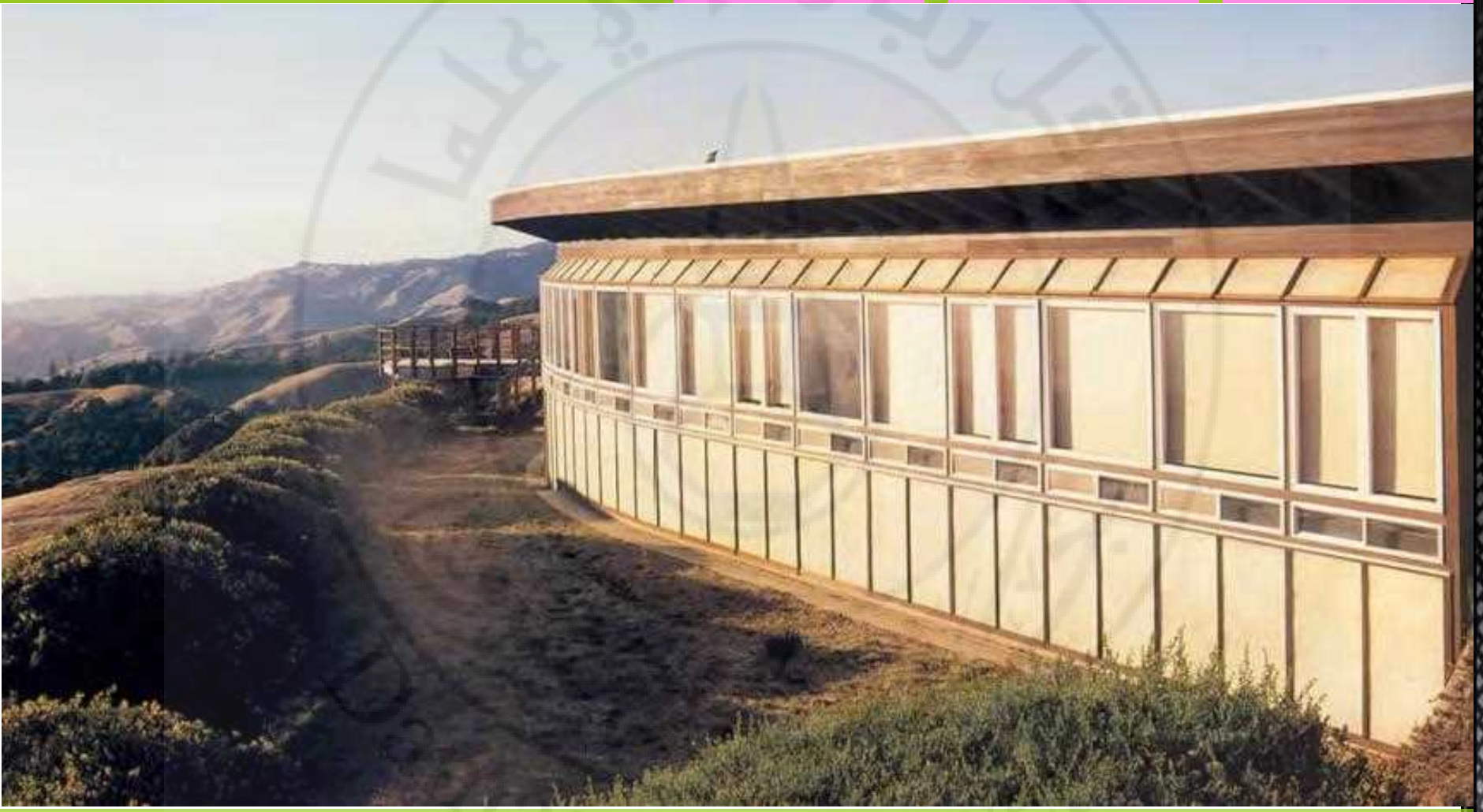
هذه الفتحات المحمية تسمح باستمرارية انسيابية للفراغ الداخلي نحو الخارج في الطقس الجيد، مع قابلية الغلق في الطقس السيء

أمثلة | سكني | حالة ٢



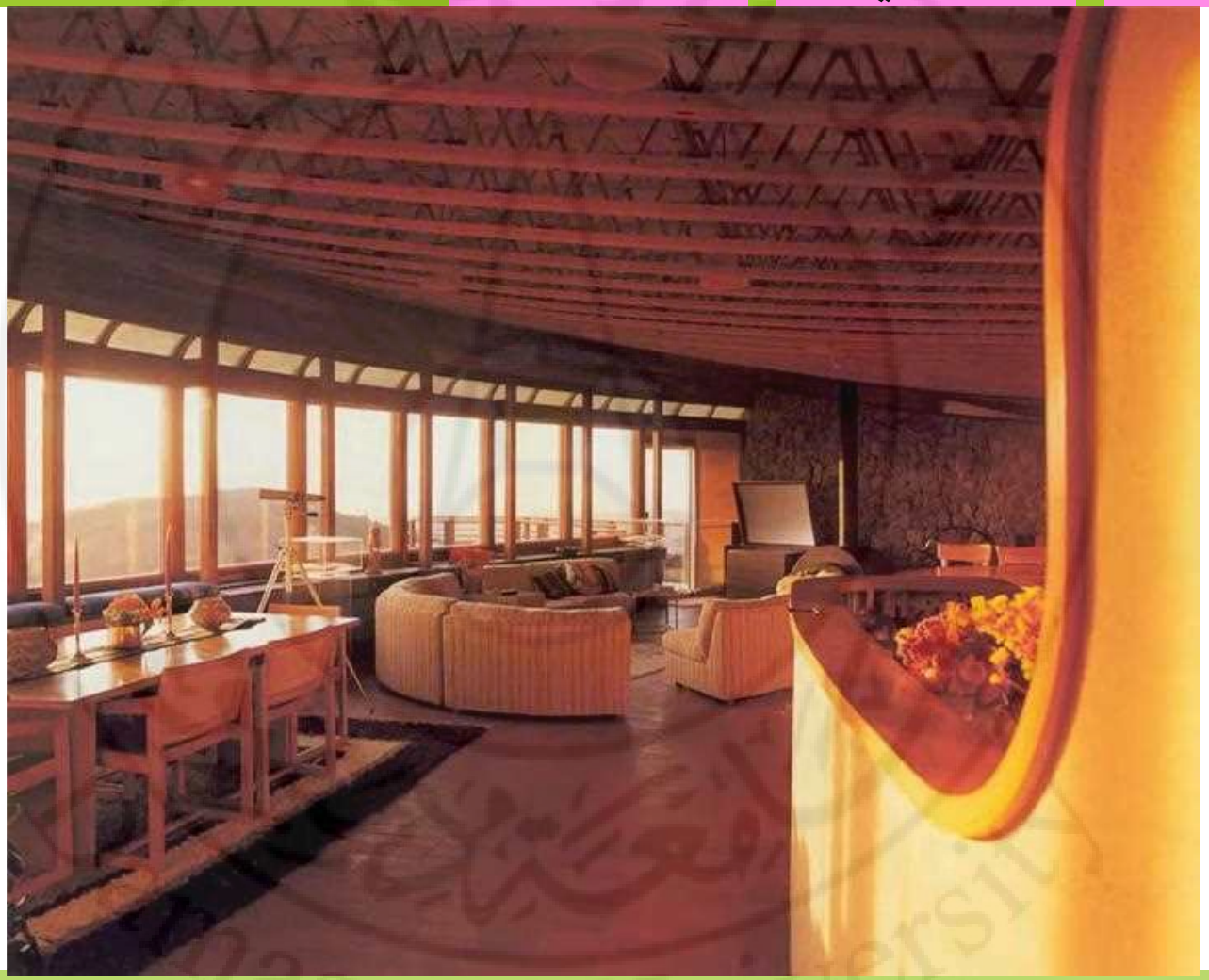
مثال آخر لمنزل سكني، حيث الانارة الطبيعية والأداء البيئي مشمولين بالكامل في كونسبت التصميم المعماري.

أمثلة | سكني | حالة ٢



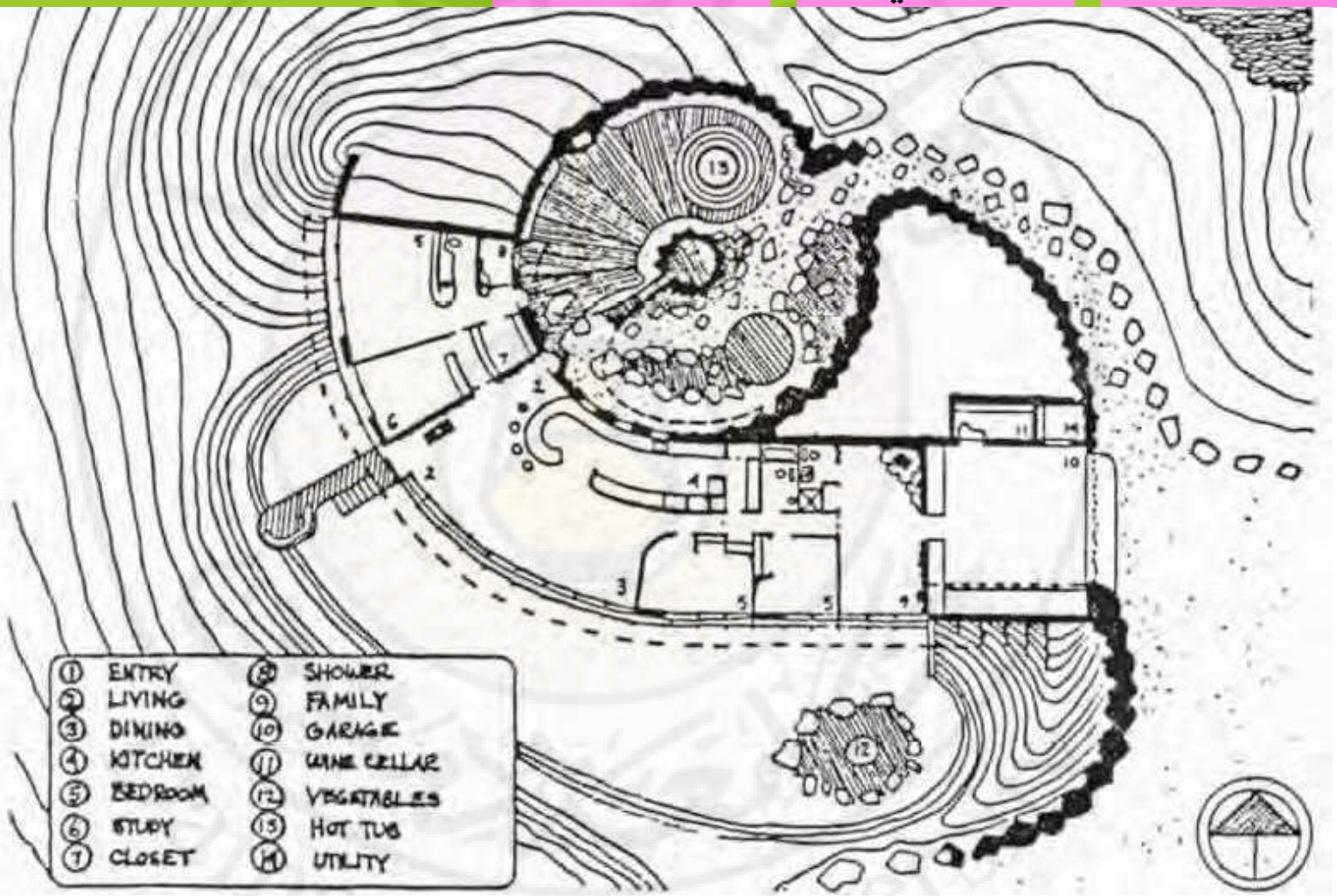
التوجيه الكبير نحو الشمس محمي بمظلة كبيرة ووسائل تظليل داخلية قابلة للحركة والتعديل.

أمثلة | سكني | حالة ٢



المسقط المفتوح+ ارتفاع السقف+ مساحات الفتح في الجدران، كل هذا يسمح بنسبة انارة طبيعية كبيرة، ولكن مع أساليب تحكم بالظل مدمجة في التصميم.

أمثلة | سكني | حالة ٢



بالرغم من أن المنزل بكامله مغطى بالأرض (earth sheltered) ومحمي من عوامل الموقع القاسية، إلا إنه غارق بالضوء الطبيعي.

أمثلة | سكني | حالة ٢





خلفية المنزل محددة بفراغات صغيرة حميمة مختلفة كليا عن الجانب الآخر المكشوف.

أمثلة | مكاتب | حالة ١ (Arup Campus, Solihull)



توجيه المبنى: شمالي غربي، جنوبي شرقي، وهو التوجيه الأنسب لتحقيق أفضل إنارة طبيعية، مع احترام مقيدات الموقع والفراغ المحيط.

أمثلة | مكاتب | حالة ١ (Arup Campus, Solihull)



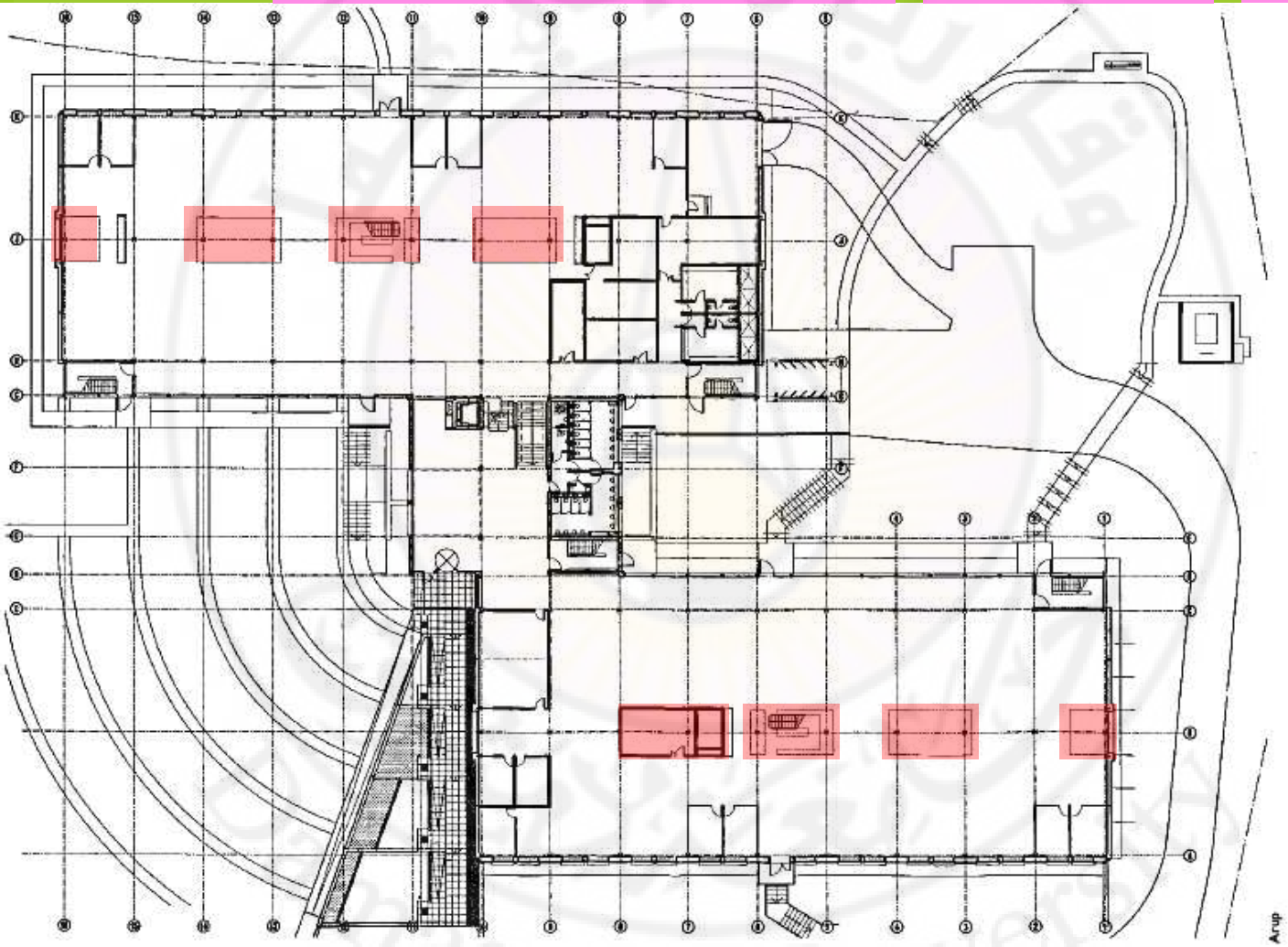
محليا يعرف المبنى باسم «قن الدجاج» «chicken shed» بسبب شكله الناتج عن حجيرات سقفية (roof pods)، هذه الحجيرات تضم فتحات إنارة علوية (skylights) لتضمن مستوى جيد من الإنارة للفراغات المركزية من المبنى.

أمثلة | مكاتب | حالة ١ (Arup Campus, Solihull)



محليا يعرف المبنى باسم «سقيفة الدجاج» «chicken shed» بسبب شكله الناتج عن حجيرات سقفية (roof pods)، هذه الحجيرات تضم فتحات إنارة علوية (skylights) لتضمن مستوى جيد من الإنارة للفراغات المركزية من المبنى.

أمثلة — مكاتب — حالة ١ (Arup Campus, Solihull)



مسقط أرضي يبين قسمي المبنى، وموقع الحجيرات السقفية.

أمثلة | مكاتب | حالة ١ (Arup Campus, Solihull)

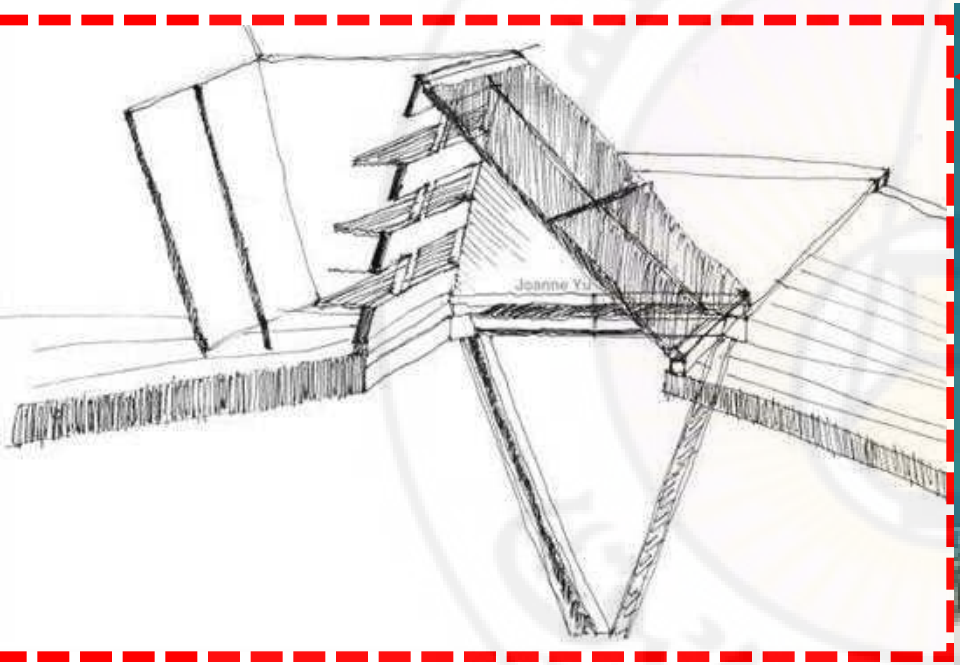


منظور داخلي ، وموقع الحجيرات السقفية لإدخال الانارة الطبيعية.

أمثلة

مكاتب

حالة ١ (Arup Campus, Solihull)





تتضمن هذه الحجيرات السقفية أيضا فتحات مجهزة بكواسر (louvres) لتمكن من توظيف تأثير المكدس في التهوية، مما يشكل جزء من استراتيجية التحكم البيئي للمبنى .

أمثلة | مكاتب | حالة ١ (Arup Campus, Solihull)



تتضمن هذه الحجيرات السقفية أيضا مجهزة بكواسر (louvres) لتمكن من توظيف تأثير المكدس في التهوية، مما يشكل جزء من استراتيجية التحكم البيئي للمبنى .

أمثلة
مكاتب
حالة ١ (Arup Campus, Solihull)





استخدام الكواسر الأفقية على الواجهة الجنوبية، والشاقولية على الواجهة الجنوبية الشرقية يخفف من الكسب الحراري بالتالي يسمح بحدوث استراتيجية التهوية الطبيعية.

أمثلة | مكاتب | حالة ٢(The Reichstag, Berlin)



بعد حريق أصاب المبنى، قام فوستر بإعادة تأهيله، وأضاف القبة الزجاجية.

أمثلة | مكاتب | حالة ٢(The Reichstag, Berlin)



القبة الزجاجية فوق المبنى التي تضم رامب حلزوني حولها

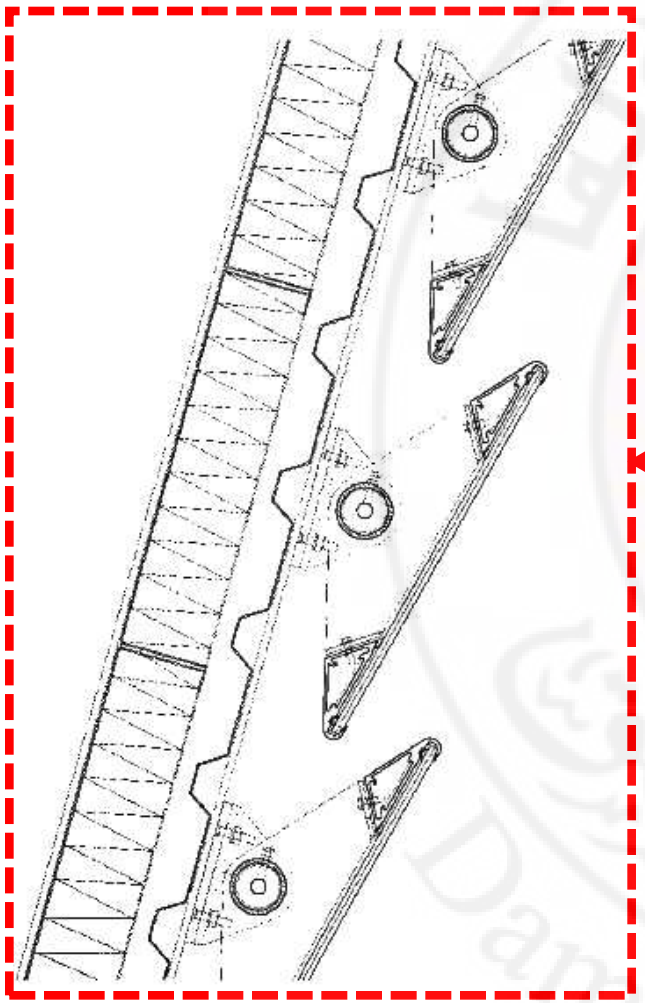
أمثلة | مكاتب | حالة ٢ (The Reichstag, Berlin)

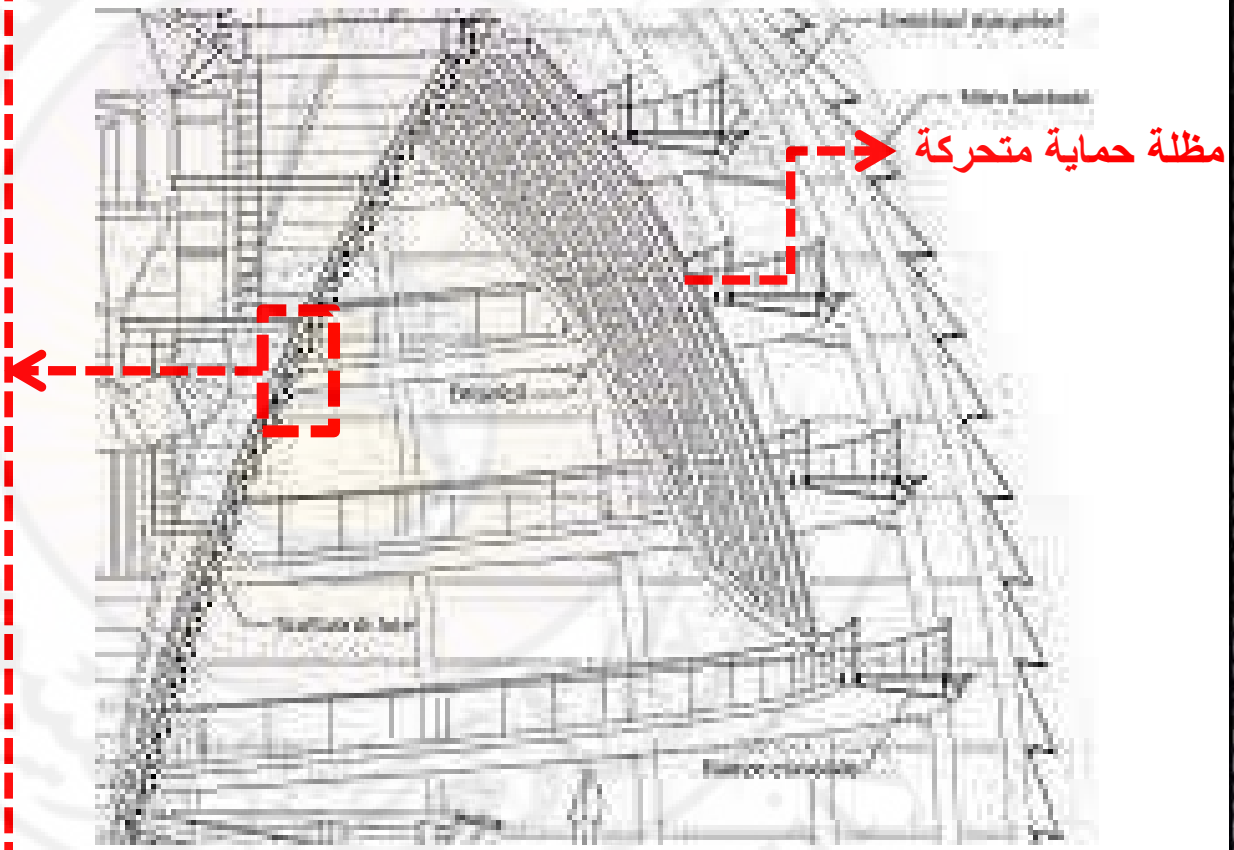




القبة فوق قاعة مؤتمرات وتضم مخروط مقعر الجوانب مجهز بمرايا بزوايا حادة، لتعكس أشعة الشمس المباشرة نحو الأسفل نحو القاعة تحت القبة، وللحماية وتخفيف الوهج مجهز المخروط بوسائل تظليل متحركة.

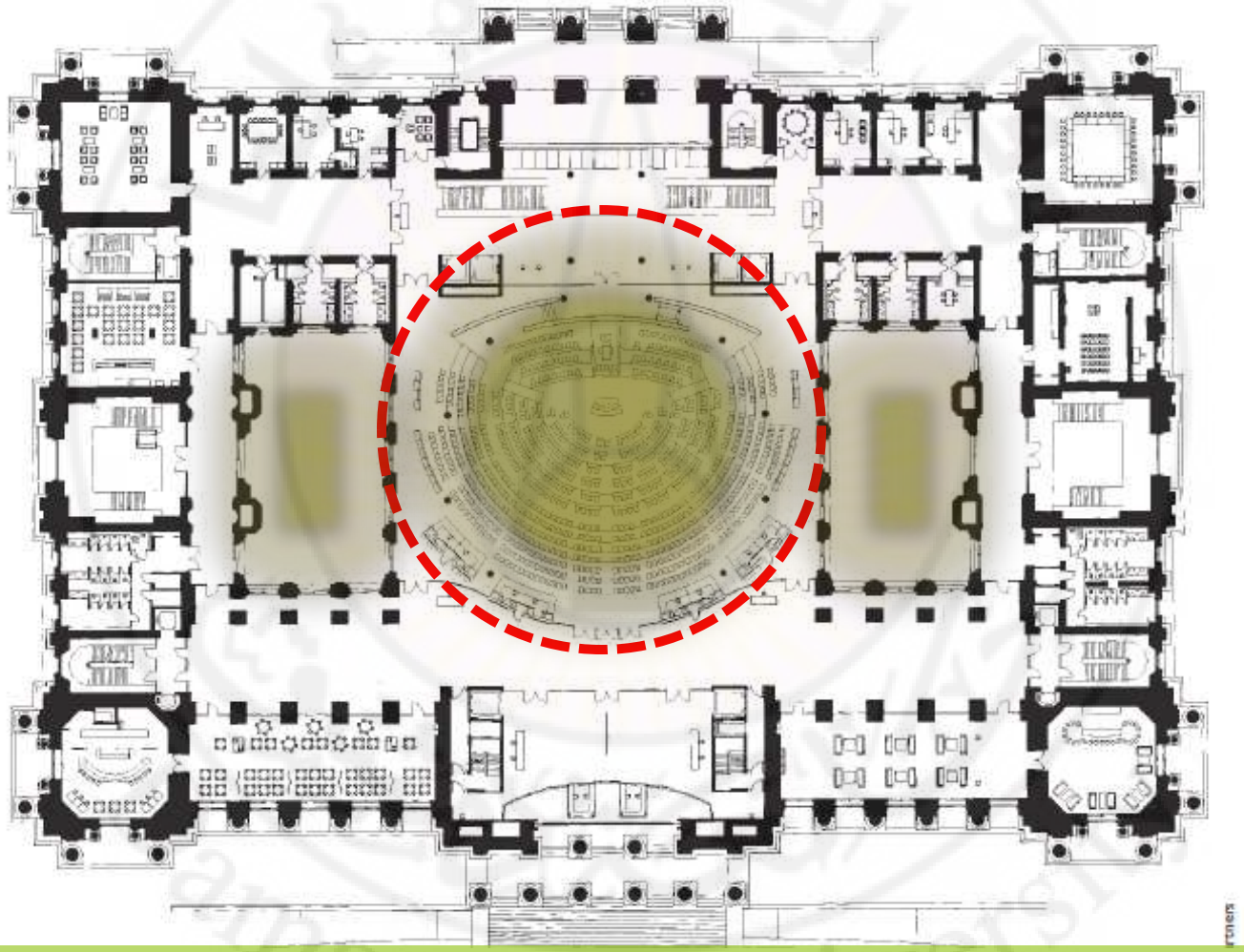
أمثلة | مكاتب | حالة ٢ (The Reichstag, Berlin)





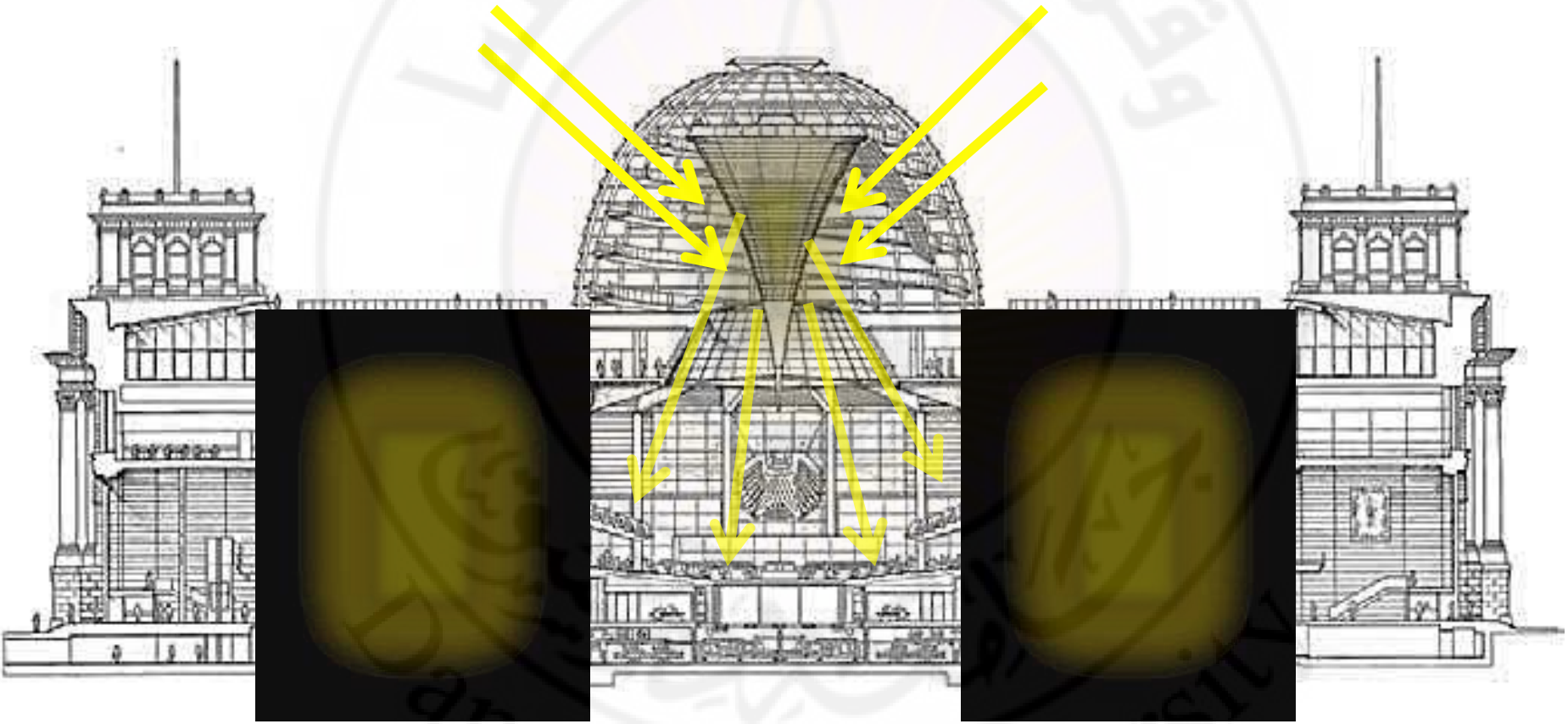
تفصيلة في مقطع المخروط يبين المرايا ، والحماية من الوهج.

أمثلة | مكاتب | حالة ٢(The Reichstag, Berlin)



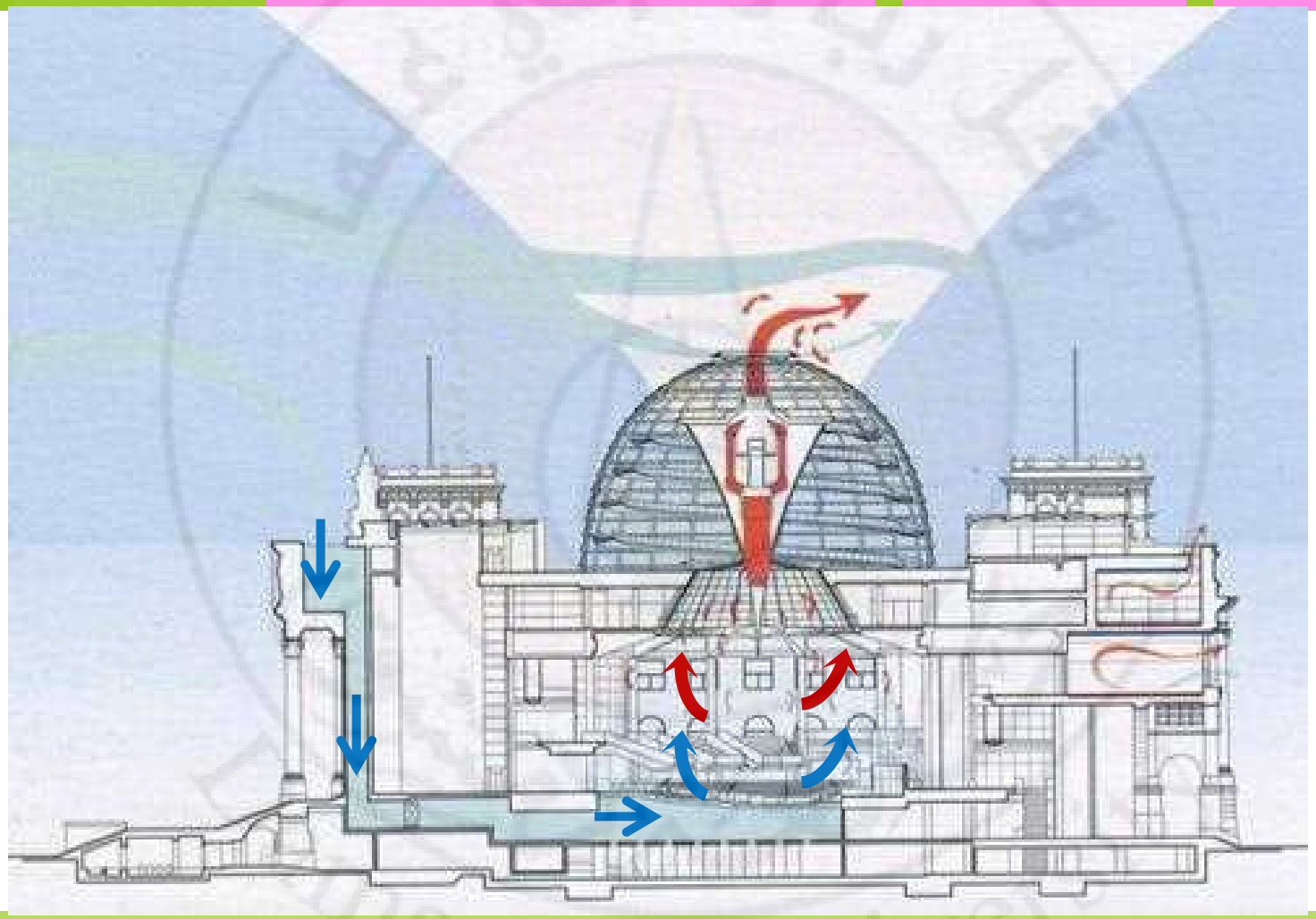
مسقط أفقي يبين القاعة تحت القبة، المنارة بإنارة علوية عن طريق الأشعة المنعكسة عن المخروط.
كما يبين فنائين جانبيين يُستفاد منهما لإدخال الضوء الطبيعي.

أمثلة | مكاتب | حالة ٢(The Reichstag, Berlin)



مقطع طولي يبين الانارة للقاعة تحت القبة عن طريق الأشعة المنعكسة عن المخروط.
ويبين الانارة الطبيعية للفراغات حول الفناءات الجانبية.

أمثلة | مكاتب | حالة ٢(The Reichstag, Berlin)

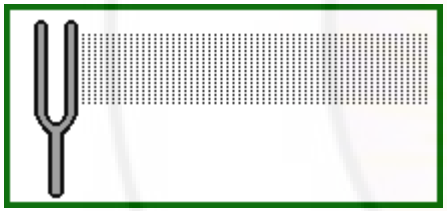


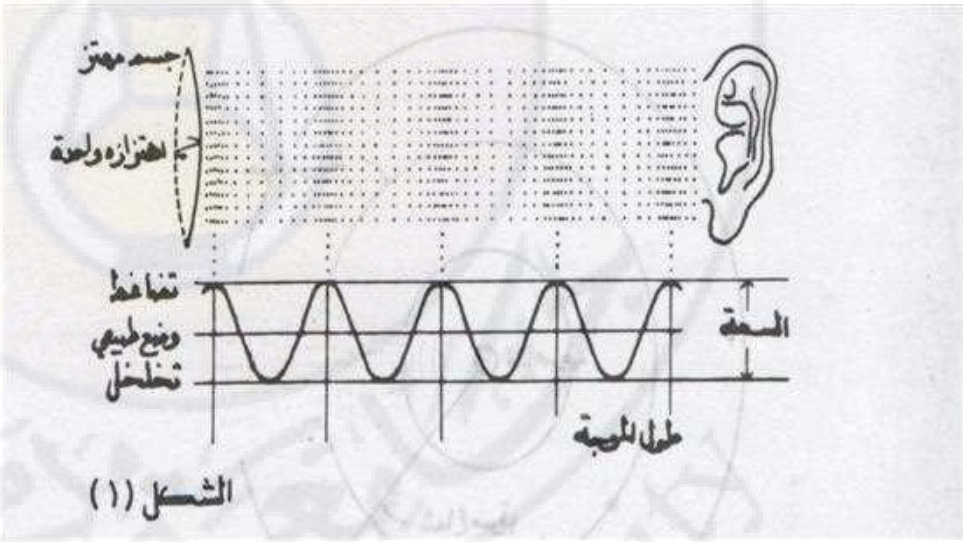
مقطع عرضي يبين كيفية توظيف عنصر الانارة المخروطي كعنصر للتهوية السلبية .

اساسيات الصوت

طبيعة الموجة الصوتية: جسم مهتز في وسط (الهواء) يسبب تخلخلات وتضاغطات للهواء دون الانتقال لجزيئات الهواء مشكلا موجة يمكن للأذن البشرية تحت ظروف معينة تحسسها واستماعها.

أمثلة على ذلك الشوكة الرنانة عندما نضرب عليها فإننا نسمع صوت اهتزازها بينما لا نستطيع رؤية الاهتزاز وباستمرار حركة الجسم تستمر التضاغطات والتخلخلات إلى ان تخمد الهزة انظر الشكل رقم (١)





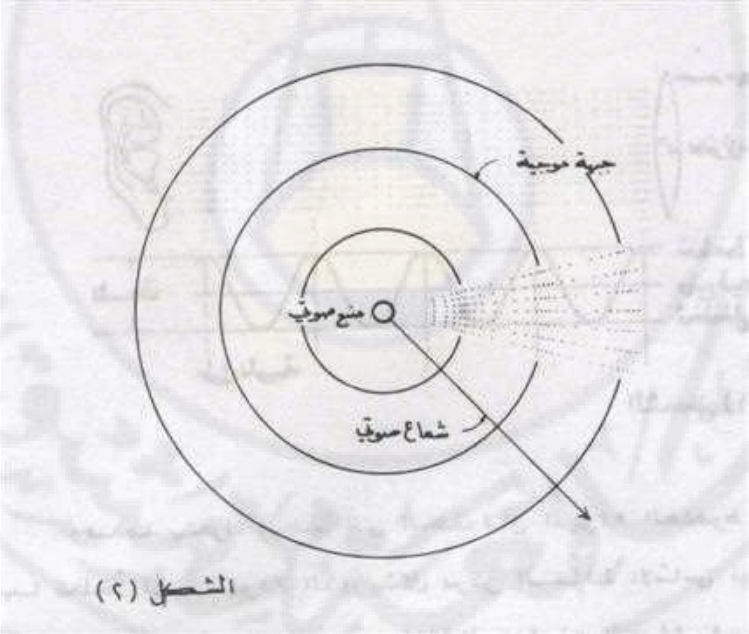
t الزمن

الشكل رقم (١) يمثل موجة صوتية صافية [01]

اساسيات الصوت

الشكل الكروي للموجات الصوتية

ان المنبع الصوتي الفيزيائي يشع الصوت بكل الاتجاهات وبما ان سرعة الصوت في وسط ما (الهواء) وفي جميع الجهات واحدة فان الموجة الصوتية النقية غير المشوهة تشع عموما بشكل كروي توضيحا لذلك انظر الشكل رقم (٢)(الحنجرة البشرية والآلات الموسيقية لها توصيفها)



شكل رقم (٢) يمثل الانتشار الكروي للموجة الصوتية غير المشوهة (جرس) [01]

ان الشعاع الصوتي المرسوم يمثل اتجاه الحركة للموجة ويسمى الشعاع الصوتي(يحسن بالذكر ان هذا هو الحال قبل اصطدام الجبهة الصوتية بحاجز وإلا فان شكلها سيتغير كما سيمر معنا

اساسيات الصوت

خواص الموجة فيزيائيا طول الموجة λ / التردد (Frequency) λ= c/f

طول الموجة الصوتية λهو المسافة بين مركزي تضاغطتين متتاليين ويقاس بالمتر m

التردد صوتيا هو عدد الاهتزازات في الثانية والتي تهتزها جزيئات الهواء وتقاس بالهرتز أو السايكل (Hz- CYCLE&)

ان الأصوات ذات الترددات العالية لها طول موجة قصير وتسمع كإشارات عالية (HIGH PITCH)

وبالمقابل فان الاصوات ذات الترددات المنخفضة لها طول موجة كبير وتسمع كإشارات منخفضة (LOW PITCH)

صوت ذكر نطق لين	VOEW SOUND	١٠٠ ذ/ ثا
صوت ذكر نطق نبر	SILBANT	٣٠٠٠ ذ/ثا
صوت مغني (إشارة دنيا)	BASS	١٠٠ ذ/ثا
صوت سبرانو (إشارة عليا)	SOPRANO	١٢٠٠ ذ/ثا
بيانو تردد منخفض	BOTTOM NOTE	٢٥ ذ/ثا
بيانو	MIDDLE C	٢٦٠ ذ/ ثا
فيولا تردد منخفض	BOTTOM NOTE	٤٠ ذ/ثا

اساسيات الصوت

سيتم تصنيف الترددات وللتسهيل مع طول الموجة المرافقة لها على الشكل التالي:

الترددات المنخفضة (63..250Hz) المجال	يتم قبولها بالتردد التالي ⇐	**100 Hz** **3.43 m**
الترددات المتوسطة (300...1000 Hz) المجال	يتم قبولها بالتردد التالي ⇐	1000 Hz 0.343 m
الترددات العالية (1250..10000 Hz) المجال	يتم قبولها بالتردد التالي ⇐	10000 Hz 0.0343 m

اساسيات الصوت

الصفات الفيزيولوجية للصوت

تتميز الاصوات بعضها عن البعض بثلاث خواص او صفات

٢-١) الشدة الصوتية loud strength(تمييز الصوت القوي والضعيف)

٢-٢) الارتفاع (الدرجة)tone Heigt (تمييزاالنغمات الغليظة منخفضة الدرجة والحادة مرتفعة الدرجة ولهدة الخاصية علاقة بالتواتر)

٢-٣) الطابع /اللون (النوع)sound paint تميز نغمة الطبلة عن الكمان (نغمتان متفقتين في الدرجة والشدة صادرتين من مصدرين مختلفتين فان الاذن قادرة عن التمييز بينهما) له علاقة ب harmonics

الطابع يعود الى الشرح التالي فعندما يعزف الموسيقي لحنا (لة درجة معينة ثخينة تكون مصحوبة بمجموعة نغمات صادرة عن الة اخرى تزيد عنها ايضا في الدرجة بنسب معينية (ضعف او ثلاثة اضعاف) وتقل في الشدة وتسمى الانسجامات (harmonics) وان السلسلة التي تصحب العود تختلف عن المزمار

اساسيات الصوت

معايير صالات الموسيقى وعوامل التأثير بها معماريا وتصميميا:

الإجراءات التالية ستكون ضرورية:

١- تامين حجم مثالي بالإضافة إلى تواجد خط نظر بشكل دائم بين المنبع الصوتي وكل شخص متواجد في الصالة بدون إعاقة

٢- أن لا يزيد ابعد مكان لشخص مستمع عن المنبع الصوتي ٣٠ م من جهة الأمام(يؤخذ بعين الاعتبار طبيعة انتشار الموجة من فم متحدث بشري) من جهة الجانب ٨ م الخلف ٨ م \ من الأعلى عند المنبع لا يزيد عن ٦ م

٣ - رفع المنبع عن مستوى المشاهدين أو مستوي أرضية المنصة للمنبع وتصمم الصالة بشكل متدرج أو لوغاريتمي إن سمحت الوظيفة بذلك

٤- العمل على تصميم الصالة بشكل خالي من الأعمدة ما أمكن وكذلك تفادي الجوائز الساقطة القاسية صوتيا والتي تكون بشكل عرضي مع اتجاه انتشار الموجة الصوتية

٥- اختيار شكل معماري مثالي لكل من صالتي الحديث والموسيقى مشتق عن قانون الانعكاس والابتعاد عن التوازي/الزوايا القائمة بعلاقة بيت الاسطح شاقوليا وافقيا

٦- اختيار هندسي للفراغ مثالي أبعاده ونسب قياسات اضلاعه

٧- اختيار تصميم معماري مثالي للنظام الحامل والمغلف والكاسي والتقني يضمن مبدأ التناظر في الكبر والمكان واتجاه الامتداد وتحقيق الصوت المباشر/الانعكاس المبكر إبطال الآثار السيئة لأي نوع من أنواع الصدى والتركيز والبؤر الصوتية

الخطوات تكمن سواء لصالات الحديث او الموسيقى في الإجراء الأولي (الحجم + الشكل معماري وهندسة الفراغ-النظام الحامل والمغلف) والإجراء الثانوي مواد الاكساء تحديدها (عاكس /ماص-ترتيبها وتوزيع العناصر المعمارية تفصيلات معمارية – النظام الكاسي نظام التأثيث والتجهيز التقني)

اساسيات الصوت

اختيار شكل الصالة والمغلفات الداخلية للفراغ المعماري

الأشكال الأساسية:

مكونة من أسطح مستوية هندسية ذات فراغات متعامدة ومتوازية السطوح (مربعات او مستطيلات)

مكونة من أسطح ذات فراغات مركزية مسدسات/ شبهها او دائرة

مكونة من أسطح مستوية غير متوازية او متوازية مثنى مثنى

حرة التكوين

الأشكال الثانوية: يتم تغليف الأشكال السابقة جزئيا أو كليا

باسطح هندسية مستوية او منسقة غائرة اوبارزة

أو بمنحنيات مقعرة أو محدبة جزئيا او كليا

بالواح مغلقة او مفتوحة (دائري/شق طولي/الخ)

اساسيات الصوت

يجب على الشكل المعماري أن يحل النقاط التالية:

تأمين الصوت المباشر بطاقة كافية للمناطق البعيدة عن المنبع الصوت *

- **(حالة الحديث) تشجيع الانعكاسات الصوتية (الجبهة الأولى) ضمن فترة فرق مسير ١٧م بالنسبة للصوت المباشر و تأمين المقاعد البعيدة عن المنبع بالطاقة الكافية عن طريق الانعكاس وتوزيعها بشكل متوازن**
- **في (حالة الموسيقا) ٢٧ م من الأمام\الخلف ٨ م من الجوانب و ٦ م من الأعلى ورفع مقدارالتشتيت الصوتي * إبطال أي نوع من أنواع الصدى الضار خاصة صدى الزوايا أو صدى الرفرفة للأسطح المتوازية (الأمواج المستقرة) والحاصلة في المستوي الصوتي والذي خط ميله الاعظم المستقيم بين المنبع ومركز ثقل المستمعين البعيد عن المنبع**

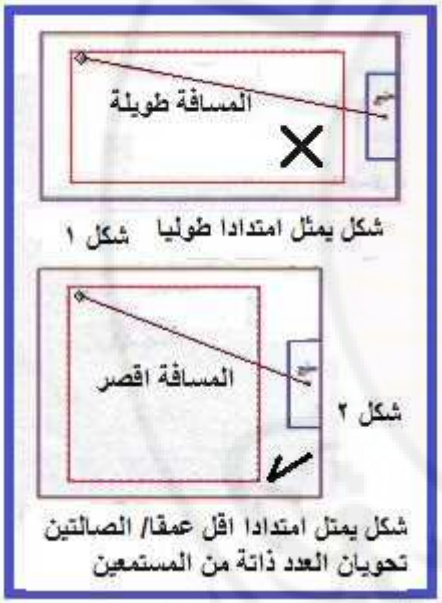
*** التقاط متوازن من الجهات المتوقع وصول الصوت منها وعدم الشعور في أي تركيز للطاقة القادمة بأية منطقة**

لذا عند اختيار الشكل المعماري نراعي بالتصميم قسمان الأول مكان المنبع (ثابت أو متحرك) والثاني قسم الجمهور وفيهما

Damascus University

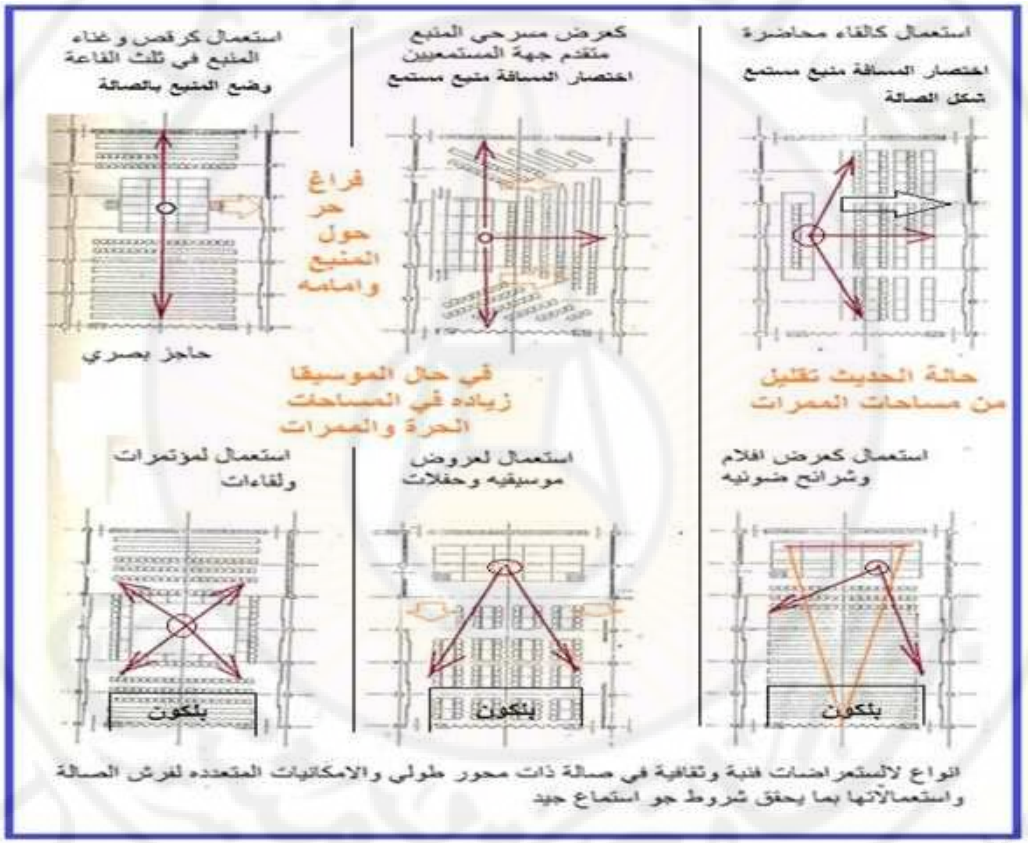
اساسيات الصوت

يجب التوصل عند اختيار شكل المسقط والمقطع إلى:
اختيار اقصر طريق بين المنبع واخر مستمع فباختيار الشكل رقم ٢ الاسفل نضمن مسافة اقل بين المنبع والمستمع وبالتالي طاقة صوتية مقبولة عند المستمع البعيد مع العلم ان في الشكلين التاليين يمكننا من احتواء نفس العدد من الجمهور مع مراعاة قصر خطوط النظر



يمثل مقارنة بين مسقطين لهما المساحة الواحدة لكن مسافة المنبع لابعد مستمع في الشكل ٢ تبلغ ١\٤ المسافة للشكل

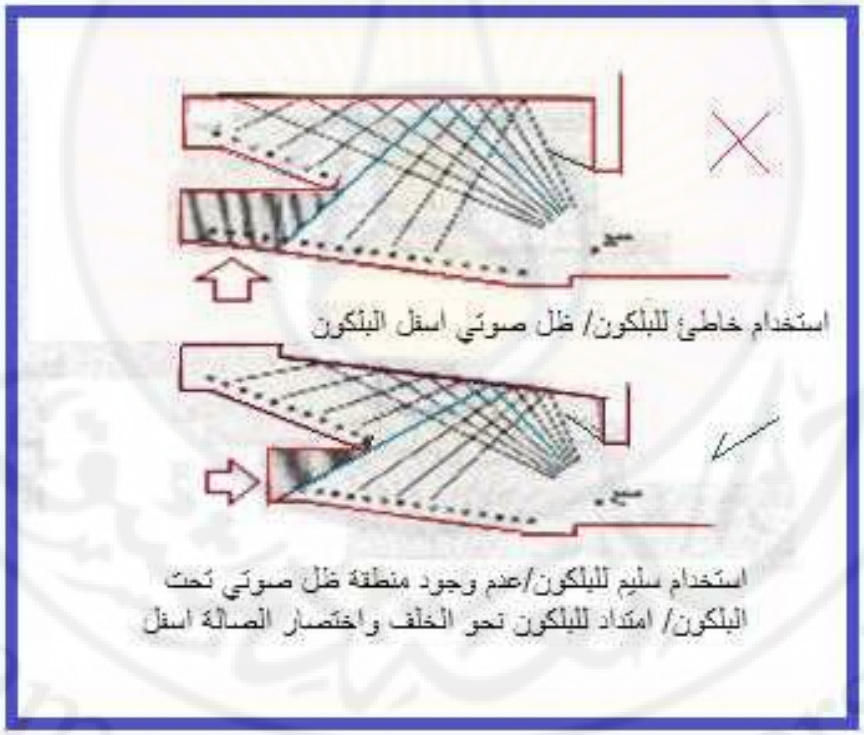
اساسيات الصوت



يمثل مقارنة بين مساقط عديدة وتوضع مختلف للمنبع بالنسية لمساحة الجمهور لكن مع وجود حلول مختلفة تضمن قصر المسافة بين المنبع وابعد مستمع ايضا مع تواجد البلكون لزيادة عدد المستمعين

اساسيات الصوت

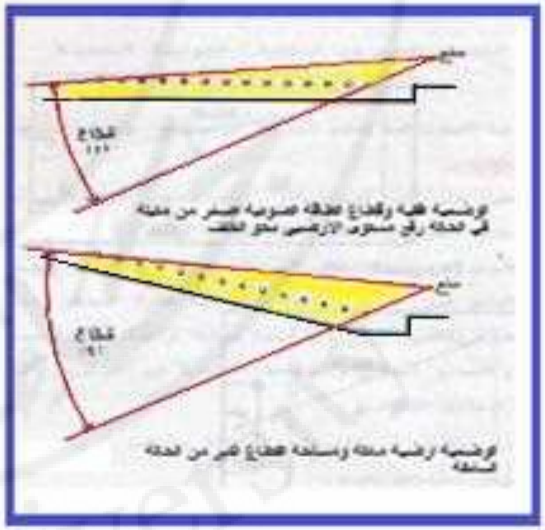
٢- بين المنبع والمستمع يمكن استعمال البلكونات عند الحاجة لاستيعاب عدد كبير من المستمعين مع الاحتفاظ -بمسافه قصيره مع الانتباه الى عدم تشكل مناطق الظل الصوتي بسب وجود اماكن جلوس محجوبة تحت البلكون



) يبين اماكن تواجد مناطق الظل الصوتي تحت البلكون والحل المعماري للتخلص من هذا الخطأ الصوتي

اساسيات الصوت

٣- تصميم الارضية بشكل مائل ان امكن ذلك وظيفا
حيث يمكن
ابعاد خطر تغير لون الصوت المرسل بسبب امتصاصها بواسطة الجمهور اثناء انتشارها من خلاله عندما يكون المنبع بمستوي المستمع تقليل عدد الممرات في منطقة المستمعين في صالات الحديث وزيادتها وتكبير المساحة الفارغة امام الفرقة الموسيقية في حالة الموسيقا وكذلك تجميع المقاعد بقدر المستطاع بشكل متوازن ومتناظر بالنسة للمحورمنبع مركز ثقل المستمعين في الصالة





اساسيات الصوت

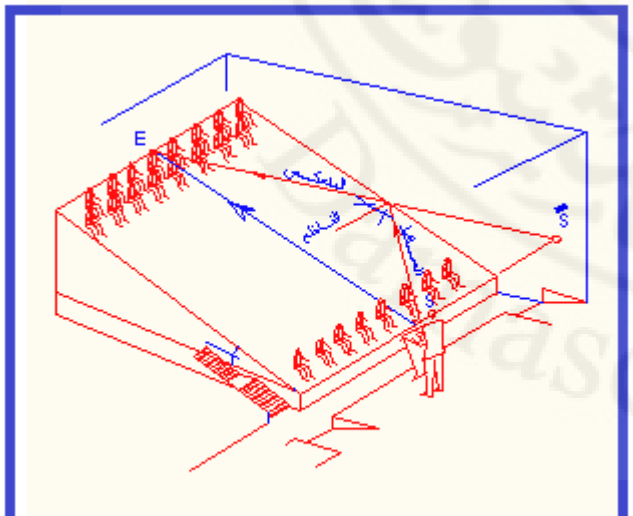
٤- تحديد شكل الفراغ بالاعتماد على قانون الانعكاس لتأمين التقوية الصوتية بواسطة الصوت المنعكس
تحديد مكان العواكس بطريقة الرسم في المسقط والمقطع وتصميم قسم فراغ المستمعين

تحديد الاسطح العاكسة على اسطح الفراغ المعماري (الهيكل او المغلف)

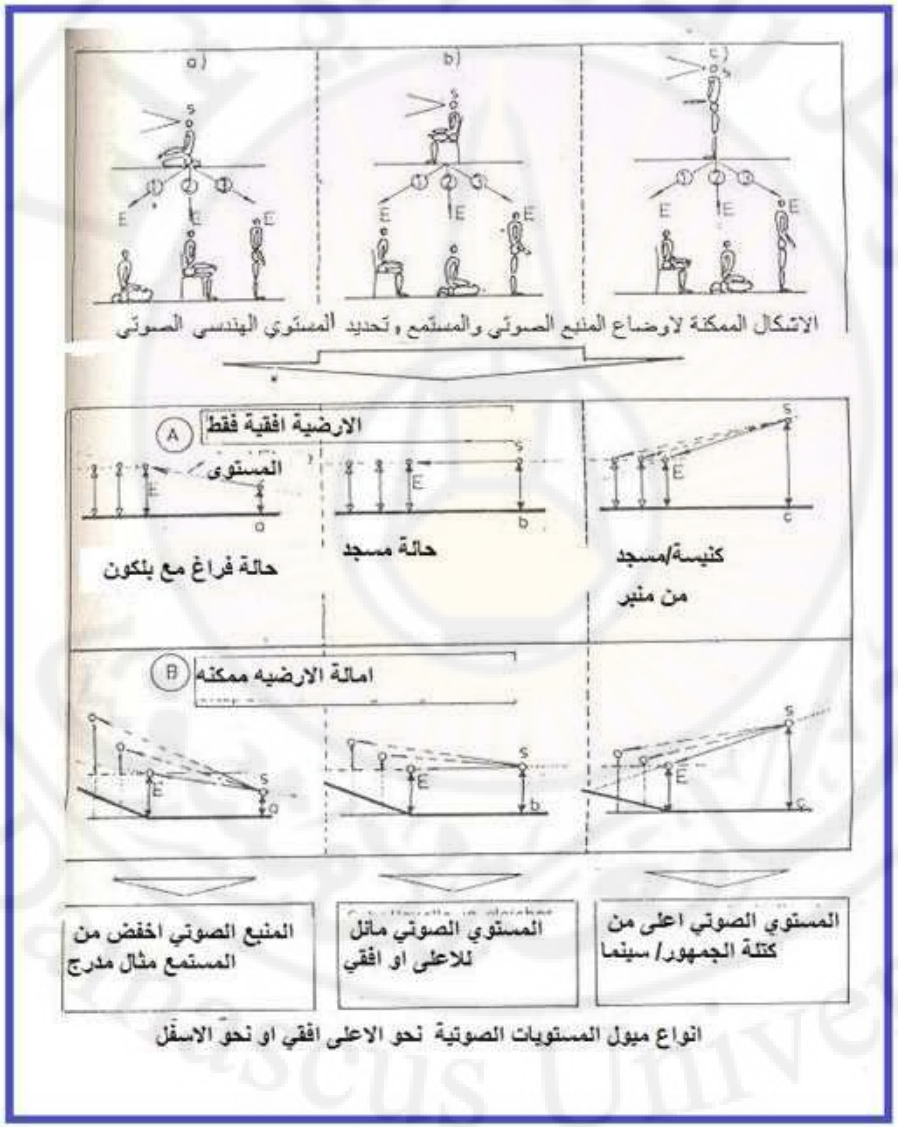
الشكل الهندسي للفراغ في المسقط والمقطع مستطيل او مشتقاتة

كما قلنا يتشكل بين المنبع ومركز ثقل منطقة الجمهور (يوجد مستوي يشكل الشعاع صوتي الواصل بينهما خط ميله الاعظم) يختلف ميله حسب علاقة المنبع بالمستمع شاقوليا

في هذا المستوي يجب التحقق من وصول الصوت المباشر وقياس فرق المسير والتوصل الى قيمه المذكورة كذلك ابطال اي عيب صوتي مثل صدى الاسطح المتوازية صدى الزوايا التركيز في الشدة الصوتية التغلب على البؤر الصوتية وعلى صدى الوشوشة ان وجدت



اساسيات الصوت





هندسة الإنارة

الجزء 1 – أساسيات الإنارة

Lighting Engineering/
Part 1 - Basics

المهندس طلال طبال



هندسة الإنارة

الجزء 1 – أساسيات الإنارة

Lighting Engineering/ Part 1 - Basics

المهندس طلال طبال

القسم الأول

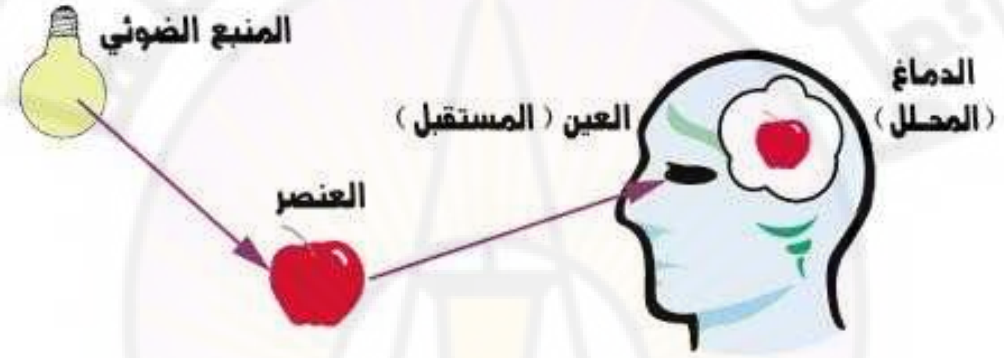
أساسيات الضوء

القسم الأول

أساسيات الضوء

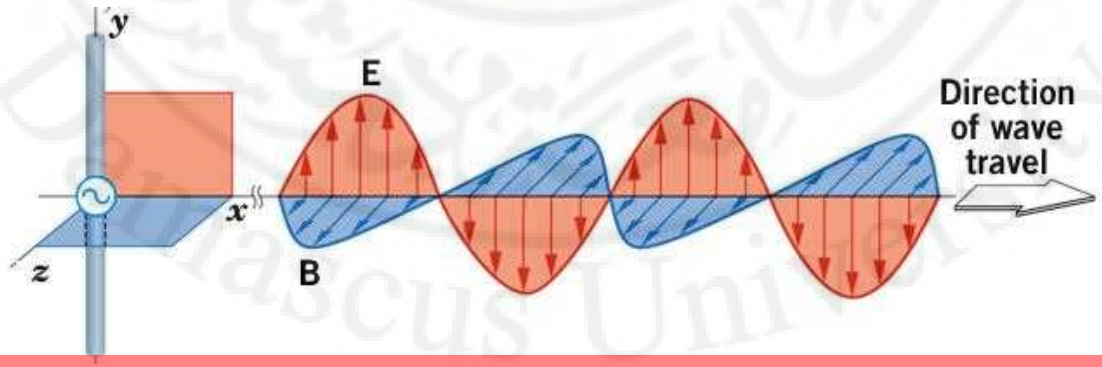
1.1. الضوء والرؤية Light & Vision :

من أجل تحقيق عملية الرؤية ، لابد من وجود الضوء ، والعنصر ، والمستقبل (العين) ، والمحلل (الدماغ) ، حيث تقوم الأشعة الضوئية المنعكسة أو المنتقلة من العنصر الذي يسقط عليه الضوء بإثارة وتحفيز المستقبلات الإلكتروكيميائية في العين التي ترسل بدورها إشارات إلى الدماغ حيث تسبب الشعور بالرؤية من خلال تعاون الدماغ والعين في تحويل الطاقة المشعة إلى إحساس بالرؤية .



2.1. طبيعة الضوء Nature of light :

الضوء هو موجة (طاقة) إلكترومغناطيسية مُشَعَّة في القسم المرئي من الطيف . وتتضمن هذه الموجة مركبتين : كهربائية ومغناطيسية تنتقلان خلال الفراغ كما في الشكل .



وتتميز الموجات بثلاث كميات :

- السرعة (c) وتقدر بالمتر/ثانية .
- طول الموجة (٨) ويقدر بالمتر .
- التردد (f) ويقدر بالهرتز .

بحيث أن :

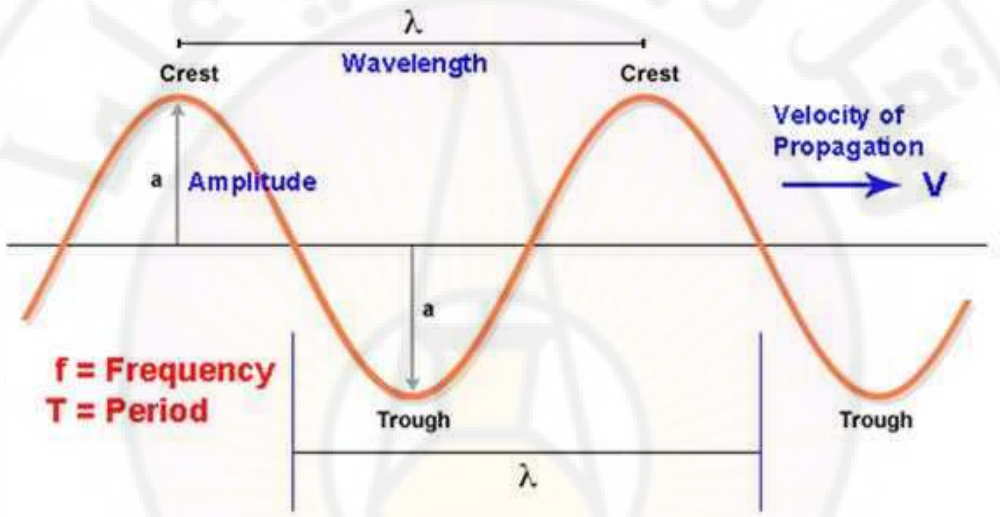
السرعة = (التردد).(طول الموجة)

Speed = (Frequency) . (Wavelength)

c (m/s) = f (Hz) . λ (m)

أي أن :

$$c = f \cdot \lambda$$



ومن أجل الضوء فإن :

$$c \approx 3\times10^{8}\ m/s$$

وتتناقص سرعة الضوء في الوسائط الشفافة بسبب انكسار الضوء عندما ينتقل عبر الزجاج أو الماء.

مثال : لدينا موجة ضوئية طولها 400 نانومتر ، وسرعتها 3×10^{8} متر بالثانية . احسب تردد هذه الموجة.

الحل :

1 Meter (m) = 1×10^{9} Nanometer (nm)

→ 1 Nanometer (nm) = 1×10^{-9} Meter (m)

ومنه يكون طول الموجة بالمتر : $400 / 1000\ 000\ 000 = 4 \times 10^{-7}$ m

$$c = f \cdot \lambda$$

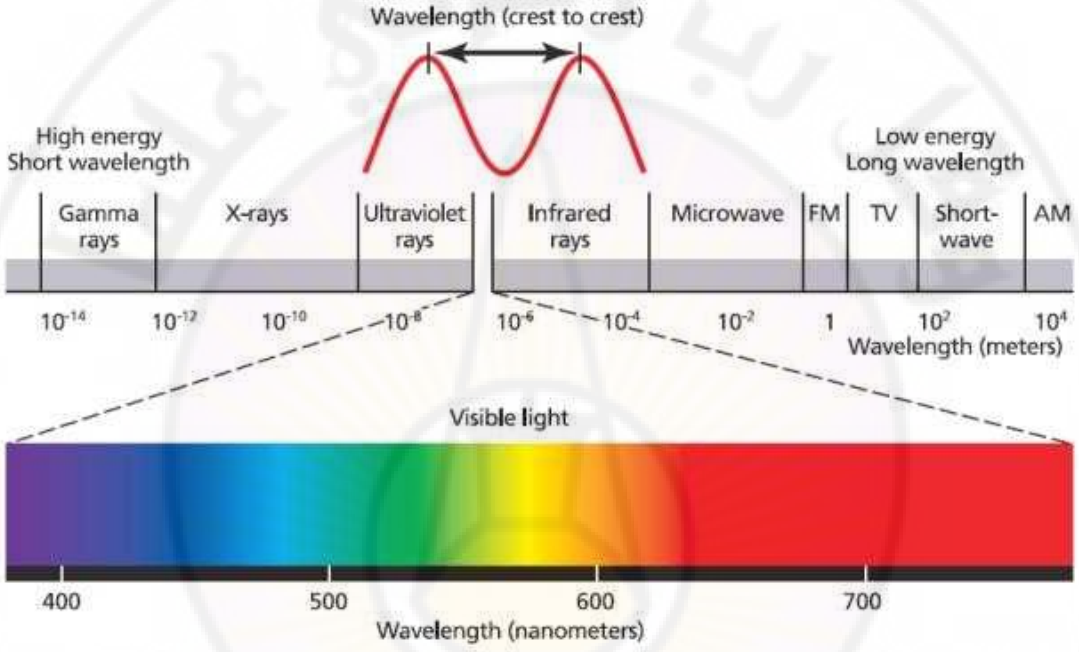
$$\rightarrow f = c / \lambda$$

$$f = 3 \times 10^{8} / 4 \times 10^{-7} = 0.75 \times 10^{15}$$

$$= 750 \times 10^{12}\ Hz$$

3.1. الضوء المرئي Visible light :

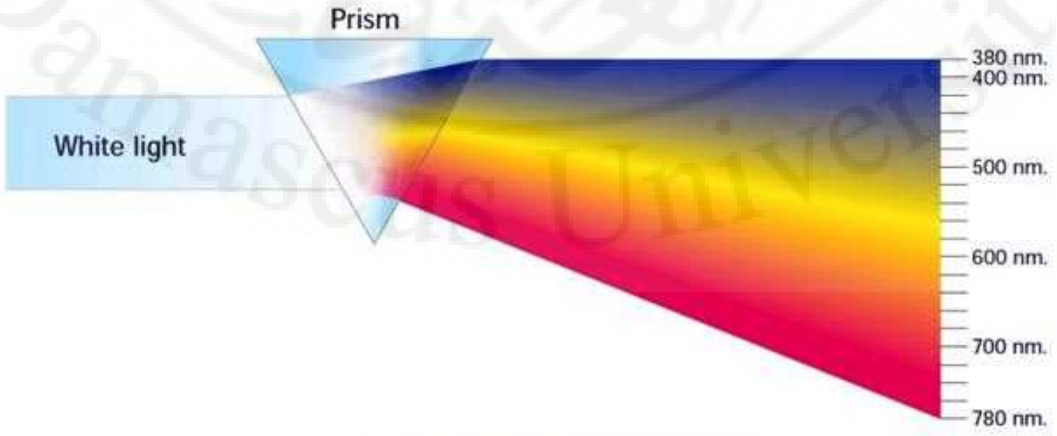
يتكون الضوء المرئي من موجة بطول قصير جداً بحيث يتراوح طولها بين : 760×10^{-9} m و 380×10^{-9} m . وتكتشف عين الإنسان الإشعاع المرئي ذو أطوال موجة 380 – 760 nm حيث تستجيب العين لأطوال موجات الطاقة الكهرومغناطيسية في المجال مابين الإشعاع فوق البنفسجي والإشعاع تحت الحمراء . كما تستجيب العين بشكل أكبر للقسم الأصفر – الأخضر من الطيف .



Note: Wavelength is crest to crest.

4.1. ألوان الطيف المرئي The colors of the visible spectrum :

كان إسحاق نيوتن أول من أثبت بأن الضوء المرئي يتكون من مزيج من ألوان متعددة وهو الذي حدد سبعة ألوان تتوافق مع ضوء بأطوال موجة مختلفة (واحدتها النانومتر Nanometer) :



White light decomposition in the rainbow spectrum.

Colour اللون	Wavelength (nm) طول الموجة (نانومتر)
Violet البنفسجي	380-410
Indigo النيلي	410-450
Blue الأزرق	450-510
Green الأخضر	510-560
Yellow الأصفر	560-600
Orange البرتقالي	600-630
Red الأحمر	630-760

اللون الأبيض هو لون مركب من ألوان الطيف السبعة الموضحة في الجدول

حيث :

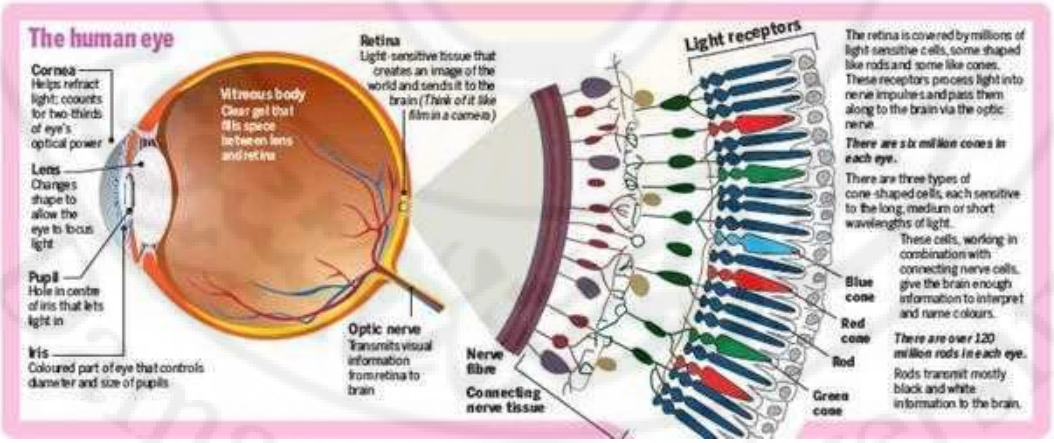
$$1\ nm = 1 \times 10^{-9}\ m$$

5.1. الرؤية واللون Vision and color :

إن الجهاز الذي يستخدم لاكتشاف الإشعاع المرئي هو عين الإنسان ، والتي تستطيع أن تكتشف إشعاعاً ذو أطوال موجة ضمن المجال **380 – 760 nm** . وتتم عملية الرؤية وتمييز الألوان في العين بواسطة شبكية العين من خلال القضبان والمخاريط .

1.5.1. شبكية العين : القضبان والمخاريط The retina: rods and cones :

تدعى الحساسات التي تكتشف الضوء في شبكية العين بالقضبان والمخاريط .



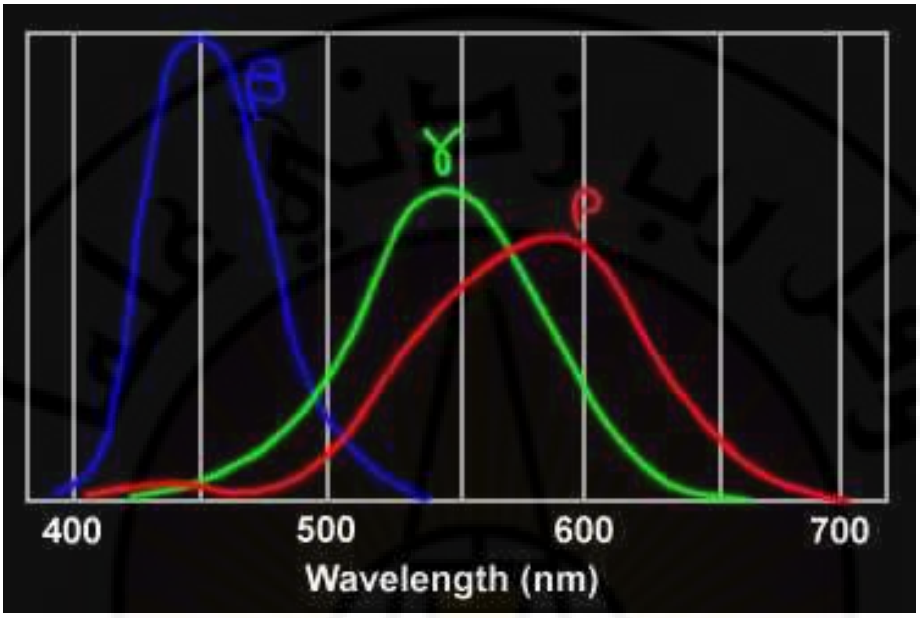
سلوك أجزاء العين الحساسة للضوء من المخاريط والقضبان

- المخاريط مسؤولة عن رؤية الألوان خلال ساعات النهار . وللعين حوالي **6,500,000** مخروط .
- لاتعطي القضبان أية معلومات عن الألوان لأنها تمتلك حساسية منخفضة لأطوال الموجة المختلفة . وهي مسؤولة عن الرؤية في العتمة وبلون رمادي وحيد . وفي الحالة النموذجية فإنه يوجد **125,000,000** قضيب في العين .

2.5.1. الشبكية : المخاريط The retina: the cones and cones :

يوجد ثلاثة أنواع من المخاريط : مخاريط ρ ، ومخاريط γ ، ومخاريط β . وهذه المخاريط الثلاث لها حساسيات مختلفة للضوء ذو أطوال موجات مختلفة .

مخاريط ρ ، ومخاريط γ ، ومخاريط β



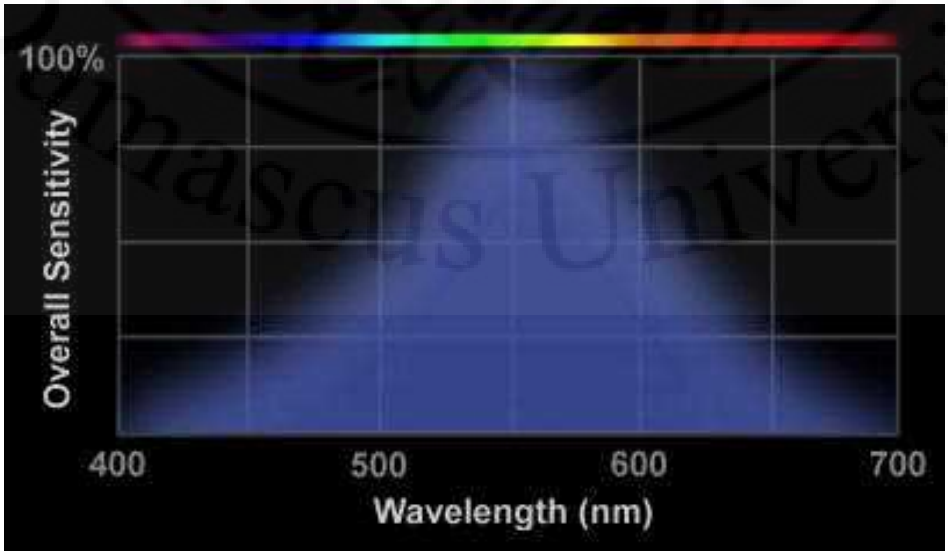
الرسمة هامة جداً

وتبلغ الحساسيات قيم الذروة عند أطوال موجة :

580 للأحمر (ρ, red) ، و 540 nm للأخضر (γ, green) ، و 450 nm للأزرق (β, blue) .

3.5.1. الشبكية : القضبان The retina: the Rods :

عند سويات الإنارة المنخفضة فإن المخاريط تتوقف بشكل اساسي عن العمل ، ويتم إنجاز عملية الرؤية باستخدام القضبان التي تكون أكثر حساسية للضوء عند طول موجة حوالي 560 nm (الأصفر – الأخضر) .

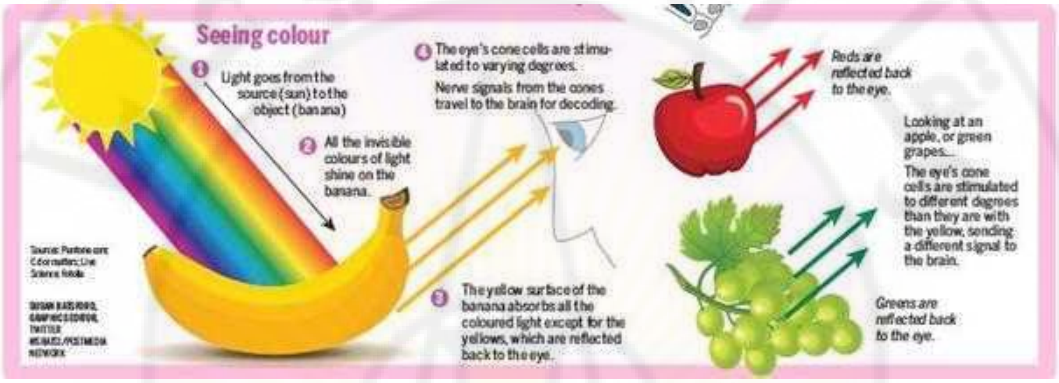


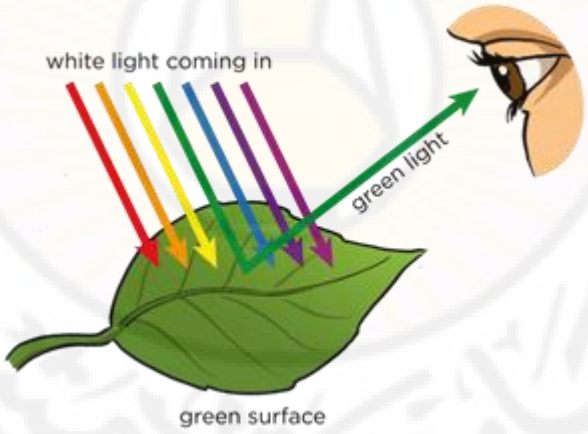
6.1. الضوء واللون Light and color :

يعتبر اللون عاملاً هاماً في التأثيرات الحسية والانفعالية ضمن أي فراغ . إلا أنه لايوجد لون بدون الضوء ، حيث يمكن تمييز اللون من خلال :

- لون المنبع الضوئي الذي يتضمن التركيب الطيفي للضوء الساقط على العنصر .
- لون العنصر الذي يتضمن الخصائص الانعكاسية للعنصر .

وبشكل أساسي فإننا نرى "اللون" لأن العنصر يعكس بانتقائية مقدارا محددا من الضوء الساقط عليه .

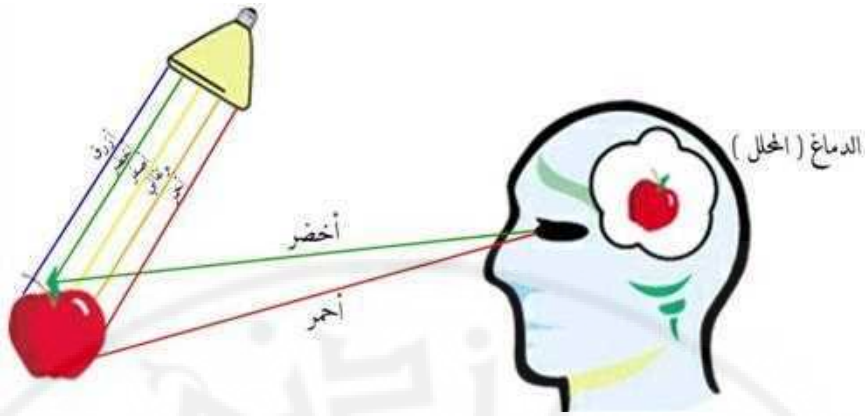


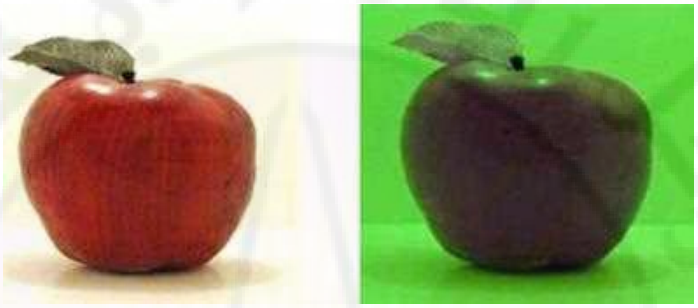


تعتبر العناصر عواكساً انتقائية

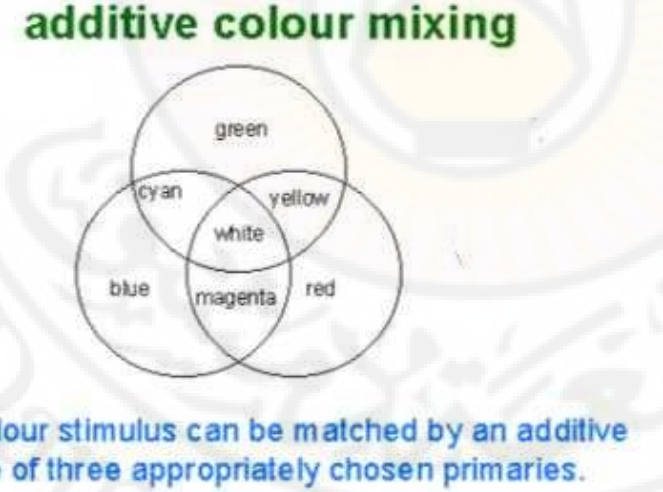
1.6.1. لون العنصر ولون المنبع الضوئي :

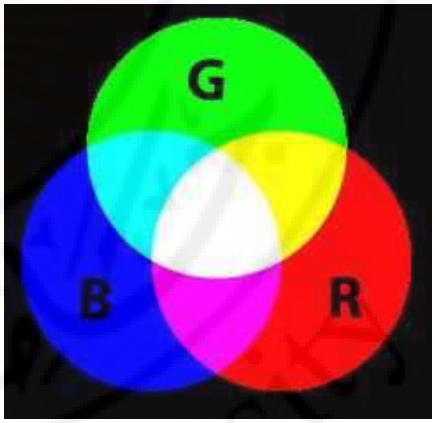
تعمل ألوان العناصر والتي هي عبارة عن "صبغ أو إخضاب" كعواكس انتقائية تعكس ضوء هذا اللون ، ويتألف الضوء الأبيض كما نعلم من طاقة مشعة في كامل الطيف المرئي . فإذا قمنا بإنارة تفاحة حمراء ذات ورقة خضراء بالأطوال الموجية الحمراء من الضوء ، فإن الورقة ستبدو داكنة أو سوداء ، والتفاحة سترى بلون أحمر ، وإذا أنيرت التفاحة فقط بضوء أخضر فإنها ستبدو داكنة أو سوداء ، لكن الورقة سوف ترى بلون أخضر .أي أنه إذا لم يكن اللون موجودا في الضوء فإنه لايمكن رؤيته في العنصر المنار بهذا الضوء .





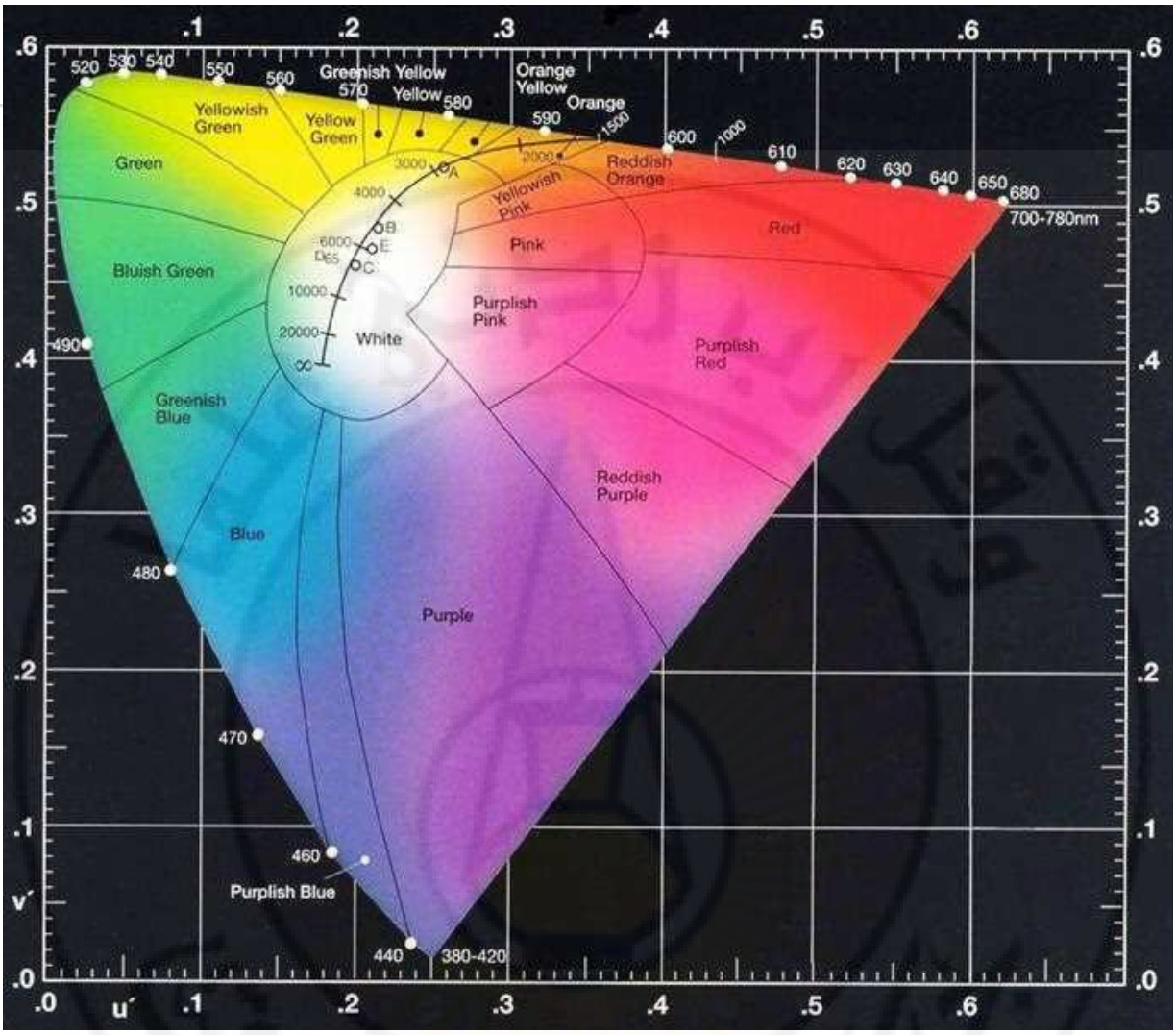
2.6.1. نظام الألوان المضافة The additive Red-Green-Blue color system :





الألوان الثلاثة الأساسية هي الأخضروالأحمر والأزرق

7.1. المخطط البياني اللوني وفقاً للجنة الدولية للإنارة The CIE chromaticity diagram 1976 :



8.1. قياس الضوء :

ويعرف هذا المخطط اللون (الصبغة اللونية) وفقاً للجنة الدولية للإنارة ، حيث يستخدم هذا النظام محورين لونيين (سين وعين) لتحديد الألوان . وعلى سبيل المثال فإن اللون المعطى بالإحداثيات التالية هو اللون الأصفر:

$x = 0.25$, and $y = 0.55$

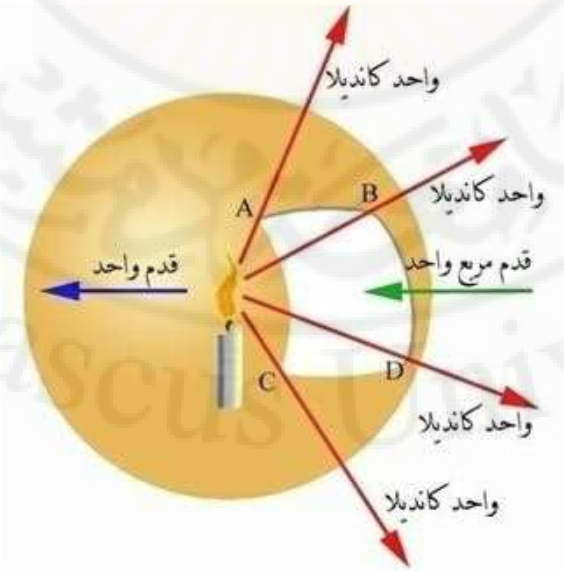
كما أن اللون المعطى بالإحداثيات التالية هو اللون الأزرق :

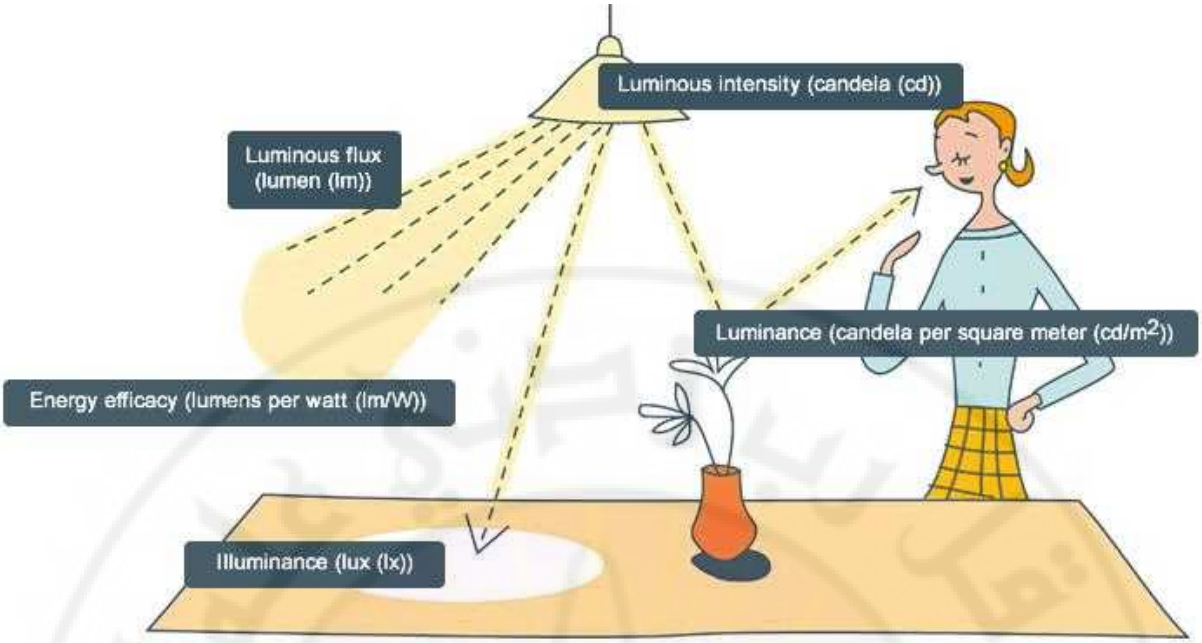
$x = 015$, and $y = 0.3$



كما سنرى لاحقاً فإن :

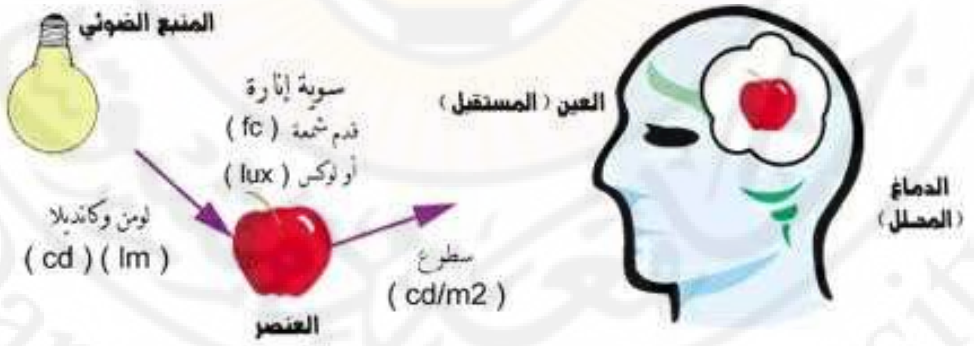
- ✓ الخرج الضوئي لمنبع ما يقاس باللومن (Lumen "lm") ويسمى الفيض الضوئي (Luminous Flux "Φ") .
- ✓ كما تقاس الشدة الضوئية (Luminous Intensity "I") في اتجاه معطى بالكانديلا (Candela "cd") .
- ✓ وعندما يسقط الضوء على سطح ما فإن هذا يدعى سوية الإنارة (Illuminance "E" وتقاس باللوكس (Lux) في الوحدات المترية ، بينما تقاس بالقدم شمعة "fc" (Footcandles) في الوحدات البريطانية ، حيث أن واحد قدم شمعة هو سوية الإنارة على سطح على بعد قدم واحد من شمعة قياسية ، أو باللومن بالقدم المربع .





9.1. البريق والسطوع "الوضوح" (Brightness and Luminance) :

كما ذكرنا أعلاه لكي نرى فإنه يجب أن يكون هناك ضوء وعنصر ومستقبل (العين) ومحلل (الدماغ) . نحن لانرى سوية الإنارة أو ماسميناه القدم شمعة أو اللوكس ، بالأحرى نحن نرى من خلال إحساسنا البريق الناتج عن الضوء المرسل على السطح أو المنعكس عنه . هذا البريق يقاس بالكانديلا/متر مربع (cd / m²) ويدعى عندئذ الوضوح أو السطوع (Luminance).

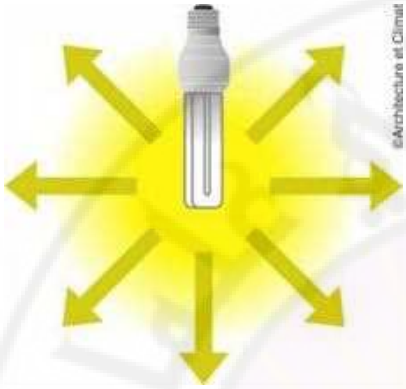


عدد التعابير الأساسية في الانارة : الجواب هو من هذه الصفحة حتى الصفحة 20 تعداد فقط مع ذكر الرمز والواحدة والقانون ان وجد ...هذا السؤال هام جداً

10.1. المصطلحات والواحدات :

يستخدم في تقنيات الإنارة العديد من المصطلحات والواحدات لوصف خصائص المنابع الضوئية والتأثيرات الناجمة عنها ، ولابد من الوقوف قليلا عندها لفهم العديد من العبارات والمفاهيم والتأثيرات الضوئية .

1.10.1. الفيض الضوئي (Luminous Flux) :



ويرمز له بـ (Φ) ويقاس بوحدة اللومن (Lumen "lm") ، وهو يصف الكمية الكلية من الضوء الصادر عن المنبع الضوئي .

[Φ] = Lumen (lm)

الفيض الضوئي هو الكمية الكلية من الضوء المشعة من المنبع الضوئي Φ

2.10.1. الفعالية الضوئية "المردود الضوئي" (Luminous efficacy) :

وهي النسبة بين الفيض الضوئي للمصباح Φ إلى استطاعته المستهلكة P ، ويعبر عنها باللومن للواط (lm / W) .

الفعالية الضوئية "المردود الضوئي" η هو النسبة بين الفيض الضوئي للمصباح Φ إلى استطاعته المستهلكة P

$$\eta = \Phi / P$$

[η] = Lm / W

مثال : لدينا مصباح بخار صوديوم ضغط عالي باستطاعة 250 وات ، فإذا كان مردوده الضوئي يساوي 110 لومن لكل وات . احسب فيضه الضوئي .

الحل :

$$\eta = \Phi / P$$

$$\rightarrow \Phi = \eta \times P$$

$$\Phi = 250 \times 110 = 27\,500 \text{ lm}$$

3.10.1. الشدة الضوئية (Luminous Intensity) :

عندما يشع منبع ضوئي نقطي مثالي فيضا ضوئيا بانتظام إلى الفراغ في كل الاتجاهات ، فإن شدته الضوئية تكون نفسها في كل الاتجاهات . ويعبر عن وحدة قياس الشدة الضوئية بالكانديلا (Candela) ويرمز لها ب (cd) ، وهي الوحدة الأساسية في تقنيات الإنارة حيث ينتج عنها جميع الواحدات الأخرى . وتعرف الكانديلا بأنها الشدة الضوئية للشمعة العيارية ، كما تعرف الشدة الضوئية بأنها الفيض الضوئي Φ الصادر في اتجاه معطى بالزاوية المجسمة Ω .

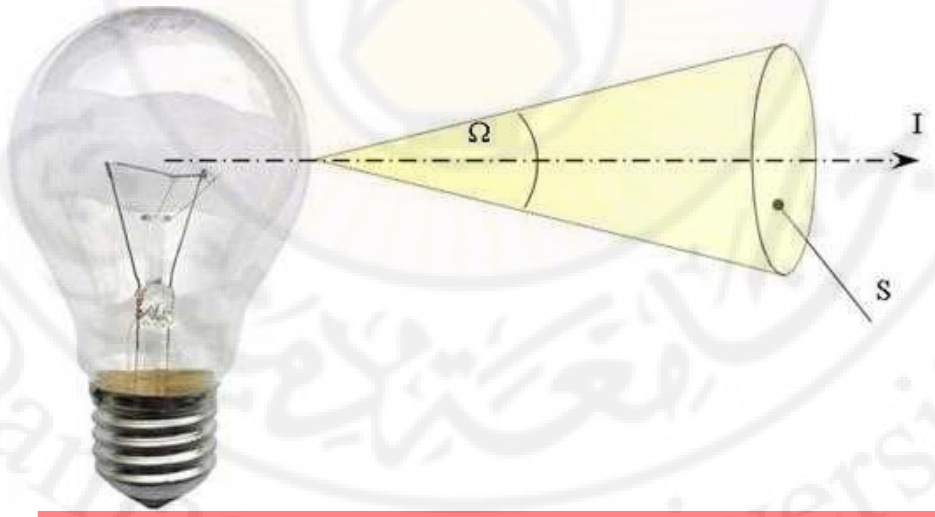
أي أن :

تعرف الشدة الضوئية I بأنها الفيض الضوئي Φ الصادر في اتجاه معطى بالزاوية المجسمة Ω

$$I = \Phi / \Omega \quad (cd)$$

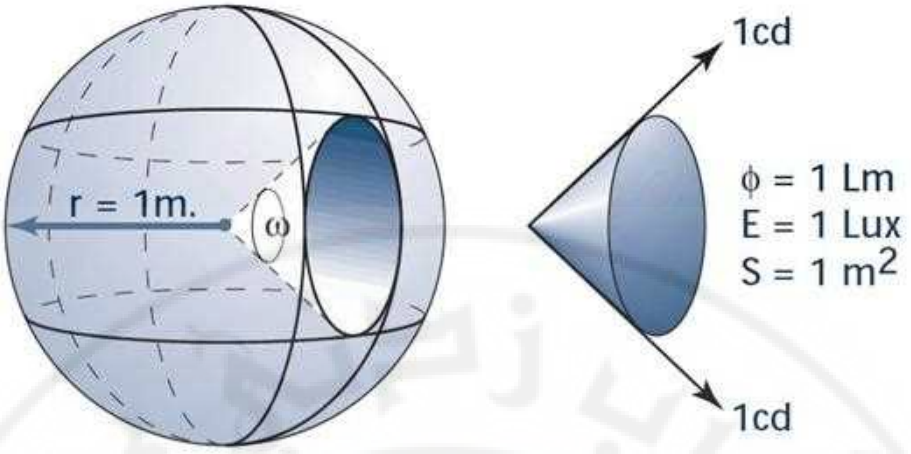
$$[\,I\,] = Lm / sr$$

$$Lm / sr = candela\ (\,cd\,)$$



الزاوية المجسمة والستيراديان Solid Angle & Stereoradian Definition :

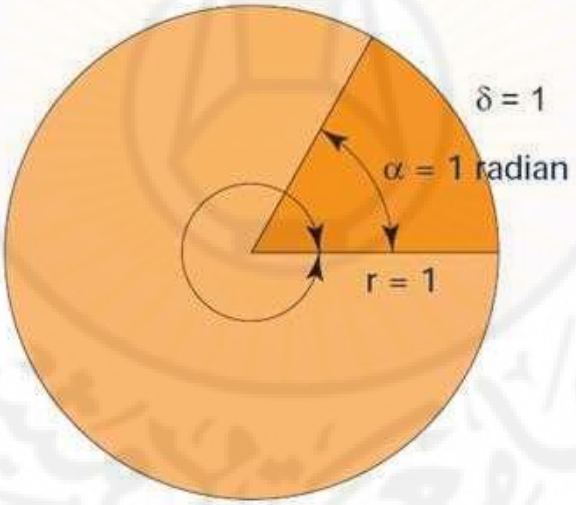
الستيراديان هو وحدة الزاوية المجسمة (3D) وهو مشابه لوحدة الراديان لقياس الزاوية المستوية (2D) . وتساوي الزاوية المجسمة الكلية للكرة (4Л) ستيراديان ، أي تساوي 12.566 ستيراديان ، وبالتالي فإن الزاوية المجسمة التي تساوي 1 ستيراديان تقابل حوالي 7.96% من مساحة سطح الكرة . أيضاً فإن الزاوية المجسمة لنصف الكرة تساوي (2Л) ستيراديان .



ω (total) = 4π stereoradians

كما أن مساحة سطح الكرة تساوي ($4Лr^2$) حيث r هو نصف قطر الكرة ، وحجم الكرة يساوي ($4/3Лr^3$) .

الزاوية المستوية :



α (total) = 2 π radians

إن الزاوية الكلية للدائرة تساوي (2Л) راديان أي تساوي 6.283 راديان ، ويكون محيط الدائرة = ($2Лr$) حيث (r) هو نصف قطر الدائرة . وبالتالي فإن طول القوس الذي يقابل الزاوية α يساوي α.r . كما أن مساحة الدائرة = ($Лr^2$) .

بما أنه وكما ذكرنا سابقاً أن الشدة الضوئية تساوي الفيض الضوئي على الزاوية المجسمة أي :

$$I = \frac{\phi}{\Omega} \quad (cd)$$

فإن الشدة الضوئية لمنبع ضوئي في مركز كرة ذو فيض ضوئي موزع بانتظام ضمن الكرة تساوي :

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \ (cd)$$

وتكون الشدة الضوئية بالنسبة لنصف كرة تساوي :

$$I = \frac{\Phi}{2\pi} \ (cd)$$

مثال 1 :

منبع ضوئي يشع شدة ضوئية متساوية في جميع الاتجاهات قدرها 24 كانديلا . احسب الفيض الضوئي الذي يعطيه هذا المنبع .

الحل :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \ (cd)$$

$$\rightarrow \Phi = I \times \Omega$$

$$\Phi = 24 \times 4\pi = 301.6 \ lm$$

مثال 2 :

لدينا منبع ضوئي نقطي شدته الضوئية متساوية في جميع الاتجاهات وتساوي 200 كانديلا . احسب الفيض الضوئي الذي يشعه هذا المنبع في نصف الكرة العلوي .

الحل :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \ (cd)$$

$$\rightarrow \Phi = I \times \Omega$$

$$\Phi = 200 \times 2\pi = 1256.6 \ lm$$

مثال 3 :

لدينا منبع ضوئي شدته الضوئية متساوية في جميع الاتجاهات ، ويعطي فيضاً ضوئياً إجمالياً

قدره 6000 لومن . احسب الشدة الضوئية لهذا المنبع .

الحل :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad (cd)$$

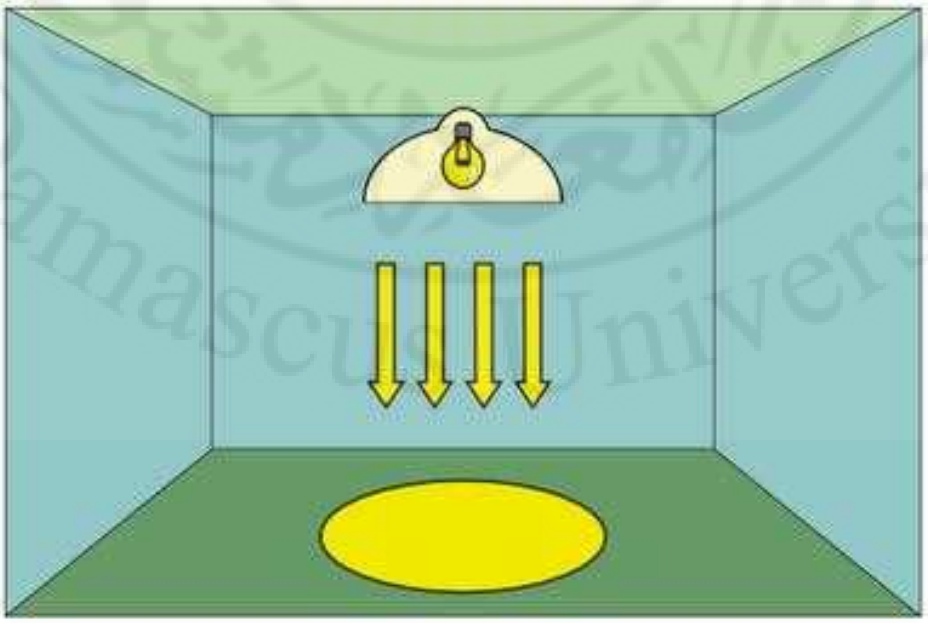
$$I = \frac{6000}{4\pi} = 477.5 \ (cd)$$

4.10.1. سوية الإنارة (Illuminance) :

سوية الإنارة هي وسيلة لتخمين كثافة الفيض الضوئي . وهي تشير إلى كمية الفيض الضوئي الصادر من منبع الإنارة والساقط على مساحة معينة . كما يمكن تحديدها من الشدة الضوئية للمنبع . وتتناقص سوية الإنارة بالتناسب مع مربع المسافة عن المنبع الضوئي (وهو مايسمى بقانون التربيع العكسي) .

تشير سوية الإنارة E إلى كمية الفيض الضوئي الصادر من منبع الإنارة Φ والساقط على سطح معطى A ، وتحسب سوية الإنارة الوسطية E من الفيض الضوئي Φ الساقط على المساحة المعطاة A أي :

$$E = \Phi / A \quad (lux)$$



ويتم الحصول على سويات الإنارة الواجب تحقيقها في الأماكن المطلوب إنارتها من التوصيات والكودات العالمية مثل جمعية مهندسي الإنارة IES (Illuminating Engineering Society)

ويبين الجدول التالي مثالاً عن بعض التوصيات لسويات الإنارة الوسطية في مناطق الأبنية العامة:

Type of interior, task or activity		Em (lux)
Entrance halls.	أبهاء الدخول	100
Lounges.	غرف الجلوس	200
Stairs, escalators.	الأدراج والمصاعد	150
Cloakrooms, bathrooms, toilets.	المشالح ودورات المياه والحمامات	200
Rooms for medical attention.	غرف العناية الطبية	500
Switchgear rooms.	غرف اللوحات الكهربائية	200
Stores	المستودعات	150
Filing, copyin.	التصنيف والنسخ	300
Writing, typing, reading, data processing.	الكتابة والقراءة ومعالجة المعلومات	500
Technical drawing.	الرسم الفني	750
Conference and meeting rooms.	غرف الاجتماعات	500
Accounting	المحاسبة	500-1000
Corridors	الممرات	200
General and private offices	المكاتب العامة والخاصة	500-1000

ويمكن تصنيف سويات الإنارة ضمن أربع فئات : منخفضة (200 لوكس ومادون) ، ومتوسطة (من 250 لوكس وحتى 450 لوكس) ، وعالية (من 500 لوكس وحتى 750 لوكس) ، وعالية جدا (من 800 لوكس ومافوق) .

مثال 1 : يسقط فيض ضوئي قدره 360 لومن مباشرة على سطح طاولة مساحتها 0.6 متر مربع . احسب سوية الإنارة على سطح الطاولة .

الحل :

$$E = \Phi / A \ (lux)$$

$$E = 360 / 0.6 = 600 \ (lux$$

مثال 2 : يسقط فيض ضوئي قدره 4000 لومن مباشرة على سطح ، فينتج عنه سوية إنارة على هذا السطح 1000 لوكس. احسب مساحة هذا السطح .

الحل :

$$E = \Phi / A \ (lux)$$

$$\longrightarrow A = \Phi / E \ (m^2)$$

$$A = 4000 / 1000 = 4 \ (m^2)$$

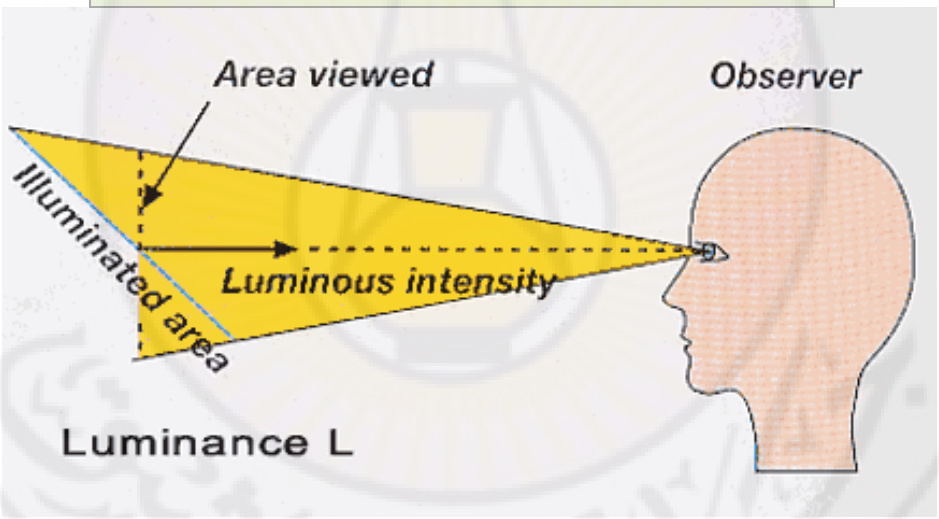
5.10.1 . السطوع "الوضوح" (Luminance) :

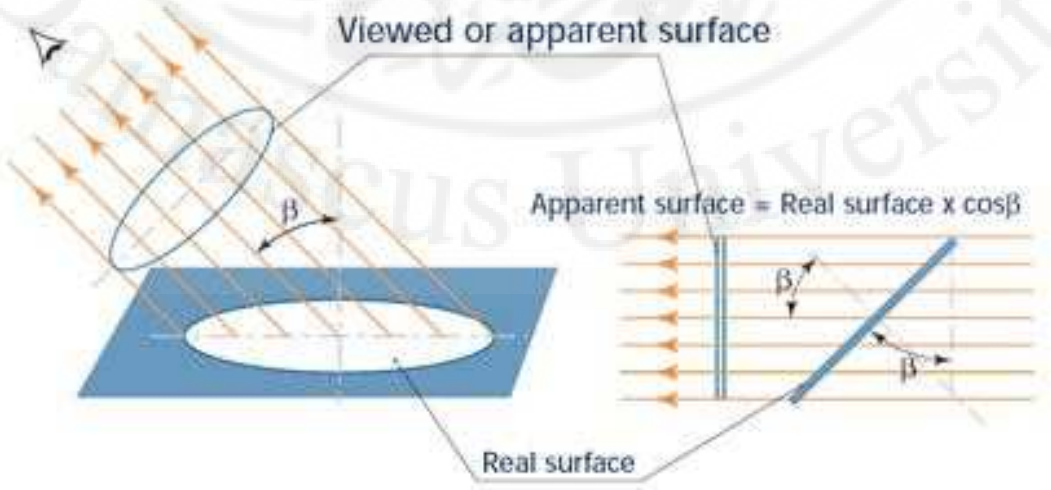
حيث أن سوية الإنارة تشير إلى كمية الفيض الضوئي الساقط على سطح معطى ، فإن السطوع (الوضوح) يصف بريق السطح المنار ، أي أن الوضوح هو ماتراه العين من الإنارة بحيث ينعكس الضوء عن السطح أو ينتقل من خلاله ، ويعرف الوضوح حسب الشدة الضوئية بالعلاقة التالية :

$$L = \frac{\text{الشدة الضوئية}}{\text{المساحة المسقطة للسطح}} \quad (cd/m^2)$$

أي :

$$L = \frac{I}{S.\cos\beta} \quad (cd/m^2)$$





أما في الحالة التي تتم فيها الإنارة بحيث ينعكس الضوء عن السطح أو ينتقل من خلاله ، فإن الوضوح L يمكن حسابه من سوية الإنارة E وعوامل الانعكاس أو النفاذية ρ من العلاقة التالية :

$$L = \frac{E \cdot \rho}{\Pi} \quad (cd/m^2)$$

حيث :

L : الوضوح (كانديلا / متر مربع) .

E : سوية الإنارة (لوكس) .

ρ : عامل الانعكاس .

Л : 3.14

وبما أن : $E = \phi / S \quad (Lux)$

حيث :

E : سوية الإنارة (لوكس) .

Φ : الفيض الضوئي (لومن) .

S : مساحة السطح المضاء (متر مربع) .

فإنه يمكن تعريف الوضوح وفقاً للفيض الضوئي من العلاقة :

$$L = \frac{\Phi \cdot \rho}{\Pi \cdot S} \quad (cd/m^2)$$

مثال 1 :

سطح مضيء مساحته 10 متر مربع ، والفيض الضوئي الساقط عليه يساوي 1000 لومن ، وعامل الانعكاس يساوي 50% احسب الوضوح .

الحل :

$$L = \frac{\Phi \cdot \rho}{\Pi \cdot S} \quad (cd/m^2)$$

الفيض المفيد = الفيض الكلي . عامل الانعكاس

الفيض المفيد = 1000 . 0.5 = 500 لومن

$$L = \frac{500}{3.14 \cdot 10^{\square}} \cong 16 \quad (cd/m^2)$$

مثال 2 :

منبع ضوئي له حزمة شدتها الضوئية 8000 كانديلا عمودية على السطح ، والبقعة الضوئية مساحتها 0.10 متر مربع ماهي قيمة الوضوح لهذه البقعة ؟

الحل :

$$L = \frac{I}{A} = 8000 / 0.1 = 80000 \ (cd/m^2)$$

مثال 3 :

لدينا سطح مضاء له شدة ضوئية في اتجاه الناظم 100 كانديلا ، ومساحة السطح 10 متر مربع ، ماهي قيمة الوضوح لهذا السطح (ماتراه العين) في الحالتين التاليتين :

1- السطح عمودي على اتجاه النظر أي $\alpha = 0^o$ ؟

2- السطح يميل على اتجاه النظر بزاوية $\alpha = 60^o$ ؟

الحل :

-1

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos\alpha} = \frac{100}{10 \times 1^{\square}} = 10 \ (cd/m^2)$$

-2

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos\alpha} = \frac{100}{10 \times 0.5} = 20 \ (cd/m^2)$$

11.1. الخصائص البصرية للسطوح (Optical Properties) :

عندما يسقط شعاع ضوئي على جسمٍ ما ، فإن الفيض الساقط يمكن تجزئته إلى ثلاثة مركبات :

1. الفيض الضوئي المنعكس (انعكاس Reflection) .
2. الفيض الضوئي المنتقل (انتقال Transmission) .
3. الفيض الضوئي الممتص (امتصاص Absorption) .

وباتباع المبدأ الأساسي للطاقة فإن مجموع الإشعاع المنعكس والممتص والمنتقل يجب أن يساوي الشعاع الساقط . وإذا رمزنا لعامل الانعكاس بالرمز r ولعامل الانتقال بالرمز t والامتصاص بالرمز a يمكن كتابة العلاقة :

$$r + t + a = 100\% \ (\text{or} = 1)$$

ويعرف عامل الانعكاس بأنه النسبة بين الفيض الضوئي المنعكس إلى الفيض الضوئي الساقط ، وبالمثل تعرف بقية العوامل . والجدول التالي يبين عوامل الانعكاس للسطوح العاكسة الشائعة :

Reflecting surface السطح العاكس		% reflection index قرينة الانعكاس
Gloss silver	فضي لماع	92 - 97
Gold	ذهبي	60 - 92
Matte silver	فضي مات	85 - 92
Polished nickel	نيكل ملمع	60 - 65
Polished chrome	كروم ملمع	60 - 65
Polished aluminium	ألمنيوم ملمع	67 - 72
Electro-polished aluminium	ألمنيوم ملمع كهربائياً	86 - 90
Vaporized aluminium	ألمنيوم مبخر	90 - 95
Copper	نحاس	35 - 80
Iron	حديد	50 - 55
Enamelled porcelain	بورسلان مطلي بالمينا	60 - 80
Mirrors	مرايا	80 - 85
Matte white paint	دهان أبيض مات	70 - 80
Light beige	بيج فاتح	70 - 80

Yellow and light cream	أصفر وكريم فاتح	60 - 75
Accoustic ceilings	أسقف صوتية	60 - 75
Light green	أخضر فاتح	70 - 80
Light green and pink	أخضر فاتح ووردي	45 - 65
Light blue	أزرق فاتح	45 - 55
Light grey	رمادي فاتح	40 - 50
Light red	أحمر فاتح	30 - 50
Light brown	بني فاتح	30 - 40
Dark beige	بيج غامق	25 - 35
Dark brown, green and blue	بني أو أخضر أو أزرق (غامق)	5 - 20
Black	أسود	3 - 4

1.11.1. السطح الناثر المنتظم Perfect Diffuser :

السطح الناثر المنتظم هو سطح مضيء أو مضاء يبعث الأشعة الضوئية بشكل منتظم في جميع الاتجاهات بحيث تتغير الشدة الضوئية في أي اتجاه بالنسبة للشدة الضوئية الناظمية للسطح مع تغير تجيب الزاوية بين الناظم والشعاع في هذا الاتجاه ، وتتبع الخواص الضوئية لهذا السطح قانون لامبرت الذي يعطي العلاقة بين الشدة الضوئية الناظمية I_o والشدة الضوئية I_α في اتجاه α على النحو التالي :

$$I_\alpha = I_o \cdot \cos \alpha$$

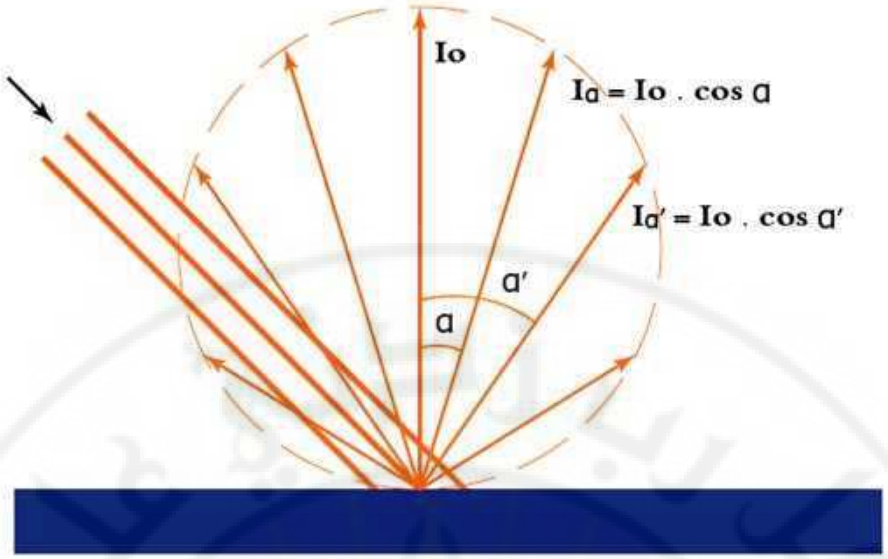
وهذه الخاصية للسطح الناثر المنتظم تجعل وضوحه ثابتاً في كل الاتجاهات لأن :

$$L = I_\alpha / S \cdot \cos \alpha$$

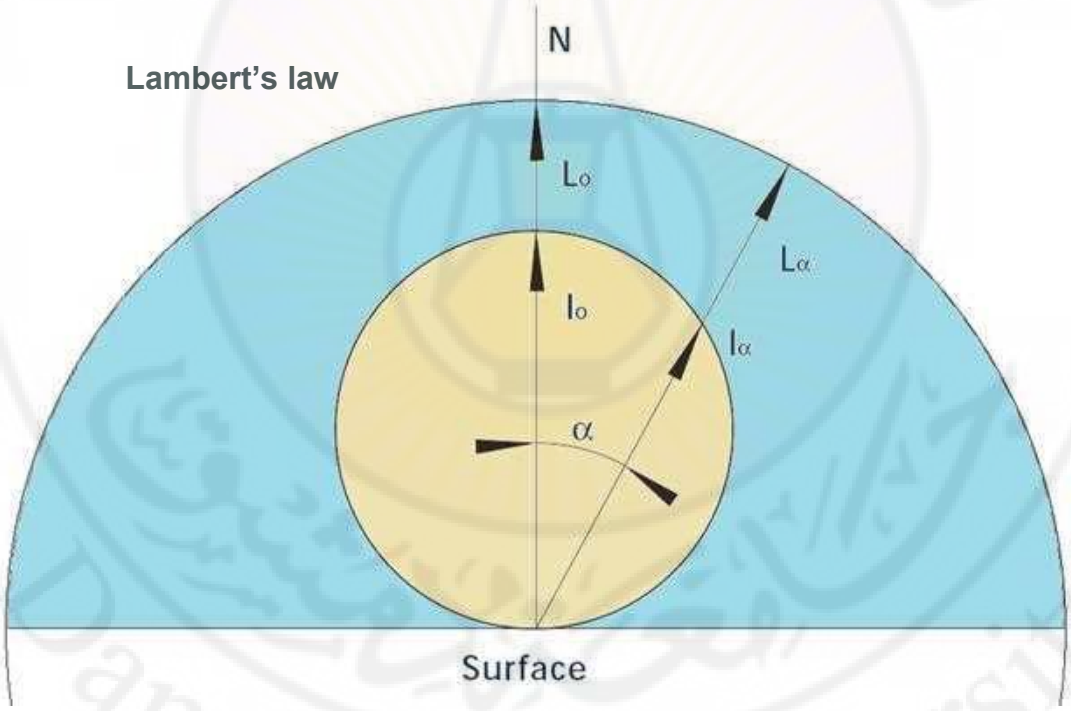
$$= I_o \cdot \cos \alpha / S \cdot \cos \alpha$$

$$\rightarrow L = I_o / S$$

حيث I_o الشدة الناظمية على السطح ، و S مساحة السطح المضيء . ويبين الشكل التالي العلاقة بين الشدة الضوئية وزاوية انتشار الأشعة مقاسة من الناظم .



Perfect Diffuser سطح ناثر منتظم (قانون لامبرت)



2.11.1. الخصائص الانعكاسية للسطوح Reflection of Surfaces :

عندما تضرب موجة ما سطح منبسط مثل مرآة على سبيل المثال فإن موجات جديدة التي سوف تتحرك بعيداً عن هذا السطح ، هذه الظاهرة تدعى الانعكاس . وعندما يعود الضوء بواسطة الانعكاس فإن كمية محددة من الضوء سوف تضيع بسبب ظاهرة الامتصاص .

إن أي سطح والذي لايكون داكناً بشكل كامل قد يعكس الضوء ، وتحدد كمية الضوء المنعكسة بواسطة خصائص الانعكاس للسطح . ويوجد في الحياة العملية عدة أنواع من

السطوح العاكسة لكل منها خاصية انعكاس تختلف عن الآخر ويمكن ملاحظة خمسة أنواع من الانعكاس :

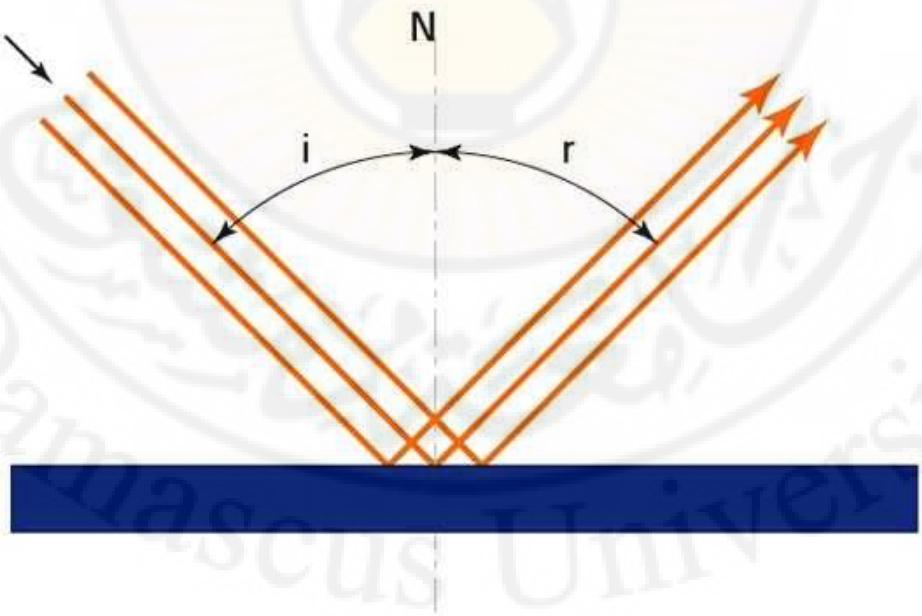
- الانعكاس المباشر (المرآوي) **The Direct Reflection (Specular)** .
- الانعكاس الناثر المنتظم **Diffuse Reflection** .
- الانعكاس المنتشر (نصف ناثر) **Spread Reflection** .
- الانعكاس المختلط **Mixed Reflection** .
- الانعكاس المتناثر (تبعثري) **Scattered Reflection** .

الانعكاس المباشر (المرآوي) The Direct Reflection (Specular) :

حيث يعكس السطح الأشعة الساقطة عليه كما تفعل المرآة ، ويعتمد هذا النوع من الانعكاس على قانونين أساسيين :

أ- أن يكون كل من الشعاع الوارد ، والشعاع المنعكس ، والناظم على السطح عند نقطة الورود في مستوٍ واحد .

ب- زاوية الورود (i) تساوي زاوية الانعكاس (r) .



Specular reflection.

الانعكاس الناثر المنتظم Diffuse Reflection :

حيث يبدو السطح ساطعاً بشكل متساوٍ من كافة الاتجاهات وتنعكس الأشعة في كافة الاتجاهات بشكل منتظم وفقاً لقانون لامبرت ، وهذا السطح نادر الوجود في الحياة العملية ، وبشكل عام تعطي السطوح انعكاسات إما من النوع نصف الناثر ، أو من النوع المختلط .



Diffused reflection.

الانعكاس المنتشر (نصف ناثر) Spread Reflection :

إن معظم السطوح الطافئة (المات) تعطي هذا النوع من الانعكاس حيث يحدث الانتشار بشكل كبير بحيث يتبع الاتجاه العام للانتشار قانون الانعكاس العام .



Spread Reflection

الانعكاس المختلط Mixed Reflection :

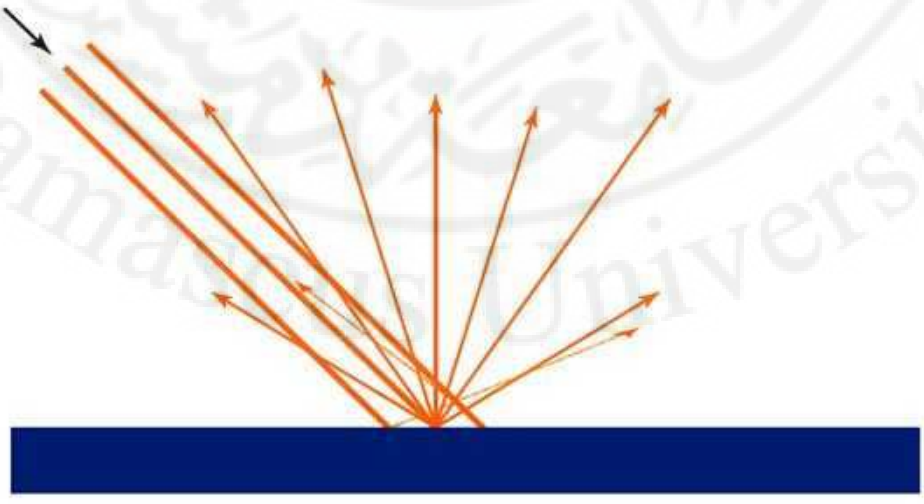
في هذا النوع من الانعكاس تنعكس بعض الأشعة الضوئية انعكاساً ناثراً وبعضها الآخر انعكاساً مباشراً ، ومثال على ذلك السطوح البورسلانية ، الدهان الزياتي اللامع .



Mixed reflection.

الانعكاس المتناثر (تبعثري) Scattered Reflection :

في هذا الانعكاس يتكسر الشعاع الساقط إلى عدة أشعة منعكسة ، مثال على ذلك اصطدام الأشعة بزجاج محجر .



Scattered Reflection انعكاس تبعثري

3.11.1. الانتقال Transmission :

كما هو الحال في الانعكاس يمكن أن نميز عند انتقال الشعة عبر السطوح خمسة أنواع من الانتقال :

- الانتقال المباشر The Regular Transmission .
- الانتقال الناثر المنتظم Diffuse Transmission .
- الانتقال المنتشر (نصف ناثر) Spread Transmission .
- الانتقال المختلط Mixed Transmission .
- الانتقال المتناثر (تبعثري) Scattered Transmission .

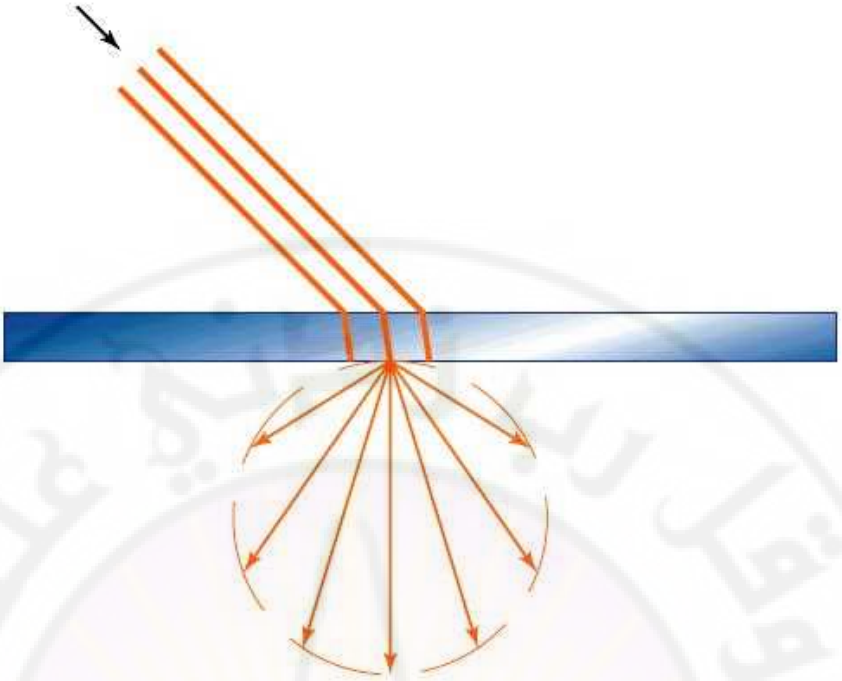
الانتقال المباشر The Regular Transmission:

يظهر الانتقال المباشر في الزجاج أو البلاستيك الصافي الشفاف حيث تخترق الأشعة السطح المعرض بعد أن تفقد قسماً كبيراً من طاقتها نتيجة الانعكاس أو الامتصاص الجزئي ، وتظهر من الجانب المقابل للسطح بحيث تكون زاوية الأشعة الساقطة هي نفس زاوية الأشعة المغادرة.



الانتقال الناثر المنتظم Diffuse Transmission :

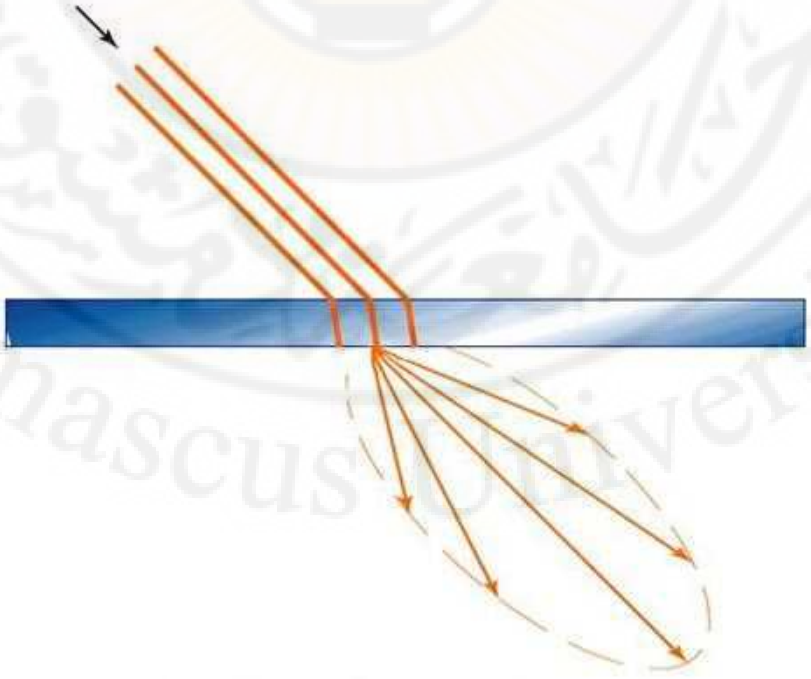
تنبعث الأشعة المنتقلة في الانتقال الناثر بشكل منتظم في جميع الاتجاهات وفقاً لقانون لامبرت ويظهر سطوع المادة متساوياً من كافة الاتجاهات ، ومن الصعب مصادفة هذا النوع ، ولكن الزجاج الحليبي أو الزجاج ذو اللون الأبيض له خواص انتقالية قريبة من ذلك .



Diffused transmission.

الانتقال المنتشر (نصف ناثر) Spread Transmission :

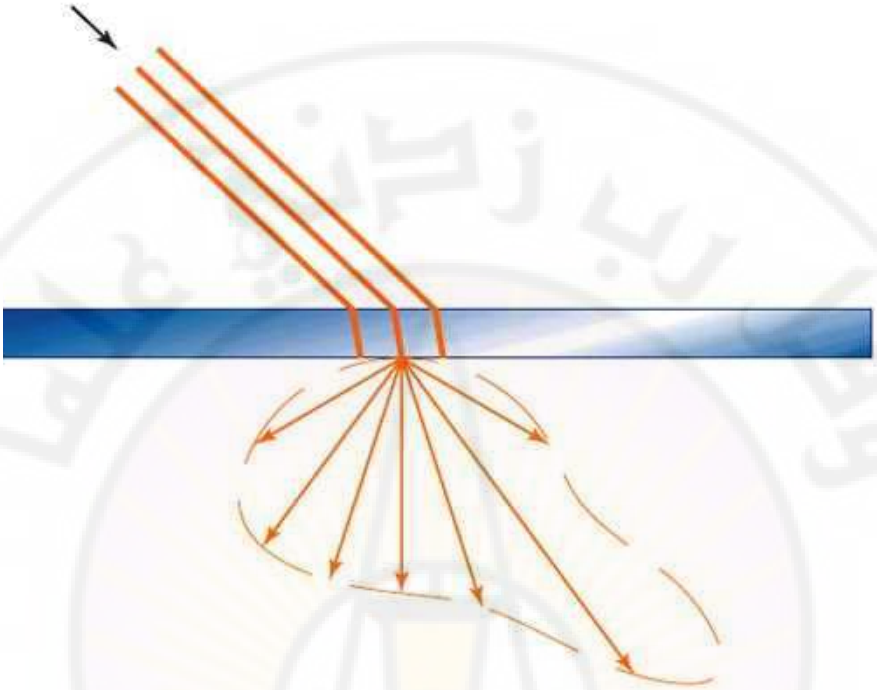
في الانتقال نصف ناثر تنفذ الشعة وتنتشر بحيث يأخذ منحاها العام الانتقال المباشر ، وكمثال على ذلك الزجاج المغشى حيث يظهر للناظر ساطعاً في اتجاه معين أكثر من الاتجاهات الأخرى.



Spread Transmission انتقال منتشر (نصف ناثر)

الانتقال المختلط Mixed Transmission :

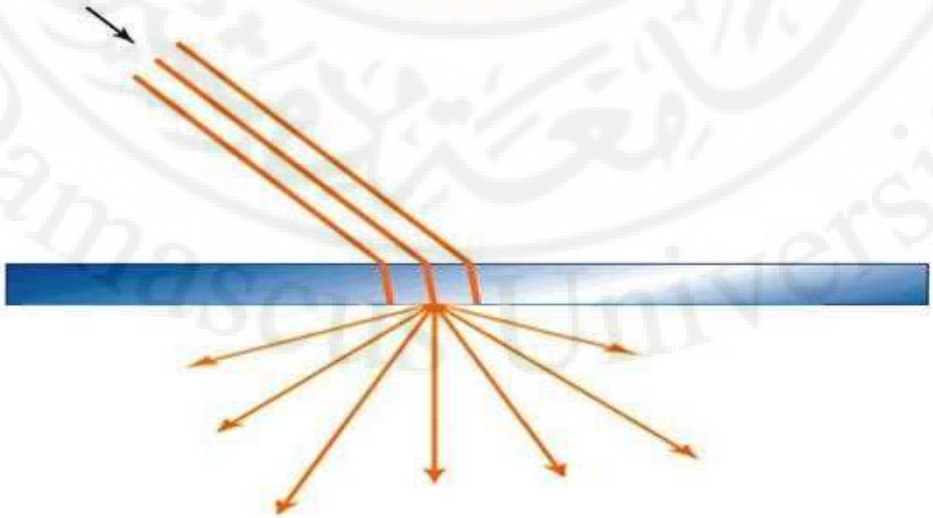
في هذا الانتقال فإن جزءاً من الأشعة النافذة ينتشر والجزء الآخر ينتقل انتقالا مباشرا ، ومثال على ذلك الزجاج المضلع .



Mixed transmission.

الانتقال المتناثر (تبعثري) Scattered Transmission :

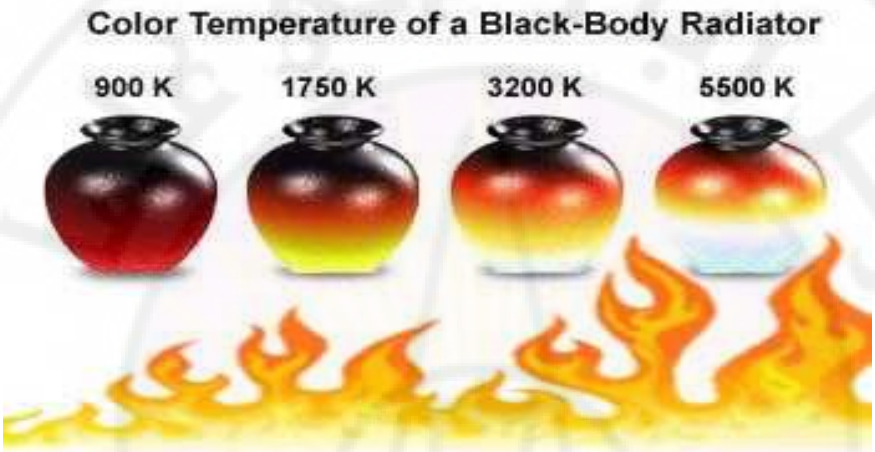
يحدث الانتقال المبعثر عندما تتكسر الأشعة النافذة إلى مجموعة الأشعة النافذة المباشرة ، ومثال على ذلك الزجاج المبلور حيث يظهر وكأنه متلألئ .



Scattered Transmission انتقال تبعثري

12.1. حرارة اللون ، والأداء اللوني Color Temperature and Color Rendering :

تصدر المنابع الضوئية المختلفة الضوء بتوزيعات مختلفة لطول الموجة اللونية ، ولهذه الخصائص تأثير على ألوان العناصر المنارة بالضوء ، ويشار إلى ذلك بحرارة اللون المرتبطة ***(Correlated Color Temperature)*** ويرمز له بـ ***CCT*** ويعتبر الجسم الأسود المشع المنبع المثالي للإشعاع الكهرومغناطيسي ، وتقارن درجة حرارة اللون المرتبطة للعنصر ***CCT*** مع حرارة هذا المشع المثالي الكهرومغناطيسي .

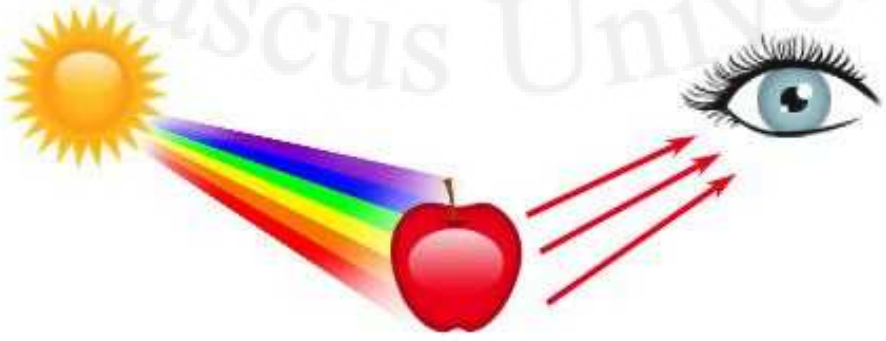


يوجد مقياسان معياريان للخصائص اللونية للضوء :

- الأول هو حرارة اللون **Color Temperature** ويشار لها بـ :

(Correlated Color Temperature) ويرمز لها بـ ***CCT*** والذي يشير إلى التأثير النفسي للمظهر اللوني للمنبع الضوئي ، وهو يعبر عن كيفية ظهور لون المنبع الضوئي بارداً أم دافئاً .

- الثاني وهو الأداء اللوني **Color Rendering** وهو مصطلح يستخدم لوصف مدى مقدرة الضوء الاصطناعي على تقديم اللون الحقيقي للأشياء كما يراها بشكلها الطبيعي في ضوء الشمس الطبيعي الخارجي والذي له قيمة أداء لوني تساوي **100** .



1.12.1. حرارة اللون Color Temperature :

إن حرارة اللون لمنبع ضوئي هي المقياس الرقمي لمظهره اللوني ، وتقاس بدرجة الكالفين (Kalvin) ويرمز له بـ (Kº) وعلى سبيل المثال فإن ضوء الشمس يتغير خلال ساعات النهار من اللون الأبيض الدافئ إلى اللون الأبيض البارد ، حيث تشرق الشمس عند درجة حرارة لون 1800 كالفين تقريباً ، وتتغير من الأحمر إلى البرتقالي وإلى الأصفر ، ثم إلى الأبيض عند درجة 5000 كالفين في منتصف الظهيرة ، ثم بعد ذلك تعود إلى نفس المقياس السابق عند الغروب .



Sunrise light 1800˚ Kelvin

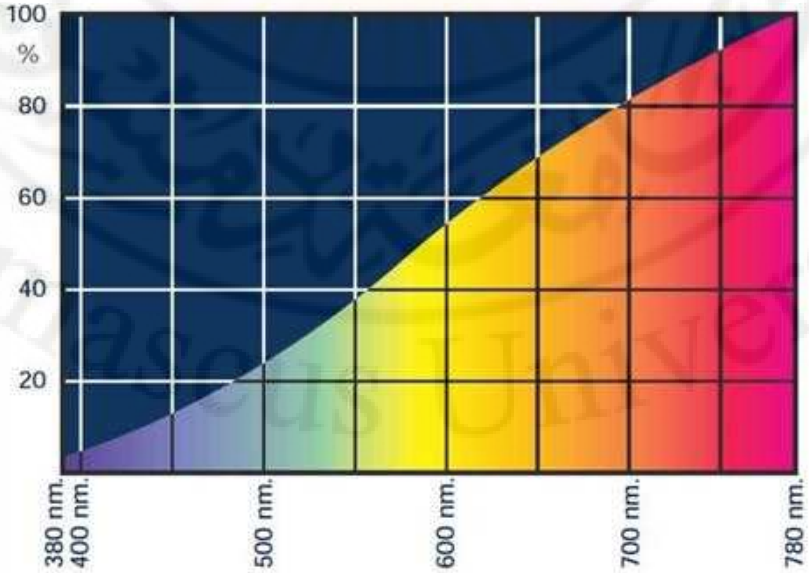


Med day light 5000˚ - 5500˚ Kelvin



Sunset light 1800˚ Kelvin

تحتوي المنابع الضوئية بأنواعها المختلفة على أطوال موجة مختلفة للألوان ، وتوصف الألوان من جانب الأحمر والبرتقالي والأصفر بالدافئة مثل ضوء المصباح المتوهج ، أما الألوان من جانب الأزرق فتوصف بالباردة مثل ضوء النهار الطبيعي ، وعلى سبيل المثال فإن المصباح المتوهج يتضمن ألواناً من معظم الطيف ، لكنه يمتلك درجة واسعة من الأصفر و الأحمر ، كما في الشكل التالي ، وعندما يتم تعتيمه فإن الضوء المتوهج يصبح أكثر احمراراً .

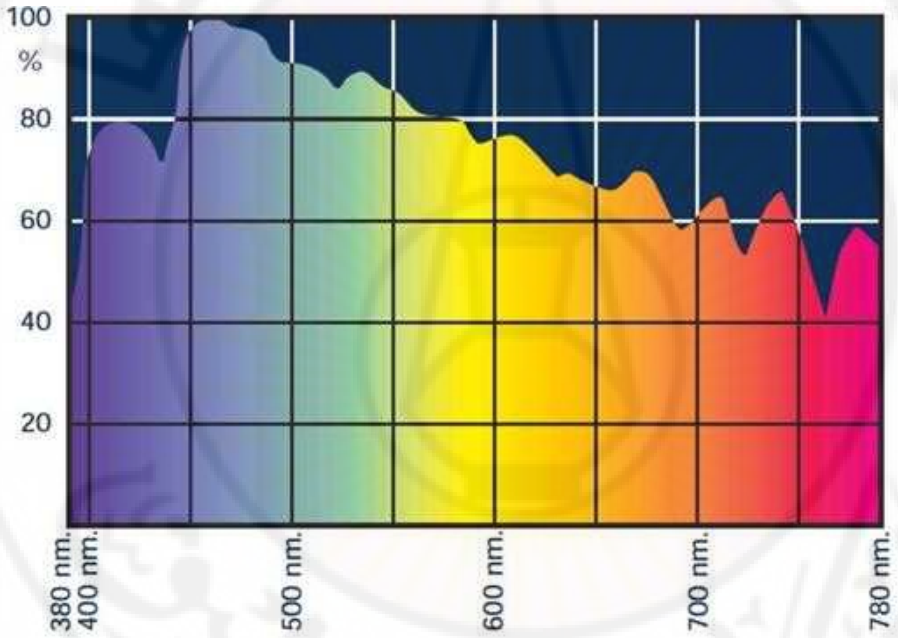


التوزيع الطيفي لمصباح متوهج

الطيف اللوني للمصباح المتوهج والذي يتضمن ألواناً من معظم الطيف ، لكنه يمتلك درجة واسعة من الأصفر و الأحمر

درجة حرارة اللون (Kº)	التأثيرات المرتبطة والمزاج	التطبيقات المناسبة

الشكل التالي يبين الموجة اللونية لضوء النهار والذي يحتوي على درجة متساوية تقريباً لكافة ألوان الطيف



التوزيع الطيفي لضوء النهار الاعتيادي

ويدعى المظهر اللوني لمنابع الضوء بدرجة حرارته اللونية المرتبطة به (***Correlated Color Temperature***) ، و يرمز له بـ (***CCT***)والتي يمكن وضعها في موقعها على مقياس الكالفين (***Kº***) .

ويكون ضوء المصابيح ذات ***(CCT)*** أقل من / **3100** / كالفين محمرة أو دافئة ، بينما يكون ضوء المصابيح ذات (***CCT***) أعلى أكثر زرقة .

SYRIA - Damascus – 0944607457 – target4_eng@yahoo.com

2700	ودية – شخصية – حميمية	المنازل – المكتبات – المطاعم
3000	ناعمة – ضوء دافئ مرضي	المنازل ، غرف الفنادق والردهات ، المخازن والمحلات
3500	ودية – دعوة	المكاتب التنفيذية – مناطق الاستقبال العامة – السوبر ماركت
4500	أنيقة – فعالة	المكاتب – قاعات الدرس – تجمع التجار – صالات العرض
5000	مشرقة	المستشفيات – صناعة الرسومات
6500	مشرقة – باردة	محلات المجوهرات – صالونات التجميل – المتاحف – الطباعة

ويمكن تصنيف المنابع الضوئية وفقاً لدرجة حرارة اللون المرتبطة وفقاً للجدول التالي :

درجة حرارة اللون المرتبطة (K°)	المنبع الضوئي	تصنيف درجة حرارة اللون المرتبطة
1500	الشمعة	دافئ Warm
2680	مصباح متوهج 40 وات	دافئ Warm
2820	مصباح متوهج 100 وات	دافئ Warm
3500	أنبوب فلوريسانتي (أبيض)	متوسط Intermediate
4000	ميتال هالايد قياسي	متوسط Intermediate
5500	ضوء النهار (في منتصف الظهيرة)	بارد Cold
10000	السماء الزرقاء	بارد Cold

وبالتالي يمكن تصنيف درجة حرارة اللون المرتبطة وفقاً لما يلي :

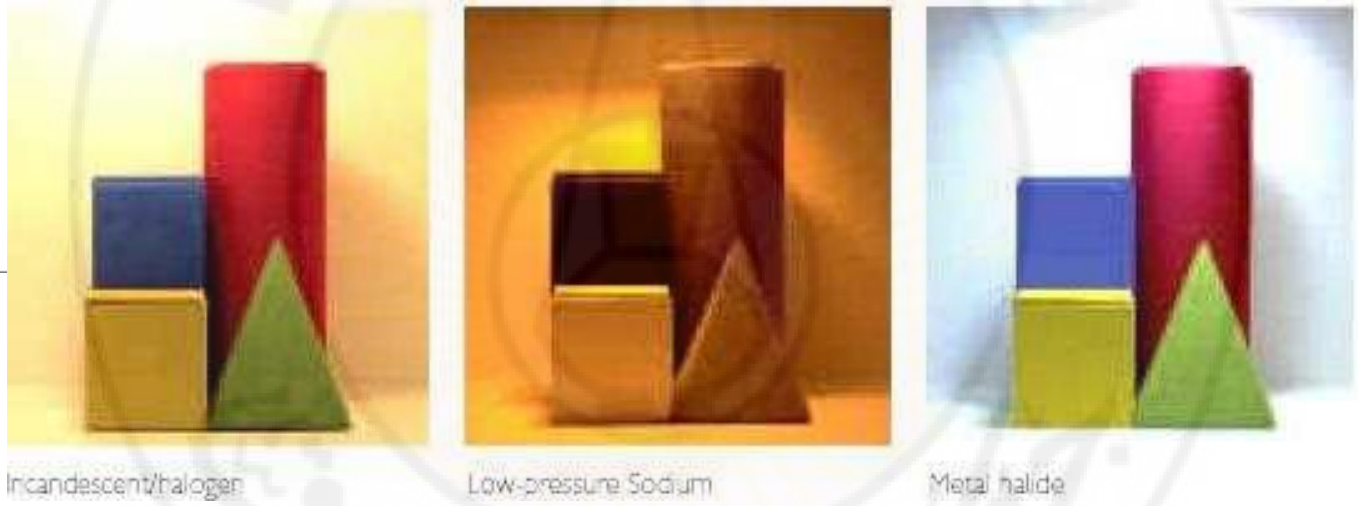
- درجات حرارة اللون المرتبطة ***CCTs*** الأقل من ***3300 K°*** تصنف بأنها دافئة ***(Warm)*** .
- درجات حرارة اللون المرتبطة ***CCTs*** مابين ***3300 K°*** إلى ***5300 K°*** تصنف بأنها متوسطة ***(Intermediate)*** .
- درجات حرارة اللون المرتبطة ***CCTs*** الأكبر من ***5300 K°*** تصنف بأنها باردة ***(Cold)*** .

2.12.1. الأداء اللوني Color Rendering :

تم تخصيص المنابع الضوئية بما يسمى قرينة الأداء اللوني ***(Color Rendering Index)*** أو ما يرمز له بـ ***(CRI)*** والتي تعتمد على كيفية ظهور الألوان الطبيعية تحت هذه المنابع . وكلما ازداد

(***CRI***) إلى الثمانينات أو التسعينات كلما تحسن الأداء اللوني ، مما يعني أن الألوان سوف تبدو طبيعية أكثر .

إن مقدرة الأداء اللوني للمنابع الضوئية هامة جداً في الإنارة المنزلية ، لأنها تؤثر في كيفية ظهور المفروشات و مواد الديكور وعلى نظرة الناس بشكل عام . و تعتبر المصابيح المتوهجة و التي تستخدم بشكل عام في الإنارة المنزلية ذات قرينة أداء لوني ضمن المجال (***95 – 100***) ، بينما تصنف مصابيح توفير الطاقة الفلوريسانتية عند قرينة أداء لوني بحدود (82-86) والتي تعتبر ذات أداء لوني عالي الجودة . وعلى سبيل المثال فإنه يجب إيلاء الأهمية الكبيرة لقرينة الأداء اللوني عند تصميم إنارة المخازن والمحلات التجارية عما هو عليه عند تصميم إنارة المكاتب ، والشكل التالي يبين تأثير الأداء اللوني للمنابع الضوئية على كيفية ظهور العناصر الملونة .



3.12.1. قرينة الأداء اللوني وفقاً للجنة الدولية للإنارة The CIE Color Rendering Index (CRI)

مجموعة الأداء اللوني	قرينة الأداء اللوني وفقاً للجنة الدولية للإنارة (RA)	التطبيقات
1A	$RA \geq 90$	محاكاة الألوان الدقيقة مثل فحص ألوان (الطباعة – دور الأزياء)
1B	$90 \geq RA \geq 80$	المظهر اللوني الجيد (الأبنية التجارية والمحلات)
2	$80 \geq RA \geq 60$	حيث يتطلب أداء لوني متوسط
3	$60 \geq RA \geq 40$	الأداء غير مهم طالما أن التشوهات الملحوظة لن تحدث
4	$40 \geq RA \geq 20$	الأداء اللوني غير مهم



CRI(Ra)<70



CRI(Ra)>80

Good light quality



LED Lamps
CRI 80 or above

Bad light quality



Fluorescent Lamps
CRI 70 or below



2700K CRI 97 2700K CRI 90 2700K CRI 80 2700K CRI 70



CRI **90** CRI **70** CRI **50**





CRI 52
Warm white (3000 Kelvin)



CRI 82
Warm white (3000 Kelvin)



CRI 82
Cool white (6500 Kelvin)

ثانياً – المنابع الضوئية الصلبة Solid State Sources

وتدعى أنصاف النواقل الثنائية المشعة للضوء (Light Emitting Diodes) ، وتشتهر بالاسم المختصر الـ LED وهو اختصار لتسمية نصف الناقل الثنائي المشع للضوء الذي لايتجاوز طوله عدة ميليمترات ، لكنه ذو فوائد تكنولوجية هائلة تجعله البديل الحقيقي للمصابيح التقليدية . ويعتمد هذا النظام على أنصاف النواقل التي تسمح للتيار الكهربائي بالتدفق باتجاه واحد فقط وتحويل التيار الكهربائي مباشرة إلى ضوء .



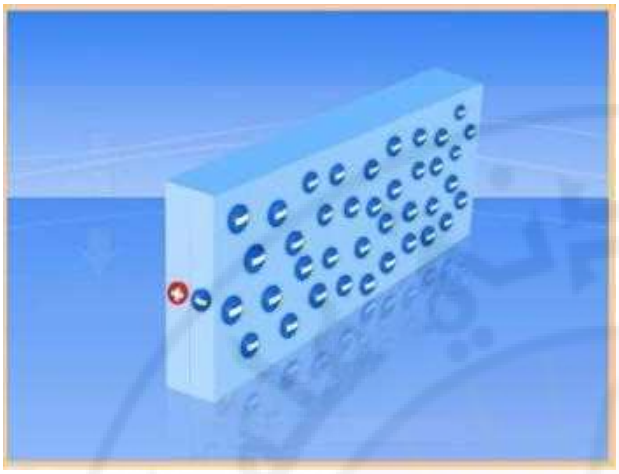
1.3.3. أساسيات تقنية اللد LED Technology – The Basics :

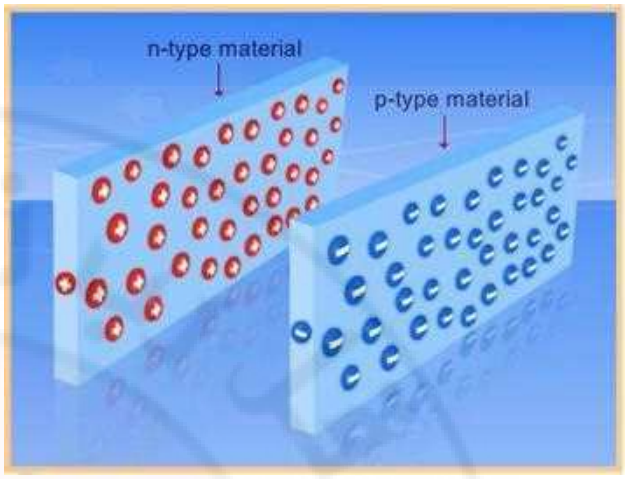
بعكس المصابيح المتوهجة فإن الـ LED يشع الضوء بألوان خاصة ، ويعتمد لون الضوء على النظام المستخدم للمواد ، حيث تحدد المادة المستخدمة في العنصر نصف الناقل لـ LED لون الضوء الصادر عنه ، ويتراوح مجاله من الأحمر خلال البرتقالي إلى الأصفر والأخضر إلى الأزرق . ويتم إنتاج اللون الأبيض بواسطة عملية تحويل تألقي . وقد كان الـ LED ولسنوات عدة ماضية محصورا بالألوان الأحمر والأصفر والأخضر إلى أن أعطانا التقدم التكنولوجي اللون الأزرق النقي بشكل لايصدق ، ومن ثم اللون الأبيض .



يحتوي اللد بشكل رئيسي على طبقتين من مواد معقدة تنمو في مفاعل فراغي بدرجة حرارة عالية . تشحن الطبقة الأولى بشكل سالب أو مايدعى بفائض من الإلكترونات وهذه الطبقة تدعى بالطبقة N ، بينما تشحن الطبقة الثانية بشكل موجب أي بنقص في الإلكترونات أو مايدعى بالثقوب وهذه الطبقة تدعى بالطبقة P .

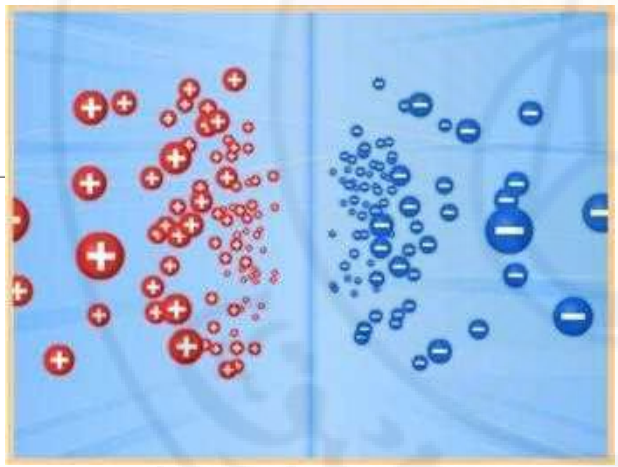
وبجمع هاتين الطبقتين مع بعضهما نحصل على وصلة P-N نصف الناقلة أو مايسمى بالثنائي نصف الناقل Diode الذي يسمح بمرور التيار فقط في اتجاه واحد .

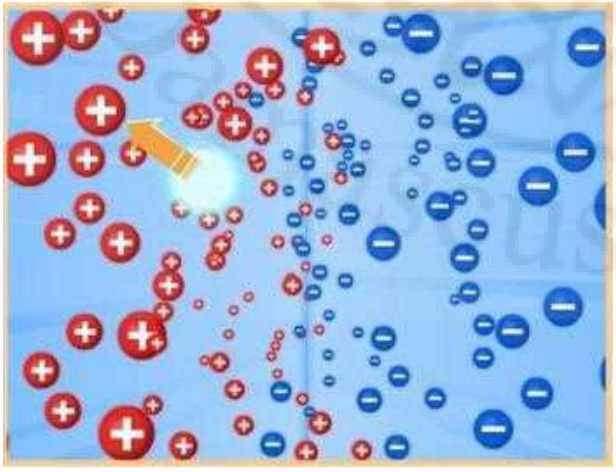




عند تطبيق تيار كهربائي على هذا النصف ناقل فإنه يدفع الذرات في الطبقة N وفي الطبقة P باتجاه الوصلة بينهما .

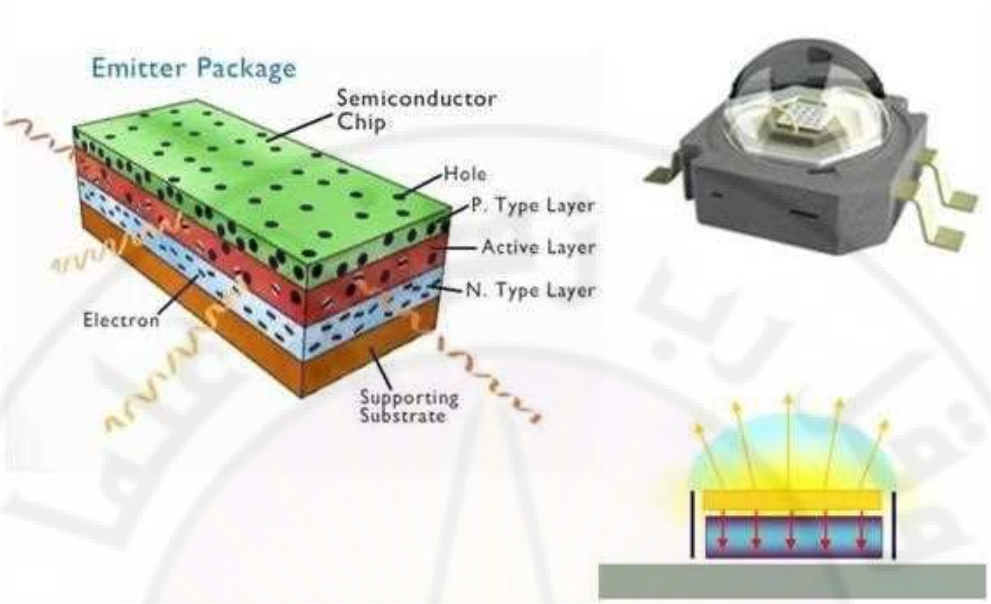






وعندما تصبح هذه الذرات قريبة من بعضها إلى درجة كافية فإن ذرات الطبقة n تمنح إلكتروناتها إلى الطبقة P التي تقبل بها ، وعندما تملأ الإلكترونات الفائضة في الطبقة n الثقوب في الطبقة P فإنها تحرر طاقة في المنطقة الفعالة (Active Zone) بين الطبقتين n و p ، بعض هذه الطاقة تشع في الطيف المرئي (ضوءاً) والجزء الباقي كحرارة .

هذه الحرارة مالم يتم تبديدها فإنها سوف تقلل من أداء اللد وقد تؤدي في النهاية إلى تلفه . ولكي يكون اللد فعالاً فإنه يجب أن تستخرج وتضبط الفعالية الضوئية ، وأن يتم تبديد الحرارة الناتجة .



2.3.3. نظام اللد LED System :

تتألف مصابيح أو أجهزة اللد من أربعة مكونات حاسمة :

1. مصفوفة اللد LED Array – 2. جهاز القيادة Driver – 3. العنصر البصري Optics –
4. الإدارة الحرارية Thermal Management .

وهذه المكونات يجب أن تكون مصممة لكي تعمل بكفاءة مع بعضها البعض .



1. **مصفوفة اللد LED Array :**

تتكون مصفوفة اللد من عدة رقائق (Chips) أومشعات (Emitters) مثبتة على دارة مطبوعة لكي تصدر الضوء .

2. **جهاز القيادة Driver :**

جهاز القيادة أو مايدعى الدرايفر (Driver) هو أداة إلكترونية تعطي التيار والتوتر المضبوط للد من أجل التشغيل الأمثل له . في أجهزة الإنارة باللد فإن الدرايفر يكون غالباً من الموديل القياسي المشابه بالمفهوم للبالاست . بينما في مصابيح اللد فإن الدرايفر يكون من النوع المدمج ضمن المصباح .

3. **العنصر البصري Optics :**

قد يكون العنصر البصري عدسات ، أو ناثر ، أو عاكس ، أو مزيج منها . وبدون الضبط البصري فإن اللد يشع الضوء تقريباً بتوزيع نصف كروي ناعم ، والذي من النادر أن يكون مفيداً .

4. **الإدارة الحرارية Thermal Management :**

تنقل الإدارة الحرارية الحرارة بعيدا عن اللد باستخدام مشتت للحرارة ثم يحركها بعيداً عن المصباح أو الجهاز باستخدام شقوق تبريد ، أو مروحة صغيرة ، أو آلية أخرى .

هام

3.3.3. مقارنة فنية بين اللد والمصابيح التقليدية :

يبين الجدول التالي مقارنة بين مصابيح اللد ذات الجودة العالية وبين المصابيح المتوهجة والفلوريسانتية المضغوطة CFL .

نلاحظ من الجدول أن مصابيح اللد تتمتع بمزايا قوية عن المصابيح المتوهجة من حيث مردود الطاقة ، والعمر ، والتأثير البيئي . مع الإشارة إلى أن المصابيح المتوهجة ماتزال تتمتع بتفوق طفيف في الأداء اللوني ، والتحكم بالحزمة الضوئية ، والإعتام .

وبالمقارنة مع المصابيح الفلوريسانتية المضغوطة نجد أن مصابيح اللد تمتلك تفوق هام في الإقلاع الفوري وفي التحكم بالحزمة الضوئية . كما أن مصابيح اللد لاتحتوي على الزئبق وبالتالي فهي صديقة للبيئة ، مع الإشارة إلى أن العديد من المستخدمين لايرغبون بالأداء اللوني وبالفترة اللازمة للتحمية لمصابيح الـ CFL .

من حيث التكلفة فإن المصابيح المتوهجة هي الأقل في التكلفة الأولية ، لكنها الأعلى من حيث التكلفة الإجمالية .

ايضاً فإن عمر مصابيح اللد لايتأثر بالتشغيل المتكرر ، بينما يتأثر عمر مصابيح الفلوريسانت بذلك .

	LED	Incandescent	CFL
Efficiency	●●●●●	●	●●●●●
Life	●●●●●	●	●●●
Color	●●●●●	●●●●●	●●●
Beam Control	●●●●●	●●●●●	●
Dimming	●●●●	●●●●●	●●●
Instant on	●●●●●	●●●●●	●
Environment	●●●●●	●	●●●
Initial Cost	●●●	●●●●●	●●●
TCO	●●●●●	●	●●●●●

Best ●●●●●
Moderate ●●●
Worst ●

4.3.3. مقارنة بين اللد والمصابيح التقليدية من حيث أعمال الصيانة :

في المثال المبين بالشكل التالي فإننا نجد أننا نحتاج إلى استبدال أكثر من عشرين مصباح متوهج (بعمر وسطي 2000 ساعة) بالمقارنة مع عمر مصباح اللد الذي يزيد وسطياً عن 45,000 ساعة . بينما نجد أننا نحتاج إلى استبدال أكثر من خمسة مصابيح CFL (بعمر وسطي 8000 ساعة) . مع الإشارة إلى أن التوفير في أعمال الصيانة سوف يتضمن تخفيض التكلفة الناجم عن المصابيح التي لن نشتريها لأعمال الصيانة وكلفة اليد العاملة اللازمة لعملية الاستبدال .



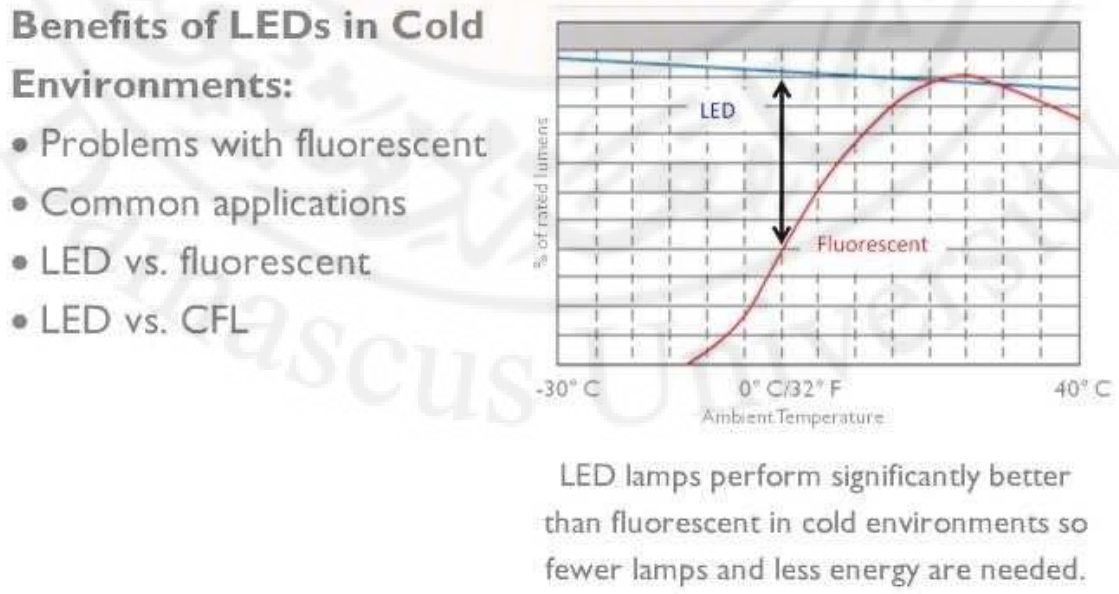
5.3.3. مصابيح اللد صديقة للبيئة :



في أوروبا يعتبر الزئبق من النفايات الخطرة ، والتي يجب إعادة تدويرها بطرق مناسبة . وحيث أن مصابيح الفلوريسانت تتطلب كميات صغيرة من الزئبق من أجل التشغيل الفعال للطاقة فإنها تعتبر غير صديقة للبيئة بعكس مصابيح اللد التي تعتبر من المنابع صديقة البيئة لعدم احتوائها على الزئبق .

6.3.3. مزايا مصابيح اللد في البيئة الباردة :

بخلاف مصابيح الفلوريسانت التي تخسر خرجها وفغاليتها الضوئية عندما تنخفض درجات الحرارة إلى مادون الـ 25 درجة مئوية ، فإن مصابيح اللد تؤدي بشكل جيد في البيئة الباردة . وعلى سبيل المثال فإنه إذا انخفضت درجة الحرارة إلى 0 مئوية فإن مصباح الفلوريسانت من نوع T_8 سوف يخسر 60% من فيضه الضوئي البالغ 2600 لومن ، بينما مصباح اللد سوف يستمر في إعطاء فيضه الضوئي البالغ 1650 لومن . وبالتالي فإنه يفضل استخدام مصابيح اللد عن مصابيح الفلوريسانت في البيئة الباردة .



LED lamps perform significantly better than fluorescent in cold environments so fewer lamps and less energy are needed.



7.3.3. الإمكانيات اللونية لل (LED) :

يتمتع ال (LED) بمزايا وإمكانيات لونية عالية جدا ، ويمكن الحصول على اللون الأبيض من خلال مزج الألوان المتعددة في نظام ال (LED) بإحدى طريقتين :

- وضع (LEDs) بالألوان الأحمر ، والأخضر ، والأزرق بشكل متجاور ، ويتم مزج كمية الضوء الصادر عنها بنسب لونية معينة فينشأ عن ذلك الضوء الأبيض .
- استخدام نظام (LED) من النوع ثلاثي الضوء (RGB) حيث يتم مزج الضوء الصادر عنها بنسب ملائمة مما يعطي الضوء الأبيض .ويمكن في كلا الطريقتين الحصول على مجال واسع من الألوان الضوئية والنقية وبشكل ساحر وأخاذ ، مما يعطي إمكانيات هائلة في التأثيرات الضوئية واللونية للمجالين الداخلي والخارجي .





8.3.3. مزايا الـ (LED) :

- غنية بالألوان حيث تعطي مجالا واسعا من الألوان النقية .
- صغر حجمها مما يجعل أنصاف النواقل المشعة للضوء (LEDs) توفر للمصممين مقدارا هائلا من المرونة والحرية لخلق الإنارة الإبداعية لما لها من مجال واسع من الألوان ، وأبعاد مضغوطة .
- بمعزل عن خصائصها الديكورية والتأثيرية فإن أنصاف النواقل المشعة للضوء (LEDs) توفر استخداما منخفضا إلى حد كبير للطاقة المستهلكة بالمقارنة مع معظم الأنواع الأخرى من المنابع الضوئية .
- لأنصاف النواقل المشعة للضوء (LEDs) عمر طويل جدا يصل 50000 ساعة .
- تكاليف الصيانة منخفضة حدا بسبب عمرها الطويل جدا .
- تكاليف التشغيل منخفضة جدا .

- يحتاج ال (LED) إلى أداة للتحكم بالتيار الذي يجتازه ، ذات وظيفة مشابهة للبالاست في مصابيح التفريغ . هذه الأداة تدعى (LED driver) ، وهي مصممة بحيث تكون منسجمة مع النظام الذي تغذيه ، ويمكن أن تجهز أجهزة الإنارة المزودة بمنابع الـ LED بـ LED driver مدمج معه .
- يمكن إعتام ال (LED) إلكترونيا باستخدام التحكم الرقمي المباشر .
- لايصدر ال (LED) تقطيعا ضوئيا مزعجا كالذي يصدر عن المصابيح الفلوريسانتية .
- يقاوم ال (LED) الحرارة والبرودة والصدمات والاهتزاز .
- بشكل عام لاتحتاج ال (LEDs) إلى عواكس .
- إن مصابيح ال (LED) ساطعة جدا ، لذلك يفضل عدم النظر إلى الحزمة المباشرة لل (LED) من مسافة قريبة والتي قد تكون شديدة إلى درجة مؤذية للعين .
- الـ (LEDs) لاتستخدم الغاز لإنتاج الضوء لذلك فهي لاتحوي أجزاءا رقيقة (الزجاج) قابلة للكسر .
- الـ (LEDs) الأبيض يمكن أن تغذى بمنبع تيار مستمر أو متناوب ، كما يمكن تغذيتها من ألواح الطاقة الشمسية مباشرة
- ارتفع مردود ال(LED) إلى حد بعيد خلال السنوات القليلة الماضية ، وبالاعتماد على اللون الخاص فإن قيما أعلى من 120 لومن/وات قد تم الوصول إليها .
- صديق للبيئة لعدم احتوائه على مادة الزئبق .
- مناسب للتشغيل في الظروف الباردة .

9.3.3. التطبيقات :

إن الأحجام الصغيرة ، وتعدد الألوان المختلفة ، والمرونة العالية قد وفر لمصممي الإنارة حرية هائلة في مجال واسع من التطبيقات ، فعلى سبيل المثال يمكن استخدامهم من أجل الإنارة الخلفية ، وإنارة الممرات ، والمسارات ، وتحديد أماكن المشي والممرات ، وإعطاء التأثيرات اللونية والضوئية الوافرة للمناطق الداخلية والخارجية ، وجعل الطرق الداخلية أكثر أمانا ..... وغيرها الكثير .....

ويمكن استخدام أنصاف النواقل المشعة للضوء (LEDs) في العديد من التطبيقات من أهمها :

- اللافتات المضيئة .

- التصميم الداخلي ، والإنارة الداخلية والتأثيرية .
- إنارة الممرات والمناطق الخارجية للمنازل .
- تعليم ممرات المشي والخروج .
- الأجهزة المخفية في الجدران والأسقف .
- الأجهزة المدفونة في الأرض .
- إنارة الأدراج .
- الإنارة الموجهة في الأبنية .
- إشارات المرور .
- إنارة الطرق .
- ..... وغيرها الكثير .



القسم الخامس

إنارة الطوارئ Emergency Lighting

القسم الخامس

إنارة الطوارئ Emergency Lighting

يتم تزويد الأبنية العامة بنظام لإنارة الطوارئ بحيث يسمح للناس بالإخلاء بسرعة وأمان خلال ممرات الهروب . وتعمل إنارة الطوارئ بشكل أوتوماتيكي عند فصل التغذية الكهربائية عن المبنى لسبب ما .

1.5. إشارات الاتجاه والمخرج :

يتم تزويد ممرات الهروب بإشارات اتجاه لكي توجه الناس إلى أبواب الخروج . كما تزود أبواب الخروج بإشارات خروج كما هو مبين بالشكل التالي .

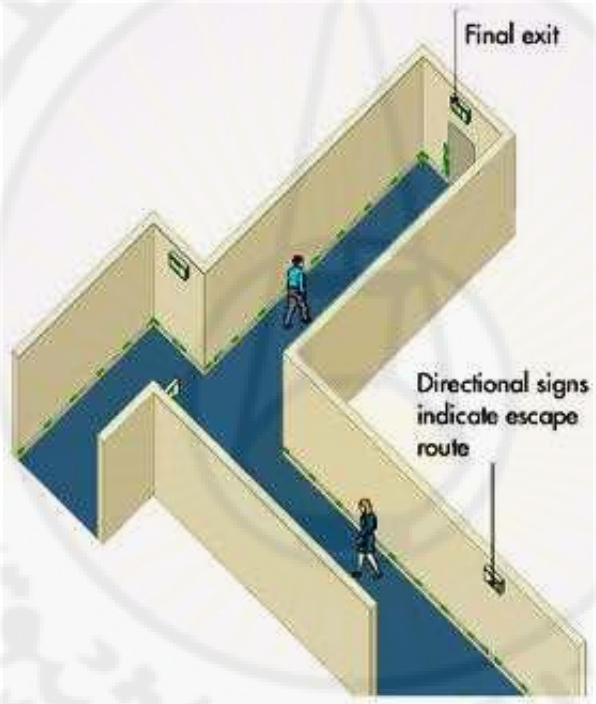


جهاز إنارة طوارئ ذو إشارة اتجاه



جهاز إنارة طوارئ ذو إشارة مخرج

ويجب أن تتضمن ممرات الهروب عددا من أجهزة إنارة الطوارئ ذات إشارات الاتجاه وإشارات المخرج ، وبحيث يتم وضع جهاز إنارة طوارئ ذو إشارة اتجاه عند كل انعطاف أو تقاطع ، ووضع أجهزة إنارة طوارئ ذات إشارة مخرج عند أبواب الخروج كما هو موضح بالشكل التالي . ويجب أن لايقل ارتفاع هذه الأجهزة عن مستوى الأرض عن 2 متر .

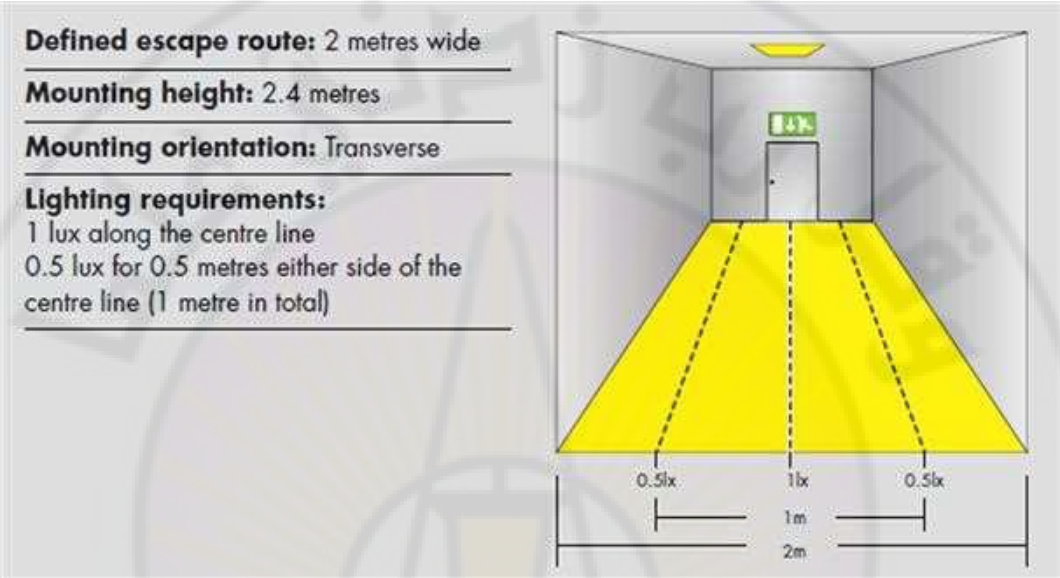


2.5. إنارة الهروب :

حيث يتم إنارة ممرات الهروب والفراغات المفتوحة وتشمل ممرات الهروب كلاً من الممرات ، والأدراج ، وأدراج الحريق .... إلخ . ويجب أن تحقق إنارة الهروب مايلي :

- يجب أن تكون ممرات الهروب منارة بشكل واضح ولها إشارات اتجاه وإشارات مخرج بحيث تضمن إخلاء الناس من المبنى بسهولة وأمان ، وأن تمكن الموظفين من القيام بفصل الأعمال الحساسة أو الخطرة قبل إخلاء المبنى .
- لحظ إنارة للفراغات المفتوحة ذات مساحة أكبر من 60 متر مربع لتقليل الاضطراب والذعر بحيث تؤمن رؤية ممر الخروج الأقرب ، ويجب أن لاتقل سوية الإنارة عن 0.5 لوكس على سطح الأرض ضمن المساحة التي يحدها إطار يبعد عن الجدران مسافة 0.5 م .

- يجب أن لاتقل سوية الإنارة عند كل نقطة من الخط المركزي لمسار الهروب عن **1** لوكس .
- يجب أن لاتقل سوية الإنارة عن **0.5** لوكس في كافة نقاط الشريحة المركزية (التي لاتقل عن نصف العرض الكلي للمسار) كما في الشكل التالي .
- كما يجب لحظ أجهزة إنارة طوارئ في النقاط الحرجة . كما في الشكل السابق .
- يجب أن لايقل عدد أجهزة إنارة الطوارئ في كل مقصورة من مسار الهروب عن جهازين .



والأشكال التالية تبين بعض نماذج أجهزة إنارة الطوارئ .



جهاز إنارة طوارئ ذو إشارة مخرج جداري يركب فوق باب الخروج



جهاز إنارة طوارئ ذو إشارة اتجاه سقفي مدلى



جهاز إنارة طوارئ ذو إشارة اتجاه جداري



جهاز إنارة طوارئ ظاهر سقفي أو جداري

3.5. تصميم نظام إنارة الطوارئ :

يجب وضع أجهزة إنارة الطوارئ بحرص شديد لكي نضمن مخططاً مرناً لهذه الإنارة ، ويجب أن تؤمن

إنارة الطوارئ مايلي :

1. **إنارة أجهزة الإشارات في ممرات الهروب .**
2. **تأمين إنارة على طول ممرات الهروب لكي تسمح بالحركة الآمنة باتجاه المخارج المؤدية إلى مناطق الأمان .**
3. **أن تضمن أن كباسات الانذار عن الحريق وتجهيزات مكافحة الحريق الموجودة في ممرات الهروب يمكن إيجادها واستخدامها بسهولة .**
4. **أن تسمح بالأعمال المتعلقة بإجراءات السلامة .**

ويوجد ثلاثة مراحل للحصول على إنارة طوارئ فعالة والتي تبين تماماً أين يجب أن نضع أجهزة إنارة الطوارئ وإشارات الخروج .

- **المرحلة الأولى : إشارات الخروج Stage 1 Exit Signs**

يجب أن توضع إشارات الخروج لكي تؤمن مساراً واضحاً باتجاه المخرج النهائي وإنارة هذه الإشارات .

- **المرحلة الثانية : النقاط الإلزامية Stage 2 Mandatory Points**

يجب أن تركب أجهزة إنارة الطوارئ في نقاط إلزامية محددة على مسار ممرات الهروب لكي تعطي الضوء الضروري ، وتتضمن هذه النقاط :

1. **عند كل تقاطع للممرات .**
2. **عند كل باب خروج .**
3. **عند كل تغيير اتجاه .**
4. **عند كل درج بحيث تصله إنارة مباشرة .**
5. **عند كل تغير في منسوب الأرضية .**
6. **خارج كل مخرج نهائي وبالقرب منه .**
7. **عند كل كباسة إنذار عن الحريق .**
8. **عند تجهيزات مكافحة الحريق .**
9. **عند كل نقطة إسعاف أولي .**
10. **إنارة إشارات المخرج وإشارات السلامة .**

- **المرحلة الثالثة : إنارة الملء Stage 3 Infill Lighting**

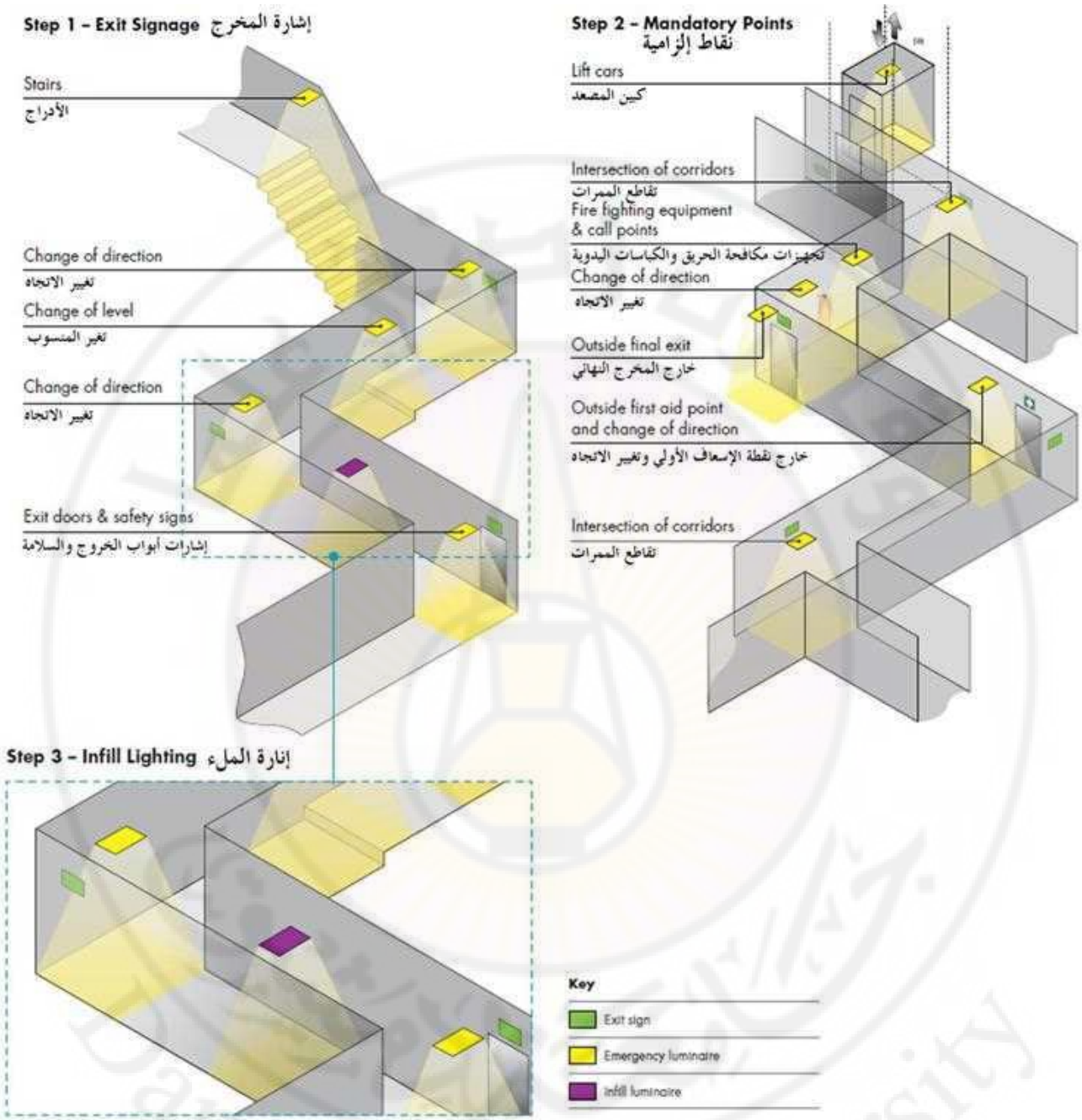
بعد تغطية النقاط الإلزامية السابقة فمن الضروري إضافة أجهزة إنارة أخرى التي قدتكون مطلوبة للوصول إلى سوية الإنارة الصحيحة المطلوبة .

- **إنارة مواقع إضافية :**

بالإضافة لما ذكر سابقاً يجب الأخذ بعين الاعتبار لحظ إنارة هروب للمواقع الإضافية التالية :

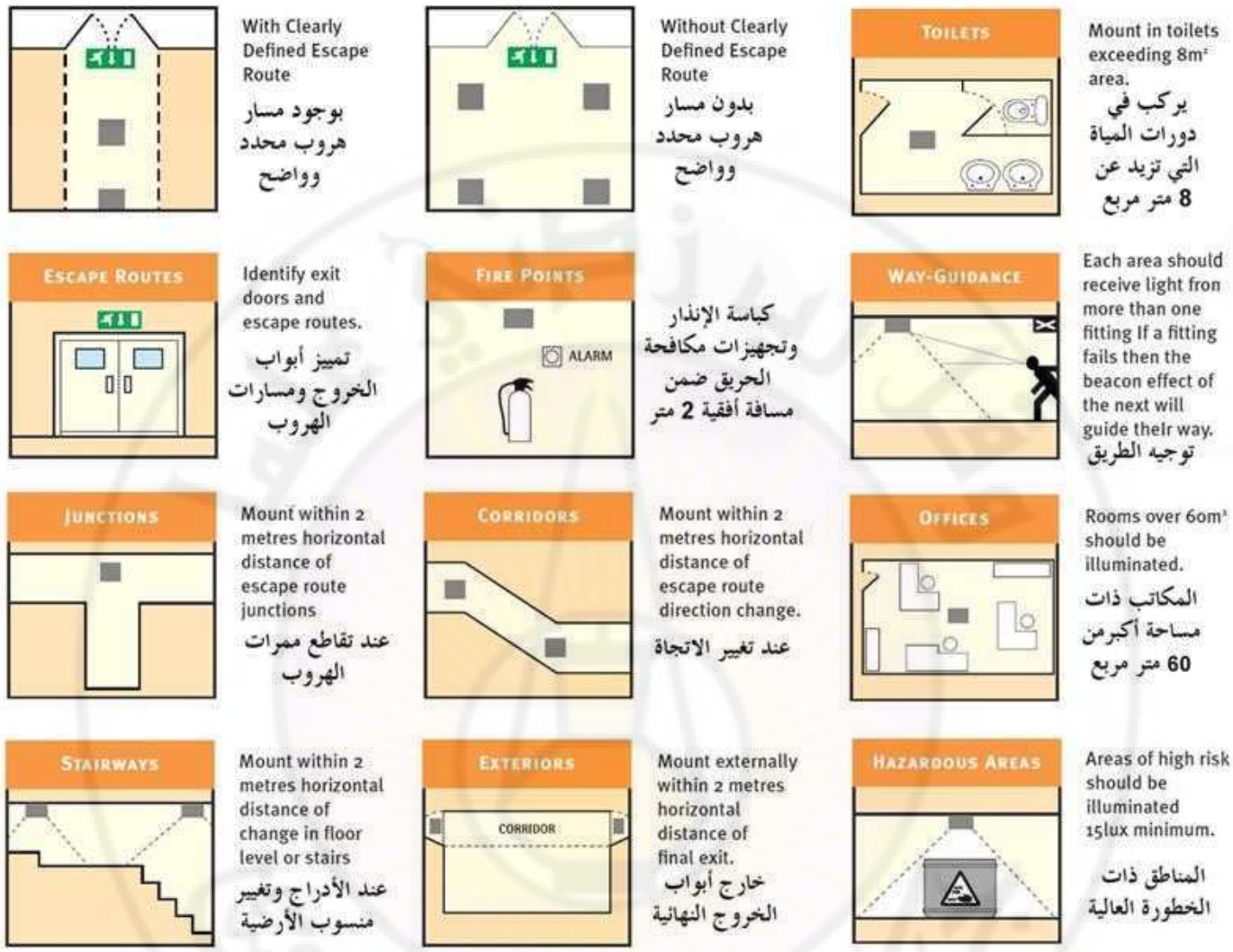
1. **كبائن المصاعد (ويقع ذلك على عاتق الشركات الصانعة للمصاعد) .**
2. **دورات المياه ذات مساحة أكبر من 8 متر مربع ، وكافة دورات المياه الخاصة بالمعوقين .**
3. **السلالم الكهربائية لتمكين مستعمليها من النزول بسلامة .**
4. **غرف مجموعات التوليد ، وغرف التحكم ، وغرف الآلات للمساعدة في أعمال الصيانة والتشغيل خلال فترة العطل**
5. **مواقف السيارات المغطاة .**
6. **غرف الإسعاف الأولي (الغرفة نفسها مع المنطقة خارجها) .**
7. **المناطق ذات الخطورة العالية .**

TARGET Consulting Engineers
SYRIA - Damascus – 0944607457 – target4_eng@yahoo.com



SYRIA - Damascus – 0944607457 – target4_eng@yahoo.com

والشكل التالي يبين أماكن توضع أجهزة إنارة الطوارئ :

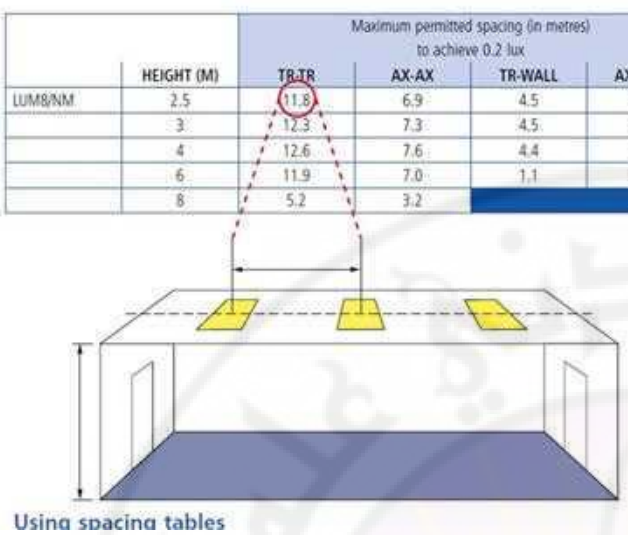


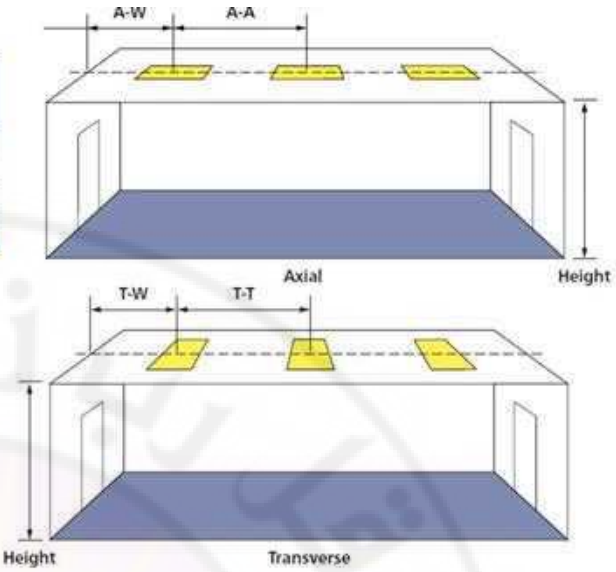
4.5. التباعد بين أجهزة إنارة الطوارئ :

يوصي النظام البريطاني باستخدام عدد كبير من أجهزة إنارة الطوارئ باستطاعة منخفضة بدلاً من عدد قليل من الأجهزة باستطاعة العالية ، وبالتالي يمكن لأية نقطة أن تغطى من أكثر من جهاز إنارة . والجدول التالي يبين التباعد الأعظمي بين أجهزة إنارة الطوارئ لكي نضمن سوية الإنارة المطلوبة على مسارات الهروب ذات العرض حتى 2 متر .

TARGET4 Consulting Engineers
SYRIA - Damascus – 0944607457 – target4_eng@yahoo.com

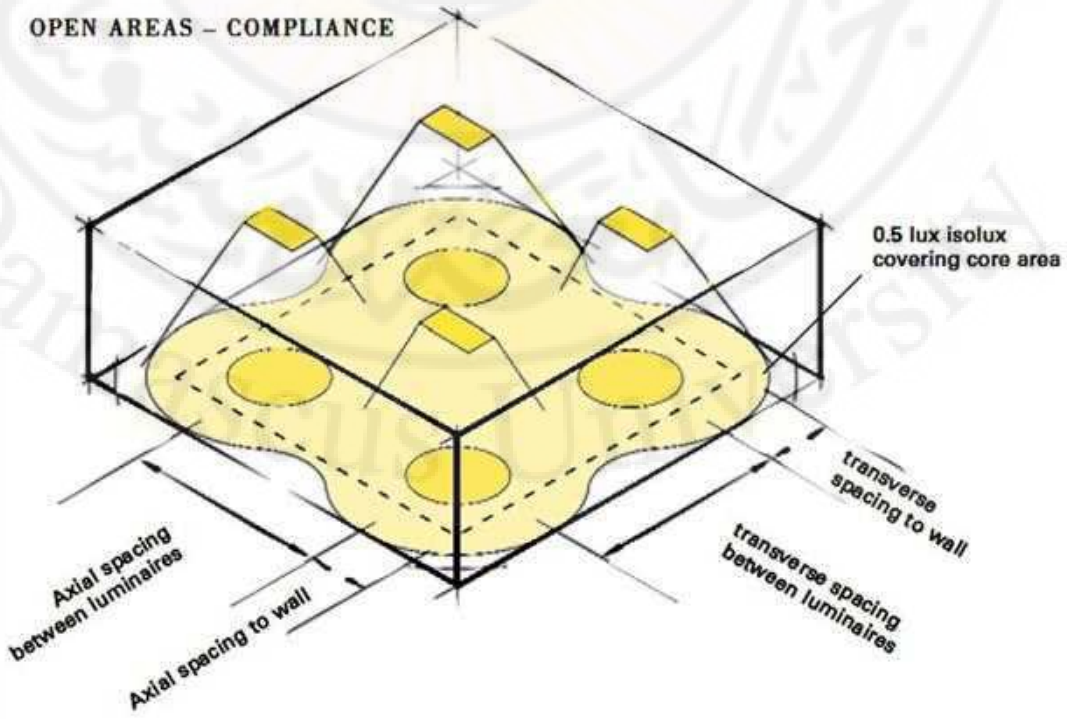
	HEIGHT (M)	Maximum permitted spacing (in metres) to achieve 0.2 lux TR-TR	AX-AX	TR-WALL	AX-WALL
LUM8/NM	2.5	11.8	6.9	4.5	2.7
	3	12.3	7.3	4.5	2.8
	4	12.6	7.6	4.4	2.6
	6	11.9	7.0	1.1	0.8
	8	5.2	3.2		





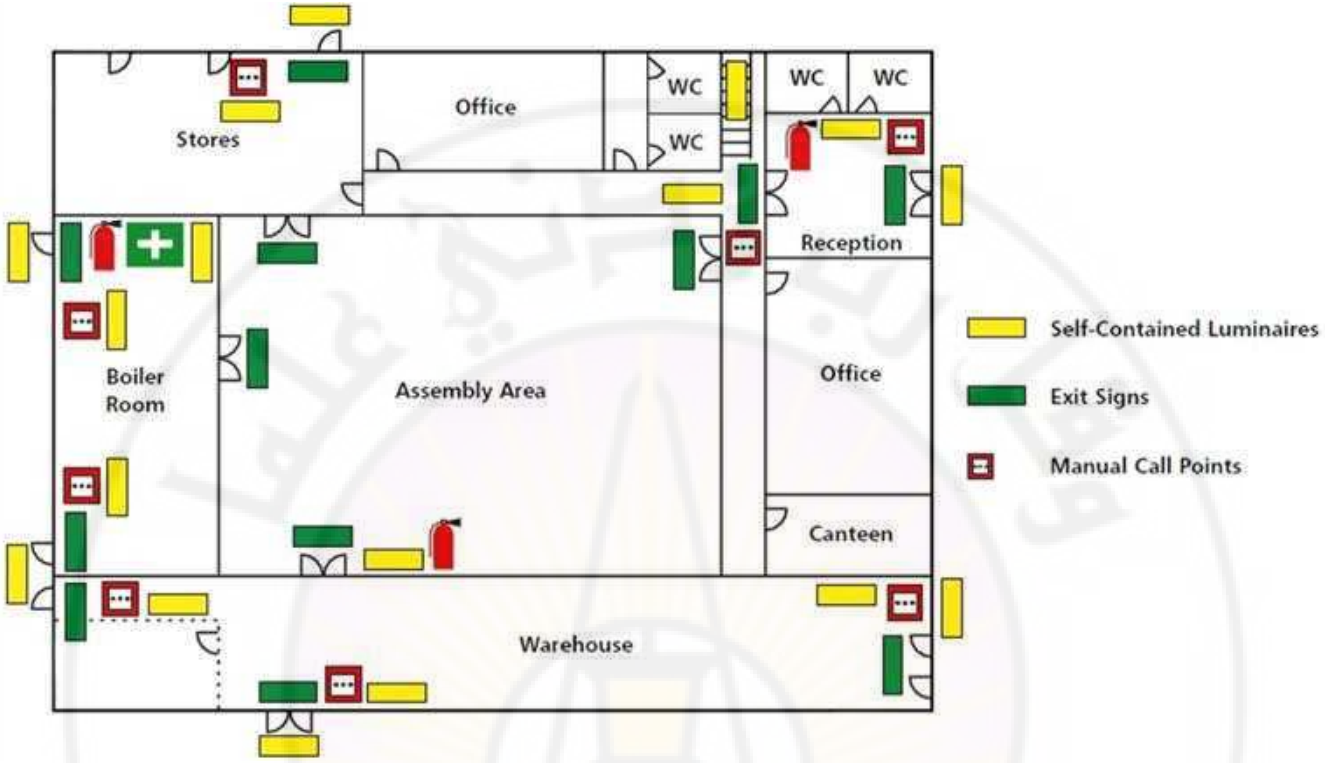
5.5. الفراغات المفتوحة :

يجب لحظ إنارة طوارئ للفراغات المفتوحة ذات مساحة أكبر من 60 متر مربع لتقليل الاضطراب والذعر بحيث تؤمن رؤية ممر الخروج الأقرب ، ويجب أن لاتقل سوية الإنارة الوسطية على سطح أرضية المكان عن 1 لوكس وسوية الإنارة الدنيا عن 0.5 لوكس على سطح الأرض ضمن المساحة التي يحدها إطار يبعد عن الجدران مسافة 0.5 م ، باستثناء الظلال الناتجة عن محتويات المكان .

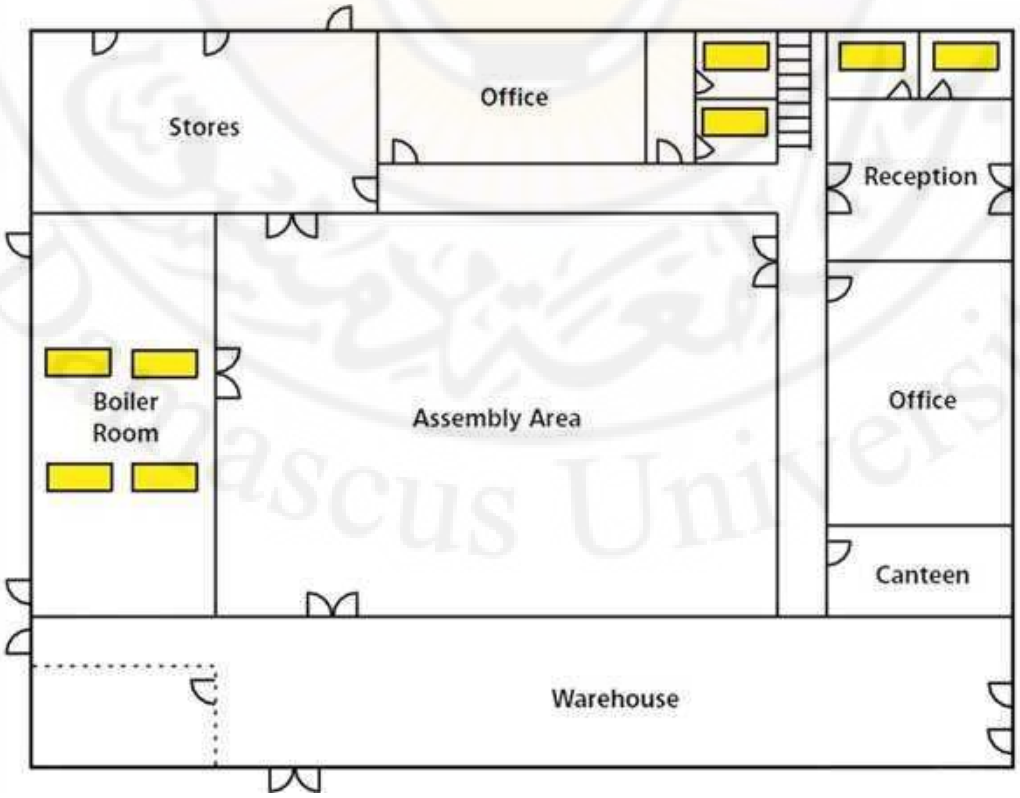


والمخططات التالية تبين مثالاً حول كيفية توزيع أجهزة إنارة الطوارئ ضمن منشأة صناعية :

1. عند النقاط الإلزامية :



2. عند المناطق الإضافية :





هندسة الإنارة

الجزء 1 – أساسيات الإنارة

Lighting Engineering/
Part 1 - Basics

المهندس طلال طبال



هندسة الإنارة

الجزء 1 – أساسيات الإنارة

Lighting Engineering/ Part 1 - Basics

المهندس طلال طبال

القسم الأول

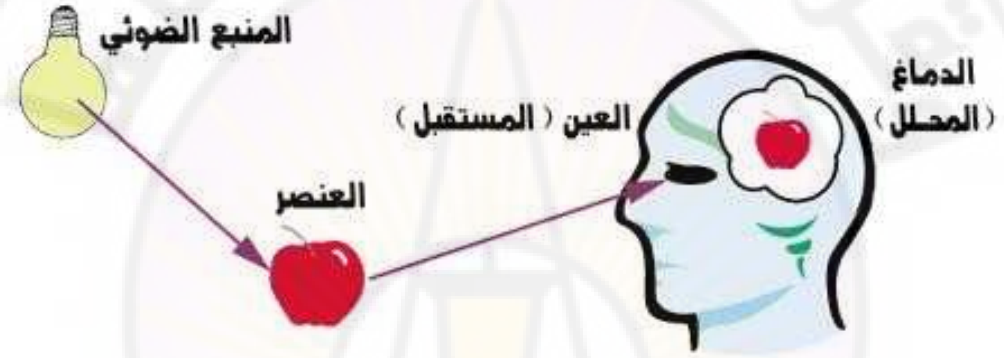
أساسيات الضوء

القسم الأول

أساسيات الضوء

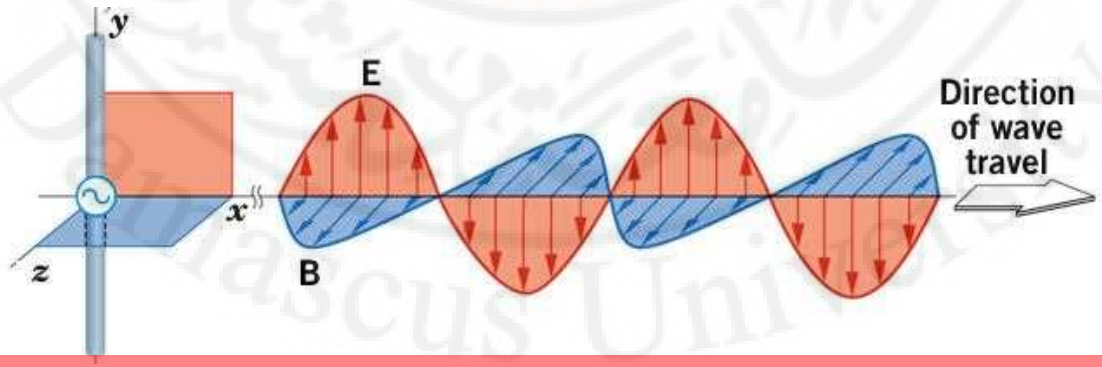
1.1. الضوء والرؤية Light & Vision :

من أجل تحقيق عملية الرؤية ، لابد من وجود الضوء ، والعنصر ، والمستقبل (العين) ، والمحلل (الدماغ) ، حيث تقوم الأشعة الضوئية المنعكسة أو المنتقلة من العنصر الذي يسقط عليه الضوء بإثارة وتحفيز المستقبلات الإلكتروكيميائية في العين التي ترسل بدورها إشارات إلى الدماغ حيث تسبب الشعور بالرؤية من خلال تعاون الدماغ والعين في تحويل الطاقة المشعة إلى إحساس بالرؤية .



2.1. طبيعة الضوء Nature of light :

الضوء هو موجة (طاقة) إلكترومغناطيسية مُشَعَّة في القسم المرئي من الطيف . وتتضمن هذه الموجة مركبتين : كهربائية ومغناطيسية تنتقلان خلال الفراغ كما في الشكل .



وتتميز الموجات بثلاث كميات :

- السرعة (c) وتقدر بالمتر/ثانية .
- طول الموجة (٨) ويقدر بالمتر .
- التردد (f) ويقدر بالهرتز .

بحيث أن :

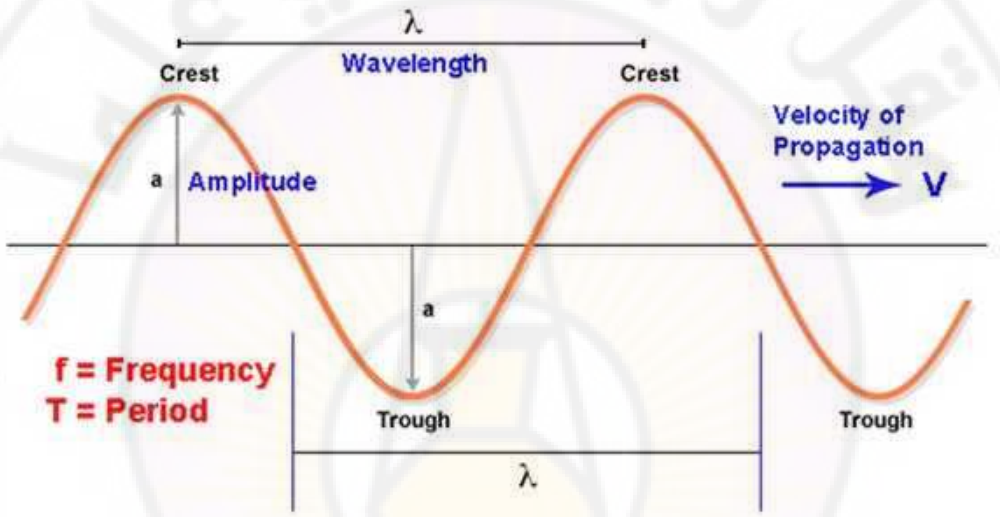
السرعة = (التردد).(طول الموجة)

Speed = (Frequency) . (Wavelength)

c (m/s) = f (Hz) . λ (m)

أي أن :

$$c = f \cdot \lambda$$



ومن أجل الضوء فإن :

$$c \approx 3\times10^{8}\ m/s$$

وتتناقص سرعة الضوء في الوسائط الشفافة بسبب انكسار الضوء عندما ينتقل عبر الزجاج أو الماء.

مثال : لدينا موجة ضوئية طولها 400 نانومتر ، وسرعتها 3×10^{8} متر بالثانية . احسب تردد هذه الموجة.

الحل :

1 Meter (m) = 1×10^{9} Nanometer (nm)

→ 1 Nanometer (nm) = 1×10^{-9} Meter (m)

ومنه يكون طول الموجة بالمتر : $400 / 1000\ 000\ 000 = 4 \times 10^{-7}$ m

$$c = f \cdot \lambda$$

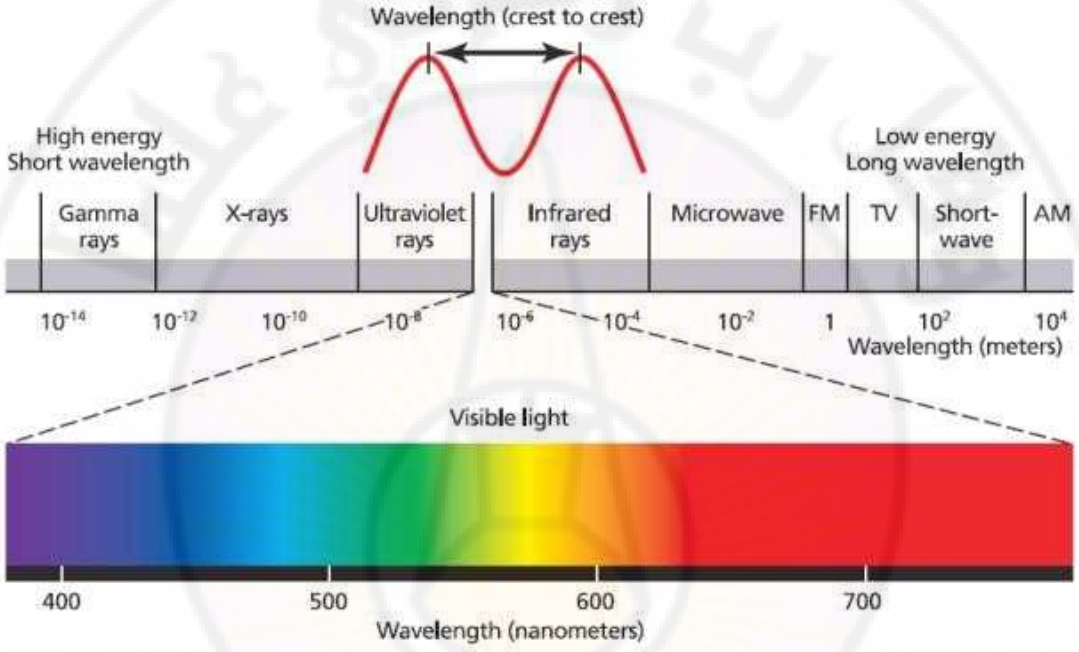
$$\rightarrow f = c / \lambda$$

$$f = 3 \times 10^{8} / 4 \times 10^{-7} = 0.75 \times 10^{15}$$

$$= 750 \times 10^{12}\ Hz$$

3.1. الضوء المرئي Visible light :

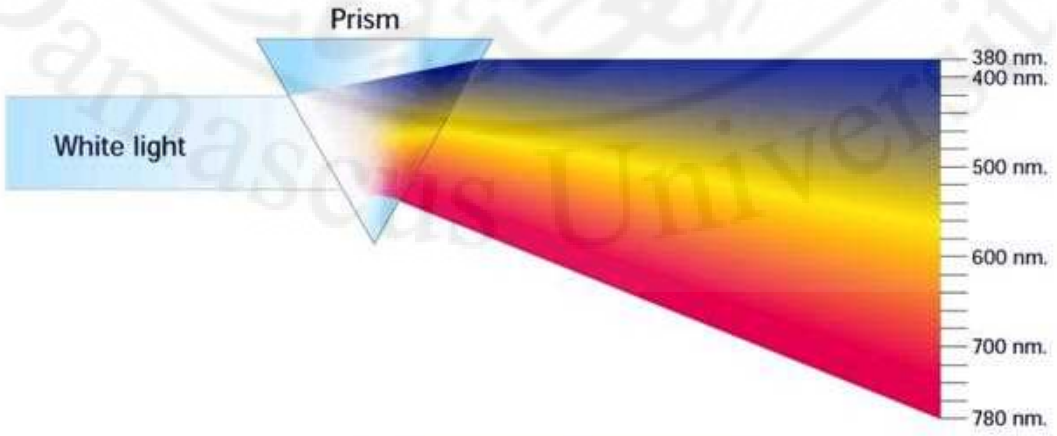
يتكون الضوء المرئي من موجة بطول قصير جداً بحيث يتراوح طولها بين : 760×10^{-9} m و 380×10^{-9} m . وتكتشف عين الإنسان الإشعاع المرئي ذو أطوال موجة 380 – 760 nm حيث تستجيب العين لأطوال موجات الطاقة الكهرومغناطيسية في المجال مابين الإشعاع فوق البنفسجي والإشعاع تحت الحمراء . كما تستجيب العين بشكل أكبر للقسم الأصفر – الأخضر من الطيف .



Note: Wavelength is crest to crest.

4.1. ألوان الطيف المرئي The colors of the visible spectrum :

كان إسحاق نيوتن أول من أثبت بأن الضوء المرئي يتكون من مزيج من ألوان متعددة وهو الذي حدد سبعة ألوان تتوافق مع ضوء بأطوال موجة مختلفة (واحدتها النانومتر Nanometer) :



White light decomposition in the rainbow spectrum.

Colour اللون	Wavelength (nm) طول الموجة (نانومتر)
Violet البنفسجي	380-410
Indigo النيلي	410-450
Blue الأزرق	450-510
Green الأخضر	510-560
Yellow الأصفر	560-600
Orange البرتقالي	600-630
Red الأحمر	630-760

اللون الأبيض هو لون مركب من ألوان الطيف السبعة الموضحة في الجدول

حيث :

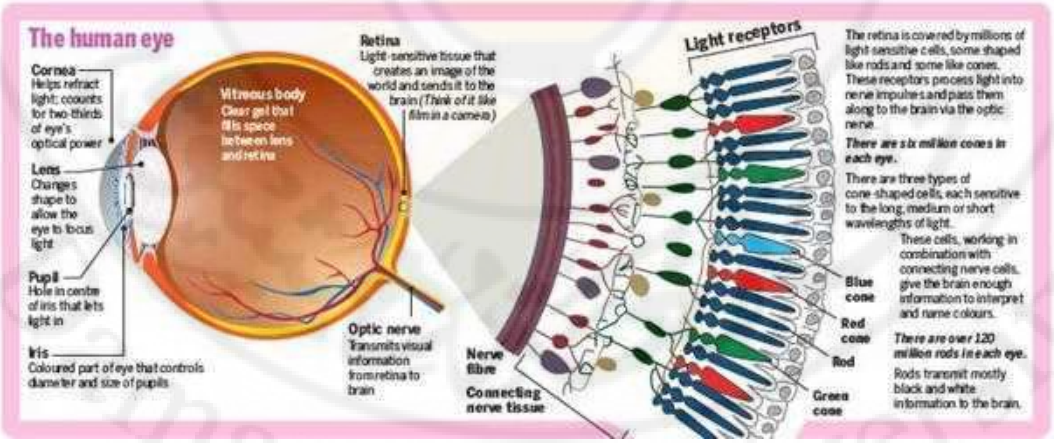
$$1\ nm = 1 \times 10^{-9}\ m$$

5.1. الرؤية واللون Vision and color :

إن الجهاز الذي يستخدم لاكتشاف الإشعاع المرئي هو عين الإنسان ، والتي تستطيع أن تكتشف إشعاعاً ذو أطوال موجة ضمن المجال **380 – 760 nm** . وتتم عملية الرؤية وتمييز الألوان في العين بواسطة شبكية العين من خلال القضبان والمخاريط .

1.5.1. شبكية العين : القضبان والمخاريط The retina: rods and cones :

تدعى الحساسات التي تكتشف الضوء في شبكية العين بالقضبان والمخاريط .



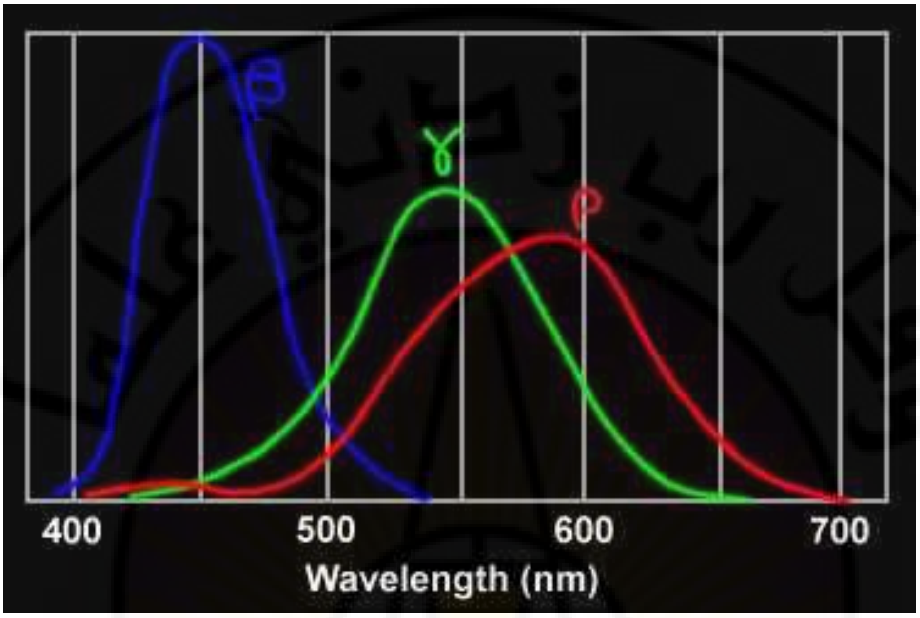
سلوك أجزاء العين الحساسة للضوء من المخاريط والقضبان

- المخاريط مسؤولة عن رؤية الألوان خلال ساعات النهار . وللعين حوالي **6,500,000** مخروط .
- لاتعطي القضبان أية معلومات عن الألوان لأنها تمتلك حساسية منخفضة لأطوال الموجة المختلفة . وهي مسؤولة عن الرؤية في العتمة وبلون رمادي وحيد . وفي الحالة النموذجية فإنه يوجد **125,000,000** قضيب في العين .

2.5.1. الشبكية : المخاريط The retina: the cones and cones :

يوجد ثلاثة أنواع من المخاريط : مخاريط ρ ، ومخاريط γ ، ومخاريط β . وهذه المخاريط الثلاث لها حساسيات مختلفة للضوء ذو أطوال موجات مختلفة .

مخاريط ρ ، ومخاريط γ ، ومخاريط β



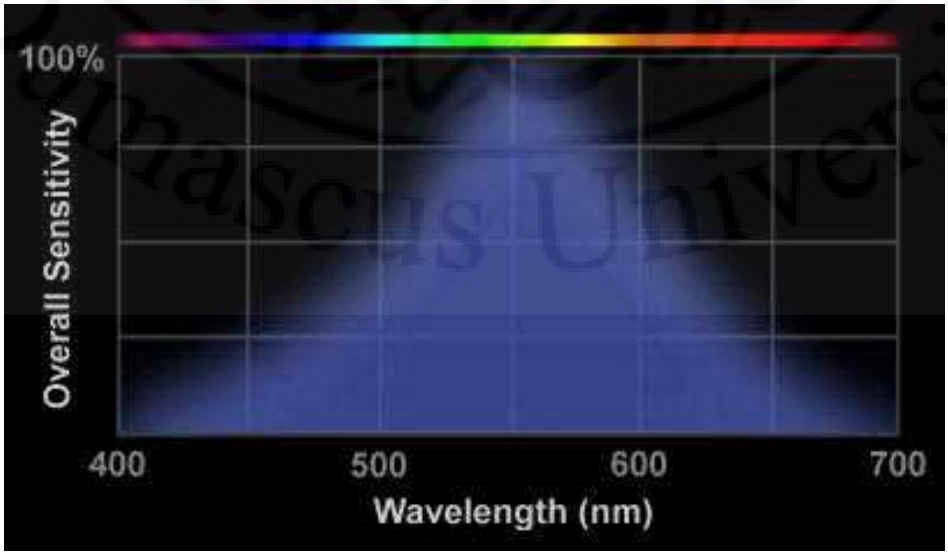
الرسمة هامة جداً

وتبلغ الحساسيات قيم الذروة عند أطوال موجة :

580 للأحمر (ρ, red) ، و 540 nm للأخضر (γ, green) ، و 450 nm للأزرق (β, blue) .

3.5.1. الشبكية : القضبان The retina: the Rods :

عند سويات الإنارة المنخفضة فإن المخاريط تتوقف بشكل اساسي عن العمل ، ويتم إنجاز عملية الرؤية باستخدام القضبان التي تكون أكثر حساسية للضوء عند طول موجة حوالي 560 nm (الأصفر – الأخضر) .

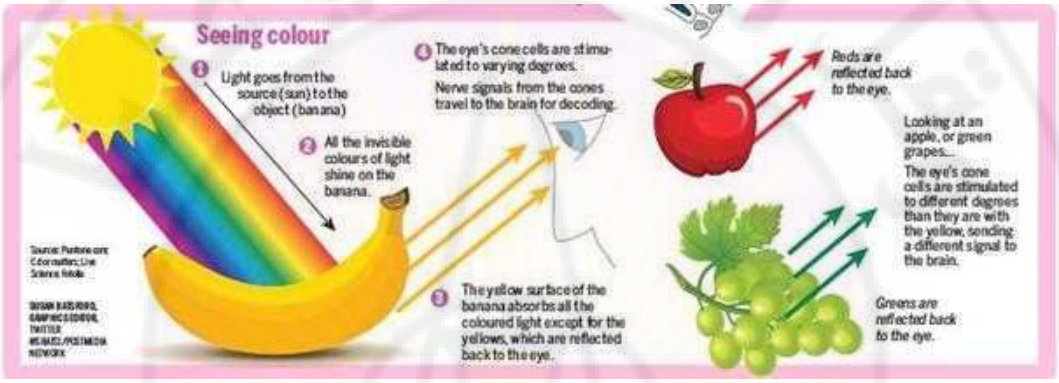


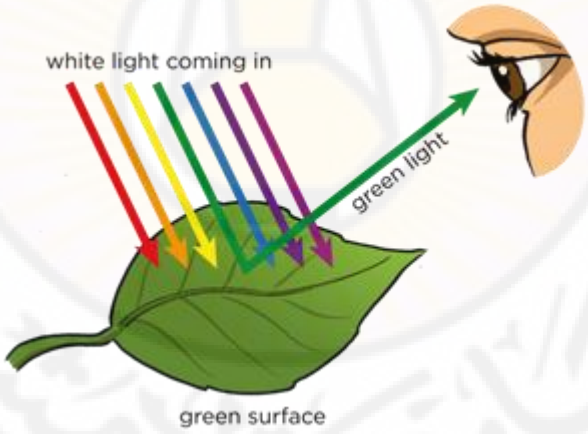
6.1. الضوء واللون Light and color :

يعتبر اللون عاملاً هاماً في التأثيرات الحسية والانفعالية ضمن أي فراغ . إلا أنه لايوجد لون بدون الضوء ، حيث يمكن تمييز اللون من خلال :

- لون المنبع الضوئي الذي يتضمن التركيب الطيفي للضوء الساقط على العنصر .
- لون العنصر الذي يتضمن الخصائص الانعكاسية للعنصر .

وبشكل أساسي فإننا نرى "اللون" لأن العنصر يعكس بانتقائية مقدارا محددا من الضوء الساقط عليه .

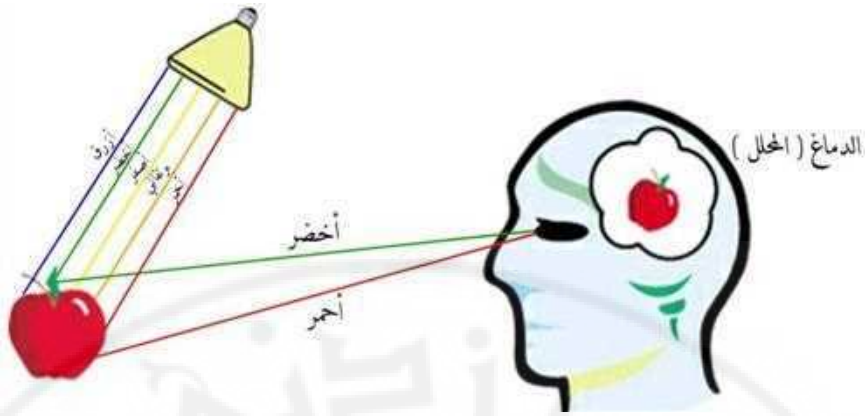


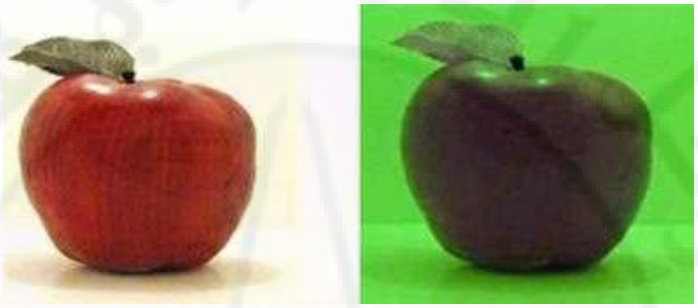


تعتبر العناصر عواكساً انتقائية

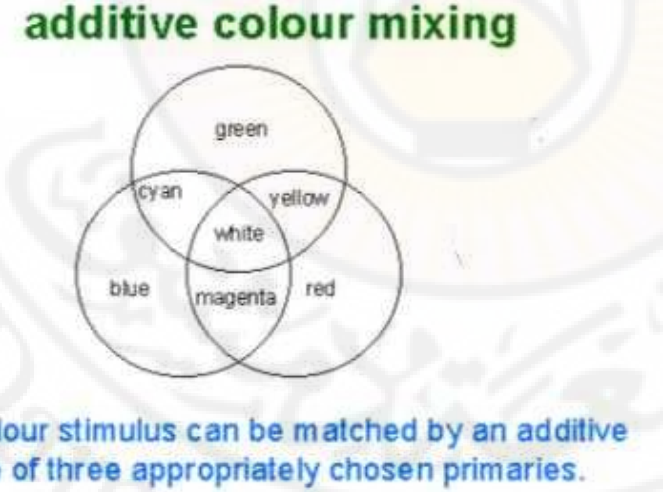
1.6.1. لون العنصر ولون المنبع الضوئي :

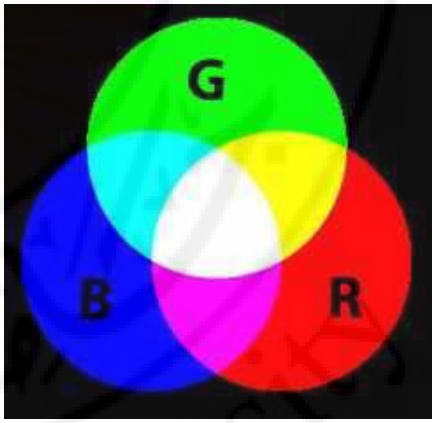
تعمل ألوان العناصر والتي هي عبارة عن "صبغ أو إخضاب" كعواكس انتقائية تعكس ضوء هذا اللون ، ويتألف الضوء الأبيض كما نعلم من طاقة مشعة في كامل الطيف المرئي . فإذا قمنا بإنارة تفاحة حمراء ذات ورقة خضراء بالأطوال الموجية الحمراء من الضوء ، فإن الورقة ستبدو داكنة أو سوداء ، والتفاحة سترى بلون أحمر ، وإذا أنيرت التفاحة فقط بضوء أخضر فإنها ستبدو داكنة أو سوداء ، لكن الورقة سوف ترى بلون أخضر .أي أنه إذا لم يكن اللون موجودا في الضوء فإنه لايمكن رؤيته في العنصر المنار بهذا الضوء .





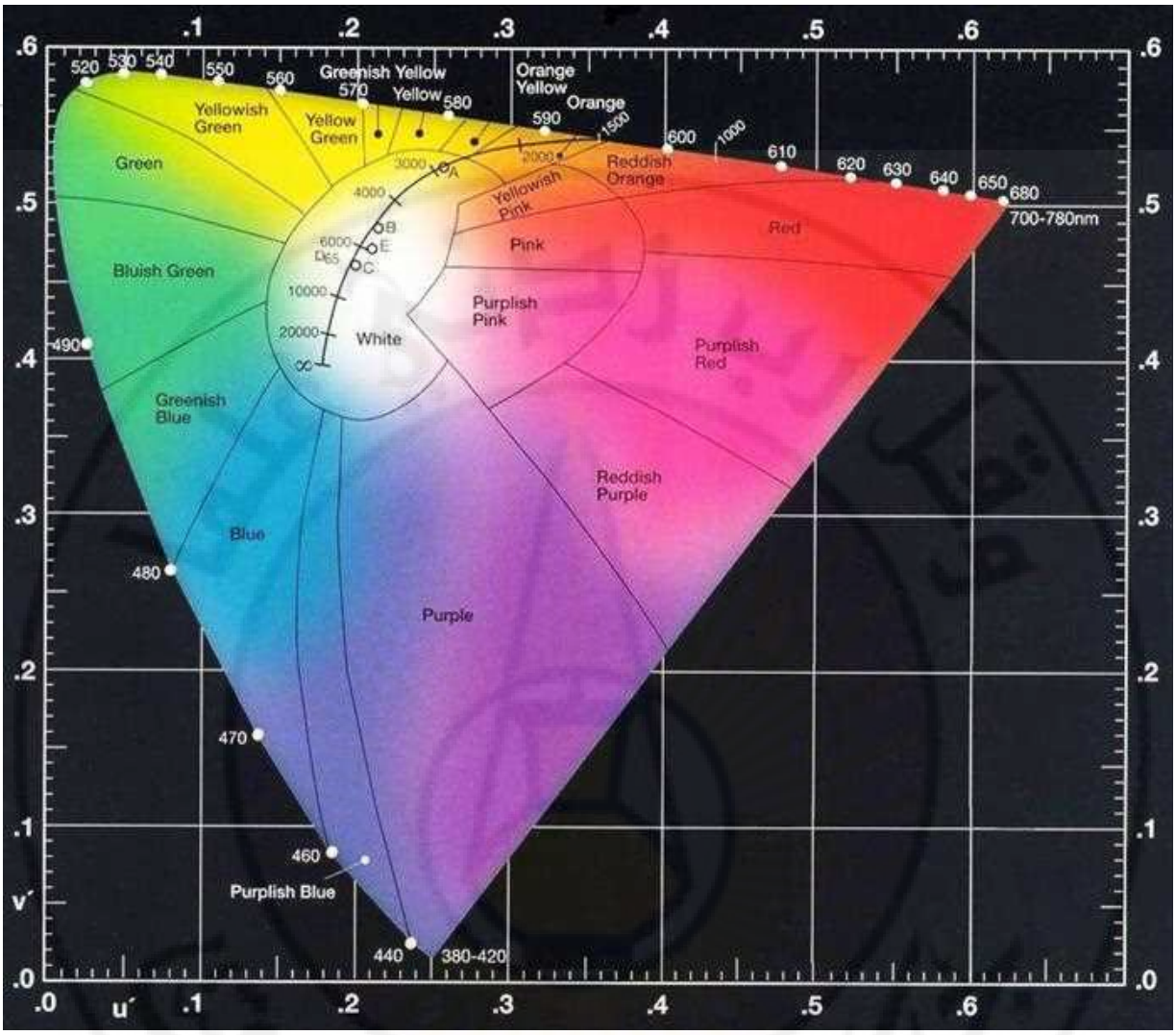
2.6.1. نظام الألوان المضافة The additive Red-Green-Blue color system :





الألوان الثلاثة الأساسية هي الأخضروالأحمر والأزرق

7.1. المخطط البياني اللوني وفقاً للجنة الدولية للإنارة The CIE chromaticity diagram 1976 :



8.1. قياس الضوء :

ويعرف هذا المخطط اللون (الصبغة اللونية) وفقاً للجنة الدولية للإنارة ، حيث يستخدم هذا النظام محورين لونيين (سين وعين) لتحديد الألوان . وعلى سبيل المثال فإن اللون المعطى بالإحداثيات التالية هو اللون الأصفر:

$x = 0.25$, and $y = 0.55$

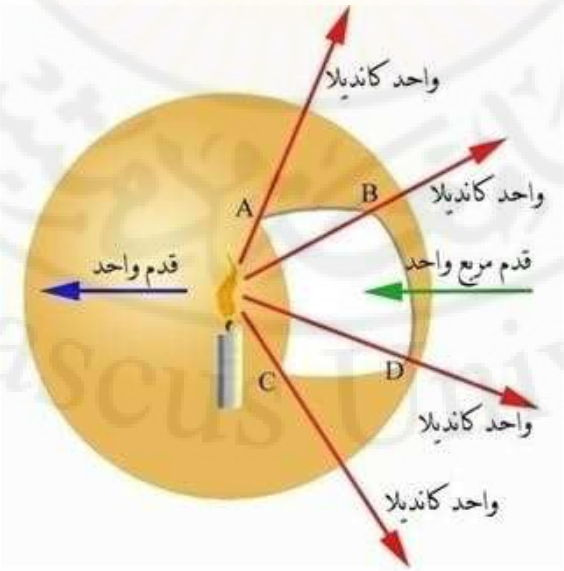
كما أن اللون المعطى بالإحداثيات التالية هو اللون الأزرق :

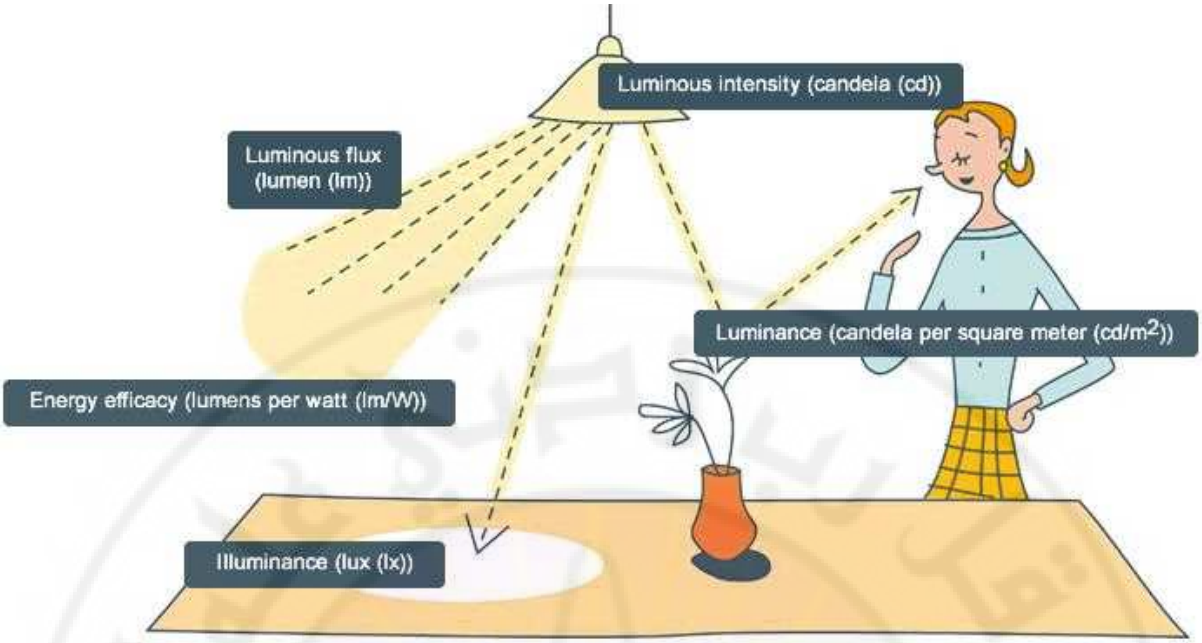
$x = 015$, and $y = 0.3$



كما سنرى لاحقاً فإن :

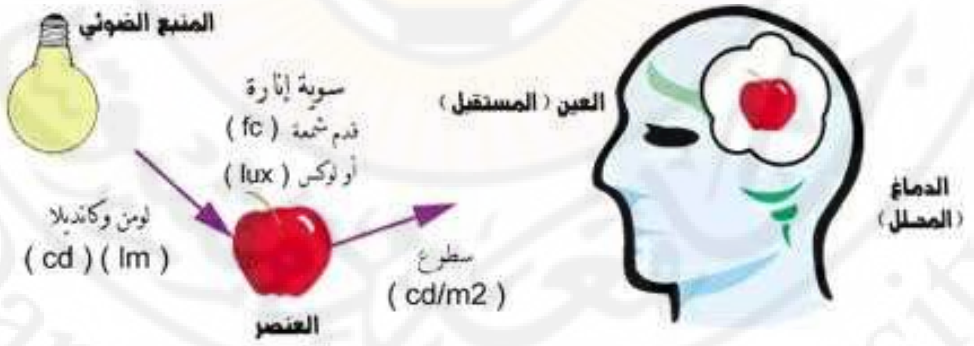
- ✓ الخرج الضوئي لمنبع ما يقاس باللومن (Lumen "lm") ويسمى الفيض الضوئي (Luminous Flux "Φ") .
- ✓ كما تقاس الشدة الضوئية (Luminous Intensity "I") في اتجاه معطى بالكانديلا (Candela "cd") .
- ✓ وعندما يسقط الضوء على سطح ما فإن هذا يدعى سوية الإنارة (Illuminance "E" وتقاس باللوكس (Lux) في الوحدات المترية ، بينما تقاس بالقدم شمعة "fc" (Footcandles) في الوحدات البريطانية ، حيث أن واحد قدم شمعة هو سوية الإنارة على سطح على بعد قدم واحد من شمعة قياسية ، أو باللومن بالقدم المربع .





9.1. البريق والسطوع "الوضوح" (Brightness and Luminance) :

كما ذكرنا أعلاه لكي نرى فإنه يجب أن يكون هناك ضوء وعنصر ومستقبل (العين) ومحلل (الدماغ) . نحن لانرى سوية الإنارة أو ماسميناه القدم شمعة أو اللوكس ، بالأحرى نحن نرى من خلال إحساسنا البريق الناتج عن الضوء المرسل على السطح أو المنعكس عنه . هذا البريق يقاس بالكانديلا/متر مربع (cd / m²) ويدعى عندئذ الوضوح أو السطوع (Luminance).

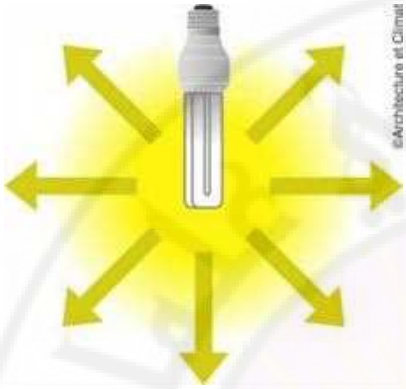


عدد التعابير الأساسية في الانارة : الجواب هو من هذه الصفحة حتى الصفحة 20 تعداد فقط مع ذكر الرمز والواحدة والقانون ان وجد ...هذا السؤال هام جداً

10.1. المصطلحات والواحدات :

يستخدم في تقنيات الإنارة العديد من المصطلحات والواحدات لوصف خصائص المنابع الضوئية والتأثيرات الناجمة عنها ، ولابد من الوقوف قليلا عندها لفهم العديد من العبارات والمفاهيم والتأثيرات الضوئية .

1.10.1. الفيض الضوئي (Luminous Flux) :



ويرمز له بـ (Φ) ويقاس بوحدة اللومن (Lumen "lm") ، وهو يصف الكمية الكلية من الضوء الصادر عن المنبع الضوئي .

[Φ] = Lumen (lm)

الفيض الضوئي هو الكمية الكلية من الضوء المشعة من المنبع الضوئي Φ

2.10.1. الفعالية الضوئية "المردود الضوئي" (Luminous efficacy) :

وهي النسبة بين الفيض الضوئي للمصباح Φ إلى استطاعته المستهلكة P ، ويعبر عنها باللومن للواط (lm / W) .

الفعالية الضوئية "المردود الضوئي" η هو النسبة بين الفيض الضوئي للمصباح Φ إلى استطاعته المستهلكة P

$$\eta = \Phi / P$$

[η] = Lm / W

مثال : لدينا مصباح بخار صوديوم ضغط عالي باستطاعة 250 وات ، فإذا كان مردوده الضوئي يساوي 110 لومن لكل وات . احسب فيضه الضوئي .

الحل :

$$\eta = \Phi / P$$

$$\rightarrow \Phi = \eta \times P$$

$$\Phi = 250 \times 110 = 27\,500 \text{ lm}$$

3.10.1. الشدة الضوئية (Luminous Intensity) :

عندما يشع منبع ضوئي نقطي مثالي فيضا ضوئيا بانتظام إلى الفراغ في كل الاتجاهات ، فإن شدته الضوئية تكون نفسها في كل الاتجاهات . ويعبر عن وحدة قياس الشدة الضوئية بالكانديلا (Candela) ويرمز لها ب (cd) ، وهي الوحدة الأساسية في تقنيات الإنارة حيث ينتج عنها جميع الواحدات الأخرى . وتعرف الكانديلا بأنها الشدة الضوئية للشمعة العيارية ، كما تعرف الشدة الضوئية بأنها الفيض الضوئي Φ الصادر في اتجاه معطى بالزاوية المجسمة Ω .

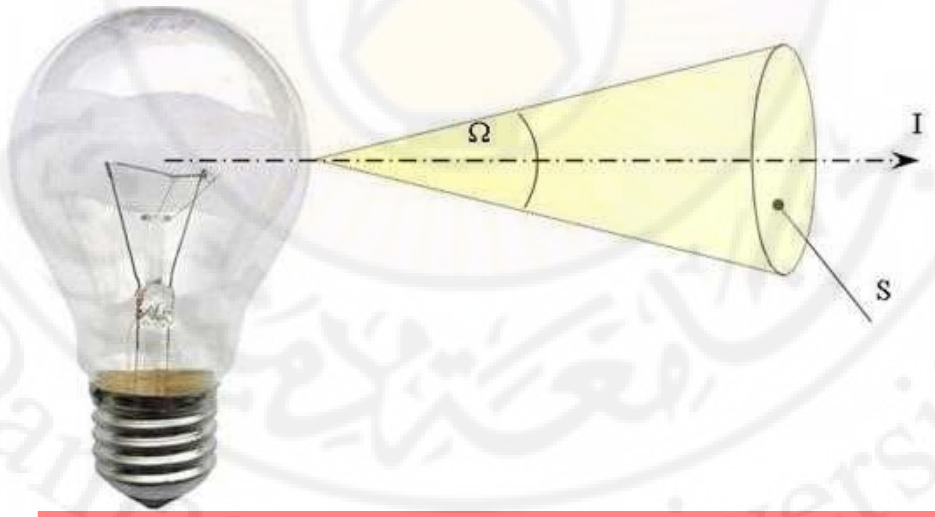
أي أن :

تعرف الشدة الضوئية I بأنها الفيض الضوئي Φ الصادر في اتجاه معطى بالزاوية المجسمة Ω

$$I = \Phi / \Omega \quad (cd)$$

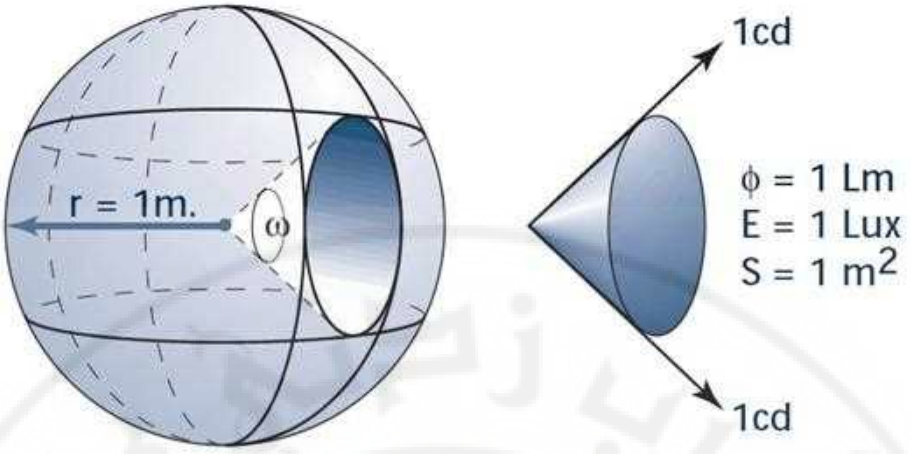
$$[\,I\,] = Lm / sr$$

$$Lm / sr = candela\ (\,cd\,)$$



الزاوية المجسمة والستيراديان Solid Angle & Stereoradian Definition :

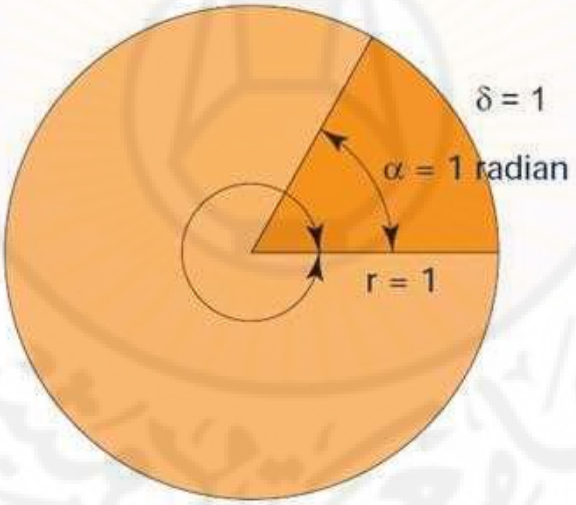
الستيراديان هو وحدة الزاوية المجسمة (3D) وهو مشابه لوحدة الراديان لقياس الزاوية المستوية (2D) . وتساوي الزاوية المجسمة الكلية للكرة (4Л) ستيراديان ، أي تساوي 12.566 ستيراديان ، وبالتالي فإن الزاوية المجسمة التي تساوي 1 ستيراديان تقابل حوالي 7.96% من مساحة سطح الكرة . أيضاً فإن الزاوية المجسمة لنصف الكرة تساوي (2Л) ستيراديان .



ω (total) = 4π stereoradians

كما أن مساحة سطح الكرة تساوي ($4Лr^2$) حيث r هو نصف قطر الكرة ، وحجم الكرة يساوي ($4/3Лr^3$) .

الزاوية المستوية :



α (total) = 2 π radians

إن الزاوية الكلية للدائرة تساوي (2Л) راديان أي تساوي 6.283 راديان ، ويكون محيط الدائرة = ($2Лr$) حيث (r) هو نصف قطر الدائرة . وبالتالي فإن طول القوس الذي يقابل الزاوية α يساوي α.r . كما أن مساحة الدائرة = ($Лr^2$) .

بما أنه وكما ذكرنا سابقاً أن الشدة الضوئية تساوي الفيض الضوئي على الزاوية المجسمة أي :

$$I = \frac{\phi}{\Omega} \quad (cd)$$

فإن الشدة الضوئية لمنبع ضوئي في مركز كرة ذو فيض ضوئي موزع بانتظام ضمن الكرة تساوي :

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \ (cd)$$

وتكون الشدة الضوئية بالنسبة لنصف كرة تساوي :

$$I = \frac{\Phi}{2\pi} \ (cd)$$

مثال 1 :

منبع ضوئي يشع شدة ضوئية متساوية في جميع الاتجاهات قدرها 24 كانديلا . احسب الفيض الضوئي الذي يعطيه هذا المنبع .

الحل :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \ (cd)$$

$$\rightarrow \Phi = I \times \Omega$$

$$\Phi = 24 \times 4\pi = 301.6 \ lm$$

مثال 2 :

لدينا منبع ضوئي نقطي شدته الضوئية متساوية في جميع الاتجاهات وتساوي 200 كانديلا . احسب الفيض الضوئي الذي يشعه هذا المنبع في نصف الكرة العلوي .

الحل :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \ (cd)$$

$$\rightarrow \Phi = I \times \Omega$$

$$\Phi = 200 \times 2\pi = 1256.6 \ lm$$

مثال 3 :

لدينا منبع ضوئي شدته الضوئية متساوية في جميع الاتجاهات ، ويعطي فيضاً ضوئياً إجمالياً

قدره 6000 لومن . احسب الشدة الضوئية لهذا المنبع .

الحل :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad (cd)$$

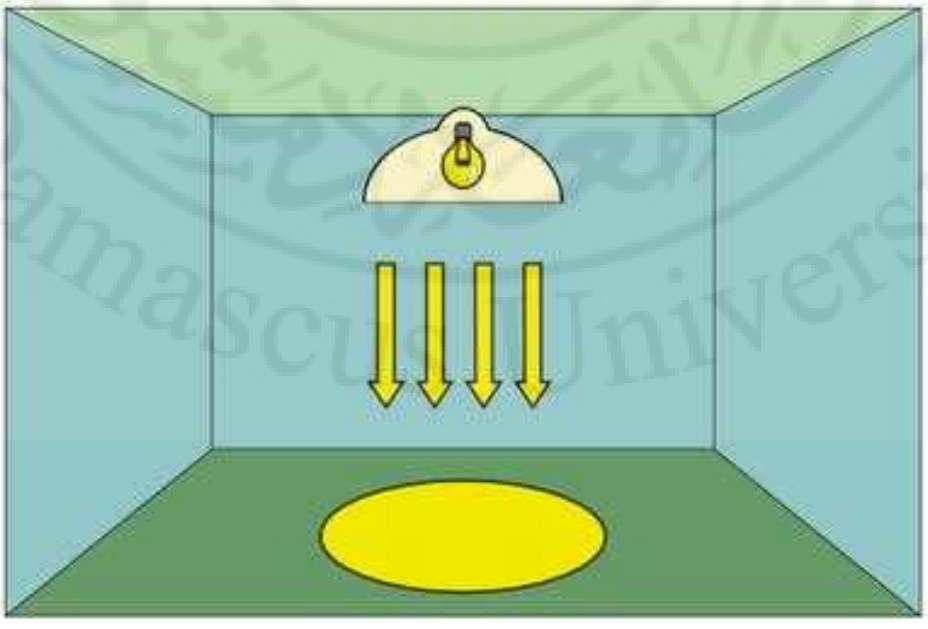
$$I = \frac{6000}{4\pi} = 477.5 \ (cd)$$

4.10.1. سوية الإنارة (Illuminance) :

سوية الإنارة هي وسيلة لتخمين كثافة الفيض الضوئي . وهي تشير إلى كمية الفيض الضوئي الصادر من منبع الإنارة والساقط على مساحة معينة . كما يمكن تحديدها من الشدة الضوئية للمنبع . وتتناقص سوية الإنارة بالتناسب مع مربع المسافة عن المنبع الضوئي (وهو مايسمى بقانون التربيع العكسي) .

تشير سوية الإنارة E إلى كمية الفيض الضوئي الصادر من منبع الإنارة Φ والساقط على سطح معطى A ، وتحسب سوية الإنارة الوسطية E من الفيض الضوئي Φ الساقط على المساحة المعطاة A أي :

$$E = \Phi / A \quad (lux)$$



ويتم الحصول على سويات الإنارة الواجب تحقيقها في الأماكن المطلوب إنارتها من التوصيات والكودات العالمية مثل جمعية مهندسي الإنارة IES (Illuminating Engineering Society)

ويبين الجدول التالي مثالاً عن بعض التوصيات لسويات الإنارة الوسطية في مناطق الأبنية العامة:

Type of interior, task or activity		Em (lux)
Entrance halls.	أبهاء الدخول	100
Lounges.	غرف الجلوس	200
Stairs, escalators.	الأدراج والمصاعد	150
Cloakrooms, bathrooms, toilets.	المشالح ودورات المياه والحمامات	200
Rooms for medical attention.	غرف العناية الطبية	500
Switchgear rooms.	غرف اللوحات الكهربائية	200
Stores	المستودعات	150
Filing, copyin.	التصنيف والنسخ	300
Writing, typing, reading, data processing.	الكتابة والقراءة ومعالجة المعلومات	500
Technical drawing.	الرسم الفني	750
Conference and meeting rooms.	غرف الاجتماعات	500
Accounting	المحاسبة	500-1000
Corridors	الممرات	200
General and private offices	المكاتب العامة والخاصة	500-1000

ويمكن تصنيف سويات الإنارة ضمن أربع فئات : منخفضة (200 لوكس ومادون) ، ومتوسطة (من 250 لوكس وحتى 450 لوكس) ، وعالية (من 500 لوكس وحتى 750 لوكس) ، وعالية جدا (من 800 لوكس ومافوق) .

مثال 1 : يسقط فيض ضوئي قدره 360 لومن مباشرة على سطح طاولة مساحتها 0.6 متر مربع . احسب سوية الإنارة على سطح الطاولة .

الحل :

$$E = \Phi / A \ (lux)$$

$$E = 360 / 0.6 = 600 \ (lux$$

مثال 2 : يسقط فيض ضوئي قدره 4000 لومن مباشرة على سطح ، فينتج عنه سوية إنارة على هذا السطح 1000 لوكس. احسب مساحة هذا السطح .

الحل :

$$E = \Phi / A \ (lux)$$

$$\longrightarrow A = \Phi / E \ (m^2)$$

$$A = 4000 / 1000 = 4 \ (m^2)$$

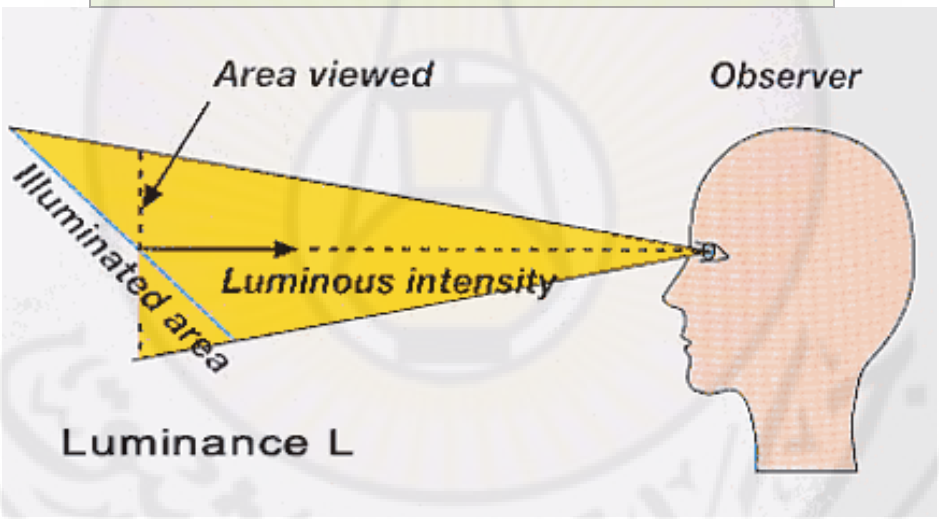
5.10.1 . السطوع "الوضوح" (Luminance) :

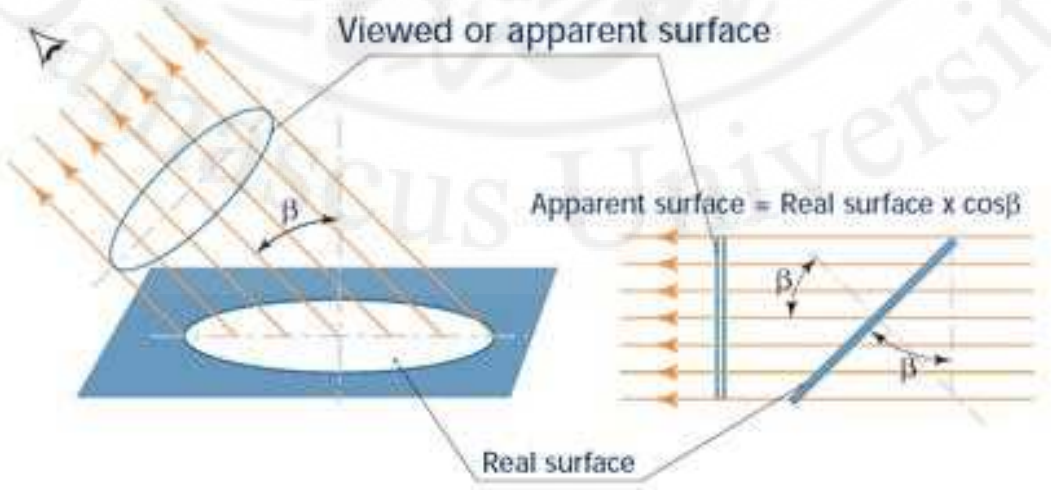
حيث أن سوية الإنارة تشير إلى كمية الفيض الضوئي الساقط على سطح معطى ، فإن السطوع (الوضوح) يصف بريق السطح المنار ، أي أن الوضوح هو ماتراه العين من الإنارة بحيث ينعكس الضوء عن السطح أو ينتقل من خلاله ، ويعرف الوضوح حسب الشدة الضوئية بالعلاقة التالية :

$$L = \frac{\text{الشدة الضوئية}}{\text{المساحة المسقطة للسطح}} \quad (cd/m^2)$$

أي :

$$L = \frac{I}{S.\cos\beta} \quad (cd/m^2)$$





أما في الحالة التي تتم فيها الإنارة بحيث ينعكس الضوء عن السطح أو ينتقل من خلاله ، فإن الوضوح L يمكن حسابه من سوية الإنارة E وعوامل الانعكاس أو النفاذية ρ من العلاقة التالية :

$$L = \frac{E \cdot \rho}{\Pi} \quad (cd/m^2)$$

حيث :

L : الوضوح (كانديلا / متر مربع) .

E : سوية الإنارة (لوكس) .

ρ : عامل الانعكاس .

Л : 3.14

وبما أن : $E = \phi / S \quad (Lux)$

حيث :

E : سوية الإنارة (لوكس) .

Φ : الفيض الضوئي (لومن) .

S : مساحة السطح المضاء (متر مربع) .

فإنه يمكن تعريف الوضوح وفقاً للفيض الضوئي من العلاقة :

$$L = \frac{\Phi \cdot \rho}{\Pi \cdot S} \quad (cd/m^2)$$

مثال 1 :

سطح مضيء مساحته 10 متر مربع ، والفيض الضوئي الساقط عليه يساوي 1000 لومن ، وعامل الانعكاس يساوي 50% احسب الوضوح .

الحل :

$$L = \frac{\Phi \cdot \rho}{\Pi \cdot S} \quad (cd/m^2)$$

الفيض المفيد = الفيض الكلي . عامل الانعكاس

الفيض المفيد = 1000 . 0.5 = 500 لومن

$$L = \frac{500}{3.14 \cdot 10^{\square}} \cong 16 \quad (cd/m^2)$$

مثال 2 :

منبع ضوئي له حزمة شدتها الضوئية 8000 كانديلا عمودية على السطح ، والبقعة الضوئية مساحتها 0.10 متر مربع ماهي قيمة الوضوح لهذه البقعة ؟

الحل :

$$L = \frac{I}{A} = 8000 / 0.1 = 80000 \ (cd/m^2)$$

مثال 3 :

لدينا سطح مضاء له شدة ضوئية في اتجاه الناظم 100 كانديلا ، ومساحة السطح 10 متر مربع ، ماهي قيمة الوضوح لهذا السطح (ماتراه العين) في الحالتين التاليتين :

1- السطح عمودي على اتجاه النظر أي $\alpha = 0^o$ ؟

2- السطح يميل على اتجاه النظر بزاوية $\alpha = 60^o$ ؟

الحل :

-1

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos\alpha} = \frac{100}{10 \times 1^{\square}} = 10 \ (cd/m^2)$$

-2

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos\alpha} = \frac{100}{10 \times 0.5} = 20 \ (cd/m^2)$$

11.1. الخصائص البصرية للسطوح (Optical Properties) :

عندما يسقط شعاع ضوئي على جسمٍ ما ، فإن الفيض الساقط يمكن تجزئته إلى ثلاثة مركبات :

1. الفيض الضوئي المنعكس (انعكاس Reflection) .
2. الفيض الضوئي المنتقل (انتقال Transmission) .
3. الفيض الضوئي الممتص (امتصاص Absorption) .

وباتباع المبدأ الأساسي للطاقة فإن مجموع الإشعاع المنعكس والممتص والمنتقل يجب أن يساوي الشعاع الساقط . وإذا رمزنا لعامل الانعكاس بالرمز r ولعامل الانتقال بالرمز t والامتصاص بالرمز a يمكن كتابة العلاقة :

$$r + t + a = 100\% \ (\text{or} = 1)$$

ويعرف عامل الانعكاس بأنه النسبة بين الفيض الضوئي المنعكس إلى الفيض الضوئي الساقط ، وبالمثل تعرف بقية العوامل . والجدول التالي يبين عوامل الانعكاس للسطوح العاكسة الشائعة :

Reflecting surface السطح العاكس		% reflection index قرينة الانعكاس
Gloss silver	فضي لماع	92 - 97
Gold	ذهبي	60 - 92
Matte silver	فضي مات	85 - 92
Polished nickel	نيكل ملمع	60 - 65
Polished chrome	كروم ملمع	60 - 65
Polished aluminium	ألمنيوم ملمع	67 - 72
Electro-polished aluminium	ألمنيوم ملمع كهربائياً	86 - 90
Vaporized aluminium	ألمنيوم مبخر	90 - 95
Copper	نحاس	35 - 80
Iron	حديد	50 - 55
Enamelled porcelain	بورسلان مطلي بالمينا	60 - 80
Mirrors	مرايا	80 - 85
Matte white paint	دهان أبيض مات	70 - 80
Light beige	بيج فاتح	70 - 80

Yellow and light cream	أصفر وكريم فاتح	60 - 75
Accoustic ceilings	أسقف صوتية	60 - 75
Light green	أخضر فاتح	70 - 80
Light green and pink	أخضر فاتح ووردي	45 - 65
Light blue	أزرق فاتح	45 - 55
Light grey	رمادي فاتح	40 - 50
Light red	أحمر فاتح	30 - 50
Light brown	بني فاتح	30 - 40
Dark beige	بيج غامق	25 - 35
Dark brown, green and blue	بني أو أخضر أو أزرق (غامق)	5 - 20
Black	أسود	3 - 4

1.11.1. السطح الناثر المنتظم Perfect Diffuser :

السطح الناثر المنتظم هو سطح مضيء أو مضاء يبعث الأشعة الضوئية بشكل منتظم في جميع الاتجاهات بحيث تتغير الشدة الضوئية في أي اتجاه بالنسبة للشدة الضوئية الناظمية للسطح مع تغير تجيب الزاوية بين الناظم والشعاع في هذا الاتجاه ، وتتبع الخواص الضوئية لهذا السطح قانون لامبرت الذي يعطي العلاقة بين الشدة الضوئية الناظمية I_o والشدة الضوئية I_α في اتجاه α على النحو التالي :

$$I_\alpha = I_o \cdot \cos \alpha$$

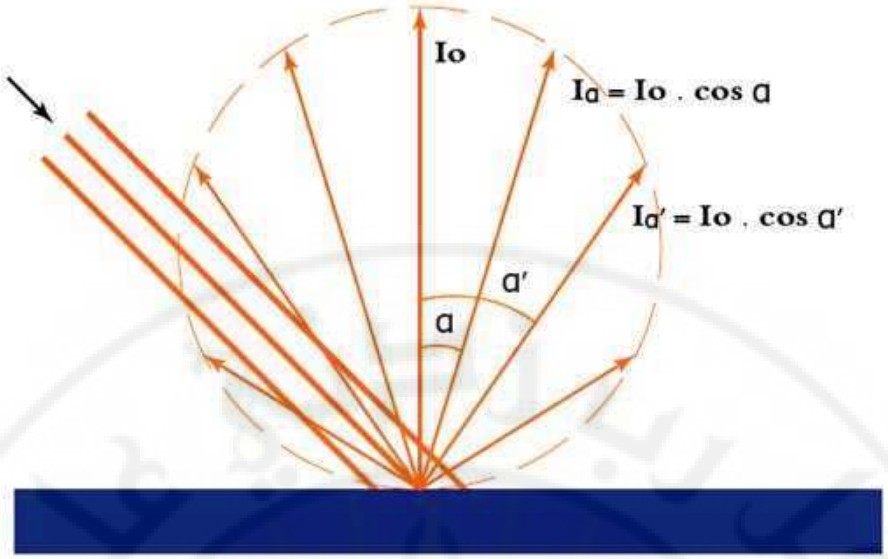
وهذه الخاصية للسطح الناثر المنتظم تجعل وضوحه ثابتاً في كل الاتجاهات لأن :

$$L = I_\alpha / S \cdot \cos \alpha$$

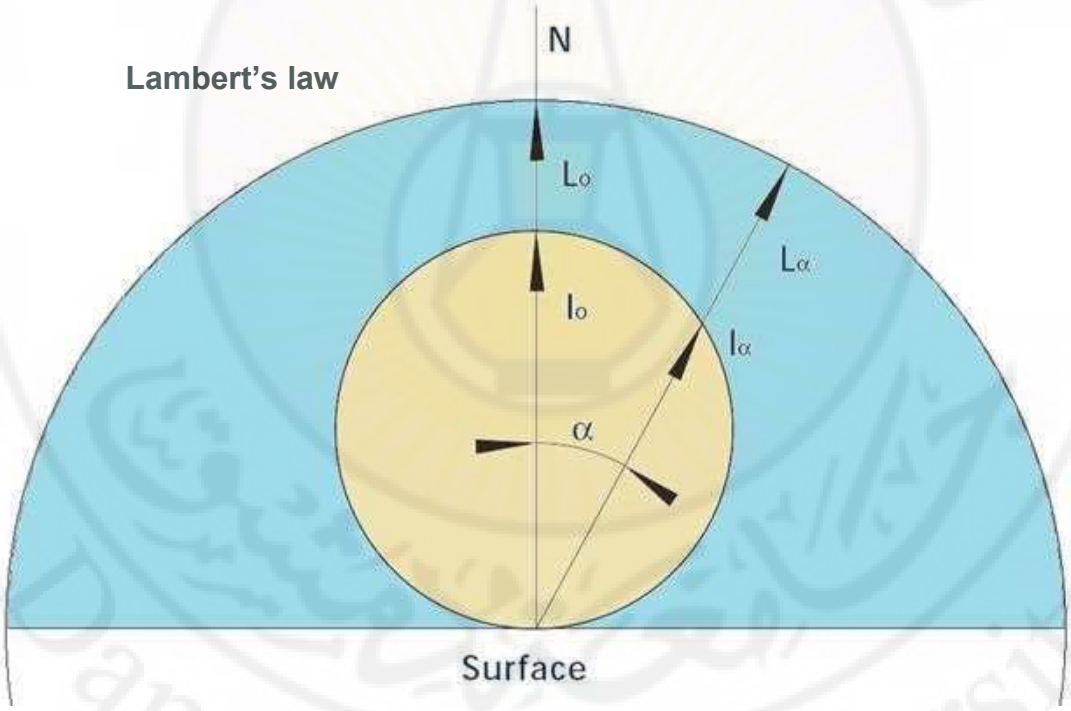
$$= I_o \cdot \cos \alpha / S \cdot \cos \alpha$$

$$\rightarrow L = I_o / S$$

حيث I_o الشدة الناظمية على السطح ، و S مساحة السطح المضيء . ويبين الشكل التالي العلاقة بين الشدة الضوئية وزاوية انتشار الأشعة مقاسة من الناظم .



Perfect Diffuser سطح ناثر منتظم (قانون لامبرت)



2.11.1. الخصائص الانعكاسية للسطوح Reflection of Surfaces :

عندما تضرب موجة ما سطح منبسط مثل مرآة على سبيل المثال فإن موجات جديدة التي سوف تتحرك بعيداً عن هذا السطح ، هذه الظاهرة تدعى الانعكاس . وعندما يعود الضوء بواسطة الانعكاس فإن كمية محددة من الضوء سوف تضيع بسبب ظاهرة الامتصاص .

إن أي سطح والذي لايكون داكناً بشكل كامل قد يعكس الضوء ، وتحدد كمية الضوء المنعكسة بواسطة خصائص الانعكاس للسطح . ويوجد في الحياة العملية عدة أنواع من

السطوح العاكسة لكل منها خاصية انعكاس تختلف عن الآخر ويمكن ملاحظة خمسة أنواع من الانعكاس :

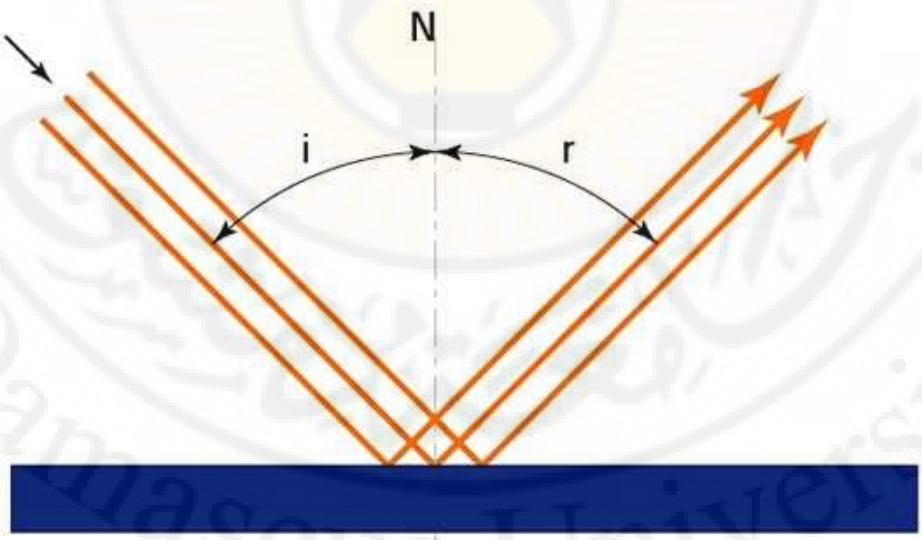
- الانعكاس المباشر (المرآوي) **The Direct Reflection (Specular)** .
- الانعكاس الناثر المنتظم **Diffuse Reflection** .
- الانعكاس المنتشر (نصف ناثر) **Spread Reflection** .
- الانعكاس المختلط **Mixed Reflection** .
- الانعكاس المتناثر (تبعثري) **Scattered Reflection** .

الانعكاس المباشر (المرآوي) The Direct Reflection (Specular) :

حيث يعكس السطح الأشعة الساقطة عليه كما تفعل المرآة ، ويعتمد هذا النوع من الانعكاس على قانونين أساسيين :

أ- أن يكون كل من الشعاع الوارد ، والشعاع المنعكس ، والناظم على السطح عند نقطة الورود في مستوٍ واحد .

ب- زاوية الورود (i) تساوي زاوية الانعكاس (r) .



Specular reflection.

الانعكاس الناثر المنتظم Diffuse Reflection :

حيث يبدو السطح ساطعاً بشكل متساوٍ من كافة الاتجاهات وتنعكس الأشعة في كافة الاتجاهات بشكل منتظم وفقاً لقانون لامبرت ، وهذا السطح نادر الوجود في الحياة العملية ، وبشكل عام تعطي السطوح انعكاسات إما من النوع نصف الناثر ، أو من النوع المختلط .



Diffused reflection.

الانعكاس المنتشر (نصف ناثر) Spread Reflection :

إن معظم السطوح الطافئة (المات) تعطي هذا النوع من الانعكاس حيث يحدث الانتشار بشكل كبير بحيث يتبع الاتجاه العام للانتشار قانون الانعكاس العام .



Spread Reflection

الانعكاس المختلط Mixed Reflection :

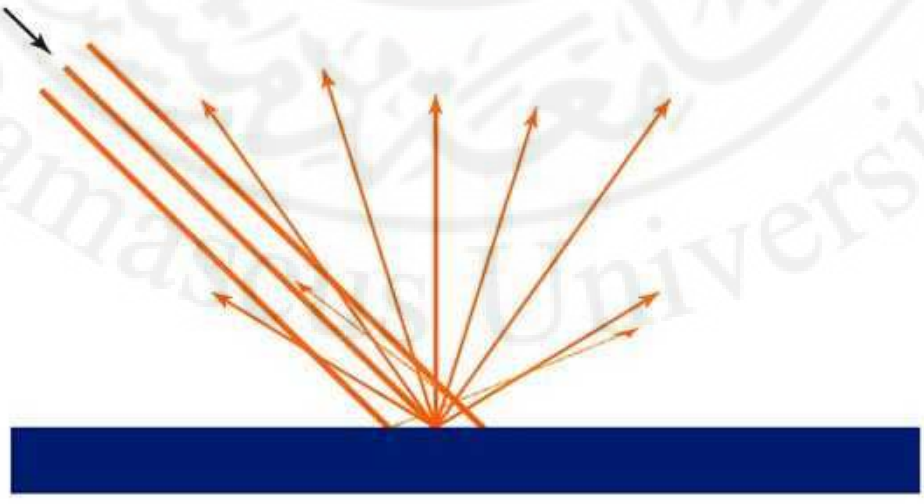
في هذا النوع من الانعكاس تنعكس بعض الأشعة الضوئية انعكاساً ناثراً وبعضها الآخر انعكاساً مباشراً ، ومثال على ذلك السطوح البورسلانية ، الدهان الزياتي اللامع .



Mixed reflection.

الانعكاس المتناثر (تبعثري) Scattered Reflection :

في هذا الانعكاس يتكسر الشعاع الساقط إلى عدة أشعة منعكسة ، مثال على ذلك اصطدام الأشعة بزجاج محجر .



Scattered Reflection انعكاس تبعثري

3.11.1. الانتقال Transmission :

كما هو الحال في الانعكاس يمكن أن نميز عند انتقال الشعة عبر السطوح خمسة أنواع من الانتقال :

- الانتقال المباشر The Regular Transmission .
- الانتقال الناثر المنتظم Diffuse Transmission .
- الانتقال المنتشر (نصف ناثر) Spread Transmission .
- الانتقال المختلط Mixed Transmission .
- الانتقال المتناثر (تبعثري) Scattered Transmission .

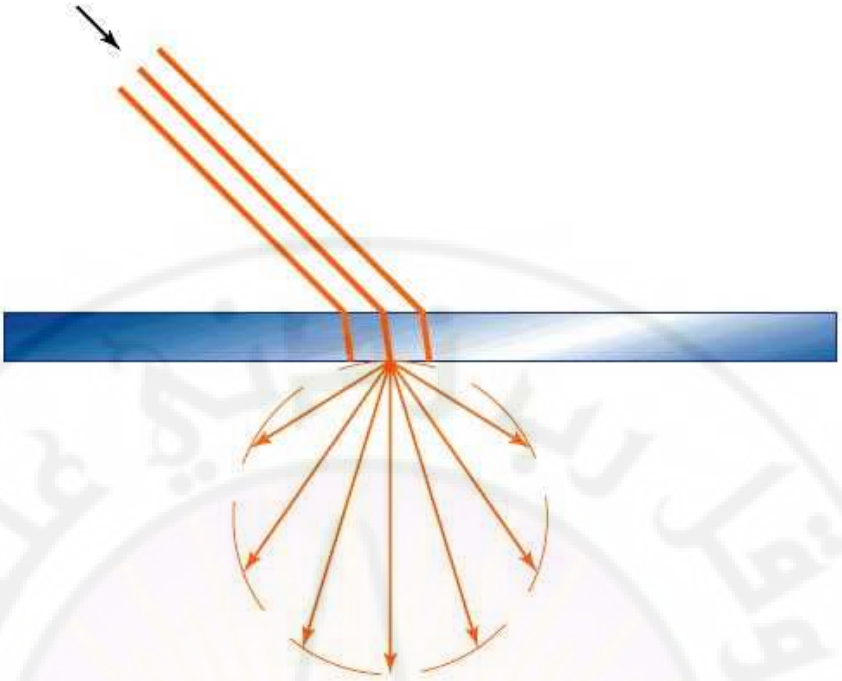
الانتقال المباشر The Regular Transmission:

يظهر الانتقال المباشر في الزجاج أو البلاستيك الصافي الشفاف حيث تخترق الأشعة السطح المعرض بعد أن تفقد قسماً كبيراً من طاقتها نتيجة الانعكاس أو الامتصاص الجزئي ، وتظهر من الجانب المقابل للسطح بحيث تكون زاوية الأشعة الساقطة هي نفس زاوية الأشعة المغادرة.



الانتقال الناثر المنتظم Diffuse Transmission :

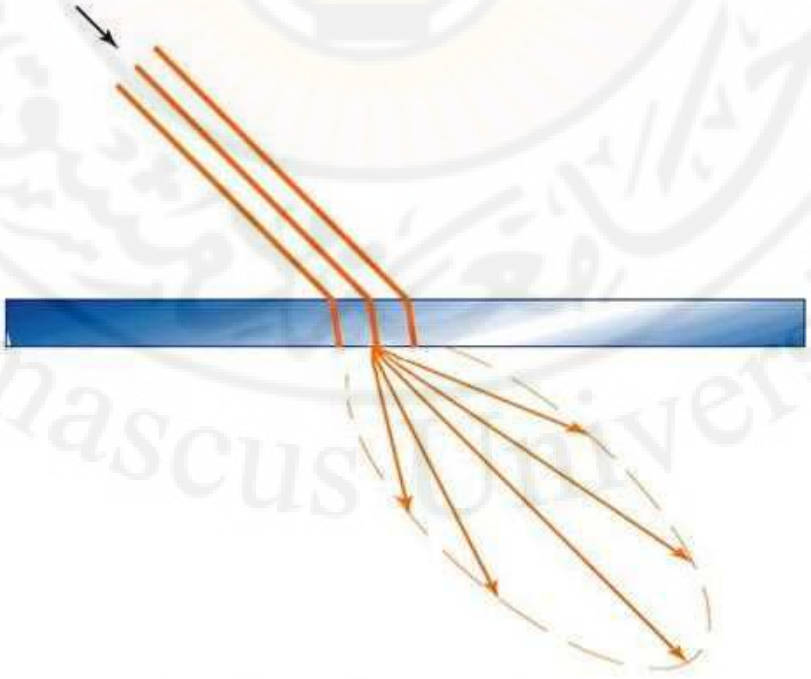
تنبعث الأشعة المنتقلة في الانتقال الناثر بشكل منتظم في جميع الاتجاهات وفقاً لقانون لامبرت ويظهر سطوع المادة متساوياً من كافة الاتجاهات ، ومن الصعب مصادفة هذا النوع ، ولكن الزجاج الحليبي أو الزجاج ذو اللون الأبيض له خواص انتقالية قريبة من ذلك .



Diffused transmission.

الانتقال المنتشر (نصف ناثر) Spread Transmission :

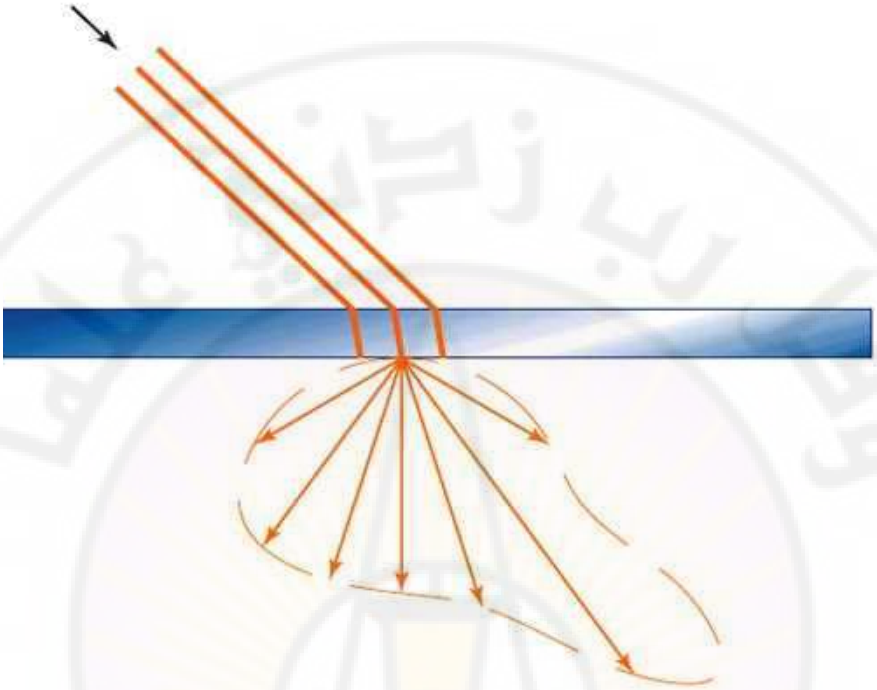
في الانتقال نصف ناثر تنفذ الشعة وتنتشر بحيث يأخذ منحاها العام الانتقال المباشر ، وكمثال على ذلك الزجاج المغشى حيث يظهر للناظر ساطعاً في اتجاه معين أكثر من الاتجاهات الأخرى.



Spread Transmission انتقال منتشر (نصف ناثر)

الانتقال المختلط Mixed Transmission :

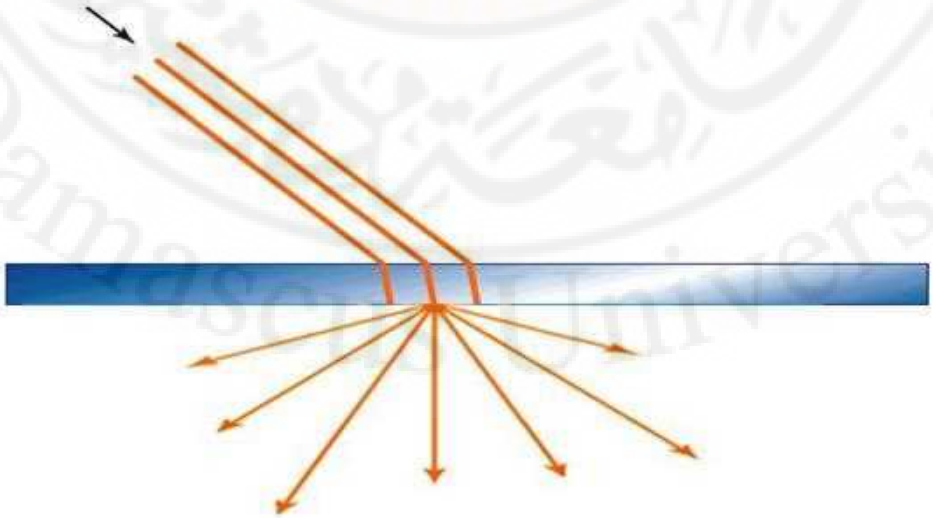
في هذا الانتقال فإن جزءاً من الأشعة النافذة ينتشر والجزء الآخر ينتقل انتقالا مباشرا ، ومثال على ذلك الزجاج المضلع .



Mixed transmission.

الانتقال المتناثر (تبعثري) Scattered Transmission :

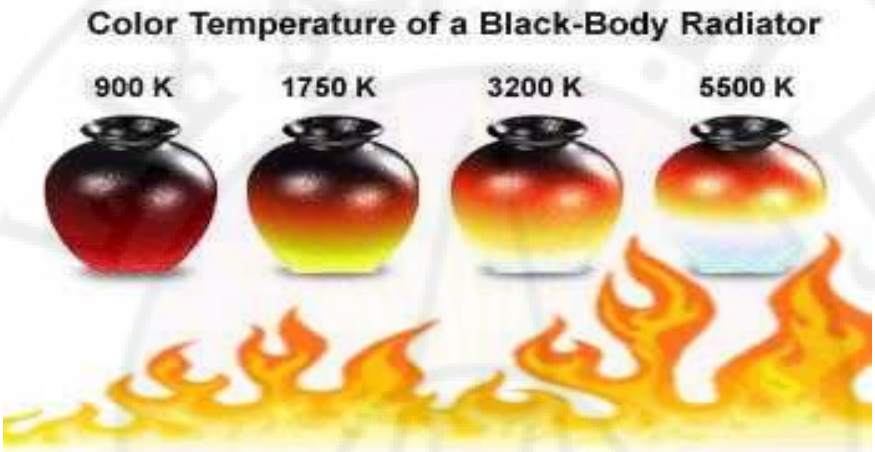
يحدث الانتقال المبعثر عندما تتكسر الأشعة النافذة إلى مجموعة الأشعة النافذة المباشرة ، ومثال على ذلك الزجاج المبلور حيث يظهر وكأنه متلألئ .



Scattered Transmission انتقال تبعثري

12.1. حرارة اللون ، والأداء اللوني Color Temperature and Color Rendering :

تصدر المنابع الضوئية المختلفة الضوء بتوزيعات مختلفة لطول الموجة اللونية ، ولهذه الخصائص تأثير على ألوان العناصر المنارة بالضوء ، ويشار إلى ذلك بحرارة اللون المرتبطة ***(Correlated Color Temperature)*** ويرمز له بـ ***CCT*** ويعتبر الجسم الأسود المشع المنبع المثالي للإشعاع الكهرومغناطيسي ، وتقارن درجة حرارة اللون المرتبطة للعنصر ***CCT*** مع حرارة هذا المشع المثالي الكهرومغناطيسي .

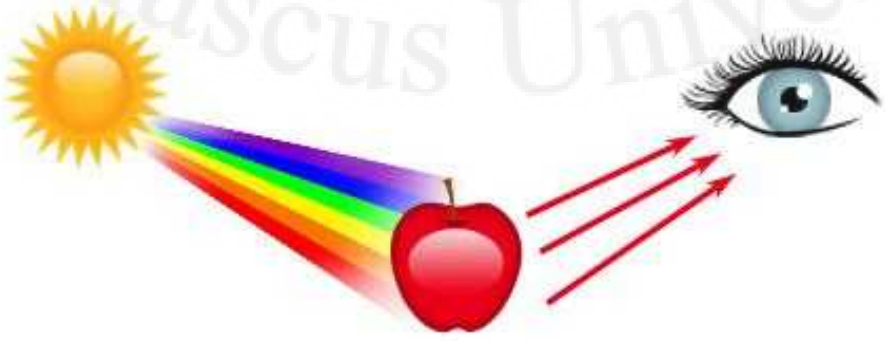


يوجد مقياسان معياريان للخصائص اللونية للضوء :

- الأول هو حرارة اللون **Color Temperature** ويشار لها بـ :

(Correlated Color Temperature) ويرمز لها بـ ***CCT*** والذي يشير إلى التأثير النفسي للمظهر اللوني للمنبع الضوئي ، وهو يعبر عن كيفية ظهور لون المنبع الضوئي بارداً أم دافئاً .

- الثاني وهو الأداء اللوني **Color Rendering** وهو مصطلح يستخدم لوصف مدى مقدرة الضوء الاصطناعي على تقديم اللون الحقيقي للأشياء كما يراها بشكلها الطبيعي في ضوء الشمس الطبيعي الخارجي والذي له قيمة أداء لوني تساوي **100** .



1.12.1. حرارة اللون Color Temperature :

إن حرارة اللون لمنبع ضوئي هي المقياس الرقمي لمظهره اللوني ، وتقاس بدرجة الكالفين (Kalvin) ويرمز له بـ (Kº) وعلى سبيل المثال فإن ضوء الشمس يتغير خلال ساعات النهار من اللون الأبيض الدافئ إلى اللون الأبيض البارد ، حيث تشرق الشمس عند درجة حرارة لون 1800 كالفين تقريباً ، وتتغير من الأحمر إلى البرتقالي وإلى الأصفر ، ثم إلى الأبيض عند درجة 5000 كالفين في منتصف الظهيرة ، ثم بعد ذلك تعود إلى نفس المقياس السابق عند الغروب .



Sunrise light 1800˚ Kelvin

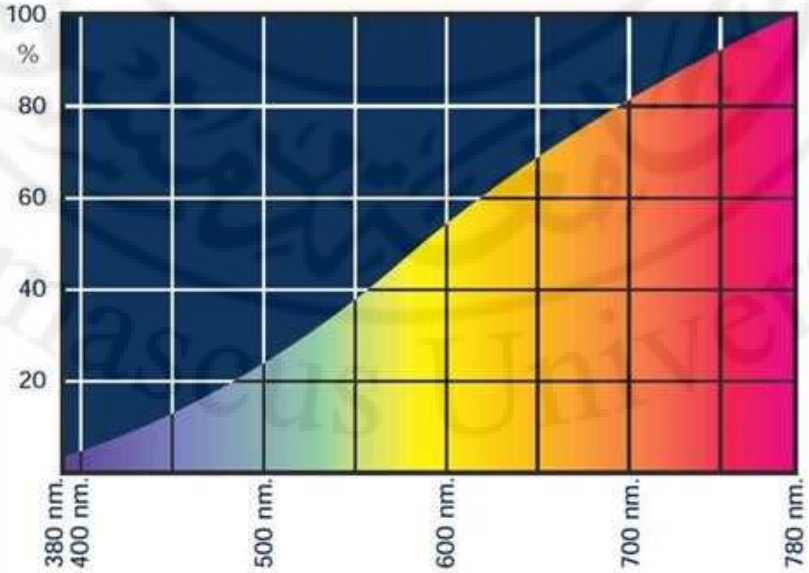


Med day light 5000˚ - 5500˚ Kelvin



Sunset light 1800˚ Kelvin

تحتوي المنابع الضوئية بأنواعها المختلفة على أطوال موجة مختلفة للألوان ، وتوصف الألوان من جانب الأحمر والبرتقالي والأصفر بالدافئة مثل ضوء المصباح المتوهج ، أما الألوان من جانب الأزرق فتوصف بالباردة مثل ضوء النهار الطبيعي ، وعلى سبيل المثال فإن المصباح المتوهج يتضمن ألواناً من معظم الطيف ، لكنه يمتلك درجة واسعة من الأصفر و الأحمر ، كما في الشكل التالي ، وعندما يتم تعتيمه فإن الضوء المتوهج يصبح أكثر احمراراً .

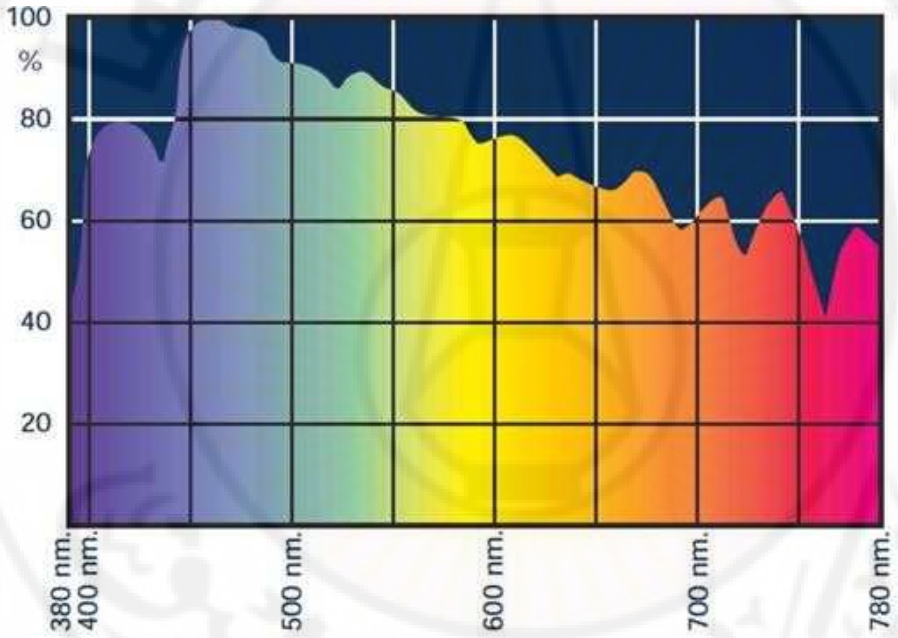


التوزيع الطيفي لمصباح متوهج

الطيف اللوني للمصباح المتوهج والذي يتضمن ألواناً من معظم الطيف ، لكنه يمتلك درجة واسعة من الأصفر و الأحمر

درجة حرارة اللون (Kº)	التأثيرات المرتبطة والمزاج	التطبيقات المناسبة

الشكل التالي يبين الموجة اللونية لضوء النهار والذي يحتوي على درجة متساوية تقريباً لكافة ألوان الطيف



التوزيع الطيفي لضوء النهار الاعتيادي

ويدعى المظهر اللوني لمنابع الضوء بدرجة حرارته اللونية المرتبطة به (***Correlated Color Temperature***) ، و يرمز له بـ (***CCT***)والتي يمكن وضعها في موقعها على مقياس الكالفين (***Kº***) .

ويكون ضوء المصابيح ذات ***(CCT)*** أقل من / **3100** / كالفين محمرة أو دافئة ، بينما يكون ضوء المصابيح ذات (***CCT***) أعلى أكثر زرقة .

SYRIA - Damascus – 0944607457 – target4_eng@yahoo.com

2700	ودية – شخصية – حميمية	المنازل – المكتبات – المطاعم
3000	ناعمة – ضوء دافئ مرضي	المنازل ، غرف الفنادق والردهات ، المخازن والمحلات
3500	ودية – دعوة	المكاتب التنفيذية – مناطق الاستقبال العامة – السوبر ماركت
4500	أنيقة – فعالة	المكاتب – قاعات الدرس – تجمع التجار – صالات العرض
5000	مشرقة	المستشفيات – صناعة الرسومات
6500	مشرقة – باردة	محلات المجوهرات – صالونات التجميل – المتاحف – الطباعة

ويمكن تصنيف المنابع الضوئية وفقاً لدرجة حرارة اللون المرتبطة وفقاً للجدول التالي :

درجة حرارة اللون المرتبطة (K°)	المنبع الضوئي	تصنيف درجة حرارة اللون المرتبطة
1500	الشمعة	دافئ Warm
2680	مصباح متوهج 40 وات	دافئ Warm
2820	مصباح متوهج 100 وات	دافئ Warm
3500	أنبوب فلوريسانتي (أبيض)	متوسط Intermediate
4000	ميتال هالايد قياسي	متوسط Intermediate
5500	ضوء النهار (في منتصف الظهيرة)	بارد Cold
10000	السماء الزرقاء	بارد Cold

وبالتالي يمكن تصنيف درجة حرارة اللون المرتبطة وفقاً لما يلي :

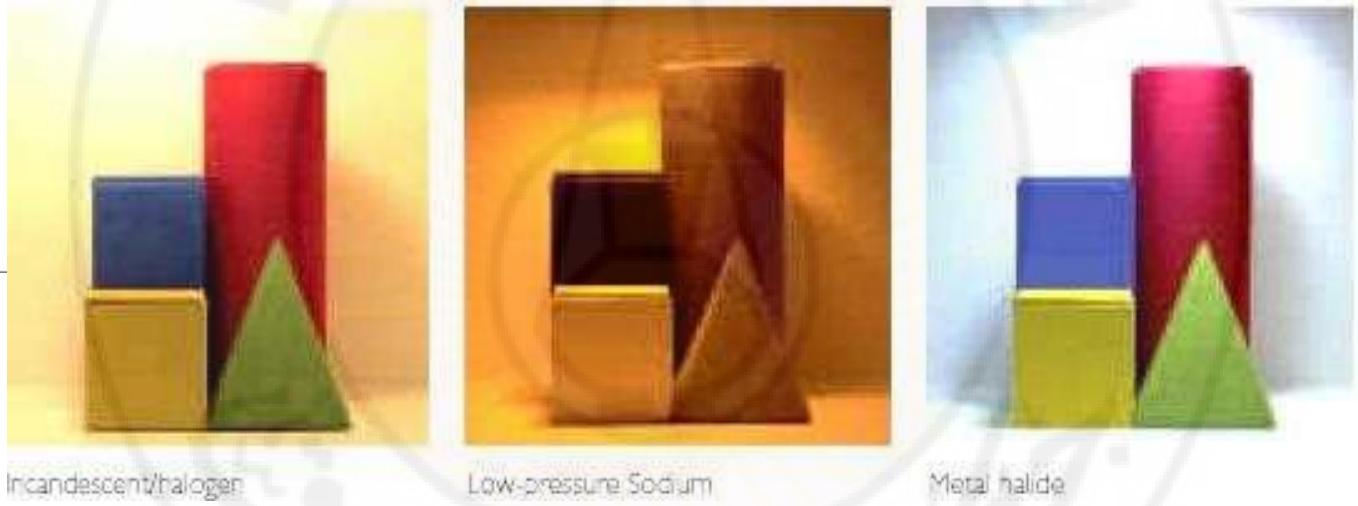
- درجات حرارة اللون المرتبطة ***CCTs*** الأقل من ***3300 K°*** تصنف بأنها دافئة ***(Warm)*** .
- درجات حرارة اللون المرتبطة ***CCTs*** مابين ***3300 K°*** إلى ***5300 K°*** تصنف بأنها متوسطة ***(Intermediate)*** .
- درجات حرارة اللون المرتبطة ***CCTs*** الأكبر من ***5300 K°*** تصنف بأنها باردة ***(Cold)*** .

2.12.1. الأداء اللوني Color Rendering :

تم تخصيص المنابع الضوئية بما يسمى قرينة الأداء اللوني ***(Color Rendering Index)*** أو ما يرمز له بـ ***(CRI)*** والتي تعتمد على كيفية ظهور الألوان الطبيعية تحت هذه المنابع . وكلما ازداد

(***CRI***) إلى الثمانينات أو التسعينات كلما تحسن الأداء اللوني ، مما يعني أن الألوان سوف تبدو طبيعية أكثر .

إن مقدرة الأداء اللوني للمنابع الضوئية هامة جداً في الإنارة المنزلية ، لأنها تؤثر في كيفية ظهور المفروشات و مواد الديكور وعلى نظرة الناس بشكل عام . و تعتبر المصابيح المتوهجة و التي تستخدم بشكل عام في الإنارة المنزلية ذات قرينة أداء لوني ضمن المجال (***95 – 100***) ، بينما تصنف مصابيح توفير الطاقة الفلوريسانتية عند قرينة أداء لوني بحدود (82-86) والتي تعتبر ذات أداء لوني عالي الجودة . وعلى سبيل المثال فإنه يجب إيلاء الأهمية الكبيرة لقرينة الأداء اللوني عند تصميم إنارة المخازن والمحلات التجارية عما هو عليه عند تصميم إنارة المكاتب ، والشكل التالي يبين تأثير الأداء اللوني للمنابع الضوئية على كيفية ظهور العناصر الملونة .



3.12.1. قرينة الأداء اللوني وفقاً للجنة الدولية للإنارة The CIE Color Rendering Index (CRI)

مجموعة الأداء اللوني	قرينة الأداء اللوني وفقاً للجنة الدولية للإنارة (RA)	التطبيقات
1A	$RA \geq 90$	محاكاة الألوان الدقيقة مثل فحص ألوان (الطباعة – دور الأزياء)
1B	$90 \geq RA \geq 80$	المظهر اللوني الجيد (الأبنية التجارية والمحلات)
2	$80 \geq RA \geq 60$	حيث يتطلب أداء لوني متوسط
3	$60 \geq RA \geq 40$	الأداء غير مهم طالما أن التشوهات الملحوظة لن تحدث
4	$40 \geq RA \geq 20$	الأداء اللوني غير مهم



CRI(Ra)<70



CRI(Ra)>80

Good light quality



LED Lamps
CRI 80 or above

Bad light quality



Fluorescent Lamps
CRI 70 or below



2700K CRI 97 2700K CRI 90 2700K CRI 80 2700K CRI 70



CRI **90** CRI **70** CRI **50**





CRI 52
Warm white (3000 Kelvin)



CRI 82
Warm white (3000 Kelvin)



CRI 82
Cool white (6500 Kelvin)

ثانياً – المنابع الضوئية الصلبة Solid State Sources

وتدعى أنصاف النواقل الثنائية المشعة للضوء (Light Emitting Diodes) ، وتشتهر بالاسم المختصر الـ LED وهو اختصار لتسمية نصف الناقل الثنائي المشع للضوء الذي لايتجاوز طوله عدة ميليمترات ، لكنه ذو فوائد تكنولوجية هائلة تجعله البديل الحقيقي للمصابيح التقليدية . ويعتمد هذا النظام على أنصاف النواقل التي تسمح للتيار الكهربائي بالتدفق باتجاه واحد فقط وتحويل التيار الكهربائي مباشرة إلى ضوء .



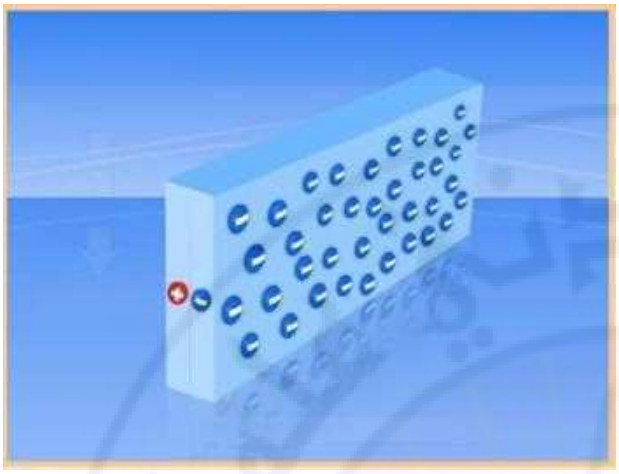
1.3.3. أساسيات تقنية اللد LED Technology – The Basics :

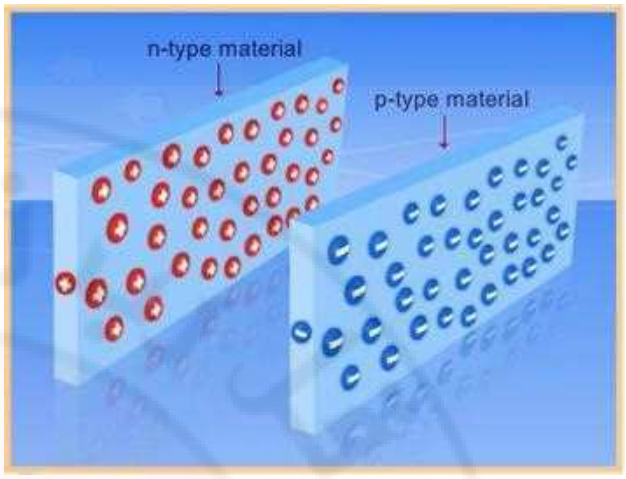
بعكس المصابيح المتوهجة فإن الـ LED يشع الضوء بألوان خاصة ، ويعتمد لون الضوء على النظام المستخدم للمواد ، حيث تحدد المادة المستخدمة في العنصر نصف الناقل لـ LED لون الضوء الصادر عنه ، ويتراوح مجاله من الأحمر خلال البرتقالي إلى الأصفر والأخضر إلى الأزرق . ويتم إنتاج اللون الأبيض بواسطة عملية تحويل تألقي . وقد كان الـ LED ولسنوات عدة ماضية محصورا بالألوان الأحمر والأصفر والأخضر إلى أن أعطانا التقدم التكنولوجي اللون الأزرق النقي بشكل لايصدق ، ومن ثم اللون الأبيض .



يحتوي اللد بشكل رئيسي على طبقتين من مواد معقدة تنمو في مفاعل فراغي بدرجة حرارة عالية . تشحن الطبقة الأولى بشكل سالب أو مايدعى بفائض من الإلكترونات وهذه الطبقة تدعى بالطبقة N ، بينما تشحن الطبقة الثانية بشكل موجب أي بنقص في الإلكترونات أو مايدعى بالثقوب وهذه الطبقة تدعى بالطبقة P .

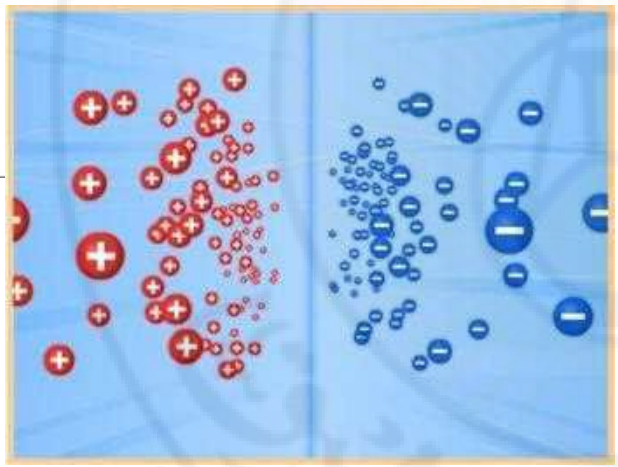
وبجمع هاتين الطبقتين مع بعضهما نحصل على وصلة P-N نصف الناقلة أو مايسمى بالثنائي نصف الناقل Diode الذي يسمح بمرور التيار فقط في اتجاه واحد .

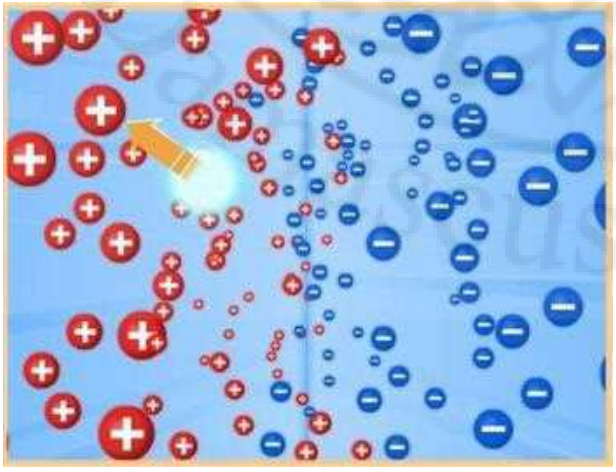




عند تطبيق تيار كهربائي على هذا النصف ناقل فإنه يدفع الذرات في الطبقة N وفي الطبقة P باتجاه الوصلة بينهما .

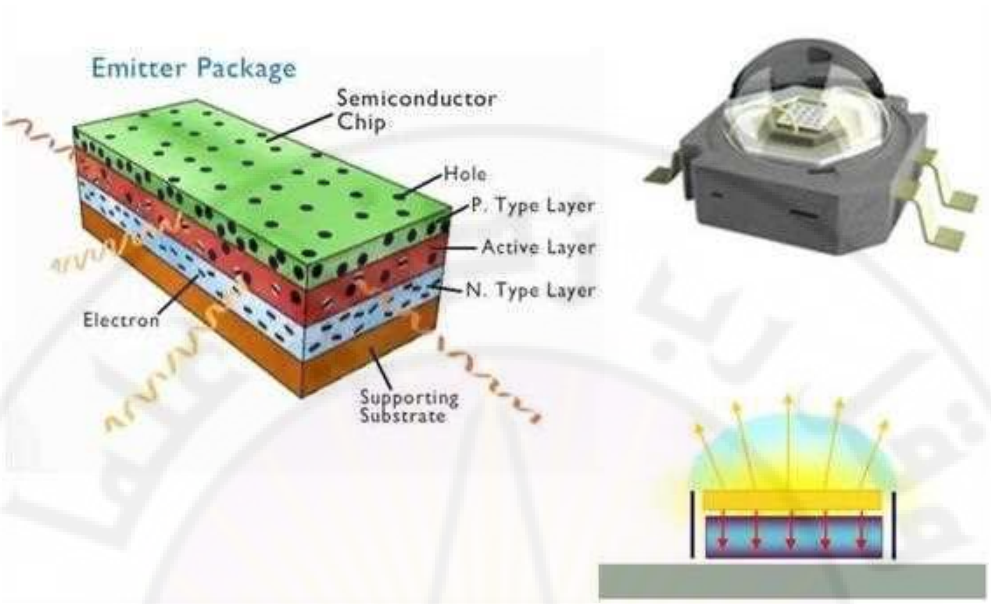






وعندما تصبح هذه الذرات قريبة من بعضها إلى درجة كافية فإن ذرات الطبقة n تمنح إلكتروناتها إلى الطبقة P التي تقبل بها ، وعندما تملأ الإلكترونات الفائضة في الطبقة n الثقوب في الطبقة P فإنها تحرر طاقة في المنطقة الفعالة (Active Zone) بين الطبقتين n و p ، بعض هذه الطاقة تشع في الطيف المرئي (ضوءاً) والجزء الباقي كحرارة .

هذه الحرارة مالم يتم تبديدها فإنها سوف تقلل من أداء اللد وقد تؤدي في النهاية إلى تلفه . ولكي يكون اللد فعالاً فإنه يجب أن تستخرج وتضبط الفعالية الضوئية ، وأن يتم تبديد الحرارة الناتجة .



2.3.3. نظام اللد LED System :

تتألف مصابيح أو أجهزة اللد من أربعة مكونات حاسمة :

1. مصفوفة اللد LED Array – 2. جهاز القيادة Driver – 3. العنصر البصري Optics –
4. الإدارة الحرارية Thermal Management .

وهذه المكونات يجب أن تكون مصممة لكي تعمل بكفاءة مع بعضها البعض .



1. **مصفوفة اللد LED Array :**

تتكون مصفوفة اللد من عدة رقائق (Chips) أومشعات (Emitters) مثبتة على دارة مطبوعة لكي تصدر الضوء .

2. **جهاز القيادة Driver :**

جهاز القيادة أو مايدعى الدرايفر (Driver) هو أداة إلكترونية تعطي التيار والتوتر المضبوط للد من أجل التشغيل الأمثل له . في أجهزة الإنارة باللد فإن الدرايفر يكون غالباً من الموديل القياسي المشابه بالمفهوم للبالاست . بينما في مصابيح اللد فإن الدرايفر يكون من النوع المدمج ضمن المصباح .

3. **العنصر البصري Optics :**

قد يكون العنصر البصري عدسات ، أو ناثر ، أو عاكس ، أو مزيج منها . وبدون الضبط البصري فإن اللد يشع الضوء تقريباً بتوزيع نصف كروي ناعم ، والذي من النادر أن يكون مفيداً .

4. **الإدارة الحرارية Thermal Management :**

تنقل الإدارة الحرارية الحرارة بعيدا عن اللد باستخدام مشتت للحرارة ثم يحركها بعيداً عن المصباح أو الجهاز باستخدام شقوق تبريد ، أو مروحة صغيرة ، أو آلية أخرى .

هام

3.3.3. مقارنة فنية بين اللد والمصابيح التقليدية :

يبين الجدول التالي مقارنة بين مصابيح اللد ذات الجودة العالية وبين المصابيح المتوهجة والفلوريسانتية المضغوطة CFL .

نلاحظ من الجدول أن مصابيح اللد تتمتع بمزايا قوية عن المصابيح المتوهجة من حيث مردود الطاقة ، والعمر ، والتأثير البيئي . مع الإشارة إلى أن المصابيح المتوهجة ماتزال تتمتع بتفوق طفيف في الأداء اللوني ، والتحكم بالحزمة الضوئية ، والإعتام .

وبالمقارنة مع المصابيح الفلوريسانتية المضغوطة نجد أن مصابيح اللد تمتلك تفوق هام في الإقلاع الفوري وفي التحكم بالحزمة الضوئية . كما أن مصابيح اللد لاتحتوي على الزئبق وبالتالي فهي صديقة للبيئة ، مع الإشارة إلى أن العديد من المستخدمين لايرغبون بالأداء اللوني وبالفترة اللازمة للتحمية لمصابيح الـ CFL .

من حيث التكلفة فإن المصابيح المتوهجة هي الأقل في التكلفة الأولية ، لكنها الأعلى من حيث التكلفة الإجمالية .

ايضاً فإن عمر مصابيح اللد لايتأثر بالتشغيل المتكرر ، بينما يتأثر عمر مصابيح الفلوريسانت بذلك .

	LED	Incandescent	CFL
Efficiency	●●●●●	●	●●●●●
Life	●●●●●	●	●●●
Color	●●●●●	●●●●●	●●●
Beam Control	●●●●●	●●●●●	●
Dimming	●●●●	●●●●●	●●●
Instant on	●●●●●	●●●●●	●
Environment	●●●●●	●	●●●
Initial Cost	●●●	●●●●●	●●●
TCO	●●●●●	●	●●●●●

Best ●●●●●
Moderate ●●●
Worst ●

4.3.3. مقارنة بين اللد والمصابيح التقليدية من حيث أعمال الصيانة :

في المثال المبين بالشكل التالي فإننا نجد أننا نحتاج إلى استبدال أكثر من عشرين مصباح متوهج (بعمر وسطي 2000 ساعة) بالمقارنة مع عمر مصباح اللد الذي يزيد وسطياً عن 45,000 ساعة . بينما نجد أننا نحتاج إلى استبدال أكثر من خمسة مصابيح CFL (بعمر وسطي 8000 ساعة) . مع الإشارة إلى أن التوفير في أعمال الصيانة سوف يتضمن تخفيض التكلفة الناجم عن المصابيح التي لن نشتريها لأعمال الصيانة وكلفة اليد العاملة اللازمة لعملية الاستبدال .



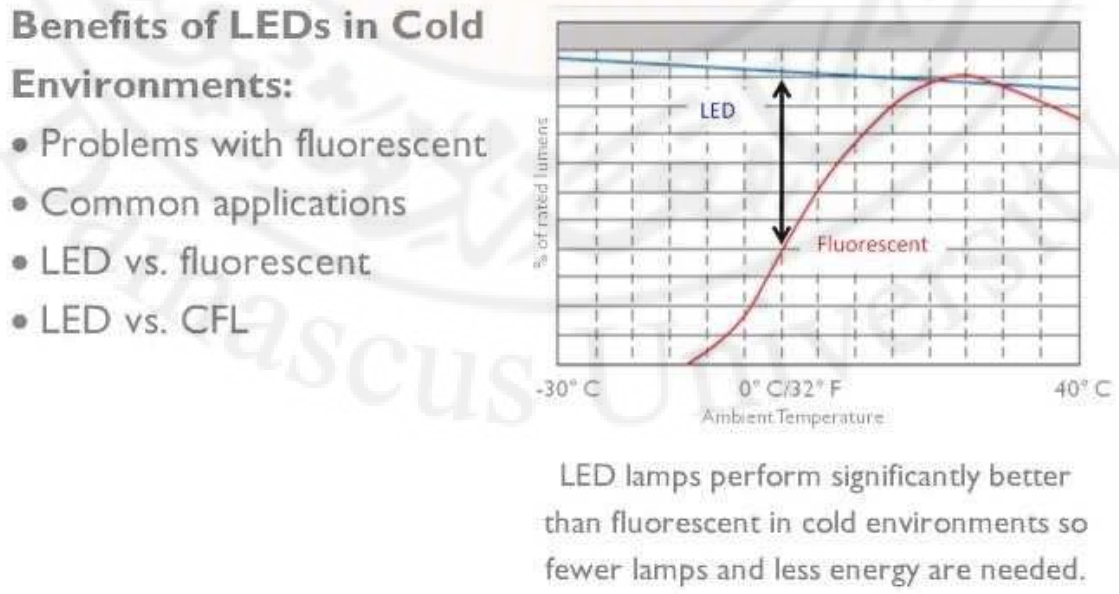
5.3.3. مصابيح اللد صديقة للبيئة :



في أوروبا يعتبر الزئبق من النفايات الخطرة ، والتي يجب إعادة تدويرها بطرق مناسبة . وحيث أن مصابيح الفلوريسانت تتطلب كميات صغيرة من الزئبق من أجل التشغيل الفعال للطاقة فإنها تعتبر غير صديقة للبيئة بعكس مصابيح اللد التي تعتبر من المنابع صديقة البيئة لعدم احتوائها على الزئبق .

6.3.3. مزايا مصابيح اللد في البيئة الباردة :

بخلاف مصابيح الفلوريسانت التي تخسر خرجها وفغاليتها الضوئية عندما تنخفض درجات الحرارة إلى مادون الـ 25 درجة مئوية ، فإن مصابيح اللد تؤدي بشكل جيد في البيئة الباردة . وعلى سبيل المثال فإنه إذا انخفضت درجة الحرارة إلى 0 مئوية فإن مصباح الفلوريسانت من نوع T_8 سوف يخسر 60% من فيضه الضوئي البالغ 2600 لومن ، بينما مصباح اللد سوف يستمر في إعطاء فيضه الضوئي البالغ 1650 لومن . وبالتالي فإنه يفضل استخدام مصابيح اللد عن مصابيح الفلوريسانت في البيئة الباردة .



LED lamps perform significantly better than fluorescent in cold environments so fewer lamps and less energy are needed.



7.3.3. الإمكانيات اللونية لل (LED) :

يتمتع ال (LED) بمزايا وإمكانيات لونية عالية جدا ، ويمكن الحصول على اللون الأبيض من خلال مزج الألوان المتعددة في نظام ال (LED) بإحدى طريقتين :

- وضع (LEDs) بالألوان الأحمر ، والأخضر ، والأزرق بشكل متجاور ، ويتم مزج كمية الضوء الصادر عنها بنسب لونية معينة فينشأ عن ذلك الضوء الأبيض .
- استخدام نظام (LED) من النوع ثلاثي الضوء (RGB) حيث يتم مزج الضوء الصادر عنها بنسب ملائمة مما يعطي الضوء الأبيض .ويمكن في كلا الطريقتين الحصول على مجال واسع من الألوان الضوئية والنقية وبشكل ساحر وأخاذ ، مما يعطي إمكانيات هائلة في التأثيرات الضوئية واللونية للمجالين الداخلي والخارجي .





8.3.3. مزايا الـ (LED) :

- غنية بالألوان حيث تعطي مجالا واسعا من الألوان النقية .
- صغر حجمها مما يجعل أنصاف النواقل المشعة للضوء (LEDs) توفر للمصممين مقدارا هائلا من المرونة والحرية لخلق الإنارة الإبداعية لما لها من مجال واسع من الألوان ، وأبعاد مضغوطة .
- بمعزل عن خصائصها الديكورية والتأثيرية فإن أنصاف النواقل المشعة للضوء (LEDs) توفر استخداما منخفضا إلى حد كبير للطاقة المستهلكة بالمقارنة مع معظم الأنواع الأخرى من المنابع الضوئية .
- لأنصاف النواقل المشعة للضوء (LEDs) عمر طويل جدا يصل 50000 ساعة .
- تكاليف الصيانة منخفضة حدا بسبب عمرها الطويل جدا .
- تكاليف التشغيل منخفضة جدا .

- يحتاج ال (LED) إلى أداة للتحكم بالتيار الذي يجتازه ، ذات وظيفة مشابهة للبالاست في مصابيح التفريغ . هذه الأداة تدعى (LED driver) ، وهي مصممة بحيث تكون منسجمة مع النظام الذي تغذيه ، ويمكن أن تجهز أجهزة الإنارة المزودة بمنابع الـ LED بـ LED driver مدمج معه .
- يمكن إعتام ال (LED) إلكترونيا باستخدام التحكم الرقمي المباشر .
- لايصدر ال (LED) تقطيعا ضوئيا مزعجا كالذي يصدر عن المصابيح الفلوريسانتية .
- يقاوم ال (LED) الحرارة والبرودة والصدمات والاهتزاز .
- بشكل عام لاتحتاج ال (LEDs) إلى عواكس .
- إن مصابيح ال (LED) ساطعة جدا ، لذلك يفضل عدم النظر إلى الحزمة المباشرة لل (LED) من مسافة قريبة والتي قد تكون شديدة إلى درجة مؤذية للعين .
- الـ (LEDs) لاتستخدم الغاز لإنتاج الضوء لذلك فهي لاتحوي أجزاءا رقيقة (الزجاج) قابلة للكسر .
- الـ (LEDs) الأبيض يمكن أن تغذى بمنبع تيار مستمر أو متناوب ، كما يمكن تغذيتها من ألواح الطاقة الشمسية مباشرة
- ارتفع مردود ال(LED) إلى حد بعيد خلال السنوات القليلة الماضية ، وبالاعتماد على اللون الخاص فإن قيما أعلى من 120 لومن/وات قد تم الوصول إليها .
- صديق للبيئة لعدم احتوائه على مادة الزئبق .
- مناسب للتشغيل في الظروف الباردة .

9.3.3. التطبيقات :

إن الأحجام الصغيرة ، وتعدد الألوان المختلفة ، والمرونة العالية قد وفر لمصممي الإنارة حرية هائلة في مجال واسع من التطبيقات ، فعلى سبيل المثال يمكن استخدامهم من أجل الإنارة الخلفية ، وإنارة الممرات ، والمسارات ، وتحديد أماكن المشي والممرات ، وإعطاء التأثيرات اللونية والضوئية الوافرة للمناطق الداخلية والخارجية ، وجعل الطرق الداخلية أكثر أمانا ..... وغيرها الكثير .....

ويمكن استخدام أنصاف النواقل المشعة للضوء (LEDs) في العديد من التطبيقات من أهمها :

- اللافتات المضيئة .

- التصميم الداخلي ، والإنارة الداخلية والتأثيرية .
- إنارة الممرات والمناطق الخارجية للمنازل .
- تعليم ممرات المشي والخروج .
- الأجهزة المخفية في الجدران والأسقف .
- الأجهزة المدفونة في الأرض .
- إنارة الأدراج .
- الإنارة الموجهة في الأبنية .
- إشارات المرور .
- إنارة الطرق .
- ..... وغيرها الكثير .



القسم الخامس

إنارة الطوارئ Emergency Lighting

القسم الخامس

إنارة الطوارئ Emergency Lighting

يتم تزويد الأبنية العامة بنظام لإنارة الطوارئ بحيث يسمح للناس بالإخلاء بسرعة وأمان خلال ممرات الهروب . وتعمل إنارة الطوارئ بشكل أوتوماتيكي عند فصل التغذية الكهربائية عن المبنى لسبب ما .

1.5. إشارات الاتجاه والمخرج :

يتم تزويد ممرات الهروب بإشارات اتجاه لكي توجه الناس إلى أبواب الخروج . كما تزود أبواب الخروج بإشارات خروج كما هو مبين بالشكل التالي .

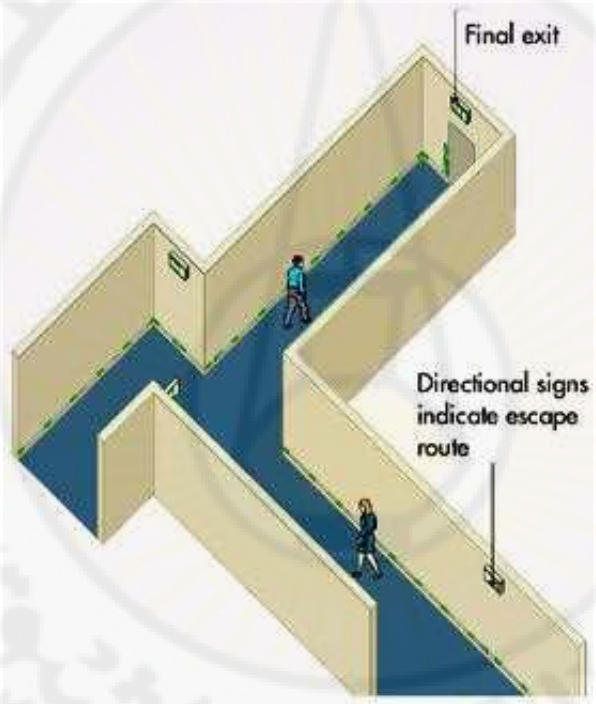


جهاز إنارة طوارئ ذو إشارة اتجاه



جهاز إنارة طوارئ ذو إشارة مخرج

ويجب أن تتضمن ممرات الهروب عددا من أجهزة إنارة الطوارئ ذات إشارات الاتجاه وإشارات المخرج ، وبحيث يتم وضع جهاز إنارة طوارئ ذو إشارة اتجاه عند كل انعطاف أو تقاطع ، ووضع أجهزة إنارة طوارئ ذات إشارة مخرج عند أبواب الخروج كما هو موضح بالشكل التالي . ويجب أن لايقل ارتفاع هذه الأجهزة عن مستوى الأرض عن 2 متر .

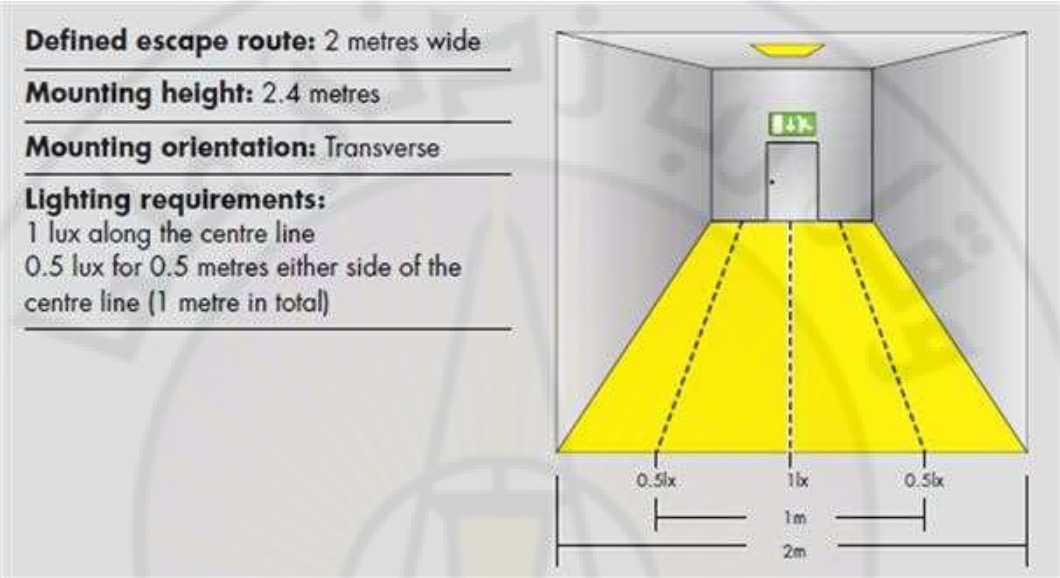


2.5. إنارة الهروب :

حيث يتم إنارة ممرات الهروب والفراغات المفتوحة وتشمل ممرات الهروب كلاً من الممرات ، والأدراج ، وأدراج الحريق .... إلخ . ويجب أن تحقق إنارة الهروب مايلي :

- يجب أن تكون ممرات الهروب منارة بشكل واضح ولها إشارات اتجاه وإشارات مخرج بحيث تضمن إخلاء الناس من المبنى بسهولة وأمان ، وأن تمكن الموظفين من القيام بفصل الأعمال الحساسة أو الخطرة قبل إخلاء المبنى .
- لحظ إنارة للفراغات المفتوحة ذات مساحة أكبر من 60 متر مربع لتقليل الاضطراب والذعر بحيث تؤمن رؤية ممر الخروج الأقرب ، ويجب أن لاتقل سوية الإنارة عن 0.5 لوكس على سطح الأرض ضمن المساحة التي يحدها إطار يبعد عن الجدران مسافة 0.5 م .

- يجب أن لاتقل سوية الإنارة عند كل نقطة من الخط المركزي لمسار الهروب عن **1** لوكس .
- يجب أن لاتقل سوية الإنارة عن **0.5** لوكس في كافة نقاط الشريحة المركزية (التي لاتقل عن نصف العرض الكلي للمسار) كما في الشكل التالي .
- كما يجب لحظ أجهزة إنارة طوارئ في النقاط الحرجة . كما في الشكل السابق .
- يجب أن لايقل عدد أجهزة إنارة الطوارئ في كل مقصورة من مسار الهروب عن جهازين .



والأشكال التالية تبين بعض نماذج أجهزة إنارة الطوارئ .



جهاز إنارة طوارئ ذو إشارة مخرج جداري يركب فوق باب الخروج



جهاز إنارة طوارئ ذو إشارة اتجاه سقفي مدلى



جهاز إنارة طوارئ ذو إشارة اتجاه جداري



جهاز إنارة طوارئ ظاهر سقفي أو جداري

3.5. تصميم نظام إنارة الطوارئ :

يجب وضع أجهزة إنارة الطوارئ بحرص شديد لكي نضمن مخططاً مرناً لهذه الإنارة ، ويجب أن تؤمن

إنارة الطوارئ مايلي :

1. **إنارة أجهزة الإشارات في ممرات الهروب .**
2. **تأمين إنارة على طول ممرات الهروب لكي تسمح بالحركة الآمنة باتجاه المخارج المؤدية إلى مناطق الأمان .**
3. **أن تضمن أن كباسات الانذار عن الحريق وتجهيزات مكافحة الحريق الموجودة في ممرات الهروب يمكن إيجادها واستخدامها بسهولة .**
4. **أن تسمح بالأعمال المتعلقة بإجراءات السلامة .**

ويوجد ثلاثة مراحل للحصول على إنارة طوارئ فعالة والتي تبين تماماً أين يجب أن نضع أجهزة إنارة الطوارئ وإشارات الخروج .

- **المرحلة الأولى : إشارات الخروج Stage 1 Exit Signs**

يجب أن توضع إشارات الخروج لكي تؤمن مساراً واضحاً باتجاه المخرج النهائي وإنارة هذه الإشارات .

- **المرحلة الثانية : النقاط الإلزامية Stage 2 Mandatory Points**

يجب أن تركب أجهزة إنارة الطوارئ في نقاط إلزامية محددة على مسار ممرات الهروب لكي تعطي الضوء الضروري ، وتتضمن هذه النقاط :

1. **عند كل تقاطع للممرات .**
2. **عند كل باب خروج .**
3. **عند كل تغيير اتجاه .**
4. **عند كل درج بحيث تصله إنارة مباشرة .**
5. **عند كل تغير في منسوب الأرضية .**
6. **خارج كل مخرج نهائي وبالقرب منه .**
7. **عند كل كباسة إنذار عن الحريق .**
8. **عند تجهيزات مكافحة الحريق .**
9. **عند كل نقطة إسعاف أولي .**
10. **إنارة إشارات المخرج وإشارات السلامة .**

- **المرحلة الثالثة : إنارة الملء Stage 3 Infill Lighting**

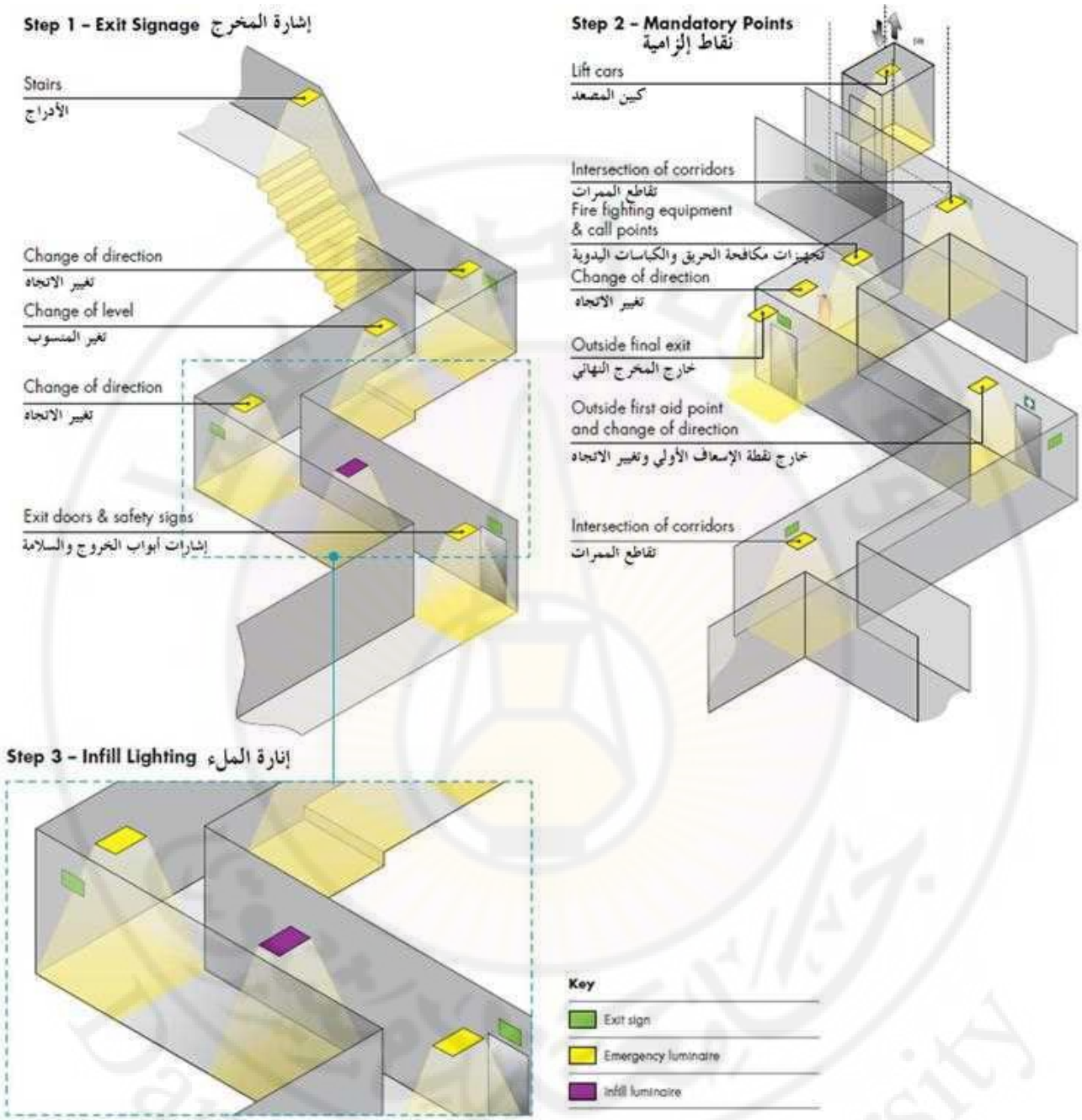
بعد تغطية النقاط الإلزامية السابقة فمن الضروري إضافة أجهزة إنارة أخرى التي قدتكون مطلوبة للوصول إلى سوية الإنارة الصحيحة المطلوبة .

- **إنارة مواقع إضافية :**

بالإضافة لما ذكر سابقاً يجب الأخذ بعين الاعتبار لحظ إنارة هروب للمواقع الإضافية التالية :

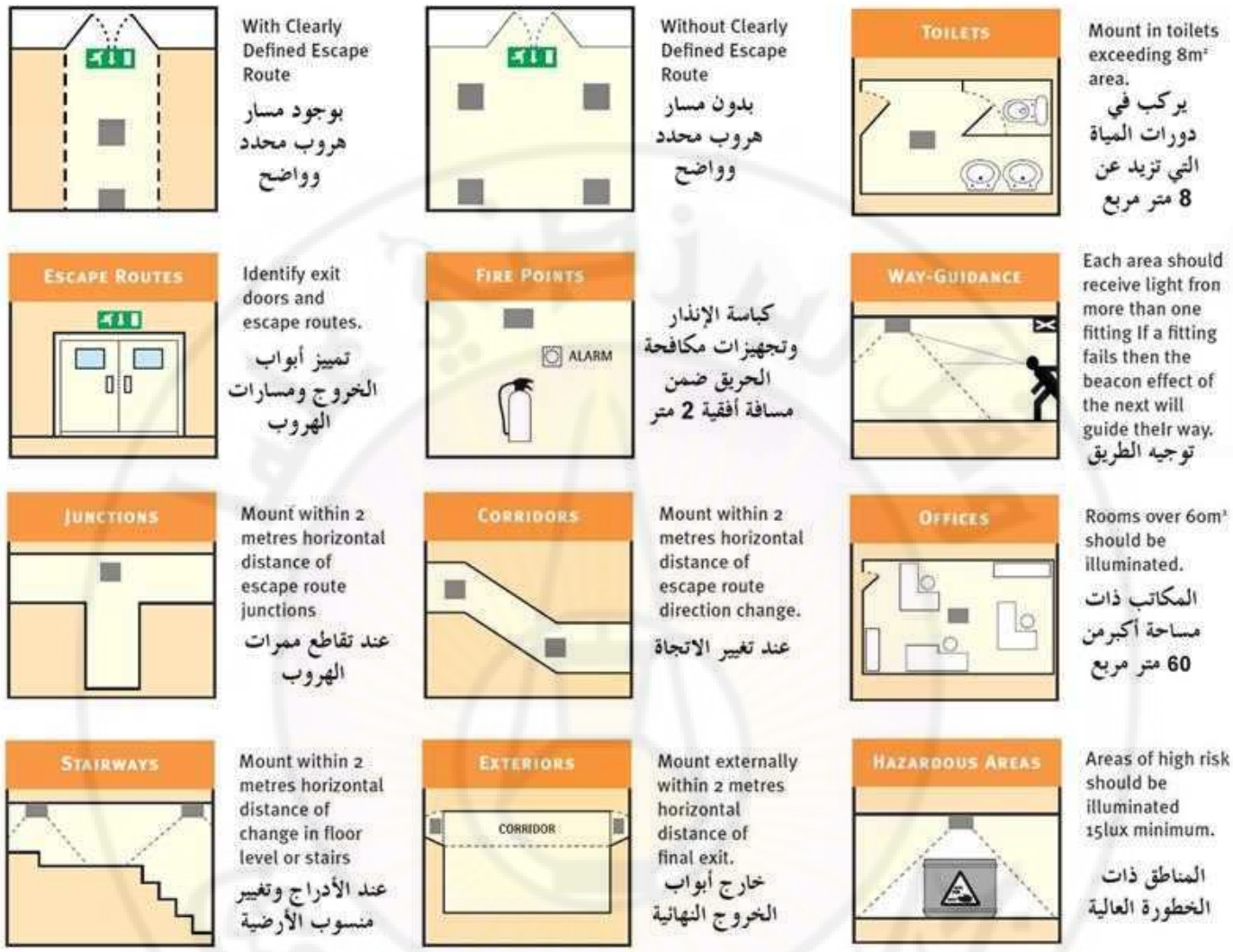
1. **كبائن المصاعد (ويقع ذلك على عاتق الشركات الصانعة للمصاعد) .**
2. **دورات المياه ذات مساحة أكبر من 8 متر مربع ، وكافة دورات المياه الخاصة بالمعوقين .**
3. **السلالم الكهربائية لتمكين مستعمليها من النزول بسلامة .**
4. **غرف مجموعات التوليد ، وغرف التحكم ، وغرف الآلات للمساعدة في أعمال الصيانة والتشغيل خلال فترة العطل**
5. **مواقف السيارات المغطاة .**
6. **غرف الإسعاف الأولي (الغرفة نفسها مع المنطقة خارجها) .**
7. **المناطق ذات الخطورة العالية .**

TARGET Consulting Engineers
SYRIA - Damascus – 0944607457 – target4_eng@yahoo.com



SYRIA - Damascus – 0944607457 – target4_eng@yahoo.com

والشكل التالي يبين أماكن توضع أجهزة إنارة الطوارئ :

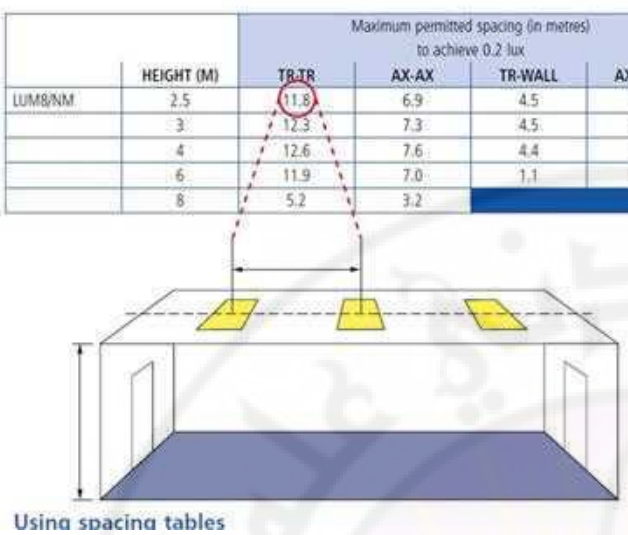


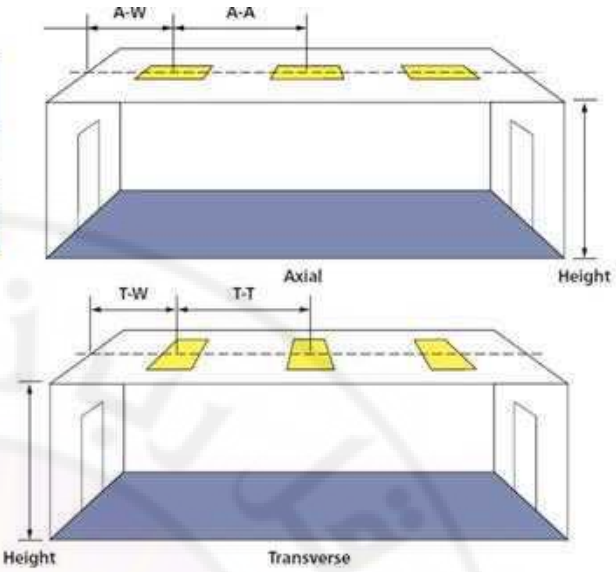
4.5. التباعد بين أجهزة إنارة الطوارئ :

يوصي النظام البريطاني باستخدام عدد كبير من أجهزة إنارة الطوارئ باستطاعة منخفضة بدلاً من عدد قليل من الأجهزة باستطاعة العالية ، وبالتالي يمكن لأية نقطة أن تغطى من أكثر من جهاز إنارة . والجدول التالي يبين التباعد الأعظمي بين أجهزة إنارة الطوارئ لكي نضمن سوية الإنارة المطلوبة على مسارات الهروب ذات العرض حتى 2 متر .

TARGET4 Consulting Engineers
SYRIA - Damascus – 0944607457 – target4_eng@yahoo.com

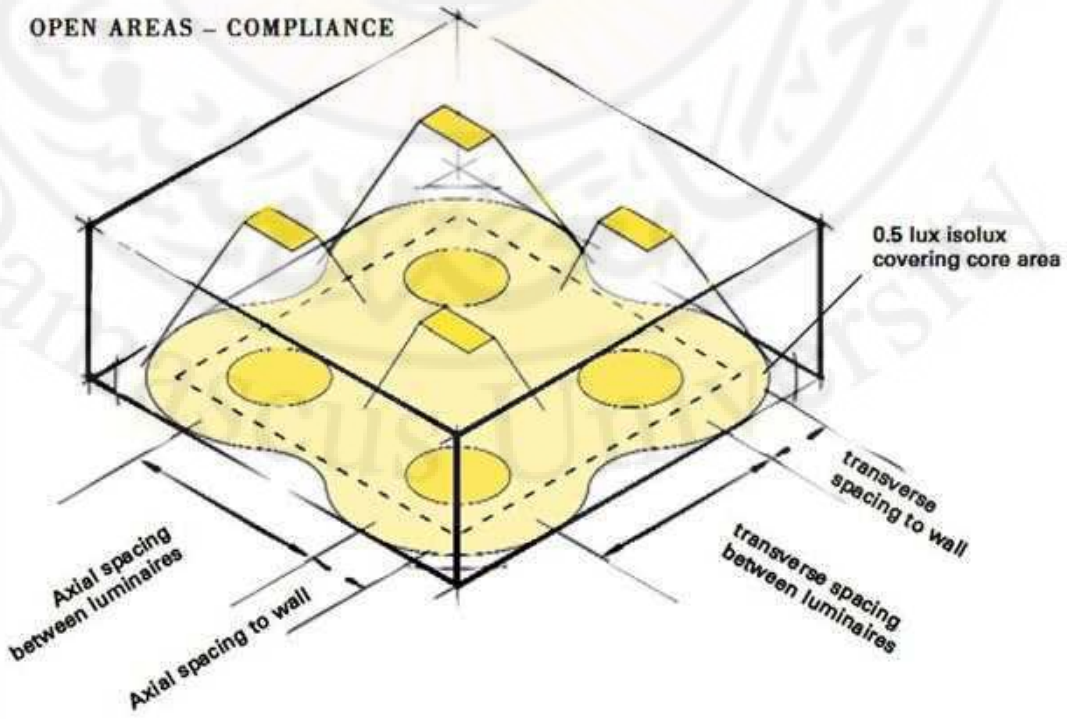
	HEIGHT (M)	Maximum permitted spacing (in metres) to achieve 0.2 lux TR-TR	AX-AX	TR-WALL	AX-WALL
LUM8/NM	2.5	11.8	6.9	4.5	2.7
	3	12.3	7.3	4.5	2.8
	4	12.6	7.6	4.4	2.6
	6	11.9	7.0	1.1	0.8
	8	5.2	3.2		





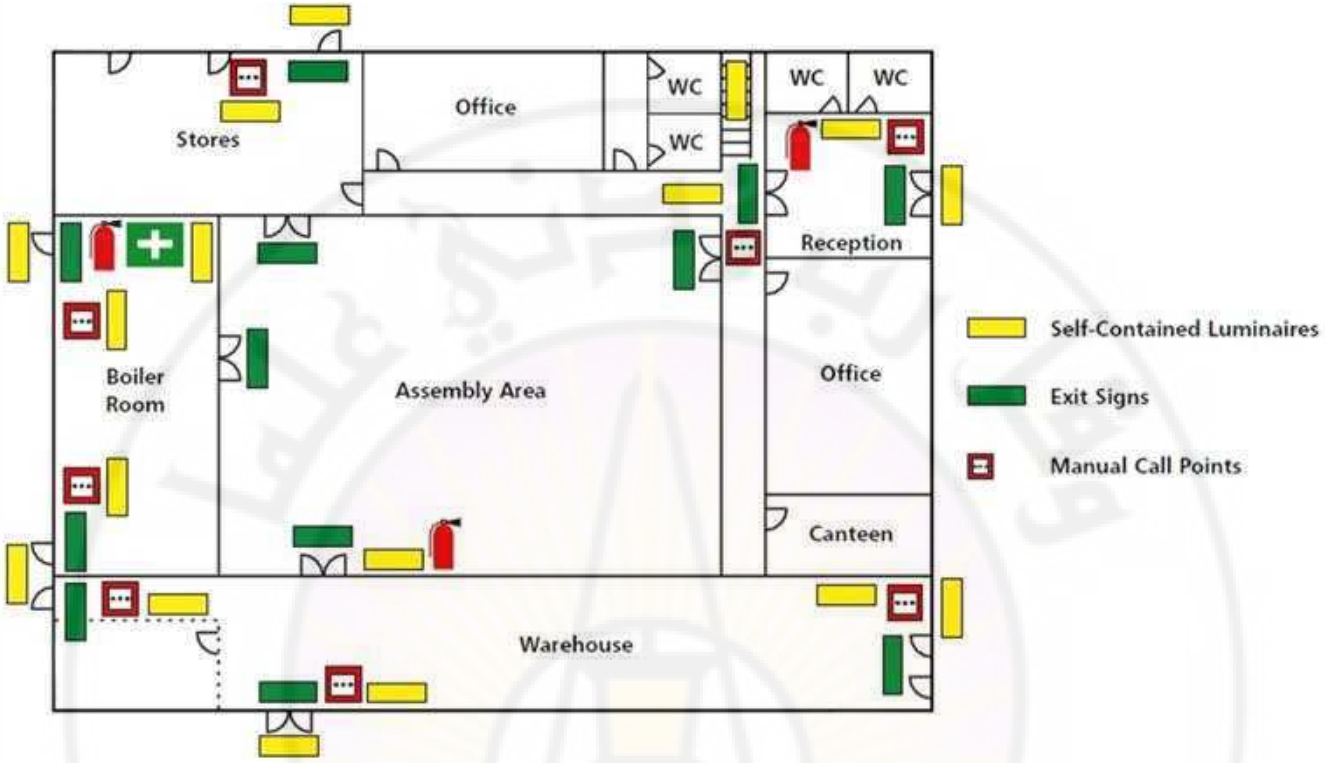
5.5. الفراغات المفتوحة :

يجب لحظ إنارة طوارئ للفراغات المفتوحة ذات مساحة أكبر من 60 متر مربع لتقليل الاضطراب والذعر بحيث تؤمن رؤية ممر الخروج الأقرب ، ويجب أن لاتقل سوية الإنارة الوسطية على سطح أرضية المكان عن 1 لوكس وسوية الإنارة الدنيا عن 0.5 لوكس على سطح الأرض ضمن المساحة التي يحدها إطار يبعد عن الجدران مسافة 0.5 م ، باستثناء الظلال الناتجة عن محتويات المكان .

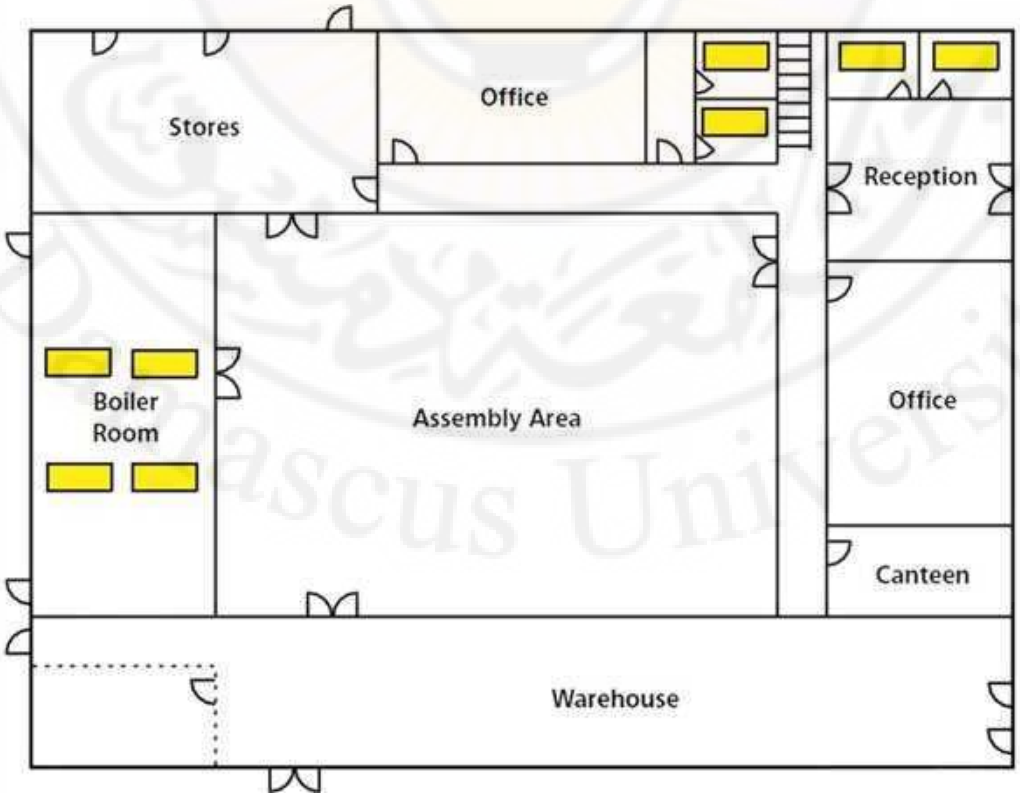


والمخططات التالية تبين مثالاً حول كيفية توزيع أجهزة إنارة الطوارئ ضمن منشأة صناعية :

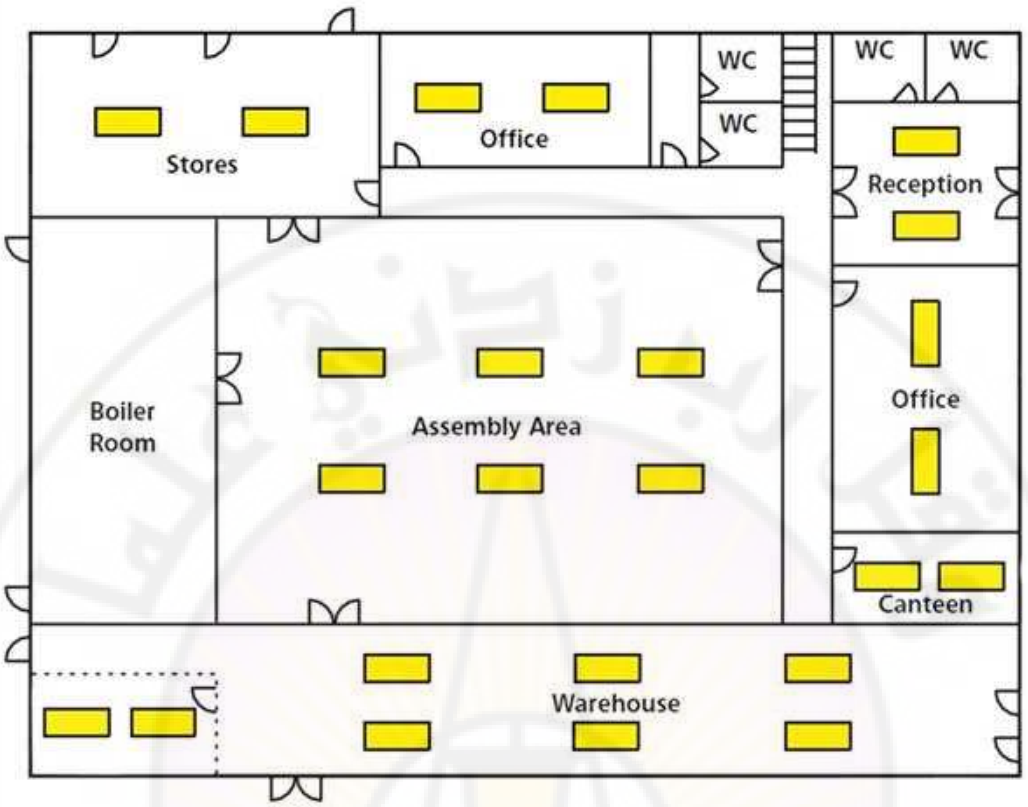
1. عند النقاط الإلزامية :



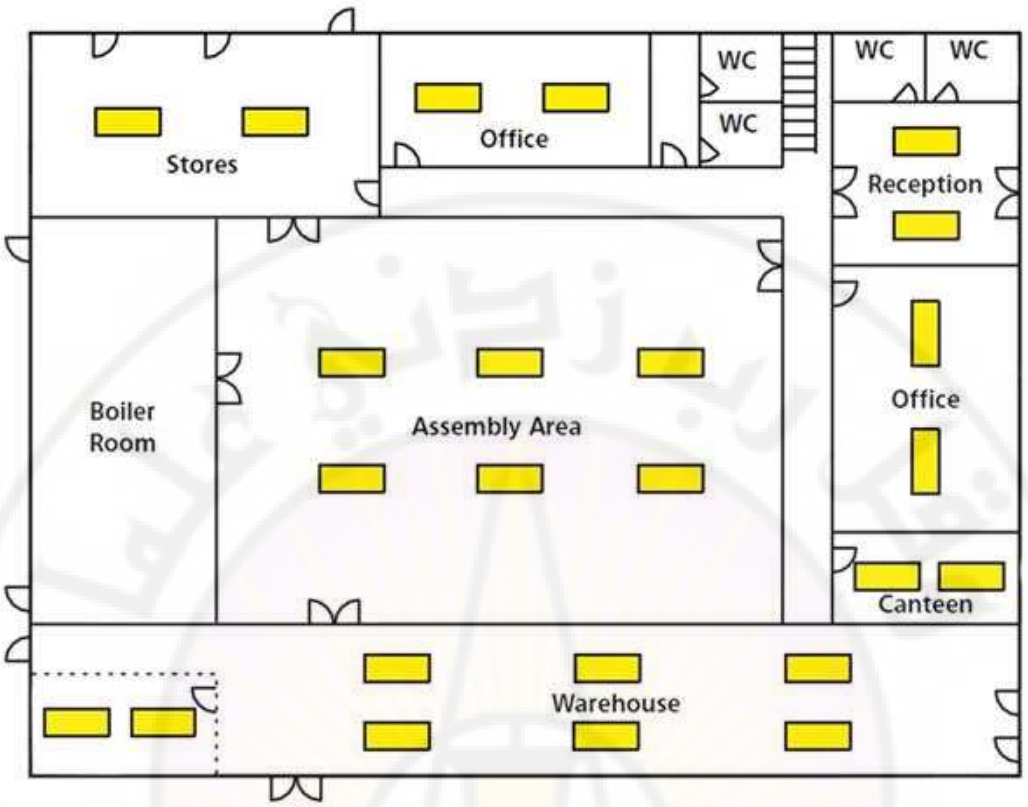
2. عند المناطق الإضافية :

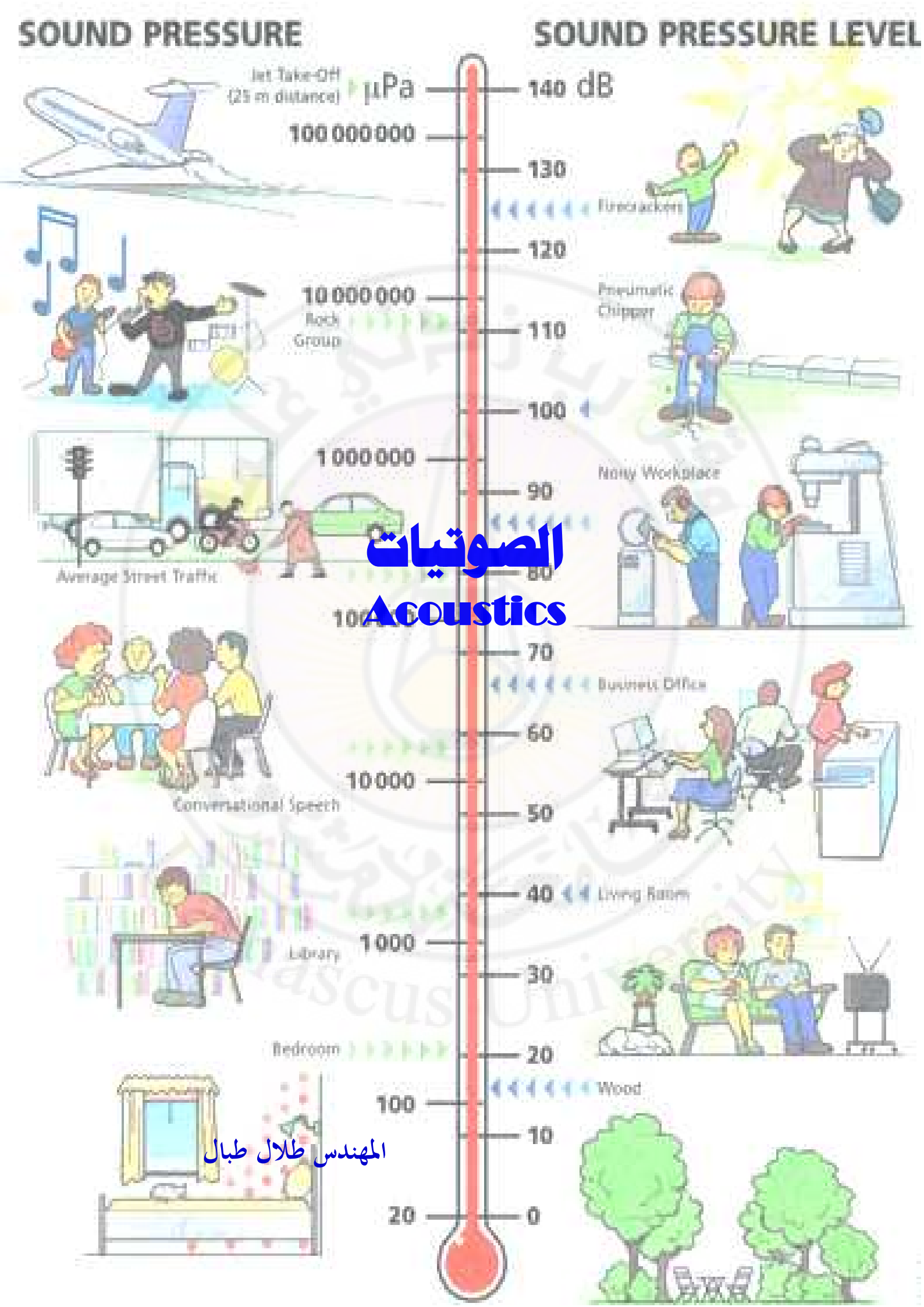


3. في الفراغات المفتوحة :



3. في الفراغات المفتوحة :





الصوتيات
Acoustics

المهندس طلال طبال

القسم الأول

المبادئ الأساسية للصوت

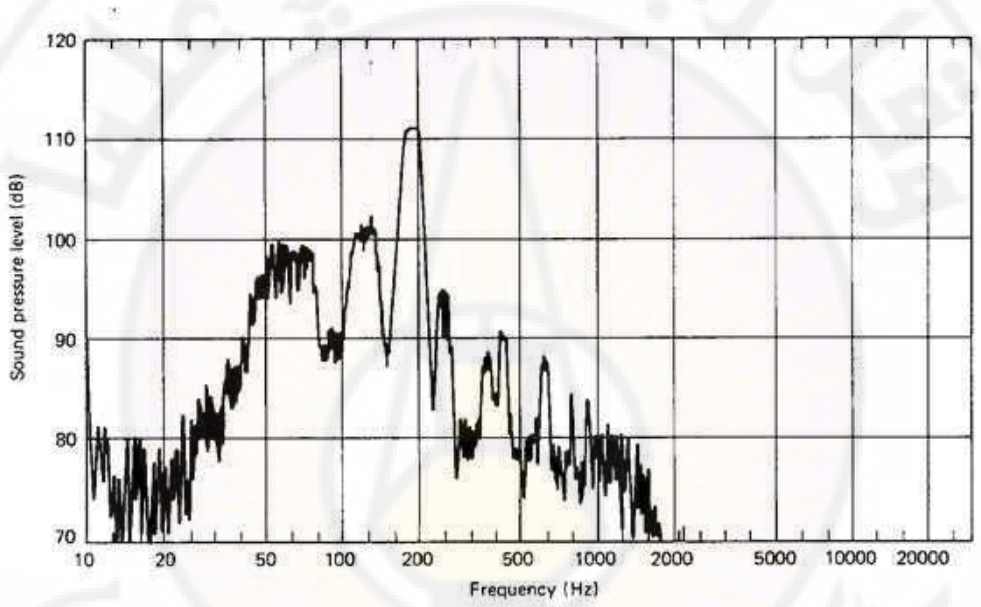
الصوتيات Acoustics

القسم الأول – المبادئ الأساسية للصوت

يعتبر النظام الصوتي واحداً من المتطلبات الفنية الضرورية في الكثير من المنشآت والتي تستدعي وظيفتها إيصال الصوت خالياً من الضجيج (Noise) والتشويه (Distortion) إلى جميع المتواجدين في المنشأة ، وتنحصر الترددات المسموعة مابين Hz(20000 – 20) .

1.1. طبيعة الصوت (Nature of Sound) :

الصوت عبارة عن موجة اهتزازية طولانية متعددة الترددات ، ويبين الشكل (1-1) الطيف الصوتي لضاغط هوائي .



الشكل (1-1)

تنتقل الموجة الصوتية عبر وسط معين كالهواء والماء والموا د الصلبة الأخرى ، وتتوقف سرعة انتقال الصوت على طبيعة المادة التي تمر فيها الموجة الصوتية . ويبين الجدول التالي سرعة انتقال الصوت في أوساط مختلفة .

الوسط	سرعة الصوت (m/sec)
الهواء	344
الماء	1372
خشب قاسي	4267
خشب طري	3353
زجاج	3658
بيتون	3048

تتميز الموجة الصوتية عند تردد معين بسرعتها "V" وترددها "f" وطول الموجة "λ" وترتبط هذه العناصر الثلاث بالعلاقة:

السرعة = (التردد).(طول الموجة)

Speed = (Frequency).(Wavelength)

أي أن :

$$V = f \cdot \lambda$$

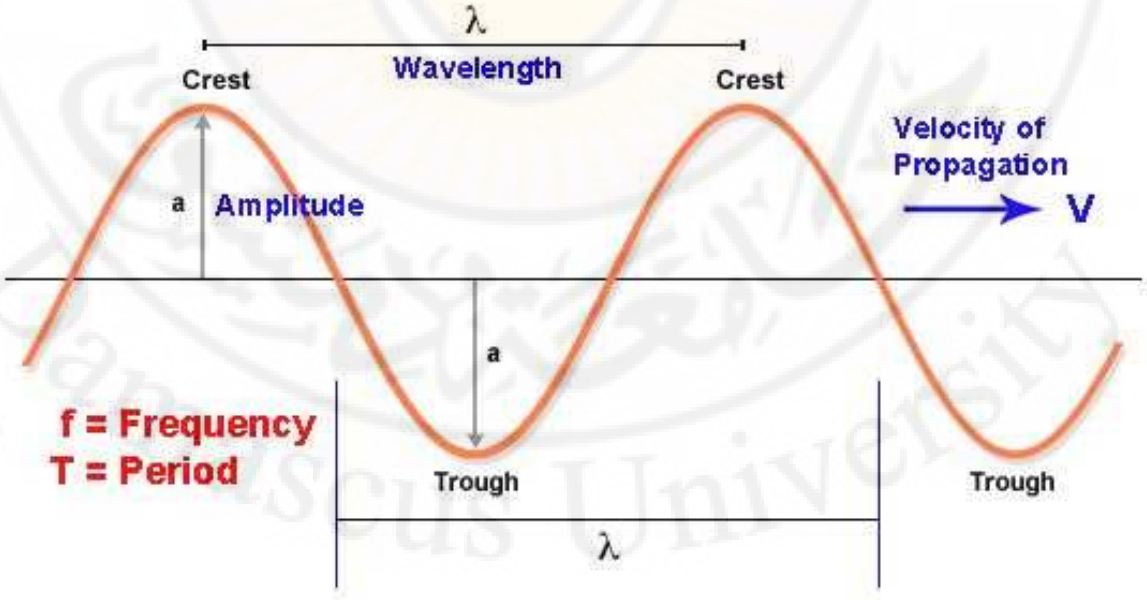
حيث أن :

- السرعة (V) وتقدر بالمتر/ثانية .
- طول الموجة (λ) ويقدر بالمتر .
- التردد (*f*) ويقدر بالهرتز .

ومن أجل الصوت فإن سرعة الصوت في الخلاء :

$$V \approx 344 \text{ m/s}$$

ولكل موجة صوتية مطال (سعة) اهتزازي (**Amplitude**) ، وكلما ازدادت السعة كلما أصبحت سوية الصوت أعلى ، انظر الشكل (**2-1**) .



الشكل (**2-1**)

2.1. درجة ارتفاع الصوت – الجهارة (Loudness of sound) :

تتحسس أذن الإنسان لدرجة ارتفاع الصوت وفقاً لمقياس لوغاريتمي وليس لمقياس خطي . وتقدر درجة ارتفاع الصوت بوحدة اسمها الديسيبل (Decibel) (نسبة للعالم بل Bell) ، وتختصر بالرمز dB . وهناك ثلاث قيم مميزة تعرف درجة ارتفاع الصوت وهي :

أ– الاستطاعة (Power) :

ويرمز لها بالرمز W وتقدر بالوات ، وهي خاصة باستطاعة المنبع الصوتي ، والقيمة المرجعية لها هي :

$$W_o = 10^{-12} \ (Watt)$$

وتحسب الاستطاعة الصوتية بالديسيبل وفقاً للعلاقة :

$$L_w \ (dB) = 10 \ . \ Log \ (W / W_o)$$

ويبين الجدول التالي تغير سوية الصوت التي يعطيها مضخم صوتي (Power Ampilfier) عند رفع استطاعة دخله :

نسبة رفع الاستطاعة (Power Ratio)	2	4	8	16	100
زيادة سوية الصوت dB	3	6	9	12	20

حيث يلاحظ أنه عند كل مضاعفة لاستطاعة المنبع الصوتي ينتج عنه رفع لسوية الصوت بمقدار 3dB .

ومن المعروف ايضاً أن استطاعة الدخل لسماعة صوتية تتناسب مع مربع جهد خرج المضخم الموصل عليه .

فمثلاً إذا فرضنا أن جهد المنبع قد ازداد مرتين فإن استطاعة الدخل للسماعة الصوتية تزداد بمعدل أربع مرات .

وبالتعبير عن ذلك بالديسيبل :

$$\text{علاقة الجهد} = 20 \ . \ \log 2 = 6 \ dB$$

$$\text{علاقة الاستطاعة} = 10 \ . \ \log 4 = 6 \ dB$$

وللتذكير فإن :

$$Log_{10} \ axb = Log_{10} \ a + Log_{10} \ b$$

$$Log_{10} \ a / b = Log_{10} \ a - Log_{10} \ b$$

$$Log_{10} \ a^n = n.Log_{10} \ a$$

$$\text{Anti-logarethem:} \quad c = Log_{10} \ a \ \rightarrow \ a = 10^c$$

ب– الشدة الصوتية (Sound Intensity) :

وهي الصفة الفيزيولوجية التي تميز فيها الأذن الصوت الشديد (القوي) عن الصوت الضعيف (الخافت) ،

ويرمز لشدة الصوت بـ (I) وتقاس بالوات/متر مربع (W/m^2) والقيمة المرجعية لها هي :

$$I_o = 10^{-12} \cdot (W/m^2)$$

وهي الشدة الصوتية الدنيا التي تستطيع أذن الإنسان سماعها لموجة صوتية ترددها 1000 هرتز ، والتي تكافئ سوية صوتية قدرها 0dB .

SYRIA - Damascus – 0944607457 – target4_eng@yahoo.com

ويعطى مستوى الشدة الصوتية عادة بالديسيبل (db) كما يلي :

$$\text{Sound Intensity Level: SIL} = I_{db} = 10\ \text{Log}_{10}(I / I_o)$$

حيث :

I : الشدة الصوتية للمنبع مقدرة بـ (وات/متر مربع) .

I_o : الشدة الصوتية المرجعية مقدرة بـ (وات/متر مربع) ، وهي الحد الأدنى من الشدة الصوتية التي يمكن أن تتحسس بها أذن الإنسان وتساوي 10^{-12} (وات/متر مربع) .

وإذا اعتبرنا أن استطاعة المنبع هي W مقدرة بالوات ، وبعد المتلقي عن المنبع الصوتي هو r ، فإن الشدة الصوتية عند المتلقي هي :

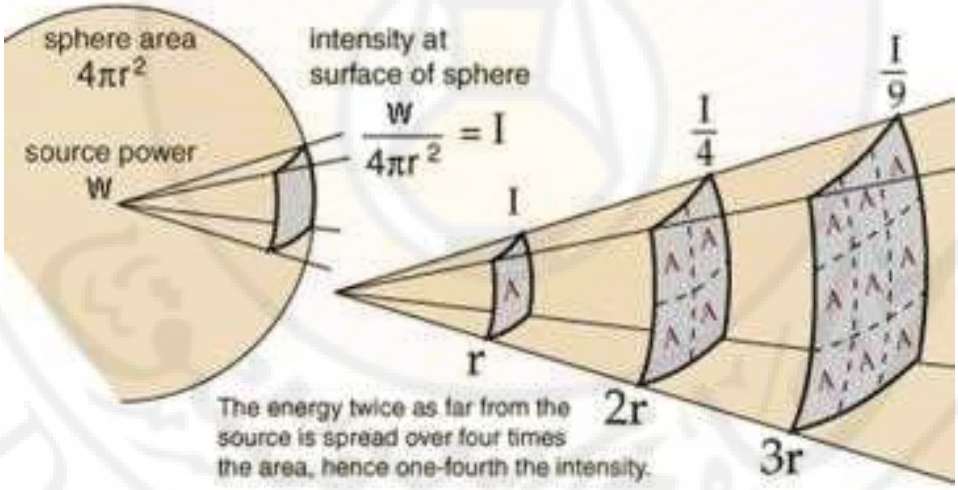
$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (w / m^2)$$

حيث :

W : استطاعة المنبع الصوتي (وات) .

r : البعد عن المنبع الصوتي (متر) .

انظر الشكل (3-1) .



الشكل (3-1)

مثال 1-1 :

ماهي شدة الصوت مقدرة بالديسيبل لمنبع صوتي شدته $(I = 4.0\text{x}10^{-5}\ W/m^2)$ ؟

الحل :

$$I_{db} = 10\ \text{Log}_{10}(I / I_o)\ ,\ I_o = 10^{-12}\ (W/m^2)$$

$$I_{db} = 10\ \text{Log}_{10}(4.0\text{x}10^{-5} / 10^{-12})$$

$$= 10\ \text{Log}_{10}\ 4.0\text{x}10^{7} = 76\ dB$$

ومن أجل تحويل ارتفاع الصوت من وحدة الديسيبل إلى الوحدة العادية للشدة الصوتية مقدرة بالـ (W/m^2)

نستخدم علاقة معكوس اللوغاريتم كما يلي :

$$I_{db} = SIL = 10\ Log_{10}(I / I_o)$$

$$\rightarrow I / I_o = 10^{SIL/10}$$

$$\rightarrow I_{w/m2} = 10^{-12}.10^{SIL/10} = 10^{\{(SIL/10)-12\}}$$

جمع الشدات الصوتية :

يتم الجمع وفقاً لما يلي :

- نحول شدات الارتفاع الصوتي من db إلى القيم العادية .
- نجمع قيم الشدات الصوتية العادية إلى بعضها .
- نحول مجموع الشدات الصوتية من القيم العادية إلى الديسيبل .

مثال 2-1 :

لدينا منبعين صوتيين الشدة الصوتية لهما هي 84 dB و 92 dB . والمطلوب حساب الشدة الصوتية للمنبعين معاً مقدرة بالـ (W/m^2) ثم بالديسيبل .

الحل :

$$I_{w/m2} = 10^{-12}.10^{SIL/10} = 10^{\{(SIL/10)-12\}}$$

$$I_1 = 10^{(84/10-12)} = 10^{-3.6} = 2.5 \times 10^{-4} \quad (W/m^2)$$

$$I_2 = 10^{(92/10-12)} = 10^{-2.8} = 1.58 \times 10^{-3} \quad (W/m^2)$$

$$I_1 + I_2 = 0.00158 + 0.00025 = 0.00183 \quad (W/m^2)$$

$$I_{db} = SIL = 10\ Log_{10}(I / I_o)$$

$$I_{db} = 10\ Log_{10}(1.83x10^{-3} / 10^{-12})$$

$$= 10\ Log_{10}(1.83x10^{9}) = 92.6\ dB$$

ج- الضغط الصوتي Sound Pressure :

يرمز له بالحرف P ويقاس بوحدة الباسكال ، والصوت كما أسلفنا هو عبارة عن موجة اهتزازية تتناوب فيها انضغاطات وتخلخلات في الوسط الناقل للصوت . وتعتبر القيمة المرجعية للضغط الصوتي وهي الضغط الأصغري الذي تتحسس له أذن الإنسان عند تردد موجة صوتية بقيمة 1000 هرتز هو :

$$P_o = 20x10^{-6} \quad (Pascal)$$

or

$$P_o = 20x10^{-6} \quad (N/m^2)$$ والذي يكافئ بمقياس الديسيبل 0 dB .

مستوى الضغط الصوتي بالديسيبل SPL :

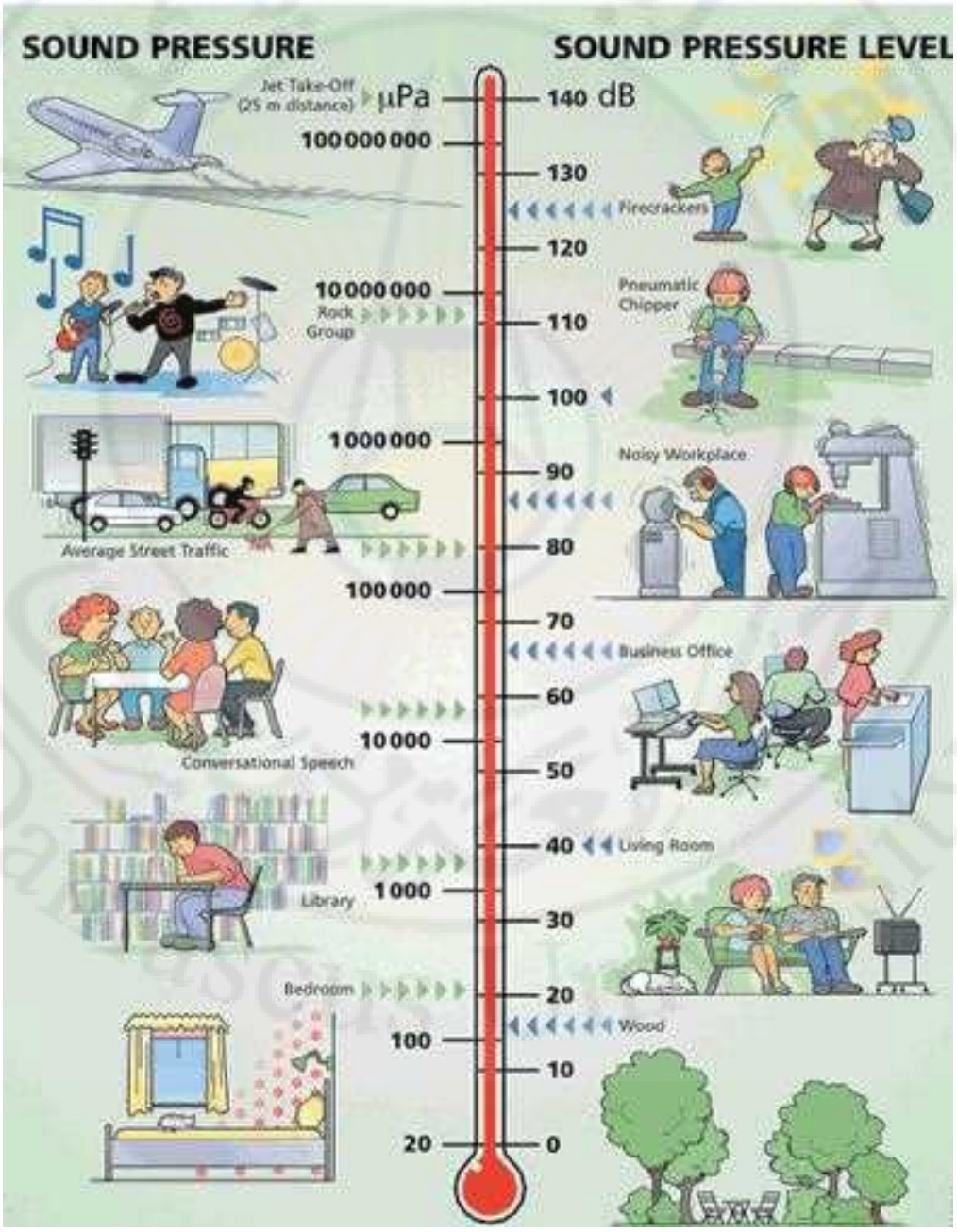
يعطى مستوى الضغط الصوتي بالعلاقة التالية :

$$\text{Sound Pressure Level: SPL} = 20 \log_{10}(P / P_o) \quad (db)$$

حيث P_o القيمة المرجعية للضغط الصوتي .

3.1. ماذا يعني الديسيبل في الحياة العملية ؟ :

يبين الشكل (5-1) سويات الصوت التي تصدرها مجموعة من المنابع الصوتية مقدرة بالديسيبل أو الميكروباسكال ($1\mu \text{ pascal} = 10^{-6}$ pascal) . ويعتبر مستوى صوت بحدود 140 dB بأنه المستوي المؤلم للأذن ، أو مايطلق عليه عتبة الألم (Threshold Pain) .



الشكل (5-1)

4.1. علاقة سوية الصوت بالمسافة بين المنبع الصوتي والمتلقي :

Loss of Sound Pressure with increasing Distance :

يعطى انخفاض الضغط الصوتي في نقطة واقعة على بعد d (m) من المنبع بالعلاقة :

$$\Delta P\ (dB) = 20\ Log\ (1/d)$$

منسوبة إلى الضغط الصوتي على بعد 1 metre من المنبع ، وهذه العلاقة صالحة للتطبيق لمسافة قصوى قدرها 300 m من المنبع الصوتي . ونرى من هذه العلاقة أنه كلما جرى مضاعفة المسافة ينخفض الضغط الصوتي بمقدار 6 dB . وهذا موضح بالجدول التالي :

المسافة بالمتر (d)	1	2	4	8	16	32	64
dB (مقدار التخفيض بـ dB)	0	6	12	18	24	30	36

مثال 3-1 :

لدينا منبع صوتي يعطي خرجاً صوتياً قدره 92 dB على بعد 1 m من المنبع . احسب سوية الصوت على بعد 8 m من المنبع .

الحل :

$$\Delta P\ (dB) = 20\ Log\ (1/d)$$

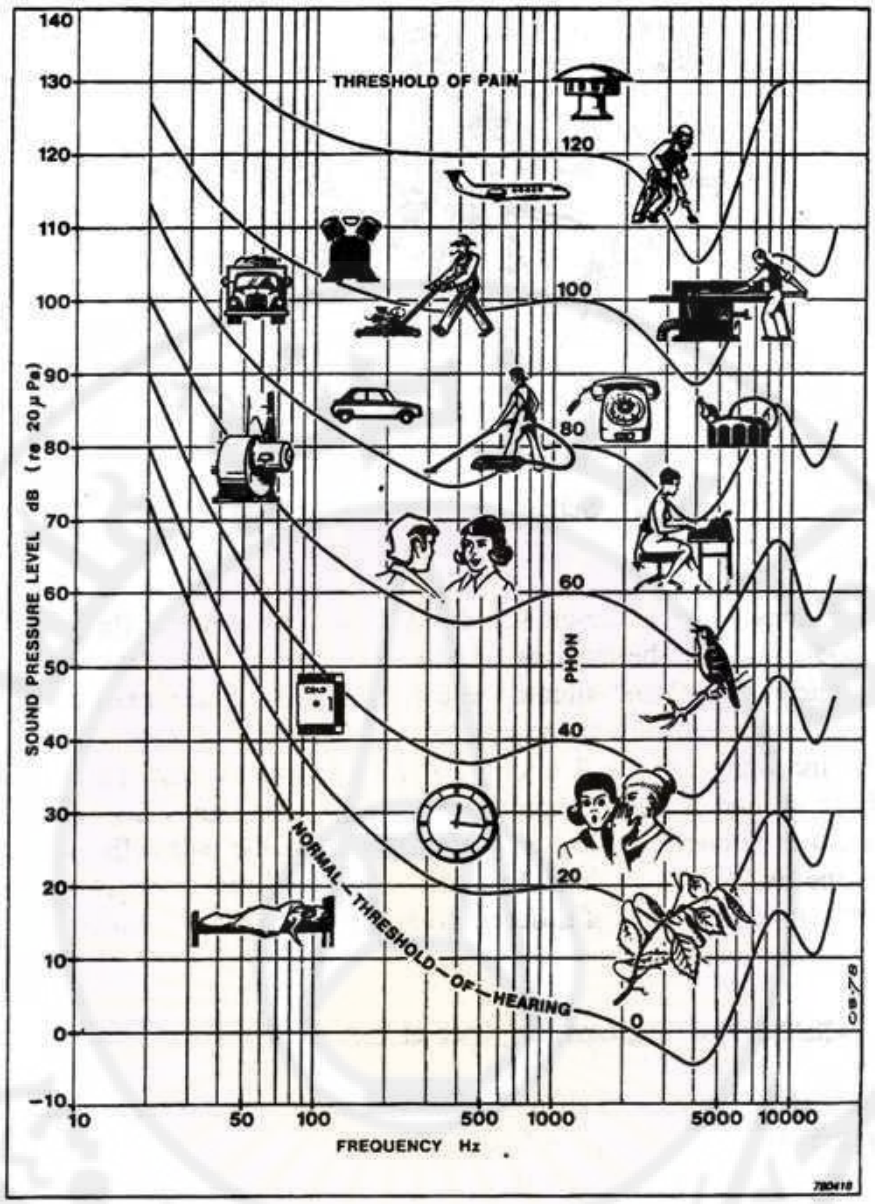
$$\Delta P\ (dB) = 20\ Log\ (1/8) = 18\ dB$$

$$P_{(dB)\ at\ 8m\ distance} = 92 - 18 = 74\ dB$$

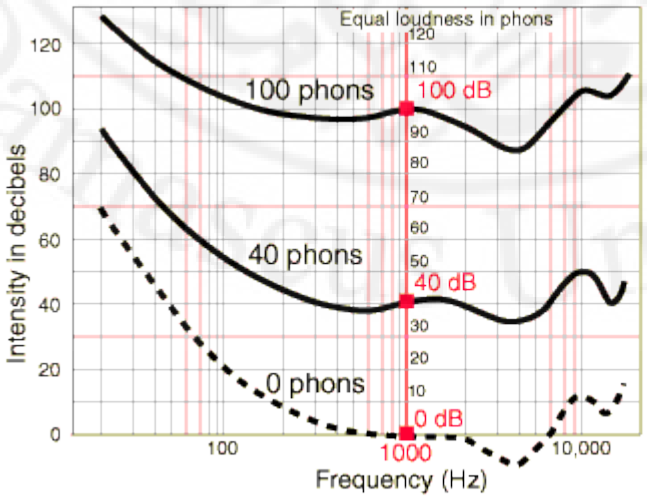
5.1. منحنيات الجهارة المتساوية (Equal Loudness contours (Phon Curves :

تتحسس أذن الإنسان للأصوات التي يتراوح ترددها بين 20 Hz و 20000 Hz ، ولكن حساسية الأذن ليست متساوية بالنسبة لكافة الترددات ، بل لها علاقة بالتردد . وتعتبر أذن الإنسان أكثر حساسية للأصوات التي ترددها حوالي 4000 Hz . والشكل (6-1) يبين العلاقة بين التردد وحساسية الأذن لمستويات مختلفة للصوت . ونرى مثلاً أنه عند تردد 1000 Hz فإن شدة الصوت بقوة 40 dB تعطي جهارة بقيمة 40 Phon . أي أن هناك تساوي بين قوة ضغط الصوت والجهارة . بينما عند تردد 100 Hz فإن شدة صوتية بمقدار 40 dB ينتج عنها جهارة صوتية بمقدار 27 Phon . بالمقابل فإن جهارة صوتية بمقدار 40 Phon تنتج عند تردد 40 Hz عن شدة صوتية قدرها 70 dB و 52 dB عند تردد 100 Hz و 40 dB عند تردد 1000 Hz و32 dB عند تردد 4000 Hz .

TARGET Consulting Engineers
SYRIA - Damascus – 0944607457 – target4_eng@yahoo.com



الشكل (**6-1**)



Example equal - loudness curves for the human ear.

القسم الثاني

انتقال الصوت في المباني ، والعزل الصوتي

Sound Transmission and Sound Insulation in Buildings

القسم الثاني : انتقال الصوت في المباني ، والعزل الصوتي

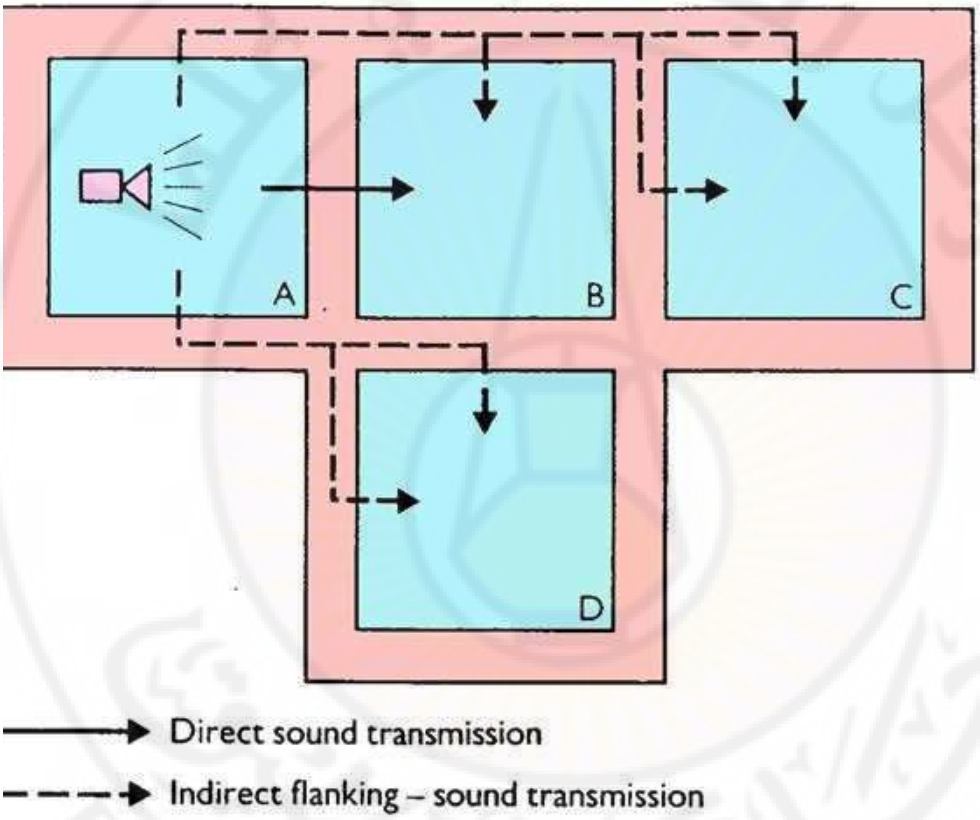
Sound Transmission and Sound Insulation in Buildings

1.2. آلية انتقال الصوت : مطلوب فقط الشرح والتعدادات دون الجداول والرسومات ودون المسائل

من المعروف أن الموجة الصوتية عند اصطدامها بحاجز فإن جزءاً منها ينعكس **r** وجزءاً ينتقل **t** وجزءاً يُمتص **a** بحيث أن :

$$r + t + a = 1$$

من حيث الانتقال فإن الصوت ينتقل في المباني بعدة طرق ، فهناك انتقال مباشر للصوت عبر الجدران ، وهناك انتقال غير مباشر للصوت عبر مسارات جانبية . والشكل (**1-2**) يوضح ذلك .



الشكل (**1-2**)

يمكن توصيف العازلية الصوتية للجدران بطريقتين :

أ. بواسطة معامل يطلق عليه اسم عامل الانخفاض الصوتي (**Sound Reduction Index**) ويرمز له بالرمز **SRI** ، أو ضياع الانتقال الصوتي (**Transmission Loss**) ويرمز له بالرمز **TL** . ووحدة القياس لهذه المعاملات هي **dB** ويعطى بالعلاقة انظر الشكل (**2-2**) :

$$SRI = TL = L_1 - L_2 \quad (dB)$$

ب. بواسطة معامل يطلق عليه معامل الانتقال (**t**) **Transmittance** وبهذه الطريقة نستخدم الشدة الصوتية (**I**) مقدرة بـ W/m^2 . ويعرف عامل الانتقال بنسبة الشدة الصوتية على طرفي الجدار ويعطى بالعلاقة :

$$t = I_2 / I_1$$

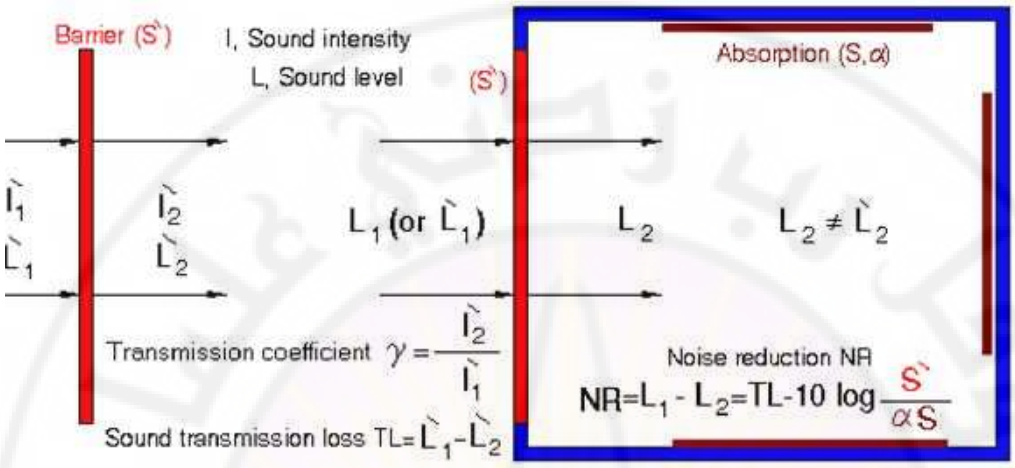
TARGET Consulting Engineers
SYRIA - Damascus – 0944607457 – target4_eng@yahoo.com

وتكون العلاقة بين عامل الانخفاض الصوتي وعامل الانتقال هي :

$$SRI = TL = 10 \log_{10}(1/\tau) \quad (dB)$$

أو :

$$\tau = 10^{-SRI/10} = 10^{-TL/10}$$



الشكل (2-2)

مثال 1-2 : لنفرض أن سوية الموجة الصوتية التي تصطدم بجدار هي 84 dB ، وسوية الصوت على الجانب الآخر من الجدار هي 66 dB احسب معامل التخفيض الصوتي ، ومعامل الانتقال للجدار .

الحل :

عامل التخفيض الصوتي للجدار SRI :

$$SRI = TL = L_1 - L_2 \quad (dB)$$

$$SRI = 84 - 66 = 18 \quad (dB)$$

عامل الانتقال للجدار τ :

$$\tau = 10^{-SRI/10} = 10^{-TL/10}$$

$$\tau = 10^{-18/10} = 0.01585$$

مثال 2-2 : لدينا جدار الضياع الصوتي له TL = 12 dB ، ماهي سوية الصوت على الجانب الآخر من الجدار علماً بأن سوية الصوت على الجانب المواجه للموجة الصوتية هو 76 dB .

الحل :

$$SRI = TL = L_1 - L_2 \quad (dB)$$

$$12 = 76 - L_2$$

$$L_2 = 76 - 12 = 64 \text{ dB}$$

2.2. عامل الانتقال الصوتي لجدار مركب :

يتم حساب عامل الانتقال الوسطي لجدار مركب وفقاً للخطوات التالية :

1. يجري حساب عامل الانتقال لكل جزء من أجزاء الجدار من عامل الانخفاض الصوتي له .
2. يجري حساب عامل الانتقال المتوسط للأجزاء المكونة للجدار τ_{AV} من العلاقة :

$$\tau_{AV} = (\tau_1 A_1 + \tau_2 A_2 + \tau_3 A_3 + \dots\dots\dots) / (A_1 + A_2 + A_3 + \dots\dots)$$

حيث A_1 , A_2 , A_3 المساحات الجزئية للجدار .

3. يجري حساب عامل الانخفاض الصوتي الوسطي من عامل الانتقال المتوسط .

مثال 3-2 :

لدينا جدار فاصل مساحته $10\ m^2$ ، ويتكون من جدار آجري عامل التخفيض الصوتي له 51 dB ويحتوي الجدار على شباك زجاجي مساحته $2\ m^2$ وعامل التخفيض الصوتي له 18 dB احسب عامل التخفيض الصوتي لكامل الجدار .

الحل :

حساب عامل الانتقال الصوتي τ_B للآجر:

عامل التخفيض الصوتي $SRI = TL = 10 \log_{10}(1/\tau)$ (dB)

$$51 = 10 \log_{10}(1/\tau_B)$$

$$\rightarrow \tau_B = 10^{-51/10} = 7.9 \times 10^{-6}$$

حساب عامل الانتقال للجدار τ_w :

$$\tau_w = 10^{-SRI/10} = 10^{-TL/10}$$

$$\tau_w = 10^{-18/10} = 1.6 \times 10^{-2}$$

حساب عامل الانتقال الوسطي τ_{AV} :

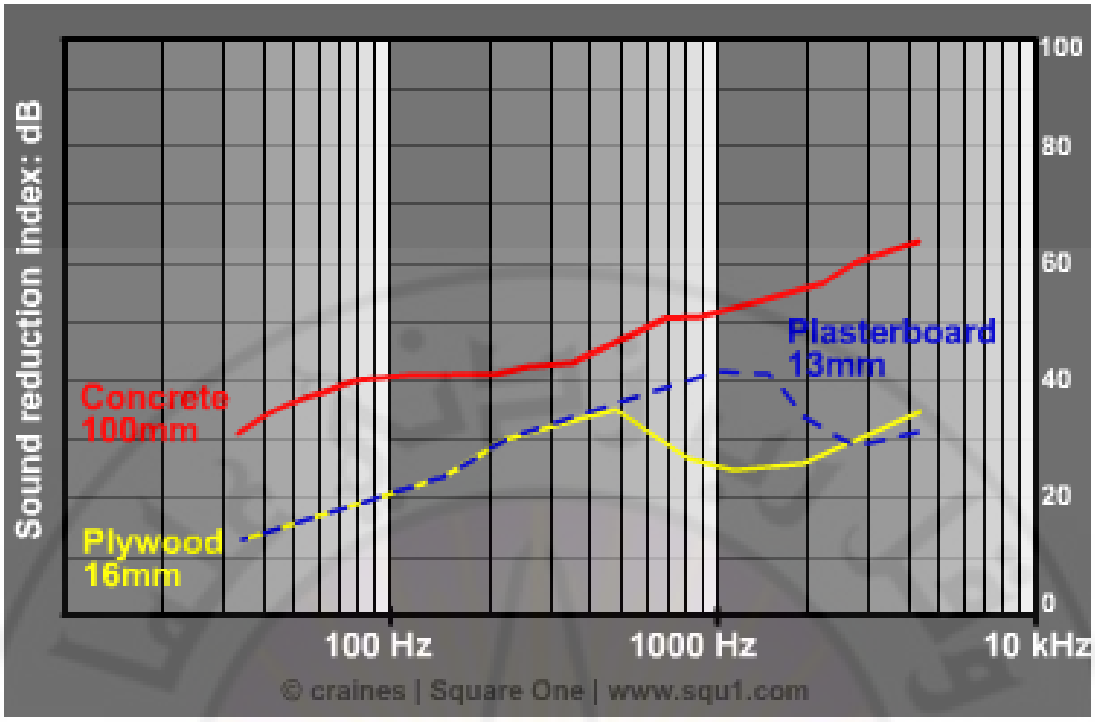
$$\tau_{AV} = (\tau_1 A_1 + \tau_2 A_2 + \tau_3 A_3 + \dots\dots\dots) / (A_1 + A_2 + A_3 + \dots\dots)$$

$$\tau_{AV} = (8 \times 7.9 \times 10^{-6} + 2 \times 1.6 \times 10^{-2}) / 10 = 3.206 \times 10^{-3}$$

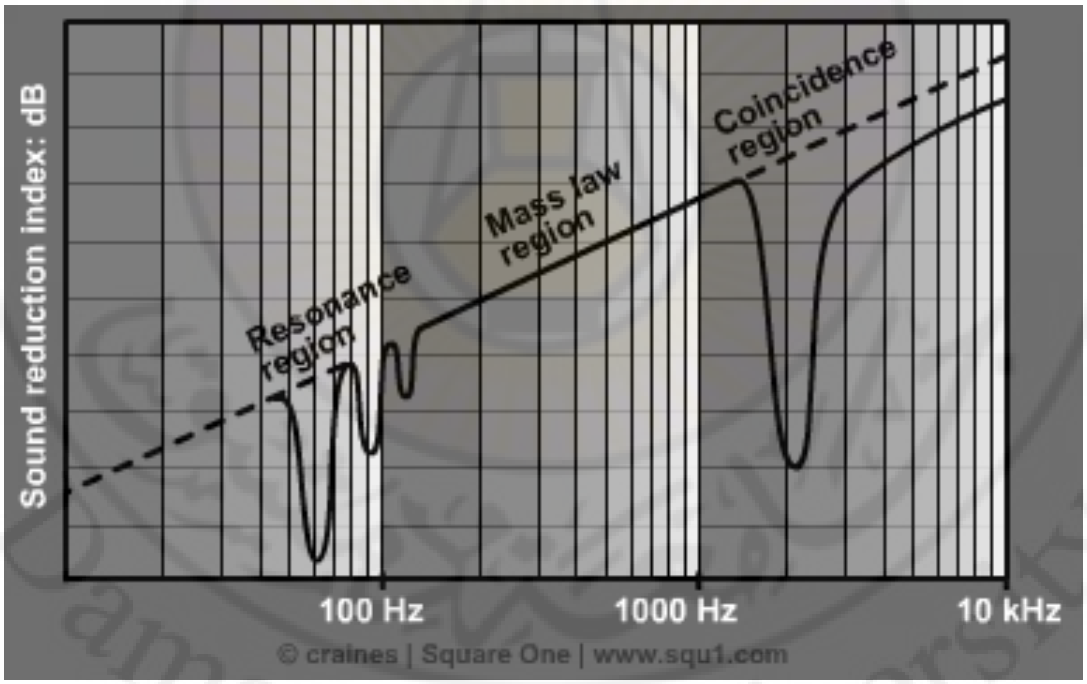
3.2. اثر التردد على عامل التخفيض الصوتي :

بشكل عام فإنه كلما زاد التردد كلما زاد عامل التخفيض الصوتي . وحسب الشكل (3-2) فإن عامل التخفيض الصوتي لجدار بيتوني سماكة 100 mm عند تردد 100 Hz هو 40 dB ، بينما عند تردد 1000 Hz أصبح 50 dB .

مع ذلك فعند الترددات المنخفضة تخضع بعض السطوح وبشكل سهل لاهتزازات الطنين (Resonance) عند ترددها الطبيعي مما يؤدي إلى انخفاض كبير في عامل التخفيض الصوتي ، بنفس الوقت هناك مواد تخضع عند الترددات العالية لظاهر اسمها ظاهرة التطابق (Coincidence) بين طول الموجة الساقطة ونتوءات الاهتزازات التي تحدث على سطح الجدار ، في هذه الحالة ينخفض ايضاً عامل التخفيض الصوتي بشكل ملحوظ انظر الشكل (4-2) .



الشكل (2-3)



الشكل (2-4)

4.2. أثر خاصة المادة على عامل التخفيض الصوتي :

هناك ثلاثة خصائص للمادة تؤثر على عامل التخفيض الصوتي :

أ. **الكثافة الكتلية (Mass) :** فكلما زادت كتلية المادة كلما زاد عامل التخفيض الصوتي ، فمثلاً مضاعفة الكثافة الكتلية لسطح المادة (الكتلة على السطح) يؤدي إلى زيادة عامل التخفيض الصوتي بمقدار 6 dB حسب العلاقة :

مثالي	$SRI = TL = 20 \log_{10}(M)$ (dB)
حقيقي	$SRI = TL = 17 \log_{10}(M)$ (dB)

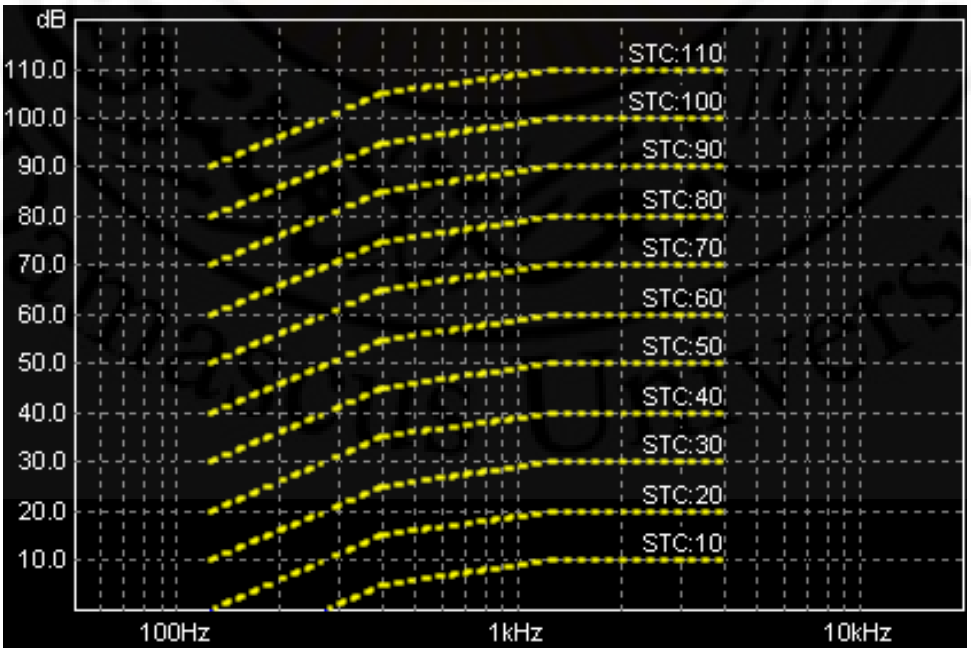
ب. الصلادة (Stiffness) : كلما زادت الصلادة كلما قل عامل التخفيض الصوتي .

ت. التخامد (Damping) : وهو عبارة عن خاصية لها علاقة بقدرة المادة على تخميد الاهتزازات السطحية ، فكلما كان التخميد أكبر كلما تحسن عامل التخفيض الصوتي .

وبشكل عام تعتبر المواد الجيدة العازلة للصوت هي المواد ذات الكثافة الكتلية العالية والصلادة المنخفضة ، ومع ذلك فهناك مواد مثل الخشب المعاكس (Polwood) عازليته الصوتية عالية مع أن كثافته الكتلية منخفضة وصلادته عالية .

2.5. تصنيف درجة الانتقال الصوتي للمواد (Sound Transmission Class "STC") : (رقم العزل الصوتي)

التصنيف عبارة عن رقم بالديسيبل يدل على مقدار عازلية المادة لانتقال الصوت من جانب إلى جانب آخر للجدار ، وكلما ارتفع الرقم كلما زادت العازلية الصوتية ، مع العلم بأن رقم تصنيف الانتقال الصوتي يتأثر بتردد الموجة الصوتية . ونرى في الشكل (5-2) أنه عند التردد 1000 Hz فإن مقدار العزل الصوتي الفعلي للمادة يتطابق مع رقم العزل الصوتي لها ، بينما عند الترددات المنخفضة الأقل من 1000 Hz فإن رقم العزل الصوتي للمادة يتدنى بتناقص تردد الموجة الصوتية . والشكل (6-2) يبين رقم العزل الصوتي "STC" لعدة أنواع من تشكيلات الجدران ، ونرى أن إحداث فراغ هوائي بين طبقتي الآجر يحسن العازلية الصوتية . ولتجنب ظاهرة الطنين في الفراغ الصوتي يفضل إملاء الفراغ بمادة مسامية ماصة للصوت ، أو جعل الفراغ الهوائي بعرض لايقل عن 100 mm .



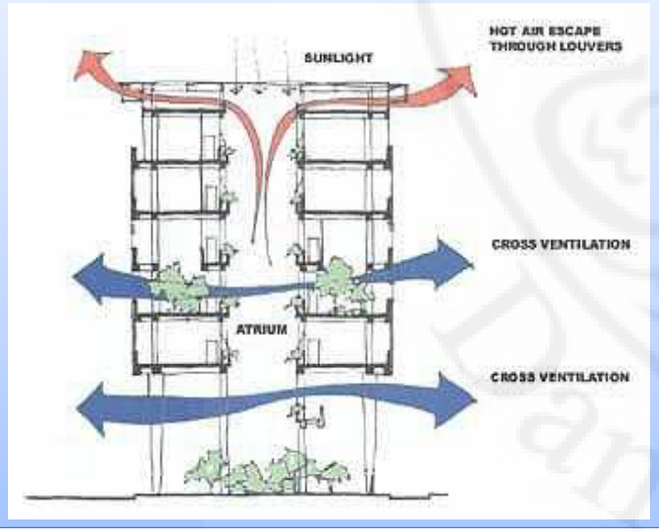
الشكل (5-2)

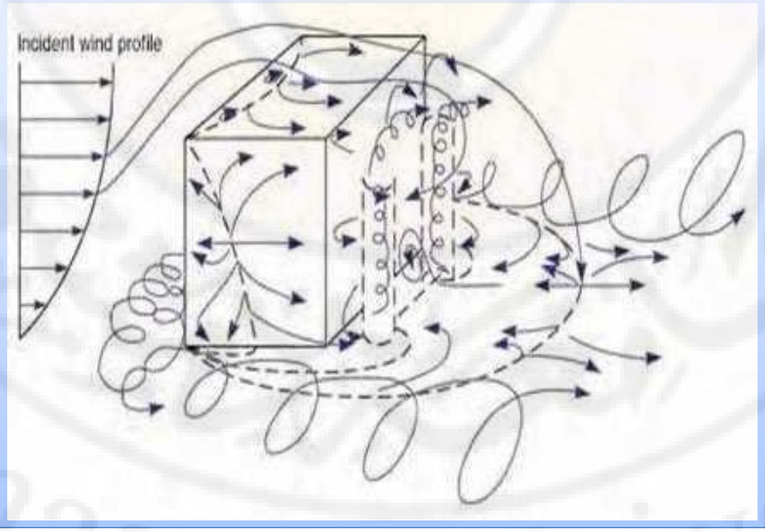
فيزياء المباني

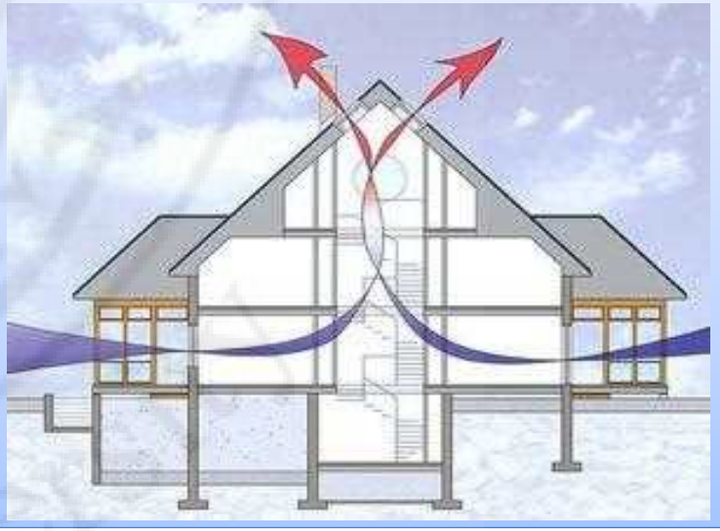


Ventilation

التهوية Ventilation







د. كنده الموصلي

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

معادلة التوازن للحرارة العامة (مبسطة)



Q: طلب التدفئة / التبريد

Q_T: نقل الحرارة بالإرسال

Q_V: نقل الحرارة بالتهوية

Q_i: المكاسب الداخلية

Q_s: الكسب الشمسي

η: كفاءة المكاسب (وظيفة الكتلة الحرارية)

الافتراضات η الأساسية لحساب الفقدان الحراري

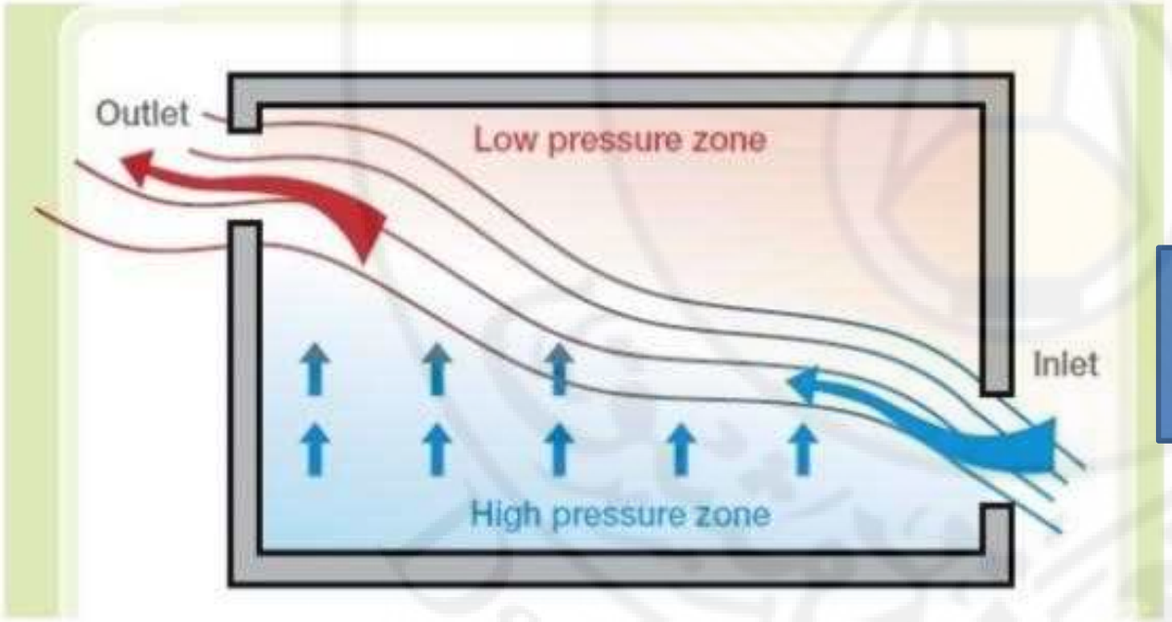
نوع البناء	n
كبير	1
وسط	0.97
خفيف	0.9

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية :

تدفق الهواء الطبيعي يكون بسبب فرق الضغط : حيث يتدفق الهواء من منطقة ذات ضغط مرتفع إلى منطقة ذات ضغط منخفض .



ضغط مرتفع ← ضغط منخفض

Ventilation

التهوية :



ρ_a ...Density of air ($kg.m^{-3}$) كثافة الهواء

c_a ... Specific heat capacity of air ($J.kg^{-1}.K^{-1}$) قدرة الحرارة المحددة للهواء

V_n...Ventilated net zone volume$(m)^3$ حجم منطقة التهوية الصافية

n... Air change rate$(h)^{-1}$ معدل تغير الهواء

Mass transfer

نقل الكتلة

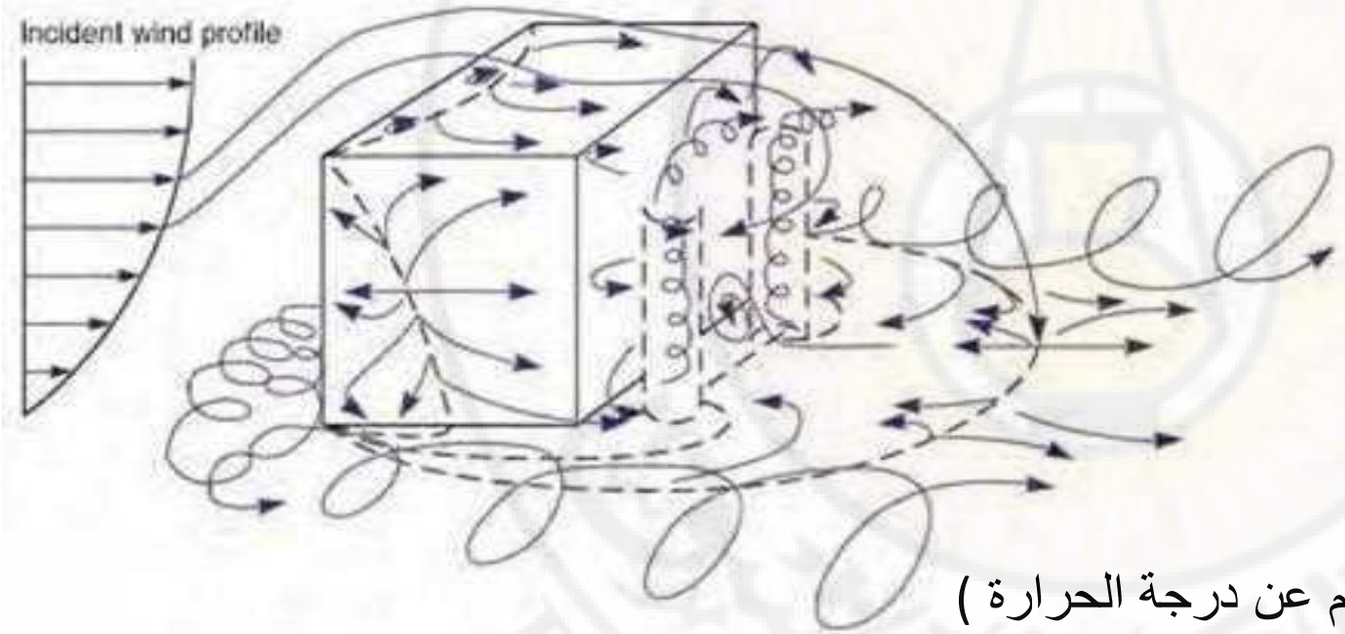


Mass transfer

نقل الكتلة

الهواء

الهواء



- تدفق الهواء في البناء:
- التهوية المتعمدة
- تسرب الهواء

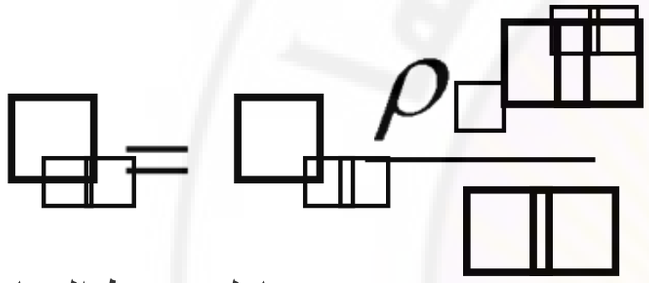
- القوى الدافعة :
- ضغط الرياح
- الضغط المكدس(الناجم عن درجة الحرارة)
- الأجهزة الميكانيكية مثل المراوح

Mass transfer

نقل الكتلة

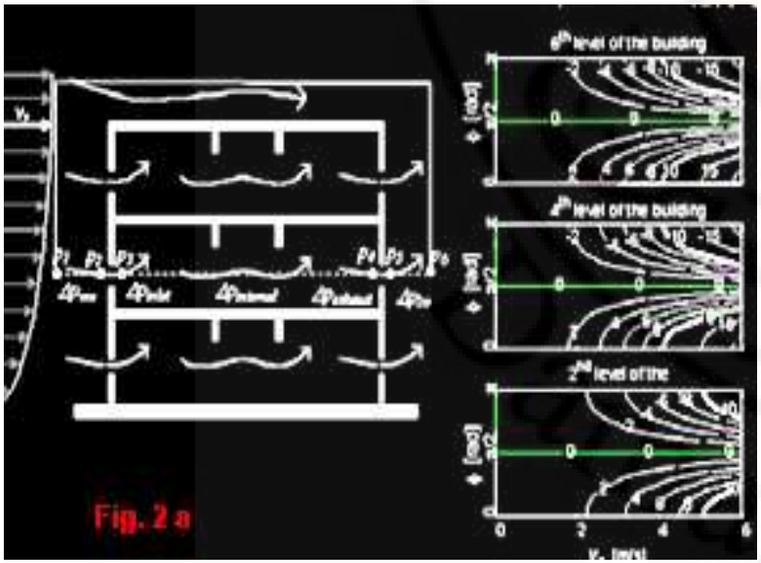
ضغط الرياح على سطح المبنى :

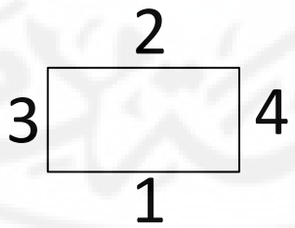
مثال لمبنى منخفض الارتفاع



C_p معامل ضغط الرياح

v سرعة الرياح من مصدر مرتفع [$m \cdot s^{-1}$]



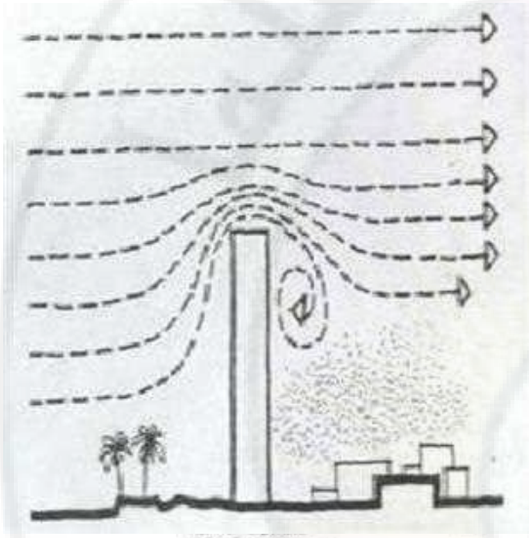


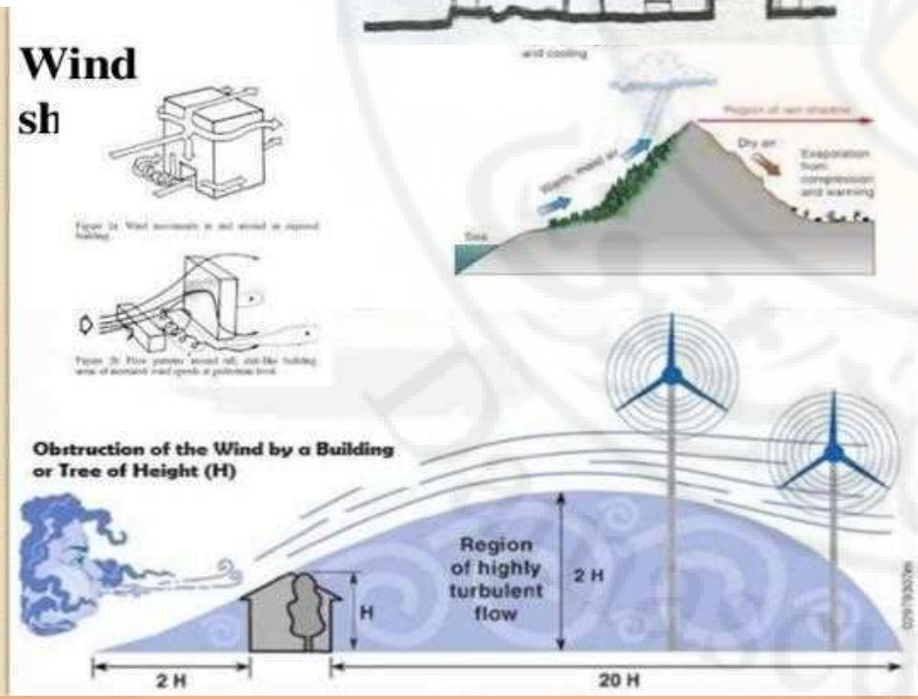
Surface	C_p
Wall 1	0.4
Wall 2	0.2-
Wall 3	0.3-
Wall 4	0.3-
Roof)front; rear: pitch angle <(10°	0.6-
Roof (front; rear: pitch angle between10° and (30°	0.35-
Roof (front; pitch angle > (30°	0.3
Roof (rear: pitch angle > (30°	0.5-

Mass transfer

نقل الكتلة

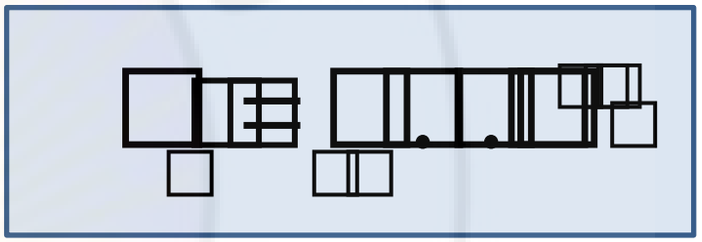






الرياح

ارتفاع مرجعي لسرعة الرياح : ارتفاع المبنى



U_m = سرعة الرياح , محطة الطقس على ارتفاع 10 m $[m \cdot s]^{-1}$

U_z = سرعة الرياح عند ارتفاع المبنى

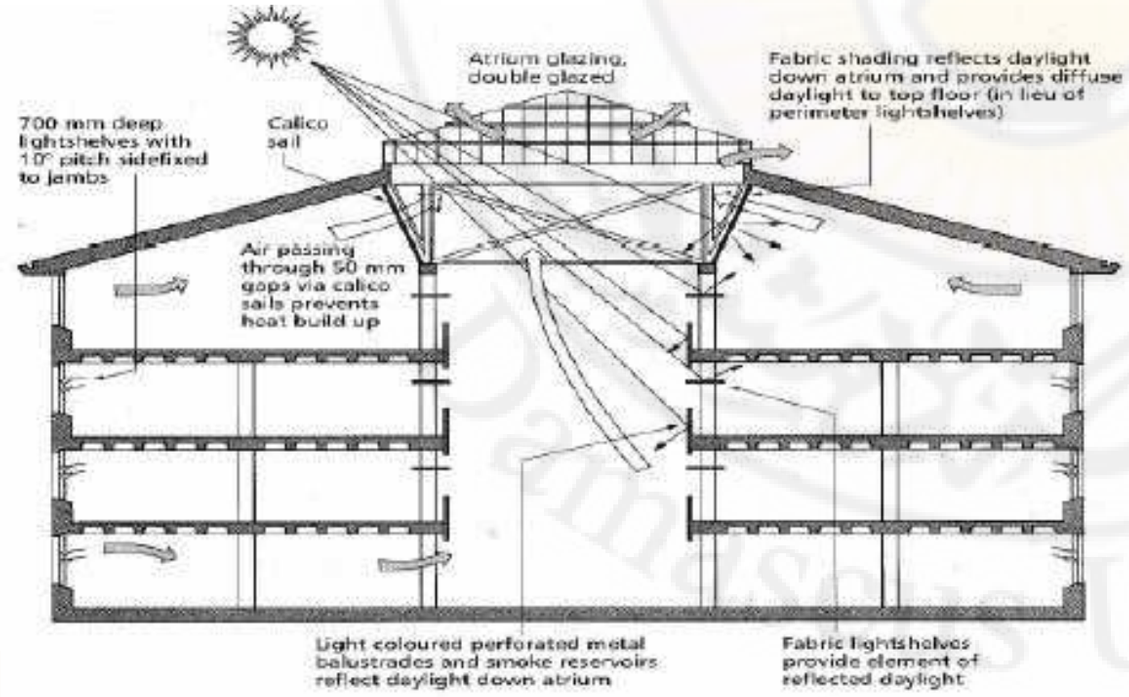
عامل التضاريس	k	a
بلد مسطح –مفتوح	0.68	0.17
البلد +فواصل الرياح المنتشرة	0.52	0.20
الحضر	0.35	0.25
المدينة	0.21	0.33

Mass transfer

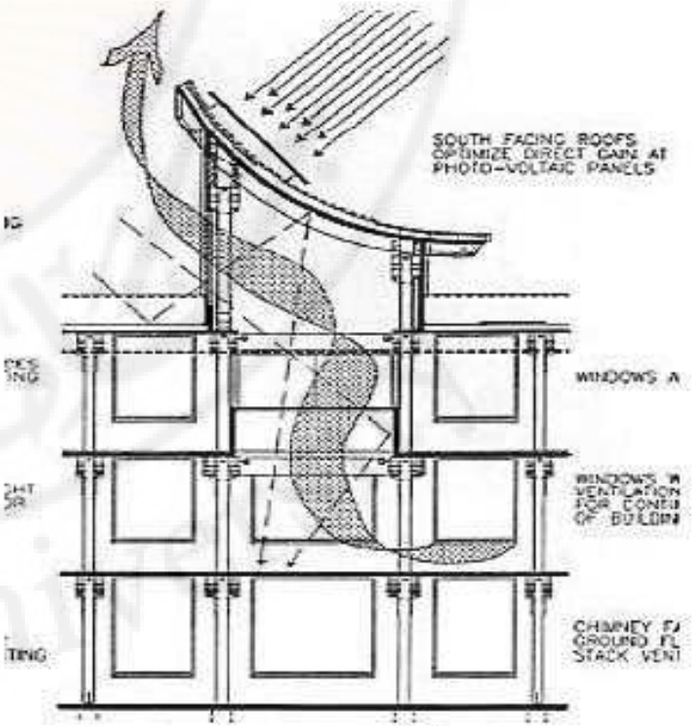
نقل الكتلة

تأثير الحزمي (stack effect):

- هو حركة الهواء نحو داخل أو خارج المباني، المداخن أو غيرها من الحاويات، الناتجة عن **تدفق أو تيار هوائي** والذي يحدث بسبب **الاختلاف في كثافة الهواء الداخلي والخارجي الناتجة عن الاختلاف بدرجة الحرارة و الرطوبة.**
- والنتيجة هي إما قوى تدفق سلبية أو إيجابية، حيث في الطقس البارد يتم الاحساس به كتدفق للهواء البارد إلى داخل المبنى، وفي الطقس الحار يتم الاحساس به كتدفق للهواء الساخن خارج المبنى.
- كلما كان الاختلاف الحراري وارتفاع المنشأة أكبر، كلما كانت قوة التدفق أكبر، وبالتالي يكون تأثير التكديس أكبر. يطلق أيضا على تأثير التكديس "تأثير المدخنة"، **ويمكن الاستفادة منه بشكل كبير ضمن استراتيجيات التهوية السلبية والتصميم السلبي.**



(b)

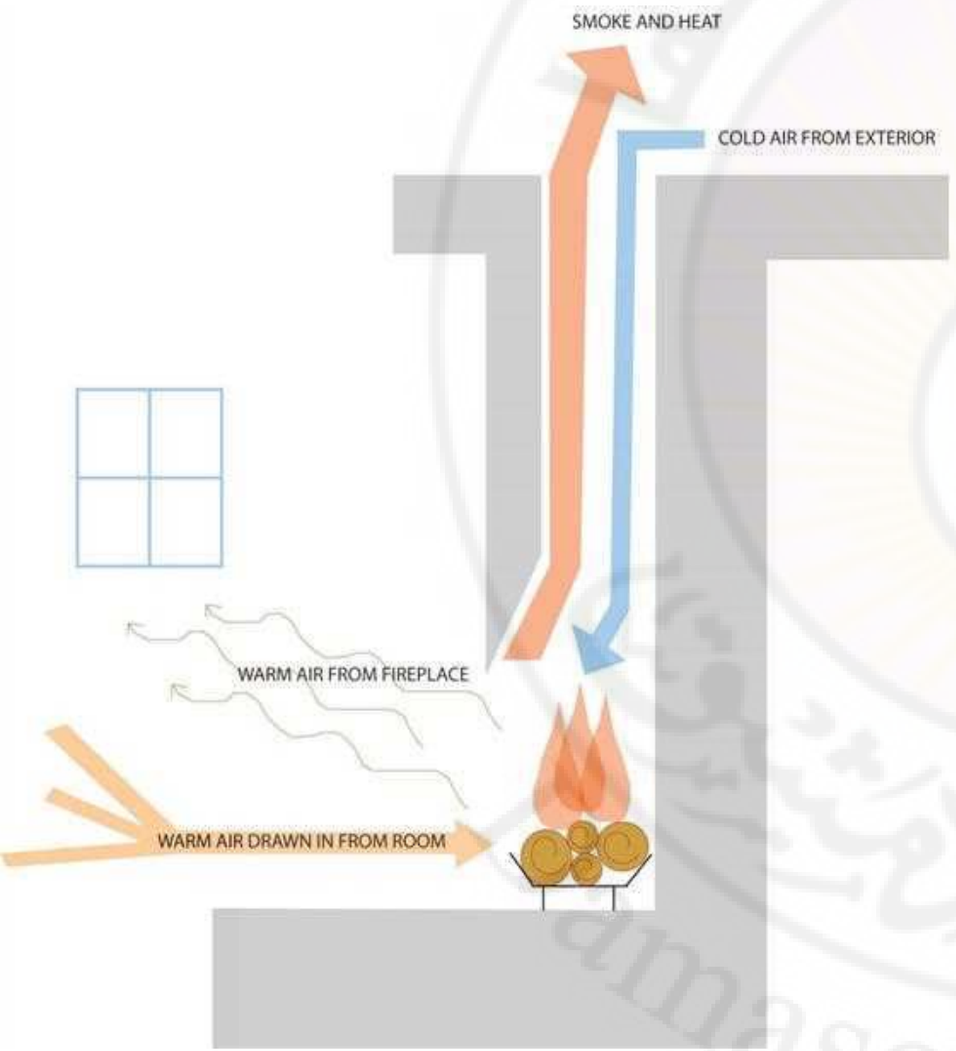


(a)

التهوية:

تدفق الهواء الطبيعي يكون بسبب فرق الضغط: يتدفق من منطقة ذات ضغط مرتفع إلى منطقة ذات ضغط منخفض.

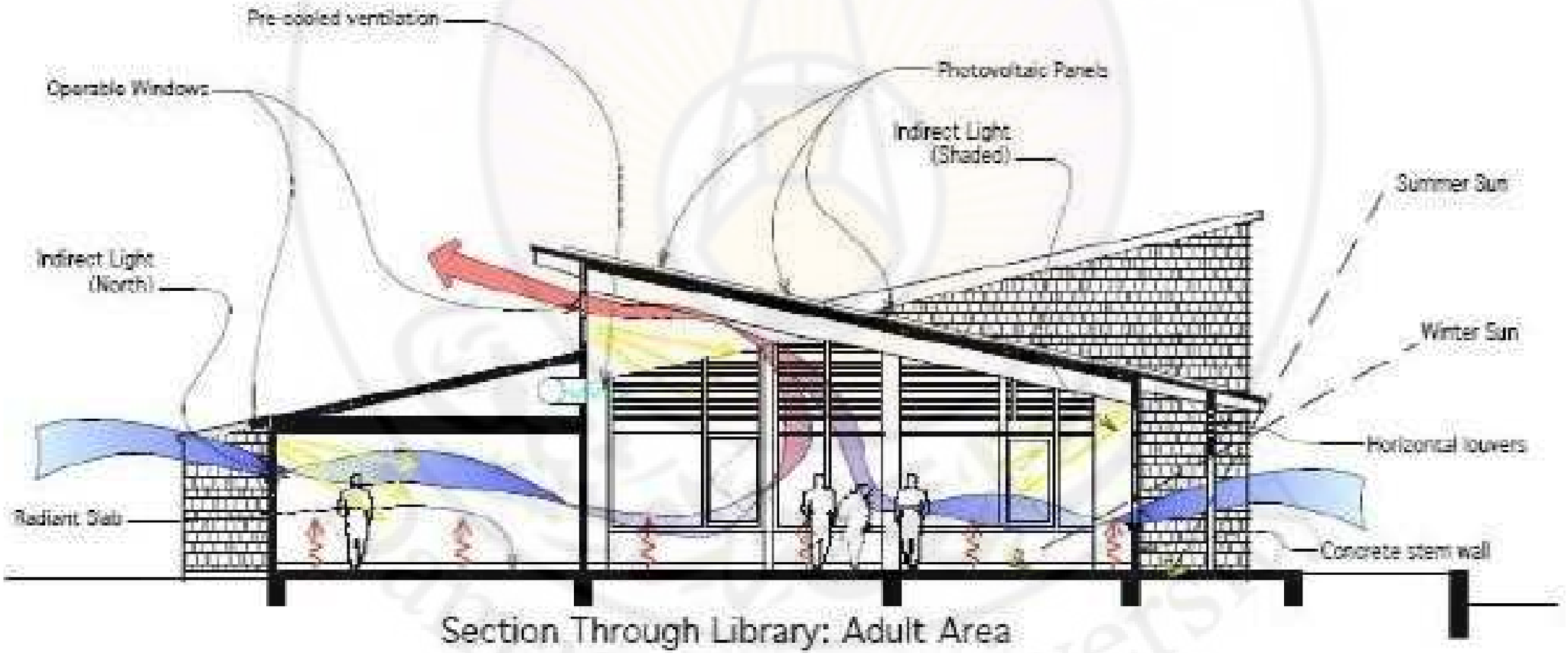
فروق الضغط سببها :



- التأثير الحزمي يحدث عندما يكون الهواء داخل حزمة شاقولية أدفأ من الهواء في الخارج (بشرط وجود فتحات كمداخل ومخارج).
- الهواء الدافئ يرتفع ويستبدل في أسفل الحزمة بهواء خارجي أبرد. المثال الجيد على ذلك هو مدخنة الشومينيه: عندما تسخن، تسبب سحابة سوداء ضخمة. فتحات التهوية تستخدم غالبا للحمامات الداخلية أو المراحيض، التي تكون ناجحة جدا في المناخ البارد.

التهوية:

- التأثير الحزمي يحدث أيضا ضمن غرفة ذات ارتفاع كبير، إذا كان لديها مخرج عالي ومدخل منخفض.

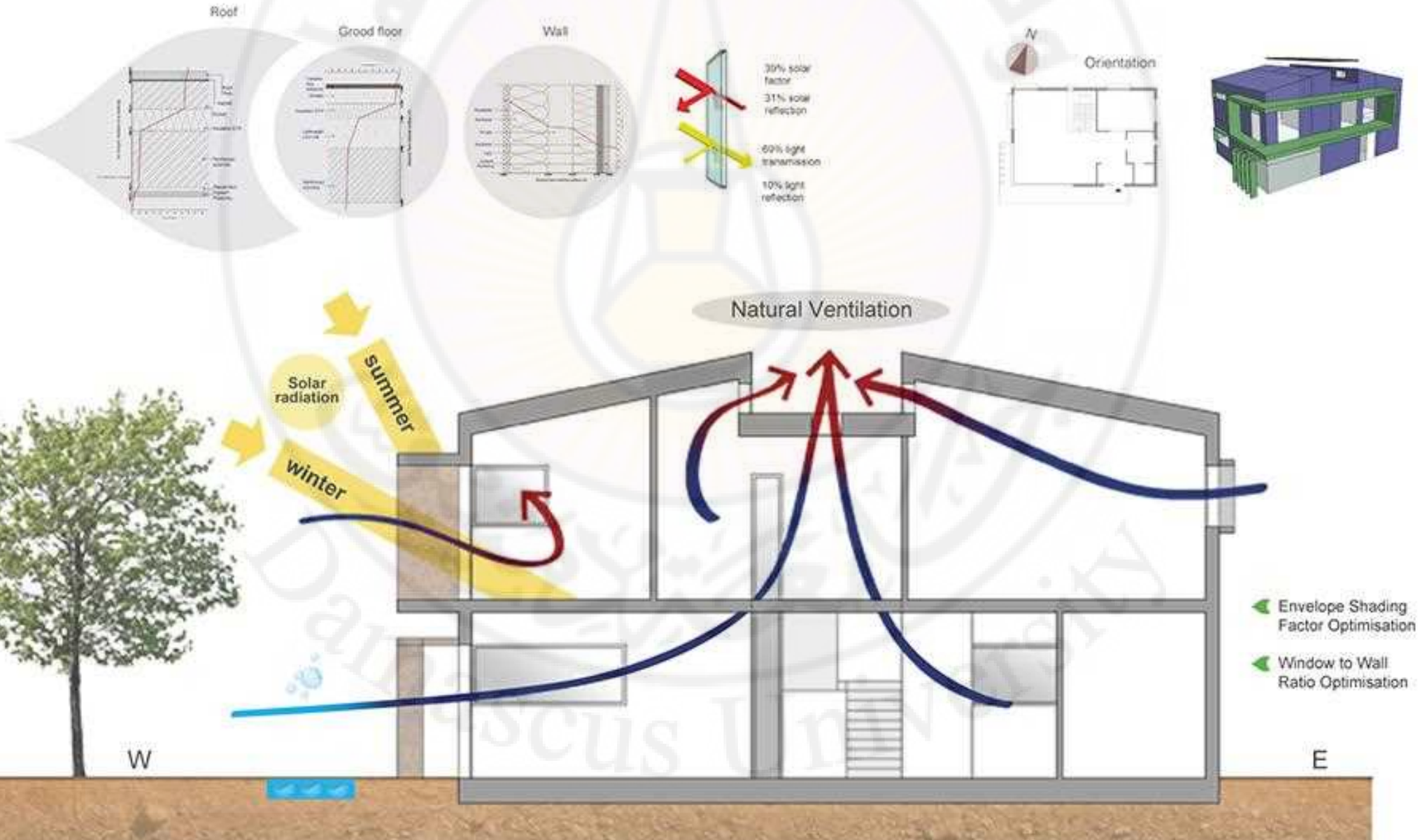


Section Through Library: Adult Area

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

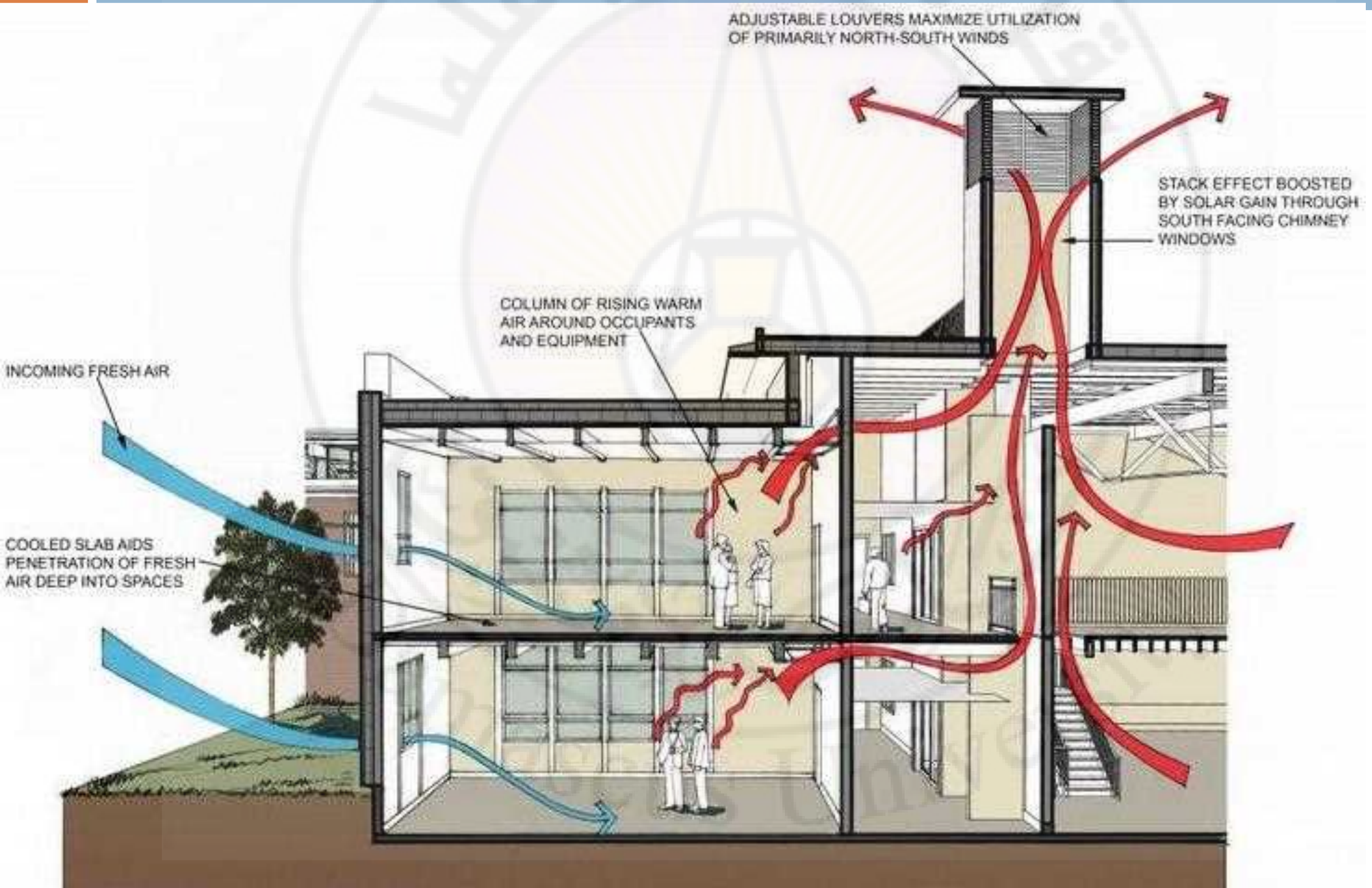
التهوية:



Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:



Mass transfer

نقل الكتلة



(a)



(b)

تطبيقات أبراج التهوية بتأثير الحزمي في (a) جامعة (De Montfort) و(b) مكتبة لانشيستر، انكلترا

Mass transfer

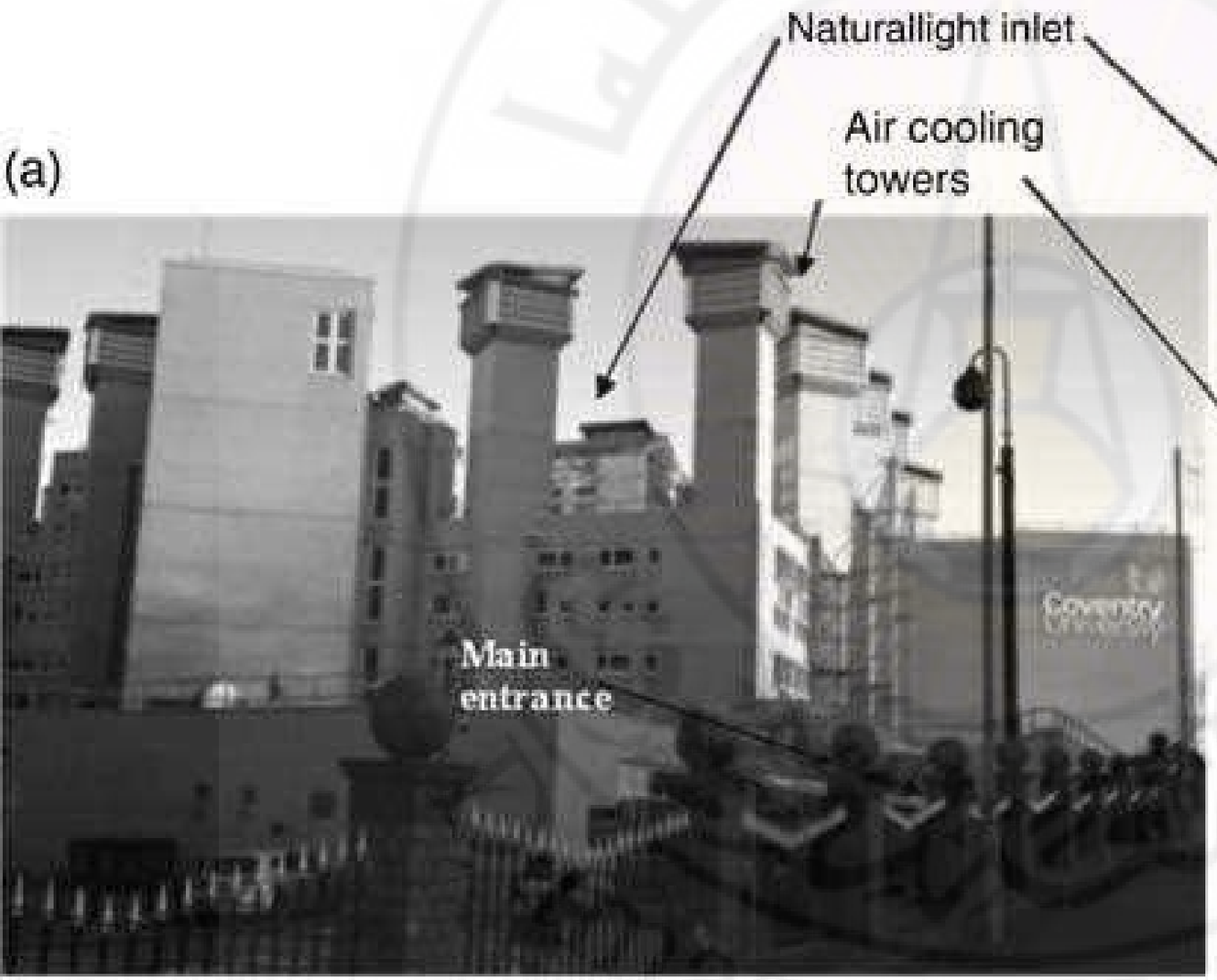
نقل الكتلة

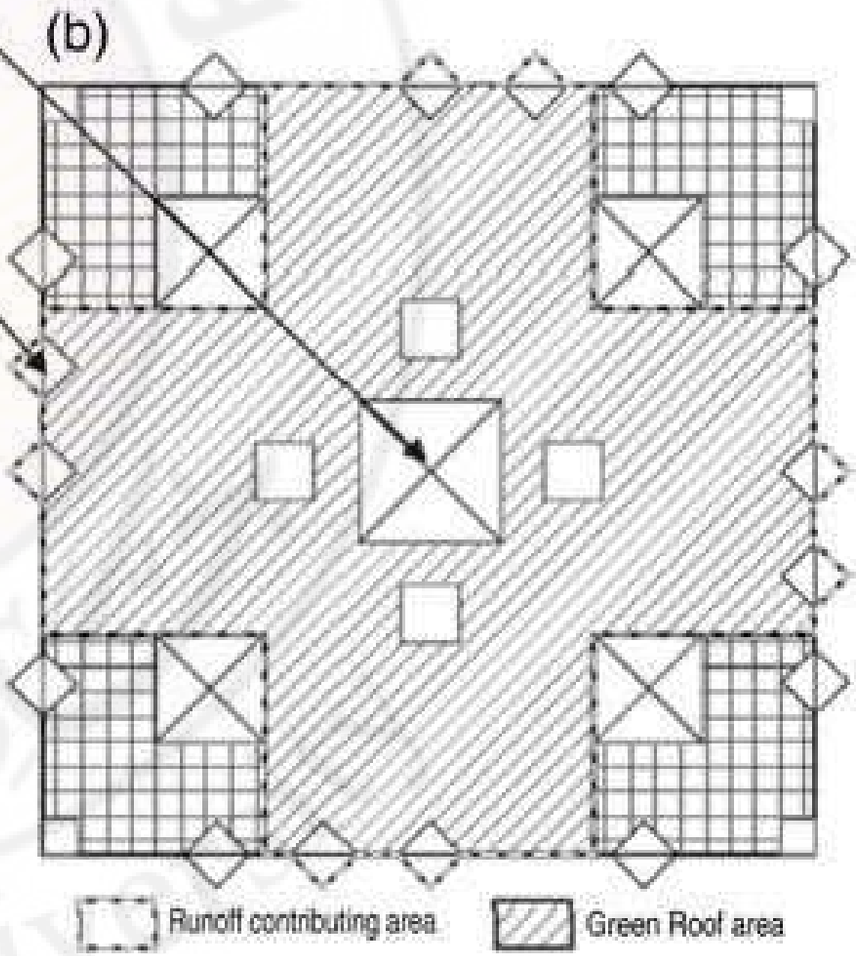


مكتبة لانشيستر، انكلترا

Mass transfer

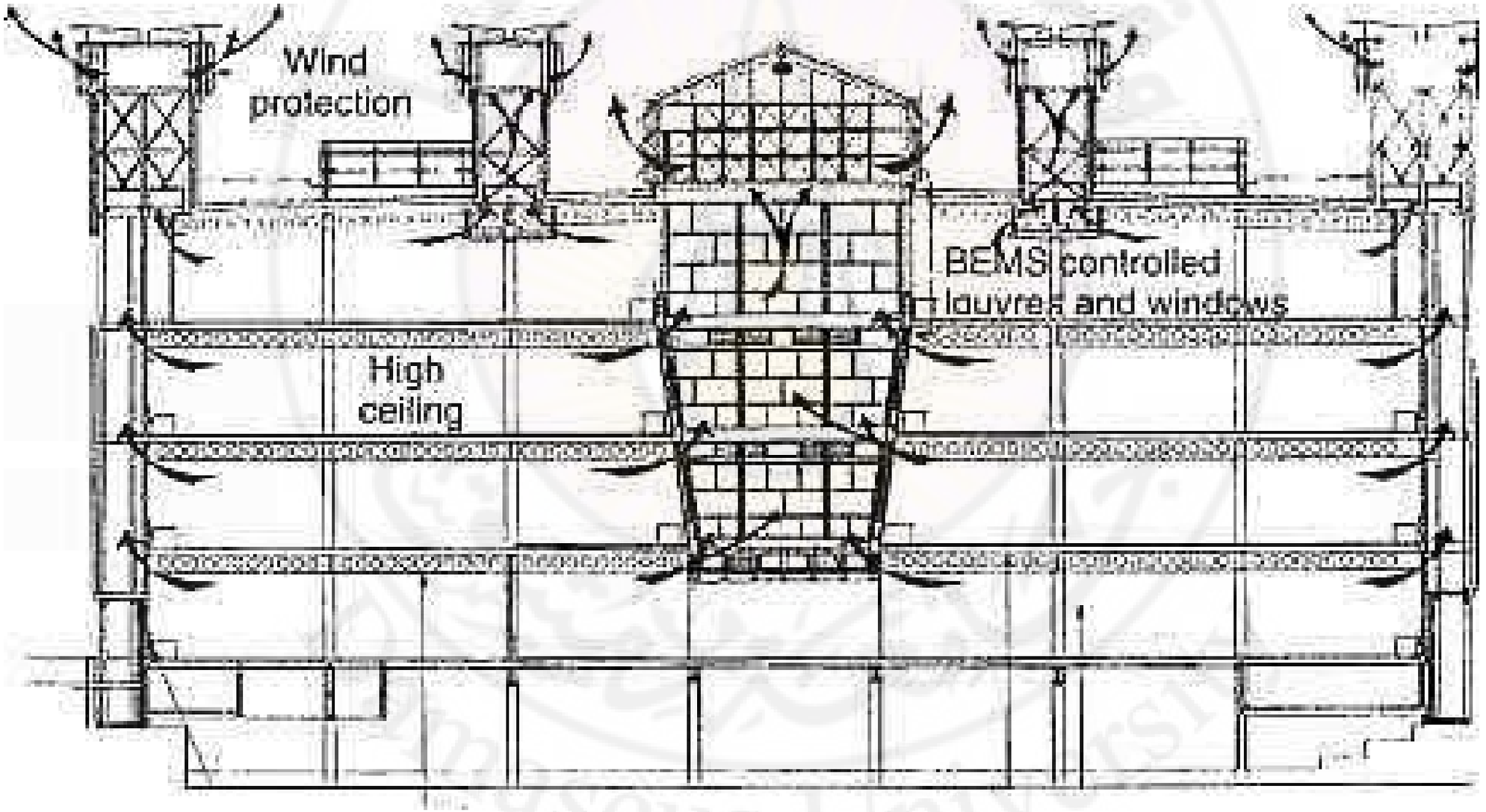
نقل الكتلة





Mass transfer

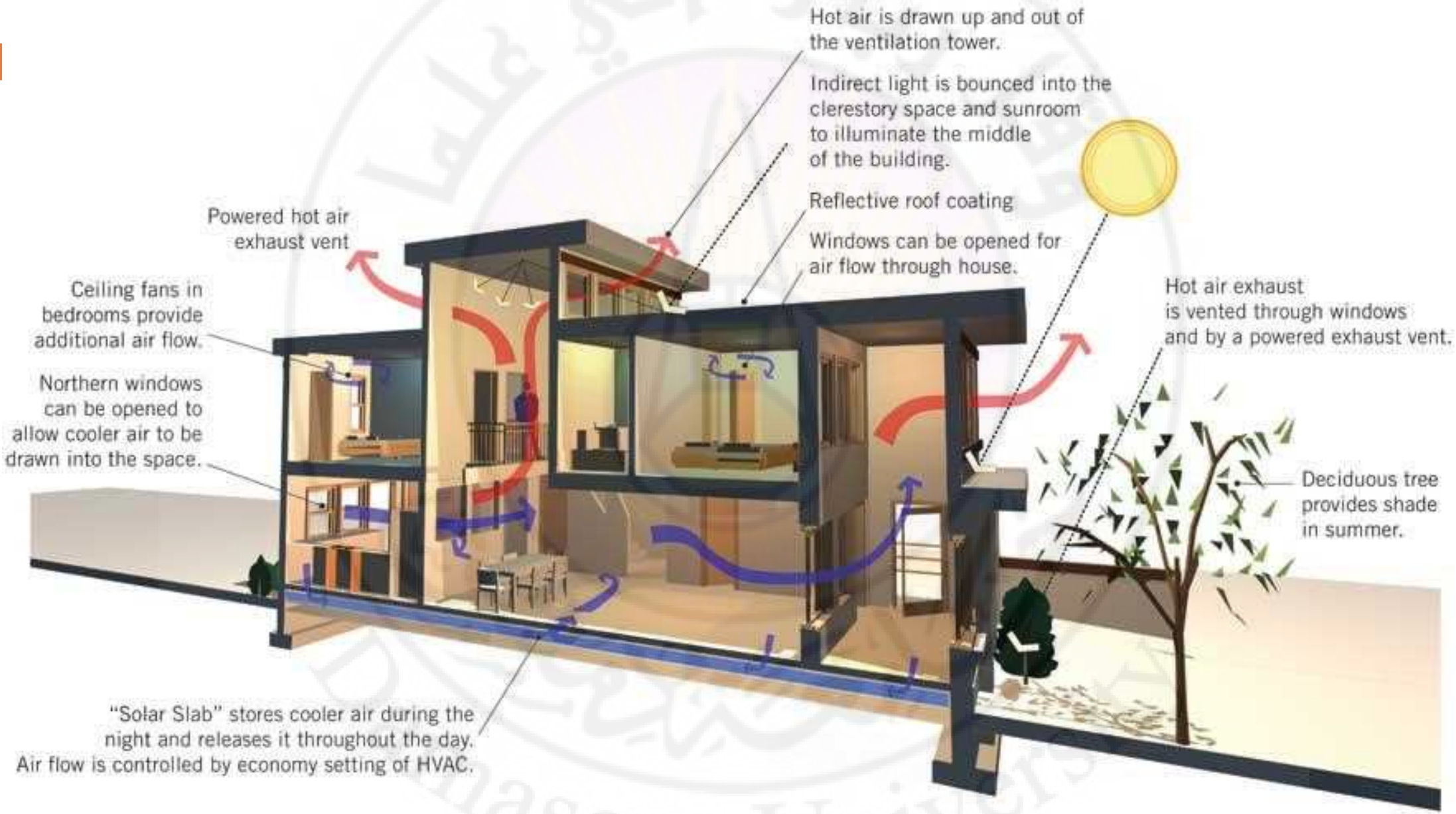
نقل الكتلة



Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

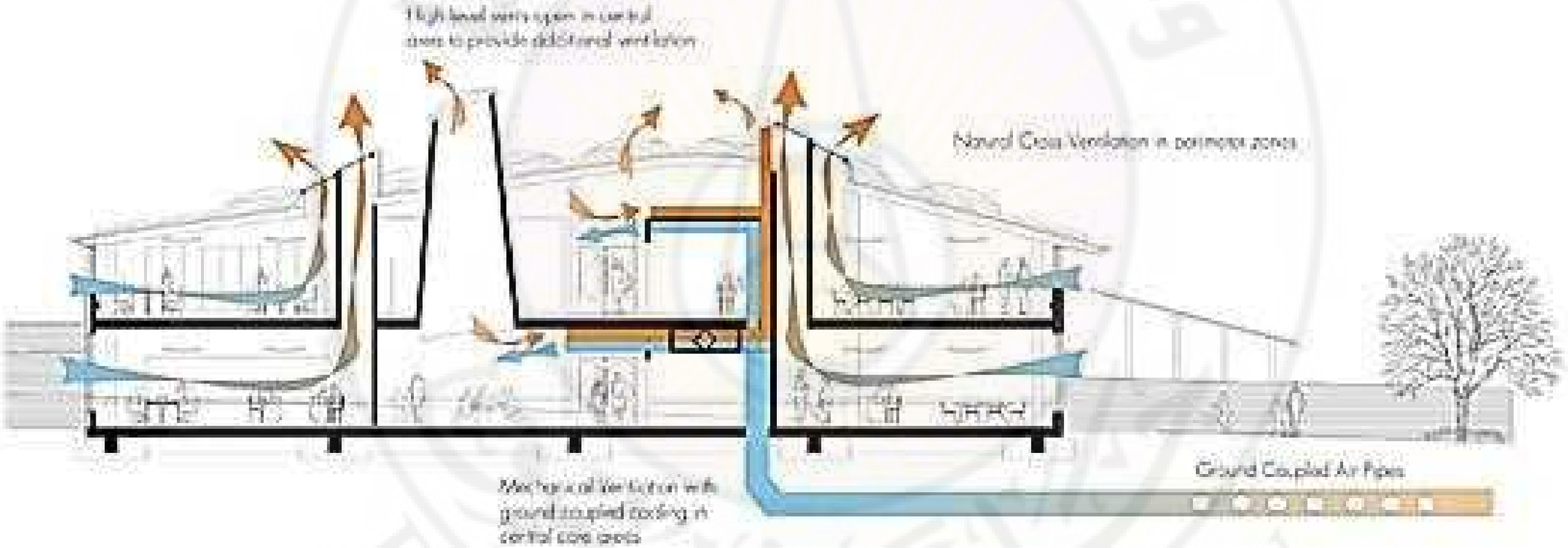
التهوية:



Building Heat Transfer

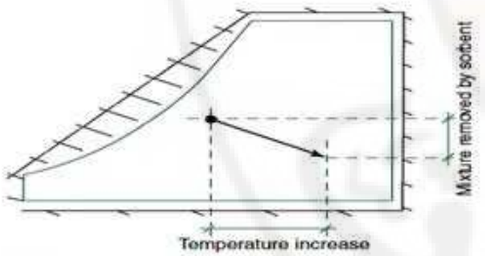
نقل حرارة البناء

التهوية:

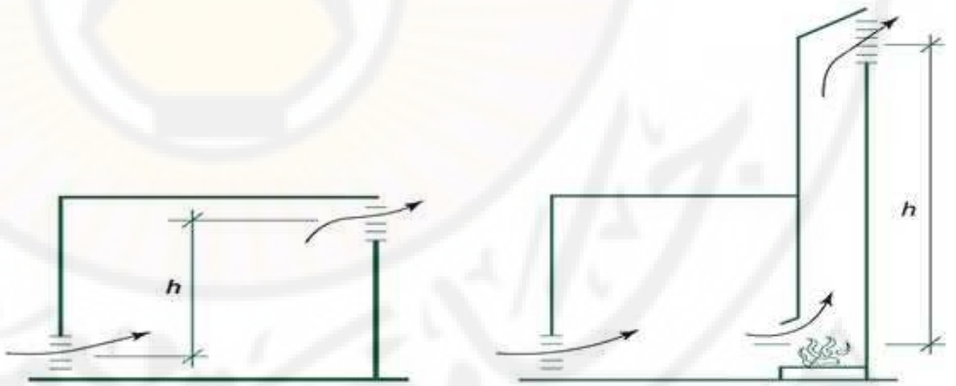


التهوية:

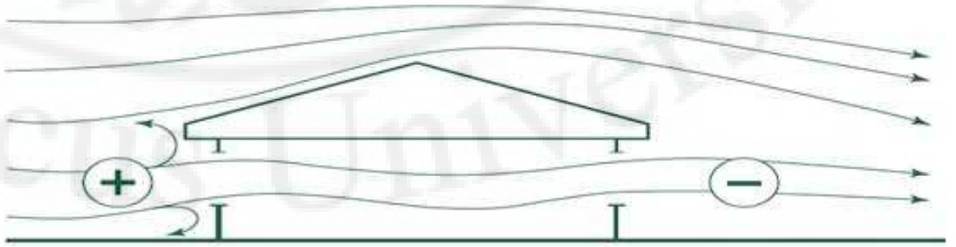
- سيكون تدفق الهواء متناسبا مع فرق الارتفاع بين فتختي المدخل والمخرج ومع فرق الحرارة بين الهواء داخل الحزمة (أو هواء الغرفة) والهواء في الخارج في الأبنية ذات الارتفاع المنخفض عندما يكون التأثير الحزمي صغير جدا، لكن مثلا في بيت الدرج لبناء متعدد الطوابق يمكن أن تتطور كمدخنة الهواء، لذلك لن يكون هناك تدفق هواء، أو إذا كانت مدخنة الهواء أكثر برودة، يمكن أن تنتج لأسفل.
- وهناك حالة خاصة التي يمكن اعتبارها بمثابة "تعزيز تأثير المدخنة" هو **المدخنة الشمسية**، حيث يتعرض جانب واحد على الأقل من المكدس لأشعة الشمس، ولها معامل امتصاص عالية. سيكون هذا ساخنا، فإنه مع ارتفاع درجات الحرارة في الهواء في الداخل، وبالتالي يتم زيادة الفرق في درجة الحرارة بين الداخل والخارج، وهذا بدوره سيزيد من تدفق الهواء.
- **آثار الرياح** عادة ما تكون أقوى بكثير. على الجانب المواجه للريح من مبنى وتطوير حقل الضغط الايجابي، حيث أن الضغط يتناسب مع مربع السرعة. وفي الوقت نفسه، (خفض) حقل الضغط السلبي قد وضع على الجانب المواجه للريح والفرق بين الضغطين يمكن أن يكون قوي جدا عبر التهوية



1.14.
Adiabatic dehumidification.



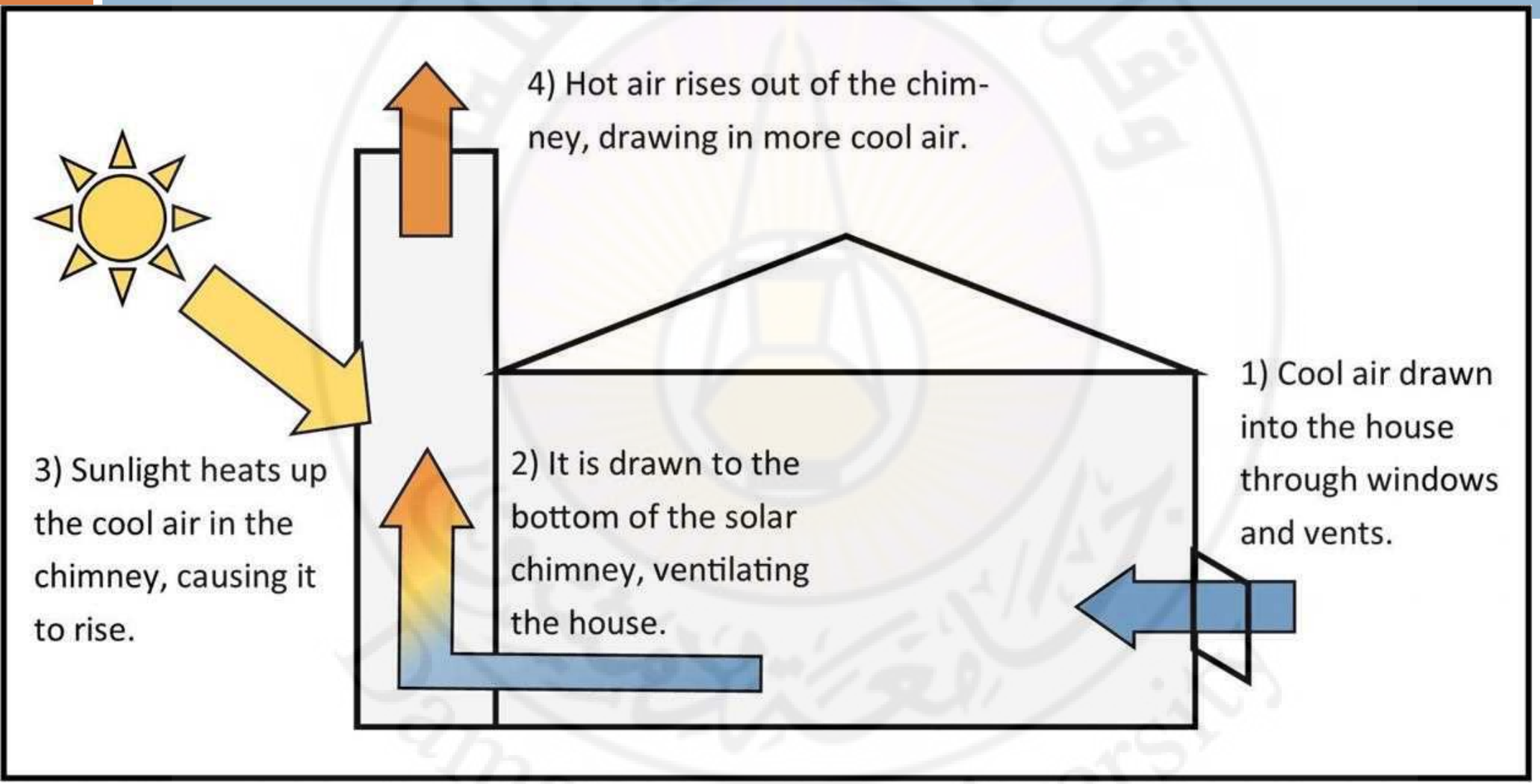
1.15.
Stack effect in a room and in a chimney.



1.16.
Wind effect: cross-ventilation.

التهوية:

المدخنة الشمسية (Solar chimney)

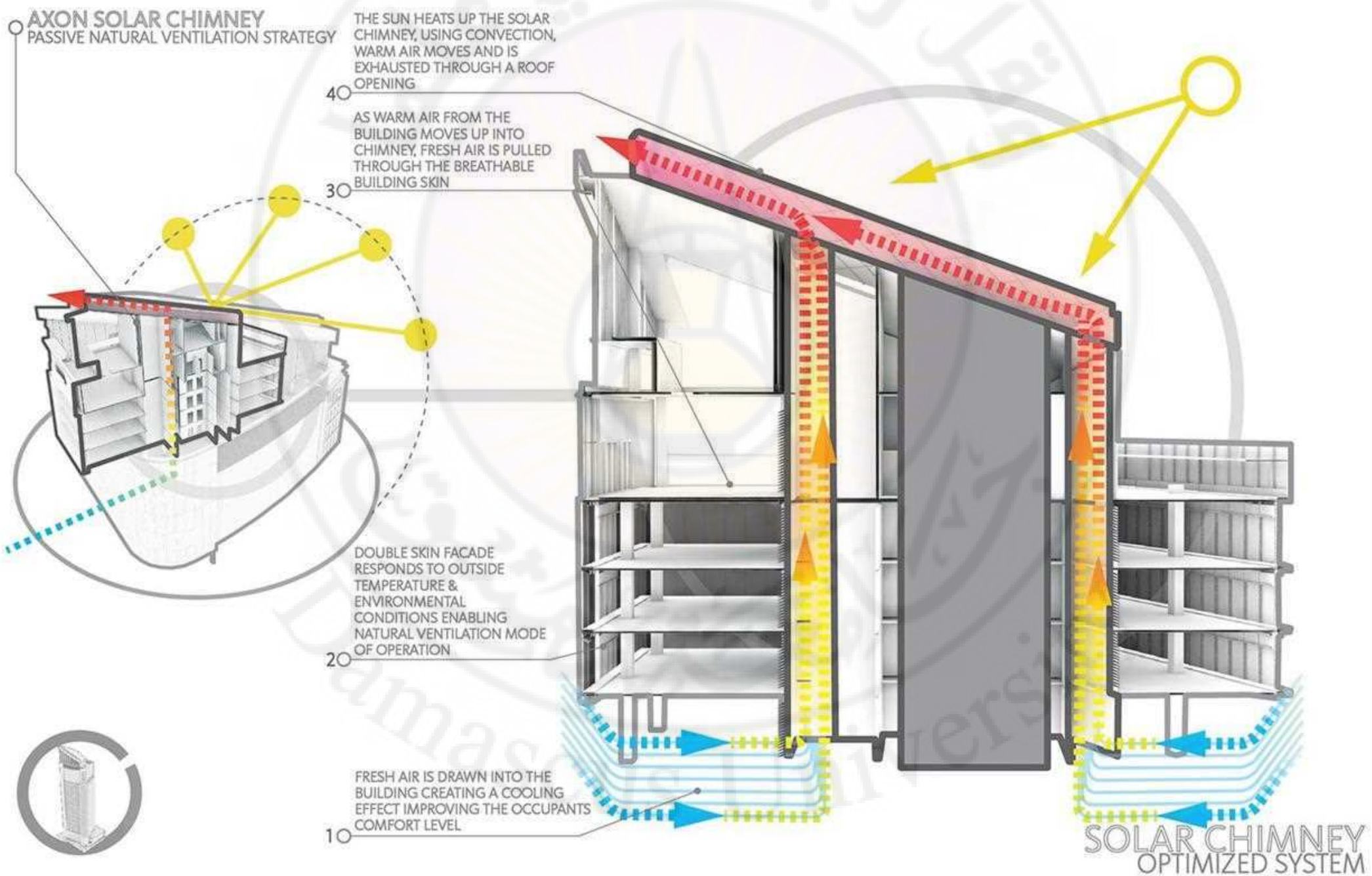


Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

المدخنة الشمسية (Solar chimney)

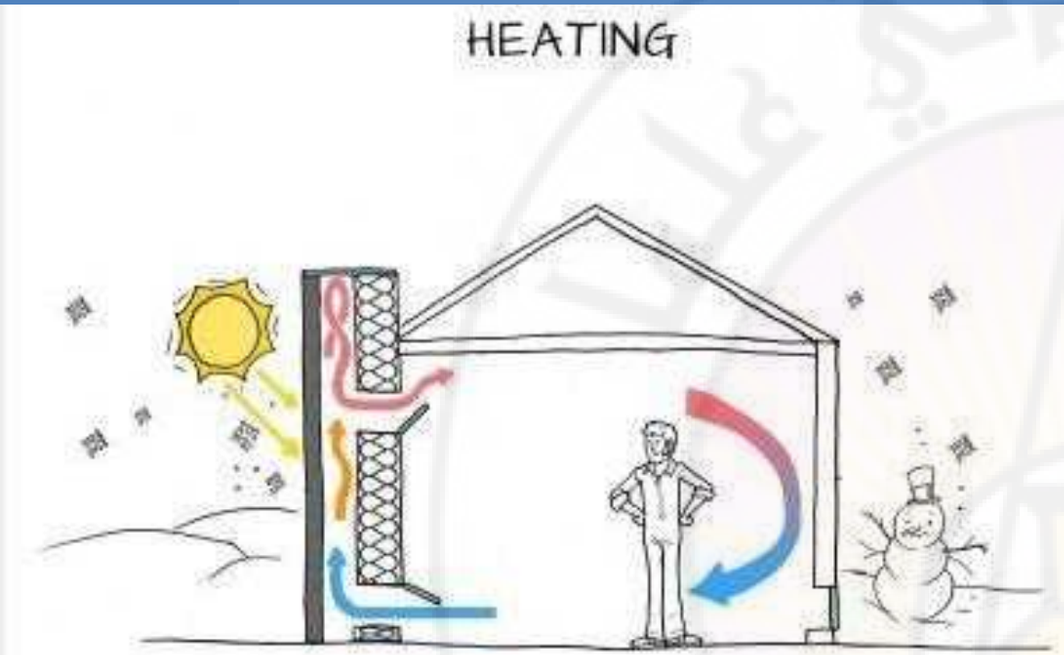


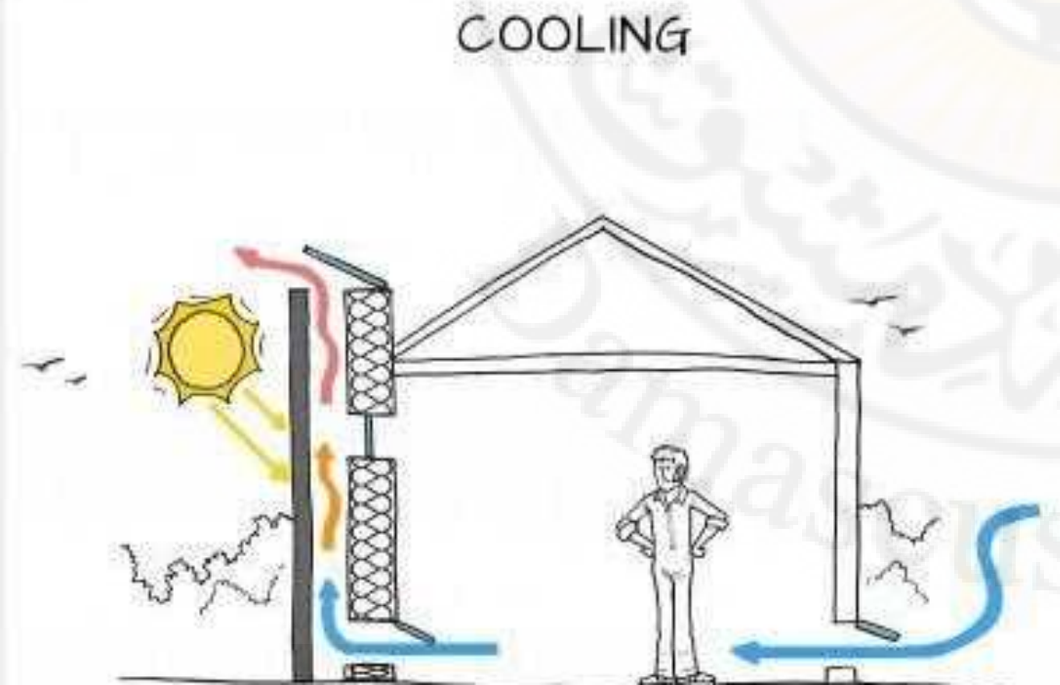
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

التهوية:

المدخنة الشمسية (Solar chimney)



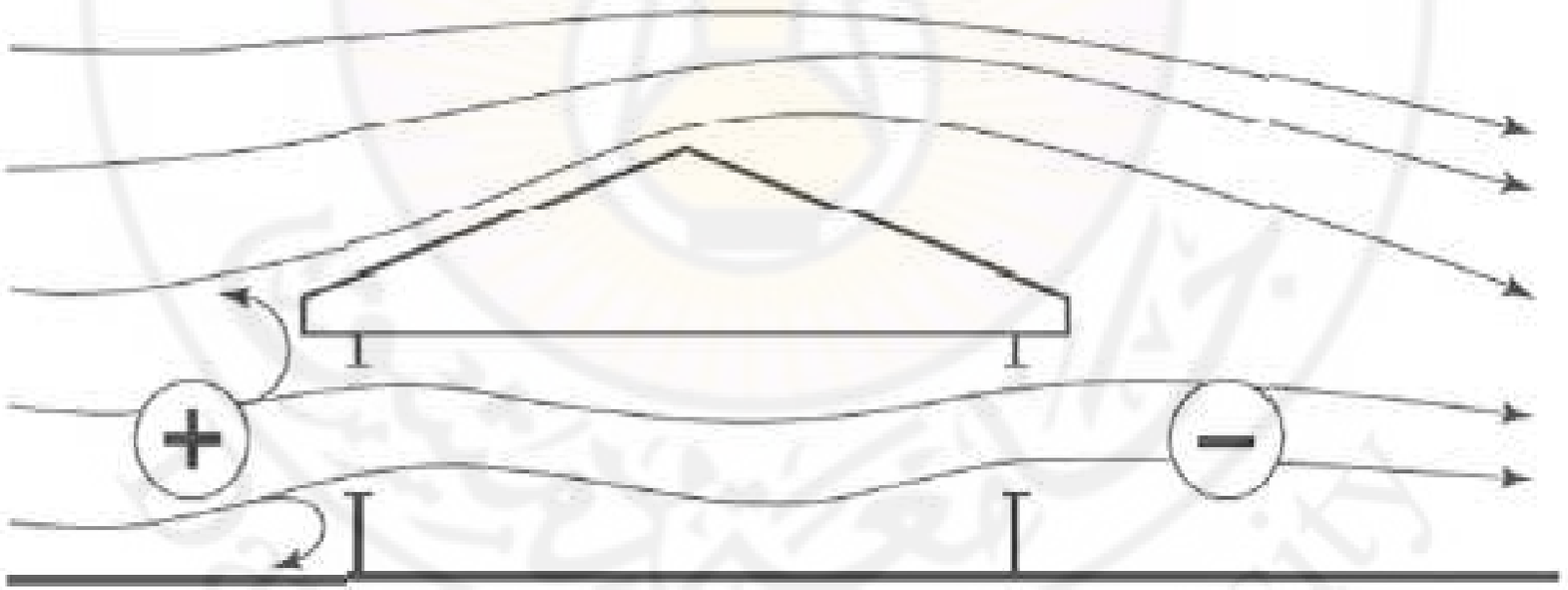


How to use solar chimney as a passive method for heating and cooling a building

Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

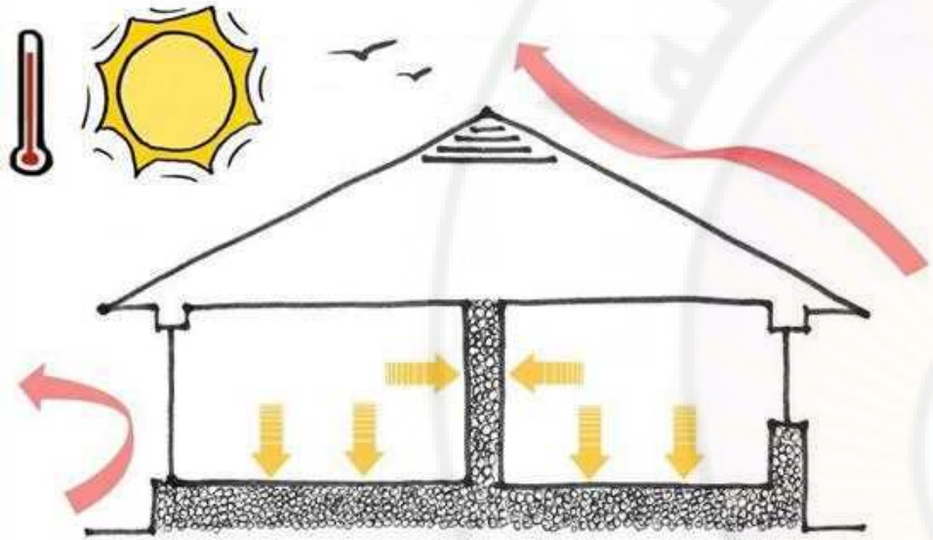
آثار الرياح : عادة ما تكون آثار الرياح أقوى بكثير في الجانب المواجه للريح في المبنى وتطوير حقل الضغط الإيجابي ، حيث أن الضغط يتناسب مع مربع السرعة . وفي الوقت نفسة ينخفض حقل الضغط السلبي على الجانب الآخر المواجه للريح والفرق بين الضغطين من الممكن أن يكون قوي جداً .



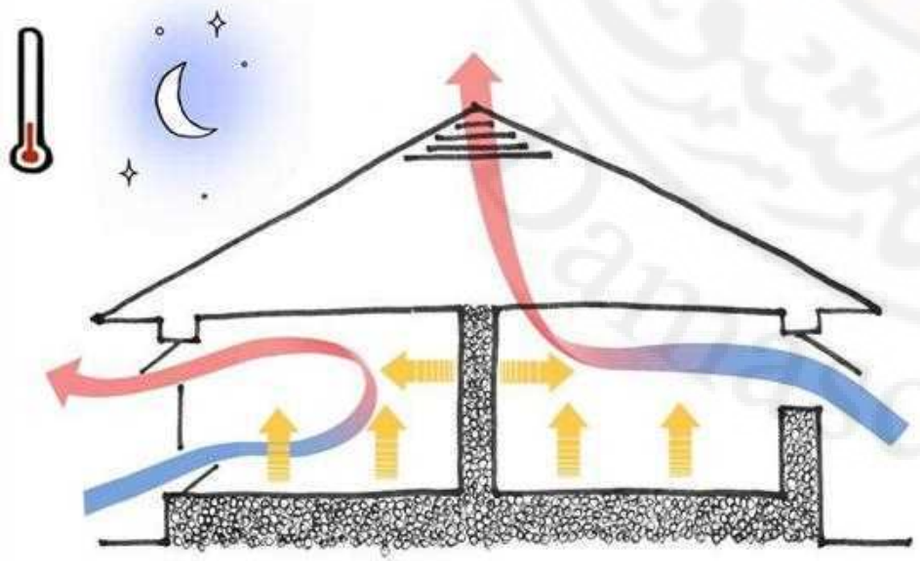
1.16.

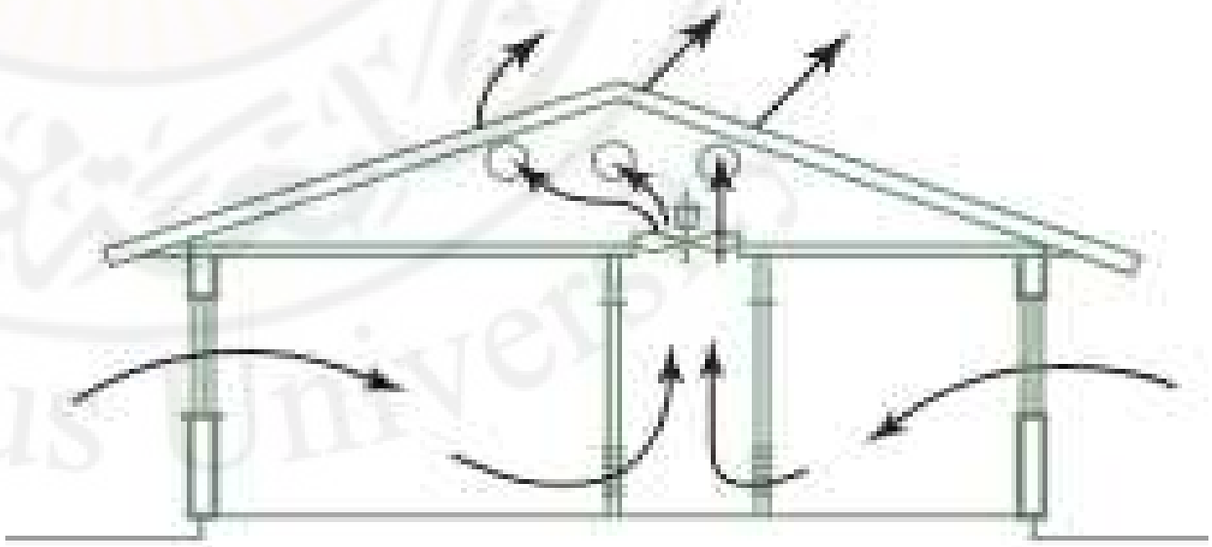
Building Heat Transfer

نقل حرارة البناء

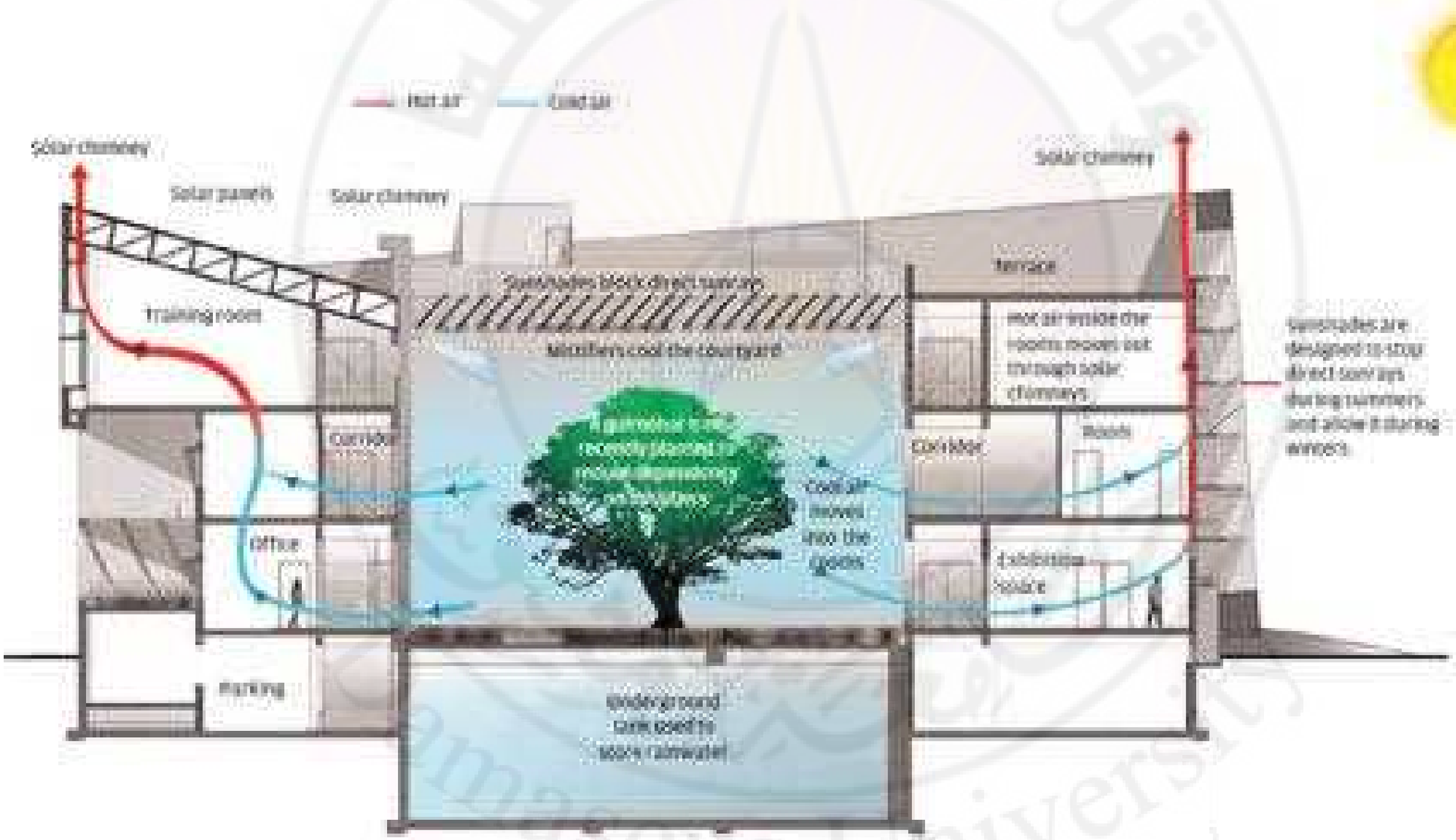


التهوية الليلية: تستخدم كأداة للتأثير الكتلي عندما يكون متوسط درجة حرارة اليوم اعلى من الحد الطبيعي، لتساعد على عملية تلاشي الحرارة.
هذا قد يعتمد على التهوية الطبيعية من خلال النوافذ والفتحات الاخرى.
ومن الممكن ان تساعد في هذا المروحية الكاملة للمنزل.
يجب ان يكون المنزل مرتبا وفق حركة الهواء مع مراعاة كامل الغرف (الهواء الطبيعي يدخل مخدما كامل الغرف) ويدفق الهواء خلال المروحة الخارجية لكي يخرج الهواء الحار خارج الغرفة وهذا لا يؤثر على زيادة حساسية حركة الهواء ولكن يمكن ان يساعد في تلاشي اي حرارة مخزنة داخل الياف المبنى .





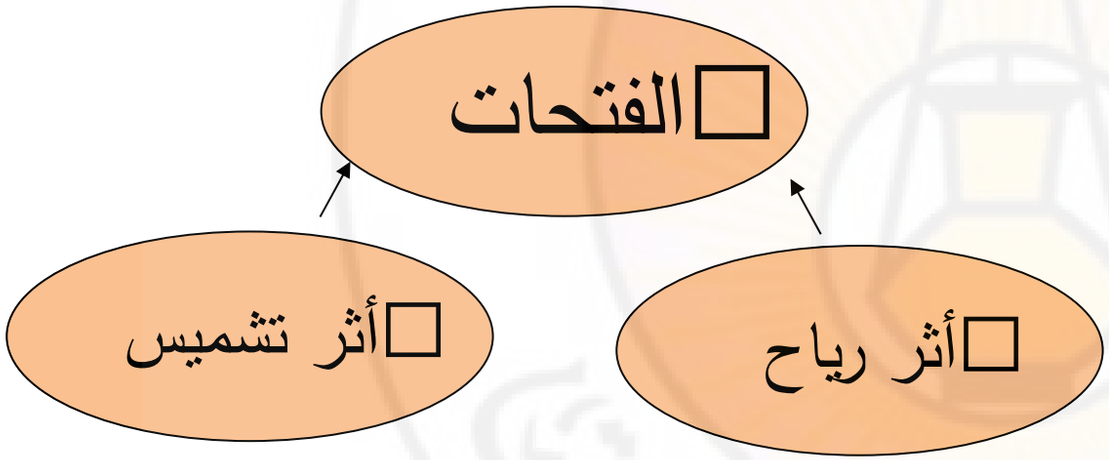
Explain courtyards behavior in building physics language



الفتحات المعمارية Openings

تلعب الفتحات المعمارية (الأبواب، النوافذ، الواجهات الزجاجية) دوراً رئيسياً في تزويد المبنى بالتهوية والإضاءة الطبيعية اللازمة **وهناك عوامل واعتبارات يجب على المصمم أخذها بعين الاعتبار عند دراسة الفتحات واختيارها وهذه العوامل:**

١. **عوامل معمارية.**
٢. **عوامل حرارية.**
٣. **عوامل اقتصادية.**
٤. **عوامل تتعلق باحتياجات الإنسان.**



عند تصميم أي فتحة لابد من مراعاة:

١. موقع وتوجيه الفتحة
٢. أبعاد ومقاس الفتحة
٣. نوع المادة المصنوع منها

الاتجاه المفضل للفتحات.

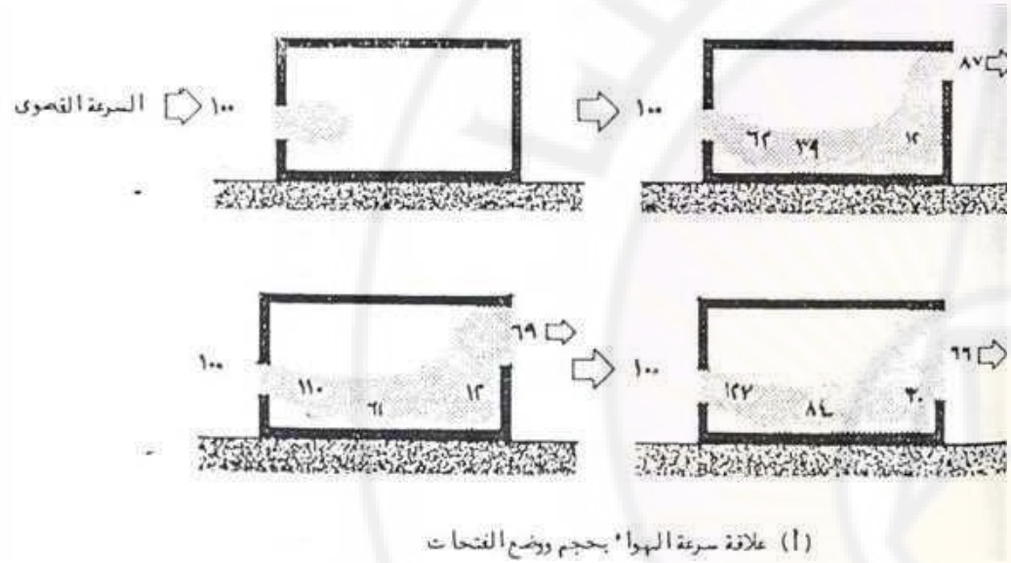
السماح بمرور الأشعة الشمسية فترة التدفئة Under heating period

منعها تماماً خلال فترة التبريد Over heating period

الفتحات المعمارية

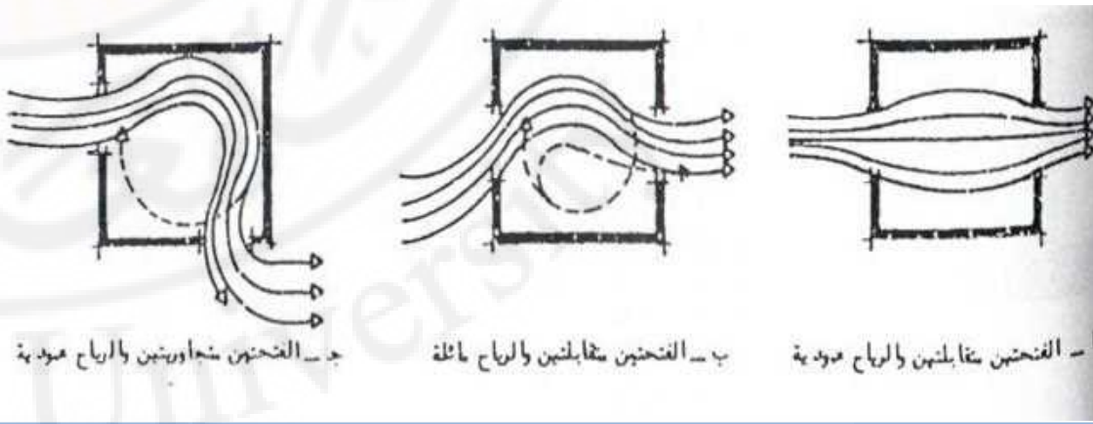
Openings

١ علاقة سرعة الهواء بحجم ووضع الفتحات



(أ) علاقة سرعة الهواء بحجم ووضع الفتحات

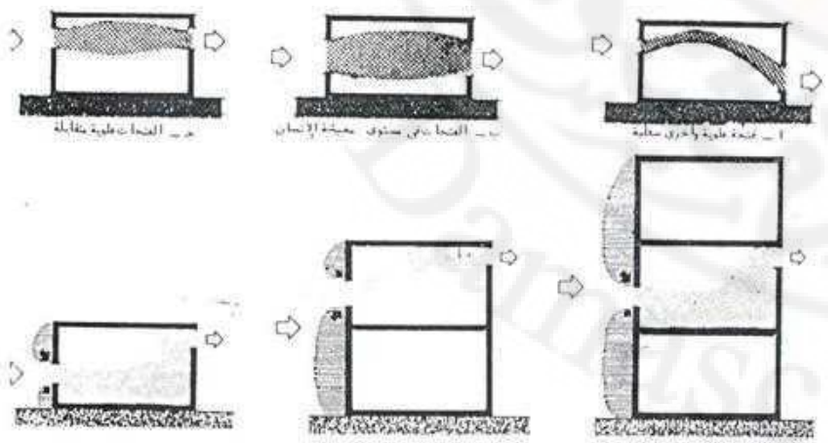
٢ علاقة اتجاه الرياح وموقع الفتحات (في المسقط الأفقي)



ب ـ الفتحتين متقابلتين والرياح مائلة

ج ـ الفتحتين متجاورتين والرياح عمودية

٣ علاقة اتجاه الرياح وموقع الفتحات(في القطاع)

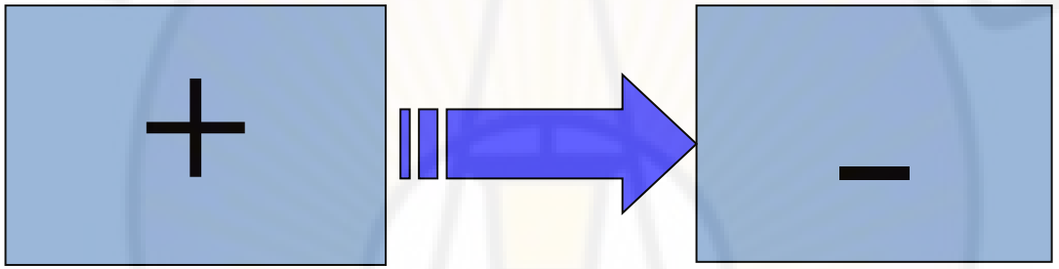


تأثير الرياح في حركة الهواء

The wind factor in air movement

Understanding air flow

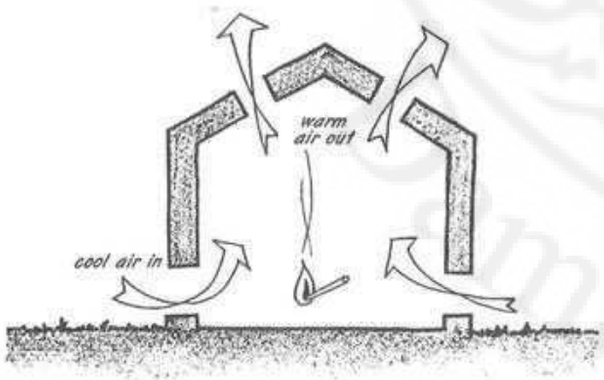
Principle 1 Air will always flow from reign of high pressure to lower pressure “Venturi action”

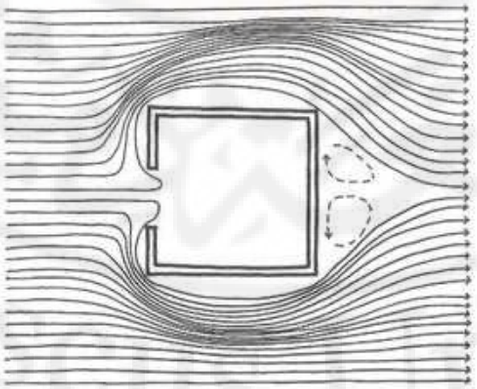


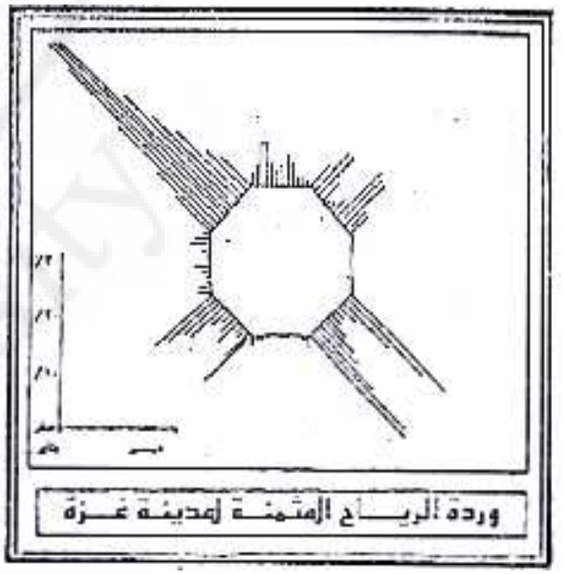
high pressure to lower pressure

Principle 2: The stack effect

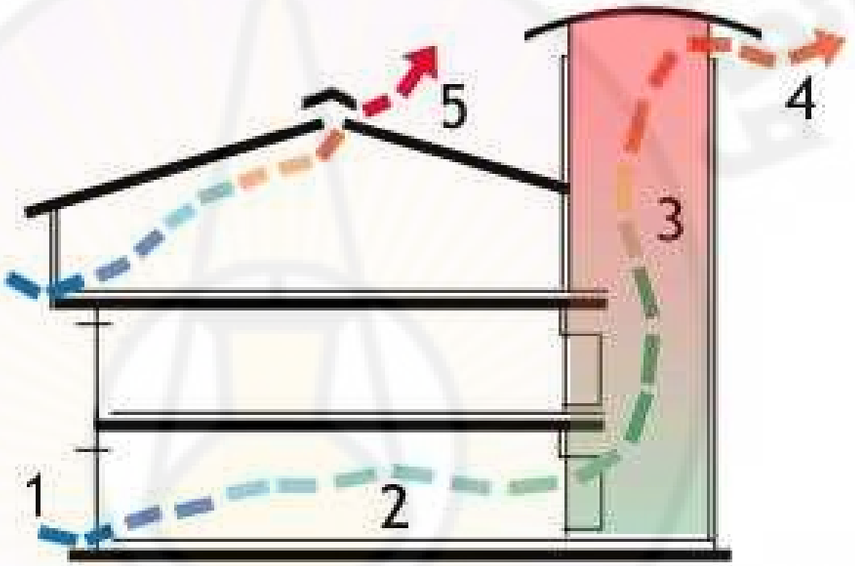
Principle 3: Cross-ventilation requires an outlet as well as an inlet (example…water in a bottle..)

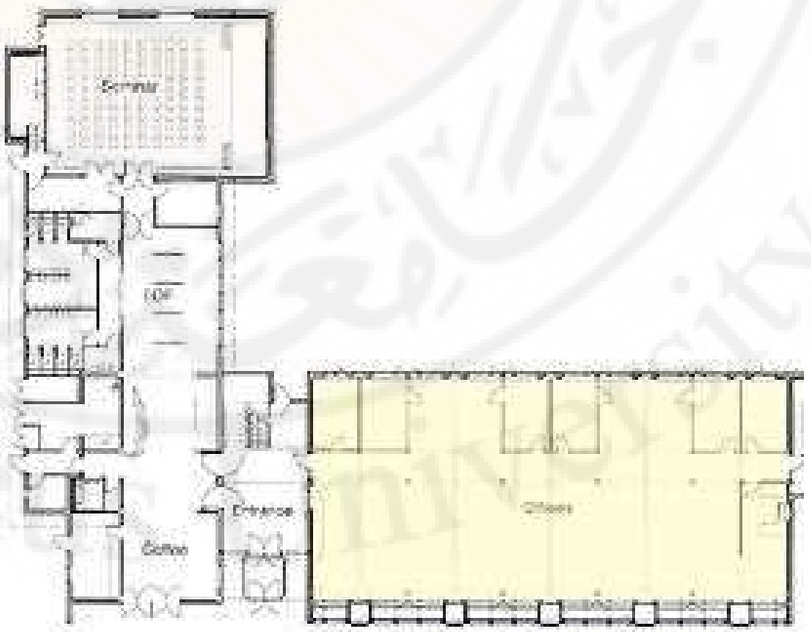


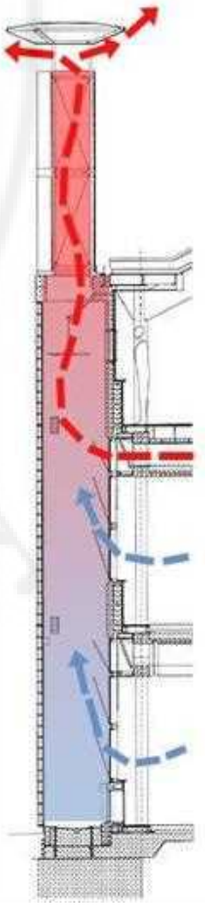


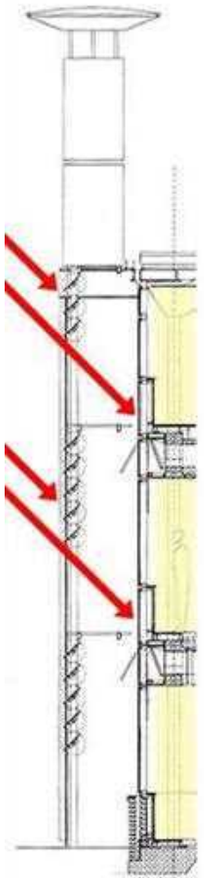


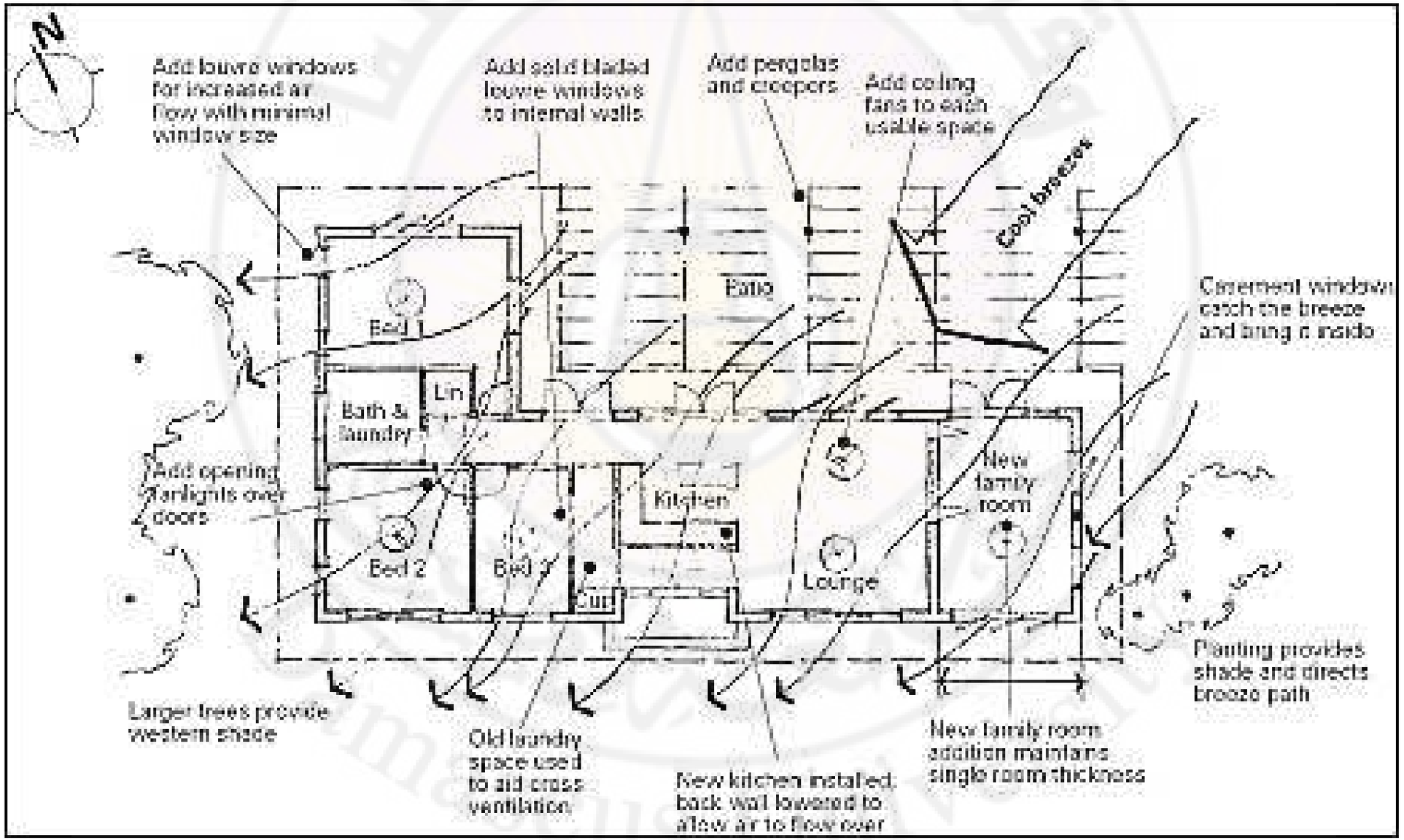


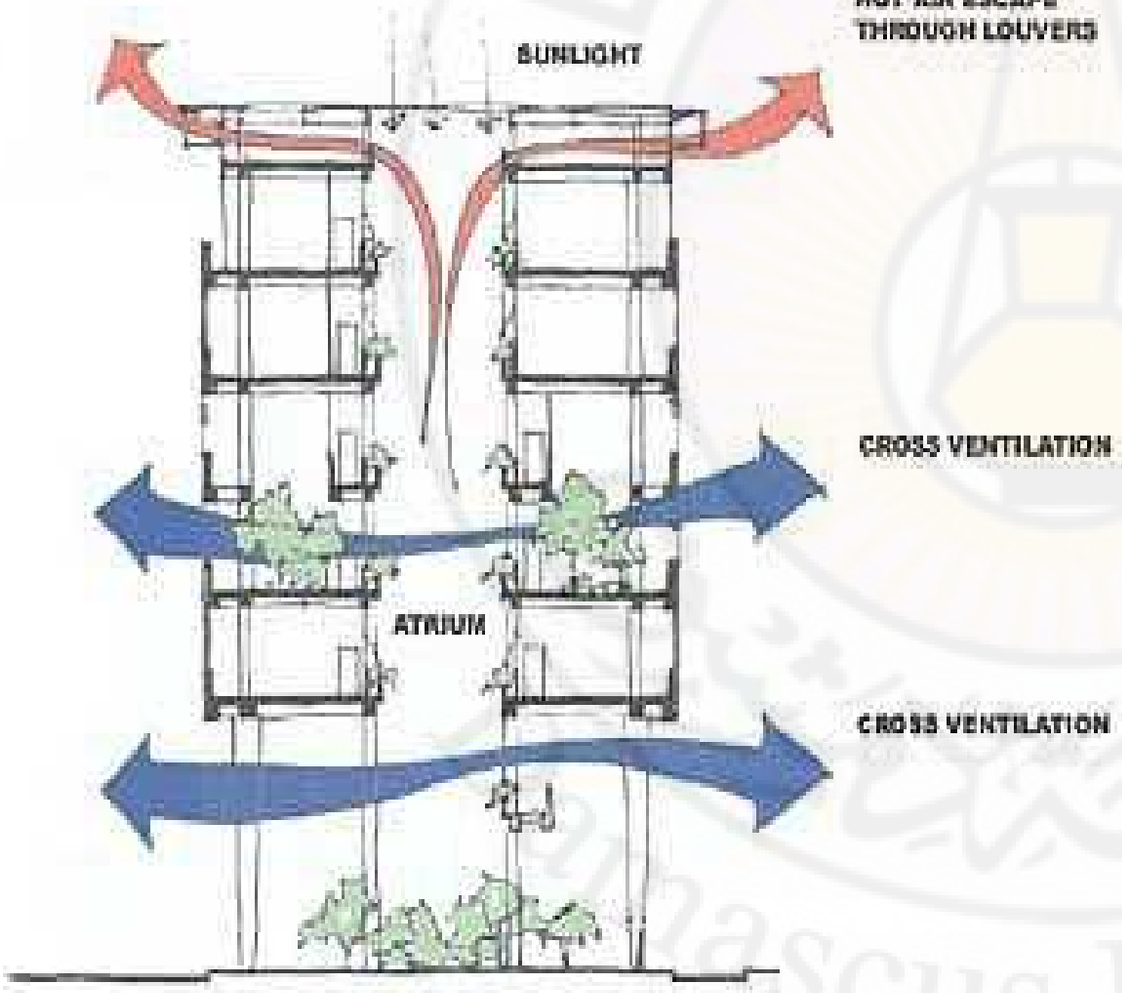

5
4
3
1
2


Entrance
Coffee

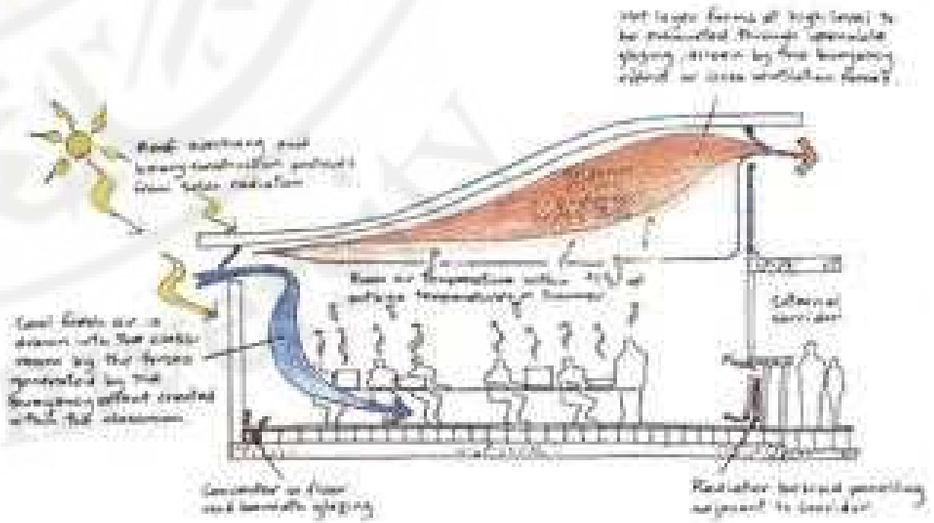


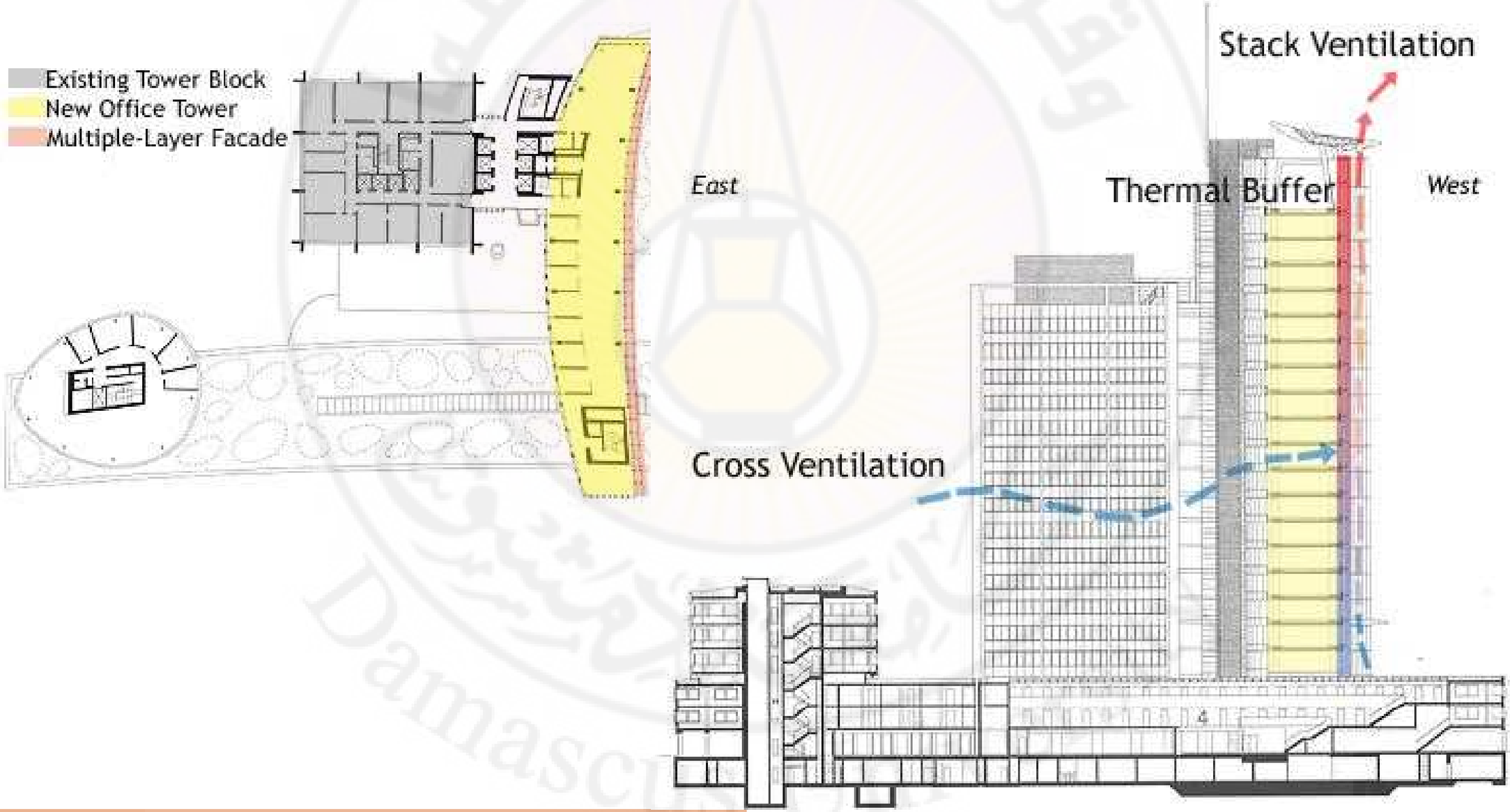



N
Add louvre windows for increased air flow with minimal window size
Add solid bladed louvre windows to internal walls
Add pergolas and creepers
Add ceiling fans to each usable space
Cool breeze
Casement windows catch the breeze and bring it inside
Patio
Bed 1
Ln
Bath & laundry
Add opening skylights over doors
Kitchen
New family room
Bed 2
Bed 3
Lounge
Curt
Planting provides shade and directs breeze path
Larger trees provide western shade
Old laundry space used to aid cross ventilation
New kitchen installed, back wall lowered to allow air to flow over
New family room addition maintains single room thickness


SUNLIGHT
HOT AIR ESCAPE THROUGH LOUVERS
CROSS VENTILATION
ATRIUM
CROSS VENTILATION



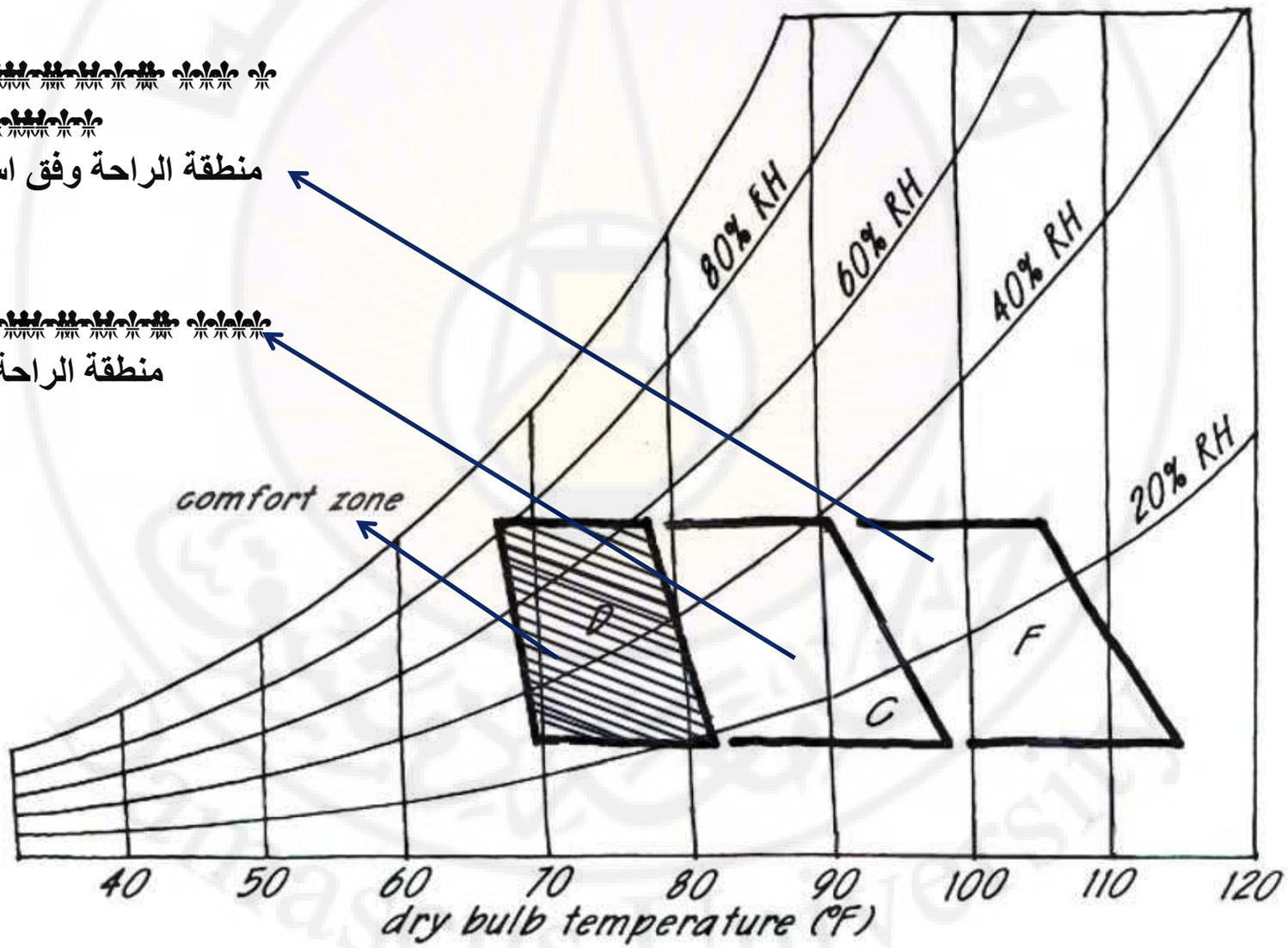



Existing Tower Block
New Office Tower
Multiple-Layer Facade
East
Stack Ventilation
Thermal Buffer
West
Cross Ventilation

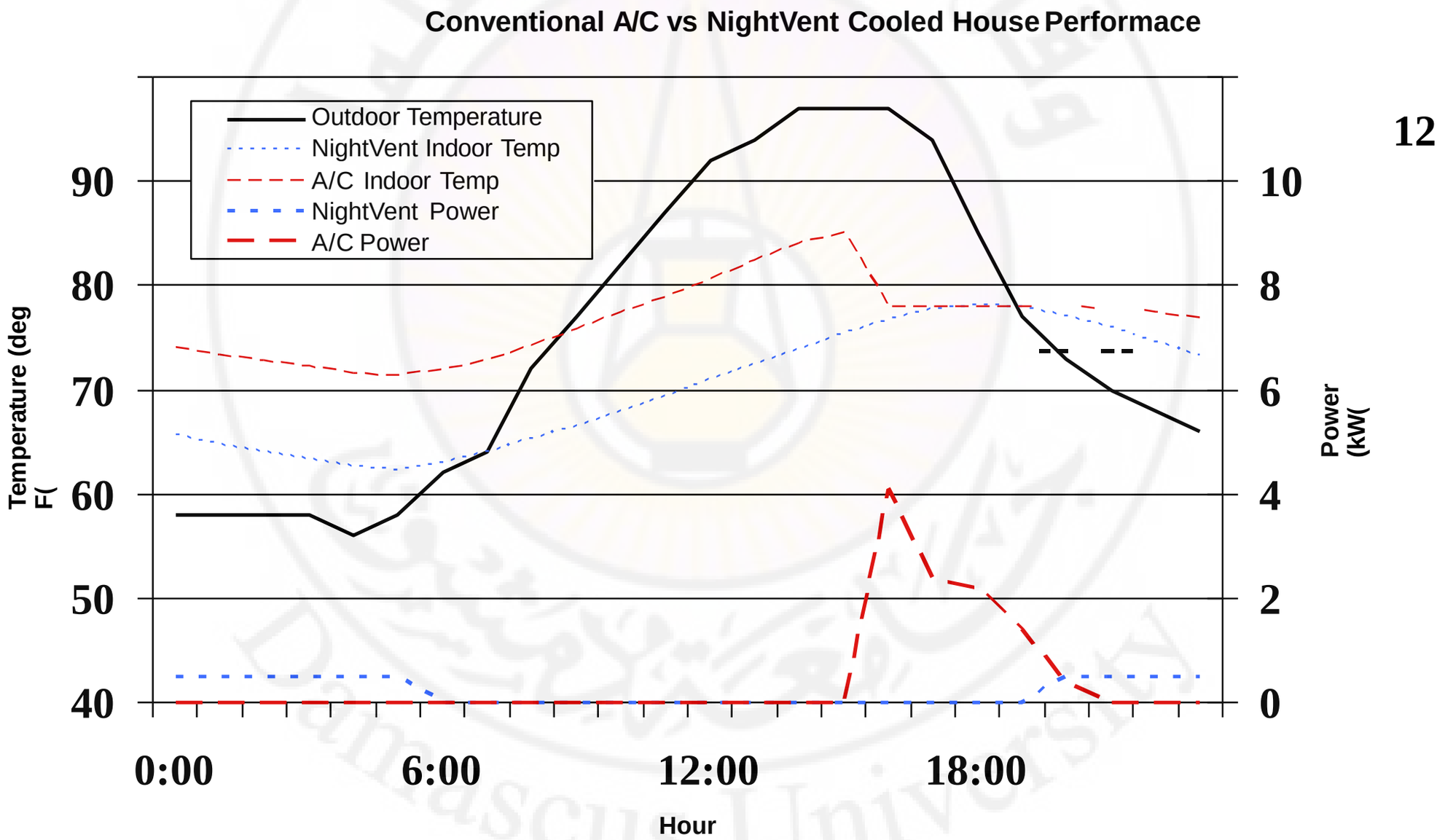
الكتلة الحرارية والتهوية الليلية

منطقة الراحة وفق استراتيجيات الكتلة الثقيلة والتهوية الليلية

منطقة الراحة باستخدام الكتلة الثقيلة

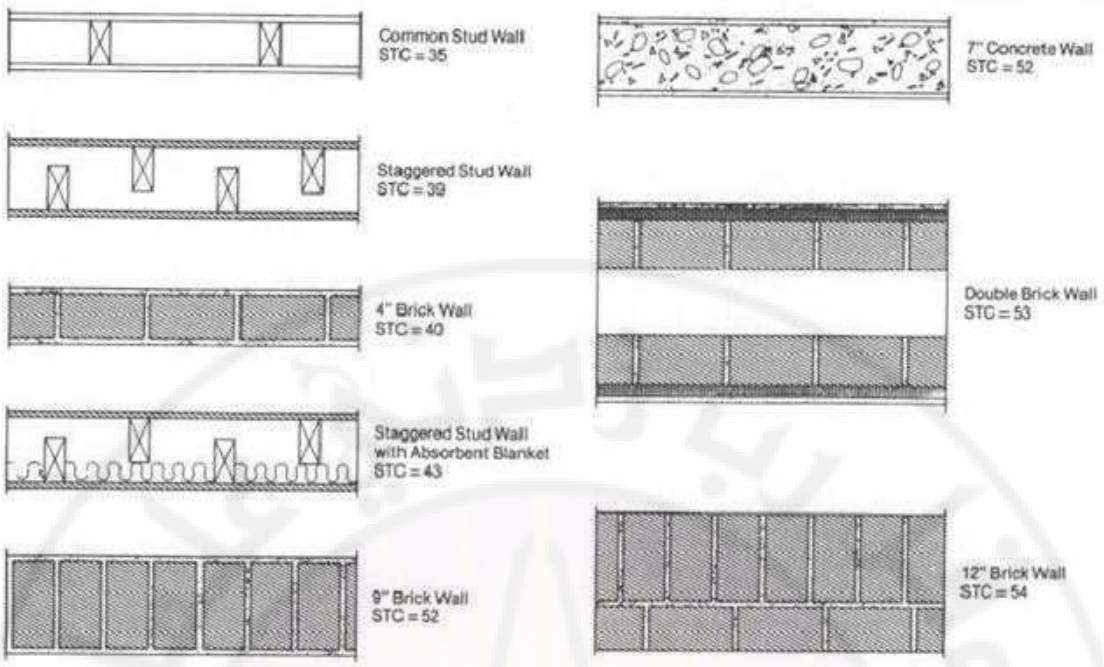


توقع أداء الكتلة الحرارية والتهوية الليلية





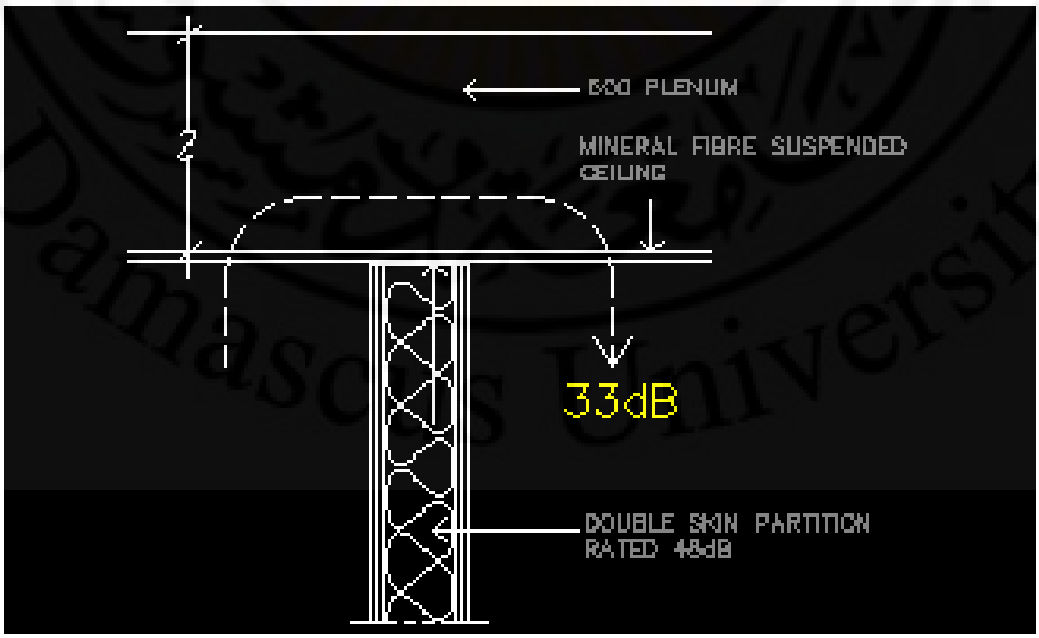
شكراً لإصغائكم



الشكل (2-6)

6.2. الانتقال التسربي للصوت (Flanking Transmission of Sound) :

يستطيع الصوت الانتقال (التسرب) عبر مسارات أخرى بديلة غير المسار المباشر عبر الجدار ، مثلاً الانتقال عبر مجاري هواء التكييف وعبر فتحات مرور الأنابيب وغيرها في حال عدم وضع جوانات أو مواد تملأ الفراغ البسيط الواقع بين محيط الأنبوب والفتحة . فمثلاً ثقب صغير في جدار آجري يمكن أن يخفض العازلية الصوتية للجدار من 50 dB إلى 20 dB ، وهذا يقتضي إغلاق كافة الثقوب والتشققات والفراغات حول الأنابيب بمواد عازلة صوتية . والشكل (2-7) يبين انعراج الصوت من داخل الغرفة عبر سقف الغرفة ، ثم المرور بالفراغ الموجود بين السقف المستعار والسقف الأساسي للغرفة والعودة إلى الجانب الآخر من الجدار .



الشكل (2-7)

المحاضرة الأولى :
تجهيزات المباني ((التدفئة))
السنة الثالثة

تكييف الهواء :

Tدرجة الحرارة Q النقاوة Vالجريان

الهواء المحيط قد يكون ملوثا و الداخلي فاسد يجب تنقيته و قد يكون باردا أو ساخنا أو ساكنا أو متحركا

الصفات المناسبة لراحة الإنسان و الملائمة للإنتاج من حيث النقاوة و الرطوبة و سرعة الجريان تسمى عملية تكييف الهواء

تصنف تجهيزات معالجة الهواء إلى:

١- تجهيزات التدفئة تستخدم في الشتاء لتقديم كمية مناسبة من الحرارة بدلا من الحرارة المفقودة بما أن الحرارة تنتقل من الأعلى للأدنى لذلك توضع أدوات التدفئة في الداخل

٢- تجهيزات التهوية تستخدم لسحب الهواء الداخلي الفاسد أو الملوث من المكان و إرسال بدلا منها هواءا نقيا خارجيا و قد تزود هذه التجهيزات بجهاز تسخين و تنقية (فلاتر مثلا)

٣- تجهيزات التكييف تقوم بالتحكم بدرجة حرارة الهواء (إما تسخين أو تبريد حسب الفصل) و برطوبته (ترطيب أو تجفيف) و بتجديد و تنقية الهواء و تعقيمه عند الحاجة ثم إرساله إلى المكان بالسرعة المناسبة (هناك سرعة مناسبة لدك التكييف)

- وحدات القياس:: هناك علاقة بين درجة الحرارة المئوية و الفهرنهايت

$$C = (F - 32)\frac{5}{9}$$

أيضا هناك مقياس الاستطاعة أو الطاقة (هذه الاستطاعة أو الطاقة دائما بالواط W

$MW = 1000\,000 = 10^{6}$ W (ميغا واط)

$GW = 1000\,000\,000 = 10^{9}$ W (غيغا واط)

$TW = 1000\,000\,000\,000 = 10^{12}$ W (تيرا واط)

الاستطاعة الحرارية للمباني : أنواع الانتقال الحراري :

١- الانتقال الحراري بالتوصيل : إجراء انتقال الحرارة في الأجسام أو فيما بينها عن طريق حركة جزيئاتها تبعا لتغير درجة الحرارة في الجسم من الحرارة العالية إلى المنخفضة
٢- الانتقال الحراري بالحمل : بالأوساط السائلة و الغازية نتيجة حركة جزيئاتها
٣- الانتقال الحراري بالإشعاع : هو انتشار الحرارة عن طريق الموجات الكهرطيسية

الحمل الحراري هو كمية الحرارة Q واحدته الواط

كمية الحرارة بالنسبة للاستطاعة :

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} A (tw1 - tw2)$$

حيث tw1 , tw2 : درجات حرارة
λ : معامل التوصيل الحراري (أساس أي مادة لا نعرف بها)
مثلا للمواد العازلة حراريا معامل منخفض
و المواد الناقلة الحراريا لها معامل مرتفع
δ : تقرأ دلتا : سماكة الجدار

عملية الانتقال الحراري على جانبي الجدار: ((قانون إيجاد كمية الحرارة للوسط الداخلي حيث الواحدة واط))

$$Q = \alpha i \ A \ (tf1 - tw1)$$

tf1 حرارة الوسط الداخلي
tw1 حرارة السطح الداخلي
αi معامل الانتقال الحراري للوسط الداخلي الواحدة واط / م٢ درجة
W/ m2.C

$$Q = \alpha o \ A (tw2 - tf2)$$

حيث αo معامل الانتقال الحراري للوسط الخارجي

- في حال الاستقرار الحراري تكون Q ثابت (التدفق الحراري ثابت)
و في هذه الحال :

$$tf1-tw1 = \frac{Q}{A\,\alpha i}$$

$$tw2-tf2 = \frac{Q}{\alpha o\,A}$$ بالوسط الخارجي

كمية الحرارة Q أما التدفق الحراري نسبة لواحدة السطح هو q

$$q = Q / A \quad (w/m2)$$

إذا في جميع القوانين السابقة نضع A و q بدل Q : فينتج :

$$tf1-tf2 = q\left(\frac{1}{\alpha i} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha o}\right)$$

$$q = \frac{tf1 - tf2}{\left(\frac{1}{\alpha i} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha o}\right)}$$

المقام هو المقاومة الحرارية R لذا

$$R = Ri + \frac{\delta}{\lambda} + Ro = \frac{1}{k}$$

حيث k عامل الانتقال الحراري الكلي

و بالنسبة لجدار مؤلف من عدة طبقات:

$$R = Ri + \frac{\delta 1}{\lambda 1} + \frac{\delta 2}{\lambda 2} + \ldots\ldots + \frac{\delta i}{\lambda i} + Ra + Ro$$

$$R = Ri + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta i}{\lambda i} + Ra + Ro$$

حيث Ra المقاومة الكهربائية للهواء الساكن
و إذا لم يوجد هواء ساكن فقيمتها صفر و تؤخذ قيمتها من جداول

المحاضرة الثانية:
تجهيزات مباني (التدفئة)
السنة الثالثة

العزل الحراري للحواجز الخارجية للمباني:

فوائد العزل :

١- اقتصادية و ذلك للإقلال من الضياعات الحرارية عبر الجدار من الوسط الداخلي إلى الوسط الخارجي
٢- صحية تؤدي لزيادة درجة حرارة سطحه الداخلي و بالتالي منع حدوث التكاثف على هذا السطح

المادة العازلة حراريا : تعتبر المادة عازلة حراريا إذا كان معامل التوصيل الحراري لها منخفضا و تعتبر عازلة إذا كان λ أصغر أو تساوي 0.2 ((معامل التوصيل))

النواحي الواجب مراعاتها في عمليات العزل الحراري :

١- أن تكون سماكة العازلية مناسبة ليست صغيرة تؤدي لضياع حراري كبير و لا تكون كبيرة تؤدي لتكاليف عالية
٢- تتأثر المادة العازلة بالرطوبة فالعازلية الحرارية تنخفض بازدياد الرطوبة لذا تطلى المادة العازلة بالإسفلت للتقليل من تأثير الرطوبة مثلا بلوك رطب معامله أكبر من الماء
٣- الهواء عازل جيد للحرارة لذا يفضل أن تصنع داخل الحاجز طبقة من الهواء بسماكة تتراوح بين ٩ الى ١٥ مم

التدفئة

وظيفة وحدة التدفئة تقديم كمية حرارة الى المكان المراد تدفئته تساوي كمية الحرارة المفقودة من هذا المكان

الشروط الواجب توافرها في وحدات التدفئة :

- **الشروط الحرارية :**

١- أن تكون الوحدة قادرة على تعويض كمية الحرارة المفقودة
٢- أن تكون الوحدة قابلة للتحكم الآلي بحيث تبقى درجة الحرارة الداخلية ثابتة
٣- أن تحافظ الوحدة على درجات حرارة منتظمة أفقيا و شاقوليا

- **الشروط الصحية :**

- أن تكون درجة حرارة سطوح أجهزة التدفئة المشعات مناسبة للإنسان في التدفئة بالماء الساخن - يجب ألا تزيد درجة حرارة سطوح المشعات عن 30 C في الأماكن السكنية و عن 70 C كما المشافي و رياض الأطفال و لا تزيد عن 30 C كما المصانع
- و في حال التدفئة بالهواء الساخن يجب ألا تزيد درجة حرارة الهواء المرسل إلى المكان عن 60 C للأماكن الكبيرة و عن 50 C للأماكن العامة

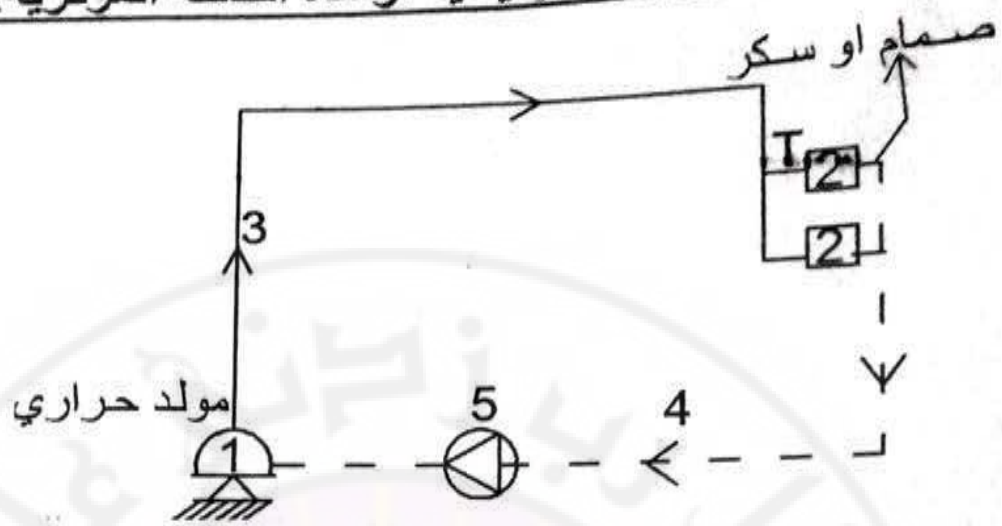
- **شروط الأمان :**

يجب أن تتمتع بأمان في عملها أي لا تسبب أخطار للأشخاص أو الأماكن كحدوث الانفجارات أو الحرائق أو تسرب الوسيط الناقل للحرارة من التجهيزات ((قد يكون ماءا ساخنا أو بخارا))

- **الشروط التكنولوجية :**
- أن تكون التجهيزات سهلة الصنع و النقل و التركيب و الصيانة و الاستثمار

- **الشروط الاقتصادية :**
- أن تكون التجهيزات رخيصة الثمن و قليلة التكاليف و أن تستخدم فترات طويلة من الزمن

الأجزاء الرئيسية لوحدة التدفئة المركزية:



(١) المولد الحراري (المرجل) و يوضع خارج المكان المراد تدفئته (قبو – سطح)
(٢) أجهزة التدفئة (المشع) يوجد صمامان الأول صمام عياري لتدفق الوسيط الناقل للحرارة أو وقفه و الثاني صمام التنفيس : إذا كان في المشع هواء ، يصبح المشع باردا و نقوم بتنفيس المشع كي يخرج الهواء و عند ظهور الماء نغلقه حيث يقوم بالتبادل الحراري بين الوسيط الناقل للحرارة و هواء المكان المراد تدفئته
(٣) شبكة التغذية
(٤) شبكة العودة
(٥) المضخة و هي تختلف عن المروحة

الدورة الحرارية :

يقوم المرجل بتسخين الماء أو الوسيط الناقل للحرارة إلى درجة الحرارة المطلوبة ثم ينتقل إلى المشعات ((الجزء ٢)) عن طريق شبكة التغذية حيث تقوم المشعات بالتبادل الحراري بين الوسيط الناقل للحرارة و هواء المكان المراد تدفئته و بالتالي يخسر الوسيط الناقل للحرارة جزءا من حرارته ثم ينتقل عبر شبكة العودة (٤) إلى المرجل عن طريق المضخة (٥) و تعاد الكرة مرة أخرى

تصنيف التدفئة المركزية:

١- حسب نوع الوسيط الناقل للحرارة :

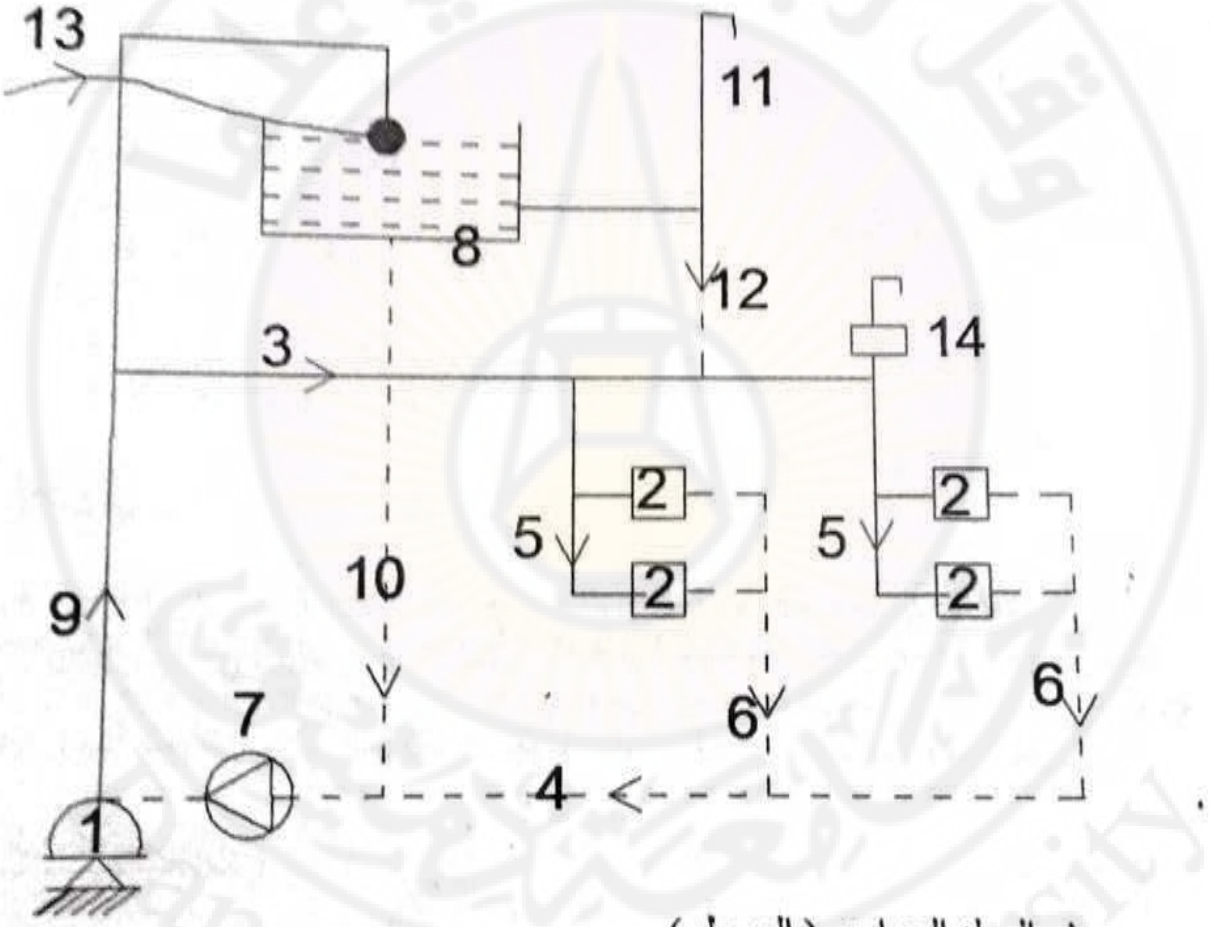
١- التدفئة بالماء الساخن
٢- التدفئة بالبخار
٣- التدفئة بالهواء الساخن

-٢- حسب نوع الطاقة المستخدمة في التسخين :

١- حسب نوعية احتراق الوقود : وقود صلب أو سائل أو غاز
٢- التدفئة بالطاقة الكهربائية
٣- التدفئة بالطاقة الشمسية

أولا :التدفئة المركزية بالماء الساخن :

الأجزاء الرئيسية لوحدة التدفئة المركزية بالماء الساخن :



١- المولد الحراري (المرجل)
٢- أجهزة التدفئة (المشعات)
٣- شبكة التغذية (شبكة رئيسية)
٤- شبكة العودة (شبكة ثانوية)
٥- أنابيب التغذية الرئيسية
٦- أنابيب التجميع الرئيسية

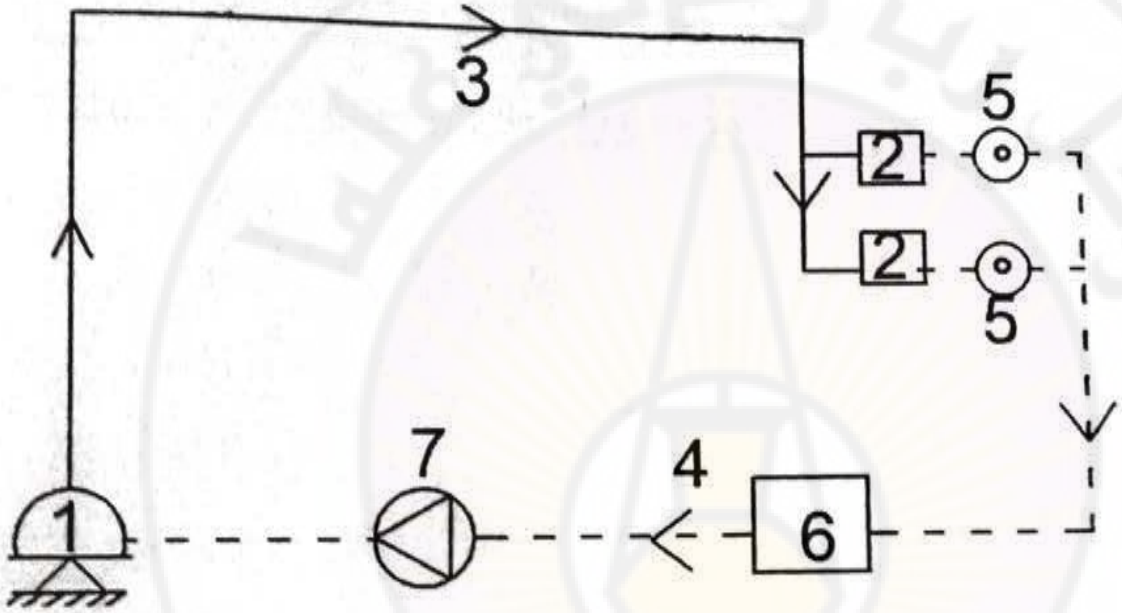
٧- المضخة
٨- خزان التمدد
٩- أنبوب الأمان الصاعد
١٠- أنبوب الأمان الهابط
١١- أنبوب التهوية
١٢- أنبوب الفائض
١٣- أنبوب التغذية الذي يأتي بمياه المدينة
١٤- جهاز طرد للهواء

ملاحظة : عندما يسخن الماء في المرجل يزداد حجمه و بما أن الدارة مغلقة فإن الماء الفائض يذهب إلى خزان التمدد و في حال توقف الدارة فالماء سيبرد و خزان التمدد يعوض هذا الماء
- قطر أنبوب الفائض يساوي قطر أنبوب التغذية

Damascus University

المحاضرة الثالثة
تجهيزات مباني (التدفئة)
ـ السنة الثالثة

ثانيا :التدفئة بالبخار:



الأجزاء الرئيسية لوحدة التدفئة بالبخار:

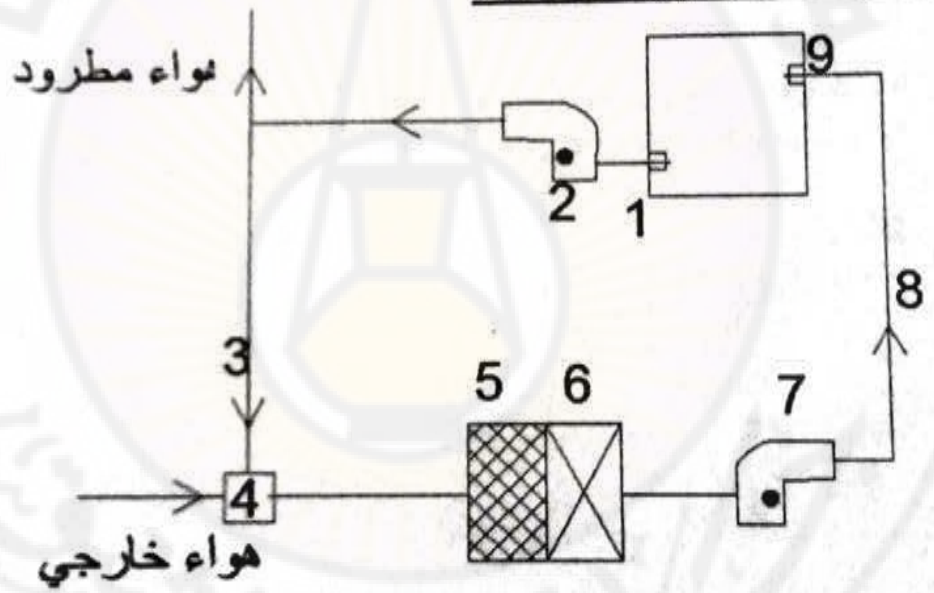
(١) المرجل
(٢) أجهزة التدفئة (المشعات)
(٣) شبكة البخار
(٤) شبكة الماء المتكاثف
(٥) مصيدة البخار
(٦) خزان تجميع الماء المتكاثف
(٧) المضخة

Damascus University

الدورة الحرارية:

يتم تسخين الماء في المرجل (١) و الحصول على البخار
و من ثم ينطلق إلى أجهزة التدفئة – المشعات (٢) عن طريق شبكة البخار (٣)
حيث يتم التبادل الحراري بين الوسيط الناقل للحرارة و هو البخار و بين هواء المكان المراد تدفئته
و بالتالي يتكاثف بخار الماء ثم ينطلق عبر مصيدة البخار التي تسمح بمرور الماء المتكاثف ولا تسمح بمرور البخار
ثم ينطلق إلى خزان تجميع الماء المتكاثف (٦) عبر شبكة الماء المتكاثف (٤) و من ثم ينطلق إلى المرجل (١) عبر المضخة رقم (٧)
و تعاد الكرة مرة أخرى

ثالثا: التدفئة بالهواء الساخن :



الأجزاء الرئيسية لوحدة التدفئة بالهواء الساخن :

١) فوهة السحب
٢) مروحة السحب
٣) شبكة العودة
٤) حجرة المزج
٥) جهاز التنقية
٦) جهاز التسخين
٧) مروحة الإرسال
٨) شبكة الإرسال
٩) فوهة الإرسال

عمل هذه الوحدة :

يتم سحب الهواء الفاسد من المكان المراد تدفئته عبر فوهة السحب (١) عن طريق مروحة السحب (٢)

حيث يتم طرد جزء من الهواء الفاسد و الجزء الأخر يمر عبر شبكة العودة (٣)

و من ثم يمزج الهواء العائد مع الهواء الخارجي في حجرة المزج (٤)

و من ثم يمر عبر جهاز التنقية (٥) و عبر جهاز التسخين (٦)

ثم يمر عبر شبكة الإرسال (٨) عن طريق مروحة الإرسال (٧) إلى فوهة الإرسال (٩)

حيث يمتزج الهواء الساخن مع هواء المكان المراد تدفئته

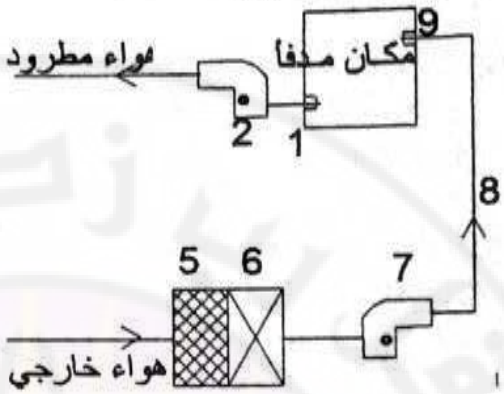
و بالتالي تتم عملية تدفئة هذا المكان

و تعاد الكرة مرة أخرى

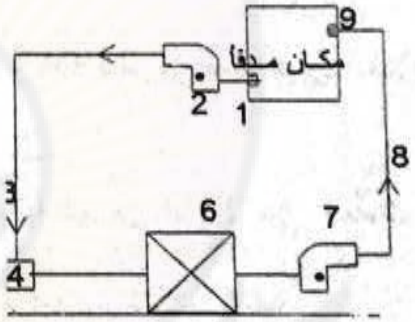
Damascus University

هناك ثلاثة أنواع للتدفئة بالهواء الساخن:

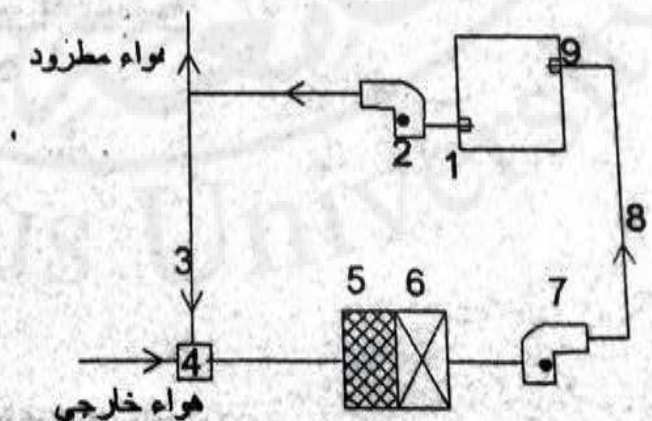
١- **الدارة المفتوحة** : تستخدم في الأماكن الصحية و خاصة المشافي و خاصة غرف العمليات (هنا كل الهواء يطرد و يتم الحصول على هواء نقي بالكامل) لكنها مكلفة جدا



٢- **الدارة المغلقة:** و هي اقتصادية ، الهواء يأتي من الغرفة نفسها و لكنها غير صحية و لذا تستخدم في الأماكن الكبيرة (الأماكن النظيفة قليلة الغبار)

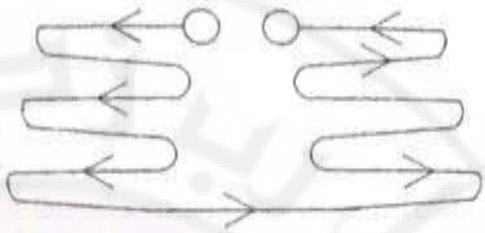


٣- **الدارة المختلطة** : اقتصادية و هي شبه مناسبة و صحية و لذا تستخدم في الأماكن العامة



رابعا : التدفئة بالسطوح المشعة :

و هي عبارة عن وحدة التدفئة بالماء الساخن ذات جريان ميكانيكي و جهاز التدفئة عبارة عن أنبوب متعوج (وشيعة) يعلق بالسقف أو داخله أو داخل الجدران أو الأرضية حيث تنتقل الحرارة منه بشكل رئيسي بالإشعاع



من محاسن هذه الوحدات:

١- لا تحتاج لمكان لوضع أجهزة التدفئة
٢- مناسبة صحيا لأن الحرارة إشعاعية و لأنها لا تسبب تفحم الغبار داخل المكان
٣- تتشكل الحرارة داخل القاعة بشكل جيد و تكون درجة الحرارة الداخلية أعلى بنحو درجتين مقارنة مع التدفئة بطرق أخرى
٤- انخفاض كلفة تأسيسها
٥- إمكانية استخدام الوحدة صيفا لتبريد المكان و ذلك بإمرار الماء البارد داخل الأنبوب

و من مضارها حمل ذرات البخار من الأسفل و استنشاقها من قبل الإنسان فتسبب أمراض

خامسا : التدفئة بالطاقة الشمسية :

الأجهزة الرئيسية لوحدة التدفئة بالطاقة الشمسية:

(١) اللاقط الشمسي (المجمع الشمسي)
(٢) المبادل الحراري
(٣) أنبوب التغذية
(٤) أنبوب العودة
(٥) المضخة
(٦) وشيعة التسخين
(٧) المولد الحراري
(٨) جهاز طرد الهواء

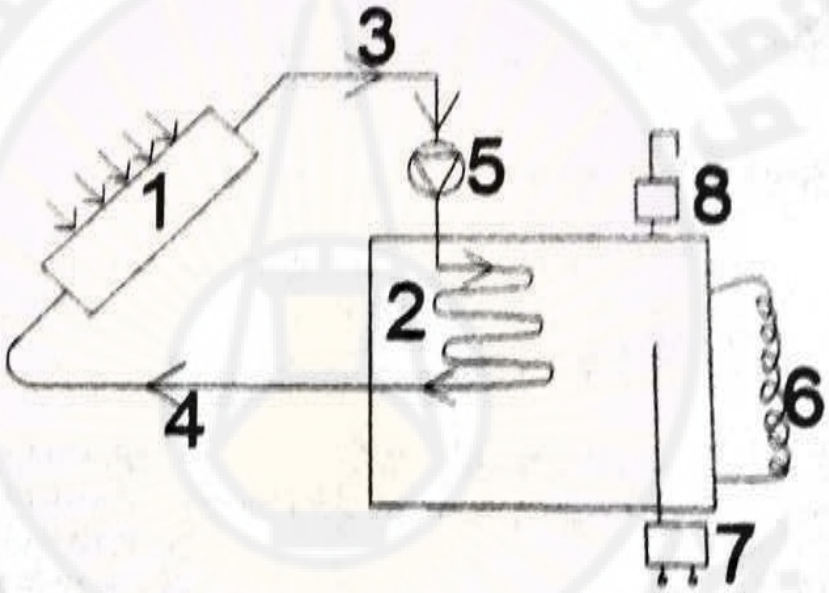
محاسن هذه الطاقة

١- رخيصة الثمن و مجانية
٢- نظيفة و تحمي البيئة من خطر التلوث الناتج عن احتراق الوقود
٣- الطاقة الشمسية كبيرة و هائلة
٤- متوافرة لا تنضب و متجددة دائما

عيوب هذه الطاقة

١- تغير شدة الإشعاع الشمسي حسب الموقع الجغرافي و فصول السنة
٢- احتجاب الشمس بالأيام الغائمة و أثناء الليل

و في الليل أو عند وجود الغيوم نقوم بتشغيل رقم (٧) عن طريق الكهرباء أو الوقود أي هو تسخين إضافي يستخدم عند الحاجة



1- اللاقط الشمسي
2- المبادل الحراري
3- أنبوب التغذية
6- أنبوب المورد
5- المضخة
6- الوشيعة التدفئة
7- المولد الحراري الثانوي
8- خزان التمدد

المحاضرة الرابعة
تجهيزات مباني (التدفئة)
- السنة الثالثة

التجهيزات الأساسية للتدفئة المركزية بالماء الساخن:

١- **أولا : المرجل:** عبارة عن مولد حراري يتم فيه تسخين الماء اللازم للتدفئة،، يقسم لثلاثة اقسام:

- الموقد (الحراق)
- جسم التسخين
- المدخنة

الصفات المميزة للمرجل:

١- **الاستطاعة الحرارية** للمرجل و هي كمية الحرارة Q_b التي يعطيها المرجل خلال ساعة واحدة واحدتها واط

((ملاحظة: كل الاستطاعات واحدتها واط))

معادلة استطاعة المرجل :

$$Q_b = Q_{tot} (1+m+n)$$

حيث:

Q_{tot} : كمية الحرارة الإجمالية للبناء

m : نوع الشبكة (الأنابيب الممددة إما معزولة أو غير معزولة) و في حال الشبكة معزولة تكون m=0,05 و في حال غير معزولة m=0,10

n : معامل نوع التدفئة حيث أن :

أنواع التدفئة:

- نصف مستمرة من ٨ إلى ١٦ ساعة تدفئة n=0,10
- مستمرة من ١٦ إلى٢٤ ساعة تدفئة n=0,05
- متقطعة لأن عدد ساعات العمل أقل من ٨ ساعات n=0,15

تصنيف المراجل: حسب استطاعتها:

- المراجل الصغيرة استطاعتها $Q_b < 2,3 \cdot 10^5 w$
- المراجل المتوسطة استطاعتها $5 \cdot 10^5 w > Q_b > 2,3 \cdot 10^5 w$
- المراجل الكبيرة استطاعتها $Q_b > 5 \cdot 10^5 w$

كما تصنف المراجل حسب الوقود المستخدم:

١- وقود صلب (فحم حجري)
٢- وقود سائل (مازوت)
٣- وقود غاز (غاز)

و تصنف المراجل حسب المادة المصنوعة منها فهناك:

١- مرجل الحديد الصلب: تستخدم للتدفئة ذات درجة الحرارة المنخفضة
٢ - المراجل الفولاذية تستخدم لدرجات الحرارة العالية (للبخار) خاصة المعامل و الأمكنة الكبيرة كالمسارح تعطينا بخار فتكون درجة الحرارة عالية

الاستهلاك الساعي و السنوي للوقود:

يتم تعيين الاستهلاك الساعي و السنوي للوقود للأغراض التالية:
١- لاختيار الحراق المناسب للمراجل
٢- لتعيين سعة خزانات المازوت و عددها
٣- لتقدير ثمن المازوت اللازم للتدفئة خلال سنة
٤- لأخذ فكرة عن مدى فعالية استخدام وحدة التدفئة أي الجدوى الاقتصادية

-إيجاد الاستهلاك الساعي للوقود Vh:

$$Vh = \frac{3600\ Qb}{\rho\ y\ Cv}$$

ملاحظة: Qb بالكيلو واط ليس الواط

واحدة الاستهلاك الساعي: ليتر/ساعة l/h
ρ : (تلفظ رو) هي كثافة المازت = 0,84 رو المازت = 0,84
y : تلفظ ديتا و هي مردود المرجل = 0,80
Cv : السعة الحرارية = 41800

الاستهلاك السنوي للوقود: Vy

$$Vy = Vh \cdot t \cdot n$$

أي الاستهلاك السنوي = الاستهلاك الساعي Vh x عدد أيام التدفئة في السنة n x عدد ساعات التدفئة في اليوم t

٢-غرفة المرجل:

تكون عادة في قبو المبنى و في مركزه أو على سطح المبنى أو خارجه (عندما نضطر لتدفئة عدة مباني) و لا يقل ارتفاعها عن ٣ أمتار و هناك طريقتان لحساب مساحة غرفة المرجل: ((الواحدة م٢)):

الطريقة الأولى :

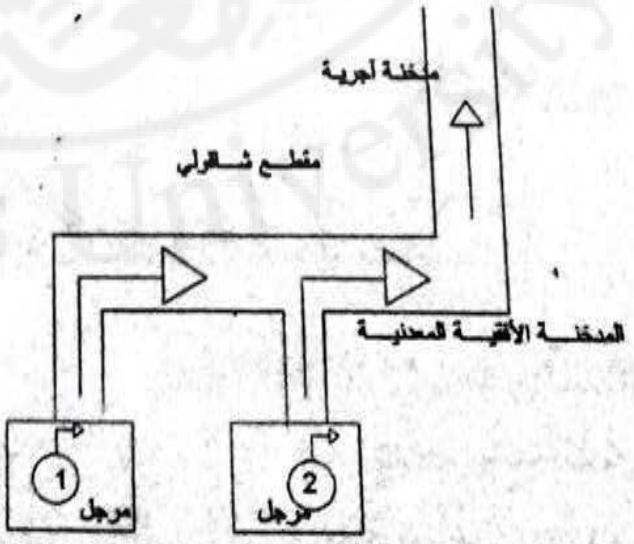
$$A = \sqrt{\frac{0,86.Qb}{20}}$$

الطريقة الثانية: جذر الحجم / ٣ حيث الحجم بالـ م٣

$$A = \sqrt{\frac{V}{3}}$$

٢-المدخنة و الظروف الواجب توافرها فيها:

يبنى لكل مرجل مدخنة و يمكن استخدام مدخنة واحدة لعدة مراجل



تصنع المداخن من الآجر الناري و تكون موصولة بواسطة جزء أفقي مصنوع من مجموعة صفائح فولاذية و يوجد أسفل المدخنة فتحة للتنظيف
و يجب أن :
١- يكون السطح الداخلي للمدخنة أملس
٢- أن تتحمل درجات حرارة عالية
٣- ألا يقل ارتفاعها فوق سطح المبنى عن متر واحد و بحيث تكون أعلى من الجدران المجاورة
٤- أن تؤمن عملية السحب اللازم لعملية الاحتراق

مساحة مقطع المدخنة و مجاري الهواء:

المدخنة ذات مقطع دائري أو مستطيل أو مربع و مساحة مقطعها تقدر بالـ سم٢

$$f = \frac{Qb}{58\sqrt{h}}$$

حيث h ارتفاع المدخنة
و هذه خاصة بالمداخن الشاقولية

يجب أن يكون في غرفة المرجل نافذة لإدخال الهواء النقي و نافذة لطرد الهواء الفاسد
مساحة مقطع مجرى الهواء الملوث الذي يكون في الأعلى

: $f1 = \frac{f}{2}$ (أي نصف مساحة مقطع المدخنة)

و مجرى الهواء النقي على ارتفاع ٢٥ سم من أرض الغرفة و بالتالي يدخل الهواء النقي من الأسفل و يخرج من الأعلى الهواء الملوث
و مقطع فتحة الهواء النقي : $f2 = 3/4\ f = 0,75\ f$ (ثلاثة أرباع مساحة مقطع المدخنة)

مساحة مقطع الجزء الأفقي (المعدني الفولاذي) للمدخنة : $fs = 1,2\ f$

٣- خزانات المازوت :

تصنع بسماكة ٣ الى ٨ مم حسب سعتها و تكون دائرية أو مستطيلة
و للخزانات هناك ملحقات هي:
أنبوب تعبئة و أنبوب تهوية و أنبوب تغذية الحراق (ذاهب – راجع) وفتحة لتنظيف الخزان من الأسفل من الرواسب
و للخزان فتحة تعطينا منسوب المازوت ((عن طريق أنبوب شفاف)) حسب الأواني المستطرقة
و أيضا هناك سخان كهربائي لتسخين المازوت في الأيام الباردة في المناطق الباردة
و مصفاة مازوت تركب على أنبوب تغذية الحراق

أجهزة التدفئة : المشعات ::

و هي العنصر الرئيسي في وحدة التدفئة و تستخدم لنقل الحرارة من الوسيط الناقل للحرارة إلى هواء المكان المراد تدفئته
اختيار المشعات يتبع التصميم المعماري للمكان الدفأ و لتخصيص المكان نختار ما يلي:
((أي فيما يلي إرشادات تركيب أجهزة التكييف أو المشعات))

١- تركب في أبرد مكان من القاعة (الجدران الخارجية – الأبواب – النوافذ-) للحد من تأثير تيارات الهواء الباردة
٢- توزع الأجهزة داخل القاعة بحيث لا تبعد أي منها عن الأخرى أكثر من ٦ إلى ٨ متر
٣- ترك مسافة كافية بين جهاز التدفئة و الجدار و بين جهاز التدفئة و الأرضية بحيث يمر الهواء بسهولة حوله و لسهولة تنظيف الجهاز و الأماكن المحيطة به
٤- تركب الأنابيب الملساء و المشعات على الجدران بواسطة أظفار،، و الأنابيب العريشة على حوامل خاصة و تستند المشعات إلى الأرض بواسطة أرجل خاصة
٥- ألا تكون الأجهزة بارزة فتعيق الحركة و العمل
٦- ألا يحجب الأثاث الأجهزة لأن ذلك يضعف فعاليته
٧- اختيار الأجهزة بحيث أطوال أنابيب التغذية و الرجوع الرئيسية و الفرعية أقصر ما يمكن
٨- توصل المشعات مع الأنابيب بأشكال مختلفة و يفضل عدم ربط أكثر من ٥ مشعات إلى نفس الصاعد ضمن نفس الطابق

هناك ٥ أشكال للتوصيلات:

١- علوي سفلي مباشر
٢- علوي سفلي عكسي
٣- سفلي سفلي مباشر
٤- سفلي علوي عكسي
٥- سفلي علوي مباشر



المحاضرة الخامسة:
تجهيزات مبانى (التدفئة)
- السنة الثالثة

خزان التمدد:

هو عبارة عن وعاء يستخدم لامتصاص التمدد الناتج عن تغير درجة حرارة الماء عند تشغيل وحدة التدفئة و له نوعان:

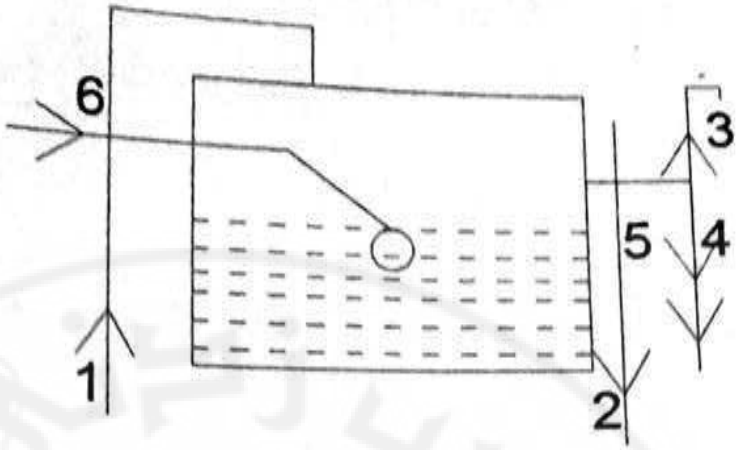
١- **خزان التمدد المفتوح**: يستخدم في وحدات التدفئة ذات درجة الحرارة المنخفضة ،، درجة حرارة الذاهب t2 (الخارجة من المرجل) أقل من ١٠٠ درجة سيليسيوس و يركب في أعلى مكان من المبنى على السطح و يصنع من صفائح الفولاذ المغلفن و يعزل حتى لا يتجمد الماء فيه و يستخدم للأغراض التالية:

١- يجعل المرجل على اتصال مباشر مع الوسط الخارجي
٢- لمنع انفجار المرجل بسبب ازدياد الضغط داخله في إغلاق السكر المركب على أنبوب التغذية الرئيسي
٣- - لاستيعاب كمية الماء الناتجة عن ازدياد حجمه في وحدة التدفئة نتيجة تسخينها
٤- تغذية وحدة التدفئة بالماء اللازم
٥- طرد الهواء من وحدة التدفئة

الأجزاء الرئيسية لخزان التمدد المفتوح:

(١) أنبوب الأمان الصاعد: هذا الأنبوب يصل المرجل مع خزان التمدد مباشرة
(٢) أنبوب الأمان الهابط يتصل مع خط العودة
(٣) أنبوب التهوية يصل الخزان مع الوسط الخارجي
(٤) أنبوب الفائض يستخدم عند تعطل فواشة الخزان
(٥) أنبوب مراقبة يراقب مستوى الماء في الخزان هو أنبوب شفاف يظهر مستوى الماء بالأواني المستطرقة
(٦) أنبوب التغذية يتصل مع شبكة المدينة

تتراوح سعة الخزان ما بين ٨% الى ١٠% بشكل عام من حجم الماء الموجود في الدارة أو في وحدة التدفئة



٢- خزان التمدد المغلق:

هو خزان محكم الإغلاق يستخدم في وحدات التدفئة ذات درجة الحرارة المرتفعة (درجة الحرارة الصاعدة أكثر من ١٠٠ درجة سيليسيوس) لتوليد الضغط اللازم و لمنع الماء من الغليان حيث يركب في غرفة المراجل

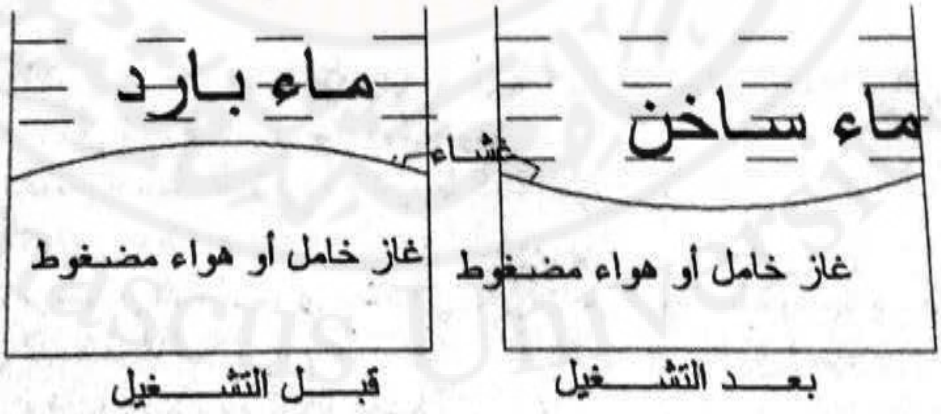
و يزود هذا الخزان بغشاء مرن متين يفصل الغشاء الخزان إلى قسمين يحوي القسم العلوي على الماء و القسم السفلي على غاز خامد كالأزوت أو على هواء مضغوط

و يمتاز بما يلي:

١- سهولة صيانته و استثماره لأنه موجود في غرفة المراجل في القبو

٢- التوفير في التمديدات لأنه بشكل مباشر مع المرجل

٣- توفير الضياعات بسبب الاحتكاك



بعض المسائل:

المسألة الأولى:

احسب المقاومة الحرارية و عامل الانتقال الحراري لجدار خارجي مؤلف من طوبة بلوك اسمنتي سماكتها ٢٢ سم و طوبة اسمنتية داخلية ٣ سم؟

الحل:

- **حساب المقاومة الحرارية:**



- ((معامل التوصيل الحراري للبلوك يؤخذ من جدول خاص))

$$\lambda = 1.16 \text{ w/ m C}$$

و للطينة:

$$\lambda = 1.16 \text{ w / m C}$$

- المقاومتان الحراريتان للوسط الداخلي و الخارجي عبارة عن Ri و Ro حيث:

$$Ri = 0,11 \frac{m2 . C}{W}$$

$$R0 = 0,06 \frac{m2 . C}{W}$$

- **المقاومة الحرارية:**

$$R = Ri + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta i}{\lambda i} + Ra + Ro$$

نعوض :

$$R = 0{,}11 + \frac{0{,}22}{1{,}16} + \frac{0.33}{1{,}16} + 0 + 0{,}06$$

(ملاحظة: حولنا مباشرة من متر الى سم من اجل تجانس الوحدات)

بالحساب نجد : $R = 0{,}39\ m2\ C/w$

و من أجل حساب عامل الانتقال الحراري فهو مقلوب المقاومة الحرارية:

$$K = \frac{1}{R} \quad \text{أي} \quad K = 1/0{,}39 \quad \frac{w}{m2 \cdot C}$$

المسألة الثانية:

قارن حراريا بين جدارين خارجيين الأول مؤلف من طبقة داخلية من الآجر سماكة ٢٠سم و فراغ هوائي٦سم و من طبقة خارجية من الآجر ١٠ سم و الثاني من الآجر بنفس سماكة الأول و ما هو مقدار الوفر الحراري بفرض أن درجة الحرارة الداخلية ti = 20c و درجة حرارة الوسط الخارجي t0 = -2 C

الحل:



- نعين عامل التوصيل الحراري للآجر = $0{,}7 \quad \frac{w}{m2.C}$ (الواحدة واط / متر .درجة)

- المقاومتان الحراريتان :

$$Ri = 0,11 \ \frac{m2 \cdot C}{W}$$

$$R\,o = 0,06 \ \frac{m2 \cdot C}{W}$$

- بينما المقاومة الحرارية لطبقة الهواء الساكن Ra هي :

$$Ra = 0,163 \ \frac{m2 \cdot C}{W}$$

- نحسب المقاومة الحرارية لكل من الجدارين :

$$R = Ri + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta i}{\lambda i} + Ra + Ro$$

- المقاومة الحرارية للجدار الأول :

نعوض:

$$R1 = 0,11 + (\frac{0.20}{0,7} + \frac{0,10}{0,7}) + 0,163 + 0,06$$

و منه : $R\,1 = 0,76 \ \frac{m2 \cdot C}{W}$

- المقاومة الحرارية للجدار الثاني : ((لا يوجد فراغ هوائي)):

- $R2 = 0,11 + \frac{0,36}{0,7} + 0,06$

و منه : $R2 = 0,68 \ \frac{m2 \cdot C}{W}$

و منه ينتج أن $R1 > R2$ أي أن الجدار الأول أفضل حراريا من الجدار الثاني

كمية الحرارة لكل من الجدارين:

$$q = \frac{ti - to}{R}$$

$$q\,1 = \frac{20 - (-2)}{0,76} = 28,95\ w/m2$$

$$q\,2 = \frac{20 - (-2)}{0,68} = 32,35\ w/m2$$

مقدار الوفر $= \frac{q\,2 - q\,1}{q\,2} \times 100 = \frac{32,35 - 28,59}{32,35} \times 100 =$ 10,5 % تقريبا

و هذا التوفير ناتج عن الفراغ الهوائي الساكن و هو يعتبر مادة عازلة للجدار الأول

مسألة ٣ : احسب الاستطاعة الحرارية لمراجل وحدة تدفئة بالماء الساخن علما أن كمية الحرارة الإجمالية اللازمة لتدفئة المبنى تساوى 280000 و الشبكة غير معزولة و التدفئة نصف مستمرة؟

الحل:

استطاعة المرجل:

$$Q_b = Q_{tot}\,(1+m+n)$$

$$Qb = 280000\,(1 + 0,10 + 0,10) = 336\,000\ w$$

(ملاحظة : الشبكة غير معزولة لذا m=0,10)

طلب آخر للمسألة: احسب الاستهلاك الساعي و الاستهلاك السنوي للوقود (المازوت) علما أن عدد أيام التدفئة بالسنة ١٢٥ يوم؟

الحل:

الاستهلاك الساعي: $Vh = \frac{3600\ Q_b}{\mathcal{P}\ y\ C_v}$

$$Vh = \frac{3600 \times 336}{0,84 \times 0,8 \times 41800}$$

((ملاحظة: أرقام المقام هي أرقام يجب حفظها و وردت في القانون في المحاضرة السابقة))

Vh=21,53 l/h

و الاستهلاك السنوي : l / y

$$Vy = Vh \times t \times n = 21,53 \times 10 \times 125 = 26912.5$$

((ملاحظة:: في نص المسألة لا يوجد عدد ساعات و إنما نوع التدفئة::
التدفئة نصف مستمرة أي عدد ساعات العمل من ٨ الى ١٦ ساعة و نأخذ وسطيا ١٥ ساعة
من أجل سهولة الحساب
و في حال التدفئة مستمرة (من ١٦ الى ٢٤ ساعة) نأخذ وسطيا ٢٠ ساعة
و في حال التدفئة المتقطعة التي هي أقل من ٨ ساعات نأخذ ٥ ساعات في المسائل)))

مسألة ٤: مسألة شاملة قد تأتي بالامتحان:
مبنى حمله الحراري الكلي 500 000 واط، الأنابيب غير معزولة و التدفئة نصف مستمرة و يراد تدفئتها بالماء الساخن 90 / 70 C و الشبكة غير معزولة و
المطلوب::
حساب استطاعة المرجل و مساحة غرفة المرجل و مساحة مقطع المدخنة و مساحة مقطع الجزء الأفقي للمدخنة و فتحة الهواء الملوث و فتحة الهواء النقي ثم أوجد الاستهلاك الساعي و السنوي للوقود علما بأن ارتفاع المدخنة ١٦ م و عدد أيام التدفئة بالسنة ١٠٠ يوم؟
الحل:

- استطاعة المرجل :

$$Q_b = Q_{tot} (1+m+n) = 500\ 000\ (1+0,10+0,10) = 600\ 000\ w$$

- مساحة غرفة المرجل :

$$A = \frac{\sqrt{0,86.Qb}}{20}$$

-

$$A = \frac{\sqrt{0,86 \times 600\ 000}}{20}$$

-

- و منه $A = 160,623\ m2$

- مساحة مقطع المدخنة:

$$f = \frac{Qb}{58 \sqrt{h}}$$

$$f = \frac{600\ 000}{58 \sqrt{16}}$$

ومنه $f = 2586,21\ cm^2$

- مساحة مقطع الجزء الأفقي للمدخنة :
- $fs = 1.2\ f = 1.2\ (2586,21\ ) = 3103,45\ cm2$

- مساحة فتحة الهواء الملوث :

$f_1 = f/2 = 2586,21 / 2 = 1293,11 cm2$

- مساحة فتحة الهواء النقي:

$f_2 = 3/4\ f = 1939,66\ cm2$

الاستهلاك الساعي :

$$Vh = \frac{3600\ Qb}{\mathcal{P}\ y\ Cv} = \frac{3600 \times 600}{0,84 \times 0,8 \times 41800} = 669,642\ l/h$$

الاستهلاك السنوي :

$$Vy = Vh \cdot t \cdot n = vh \times 10 \times 100 = 669642,8\ l/y$$

ملاحظة : قد يأتي بالامتحان إيجاد Qtot بدلا من Qb