

تطبيق خواص الضوء الفيزيائية كأحد الظواهر البصرية في العمارة الداخلية المستدامة Applying Light Physical Characteristics as One of the Visual Phenomena in Sustainable Interior Architecture

م.د/ أحمد فتحي السيد

مدرس بقسم التصميم الداخلي والأثاث - كلية الفنون التطبيقية- جامعة ٦ أكتوبر

Lect. Ahmed Fathy El-Sayed

Lecturer at The Faculty of Applied Arts - October 6th University

intouch_a_fathy77@yahoo.com

الملخص:

الضوء بكل ما يحمله من خصائص هو المصدر الأساسي للحياة البصرية وعنصر محرك هام ضمن منظومة الحياة بشكل عام، هو عالم ساحر يخاطب العقل والعين والوجدان، فهو موسيقى العيون، وترجمة حقيقية لحالة البشر النفسية مساهما في تشكيل الأجسام وتهئية الجو الصحيح لإظهارها.

واللون ما هو إلا نتيجة بصرية للضوء، وقد كان هناك محاولات عدة للدراسة والربط بينهما على مر التاريخ، حيث كانت تهيمن الفوضى على علم الألوان حتى أعلن "نيوتن" عن نظريته الجديدة عام ١٦٧٠ والقاضية بأن "الألوان موجودة في الضوء الأبيض نفسه، وما يميزها عن بعضها هو قابليتها للانكسار داخل المنشور".

مشكلة البحث:

- استخدام الإضاءة الصناعية بصفه أساسية بالرغم مما تحمله من أعباء اقتصادية وزيادة الأحمال الحرارية على المبنى مما يؤثر بالسلب على البيئة المحيطة من انبعاثات ضارة.
- قلة استخدام الألوان في العمارة الداخلية بأسلوب يتوافق مع البيئة الطبيعيه الموجودة بها ونوع المنشأة.

هدف البحث:

- الاستفادة من معايير التصميم المستدام في إنشاء مبنى صديق للبيئة باستخدام أساليب الإضاءة الطبيعية المستدامة- الطاقة الشمسية- كمصدر دائم نظيف للطاقة.
- مرونة استخدام وحدات الإضاءة وإعادة تشكيلها وتغيير لونها.

أهمية البحث:

تطوير معرفة المصمم الداخلي بأهمية الضوء وخواصه الفيزيائية وعلاقته بالألوان في أعمال التصميم الداخلي.

حدود البحث:

دراسة خواص الضوء الفيزيائية ودورها في تغيير الهيئة البصرية لأعمال التصميم الداخلي.

منهجية البحث:

منهج وصفي- تحليلي يعرض استخدام خواص الضوء في نماذج من أعمال التصميم الداخلي.

الكلمات المفتاحية:

خواص الضوء، اللون، التصميم الداخلي، توفير الطاقة.

Abstract:

Light, with all its properties, is the main source of visual life and an important driving element within the system of life in general. It is an enchanting world that addresses the mind, the eye and the conscience. It is the music of the eyes, and a true translation of the psychological state of human beings, contributing to the formation of bodies and creating the right atmosphere for their manifestation.

Color is nothing but a visual result of light, and there have been several attempts to study and link them throughout history, as chaos dominated the science of color until "Newton" announced his new theory in 1670, which states that "colors exist in white light itself, and what distinguishes them from Some of it is its fractility within the prism."

Research problem:

- The use of industrial lighting mainly despite the economic burden it carries and the increase in thermal loads on the building, which negatively affects the surrounding environment in terms of harmful emissions.
- The lack of use of colors in the interior architecture in a manner consistent with the natural environment in which it is located and the type of facility.

Research goal:

Benefiting from sustainable design standards in constructing an environment-friendly building using sustainable natural lighting methods - solar energy - as a clean, permanent source of energy.

Flexibility to use lighting units, reconfigure them, and change their color.

research importance:

Develop the interior designer's knowledge of the importance of light, its physical properties and its relationship to color in interior design work.

search limits:

Studying the physical properties of light and their role in changing the visual appearance of interior design works.

Research Methodology:

A descriptive-analytical approach that presents the use of the properties of light in examples of interior design work.

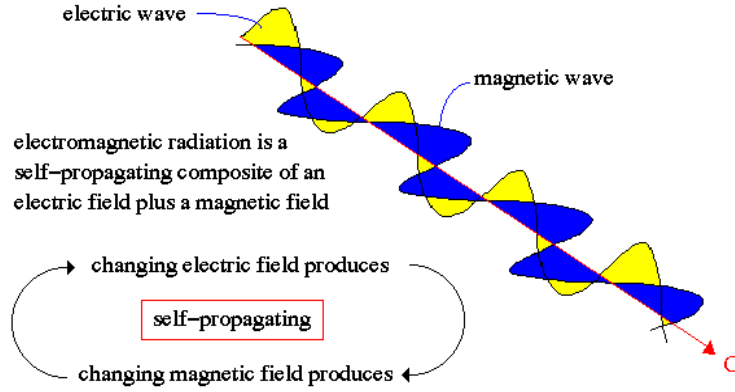
Keywords:

Light Physical Characteristics, color, interior design, saving energy

الضوء والإضاءة (Light & Lighting):

طبيعة الضوء:

"أجمع العلماء على أن الضوء من صور الطاقة المشعة (Radiant Energy) التي تسبب الإحساس بالرؤية، وتظهر تلك الطاقة على شكل موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الفضاء بسرعة تساوي ما يقرب من ٣٠٠ ألف كم/ ثانية وفي أنواع معينة من المواد كالهواء، والماء، والزجاج. "والضوء يشمل الطيف المرئي والغير مرئي، أما الإضاءة فهي الطيف المرئي من الأشعة الكهرومغناطيسية، وتتحصر بين الطول الموجي ٠,٤٠ : ٠,٧٠ ميكرون، وتعادل ٤٠٠ : ٧٠٠ نانومتر- الميكرون =M ١٠٠٠ نانومتر -، وهنا نجد أن الإضاءة هي الرابط بين الإنسان ومحيطه الخارجي وسبب إحساسه بما حوله من خلال جهاز الإدراك البصري بالإنسان، فدور الإضاءة أكبر من مجرد جعل العالم الخارجي مرئيا، فباختلاف أنواع وأساليب الإضاءة يختلف التأثير على البيئة التصميمية والكتل داخلها من حيث الوظيفة والأحاسيس مع إضفاء الجانب الجمالي." (٢٥) شكل (١).



شكل (١): يتكون الضوء من موجات مغناطيسية وأخرى كهربائية تشمل الطيف المرئي والغير مرئي.

الخصائص الفيزيائية وانتشار الضوء:

"ينتقل الضوء في خط مستقيم عندما لا يقابله أي عائق، أما عندما يقابل الضوء حاجزا شفاف، نصف شفاف، معتم، لامع أو خشن تحدث له تغييرات في الخصائص، وتلك التغييرات هي:

١. الإمتصاص (Absorption):

عند وقوع الطاقة الضوئية على أي سطح فإنه يمتص جزء من تلك الطاقة ويتحول الجزء الآخر إلى طاقة حرارية للجسم الساقط عليه الضوء.

وتعتمد كمية الضوء الممتص على كل من:

- طول موجة الضوء الساقط.

- زاوية سقوط الأشعة الضوئية.

- التركيب الجزيئي للجسم الساقط عليه الأشعة.

ويحدد على ذلك معامل الامتصاص (Coefficient Absorption) للجسم الساقط عليه الضوء، وهو النسبة بين كمية الضوء الممتص بواسطة السطح وكمية الضوء الساقط عليه. " (٧، ص. ٢٥)

٢. الإنكسار/ النفاذية (Refraction/ Transmittance):

"هو قابلية تحول أشعة الضوء عن مجراها عند مرورها بجسم أو وسط مادي إلى آخر، وبقدر زيادة أو قلة قابلية تحول الأشعة عن مجراها يزيد انكسارها أو نفاذها،" (٧، ص. ٢٥)

"ويحدث الإنكسار بطريقتين:

- النفاذ المنتظم: ويحدث في الزجاج الشفاف المسطح أو المنشوري.

- النفاذ المنبسط: ويحدث في الزجاج الغير شفاف أو المصنفر. " (٧، ص. ٢٦) شكل (٢).



شكل (٢): أنواع الإنكسار/ النفاذية.

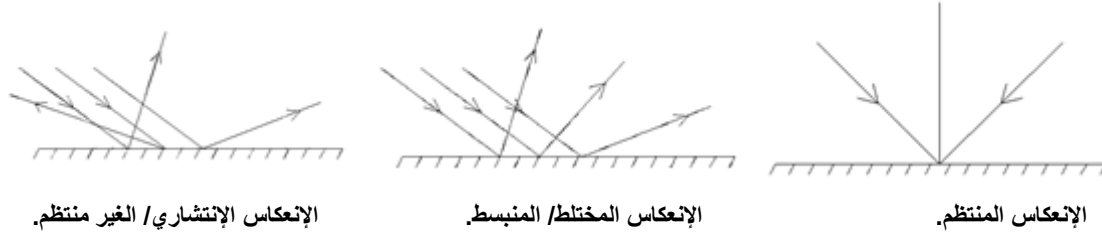
النفاذ المنتظم

النفاذ المنبسط

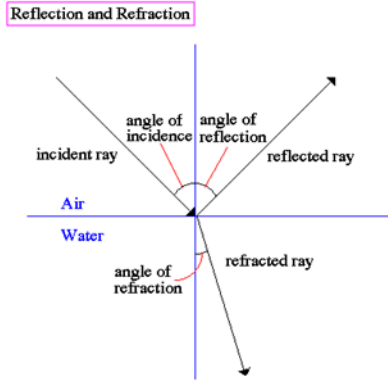
٣. الإنعكاس (Reflection):

"عند سقوط الضوء على جسم ما يتم إمتصاص جزء منه ويرتد الجزء الآخر دون أي تغيير في تردد الموجات، ولكل وسط عاكس معامل انعكاس (Coefficient Reflection) يختلف عن غيره، وهو النسبة بين الطيف الضوئي أو كمية الضوء المنعكس إلى الطيف الكلي الساقط على الوسط العاكس، مثال ذلك أن معامل إنعكاس الفضة المصقولة ٩٢%، وفي أوراق الكتابة البيضاء ٧٠%." (٧، ص. ٢٦) ويحدث الانعكاس بأحد الطرق الآتية:

- إنعكاس منتظم: فيه يعكس الشعاع الساقط بزواوية تساوي زاوية سقوطه، وبالتالي يكون كل من الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام على السطح من نقطة الإنعكاس في مستوى واحد، ويحدث هذا النوع من الإنعكاس في الألومنيوم، الكروم، الذهب، الفضة، الزجاج، البلاستيك المفضض والمرابيا المستوية.
- إنعكاس مختلط/ منبسط: فيه تتبع معظم الأشعة المنعكسة قانون الإنعكاس المنتظم فيما عدا جزء صغير منها تتناثر حول خط الإنعكاس، ويحدث ذلك في الزجاج الغير مسطح- المصنفر- والأسطح المعدنية الغير مصقولة.
- إنعكاس إنتشاري/ غير منتظم: هنا تكون الأشعة المنعكسة في اتجاهات مختلفة، ويحدث ذلك في الأسطح الخشنة مثل زجاج الأوبال، البورسلين والطلاء على الحوائط والأسقف." (٧، ص. ٢٦- ٢٧) شكل (٣، ٤).



شكل (٣): أنماط الإنعكاس.



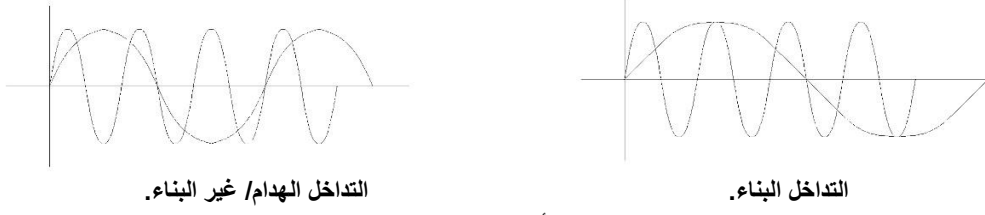
شكل (٤):

ظاهرتي الإنعكاس والإتكسار للضوء بين وسطين، الأول هو الهواء، والثاني هو الماء.

٤. التداخل (Interference):

"هو تداخل الموجات الضوئية مع بعضها، ويكون ذلك بأحد الطريقتين:

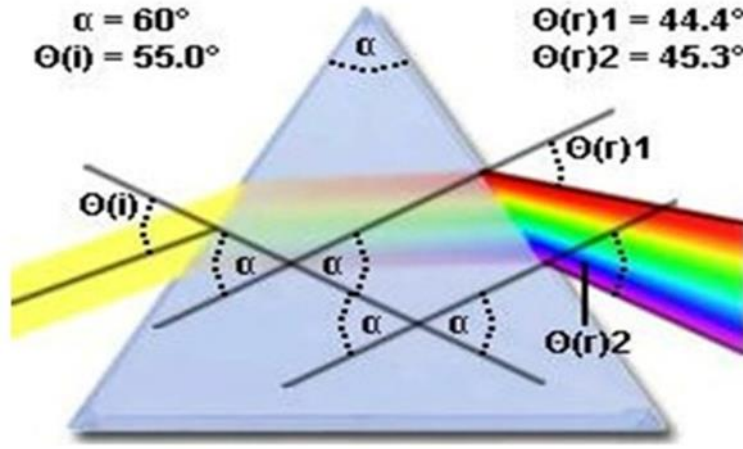
- التداخل البناء (Constructive): بمعنى اتحاد قمة موجة واحدة مع قمة موجة أخرى، أو اتحاد قاع موجة واحدة مع قاع موجة أخرى وذلك لتكوين بقعة أكبر من الضوء.
- التداخل الهدام/ غير البناء (Destructive): هو تقابل قمة موجة واحدة مع قاع موجة أخرى فتتلاشى الموجة تاركة بقعة مظلمة. شكل (٥).



شكل (٥): أنواع التداخل الضوئي.

٥. التشتت (Dispersion):

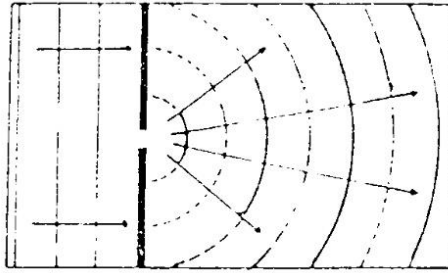
انتشار ضوء النهار بعد مروره عبر منشور زجاجي لتتكون ألوان الطيف في درجات متعددة." (٧، ص. ٢٧ - ٢٨) شكل (٦).



شكل (٦): عند مرور ضوء النهار الأبيض عبر المنشور تكون النتيجة تحلل الضوء إلى ألوان الطيف.

٦. الإنتشار (Diffraction):

"ينتقل الضوء في خط مستقيم، وما أن يمر في ثقب قطره نفس الطول الموجي لهذه الموجات فإنه ينتشر على هيئة موجات مقعرة." شكل (٧).



شكل (٧): الإنتشار (Diffraction)

٧. "الإستقطاب (Polarization):

ينتشر الضوء على هيئة موجات مستعرضة (Transverse Waves) في اتجاه عمودي على كل من المجالين الكهربائي والمغناطيسي. " (٧، ص. ٢٨ - ٢٩) ويتمتع الضوء بالصفات التالية:

١. اللمعان (Brightness): بمعنى كمية الضوء، إما للمصدر الضوئي نفسه أو لمعان الضوء الذي تعكسه الأسطح، فالأسطح الداكنة لمعانها منخفض على عكس الأسطح الفاتحة عندما تسقط عليها نفس كمية الضوء من نفس مصدر الضوء وفي نفس الظروف المحيطة.

٢. اللون (Color of Light): هو إحمرار الضوء أو زرقتة أو خضرته، ويعد اللون من الصفات المباشرة للضوء، وعند إسقاط ضوء ملون على سطح ما يجب أن تراعى القوى الضوئية التي يعكسها السطح.

٣. التشبع (The Saturation): هو النقاء النسبي في اللون الضوئي، مع مراعاة أنه عند الخلط اللوني للضوء مع الأسود- وهو مادة لا لونية إيجابية- يحدث خفض في اللمعان الضوئي، ولكن لا يحدث تأثير لدرجة التشبع سواء بالزيادة أو النقصان. " (٧، ص. ٥٦)

أنواع الإضاءة (Types of Lighting):

تنقسم مصادر الضوء إلى نوعين هما المصادر الطبيعية والمصادر الصناعية، والمصادر الطبيعية لا يمكن التحكم بمصادر ها على عكس الصناعية، والإضاءة الطبيعية هي الإضاءة المنبعثة من أجسام تشع الضوء من تلقاء نفسها دون تدخل الإنسان ولكن يمكن التحكم في توظيفها، منها الشمس، النجوم، القمر والمواد المشعة. أما الإضاءة الصناعية فهي وسيلة ابتكرها الإنسان لتفي بإحتياجاته الضوئية في حالة عدم كفاية المصادر الطبيعية، وغالبا ما كان الإحتياج لها بالأماكن المظلمة سواء التي لا يصل إليها الضوء الطبيعي، أو ليلا، ومنها النار، الشموع والمصابيح، وإستمر التطور في إنتاجها حتى أمكن تصنيفها حديثا إلى مصادر الضوء المرئي (Visible Light Source)، مصادر الضوء للأشعة فوق البنفسجية (Ultra Molest Source)، مصابيح تسخين الأشعة تحت الحمراء (Infrared Heating Lamps) وأجهزة الليزر الضوئية (Laser Systems). (٧، ص. ١١٧)

الأساليب الضوئية للحيز الفراغي (Lighting Styles):

"هي معالجة كيفية التوزيع والإنتشار الضوئي، مع مراعاة كمية الإضاءة المراد سقوطها مباشرة على سطح العمل، على الحوائط المحيطة أو الموجهة للأسقف، الإضاءة المنعكسة من الأسطح الأخرى على سطح العمل ودرجة البريق المحتملة داخل الحيز الفراغي بهدف تحقيق القيمة الوظيفية والجمالية لعناصر التصميم." (٢، ص. ١٠٦)

ويمكن تصنيف طرق معالجة الأساليب الضوئية كما في الجدول (١):

توزيع الإضاءة		طريقة المعالجة
لأسفل	لأعلى	
٩٠ - ١٠٠ %	صفر - ١٠ %	مباشرة
٤٠ - ٦٠ %	٦٠ - ٤٠ %	موزعة- منتشرة-
١٠ - صفر %	١٠٠ - ٩٠ %	غير مباشرة
٦٠ - ٩٠ %	٤٠ - ١٠ %	شبه مباشرة- نصف مباشرة-
١٠ - ٤٠ %	٩٠ - ٦٠ %	شبه غير مباشرة

جدول (١): "الأساليب الضوئية ونسب توزيع الإضاءة لأعلى ولأسفل." (٢، ص. ١٨٣)

التحليل اللوني للضوء:

يعد اللون من أهم وأصعب النتائج المرتبطة بالضوء، وحتى عام ١٦٦٦ كان اللون صفة مميزة للخامات، إلى أن أثبت العالم نيوتن (Newton)* أن اللون هو صفة مميزة للضوء، ذلك عندما مرر شعاع ضوئي أبيض خلال منشور زجاجي فحصل على ألوان الطيف الشمسي،" (٩، ص. ٢٧) "وقد برهن بذلك على أن الضوء الأبيض هو مزيج لمجموعة من الأشعة الملونة يكسرها الزجاج بدرجات مختلفة حسب قابلية إنكسار معينة لكل لون على حدة، فالأشعة الحمراء هي الأضعف انكساراً والأشعة البنفسجية هي الأشد انكساراً، فضاء الشمس الأبيض مزيج متناسق من الألوان البدائية،" (١) "والألوان الناتجة من الضوء ما هي إلا نتيجة لموجاتها التي في حد ذاتها ليست ملونة، ولكنها نتاج التأثير العضوي لهذه الموجات على شبكية العين، فالموجات ذات الطول الموجي الكبير تستقبلها شبكية العين ويترجمها المخ على أنها ألوان دافئة، أما الموجات ذات الطول الموجي القصير تترجم على أنها ألوان باردة. والإختلاف بين الطول الموجي الأكبر والأصغر للضوء المرئي هو ٠,٠٠٠١٢ بوصة، وداخل هذا التنوع الضئيل يتواجد ما يقرب من ١٠٠٠ لون." (٩، ص. ٢٧) "كما أكد أن الضوء هو موجات وحبيبات طاقة- فوتونات-، يكون بالتالي الضوء المرئي هو جزء ضئيل من الإشعاع الكهرومغناطيسي أو الإشعاع الضوئي عامة وتطبق عليه نفس الصفات." جدول (٢).

ألوان الطيف الضوئي المرئي		
اللون	الطول الموجي بالنانومتر	التردد
الأحمر	٦٥٠ : ٨٠٠	٤٧٠ : ٤٠٠ THz
البرتقالي	٥٩٠ : ٦٤٠	٥٢٠ : ٤٧٠ THz
الأصفر	٥٥٠ : ٥٨٠	٥٩٠ : ٥٢٠ THz
الأخضر	٤٩٠ : ٥٣٠	٦٥٠ : ٥٩٠ THz
الأزرق	٤٤٠ : ٤٥٠	٧٠٠ : ٦٥٠ THz
النيلي	٤٣٠ : ٤٤٠	٧٦٠ : ٧٠٠ THz
البنفسجي	٣٩٠ : ٤٣٠	٨٠٠ : ٧٦٠ THz

جدول (٢): الأطوال الموجية للألوان الناتجة من تحليل الضوء الأبيض.

اللون وخواصه الفيزيائية:

"يعد اللون أحد أبغ العناصر التصميمية وأقدرها على توفير الإدراك الحسي البصري من خلال خواصه الفيزيائية، ويترتب على هذا الإدراك إنطباعات بصرية عن الخواص الفسيولوجية للون، حيث يعمل بمثابة وسيط مكمل للإنفعالات والعواطف، كما أن للألوان خواص سيكولوجية دلالية لها قدرة على التخاطب ونقل المعلومات إذا ما أدركنا المدلول السيكولوجي لها." (٤) "ويوصف اللون من خلال ثلاثة خواص، هي:

- الكنه/ الصبغة (Hue):

يصف الكنه اللون الأساسي ويميز لون عن آخر مثل الأحمر، الأزرق والأخضر، ويمكن تغيير كنه اللون من خلال مزج لونين مختلفين مثل الأحمر والأزرق فينتج البنفسجي. والأجسام تبدو ملونة طبقاً لصبغتها، فإذا سقط ضوء أبيض على كتلة حمراء، فإن اللون الأحمر يمتص الموجات الضوئية المكونة للألوان الأخرى، ويعكس فقط الموجات الضوئية الخاصة باللون الأحمر وهي الموجات التي حدث لها تشبع على سطح هذه الكتلة الحمراء.

- القيمة/ اللعان والنصوع (Brightness\ Value):

هو كمية الضوء وبريق اللون، أي أنه فاتحا أم داكنا، فدرجة نصوع الألوان تتوقف على شدة الضوء الذي تعكسه، مع مراعاة أن نصوع لون الجسم يتوقف على شدة الضوء المنعكس وشدة ضوء المكان المحيط بالجسم، فإذا اشتد نصوع اللون اقترب من الأبيض، أما إذا قل نصوعه فإنه يقترب من الأسود، فالمتغير هنا هو القيمة وليس الكنه". (١١، ص. ٢٣)

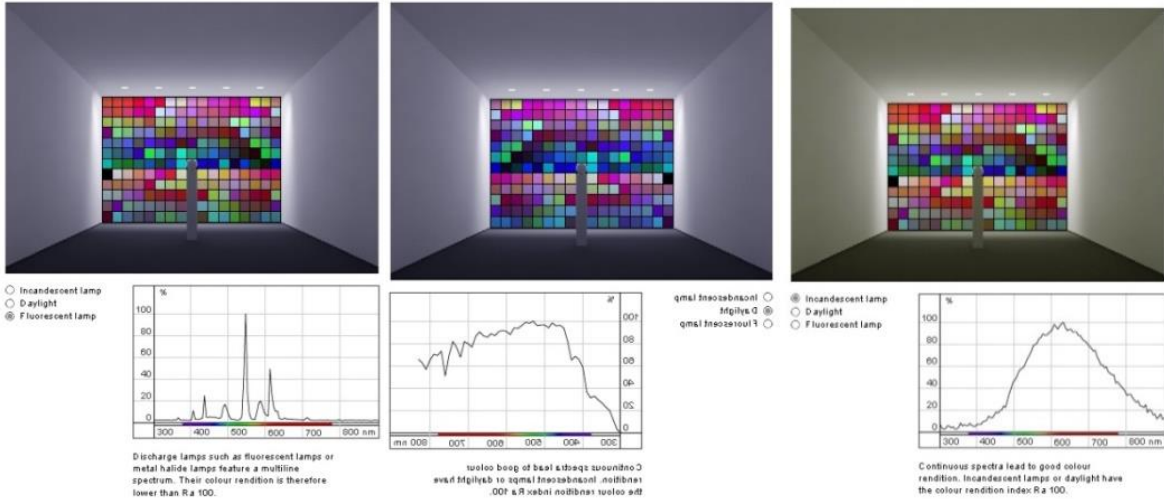
- التشبع/ الكثافة أو الشدة (Saturation\ Intensity or Chroma):

"هو درجة نقاء اللون من حيث إمتزاج عدة موجات ضوئية مع بعضها البعض، فإذا كانت هذه الموجات الممتزجة مختلفة في الطول الموجي فإن اللون الناتج من هذا المزيج يصبح أقل نقاءا وتشبعا، إما إذا كانت متشابهة أو متقاربة في الطول الموجي، فإن اللون الناتج يكون نقيا مشبعا، فالأبيض غير نقي بسبب تداخل جميع موجات ألوان الطيف والتي تختلف في أطوالها الموجية، فإذا قلت درجة تشبع اللون فإنه يصبح أقرب للون الرمادي، وبين لون الطيف واللون الرمادي درجات عديدة من التشبع تعرف بسلم التشبع". (٣، ص. ١١١-١١٣)

الألوان وتصميمات الإضاءة:

"التحليل الطيفي للضوء- طبيعيا كان أو صناعيا- هو المتحكم في مظهر لون الجسم بعد سقوطه عليه، بالتالي فإن ضوء المصباح الكهربائي يكون أقرب ما يكون لضوء النهار الأبيض إذا كان الطيف الضوئي له يضم الألوان الضوئية الأولية الثلاثة- الأزرق، الأخضر والأحمر- بنفس نسبها في طيف ضوء النهار الأبيض، وكلما إختلفت النسبة اختلف الضوء الصناعي عن الضوء الطبيعي وضعفت قدرته على إظهار جميع الألوان المعروفة بما فيها الألوان الأولية". (٦، ص. ٣٩)

وعندما لا يمكن تمييز الألوان من العوامل المحددة لتصميم الإضاءة، فإن جميع المصابيح تستعمل دون فرق، إذ لا يؤثر التركيب اللوني لضوء المصباح الأبيض على كفاءة الرؤية، وعلى العكس تماما فإنه من متطلبات التصميم الداخلي أن يكون للون مصدر الضوء أهمية كبيرة، ولا تستعمل مصادر الضوء الملون في أعمال الإضاءة العادية، إنما بغرض الزينة، الإعلان والأعمال الفنية، بجانب الاستخدام في العروض الموسيقية والمسرحية. شكل (٨).

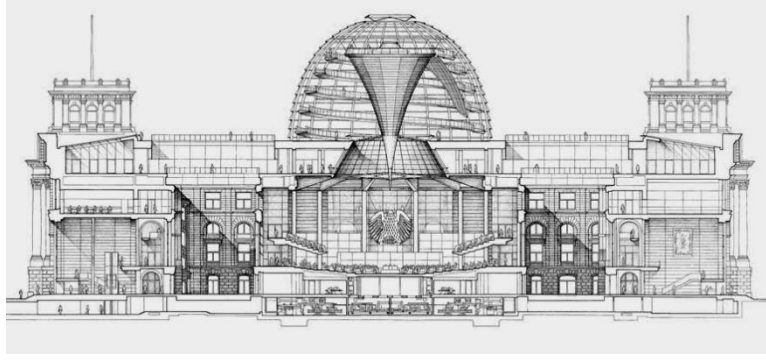


شكل (٨): "كلما اختلفت النسبة بين الألوان الضوئية الأولية الثلاثة عن نسب وجودها في ضوء النهار الأبيض بعد ضوء المصباح عن ضوء النهار الأبيض وانخفضت قدرته على إظهار جميع الألوان المعروفة، وليس فقط الألوان الأولية الثلاثة". (١٧)

نماذج لمنشآت تستخدم تقنيات تكنولوجية تتعامل مع خواص الضوء:

- قبة مبنى البرلمان الألماني (The Reichstag Dome):

"يوفر المبنى نموذجا مهما لاستدامة الطاقة، فبالرغم من بساطة تصميم قبة المبنى الزجاجية من الناحية النظرية، إلا أنها تدفع الإضاءة والتهوية الطبيعية داخل المبنى، حيث تحتوي القبة على نافذة سقوية بداخلها مخروط تكسوه المرايا يتوسط القبة ويوجه أشعة الشمس الطبيعية لقاعة البرلمان أسفلها، وتعتبر القبة عنصرا عاما في الأعمال الداخلية للمبنى ومكونا رئيسيا في استراتيجيات الإضاءة وتوفير الطاقة." (٢٤) شكل (٩)، صورة (١، ٢).



شكل (٩): قطاع رأسي بمبنى البرلمان الألماني يظهر وضع مخروط المرايا المقلوب داخل القبة الزجاجية.



صورة (١، ٢): "تعتبر القبة مكونا رئيسيا في استراتيجيات الإضاءة وتوفير الطاقة، حيث تنتقل الإضاءة الشمسية المنعكسة عن المرايا التي تكسو المخروط المقلوب داخل قاعة البرلمان أسفل القبة الزجاجية." (١٩)

- محل خاص ببيع أجهزة المحمول الخاصة بعلامة سامسونج (Samsung):

"تظهر هنا إمكانية تغيير الإحساس بنوع الحيز الداخلي من كونه مكانا لبيع منتج ما إلى الإحساس بكونه مكانا يشعر فيه المرء بجو من الألفة وكأنه مع أشخاص له بهم سابق معرفة وذلك بواسطة دفاء ولون الضوء المتغير للحائط الخلفي للحيز بالإضافة إلى الإضاءة العامة للمكان." (١٧) صورة (٣).



صورة (٣): استخدام الإضاءة الملونة لتغيير طابع الحيز الداخلي يساهم في تغيير الهيئة البصرية المألوفة والمتكررة. (١٧)

- كافيتريا (Fuel):

"يظهر هنا استخدام العلاقة بين الضوء واللون لتشكيل أسطح الحيز الداخلي للمطعم، حيث يبدو وكأنه يسبح في بحر من الألوان المائية اللوحة فنية جذابة، فينتج عنه تنوع في الحالات المزاجية التي يشعر بها زوار المطعم التي تتأثر بالتغيرات التي تطرأ على الضوء المحيط على مدار اليوم الواحد: فتكون الإضاءة ناعمة ومرحبة في فترة الصباح، مشرقة وناطقة بالحياة أثناء وقت الغداء، وخافتة في أوقات الليل المتأخرة." (١٧) صورة (٤).



صورة (٤): استخدام العلاقة بين الضوء واللون لتشكيل أسطح الحيز الداخلي للمطعم ينتج عنه تنوع الحالة المزاجية لزوار المطعم. (١٧)

نماذج لنظم تستخدم خواص الضوء للتحكم وتغيير شكل الإضاءة الطبيعية داخل الحيز الداخلي:

- الخرسانة الناقلة للضوء (Light-Transmitting Concrete- LitraCon):

"خلطة خرسانية جديدة يضاف إليها مادة (L-Light) ونوع معين من الفايبر، تسمح بمرور ضوء النهار ليصبح المبنى من الداخل أشبه بنافذة كبيرة يستخدم إضاءة النهار بشكل أقل، ويمكن عمل ثقوب صغيرة في الخرسانة لا تؤثر على فاعليتها، بل تزيد من شفافية الخرسانة لتصبح ٢٠ %، وقد استخدمت مؤخرا بالمعرض الدولي بمدينة شنجهاى الصينية بارتفاع ١٨م، حيث ٤٠ % من الحوائط مبنية من مادة (L-Light)، ويمكن استخدام تلك التقنية بعيدا عن الحيزات الإدارية التي تحتاج إلى خصوصية عالية، بمعنى آخر يمكن استخدامها بحوائط القاعات العامة، مسارات الحركة الرئيسية والفرعية وحوائط الفناء الداخلي حيث يتم صبها أثناء التنفيذ." (٥) صورة (٥، ٦).



صورة (٥، ٦): "نماذج لاستخدام الخرسانة الناقلة للضوء في الواجهات الخارجية وأعمال التصميم الداخلي يظهر فيها إمكانية استخدام إضاءات ملونة عليها." (١٨)

- ألواح السقف الشفافة (Transparent Roof Slab):

"وسيلة إقتصادية، مستدامة لبناء السقف، تسمح بدخول الضوء الطبيعي إلى الحيز، وهي مقاومة لجميع الظروف الطبيعية وتحمي السقف من أي نوع من التسرب." (١٣) ويمكن استخدامها بالحيزات الإدارية لتوفير الضوء الطبيعي. صورة (٧).

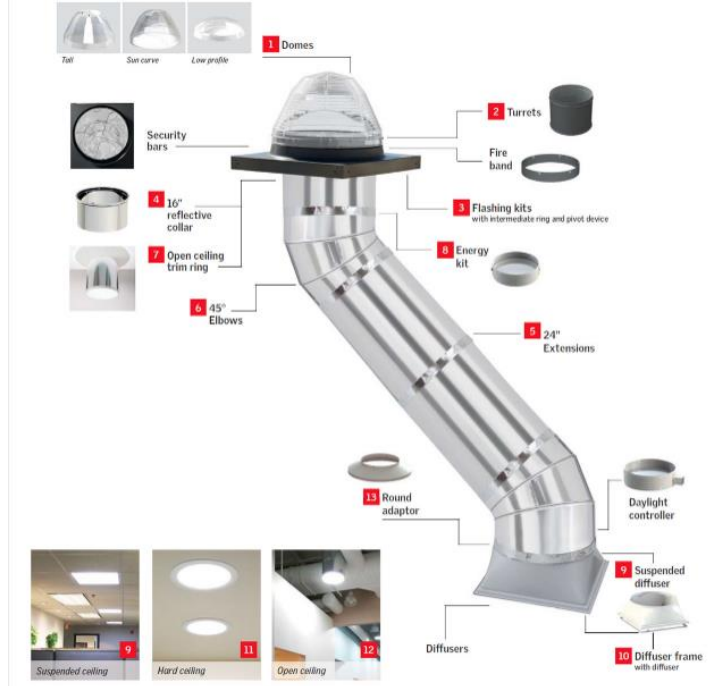
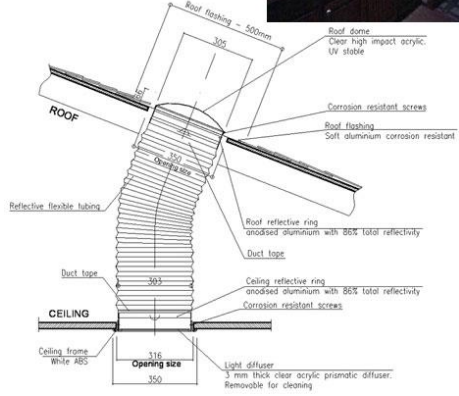


صورة (٧): "ألواح شفافة بسقف إحدى الغرف تساعد على نفاذية الضوء كما تضيف نوعاً من الروحانية".

- أنابيب ضوء الشمس (Sun Tunnel Skylight):

"عبارة عن وحدات تثبت في سطح المبنى تعمل على تجميع أشعة الشمس وضوء النهار الطبيعي ونشره داخل الحيزات العميقة التي لا يصل إليها الضوء الطبيعي، أو تكون الفتحات المعمارية غير قادرة على توفير شدة الإضاءة المناسبة، ويتم ذلك دون إحداث أي تعديلات إضافية أو مناوئ خدمية صغيرة بالمبنى، وتكون الإضاءة الناتجة على درجة عالية من الجودة، يمكن التحكم فيها وقادرة على توفير الطاقة، وقد تطورت هذه التقنية على مدار سنوات عديدة حتى وصلت إلى مستوى متقدم يسمح باستخدامها بتكاليف معقولة والحصول على إضاءة طبيعية بشدة ثابتة ومناسبة كبديل للإضاءة الصناعية والطرق التقليدية الأخرى. وتتكون الوحدات من نظام تحديد المواقع لتعقب حركة الشمس، مرآة لعكس مسار ضوء الشمس داخل أنبوب- وسط ناقل- سطحه الداخلي من مواد عاكسة تساعد على نقل الضوء خلاله، وأخيراً، عدسة تثبت في سقف الحيز الداخلي تعمل على نشر الضوء الطبيعي داخله، ويعمل النظام على تضخيم الضوء الطبيعي ليُجعل الإضاءة الكهربائية غير ضرورية نهائياً." (٢٦) شكل (١٠، ١١).

"كذلك يمكن استخدام "الألياف البصرية Optical Fibers" بدلاً من الأنابيب، حيث تتميز بعدم انبعاث حرارة منها أثناء نقل الضوء، كما يمكن تجميعها في كابلات حسب الحاجة لنقل الضوء الشمسي إلى الأماكن المراد إضاءتها داخل المبنى، كما أنها ذات تكلفة إقتصادية معقولة، إلا أن الألياف تمتص بعض الضوء المجمع المنقول عبرها، لذا يجب ألا يزيد طول الكابلات عن عشرة أمتار." (١٠) شكل (١٢) صورة (٨).

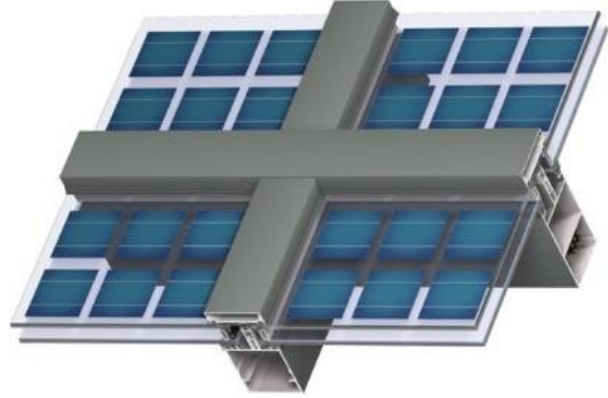


شكل (١٠، ١١): "تركيب أنابيب ضوء الشمس تنقسم لثلاث أجزاء رئيسية:
الأول: لأعلى ويضم المرآة العاكسة لضوء الشمس الطبيعي داخل الأنبوب.
الثاني: الأنبوب الذي يعمل على نقل الضوء من خلال سطحه الداخلي العاكس.
الثالث: لأسفل ويضم العدسة التي تساعد على نشر الضوء داخل الحيز." (٢٦، ١٥)



شكل (١٢)، صورة (٨): "الألياف البصرية أعلى وأسفل الرأس التي ترسل الضوء إلى الألياف." (٢٠)

– الفتحات السقفية ذات الخلايا الشمسية (Shade of Solar Photo Volatic Skylight- SPVS):
"فتحة سقفية مزودة بخلايا شمسية بين لوحين من الزجاج المعزول لتعديل الضوء النافذ إلى المبنى، وهي توفر حلا متعدد الوظائف حيث تولد الطاقة الكهربائية، تقدم الإضاءة الطبيعية وتتحكم في الطاقة الشمسية من خلال تصفية تأثيرها." (٢٣، ٢١)
شكل (١٣) صورة (٩).



شكل (١٣) صورة (٩): "وحدة الـ"SPVS": لقطة منظورية تفصيلية لشكل العوارض وطريقة تثبيت طبقتي الزجاج بالعوارض." (١٤، ٢٢)

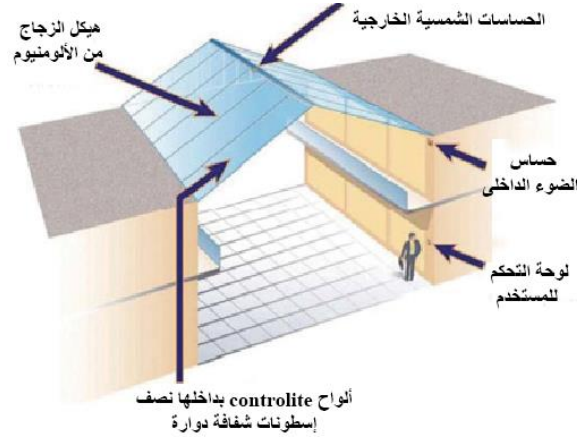
- نظام الفتحات السقفية الذكي للتحكم في ضوء النهار (Controlite):

"نظام بسيط وذكي، يستخدم بالفتحات السقفية للتحكم في ضوء النهار الطبيعي، وهو عبارة عن لوح زجاجي من البولي كربونات الشفاف بسمك ٣٠ مم- ١,٢ بوصة- بداخله أنصاف إسطوانات شفافة دوارة تسمى (Solar Blades)، وقاعدة كل نصف إسطوانة لأعلى وذو سطح معتم لونه أبيض." (٨، ص. ٨) شكل (١٤).



شكل (١٤): لوح الـ (Controlite) لوح زجاجي من البولي كربونات الشفاف سمك ٣٠ مم.

"وضع الـ (Solar Blades) متعلق بالشمس، حيث أنه يحدد كمية الشمس والحرارة المكتسبة المنتقلة خلال اللوح، وكل لوح Controlite لديه نظام تشغيل يحدد وضع الـ (Solar Blades) وفقاً لمستوى الضوء المطلوب، ويمكن تشغيل الألواح يدوياً أو أوتوماتيكياً، وتسمح الألواح بدخول ضوء الشمس إلى الحيز الداخلي بنسبة تتراوح بين ٦: ٦٠%." (١٦) شكل (١٥).



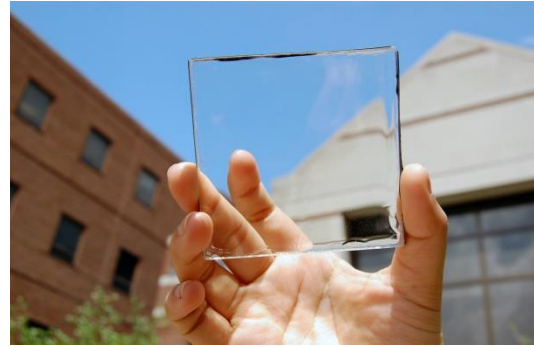
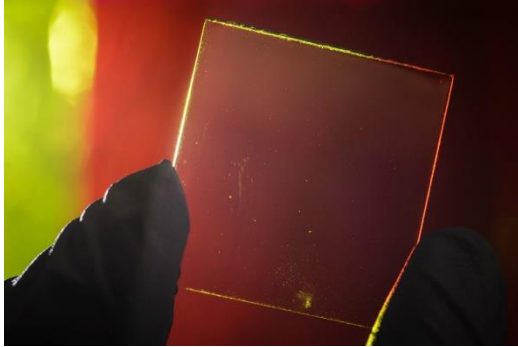
شكل (١٥): "يضم نظام الفتحات السقفية الذكي (Controlite) جهاز استشعار خارجي لرصد وضع الشمس وآخر داخلي لرصد معدل الإضاءة." (١٥)

– ألواح شمسية شفافة تحول زجاج الواجهات إلى مجمع للطاقة: (Transparent Luminescent Solar Concentrator):

"تمكن فريق من الباحثين بجامعة ولاية ميشيغان (Michigan State University- MSU) من تطوير ألواح شمسية شفافة تماما يمكن أن تؤدي إلى تطبيقات لا حصر لها في الهندسة المعمارية، وكذلك غيرها من المجالات مثل الإلكترونيات النقالة وصناعة السيارات. ولقد بذلت محاولات سابقة لإنشاء مثل هذا الجهاز، إلا أن النتائج كانت غير مرضية بما فيه الكفاية نتيجة ضعف الكفاءة وسوء نوعية المواد.

أكد الفريق على عامل النفاذية، فقد قاموا بتطوير مكثف إضاءة شفاف يعمل بالطاقة الشمسية (Transparent Luminescent Solar Concentrator- TLSC) والذي يمكن وضعه على نافذة أو أي سطح شفاف، حيث يقوم بتجميع الطاقة الشمسية دون التأثير على نفاذية الضوء، حيث تستخدم التكنولوجيا الجزيئات العضوية التي تمتص موجات الضوء غير المرئية للعين البشرية- مثل الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية.

وأضاف ريتشارد لونت (Richard Lunt) قائلاً: يمكننا ضبط هذه المواد لالتقاط فقط الطول الموجي للأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء القريبة والتي بعد ذلك تنهوج في طول موجي آخر من الأشعة تحت الحمراء. فيتم نقل الضوء المجمع على حدود اللوح ليتم تحويله إلى كهرباء بمساعدة شرائط رقيقة من الخلايا الشمسية الضوئية." (١٢) هذا التطور من شأنه توفير الإستفادة القصوى من واجهات المباني، فالواجهات الرأسية غالباً ما تكون أكبر من المسقط الواحد، خاصة بالنسبة للأبراج الزجاجية فسيكون حصاد الطاقة الشمسية أكثر كفاءة وجمالية، دون تغيير التصميم المعماري، علاوة على ذلك، فإن هذه التكنولوجيا يمكن دمجها بسهولة في المباني القديمة. صورة (١٠، ١١).



صورة (١٠، ١١): الألواح الشمسية الشفافة تولد طاقة كهربائية عبر زجاج الواجهات أو غيره من الأسطح الشفافة.

نتائج البحث:

- يمكن لدراسة خواص الضوء الفيزيائية أن تتيح للمصمم الداخلي حلاً بديلاً للحلول التقليدية تسهم في:
١. توفير الطاقة وبالتالي تساعد على استدامة المبنى.
 ٢. تغيير الهيئة التشكيلية البصرية للحيزات الداخلية مما يسهم في الحد من ظاهرة الملل البصري وإضفاء رؤية مختلفة ومتجددة على مدار اليوم أو السنة.
 ٣. تأمين نجاح الجانب الوظيفي والسلوكي ضمن حدود الراحة السيكلوجية والفسولوجية.

توصيات البحث:

١. ضرورة إمام المصمم الداخلي بالخواص الفيزيائية للضوء وكيفية استخدامها في تصميم وتنفيذ الحيز الداخلي فنيا ووظيفيا بالإضافة لتحقيق الإستدامة.
٢. لابد من تشجيع الحلول التصميمية المبتكرة التي تسهم في توفير حلولاً ضوئية لونية مختلفة تساعد على تجديد الهيئة البصرية للحيز الداخلي.
٣. لابد من توافر المرونة في وحدات الإضاءة لإعادة تشكيل الحيز الداخلي ضوئياً لموائمة أي تطور لازم به.

المراجع:

- ١- خلوصي، محمد ماجد عباس، التصميم الداخلي واللون، ١٩٩٦، محمد ماجد عباس خلوصي (خاص)، مصر.
- Kholosy, Mohamed Maged Abbas, AlTasmeim AlDakhely wa AlLown, 1996, Mohamed Maged Abbas Kholosy (Khas), Misr
- ٢- رأفت، علي، ثلاثية الإبداع المعماري: الإبداع المادي في العمارة- البيئة والفراغ، ٢٠٠٣، مركز أبحاث إنتركونسلت، مصر.
- Raafat, Aly, Tholatheit AlEbdaa AlMemary: AlEbdaa AlMady- Albeiaa wa Alfaragh, 2003, Markaz Abhath Enterconselt, Misr.
- ٣- سيد، السيد علي، فائقة محمد بدر (مؤلف ثاني)، الإدراك الحسي البصري السمعي، ٢٠٠١، مكتبة النهضة المصرية- القاهرة، مصر.
- Sayed, AlSayed Aly, Faeqa Mohamed Badr (Moalef Thany), AlEdrak AlHessy AlBasary AlSamey, 2001, Maktabet AlNahda AlMasreya- AlKahera, Misr.
- ٤- عبد الغني، خالد محمد، سيكولوجية الألوان، ٢٠١٥، مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع-عمان، الأردن.
- Abd ElGhaney, Khaled Mohamed, Sicologeyet AlAlwan, 2015, Moasset AlWarrak Inashr wa AlTawzeie- Aman- AlOrdon.
- ٥- فكري، أحمد أحمد، عباس محمد الزعفراني، الزجاج ذو النفاذية الإختيارية للإشعاع الشمسي- مدخل للتصميم البيئي-، بحث منشور، مؤتمر قسم الهندسة المعمارية، ٢٠٠٦، كلية الهندسة- جامعة القاهرة، مصر.
- Fekry, Ahmed Ahmed, Abbas Mohamed AlZaafrany, AlZogag zo AlNafazeya AlEkhteyareya AlEshaa AlShamsy- Madkhal ITasmeim AlBeiey-, Bahth Manshor, Moatamar kesm AlHandasa AlMemareya, 2006, Koleyet AlHandasa- Gameat AlKahera.
- ٦- موسى، عبد المنعم، إضاءة المصانع والأبنية العامة، ١٩٩٥، دار الراتب الجامعية- بيروت، لبنان.
- Mousa, Abd AlMoneim, Edaat AlMasane wa AlAbneia AlAama, 1995, Dar AlRateb AlGameeia- Beirut, Lebanon.
- ٧- نيوتن، إسحاق، إلياس شمعون (مترجم)، رسالة في البصرييات، ١٩٨٧، معهد الإنماء العربي- بيروت، لبنان.
- Newton, Isaac, Elias Shmoon, Resala fe AlBsareiat, 1987, Mahad AlEnmaa AlAraby- Beirut, leban.
- 8- Ari, Mesiel, Leed Materials- A Resource Guide to Green Building, 2010, Princeton Architectural Press- New York, USA.
- 9- Brown, Blain, Motion Picture and Video Lighting, 2012, Routledge, England.
- 10- Muhs, J.D., Earl. D., Preliminary Results on Luminaire Designs for Hybrid Solar Lighting Systems, Solar Energy-The Power to Choose, 2001, Oak Ridge National Laboratory- Washington, USA.
- 11- Thornley, Joe, Brian Fitt, Lighting Technology, 2001, Focal Press- Massachusetts, USA.
- 12- <http://www.arch2o.com/transparent-solar-panels-will-turn-windows-into-green-energy-collectors>

- 13- <http://www.architectureadmirers.com/transparent-roof-slabs/>
- 14- <http://www.buildings.com/article-details/articleid/6510/title/shades-of-solar.aspx>
- 15- <https://www.core77.com/posts/16469/ross-lovegroves-sun-tunnel-for-velux-16469>
- 16- <http://www.cpidaylighting.com/product.php?SolaQuad-Skylights-52?>
- 17- <http://www.erco.com>
- 18- <http://fibercementpanel.com/luce/>
- 19- <https://www.fosterandpartners.com/projects/reichstag-new-german-parliament/>
- 20- http://www.iec.ch/etech/2011/etech_1111/etech_11_2011.htm
- 21- <http://www.solarchoice.net.au/blog/bipv-building-integrated-photovoltaics-the-future-of-pv/>
- 22- <http://www.solar-constructions.com/wordpress/transparent-solar-panels/>
- 23- <http://www.supersky.com/SkylightGlazingSystems/Solar>
- 24- <https://www.thepinnaclelist.com/articles/reichstag-dome-sculpture-light-government-berlin-germany/>
- 25- <https://www.uobabylon.edu.iq/uobColeges/lecture.aspx?fid=6&Icid=82928>
- 26- <https://www.veluxusa.com/professional/commercial/products/commercial-suntunnels>

والرياضيات، وقد قدم مساهمات هامة في الفيزياء الثورة العلمية في إنجليزي، وأحد أهم رموز): عالم Isaac Newton إسحاق نيوتن (*)
البصريات. مجال

* ريتشارد لونت (Richard Lunt): أستاذ مساعد بكلية الهندسة جامعة ميشيغان، متخصص في الهندسة وعلوم المواد الكيميائية.