"المحاكاة البيولوجية للنظم اللونية في البيئة الطبيعية وتطبيقها في مجال التصميم الداخلى"

"Biological Mimicking of natural environment chromatic formation and their application in the field of interior design"

أ.د / عبد الرحمن محمد بكر
أستاذ التصميم البيئي بقسم التصميم الداخلي والأثاث -كليه الفنون التطبيقية -جامعة حلوانdr_abdelrahmanbakr@hotmail.com
أ.د / أشرف حسين إبراهيم
أستاذ التصميم البيئى بقسم التصميم الداخلي والأثاث- كليه الفنون التطبيقية -جامعة حلوانashrahus@gmail.com
إيمان عبد الرحمن سيد علام
مصمم داخلي بوزارة الطيران المدنيي3allam.eman@gmail.com

ملخص البحث Abstract :

جذبت المحاكاة البيولوجية للتشكيلات اللونيه في البيئة الطبيعية اهتمامًا كبيرًا في مجالات البحث في السنوات الأخيرة، حيث تنتج الألوان في البيئة الطبيعية من خلال ثلاثة مصادر رئيسية وهى الأصباغ الحيوية والتلألؤ البيولوجي والألوان الهيكلية. اللون الهيكلي هو لون خاص تنتجه الهياكل الدقيقة أو المجهرية في الكائنات الحية حيث تنشأ الألوان الهيكلية من تفاعلات معقدة بين الأسطح الهيكليه المجهريه الدقيقه والضوء المرئى وهى ترتبط بمجال الضوئيات سريع التطور، ومن حيث المبدأ تعتمد بشكل أساسي على العديد من العمليات البصرية الأولية بما في ذلك تداخل الطبقة الرقيقة، وصريف الحيود، وتشتت الضوء، والبلورات الضوئية وما إلى ذلك.... . في الطبيعة يتم خلط هذه العمليات معًا بطرق متعددة لإنتاج ظواهر بصرية لونية متنوعة . إن الألوان الهيكلية تتعاون مع الألوان الصبغية لتعزيز أو تقليل اللمعان وإنتاج تأثيرات خاصة. يبدو أن الظواهر الضوئية القائمة على البنية في البيئة الطبيعة متعددة الوظائف ، والتي يكون تنوعها بعيدًا جدًا عن فهمنا حتى الأن، وفي هذا البحث، نستعرض هذه الظواهر التي تظهر فى الكائنات الحية، لتسليط الضوء على هذا المجال البحثي سريع التطور وتطبيقاته في مجال التصميم الداخلى والأثاث.

كلمات دالة Keywords :
المحاكاة البيولوجية
Biomimicry
التشكيلات اللونية
Chromatic formations
البيئة الطبيعيه
Natural environment
التصميم الداخلي
Interior design

Paper received 25th August 2020, Accepted 15th October 2020, Published 1st of January 2021

المقدمة Introduction :

تتواجد الألوان في الطبيعة منذ أن خلق الله الكون، فعالمنا مليء بالكائنات الحية متعددة الألوان كالطيور، والحيوانات، والزواحف، والحشرات والأسماك وهذه الكائنات يتغير لونها حسب البيئة المتواجدة بها أو حسب فصول السنة كوسائل اتصال وإشارات إنذار، وعوامل حماية ودفاع، أو أدوات غذاء وقنص. يتم تحديد اللون في الكائنات الحية من خلال مجموعات الصبغات الحيوية وهى أكثر أصباغ السطح وفرة تعطى تكرارًا عاليًا للتلوين الداكن من اللون البني إلى الأسود، بينما ينتج الهيموغلوبين الأحمر (الكاروتينات) الأصفر والبرتقالي والبرتقالي المائل للحمرة والوردي، بينما ينتج الجوانيين اللون الأبيض. ونادرًا ما يكون اللون الأزرق والأخضر متواجد في الكائنات الحية نظرًا لعدم وجود صبغة زرقاء أو خضراء ولكنه ينتج عن تفاعل موجات الضوء مع طبيعة السطح الساقط علية لتنتج تنوع لونى. بينما يوجد عدد قليل من الحيوانات، مثل السلمون الوردي وطيور الفلامنجو تكتسب لونها من الأطعمة التي تتناولها. يُعرف هذا باسم الأصباغ المبتلعة. إذا تمت إزالة الجمبري من نظامهم الغذائي، فسوف يتحول إلى اللون الأبيض. وإذا يعتبر اللون عنصر هام من عناصر التشكيل في التصميم الداخلى يعمل على إبراز عناصر التصميم وكذلك التأثير على الإدراك والمشاعرالجسديه للإنسان .

مشكلة البحث Statement of the problem :

تكمن مشكلة البحث في محاول الإجابة على الأسئله الأتية:

1- هل يمكن استخلاص معايير للتشكيلات اللونية الموجودة في البيئة الطبيعية طبقا لمفهوم المحاكاة البيولوجية ؟
2- هل يمكن تحليل تلك التشكيلات إلى منهج تصميمي في مجال التصميم الداخلي والأثاث؟

أهمية البحث Significance :

تكمن أهمية البحث في الاستفادة من التشكيلات اللونية بالبيئة الطبيعية لتحقيق القيمة الجمالية للفراغات الداخلية بالتنوع اللونى لما له من تأثيرات على تشكيل عناصر الفراغات وكذلك تأثيرات نفسية وجسدية على شاغلى الفراغات .

فروض البحث Hypothesis :

1- البيئه الطبيعية هي مصدر غنى للتشكيلات اللونية المتعددة ومحاكاتها كنماذج تصميمية يمنح الفراغات الداخلية قيم جمالية متعددة.
2- تعتبر المحاكاة البيولوجية للنظم اللونية من أهم اتجاهات التصميم الحديثة التى ما زالت تحتاج لمزيد من الدراسات والبحث لاكتشافها.

أهداف البحث Objectives :

1- الاستفادة من التشكيلات اللونية للبيئة الطبيعية في تشكيل الفراغات الداخلية لتحقيق التنوع اللوني.
2- تحديد النظم اللونية للبيئة الطبيعية والقوانين الحاكمة لتكويناتها وما تحتويه من قيم جمالية وتشكيليه يمكن تطبيقها عمليا.
3- رصد أهم الاتجاهات التصميمية للألوان وتأثيرها على صياغة الفراغات الداخلية.

منهجية البحث Methodology :

1- المنهج الوصفي التحليلي للنظم اللونية في الكائنات الحية بالبيئة الطبيعية .
2- المنهج الاستنباطي لاستخلاص معايير النظم اللونية في البيئة الطبيعية وتطبيقها في مجال التصميم الداخلى.

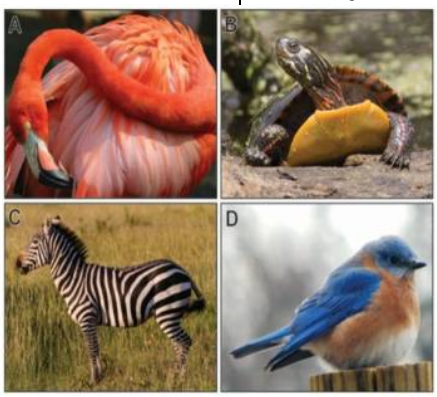
1. أليات إنتاج اللون فى البيئة الطبيعية :

يتم إنتاج ألوان الكائنات الحية من خلال ثلاث أليات في البيئة الطبيعية حتى علمنا الحالي ، وهى الأصباغ الحيوية ، أوالتلألؤ البيولوجي أو الألوان الهيكلية (الهياكل المكانية) كما يلي:

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

1-1. الصبغات البيولوجية (الصبغات الحيوية) - Vital Pigments:

الميلانين هو الصبغة البيولوجية الرئيسية الموجودة في الثدييات ، وهي مسؤولة عن تواجد اللون أو نقص اللون في الشعر أوالفراء أو الجلد، الميلانين ينتج ألوان مثل الأحمر أو البني أو الأسود ، هو أحد الأصباغ الوحيدة التي يمكن أن يصنعها الجسم .تظهرالألوان نتيجة إنعكاسات ضوئية ناتجة عن إمتصاص جزئي لألوان الطيف حيث تمتص تلك الأصباغ بعض الأطوال الموجية أو تقوم بتفريق الضوء المنعكس وبالتالي تساهم في تكوين لون الكائن الحي، ويمتص الميلانين معظم الأطوال الموجية للألوان وبالتالي تراها العين داكنة اللون (Ming Xiao, Yiwen Li, and others, 2015,P 54) شكل (1).



شكل (1) البيئة الطبيعيه مليئه بالكائنات الحية ذات الألوان المتعدده .

http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2014/pigments-patterning-the-living-world/access10/2020,6:00PM

2-1. التلألؤ البيولوجي Bioluminescence:

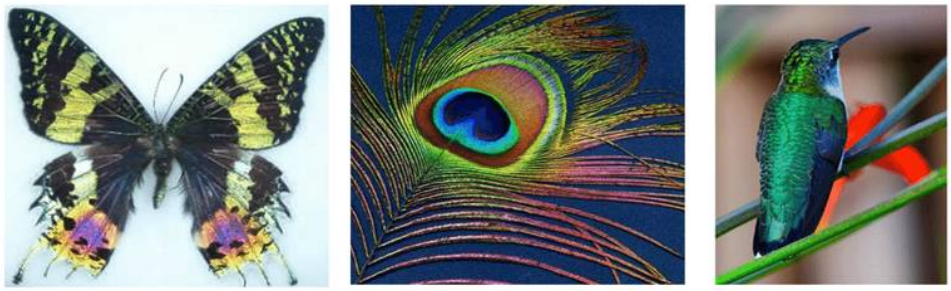
التلألؤ هو نوع إضاءة تنتج من بعض الكائنات الحية شكل(2) نتيجة التفاعلات الكيمائية، وهذه الظاهرة تتميزبكونها إضاءة باردة لأن كمية الحرارة التي تنتج مع هذا التفاعل تكون شبه منعدمة، فأغلب الكائنات التي تتميز بهذه الظاهرة هي كائنات بحرية وبعضها كائنات برية كاليرقات وبعض أنواع الفطر.ويعد التلألؤ البيولوجي واحدًا من أقدم الظواهر وأكثرها انتشارًا على وجه الأرض (John W. Lee 2017, P3).

شكل (2) التلألؤ البيولوجي في قنديل البحر والمرجان و الفطر ليلا في البيئة الطبيعية.

https://dtmag.com/thelibrary/bioluminescence-in-the-sea access10/2020, 6:00PM

3-1. الألوان الهيكليةStructural colors:

الألوان الهيكلية تكون نتيجة لتمييز الأطوال الموجية من خلال تفاعل الضوء الساقط على الهياكل السطحية فى مادة حيوية عاكسة ، يجب أن تكون الهياكل المشتتة على مقياس دون الميكرون من أجل التفاعل مع الضوء، وهذه الأنماط شائعة في التجمعات البيولوجية. Ahu Gu¨mrah and (Thierry Savin, 2016, P98) والتي ينتج عنها مزيج من الألوان أو ما يسمى القزح اللونى شكل (3).



شكل (3) الألوان الهيكلية في الطبيعة كالطيور وريش الطاووس والفراشات

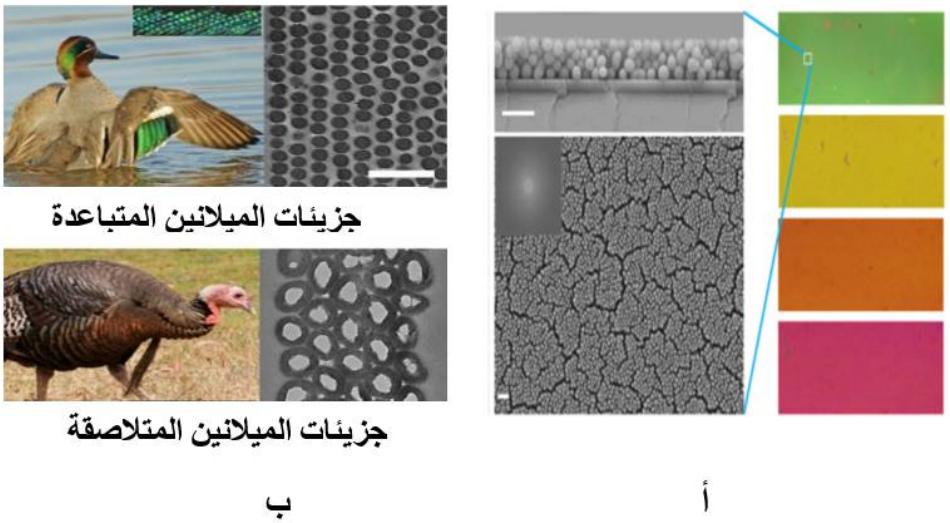
https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-structural-colors-in-nature-From-left-to-right-Urania-riphaeus-peacock_fig30_277243843 /acess10, 2020, 8:18AM

2. التشـكيلات اللونيــة للبيئــة الطبيعيــة ومحاكاتهــا بالتصــميم الداخلي :

نتنـاول تطبيقـات الـنظم اللونيـة فـي مجـال التصـميم الـداخلي عبـر المحاكاة البيولوجية للكائنات الحية في البيئة الطبيعية كما يلي:

2-1. الدهانات الصديقة للبيئة ومحاكاة الصبغات الحيوية :

أغلب ألوان الطيور تتكون من ترتيبات الميلانين وهو الصبغة التي تعطي لونًا لبشرتنا، وقد تم إنتاج صبغة آمنة وغير سامه تعتمد على تراكيب الميلانين مستوحاة من الألوان الحيوية لريش الطيور، فالألوان من الأسود الغامق إلى الأصفر الكناري تتكون جميعها من نفس المواد الأولية الثلاثة وهي "الميلانين والكراتين والهواء"ولكن بخلاف الطيور، الميلانين والكرياتين يختلطون معا لإنتاج الألوان من خلال التجميع لجزيئات الميلانين، ولكن بدلاً من استخدام طبقة من الكرياتين كما هو الحال في الطبيعة فإن التجميع الـذاتي لجزيئـات الميلانوسـومات (النـانو ميلانـين الاصـطناعي)، والتـي يـتم دمجهـا مـع السيليكا (طبقـة رقيقـة مـن الرمـال) ونـوع من الزيت الذي يختلط جزئيًا بمحلول الميلانوسومات، وباهتزازًا جيدًا ليشـكل رغـوة تسـمى مسـتحلب لتصـبح حبيبـات الميلانـين المغلفـة بالسيليكا محاصرة في قطرات صغيرة من الزيت، ويأتي اللون من الاختلافـات فـي سـمك طبقـه السـيليكا وتكـون جسـيمات الميلانـين النانويـة الاصـطناعية لـديها مؤشـر انكسـار عـالي وامتصـاص واسـع .تتميز هذه الأصباغ بكونها أمنة وذات عمر إفتراضى طويل ولا تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية (Ming Xiao, Yiwen Li and others, 2015, P56)شكل (4)،(5).



الشكل (4)

أ- تغيير المسافات بين جزيئات الميلانوسومات الاصطناعية ووضعها في تباعد دوري معين ينتج مجموعة من الألوان المختلفة

ب- ترتيب جزيئات الميلانين في الريش يعطى مجموعة من الألوان المختلفة

(Ming Xiao, Yiwen Li, and others, 2015, P 54).

الشكل (5) الدهانات الصديقة للبيئة المحاكاة للصبغات الحيوية

https://www.vitalchem.com/business-unit/pigments,access10/2020,5:59PM

2-2. الألوان الباردة ومحاكاة التلألؤ البيولوجي:

ظاهرة التلألؤ او اللمعان تعرف بأنها إنبعاث للضوء نتيجة تفاعل كيميائى لينتج عنة طاقة ضوئية داجل جسم الكائن الحى نتيجة مادة اللوسـيفرين، وهـو الجـزئ الـذى ينـتج الضـوء عنـد تفاعلـة مـع الأكسجين، وهذة الظاهرة تتواجد فى العديد من الكائنات البحرية كالبكتيريا والطحالب وقنديل البحر والديدان والقشريات ونجوم البحر والأسماك، وتكون درجة الحرارة الناتجة من هذا التفاعل منخفضة نسبيا (اي ان إنبعاث الضوء ليس نتيجة للحرارة) كما نشاهده أيضا في بعض الظواهر الطبيعية كالبرق (John W. Lee 2017, P10:11) شكل (6)

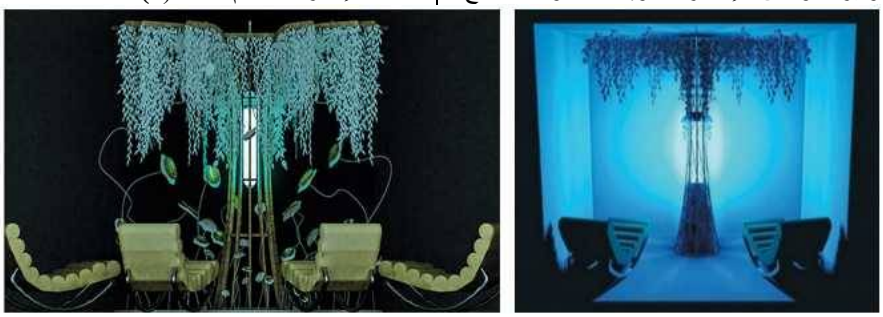
شكل (6) التلألؤ البيولوجى في البيئه الطبيعية

https://dtmag.com/thelibrary/bioluminescence / -in-the-sea access10/2020, 6:00PM

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ومن أمثلة محاكاة ظاهرة التلألؤ البيولوجى بالفراغات الداخلية هي:

1. غرفة جلوزين في صالة رجال الأعمال بالخطوط الجوية الفرنسية لتوفير جو من الإسترخاء وإعادة التواصل مع الطبيعه بعالم يتسارع فيه كل شيء، فهذه الغرفة تحاكى التلألؤ البيولوجى بإستخدام التفاعل الكيميائى وإنتاج لونين الأزرق والأخضر لخصائصهما المهدئة لتوفير حالة من الإسترخاء التام شكل (7).



شكل (7) لصالة جلوزين في الخطوط الجوية الفرنسية المحاكاة لظاهرة التلألؤ البيولوجى.https://impakter.com/glowee-lighting-up-thee-future access10/2020,5:59PM

2. المصابيح المعلقة تتكون من 100عنصر بأجهزة إستشعار أعلى شجرة في مدخل صالة تويور بمدينة أيندهوفن بهولندا، فعند الدخول للزيارة تضيئ هذه المصابيح وكأنها يرقات مضيئة تطير وتحوم حول الشجرة ، لتحقق التفاعل بين الزوار والفراغ شكل (8).

شكل (8) لمجموعة مصابيع معلقة بصالة تويور تتفاعل مع حركة الزوار بمدينة أيندهوفن بهولندا.
https://inhabitat.com/twinkling-kinetic-installation-inspired-by-fireflies-reacts-to-the-movement-of-visitors access10/2020, 11:09AM

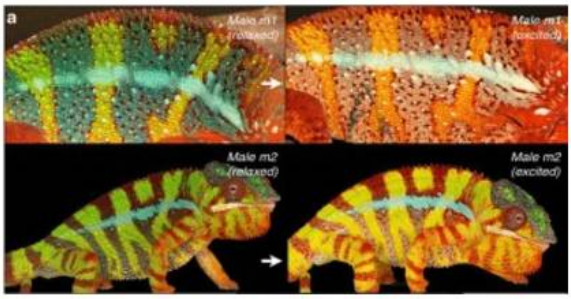
شكل (9) الأرضيات المتلألئة التفاعلية التي تنتج إضاءة متلألئة نتيجة الحركة .
https://impakter.com/glowee-lighting-up-the-future/access10/2020, 11:09AM

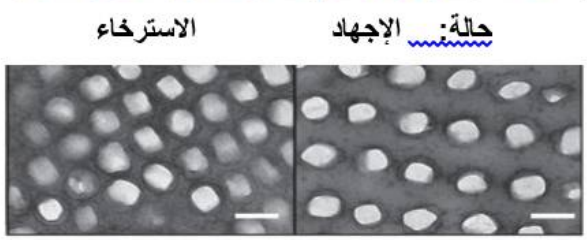
3. الأرضيات المتلألئة التفاعلية ، وهى الأرضيات التي تعطى إضاءة متلألئة عند الحركة عليها تحاكى ظاهرة التلألؤ البيولوجى لمياة البحر شكل (9).

3-2. <u>التغيير اللونى التفاعلى ومحاكاة الكائنات الحية متغيرة الألوان:</u>

جلد الحرباء له قدرات لتغيير اللون متعددة، من خلال السيطرة على خلية الصبغة بهدف التمويه أو الحفاظ على درجة حرارة الجسم أو كوسيلة للإتصال وحيث إنها لا يمكنها توليد أي حرارة للجسم فإن لون البشرة يستخدم لتنظيم درجة حرارة الجسم شكل (10). وسبب تغير اللون هي الحالات التي تمرّ بها الحرباء من الشعور بالاسترخاء، أو التوتر، ويحتوى جلد الحرباء على أنواع مختلفة من الخلايا الصبغية (الحاملة للون) المنظمة في طبقات داخل الجلد: تحتوي الطبقة العليا على خلايا ذات صبغات صفراء وحمراء، بينما تحتوي الطبقات السفلية على خلايا ذات صبغة

الميلانين الداكنة، والتي تظهر باللون الأسود أو البني، والطبقه الوسطى (الكروماتوفوchromatophores) تحتوي على مجموعة منظمة من البلورات الشفافة بحجم النانو والتي تعكس أطوال موجية محددة من الضوء وبالتالي يُنظر إلى الضوء المنعكس على أنه لون.

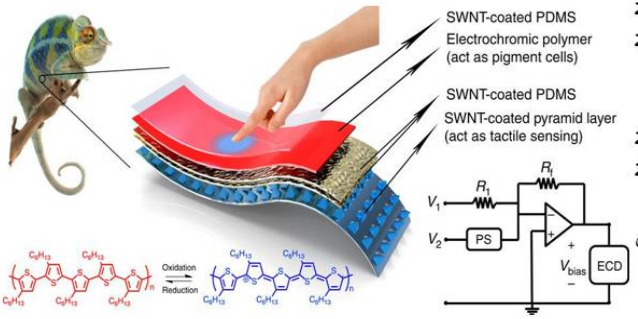




شكل (10) وآلية تغيير اللون لجلد الحرباء
https://www.thingswedontknow.com/articles/chameleons#.X5F5GNAzZPY/2020,2:20PM

ومن خلال المحاكاة البيولوجية تم التوصل إلى طبقه إلكترونية ذكيه (جلد الحرباء الإلكتروني) تعتمد آلية تغيير اللون على ضبط التباعد بين البلورات النانوية بشكل فعال، مما يعكس أطوال موجية مختلفة فتنتج التركيبات البلورية والأصباغ معًا اللون العام ، وهي ماده ذات وزن خيف ومرونة عالية وقادرة على التمييز بين الضغوط المطبقة في الوقت الحقيقي، وتستهلك طاقة منخفضه (Ho-Hsiu Chou, Amanda Nguyen, and others, 2015, P8) شكل (11)،(12).

- طبقة من الأنابيب النانوية الكربونية أحادية الجدار المغلفة بالرش (SWNTs).
- أجهزة إستشعار الضغط (PS)
- الأجهزة الكهرومغناطيسية العضوية قابله للمطاطية (ECDs)
- مطاط مقاوم للشفافية وقابل للضبط (PSs).



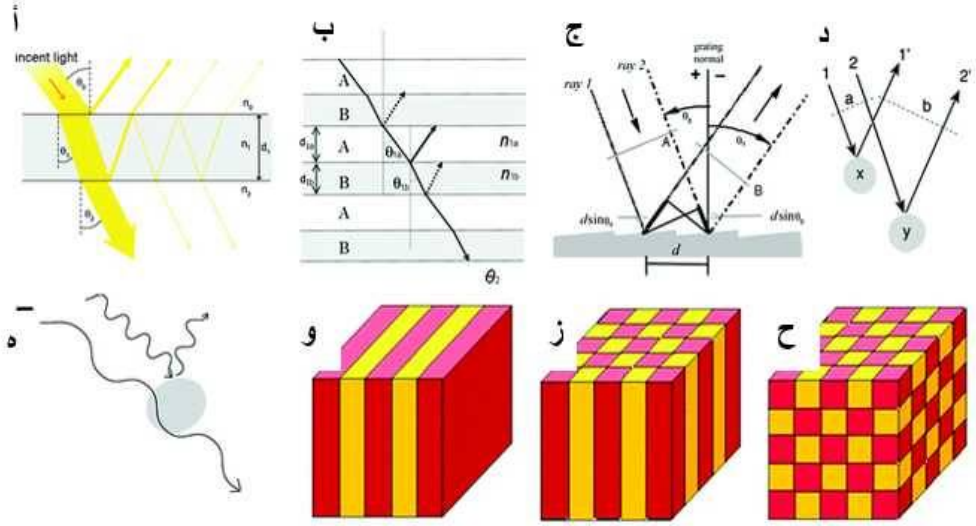
شكل (11) الجلد الإلكتروني المستوحى من الحرباء باستخدام أليات ميكانيكية أو كهربائية
(Ho-Hsiu Chou, Amanda Nguyen, and others, 2015, P 2)

شكل (12) لنظام الإضاءة المعيارى ذو الأشكل الهندسية كالمثلثات أو المربعات أو السداسيات ،
https://www.momastore.hk/146823.htmlaccess10/2020,9:43PM

3. المبادئ الفيزيائية لإنتاج الألوان في البيئة الطبيعية :

للمساعدة في فهم معايير التصميم الأساسية لإنتاج الألوان الهيكلية بمزيد من التفصيل سنتناول أولاً شرح مبسط للمبادئ الفيزيائية الكامنة وراء هذه العمليات التي تولد الظواهر اللونية المتعددة وتتمثل في :الإنعكاسات في الأغشية الرقيقة، والأفلام المتعددة (التداخل) ، ومحززالحيود، والانتشار، والبلورات الضوئية [1] شكل (14) وهى :

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



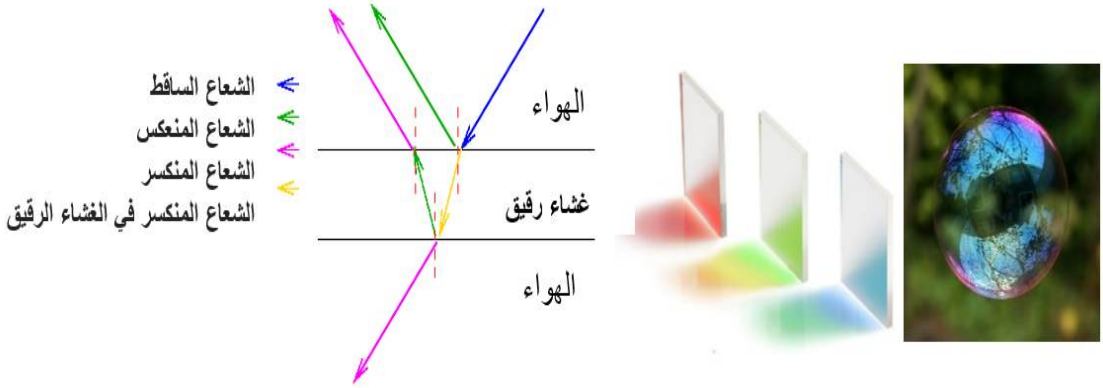
(أ) تداخل الأغشية الرقيقة – الإنعكاس المتعدد للضوء على الفيلم الرقيق يحدد بناءً على درجات الإنعكاسات ومعاملات الإرسال.
(ب) أفلام متعددة التداخل- إنعكسات متعددة بشكل بناء أو مدمر.
(ج) صريف الحيود - تقسيم الضوء الأبيض إلى أطياف متعددة
(د هـ) الانتشار (ظاهرة تشتت الضوء).
(و– ح) بلورات ضوئية (بلورات ضوئية أحادية وثنائية وثلاثية الأبعاد
شكل (14) تنشأ الألوان الهيكلية من خلال العوامل السابقة وتختلف الألوان بإختلاف المواد و مؤشرات الانكسار المختلفة Jiyu Sun and others, 2013, P 66

4. المعايير التصميمية للنظم اللونية :

يمكن تحديد وإستخلاص المعايير التصميمية لإنتاج النظم اللونية وتحقيق التنوع اللونى عبر الأليات التالية :

4-2. التداخل فى الأغشية الرقيقة (Thin-film interference)

يشمل تداخل الأغشية في البيئة الطبيعة تداخل الأغشية الرقيقة والأفلام المتعددة، والمثال المعروف الناجم عن تداخل الأغشية الرقيقة هو فقاعة الصابون قزحية الألوان [9] شكل (15).
الشرائح الرقيقة (الأغشية الرقيقة) وهي عباره عن طبقة أو عده طبقات من ذرات ماده ما ذات سماكه في حدود ا ميكرون، وهذه الذرات ترسب على قاعده تسمى (الركيزة) تشكل طبقة رقيقة، والركيزة يمكن أن تكون من المعدن أو الزجاج أو ماده عضويه بوليميرية .... وغيرها. وطبقات الأغشية الرقيقة شائعة في عالم الطبيعة تنتج ألوانًا تظهر على فقاعات الصابون وبقع الزيت وعلى الكثير من الكائنات الحية كأجنحة الحشرات بسبب سمكها القليل، ومن الممكن أن يتقاطع شعاعان ضوئيان بدون أن يسبب إحداهما أي تغير أو تحوير في الآخر بعد أن يعبر منطقة التقاطع، بهذا المعنى يقال إن الشعاعين لا يتداخل إحداهما مع الآخر لينتج تداخل بناء من الضوء المنعكس (Sun Jiyu and others, 2013,P 65). وتتعدد تطبيقات الأغشية الرقيقة في التصميم الداخلى كإستخداماتها في الأثاث وتشكيل الحوائط والفتحات السقفية وغيرها شكل (16).

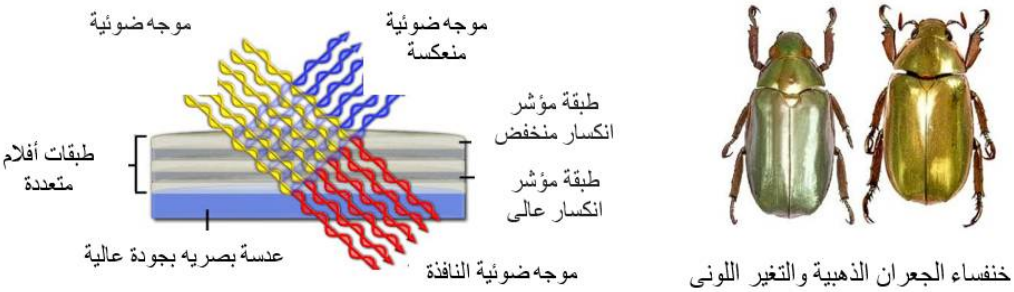


شكل (15) ظاهره الفرق بين طول مسار بصري للضوء المنعكس من الحدود العليا والسفلى في أفلام الطبقة الرقيقة.

4-1. التداخل متعدد الأفلام Multi-film interference:

يفهم التداخل متعدد الأفلام نوعيًا من حيث وجود زوج من الطبقات الرقيقة بشكل دوري . وفى الكائنات الحية يتداخل نحو 80 طبقه من الأغشيه الرقيقة يمكن أن تكون الهياكل متعددة الأفلام في العالم الحي معقدة للغاية ،ففي بعض الحشرات كالخنفساء الجعران الذهبية Chrysina resplendens يتداخل حوالى 120 طبقه لإنتاج لون ذهبى معدنى لامع (Sun Jiyu and others, 2013,P 65) شكل (17).

شكل (16) التشكيلات اللونيه في عناصر التصميم الداخلى كالستائر والفتحات السقفية والحوائط ووحدات الأثاث المختلفه
https://www.thisiscolossal.com/2017/02/new-geometric-dichroic-glass-installations-by-chris-woodaccess10,2020,9:49AM



شكل (17) الإنعكاس والإنتقال للضوء عبر طبقات الأفلام المتعددة والتغير اللونى لخنفساء الجعران بالبيئة الطبيعية
https://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/filters/interference/index.html,access10/2020,6:43PM

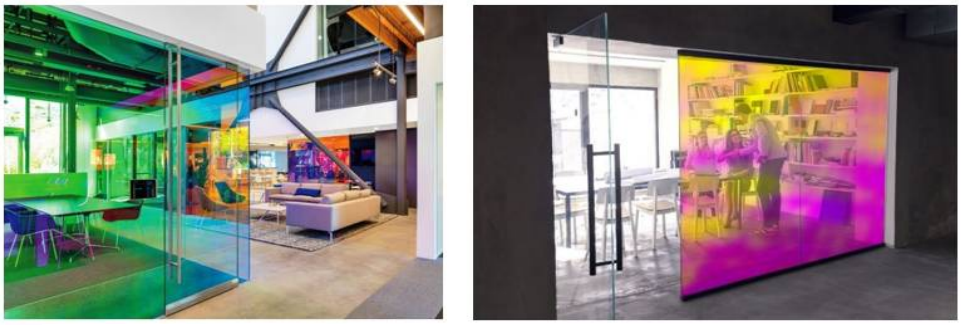
الزجاج المزدوج هو احد التطبيقات حيث يحتوي الزجاج على طبقات صغيرة متعددة من المعادن التي تقسم الضوء وتنقل ألوانًا مختلفة ومكملة من طيف الضوء شكل (18). تتغير هذه الألوان والأنماط مع تغير وقت النهار وفصول السنه. ويستخدم الزجاج المزدوج كفواصل زجاجيه للفراغات الداخلية شكل (19) ، كما يوفر العديد من الخصائص والمزايا ومنها خفض استهلاك الطاقة من خلال تقليل تكاليف تكييف الهواء للحاجه إلى التدفئة الداخلية، والحد من نفاذ الأشعه فوق البنفسيجيه لداخل الفراغات الداخلية ، وتقليل الوهج، وزياده قوه الزجاج ،ومقاومةالإحتكاك، وتقليل تكاليف الصيانه وسهوله التنظيف . تنشأ الألوان عبر تداخل بين موجات الضوء المنعكسة من السطح العلوي والسفلي للأغشية الرقيقة عندما يقع الضوء الأبيض على طبقة رقيقة، يظهر الفيلم ملونًا ويعتمد اللون على سمك الفيلم وكذلك زاوية حدوث الضوء.

صريف الحيود (Diffraction grating):

هو عنصر بصري ذو طراز منتظم يقسم الضوء ويحيده إلى عدة حزم ضوئية بعدة اتجاهات، وتتحدد اتجاهات تلك الحزم الجديدة وفق تباعد التحزيز وطول الموجة للضوء الساقط، فالمحزز يعمل على تشتيت للضوء شكل (18). والمحززات تكون على أنواع منها العاكس ومنها النافذ، ففي النوع الأول تتفرق الأشعة إلى نفس جهة الضوء الساقط في حين تتفرق إلى الجهة المغايرة في النوع الثاني، كما يمكن أن يصنع المحزز العاكس على شكل مقعر، وقد تصنع شقوق أو أخاديد بالمحزز على نحو متقارب جدا من بعضها البعض بحيث تكون المسافة بين شقين متتالين صغيرة جدا وقد تصل إلى 2 ميكرومتروأقل من ذلك في حالة الأجهزة التي تتطلب دقة عالية. ويصنع هذا المحزوز بعمل خدوش على زجاج منفذ للضوء في صورة خطوط رفيعة جداً بواسطة رأس من الألماس حيث تعمل التفريغات بين خطوط الخدوش كشقوق لإنتاج الضوء الملون (Sun Jiyu

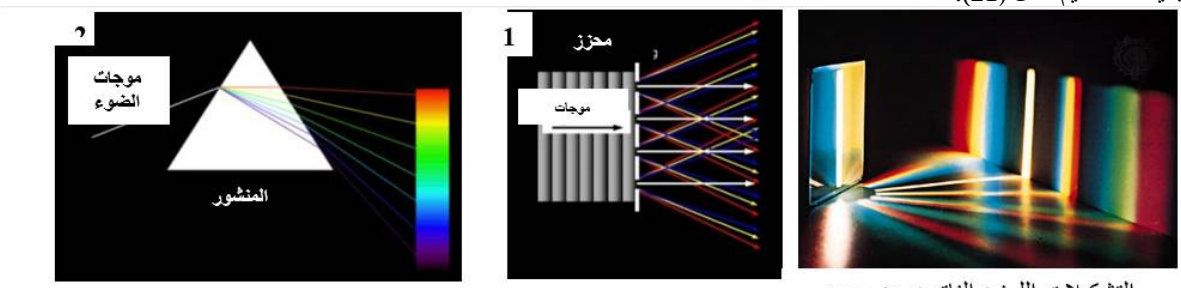
شكل رقم (18) الزجاج المزدوج حيث يتغير لونه بتغيرالضوء على مدار النهار.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



شكل رقم (19) الزجاج المزدوج كفواصل زجاجية للفراغات الداخليه وتغيير الألوان على مدار اليوم.
https://activewindowfilms.co.uk/455-dichroic-colour-changing-self-adhesive-rainbow-colourful-coloured-window-film.html, access10/2020, 6:52PM

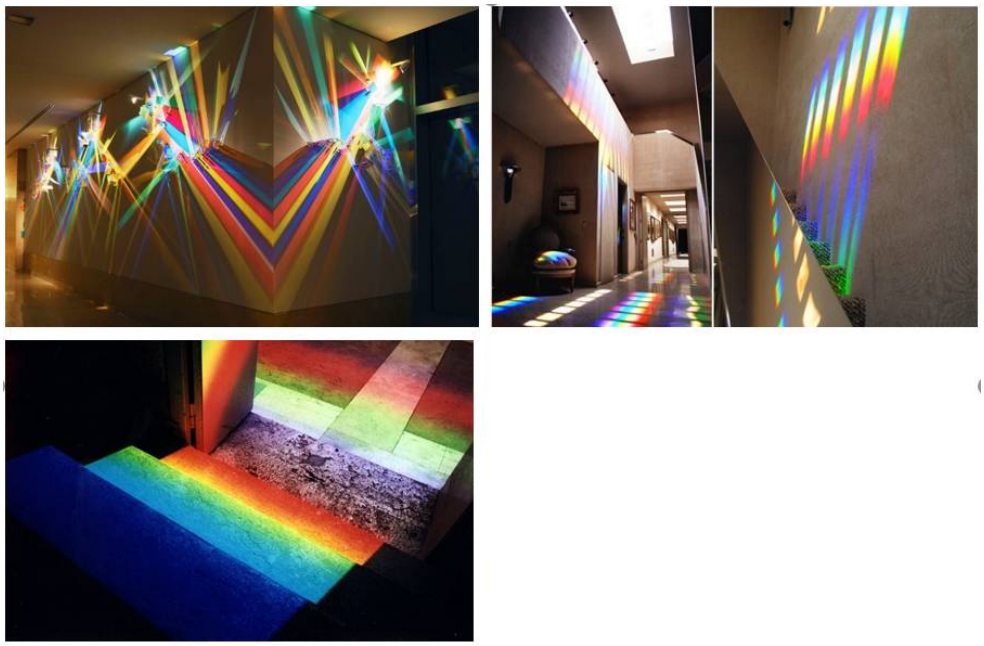
شكل (20). وتتنوع التشكيلا اللونية (66 ,others ,2013 ,P
داخل الأحياز الداخلية الناتجة عن صريف الحيود لتضيف تشكيلا جديدا للتصميم شكل (21).



التشكيلات اللونيه الناتجه عن حيود الضوء الأبيض عبر صريف الحيود

مقارنة بين موجات الضوء النافذة من (1) صريف الحيود و(2) المنشور الزجاجي

شكل (20) يوضح الإختلاف بين المنشور وصريف الحيود وتاثيرهما على الضوء الأبيض والتشكيلات اللونيه الناتجه

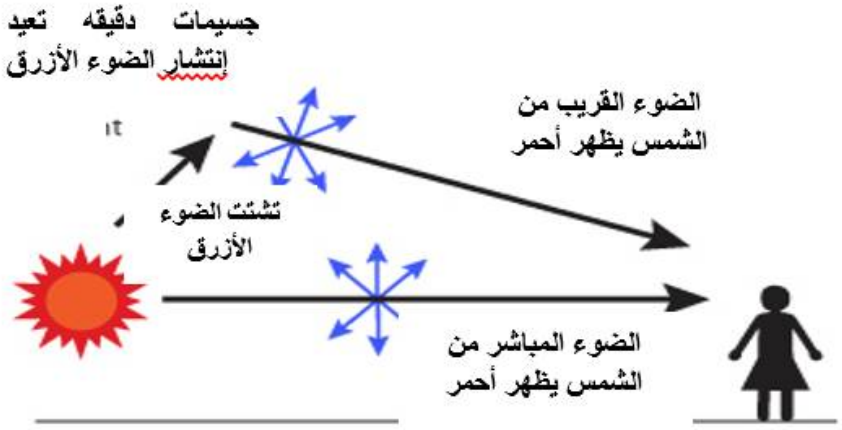


شكل (21) التشكيلات اللونيه الناتجه عن صريف الحيود.
https://www.todeschini.com.br/blog/wpcontent/uploads/2018/10/IMG_MDA101817_1600px.jpg, acces10/2020, 7:11PM

2-4. إنتشار الضوء Scattering:

انتشار الضوء هو تغيير إستقامته وإنتشاره عند إصتدامه بجسم غير شفاف أوغير مصقول فينتشر في مختلف الإتجاهات وهذه الظاهره تسمى بإنتشار الضوء، يؤدى تناثر الضوء بشكل شائع في الطبيعة إلى إنتاج اللون الأزرق وهو سبب رؤية السماء زرقاء اللون شكل (22) ،فإذا كان الهواء غير مرئى وضوء الشمس ابيض كيف تظهر السماء زرقاء ؟ إن الهواء عباره عن غاز وجسيمات دقيقه منتشره وهذه الجسمات تعيد إنتشار اللون الأزرق من ضوء

الشمس مره أخرى إلى الهواء لان طوله الموجى القصير يسمح بتشتته بسهوله بينما اللونان الأحمر والأصفر لهما طول موجي أكثر طولاً وبالتالي فهما لا يتشتتان بسهولة وإنما ينتقلان على خط مستقيم إلى الأرض على هيئة أشعة مباشرة، وهذا يفسر ظاهرة زرقة السماء.



شكل (22) ظاهرة إنتشار الضوء الأزرق للسماء في البيئه الطبيعيه.

اللون الأزرق هو نتيجة الظواهر الفيزيائية حيث وجد العلماء أن الهياكل المجهرية الصغيرة على الأجنحة للكائنات الحية هي المسؤولة عن لونها بدلاً من الصبغات حيث تعكس المقاييس الميكروسكوبية ما يصل إلى 75٪ من الضوء الأزرق الذي يصل إليها مما يؤدي إلى تشتيتها بزاوية كبيرة، والمقاييس الموجودة على أجنحة الفراشات Morpho تبعثر موجات الضوء الأزرق شكل (23) ، وهذه الظواهر العاكسة لإنتاج اللون الأزرق شائعة إلى حد ما في البيئة الطبيعية فمن خلال المجهر وجدت خلايا عاكسة للضوء. ويكون الغالب أن ظهور اللون الأزرق في الكائنات الحية هو نتيجة تشتت الضوء وليس التصبغ . (Akira Saito, 2011, P3).

ب أ

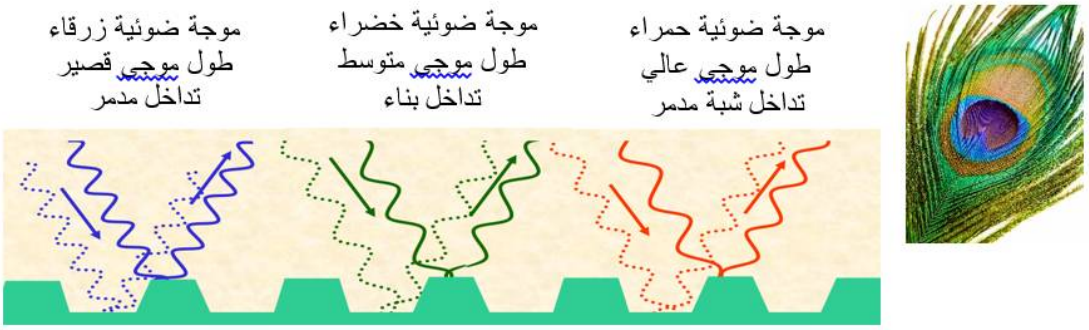
شكل (23) أ- هيكل مصنع شبية لأجنحة فراشات مرفو من حيث المقاييس انتجت اللون الأزرق بدرجات (Akira Saito, 2011, P3).

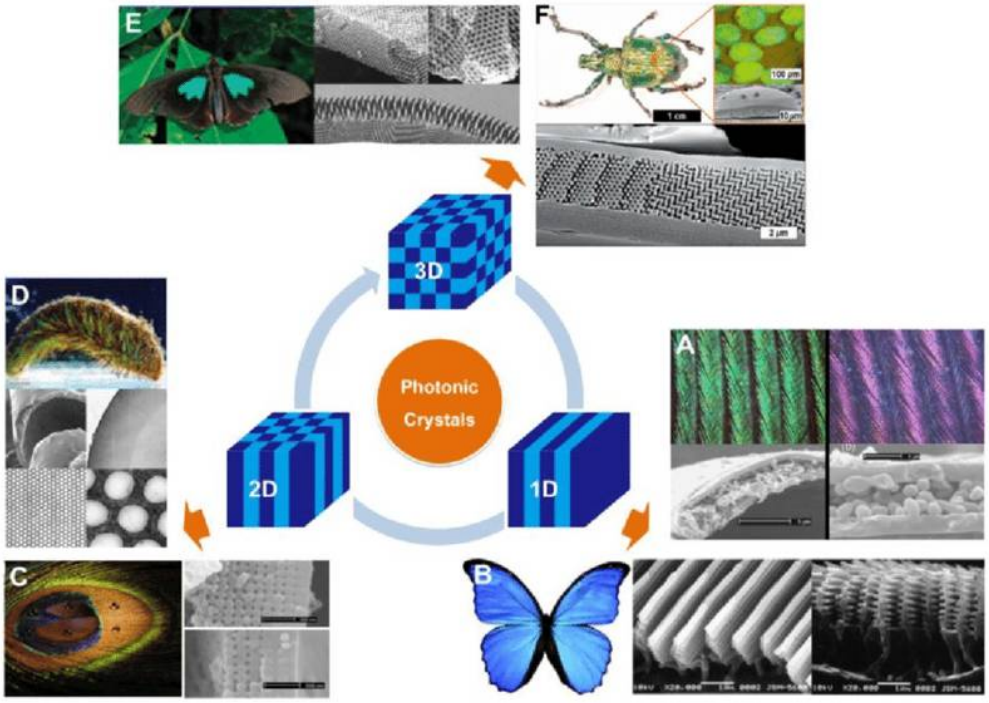
3-4. البلورات الضوئية Photonic crystals :

هي تكرار دوري لشكل معين من مادة أوليه في مادة ثانية تختلف عنها في طبيعة الإنكسار. قد يكون التكرار لسطح مستوى يتكرر على شكل طبقات متتالية من المادتين، أي تكرار في بعد واحد، أو تكرار في بُعدين، كأن تصطف مجموعة من الأعمدة الموشورية (أي ثلاثية الأبعاد) في بنية مثلثة أو مربعة أو مسدسة. ويمكن أن يكون التكرار في ثلاثة أبعاد، كأن توضع كرات من الزجاج متراصة في بنية مجسمة وسط الهواء أو الماء أو أي مادة أخرى (Hui (Wange and KeQin Zhang,2013 شكل (24) تنقسم إلى ثلاثة أنواع وهي:

- البلورات الفوتونية أحادية البعد (D1) One-dimensional photonic crystals
- البلورات الفوتونية ثنائية البعد Two-dimensional photonic crystals(D2)
- البلورات الفوتونية ثلاثية الأبعاد(D3) Three-dimensional photonic crystals

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

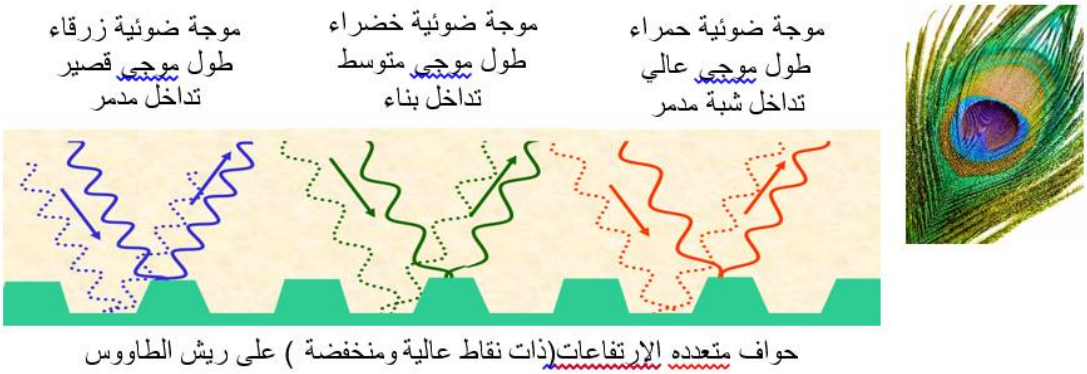




شكل (24) التأثيرات اللونية للألوان الهيكلية في البيئة الطبيعية

(Hui Wange and KeQin Zhang, 2013, p 96)

يمكن إنتاج الألوان الهيكلية والتحكم في إنتشار الضوء عن طريق البلورات الضوئية كما يحدث في البيئة الطبيعية عبر المحاكاة البيولوجية ، فبعض الكائنات الحيه كالطاووس لها ريش ذو تلال مجهرية تؤدى إلى إنعكاس الضوء فى بعض النقاط العالية والنقاط المنخفضة مما يعطى فرقًا في مسار الأطوال الموجية شكل (25) حيث تعتمد الألوان التي تنعكس على إرتفاع التلال والتي يمكن أن تختلف من مكان إلى آخر على الجناح أو الريش أو القشرة في الكائنات الحية وعلى زاوية الرؤية والذى يؤدئ لظاهرة القزح اللونى.



شكل (25) الإنعكاس والإنتقال عبر طبقات الأفلام المتعددة والحواف المتعددة

http://physics.highpoint.edu/~jregester/potl/Waves/InterferenceColors/interfcolors.html, acess10/2020, 7:53PM

ويكمن محاكاة اليات الإنعكاس والإنكسار لموجات الضوء الأبيض عبر المحاكاة البيولوجية في تصميمات الفراغات الداخلية كتصميم حائط بإستخدام برامج الحاسب الألى التي تستخدم التصميم البارامترى ليعطى ألوان متنوعة نتيجة الصفات الإنعكاسية والإنكسارية للزجاج تحاكى التقزح اللونى لريش الطاووس شكل (26)

شكل (26) لنموذج بنائى من الألواح الزجاجية الهيكلية ذو الصفات الإنعكاسية والإنكسارية.

http://daryagirina.blogspot.com/2020/03/lighting-in-interior-design-modelling.htmlaccess10/2020.10:24AM

النتائج Results:

من خلال المحاكاة البيولوجية للنظم اللونية في البيئة الطبيعية وتطبيقها في مجال التصميم الداخلى نستنتج التالى :

1. تنشأ الألوان الهيكلية الموجودة في البيئه الطبيعة من خلال الظواهر البصرية الأساسية والتي يمكن فهمها ودراستها من خلال الظواهر الفيزيائيه مثل الإنعراج والتداخل والإنتشار للضوء المرئى، التي يتم دمجها بدقة لتحسين تأثيرات الألوان .
2. تساهم الآليات الفيزيائية فى تحقيق التطبيقات للتشكيلات اللونيه للبيئه الطبيعيه من خلال التداخل في الأغشيه الرقيقه، وصريف الحيود ، والانتشار الضوئى والبلورات الضوئية .
3. تطورت العمليه التصميميه للنظم اللونية من خلال محاكاة تأثيرات الألوان القزحية في البيئة الطبيعية .
4. يمكن تحقيق تغييرات الألوان التي تم تقليدها بأجهزة ضبط الألوان وأجهزة الاستشعار لتتفاعل مع البيئه الداخليه ومستخدمى الفراغ لتحقق ردود أفعال متغيره.
5. المواد الضوئية الإصطناعية أقل ذكاءً بكثير من الهياكل الموجودة في الكائنات الحية بالبيئة الطبيعية.
6. تعتبر البيئة الطبيعية مصدر غنى للتشكيلات اللونية المتعددة والتي بالإعتماد عليها وتطبيقها في عناصر التصميم الداخلى منحتها تعددية لونية ذات قيم جمالية متعددة .

المناقشة Discussion:

تكمن أهمية النتائج في كونها تقدم إجابة على المشكلة البحثية وهى أنة يمكن إستخلاص اليات للتشكيلات اللونية الموجودة في البيئة الطبيعية وتحويلها إلى نماذج تطبيقية ذات تأثيرات تشكيلية متعددة تحقق جودة البيئة الداخلية وتتفاعل مع مستخدمى الفراغات الداخلية وتعيد الترابط بين الإنسان والبيئة الطبيعية .

الخلاصة Conclusion:

من خلال ما تقدم من نتائج وتمت مناقشتة يمكن إستخلاص معايير تصميمية للنظم اللونية تحقق التنوع اللونى للفراغات الداخلية.

التوصيات Recommendations:

1. يجب على المصمم التعمق في دراسة منهجيات المحاكاه البيولوجية وتطبيقاتها للإستفادة من نتائجها في إنتاج تصميمات فريدة مبتكرة للفراغات الداخلية .
2. يجب على المؤسسات التعليمية إدراج منهجيات المحاكاة البيولوجية ضمن المناهج التعليمية المقرر دراستها لإستكشاف اليات المحاكاة البيولوجية وتحويلها إلى نماذج تطبيقيه تحقق جودة البيئة الداخلية بمجال التصميم الداخلى.
3. يجب على الدولة إنشاء هيئة بحثية تطبيقية متكاملة للإهتمام بمنهج المحاكاة البيولوجية للبيئة الطبيعية لتشجيع ممارسة التصميمات المستدامة .

المراجع References:

1. Ahu Gu¨mrah Dumanli and Thierry Savin, (2016) Recent advances in the biomimicry of structural colours The Royal Society of Chemistry, DOI: 10.1039/c6cs00129g
2. Akira Saito (2011) Material design and structural color inspired by biomimetic approach, IOP PUBLISHING, doi:10.1088/1468-6996/12/6/064709
3. Dengteng Ge, Elaine Lee, Lili Yang, Yigil Cho, Min Li, Daniel S. Gianola, and Shu Yang(2015) a Robust Smart Window: Reversibly Switching from High Transparency to Angle-Independent Structural Color Display, Department of Materials Science and Engineering University of Pennsylvania, 2015, 10.1002/adma.201500281.
4. Hiroshi Fudouzi (2011)Tunable structural color in organisms and photonic materials for design of bioinspired materials, Photonic Materials Unit, National Institute for Materials Science, Japan

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

right-Urania-riphaeus-peacock_fig30_277243843 /acess10,2020, 8:18AM
14. https://impakter.com/glowee-lighting-up-the-future/access 10/2020, 11:09AM
15. https://inhabitat.com/twinkling-kinetic-installation-inspired-by-fireflies-reacts-to-the-movement-of-visitors//access10/2020, 11:09AM
16. https://impakter.com/glowee-lighting-up-the-future/access10/2020, 11:09AM
17. https://inhabitat.com/twinkling-kinetic-installation-inspired-by-fireflies-reacts-to-the-movement-of-visitors//access10/2020, 11:09AM
18. https://www.thingswedontknow.com/articles/chameleons#.X5F5GNAzZPY/2020,2:20PM
19. https://www.momastore.hk/146823.htmlaccess10/2020,9:43PM
20. https://www.thisiscolossal.com/2017/02/new-geometric-dichroic-glass-installations-by-chris-woodaccess10,2020,9:49AM/
21. https://activewindowfilms.co.uk/455-dichroic-colour-changing-self-adhesive-rainbow-colourful-coloured-window-film.html, access10/2020, 6:52PM
22. https://www.todeschini.com.br/blog/wpcontent/uploads/2018/10/IMG_MDA101817_1600px.jpg, acces10/2020, 7:11PM
23. https://www.scribd.com/document/25867162/Why-is-the-sky-blueaccess10/2020,10;10AM
24. http://physics.highpoint.edu/~jregester/potl/Waves/InterferenceColors/interfcolors.html, acess10/2020, 7:53PM

5. Ho-Hsiu Chou, Amanda Nguyen, and Alex Chortos3, (2015) John W.F. To1, Chien Lu1, Jianguo Mei1, Tadanori Kurosawa1, Won-Gyu Bae1, Jeffrey B.-H. Tok1 & Zhenan Bao1,3 A chameleon-inspired stretchable electronic skin with interactive colour changing controlled by tactile sensing, DOI: 10.1038/ncomms9011
6. Hui Wange and KeQin Zhang(2013) Photonic Crystal Structures with Tunable Structure Color as Colorimetric Sensors, 13, 4192-4213; doi:10.3390/s130404192
7. John W. Lee (2017), Bioluminescence, the Nature of the Light, Publisher: University of Georgia Libraries, researchgate/publication/315730950
8. Ming Xiao, Yiwen Li, Michael C. Allen, Dimitri D. Deheyn, Xiujun Yue, Jiuzhou Zhao, Nathan C. Gianneschi, Matthew D. Shawkey and Ali Dhinojwala (2015) Bio-Inspired Structural Colors Produced via Self-Assembly of Synthetic Melanin Nanoparticles, 10.1021/acsnano.5b01298
9. Sun Jiyu ,Bhushan B. and Tong J.(2013) Structural coloration in nature, DOI: 10.1039/C3RA41096J
10. http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2014/pigments-patterning-the-living-world/access10/2020,6:00PM/
11. https://dtmag.com/thelibrary/bioluminescence-in-the-sea access10/2020,6:00PM/
12. https://www.hisour.com/ar/structural-coloration-23842/acess10,2020, 8:18AM
13. https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-structural-colors-in-nature-From-left-to-