تفعيل استخدام زجاج الانبعاث الضوئي في الميادين العامة

Activation of photoluminescence glass in public squares

أ. د/ رشا محمد علي حسن
أستاذ تصميم الزجاج المعماري - قسم الزجاج - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان
Prof. Rasha Mohammed Ali Hassan
Faculty of applied arts- glass department- Helwan University.
rashazenhom@gmail.com
أ. د/ محمد عبد الفتاح محمد مرزوق
أستاذ كيمياء وتكنولوجيا الزجاج - قسم بحوث الزجاج - المركز القومي للبحوث
Prof. Mohamed Abdel-Fattah Mohamed Marzzouq
Professor of Glass Chemistry and Technology - Glass Research Department - National Research Center
marzouk_nrc@yahoo.com
أ. م. د/ دعاء حامد حسين
أستاذ مساعد بقسم الزجاج - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان
Assist. Prof. Dr. Doaa Hamid Hussein
Faculty of applied arts- glass department- Helwan University.
doaahamed2015@yahoo.com
الباحثة/ هالة محمد أحمد عمر
مصمم
Researcher. Hala Mohamed Ahmed Omar
Designer
hala.art.glass@gmail.com

الملخص:

يُعدّ الإسراف في استهلاك الطاقة من أهم المشكلاتِ العالميَّة في عصرِنا الحالي، وقد وُجِدَ أنَّ عمليَّة الإضاءة تستهلِكُ جزءًا كبيرًا من الطاقَةِ الكهربيَّة، لذلك يسعى العِلْم لإيجاد مصادرَ بديلة تساعد علي توفير هذا الاستهلاك الضخم من الطاقة الكهربيَّة، خاصَّة مع نمُوّ الاهتمام بالتصميم البيئيِّ الذي يعتمد على استخدام الطاقات البديلة والمتجددة في العمارة، التي تأتي الاستدامة ومبادئها من أولويَّاتِها، ومن هنا اتجه البحث إلى عمل دراسة عن مفهوم التصميم البيئي وفلسفَتِه ومتطلباته، بالإضافة إلى دراسة عن الموادِّ الذكية وتصنيفها طبقًا لخصائصِها، كما مرَّ البحث باستحداث نوعيات من المواد الذكية الزجاجية المحوِّلة للطاقة متمَثِّلةً في زجاج الانبعاث الضوئيِّ كموادٍّ انبعاثٍ طيفيٍّ، وذلك عن طريق تحضيره معمليًّا من تركيبةٍ كيميائية جديدة تتكوَّنُ من زجاج السيليكوفوسفات المحتوي علي أكاسيدِ العناصر الثقيلة، مثل الباريوم أو البزموث كوسطٍ مضيف لأكسيد الديسبرسيوم الأرضيِّ النادر، بغرض الوصول إلى زجاج انبعاث ضوئيٍّ يعطي اللون الأخضر الفسفوري لإدماجه في تصميم المباني والتكوينات المعمارية المختلفة، والاستفادة من خصائِصِه الوظيفية والجمالية في تطوير الميادين العامة لأغراض الإضاءة، حيث إن معظم المواد الانبعاثية أو المتفسْفِرة تكون آمِنةً وصديقةً للبيئة، وتعمل على تحسينِ كفاءة الطاقة الكهربائية وترشيد استهلاكها، إلى جانب أنها الأقوى في الإضاءة، وهذا ما يميِّزُها عن الوسائل التقليدية، وتمَّ تقييم الزجاج المحضَّر من حيث الانبعاثية الضوئية بإجراء العديد من القياسات للوصول إلى كيفية الاستفادة منه في مجال الانبعاث الطيفي، حيث إنه يسهم بشكلٍ كبير في تقليل استهلاك الطاقة من خلال قُدرَتِهِ على تخزين الطاقة

الممتَصَّة، وبثِّها مرة أخرى في الظلام، وتمَّ عمل دراسة تصميمية لنصب تذكاري من زجاج الانبعاث الضوئي ورسمه كمجسَّمٍ ثلاثي الأبعاد، لتحقيق الفكرة التصميمية المطلوبة لتطبيقه في الميدان العام.

الكلمات المفتاحية:
التصميم البيئي، الزجاج المعماري الموفِّر للطاقة، زجاج الانبعاث الضوئي، المواد الذكية الزجاجية، المواد المتفسفِرة.

Abstract

Excessive energy consumption is one of the most important global problems of our time. It has been found that the lighting process consumes a large part of the electric energy, so science in all its fields seeks to find alternative sources that help to provide this huge consumption of electrical energy. Especially with the growth of interest in environmental design, which depends on the use of alternative and renewable energies in architecture for which sustainability and its principles are among its priorities, Hence, the research undertakes a study on the concept of environmental design, its philosophy and requirements, in addition to a study on smart materials and their classification according to their characteristics. The research also went through the development of types of energy-converting smart glass materials represented by Photoluminescence glass as spectral emission materials, This is done by preparing it in the laboratory from a new chemical formula consisting of silicon phosphate glass containing heavy element oxides such as barium or bismuth as a host medium for rare earth For dyspressium oxide in order to reach a Photoluminescence glass that gives the phosphorescent green color for its inclusion in the design of buildings and various architectural formations and to take advantage of its functional and aesthetic properties. In developing public squares for lighting purposes, Where we find that most of the emissive or phosphorylated materials are safe and environmentally friendly and work to improve electric energy efficiency and rationalize its consumption in addition to being stronger in lighting and this is what distinguishes them from traditional means, The prepared glass was evaluated in terms of optical emissivity by making several measurements to reach how to benefit from it in the field of spectral emission, as it greatly contributes to reducing energy consumption through its ability to store absorbed energy and transmit it back in the dark. A design study of a monument was made of photovoltaic glass and drawn as three-dimensional to achieve the design idea required for its application in the public square.

Key words:

Environmental design, Energy-saving architectural glass, Photoluminescence glass, Smart glass materials, Phosphorescent materials

المقدمة:

يُعدّ الميدان من أهم العناصرِ البصريَّة والوظيفيَّة للمُدُن، فهو فراغ يعكس هُوِيَّة المجتمعات الحضارية والثقافية، ويعمل على تعزيز الروابطِ بينَ أفراد المجتمع، وفي الآونَةِ الأخيرة ومع نقص الموارد وضعف الطاقة زادت الحاجة إلى إثراءِ الميادين بنوعيَّةٍ جديدةٍ من الخامات المساعِدةِ في إضفاءِ القيمَةِ الوظيفيَّة والجمالية، ومن هذا المنطلَقِ يستحدِثُ البحث نوعيَّاتٍ من المواد الذكية الزجاجية التي تعمل على استدامة المباني والتكوينات المعمارية المتعددة، وتقليل الطاقة المستهلكة فيها لأغراض

الإضاءة، والاستفادة من خصائِصِها الجمالية في تطوير الميادين العامة، وذلك بتصميم نصب تذكاري من زجاج الانبعاث الضوئي الموفر للطاقة الضوئية بأسلوب تشكيلي مبتكر، ومن هنا يمكن تحديد مشكلة البحث في النقاط التالية:

مشكلة البحث:

1. الحاجة إلي توفير تقنيات وأساليب لابتكار أنواع جديدة من الزجاج تعمل على تقليل هدر الطاقة.
2. افتقار بعض الميادين العامة لبعض الخامات البديلة، التي تثري منظومة خامات العمارة الحديثة جماليًّا ووظيفيًّا.

أهدف البحث:

1. ابتكار نوعيَّة جديدة من زجاج الانبعاث الضوئي لتحقيق الاستدامة، والاستفادة من خصائصها الجمالية في تطوير الميادين العامة.
2. توضيح الدَّور الذي يمكن أن يقوم به زجاج الانبعاث الضوئي في الميادين العامَّة لترشيد الطاقة المستخدمة، وذلك في إطارٍ من التكاليف الماديَّة المخفضة على المدى البعيد.

أهمية البحث:

1. المساهمة في ترشيد استخدام الطاقة بواسطة التقنيات الزجاجية الحديثة، وتفعيلها لتطوير الميادين العامة.

حدود البحث:

1. يتحدَّد البحث في إنتاج وتصميم زجاج الانبعاث الضوئي.
2. يتحدَّد البحثُ بوضعِ منهجيَّةٍ للتصميم البيئيِّ تتوافق مع زجاج الانبعاث الضوئي، بحيث تحقِّقُ قيمةً اقتصاديةً عالية.

فرض البحث:

- يفترض البحث أنه بابتكار نوعيَّاتٍ جديدةٍ من زجاج الانبعاث الضوئي، فإن ذلك يساعِدُ في التوصُّل إلي حلول وظيفية وجمالية مستحدَثة لإثراء وتطوير مجال الزجاج المعماري، بهدف تحقيق الاستدامة، والاستفادة من خصائِصِه الجماليَّة في تطوير الميادينِ العامة.

وللتوصل إلي الهدف وحل مشكلة البحث تمّت دراسة الخطوات الآتية:

أولًا: دراسة عن مفهومِ التصميم البيئيِّ وفلسَفَتِهِ ومتطلباتِهِ.

ثانيًا: دارسة عن الموادِّ الذكيةِ وتصنيفِها طبقًا لخصائصِها.

ثالثًا: تحضيرُ زجاجِ الانبعاثِ الضوئيِّ معمليًّا.

رابعًا: دراسة افتراضيَّة للاستفادة من الزجاج الانبعاثي في تصميمٍ مستدامٍ لبعضِ الميادينِ العامة.

أولًا: التصميم البيئي:

هو التصميم المتكامِلُ والمتخصِّصُ لحلِّ مشكلاتِ البيئة والحفاظِ علي موارِدِها وتوظيفِها لخدمَةِ البشريَّةِ من أجلِ أداءِ الوظيفةِ المرتقَبة معَ عدم إخلال التوازن بين العناصر البيئيَّة المستخدمة في معيارٍ توافقي جمالي يتسم بالبساطة والانسجام.

ويتحدَّد مفهوم التصميم البيئي في دراسة البيئة المحيطة من حيث المناخ والموارد الطبيعة المتوفِّرة والثقافة السائدة، وأثر ذلك على المخرجات النهائية لعملية التصميم.

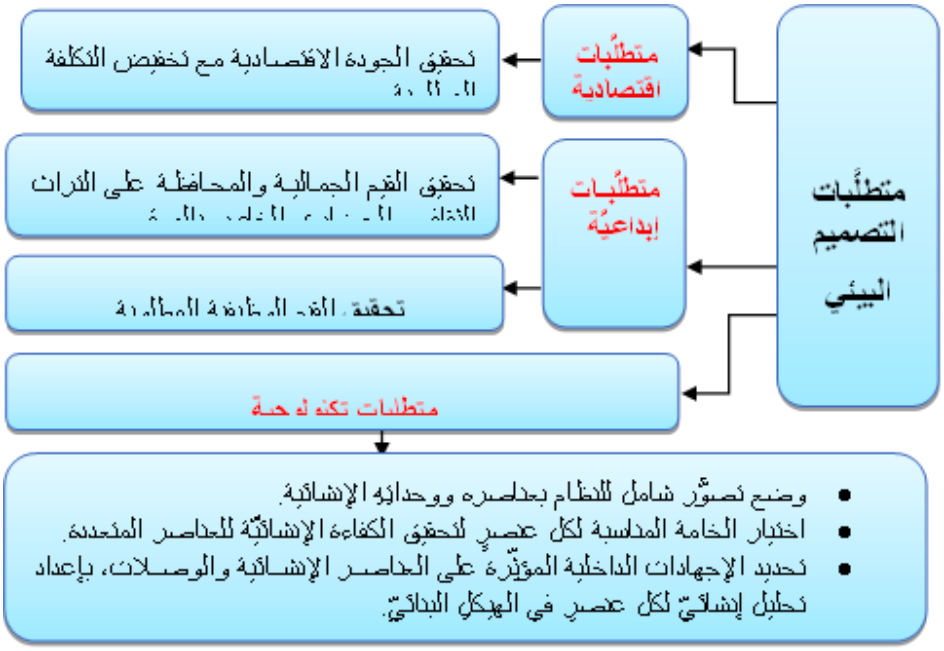
1- فلسفة التصميم البيئي:

تعتمد فلسفة التصميم البيئي على استحداثِ لُغة تصميمية جامعةٍ تتمثل في الجمع بين القرارات التصميمية لكل من البيئة الطبيعية والعمارة مُحقِّقةً الاعتبارات التصميمية (الاجتماعية والجمالية والوظيفية...الخ) مع الحفاظ على هُوِيَّة المكان لتحقيق

القيم الإبداعية في التصميم، حيث يُعتبر التصميم البيئي على المستوى المعماري عمليةً منهجيةً للتصميمِ تهدفُ لأن يكون التأثير المتبادَلَ بين العمارة وبيئتها بطريقةٍ إيجابيَّة.

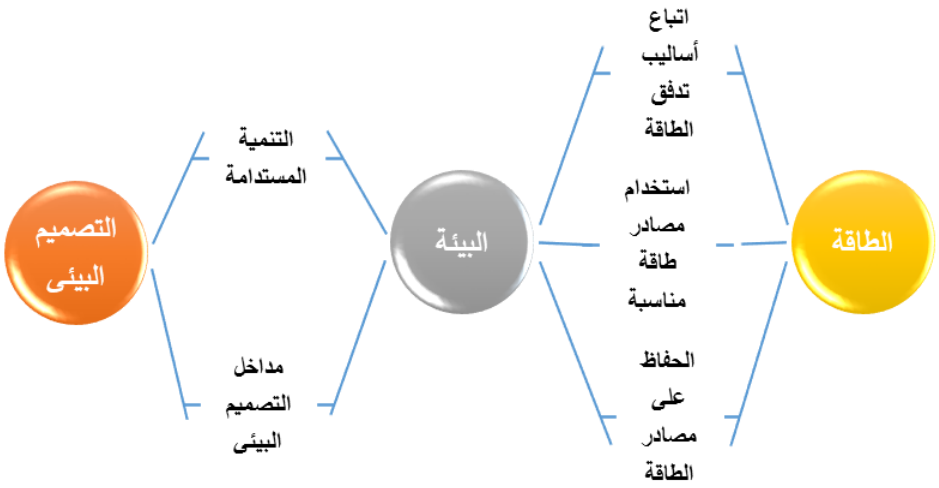
2- متطلبات التصميم البيئي:

للتصميمِ البيئيِّ متطلباتٌ تِكنولوجيَّةٌ واقتصاديَّة وإبداعيَّة (وظيفية، جمالية)، تبدأ فيها عمليةُ التصميم بوضعِ مجموعةٍ من المتطلبَاتِ تؤثِّرُ في بناءِ نُظُمِ البيئةِ وما بداخلِها، وتحليل العناصر الإنشائية وارتباطها بالمنظومة الكلية كما في الشكل رقم (١):



شكل رقم (١) متطلبات التصميم البيئيِّ

إن الطاقة التقليديَّة من المصادرِ المحدودة، كما أنها تُعدّ مصادرَ مُلوِّثة للبيئة، وكان ذلك وراءَ الدافع الأساسي للاهتمام بالطاقات المتجددة، لهذا كان الاتجاه لتوظيف كلٍّ من (الشمس والرياح والهواء) كونها طاقة متجددة وتحقق الاستدامة، وهو ما يمكن أن نسمِّيَه التصميم من أجل البيئة (Design for Environment (DFE)) حيث تُعدّ الطاقة أحد المداخل الأساسية لتحقيق مبادئ التصميم البيئي، شكل رقم (٢).



شكل رقم (٢) يوضح الطاقة كمدخل للتصميم البيئي

ثانيا: المواد الذكية:

المواد الذكية هي مواد يمكن الاستفادة منها في مجال التصميم، وذلك لكونها موادَّ متفاعلة مع البيئة المحيطة؛ فهي مواد ديناميكية تستطيع إدراك المتغيرات البيئية المحيطة بها، والاستجابة لها بطريقة محددة مقدمًا، ولديها القدرة على تحويل خصائصها الفيزيائيَّة تلقائيًّا حيث بإمكانها تغيير أحجامها وأشكالها وألوان استجابتها للتأثيرات الفيزيائية والكيميائية كتغيرات (في الشكل أو اللون أو.... إلخ)، دون مصدر خارجي للطاقة لتحقيق أهدافها المرجوَّة.

وأدى التنوُّع الكبير في المواد الذكية وتطبيقاتها المتعددة في الأبنية إلى ضرورة تطوير نظام تصنيفها للمساعدة في اختيار المواد، وأحد تصنيفات المهمّة للمواد الذكية تصنيف المؤلف (Axel Ritter) عام ٢٠٠٧م، حيث قسم المواد الذكية إلى المجموعات الآتية:

1- المواد الذكيَّة متغيِّرة الخواص (Property changing smart materials).

2- المواد الذكية محوِّلة الطاقة (Energy exchanging Smart Materials).

١- مميزات المواد الذكية:

ساهمت المواد الذكية التي أصبحت أكثر تطوُّرًا وتميُّزًا عن غيرها من الموادِّ التقليدية في جعل المباني المعمارية أكثر تلبيَةً لمتطلبات المستخدم لتمتُّعها بكثير من المميزات الخاصّة، شكل رقم (٣).

شكل رقم (٣) يوضح مميزات المواد الذكية

٢- تصنيف المواد الذكية طبقا لخصائصها(٢):

تصنيف المواد الذكية طبقا لخصائصها	
1- المواد الذكية متغيرة الخواص(Property changing smart materials)	
هي المواد التي تقوم بتغير واحد أو أكثر من خصائصها وتشمل الخصائص (الكيميائية Chemical، أو الحرارية Thermal، أو الميكانيكية Mechanical، أو الكهربائية Electrical) كردِّ فعل مباشر نتيجةً لحدوث تحفيز لتلك الخصائص، وتكون التغييرات الطارئة على حالة المادة تلقائيَّة، دون استخدام أنظمة تحكُّمٍ خارجي، وتنقسم إلى قسمَيْنِ هما: مواد ذكية متغيرة اللونColor changing smart materials مواد ذكية متغيرة الأطوار Phase Change Materials (P.C.M)	التعريف
a. مواد ذكية متغيرة اللون"Chromic" or "Color changing" smart materials	
هي موادّ ذكية تتغيَّر خصائصها البصرية (Optical Properties) نتيجة لتغيُّر مصدر الطاقة الخارجي، وفي الواقع، فإنَّ هذه المواد لا تغير من لونها، ولكن ما يحدث هو تغيُّر في الخصائص البصرية للمادة، نتيجةً	

		للمحفِّز الخارجي سواء أكان درجة حرارة أو إضاءة أو غيرهما، وتسمَّى المادة حسب المحفز الخارجي المؤثر عليها؛ فمثلًا إذا تعرَّضَت المادة للإضاءة، ونتج عنها تغيُّر في اللون يُطلق عليها (Photo chromic).
أنواعها	١	المواد متلوِّنة حرارية (Thermochromics): وهي المواد التي تُغيِّر لونها أو شفافيَّتها بسبب تغيُّر انتظامها تبعًا لتغير درجة الحرارة؛ فعندما تتعرَّض المواد الحرارية لطاقة حرارية تُغيِّر التركيب جزئيًّا، ويتكوَّن تركيب جزيئي جديد له هيكل يتميز بانعكاسات طيفيَّة جديدة تختلف عن الهيكل الأصلي لها، ونتيجة لذلك ينعكس الإشعاع في النطاق المرئيِّ ويُغيِّر لون المادة.
	٢	مواد متلونة ميكانيكية (Mechanochromic): هي مواد يتغير لونها نتيجة تعرضها للضغوط الميكانيكية المرتبطة بالقوى الخارجية.
	٣	المواد متلونة كهربية (Electrochromics): هي المواد التي تتغير ألوانها عند تعرضها لتيار كهربائي.
	٤	مواد متلونة كيميائية (Chemochromic): هي المواد الحساسة التي تتأثَّر بالبيئات الكيميائية المختلفة.
	٥	المواد المضيئة المتغيرة: وهي الموادّ التي تغَيِّر ألوانها عند تعرضها لإضاءة معينة، وتستخدم في العديد من التطبيقات المعمارية ومنها: الأصباغ اللونية الضوئية (Photochromic Pigments). الزجاج اللوني الضوئي (Photochromic Glass). البلاستيك اللوني الضوئي (Photochromic Plastics).
		b. مواد ذكية متغيرة الأطوار(Phase Change Materials (P.C.M
التعريف		هي مواد لها القدرة على امتصاص درجات الحرارة بشكل كبير، وتخزِّنُها، وتستخدمها ليلًا عند التدفئة، حيث تتغيَّر خصائصها تحت تأثير درجات درجة الحرارة المحيطة بالمبنى؛ فتعمل على امتصاص كمية كبيرة من الحرارة المرتفعة وتُخزَّن، وبهذا يتم الحفاظ على الطاقة.
		2- المواد الذكية محولة للطاقة (Energy exchanging Smart Materials)
التعريف		هي المواد التي تقوم بتحويل الطاقة من شكل إلى آخر بشكل مباشر، وعكسيّ، وتظل المادة على الحالة نفسها، ومن مميزاتها في العمارة تحسين كفاءة أنظمة الإضاءة، والتحكُّم في كمية الحرارة الداخلة إلى المبنى، وتستخدم في أنظمة واقيات التظليل في الواجهات، في متحسسات الضوء، لأجل التحكم في الإشعاع الشمسيِّ الداخل للمبنى خلال الغلاف الخارجي، وتحويل الطاقة من شكل إلى آخر، وتحسين كفاءة نظم التدفئة والتبريد والتهوية باستعمالها في المتحسسات الخاصة بتلك الأنظمة.
أنواعها	١	المواد المضيئة (Photoluminescents): يُطلق عليها مواد الإضاءة، وتعتمد على خصائص السلوك الضوئي وعلاقته بالزمن، حيث تتم إثارة مداراتها من خلال جزء من الضوء، خصوصًا الأشعَّة فوق البنفسجية، فيمكن لهذه المواد أن تبعث ضوءًا

	منها خلال فترة الإثارة، حيث تمتصّ الأشعة فوق البنفسجية لتصدر أشعة مرئية تضيء الغرف المظلمة ليلًا.
	مواد محولة ضوئية (Photovoltaicl):
	هي موادّ تحول طاقة الإشعاع الطيفي (الطاقة الضوئية) لتنتج تيارًا كهربيًّا.
	المواد التي تغير الطاقة أو تخزنها:
٢	تعتمد هذه المواد على الخصائص البلورية، بحيث تستخدم المواد التي يسهل تحويلها من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة، عن طريق التأثير بالطاقة الحرارية أو الكهربية أو الضوئية.
	الموادّ التي تخزِّن الحرارة (Thermoelectric):
٣	يُطلَق عليها الموادَّ المحولة حراريًّا، وهي الموادّ التي لها القدرة على تخزين الطاقة في صورة طاقة حرارية، عند دخول التيار الكهربائي الخارجي إليها فإنه ينتج فرق حرارة بين طرفَي المادة، مما يؤدِّي إلى انتقال الحرارة من الاتجاه الأعلى حرارةً إلى الأقلّ حرارة، ويُمكِن الاستفادة منها في تدفئة المباني المعمارية عند درجات الحرارة المنخفضة، وبالتالي يساهم ذلك في ترشيد استهلاك الطاقة.
	مواد إنتاج الكهرباء بالضغط (Piezoelectric):
٤	يُطلق عليها المواد الكهروضغطية، وهي المواد التي لديها من الخصائص ما يمكِّنها من تخزين الطاقة في صورة طاقة كهربائية.

جدول رقم (١) يوضح تصنيف المواد الذكية طبقا لخصائصها

٣- المواد الذكية الزجاجية المستخدمة في مجال الإضاءة:

يمكن للمواد الذكية المساعدة في دعم الإضاءة في المباني، لترشيدِ وتوليد الطاقة بالمبنى، كما في التطبيق التالي:

تطبيق مواد ذكية زجاجية في الإضاءة:

أنشأه الفنان الآيسلندي أولافور إلياسو (Olafur Eliasson) في البهو المركزيِّ بأوبرا كوبنهاجن عام ٢٠٠٤م، مصابيح ذكية زجاجية شفافة تتكوَّن من ثلاث ثريات كروية متطابقة من الزجاج الآمِن المضيء، التي يوجد داخلها مرشحات ضوئية (Dichoritic Filter) حيث تسمح للضوء الطبيعي بالمرور خلالها، وترشِّحه، وتعكسه، وتختزن جزءًا من طاقته لتشعَّه ليلًا كمادة ذكية، تتكون كل ثريا من عدة قطع من الزجاج، التي تسمح بمرور بعض الضوء، وبعضها الآخر ينعكس، وتتغير الأنماط عند عرضها من زوايا مختلفة، شكل رقم (٤)، (٥).

شكل رقم (٤) يوضح مصابيح ذكية زجاجية من تصميم الفنان أولافور إلياسون (Olafur Eliasson) بأوبرا كوبنهاجن

شكل رقم (٥) يوضح أحد المصابيح الذكية الزجاجية وبداخله المرشحات الضوئية (Dichoritic Filter)

٤- الإنارة أو اللمعان (Luminescence):

هو الضوء المنبعث من جزيئات المادة عند عودتها من حالة الإثارة إلى حالة الاستقرار؛ فإذا كانت الطاقة الساقطة على سطح المادة محفِّزة لعمل انبعاث الضوء فتُسمى المادة (Photoluminescence material) وتُستخدم حاليًا دهانًا للحوائط والأرضيات، وتنقسم إلى نوعَيْن اعتمادًا على خصائص سلوكهم بالنسبة للوقت، كما في جدول رقم (٢).

1- المواد المحولة للطاقة(Photoluminescence)

هي المواد التي تعتمد خصائص السلوك الضوئي وعلاقته بالزمن، حيث يتم إثارة مداراتها الداخلية من خلال جزء من الضوء مثل الأشعة فوق البنفسجية، فيمكن لهذه المواد أن تبعث ضوء منها خلال فترة الإثارة، حيث تمتص الأشعة فوق البنفسجية لتصدر أشعَّة مرئية تضيء الغرف المظلمة، وتنقسم إلى نوعين:

- **مواد فسفورسنية (Phosphorescence materials).**
- **مواد فلورسنية (Fluorescence materials).**

مواد فسفورسنية(Phosphorescence materials)

هي المواد التي يصاحب عودتها من الحالة المثارة إلى الحالة العادية انبعاث ضوء متأخِّر.

إحدى الطاولات الزجاجية التي تتألق في الظلام حيث تمت تغطية السطح العلوى بطبقة من مادة فسفورية زجاجية سيراميكية بواسطة تقنية الطباعة، بحيث يخزِّن الطلاء ضوء النهار والضوء الاصطناعي ويطلقه في الظلام، شكل رقم (٦)، (٧).

شكل رقم (٦) أحد الكراسي الزجاجية التي تمت تغطيتها بمادة فسفورية زجاجية سيراميكية نهارًا.

شكل رقم (٧) أحد الكراسي الزجاجية التي تمّت تغطيتها بمادة فسفورية زجاجية سيراميكية ليلًا.

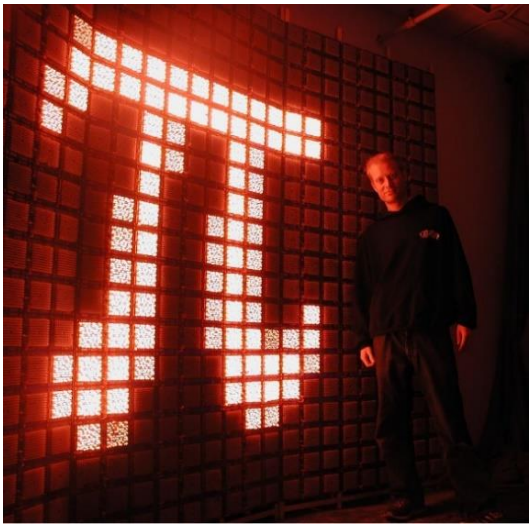
مواد فلورسنية (Fluorescence materials)

هي الموادُّ التي تتم إثارة جزيئاتها بواسطة الضوء ultraviolet radiation ويصاحب عودة المادة من الحالة المثارة إلى الحالة العادية انبعاث ضوء في الوقت ذاته تقريبًا من ٨ إلى ١٠ ثوانٍ، شكل رقم (٨)، (٩).

شكل رقم (٨) أحد الشبابيك التي تم رشها "ChristinaKubisch" باستخدام طلاءات فلورسنتية بألمانيا

شكل رقم (٩) أحد الأعمال التشكيلية للفنانة الألمانية Ruth Handschin باستخدام دهانات فلورسنتية

<table>
<tr><th colspan="2">2- المواد المحولة للطاقة (Electroluminescence)</th></tr>
<tr><td colspan="2">هو الضوء المنبعث من جزيئات المادة عند عودتها إلى حالتها، إذا كانت الطاقة المحفزة للمادة تيارًا كهربائيًّا وتُستخدم مصدرَ إضاءةٍ موفرًا للطاقة، وتنقسم إلى نوعين هما:
1- النوع الأول (Inorganic). ٢- النوع الثاني (Organic).</td></tr>
<tr><th>النوع الأول(Inorganic)</th><th>النوع الثاني(Organic)</th></tr>
<tr><td>مثل الصمام الثنائي الباعث للضوء Light emitting diodes ((LEDs) وهو عبارة عن مصدر ضوئي مصنوع من أشباه الموصلات يصدر طاقة ضوئية عندما يمرُّ من خلاله تيار كهربائي، ويتميز بالكفاءة العالية.</td><td>مثل الصمام الثنائي الباعث للضوء العضوي (OLEDs) وهو الباعث للضوء(LED) الذي تكون فيه طبقة الاشتعال الكهربائي عبارة عن فيلم مركَّب عضوي ينبعث منه الضوء نتيجة لاستجابته لتيار كهربائي، هذه الطبقة من أشباه الموصلات العضوية تقع بين اثنين من الأقطاب الكهربائية، في غالب الأمر يكون واحدًا من هذه الأقطاب تكون شفافة.</td></tr>
<tr><td>فندق (Habitat H&R) المقام في برشلونة بإسبانيا هو فندق من تصميم كل من: (Enric Ruiz Geli)، (Max Zinnecker)،(Ames Clar) سنة ٢٠٠٧م، الذي يتكون من مبنى بشبكة موصلة للطاقة ملفوفة حوله تحتوي "شبكة الطاقة" هذه على عقد فردية مزودة مستشعرات ضوئية تجمع طاقة الشمس خلال النهار، وفي الليل ينبعث ضوء (LED) بلون معين وفقًا لكمية الطاقة المجمعة، شكل رقم (١٠).

شكل رقم (١٠) لفندق (Habitat H&R) يستخدم (Lightemitting diodes (LEDs)) في الواجهة المعمارية له بإسبانيا</td><td>تستخدم الصمامات الثنائية العضوية الباعثة للضوء (OLED)في شاشات التلفزيون وشاشات الكمبيوتر، وشاشات الهواتف النقالة والساعات الذكية، وشاشات الإعلانات والمعلومات. كما تُستخدم وعلى مجال واسع للإنارة العامة، شكل رقم (١١).
 
شكل رقم (١١) جدارية ثلاثية الأبعاد من تصميم (Tensor) مستخدمًا فيها الصمام الثنائي الباعث للضوء العضوي (OLEDs) سنة ٢٠٠٤م في بوسطن</td></tr>
</table>

جدول رقم (٢) يوضح المواد المحولة للطاقة (Photoluminescence)، (Electroluminescence)

ثالثا: استحداث نوعيات من زجاج الانبعاث الضوئي.

هذا الجزء امتداد للدراسة السابقة[٢] الخاصة بتحضير مجموعة من زجاج الانبعاث الطيفي البوروسيليكات المطعم بعنصر السماريوم، وكانت من أهم نتائج الدراسة الحصول علي تركيبة من الزجاج مشعة للون الأحمر البرتقالي، وبالنسبة للدراسة الحالية فتهدف إلى دراسة تأثير التغيير في التركيبة الكيميائية على لون الانبعاث الطيفي. يتناول هذا الجزء التجربة المعملية، والخصائص العلمية للخامات الخاصة بتحضير زجاج الانبعاث الضوئي، لتقديم تركيبَةٍ كيميائيَّة قادرة علي التطبيق في مجال الانبعاثات الطيفية، وتوفير المعلومات الكافية عن طرق التحضير والمعالجة، وإمكانيَّة استخدامها في تكوين خلطات زجاجية جديدة مبتَكَرة من زجاج الانبعاث الطيفيِّ، تم تحضير الزجاج من خلطات ذات تركيب كيميائي مختلف، وهي تمثل مصادر متنوعة لأكاسيد العناصر الثقيلة والفلزات القلوية مع العناصر الأرضية النادرة والانتقالية، ووفقًا لمعايير تناول الخامات في تحضير أنواع الزجاج حرقت الخلطات في درجات حرارية مختلفة داخل أفران صهر المخصصة لصهر الزجاج، وقد تم دراسة الخصائص الضوئية لتحديد الإنبعاثية الضوئية للعينات وتحديد لون الانبعاث الطيفي.

التجربة المعملية:

التجربة المعملية لتحضير زجاج الانبعاث الضوئي

هدف التجربة

تحضير نوع جديد من زجاج السيليكوفوسفات المحتوي علي أكاسيد العناصر الثقيلة، مثل الباريوم أو البزموث كوسط مضيف لأكسيد الديسبرسيوم الأرضي النادر، وذلك للوصول إلى زجاج انبعاث ضوئي يعطي اللون الأخضر الفسفوري.

التركيبة الكيميائية للزجاج المحضر

التركيب الكيميائي للعينات:

Sample Code	النسبة المئوية %						
	SiO_2	ZnO	BaO	Bi_2O_3	Na_3PO_4	MnO_2	Dy_2O_3
S13	12.5	7.5	0	0	80	0	0
S14	12.5	7.5	0	0	80	0.125	0
S15	12.5	7.5	0	0	80	0	0.125
S16	12.5	7.5	0	0	80	0.125	0.125
S17	10	5	5	0	80	0	0
S18	10	5	5	0	80	0.125	0
S19	10	5	5	0	80	0	0.125
S20	10	5	5	0	80	0.125	0.125
S21	10	5	0	5	80	0	0
S22	10	5	0	5	80	0.125	0
S23	10	5	0	5	80	0	0.125
S24	10	5	0	5	80	0.125	0.125

جدول رقم (٢) يوضح التركيبة الكيميائية للزجاج المحضر

حيث(Sx) هو كود العينة.

أولًا: قياس الأوزان:

1. تم حساب أوزان المواد الخام الأولية المستخدمة في الخلطة بالنسبة المئوية، شكل رقم (١٢).
2. تعبئة المواد الخام الأولية في أكياس مخصصة للحفظ بعد عملية الوزن تجنبًا للرطوبة كما هو موضح في الشكل رقم (١٣).

شكل رقم (١٢) نموذج لأحد الأجهزة المستخدمة في وزن المواد الخام الأولية

شكل رقم (١٣) يوضح طريقة حفظ المواد الخام الأولية بعد الوزن

ثانيا: قياس الكثافة:

تم قياس الكثافة للمجموعة الأولى المكونة للخلطة للكشف عن جودة الزجاج، وتم تنفيذ إجراء القياس باستخدام ميزان حساس بدقة تبلغ ٠,٠٠١، وباستخدام الماء باعتبارها من السوائل الخاملة. وذلك وفقًا لمبدأ أرشميدس القياسي واستخدام الصيغة التالية: $\rho = [\frac{a}{a-b}]\rho_x$

حيث (a) هو وزن العينة الزجاجية في الهواء،(b) هو وزن العينة الزجاجية عند غمرها في الماء بكثافة 1 جم/ سم٣ (ρx)، وكانت نتائج قياس الكثافة كما يلي:

Sample	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Density gm/Cm^3	2.506	2.541	2.794	2.531	2.614	2.501	2.371	2.212	2.800	2.725	2.598	2.708

1- تم تحضير الخلطة الأولى للزجاج باستخدام المواد الكيميائية التي تم وزنها.

2- تم وضع المواد الكيميائية في بواتق الألومينا المغطاة تحت ظروف الجو العادية.

3- تم ضبط الفرن على درجة الحرارة المطلوبة استعدادًا لعملية الصهر.

4- تم صهر الخلطة داخل أفران السيلكون كربيد ماركة (Vecstar)، وذلك عند درجة حرارة ١٢٥٠ درجة سيليزية لمدة زمنية قدرها ١٢٠ دقيقة.

5- تم تقليب البوتقة بداخلها المصهور بشكل تكراري كل نصف ساعة، للحصول علي زجاج كامل الشفافية عند الصب.

6- تم تسخين قالبين من الاستنااليس ستيل مقاس ٢٠ x ٣٠ مم استعداد لصب المصهور الزجاجي.

7- بعد مرور الوقت المحدد للصهر (١٢٠ دقيقة) تم صب المصهور داخل قالبين من الاستنااليس ستيل مسبوقة التسخين، شكل رقم (١٤).

شكل رقم (١٤) يوضح قوالب الاستنااليس ستيل أثناء صب المصهور الزجاجي فيها.

8- تم نقل العينات مباشرة بعد عملية الصب إلى فرن التبريد، وذلك بعد ضبطها عند درجة حرارة ٣٥٠ درجة سيليزية، شكل رقم (١٥)، (١٦).

شكل رقم (١٥) نموذج لأفران التبريد المستخدمة

شكل رقم (١٦) يوضح وضع العينات الزجاجية داخل أفران التبريد

تابع الصهر والتشكيل

9- تمت تعبئة العينات الزجاجية بعد إتمام عملية التبريد، ووضعها في أكياس مخصصة للحفظ، استعدادًا لتحضيرها لمرحلة القياسات الكيميائية والفيزيائية.

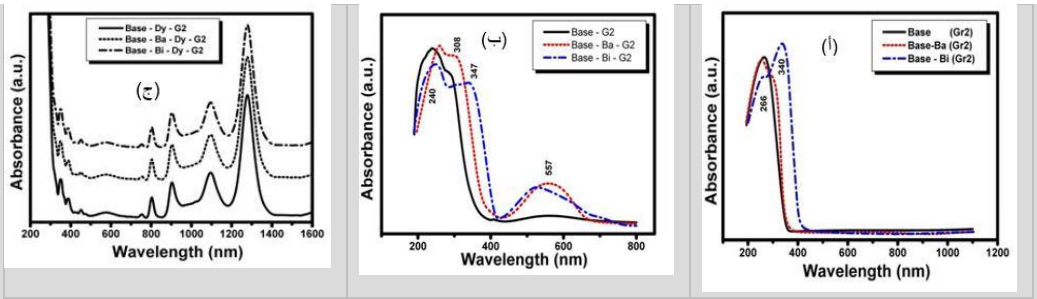
شكل رقم (١٧) العينات الزجاجية بعد إتمام عملية التبريد حسب تركيبها الكيميائي الموضح سابقًا

ثالثا: الخواص البصرية:

قياس طيف الامتصاص الضوئي في مدي الاشعة الفوق بنفسجية والمرئية وتحت الحمراء القريبة:

تم إجراء قياسات الامتصاص الضوئي لعينات الزجاج المصقولة من الجانبين والمتساوية في السمك حوالي(٢ ±٠،١) مم باستخدام مقياس الطيف الضوئي ماركة (JASCO) موديل (**V570**) ياباني الصنع ويغطي مدي القياس ٢٠٠ إلي ٢٥٠٠ نانومتر.

تعزي قمة الامتصاص التي تم ملاحظتها في مدي الأشعة الفوق بنفسجية إلي وجود التركيزات الضئيلة من شوائب الحديد الموجودة بالمواد الخام المستخدمة في تحضير الخلطة الزجـــاجية بينما قمة الامتصاص الموجودة في مدي الأشعـــة المرئية بسب العنصر الانتقـــالي المتمثل في المنجنيز والمسئول عن الانتقـال الالكتـــروني بين مدارات العنصر الانتقالي. بالنسبة للعينات المحتوية علي أكسيد الديسبروسيوم فقد اظهرت قمم أمتصاص طيفية عند الأطول الموجية من المنطقة الفوق بنفسجية مرورا بالمرئية وحتي تحت الحمراء القريبة عند الأطوال الموجية (٣٨٥، ٣٩٧، ٤٢٤، ٤٥٠، ٧٥٣، ٨٠٤، ٨٩٨، ١٠٩٤، ١٢٧٨) نانومتر وكلها تدل علي الانتقال الالكتروني لمدرات العنصر الارضي النادر الممثل في الديسبرسيوم، شكل رقم (١٨).



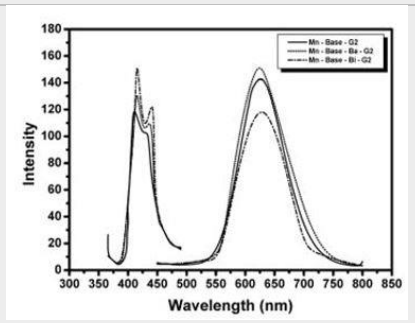
شكل رقم (١٨) يوضح الامتصاص الضوئي للزجاج المحضر في منطقة الاشعة البنفسجية والمرئية وتحت الحمراء حيث (أ) للعينات الاساسية و(ب) العينات المطعمة بالمنجنيز و(ج) العينات المطعمة بالديسبرسيوم.

2- قياسات الإنبعاثية الطيفية:

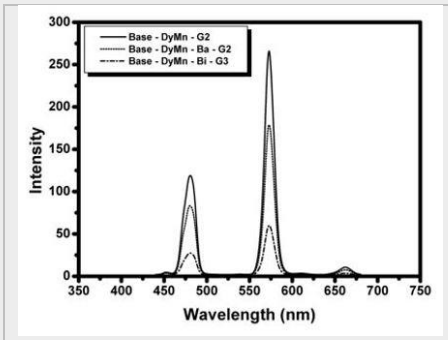
تم قياس سلوك الإنبعاثية والتفسفر الطيفي للزجاج المحضر عند درجة حرارة الغرفة في المدى الطيفي من(٣٠٠ إلي ٧٠٠) نانومتر باستخدام مقياس طيف الانبعاثية من النوع (JASCO) موديل (FP-**6500**) صنع ياباني ذات لمبة زينون فلاش كمصدر الإثارة الضوئية بمعدل مسح ٠،١٥ بطول ٠،٢٥ نانومتر لسمك الشريحة ٠،٢ نانومتر.

تعتمد طرق الانبعاث الطيفي على إثارة جزيئات المادة بواسطة الطاقة الإشعاعية، ثم قياس شدة الأشعة المنبعثة من هذه الذرات أو الجزيئات بعد رجوعها إلى حالة الاستقرار، يوضح الشكل رقم (١٩) قياس طيف الإثارة وطيف الإنبعاثية للعينات المطعمة بأكسيد المنجنيز وقد أظهر طيف الإثارة قمتين عند الأطوال الموجية (٣٥١ و٤١٠) نانومتر، أما بالنسبة لطيف الإنبعاثي الطيفي فقط أظهر قمة واحدة عند الطول الموجي (٦٠٥) نانومتر نظراً لوجود أيون المنجنيز المميز بالانتقال المداري من النوع التالى:

$$^4T_{1g} \rightarrow {}^6A_{1g}$$



شكل رقم (١٩) طيف الانبعاث للعينات المطعمة بالمنجنيز

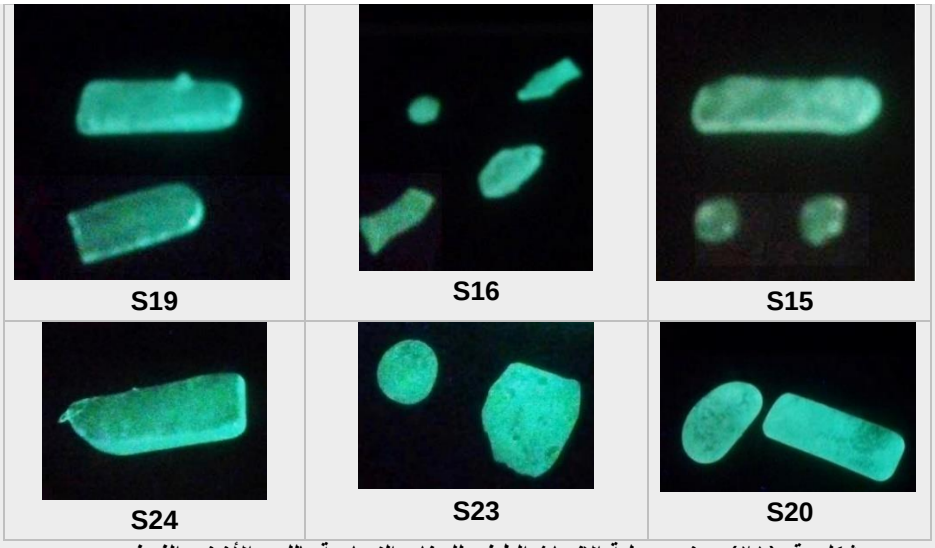


شكل رقم (٢٠) الانبعاث الطيفي للعينات المطعمة بأكسيد الديسبرسيوم والمنجنيز

وبالنسبة للعينات المحتوية علي أكسيد الديسبروسيوم فقد أعطت ثلاثة إنبعاثات طيفية تمركزت هذه الانبعاث الطيفية حول أطوال موجية (٤٧٥) نانومتر تقريبا و(٥٧٦) نانومتر و(٦٦٠) نانومتر، شكل رقم (٢٠).

ويوضح الشكل رقم (٢١) عملية الإنبعاثية الطيفية للعينات المطعمة بالدسبرسيوم وللعينات الزجاجية المطعمة بالمنجنيز والساماريوم، التي نتج عنها طاقة ضوئية باللون الأخضر الفسفوري.

المناقشة والنتائج



شكل رقم (٢١) يوضح عملية الانبعاث الطيفي للعينات الزجاجية باللون الأخضر الفسفوري

رابعًا: مقترح افتراضي للاستفادة من زجاج الانبعاث الضوئي في تصميم نصب تذكاري مستدام:

التصميم المقتَرَح لنصب تذكاري يجمع بين الفكر التصميمي المبتكر والتقنية الحديثة لزجاج الانبعاث الضوئي، في إطار الاستفادة من خصائص زجاج الانبعاثِ الضوئيِّ، من خلال اعتباراته الجمالية والضوئية التي تم التوصل إليها من التجربة السابقة لتوظيفها في الميادين العامة.

التصميم المقترح: نصب تذكاري (نحت ميداني)		
التعريف بالنصب التذكاري	نوع العمارة	عمارة خارجية.
	المساحة	ارتفاعه ٧ مترًا، وعرضه إلى ٤ أمتار.
	المناخ الإقليمي	تصميم مقترح لنصب تذكاري يناسب ميدانًا عامًّا.

شكل رقم (٢٢) يوضح التصميم الافتراضى المقترح للنصب التذكاري

صُمّم التصميم الافتراضى للنحت الميدانى ليناسب ميدان عام، حيث يبلغ ارتفاع النصب التذكاري من القاعدة وحتى اعلى نقطة فيه إلى 7 مترًا، ويرتكز على قاعدة من الجرانيت تبلغ مساحتها 400 متر مربع، وتحيط بالنصب التذكارى ساحة لمرور المشاه لمشاهدته وأماكن للجلوس.

الجانب التعبيري للفكرة التصميمية

يعتبر النصب التذكاري أحد أنواع العمارة القليلة التي لا تتمثل وظيفتها الأساسية في المأوى بل هي الإحساس والتذكر، لذلك يعتبر اكتشاف وتطويع خامات حديثة مثل زجاج الانبعاث الضوئي يعمل على ابتكار تصميمات جديدة وجريئة في التشكيل والإبداع النحتي، ويمكن تقديمه ضمن أفكار الحداثة في العمل الميداني الذي يقدم قِيَمًا تشكيليَّة مبتكرة، لتكوين نصب تذكاري شديد الفاعلية ذي قِيَم جماليَّة عالية وقابلٍ للاستخدام لفترة زمنية طويلة وموفِّر للطاقة على المدى البعيد.

شكل رقم (٢٣) يوضح الجانب التعبيري للفكرة التصميمية.

مصادر الفكرة التصميمية

الإنسان والحركة وجهان لعملة إيجابية واحدة، هي الصحة والثقافة والإبداع والاستمتاع بالحياة، والفن وثقافة الحركة هما ارتقاء وتدرُّج في حياة الإنسان المخلوق المتحرِّك بالفطرة، ذهابًا وإيابًا، وجاءت فكرة النصب التذكاري مستوحاة من حركة الإنسان المستمرة، التي تدلُّ على الحيوية والطاقة، تلك الحركة الهائلة التي يمكن الاستفادة منها كمصدر لتوليد الطاقة لمنظومتنا الحضارية، حيث وُجِد أن جسم الإنسان مورد متنوع وفعال لإنتاج الطاقة ونشرها في البيئة المحيطة طوال الوقت، التي يمكن حصدها بجميع أنواعها.

شكل رقم (٢٤) يوضح (حركة جسد الإنسان) المستوحى منه الفكر التصميمي

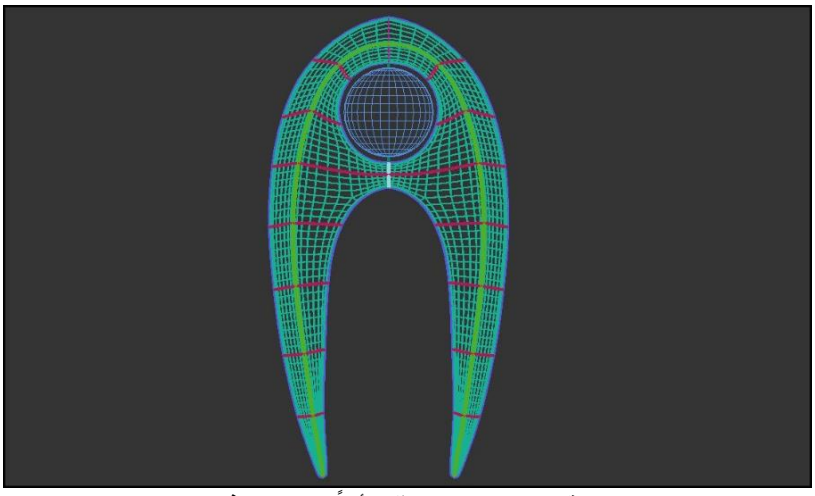
التكوين البنائي للتصميم

النصب التذكاري عبارة عن هيكل من المنحنيات الناعمة التي تعبِّر عن حركة رياضية للإنسان، وينقسم إلى جزأين؛ الجزء العلوي تلتحم فيه اليدان لتكون قوسًا يحتضن بداخله كرةً تمثِّل الرأس، بينما الجزءُ السفليُّ يُمثَّل بقوسين كبيرين ولكنهما مفتوحان للداخل يعبران عن باقي الجسد، ويتسم العمل النحتي بالاتزان والانسيابية.

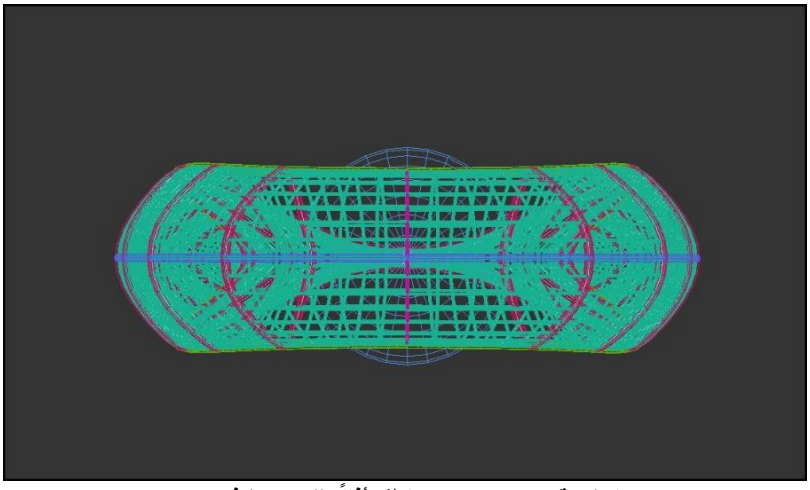
يهدف تصميم النصب التذكاري بشكله التفاعلي إلى تخزين الطاقة الشمسية أثناء النهار، والاستفادة منها ليلًا على هيئة طاقة ضوئية ذات لون أخضر فوسفوري، وتؤكد فكرة استخدام الزجاج الملوَّن في شكل تكرارات انتظامية على فكرة العمق، عن طريق المنظور، مما يجعل التخطيط البنائي للعمل الميداني إمكاناتٍ فراغيَّةً وطاقةً كامنة تُشعِر بالنمو، كما يحقق هذا العمل التفرُّد من خلال استخدام تقنيات تكنولوجية مرتبطة بالعصر متمثلة في زجاج الانبعاث الضوئي، حيث تتكرر الأشعة الخضراء بشكل متوازٍ طوليٍّ ورأسيٍّ لتسقط علي الفراغ المحيط، وتعمل على الإحساس بالإشراق والتعبير عن الصفاء الوجودي والنفسي.

شكل رقم (٢٥) يوضح التكوين البنائي للتصميم

النصب التذكاري عبارة عن هيكل تشكيلي من الفولاذ يحمل ألواح الزجاج الملوَّن وزجاج الانبعاث الضوئي الموزَّع حسب التصميم الموضوع للغاية الوظيفية والجمالية، يتم تقسيم الجزء العلوي والسفلي بواسطة أعمدة سوداء طويلة أفقية وراسية تتقاطع مع بعضها البعض مكوِّنةً الهيكل الفولاذيَّ، بحيث يلتف الجزء العلوي حول كرة زجاجية منفوخةٍ لتكونَ مركزَ النصب التذكاري.

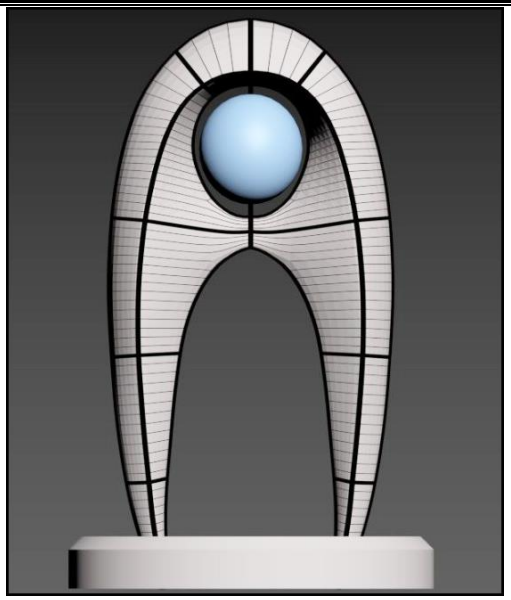


شكل رقم (٢٦) يوضح مقطعًا رأسيًّا للنصب التذكاري



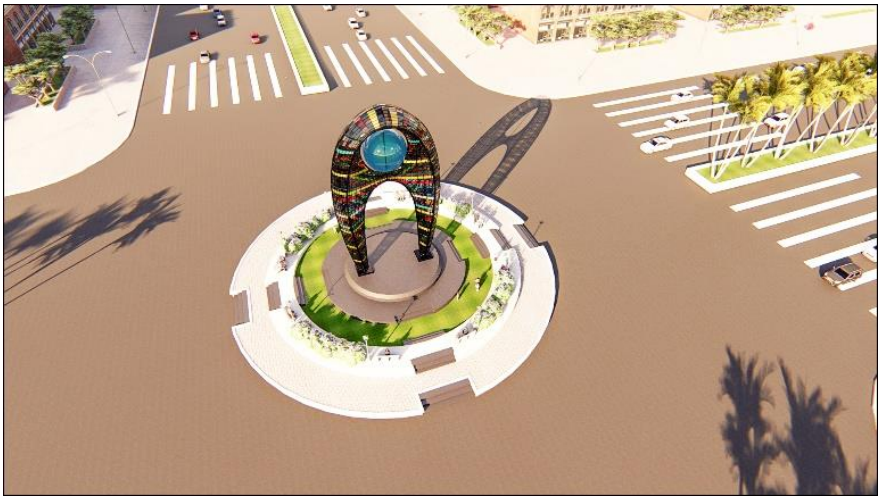
شكل رقم (٢٧) يوضح مقطعًا أفقيًّا للنصب التذكاري

كانت فكرة توزيع الأعمدة بالاتجاه الرأسي والاتجاه الأفقي جعلت الهيكل يظهر بشكل متماسك، كما أعطى حرية للتشكيل وبساطة في الشكل الخارجي، تمَّ توزيع الزجاج الملوَّن الأصفر والأخضر والأزرق والوردي بشكل تكراري على جميع الهيكل الفولاذي للنصب التذكاري بنمط ثابت مكوِّنًا شبكة من الألوان المتعددة، حيث ظهر التشكيل النحتي في أسلوب التداخُلِ بين الأشكال المتنوعة التي تعكس تأثيرات بصرية متنوعة، وتم إنشاء فراغات داخلية في التصميم المقترح للحصول على حجم ضخم للنصب التذكاري مع مراعاة الكتلة لتتميز بالصلابة العالية.

تابع مصادر الفكر الإنشائي في النصب التذكاري	 شكل رقم (٢٨) يوضح نموذجًا ثلاثيَّ الأبعاد للنصب التذكاري
الاتجاهات المعمارية المرشِّدة لاستهلاك الطاقة	اقترحت الباحثة الاستعانة بالمدخل الأخضر (Green Approach) في تصميم النصب التذكاري، حيث إنه يقوم على كفاءة استخدامِ الطاقة واستعمال الطاقة المتجدِّدةِ مثل الطاقة الشمسية والاعتماد على تخزين أكبر قدر ممكن من الطاقة الشمسية لتلبية الاحتياجات من الطاقة الضوئية، كما يعمل على عدم الإخلال بالأرض التي سوف يُقام عليها النصب التذكاري، بحيث إذا تمت إزالته من موقعه، يعود الموقع كسابق حالته قبل الإنشاء، ولا يحدث تغييرات في معالم الموقع، وبالتالي عدم الإخلال بخصائص البيئة الطبيعية.
المبادئ والمعايير للعمارة	• تكامَلَ الشكل التجريدي للنصب التذكاري، حيث أدَّى الشكل والوظيفة والهيكل إلى حلول متكاملة من خلال تنظيمها متمثلةً في المفهوم المبتكر للنحت الميداني. • يحتوي التصميم على العديد من الابتكارات الجديدة المتعلِّقة بتقليل المواد وخفض تكاليف الطاقة، حيث تضمَّنَ تصميم النصب التذكاري رؤية مستقبلية لتوفير الطاقة الضوئية. • تميَّزَ النصب التذكاري بترشيد استخدام الطاقة نتيجة لاستخدامِ زجاج الانبعاث الضوئي؛ فهو موفِّر للطاقة، وهذا ما أعطاه سمة الاستدامة. • كما تعود استدامة النصب التذكاري بيئيًّا في استخدامه لموادَّ صديقةٍ للبيئة ومتوفرة محليًّا هي الفولاذ القابل لإعادة التدوير والزجاجُ الملوَّن، الذي تم تصنيعه بشكل جيد، بحيث لا يترك آثارًا سلبية على البيئة للحدِّ من التلوث. • قدرة زجاج الانبعاث الضوئي على تخزين الكثير من الضوء الطبيعي نهارًا والضوء الصناعي ليلًا، وتوليد طاقة كهربية يعمل على تقليل الطلب على مصادر الطاقة الكهربية اللازمة لإنارة الميدان.

نوع استراتيجيات التصميم البيئي	**تطبيق استراتيجية الطاقة الشمسية:** وذلك باستخدام الطاقة المتولِّدة من تركيز أشعة الشمس على زجاج الانبعاث الضوئي نهارًا في إنارة الميدان ليلًا، حيث وُجِد أن زجاج الانبعاث الضوئي قادر على تخزين الطاقة الشمسية طوال ساعات النهار، وبثِّها في الظلام على هيئة طاقة ضوئية. **شكل رقم (٢٩) يوضح استراتيجيات التصميم البيئي للنصب التذكاري**
الخامات المستخدمة في النصب التذكاري	النصب التذكاري عبارة عن هيكل حديدي من الفولاذ يغلفه غطاء زجاجيّ ملوَّن، يتميَّز الأسلوب النحتيُّ له بالاعتماد على مساحات كبيرة من الزجاج متعدد الألوان في إكساء الشكل النحتي، التي بدورها زادت من القوة التعبيريَّة له وساهمت في إعطائِهِ سمة النصبيَّة، كما حققت الشفافية في التصميم، وتم استخدام زجاج الانبعاث الضوئي في مساحات تكرارية في التصميم، الذي يلبِّي العديد من المتطلبات البيئية، وأهمها توليد الطاقة، ويتميز الهيكل الفولاذي بالقابلية الكبيرة للتشكيل، والمرونة العالية، ومقاومته للصدأ. والتحام الزجاج والحديد الفولاذي فيما بينهما في خطوط هندسية استمدت وجودها من خلال حركاتِهِ النحتيَّة وتطويع المادة، رغم ما توحي به من صلابة وقساوة. كما خفضت الانعكاسات بواسطة الانحناء في السطح الخارجي للنصب التذكاري، بينما ظهرت انعكاساتُ الإضاءة التي سقطت من زجاج الانبعاث الضوئي ليلًا على الكرة الزرقاء، وكانت أشبه بانعكاسات الضوء عن حجر الألماس، حيث إن أضواءَ النصب التذكاري ذات اللون الأخضر الفسفوري المشعِّ سوف تُرى من على بُعد. **شكل رقم (٣٠) يوضح نوع الخامات المستخدمة في النصب التذكاري**

الخصائص البصرية:	
اللون	تلوَّن النصب التذكاري بمزيج من الألوان الزاهية الباردة والساخنة وبتدرُّجات مختلفة، نابعة من دمج الزجاج الملوَّن ومنها الزجاج الأصفر والأخضر والأزرق والوردي مع زجاج الانبعاث الضوئي بألوانه الصفراء والبيضاء الشفافة في منظومة هندسيَّة تكرارية، يُستهدَف منها تحقيق البهجة والسعادة عن طريق تخليق علاقة ارتباط ذهني للمشاهِدِ لتحقِّقَ تتابعًا بصريًّا جميلًا، وذلك بواسطة ثبات الأحاسيس المرتبطة بها؛ فقد أضفت الألوان المستخدمة في التصميم بتنوعها جاذبية وحيوية. شكل رقم (٣١) يوضح استخدام الألوان الزاهية في زجاج بالنصب التذكاري
الإضاءة	لقد أدَّت إضاءة النصب التذكاري إلى استدامته، وتقليل الطاقة الضوئية المطلوبة ليلًا عن طريق استخدام زجاج الانبعاث الضوئي؛ فقد اعتمد التصميم على تصنيف الموقع والمناخ المحيط بالنصب التذكاري، حيث تساهم وفرة ضوء النهار الطبيعي في توفير كميات من الطاقة الضوئية المخزونة داخل الزجاج الانبعاث الطيفي، لتشمل أنحاء الميدان. يؤدي التصميم الجيد إلى الاستفادة من ضوء النهار لتوليد الطاقة، مما يحوِّل ذروة الطلب على الكهرباء خلال ساعات الليل. كما وُزِّعت الإضاءة حول جسم النصب الزجاجي وفق ما يعطي إحساسًا مختلفًا في الليل، وبطريقة تخدم الرمز؛ فقد تمت مراعاة أنواع خاصة من الصوديوم الهيلوجين التي تُظهِر التفاصيل والنواحي الجمالية للنصب. شكل رقم (٣٢) يوضح الإضاءة الفسفورية المنبعثة من زجاج الانبعاث الضوئي ليلًا

مصادر الطاقة المتجددة	**الطاقة الشمسية وطاقة الرياح:** يتم تحقيق الشكل التفاعلي للنصب التذكاري بواسطة دراسة مكثفة للموقع العام للميدان والعوامل البيئية المحيطة والرياح وحركة دوران الشمس حول الزوايا المختلفة للنصب التذكاري والهيكل الخارجي له في الصيف والشتاء.  **شكل رقم (٣٣) يوضح الشكل التفاعلي للنصب التذكاري**
نوعية المواد الذكية الزجاجية	استُخدِم زجاج الانبعاث الضوئي في النصب التذكاري لتوليد الطاقة الضوئية وتخزين الضوء الطبيعي بقدر الإمكان للاستفادة منه في الإنارة ليلًا على هيئة طاقة مشعَّة، لتقليل الاحتياج للإضاءة الاصطناعية، وكان لاستخدام زجاج الانبعاث الضوئي بشكل تكراريٍّ بزوايا مدروسة القدرة على إنشاء سيناريوهات ديناميكية لونية فريدة. **شكل رقم (٣٤) يوضح نوع الخامات الذكية المستخدمة في النصب التذكاري**

التوافق البيئي

يُعتبر النصب التذكاري عملًا نحتيًّا تفاعليًّا باعتباره بنيةً مكانيَّة، فإن الحركة اللونية عبر القطعة الزجاجية تحويلية وحساسة تتجاوب مع الإنسان والطبيعة في آنٍ واحد، فقد جعَلَت إسقاطات الضوء الصادرة من النصب التذكاري نهارًا بألوانه المتلألئة والوامضة عبر الميدان إحساسًا بالحيوية، حيث تحوَّل هذا الهيكل الهائل من الفولاذ إلى شيء حيٍّ يتنفس، كما يعطي الوسطَ المحيط به جمالًا وجاذبية رابطة إياه بالمضمون، من خلال مضاعفة التأثير على المشاهد والتداخل مع مكوناته.

يشجِّع تصميم النصب التذكاري على التجمع والتفاعل الاجتماعي، ويلعب دورًا مهمًّا في الاتصال المباشر بالجماهير العريضة، كما يخضع التصميم إلى خصوصيات الفضاء المفتوح ومعطياته ليتلاءم مع زوايا الرؤيا المختلفة للمشاهدة، فيثير الأمل والتفاؤل في المستقبل، ويرمز إلى الدفء والضوء والإلهام.

شكل رقم(٣٥) يوضح ترابط النصب التذكاري مع البيئة المحيطة.

النتائج:

1. تصميم المباني التي تستوعب مفهوم التصميم البيئي تستطيع التكيف واستيعاب التغيرات في الاستخدام، وذلك عن طريق استخدام التقنيات الزجاجية الذكية التي توفر مزيدًا من الضوء بواسطة الاستفادة من الإشعاع الشمسي، حسب فصول السنة.
2. يُعتبر زجاج الانبعاث الضوئي من أحدث المواد الذكية التي يمكن الاستفادة منها في المعالجات المعمارية لتصميم الإضاءة، حيث إنه الأقوى في الإضاءة؛ فهو قادر على رفع مستوى الإضاءة بشكل كبير، ومتجانس داخل المباني والفراغات العامة ليلًا، لتحقيق أقصى درجة من الإنارة وأقل استهلاك للطاقة، مما يؤدِّي إلى أقل تكلفة وأكثر ترشيد للطاقة وأفضل أداء للعمل، وهذا ما يميزها عن الوسائل التقليدية الأخرى.
3. أكدت الدراسة أن هناك علاقة طردية بين العلم والابتكار في تحقيق القِيَم الجماليَّة والوظيفية في التصميم، خصوصًا عند اتحاد التصميم البيئي وزجاج الانبعاث الضوئي للتعبير عن الشكل في الأفكار التصميمية التطبيقية المقترحة للعمارة المعاصرة.

التوصيات:

1- نشر الوعي بأهمية التصميم البيئي وبالقيمة الاقتصادية التي يمكن توفيرها باستخدام المواد الزجاجية ذات الإنبعاثية الطيفية، حتى وإن كانت التكلفة المبدئية مرتفعة.

2- تطبيق المواد الزجاجية المحولة للطاقة، ودمجها في التصميم المعماري للحصول على عمارة متفاعلة وبكفاءة عالية.

3- عمل دراسة جدوى اقتصادية لاستخدام المواد الزجاجية المحولة للطاقة في العمارة المصرية، وتحسين المعطيات التقنية من خلال الارتقاء بمستوى التصنيع المحلي، من حيث الجودة والتنوع في التصميم وتقنيات التنفيذ، وذلك للحصول على عمارة زجاجية مصرية تتمتع بالخصائص المعمارية والبيئية العالمية.

4- التوسع في الدراسات التطبيقية وتشجيع الأبحاث العلمية في مجال تكنولوجيا المواد الذكية الزجاجية، وتقنياتها والتعريف بخصائصها وإمكانياتها.

المراجع:

1- أحمد عبد المنعم حامد القطان، قاسم، مجدي محمد، "نحو مفهوم معاصر الاستدامة البيئية في العمارة الإسلامية" مجلة قطاع الهندسة. جامعة الأزهر. المجلد ١١ رقم ٣٩، ٢٠١٦.

2- 1- 'ahmad eabd almuneim hamid alqatan , qasim , majdi muhamad , "nahw mafhum mueasir alaistidamat albiyiyat fi aleimarat al'iislamiati" majalat qitae alhandasati. jamieat al'azhar. almujalad 11 raqm 39 , 2016.

أسماء أحمد خضر، " المنهجية الفكرية للتصميم البيئي في العمارة الإسلامية وأثرها على البعد الإنساني في التصميم الداخلي المعاصر" رسالة دكتوراه. كلية الفنون التطبيقية. جامعة حلوان ٢٠١٨.

3- 2- 'asma' 'ahmad khadr , "almanhajiat alfikriat liltasmim albiyiyi fi aleimarat al'iislamiat wa'athariha ealaa albued al'iinsanii fi altasmim aldaakhilii almueasiri" risalat dukturah. kuliyat alfunun altatbiqiati. jamieat hulwan 2018.

4- ماجدة بدر أحمد إبراهيم، "العمارة الذكية كمدخل لتطبيق التطور التكنولوجي في التحكم البيئي وترشيد استهلاك الطاقة بالمباني" رسالة ماجستير. كلية الهندسة. جامعة القاهرة ٢٠١٠.

3- majidat badr 'ahmad 'iibrahim , "aleimarat aldhakiat kamadkhal altatawur altiknulujii fi altahakum albiyiyi watarshid aistihlak altaaqat bialmabani" risalat majistir. kuliyat alhandasati. jamieat alqahirat 2010..

5- مي محمود صلاح الدين عزام، " معايير اختيار مواد البناء المحلية للعمارة الخضراء في مصر" رسالة دكتوراه. كلية الهندسة. جامعة عين شمس ٢٠١٤.

4- mi mahmud salah aldiyn eazaam , maeayir aikhtiar mawadi albina' lileimarat alkhadra' fi misr "risalat dukturah. kuliyat alhandasati. jamieat eayn shams 2014..

5- H. ElBatal, M. A. Marzouk, H. A ElBatal," Crystallization and spectroscopic characterizations of binary $SrO-B_2O_3$, glasses doped with LiF, NaF, CaF_2, or TiO^2" Journal of the Australian Ceramic Society.doi.org/**10.1007/s41779-019-00316-8. 2019.**

6-I. Kamitsos, A. P. M. A. Karakas sides Patsis, and, G. D Chryssikos "Infrared reflectance spectra of lithium borate glasses, Journal of Non-Crystalline Solids" **126(1-2). (1990) 52–67.**

7-M. A. Marzouk, Rasha Mohamed Ali, Doaa Hamed Hussein, Hala Omar, "Reddish orange phosphorescence of some types of zinc borosilicate glasses activated with Mn^{2+} and/or Sm^{3+}" Journal of Materials Science: Materials in Electronics. **(2019) 30:18234–18245.**

(1) Ritter, Axel, 2007, Smart materials in architecture, interior architecture and design. Frankfurt: Birkhäuser Basel.

(٢) المرجع رقم (٨).