النظرية الكمية كمدخل لإثراء تصميمات طباعية لأقمشة المعلقات

Quantum Theory as an Introduction to Enriching Designs for printed hanging textiles

م.د/ ريهام محمد عبد السلام

المدرس بقسم طباعة المنسوجات والصباغة والتجهيز كليـــة الفنـون التطبيقية ـ جامعة حلوان

Dr. Reham Mohamed Abd-Elsalam

Lecturer at the Department of Textile Printing, Dyeing and Finishing, Faculty of Applied Arts, Helwan University

reham2roro@hotmail.com

الملخص:

شهد القرن العشرين بداية الثورة في الفنون المعاصرة، فكان للثورة التكنولوجية والتقدم العلمي دور كبير في فتح أفاق جديدة تربط المجال الفني بالتكنولوجيا وتطبيقها في مجال الابداع الفني، فالثورة العلمية الحديثة في مختلف العلوم وخاصة علم الفيزياء ساعدت علي تغير مفهوم البنية تبعاً لظهور النظريات العلمية المُفسرة لها؛ فلم يعد قاصراً علي المظاهر الخارجية للأشكال في الطبيعة وإنما اتسع ليشمل النظم البنائية الداخلية لتلك الأشكال والقوانين التي تنمو الطبيعة بمقتضاها؛ من خلال علاقات رياضية بسيطة او معقدة تربط العلم بالفن معا بشكل متوازن من خلال منظومه هندسية فيزيائية أتاحت لمصمم طباعة المنسوجات تأسيس أعمال فنية ذات فكر جديد معاصر خارج عن المألوف قائم علي أنماط الظواهر الكونية جاعلاً منها أعمالاً فنية ذات طابع حسي فني وديناميكي خاص، ومن أبرز تلك النظريات الحديثة نظرية الكم التي تدرس بنية التحول والجمع بين أكثر من متغير لشكل واحد في العمل للتعبير عن تحولاته عبر الزمان والمكان، فهي تقدم مداخل تصميمية جديدة في ضوء البنية الهندسية ذات النُظم البنائية التي تغيير بنية النسيج (الزماني-المكاني) والصورة المُنبسطة له، وما نتج عنها من منظومات وأنماط هندسية متنوعة تتنوع بين التسطيح والتجسيم والإتساع والعمق، وغيرها من أنماط الظواهر الكونية الناتجة عن النسيج الكوني للفضاء؛ وكيفية الاستفادة من تلك النظرية في تقديم تصميمات طباعية تصلح كأقمشة المعلقات والحصول علي العديد من الأفكار التصميمية المختلفة من نفس التصميم إستنادا الي نظرية الكم وأساسها العلمي في الحصول علي العديد من المتغيرات تبغا لتغير الظروف المحيطة.

الكلمات المفتاحية:

النظرية الكمية ، تصميمات طباعية ، أقمشة المعلقات

Abstract:

The twentieth century witnessed the beginning of Revolution in Contemporary arts. Technological revolution and scientific progress open new horizons linking Artistic field with technology and its application in artistic creativity field. So modern scientific revolution in various sciences, especially physics, helped to change the concept of structure according to the emergence of scientific theories that explain it. which is no longer confined to the external manifestations of forms in nature, but expanded to include the internal structural systems of forms and laws according to nature grows; Through simple or complex mathematical relationships that link science and art together in a balanced way through a physical engineering system that allowed the textile printing designer to establish designs with a new, contemporary thought that is out of the ordinary; based on cosmic phenomena patterns, making these designs

has a special artistic,dynamic character. Modern theories like quantum theory studies the structure of transformation and the combination of more than one variable of form to express its transformations across time and space.
It presents new design approaches in engineering structure with structural systems that change its (temporal-spatial) structure and its resulting systems,various geometric patterns that vary between flatness, anthropomorphism, breadth and depth, and other patterns of cosmic phenomena resulting from the space; And how to take advantage of that theory in providing printed designs suitable for hanging fabrics and obtaining many different design ideas from the same design based on the quantum theory and its scientific basics to have variables by changing surrounding conditions.

Keywords:
Quantum Theory ,Designs for printed, Hanging textiles

مشكلة البحث :
ان النظريات العلمية الحديثة أثرت فكر المصمم المعاصر واتجاهه الي ابتكار تصميمات خارجه عن المألوف مبتعداً عن كل ما هو معياري في تصميم أقمشة المعلقات، لذا أتجهت الدراسة الي تجريب اتجاهات جديدة وتطبيقات حديثة معتمد على النظرية الكمية – مما سبق تحددت مشكلة البحث في التساؤلين التالين:

- كيف يمكن إستحداث صياغات تصميمية بالاستناد الي النظرية الكمية لأثراء مجال طباعة أقمشة المعلقات؟
- ما أمكانية الاستفادة من برامج الكمبيوتر الخاصة بالنظرية للحصول على حلول تصميمية غير تقليدية.

أهمية البحث:

- الأستفادة من النظم البنائية للنظرية الكمية في مجال تصميم طباعة المنسوجات.
- طرح بدائل تصميمية متنوعة للتصميم الواحد استناداً الي النظرية الكمية في مجال تصميم المسطحات الطباعية لأقمشة المعلقات؛ مما يفتح أفاق جديدة للفكر التجريبي باستخدام بعض برامج الكمبيوتر المتخصصة.
- تعميق الفكر التجريبي والتطبيقي وتوظيفهما جمالياً كمدخل معاصر للدمج بين النظرية الكمية وتصميم طباعة المنسوجات.

أهـداف البحـث:
يهدف البحث الى:

- التوصل الي منهج إبداعي جديد من خلال الدمج بين النظرية الكمية والنظم البنائية التشكيلية لتصميم طباعة المنسوجات بصفة عامة وأقمشة المعلقات بصفة خاصة.
- الارتقاء بالفكر التصميمي من خلال توظيف الأمكانات الفنية لبعض برامج الكمبيوتر المتخصصة للحصول علي تصميمات مبتكرة غير تقليدية لأقمشة المعلقات تتسم بالجدة والحداثة.
- دعم الدراسة التجريبية من خلال إبتكار مجموعة من التصميمات لأقمشة المعلقات مستنده علي النظم البنائية للنظرية الكمية ذات معالجات تشكيلية مستحدثة.

منهجية البحث:

يعتمد البحث في إجراءاته على:

- **المنهج الأستنباطي:** أتُبع في الدراسة أدوات المنهج الأستنباطي في رصد النظم البنائية للنظرية الكمية وتطبيقها في عمل معلقات طباعية.
- **المنهج الوصفي التحليلي:** من خلال التحليل الفني للاعمال الفنية الخاضعة للنظرية الكمية.
- **المنهج التجريبي:**
  - تعتمد عليه من خلال التجربة الذاتية للدارسة.
  - التجريب والتطبيق.

فروض البحث:

يفترض البحث:

- وجود علاقة تبادلية تكاملية ذات دلالة إيجابية بين تطبيق النظرية الكمية وتصميم طباعة أقمشة المعلقات.
- أستخدام برامج الحاسب التابعة للنظرية الكمية لإستنباط صياغات تصميمية عالية تثري مجال تصميم طباعة أقمشة المعلقات.

حدود البحث:

الدراسة تُقدم مدخل تشكيلي جديد، حيث يتخذ من تكامل النظم البنائية للنظرية الكمية والمسطحات الطباعية لأقمشة المعلقات من خلال الاستعانة بتقنيات بعض البرامج المتخصصة كوسيطاً تتبلور فيه العمليات الانشائية والبدائل التصميمية المُقترحة لتصميم المُسطحات الطباعية لأقمشة المعلقات.

الخطوات الاجرائية:

تتمثل الخطوات الإجرائية فيما يلي:

الاطار النظري:

- نظرية الكم.
- مظاهر التحول في النظم المختلفة من خلال نظرية الكم (النظام المورفوجيني، النظام الطوبولوجي، الرغوة الكمية، الرغوة الدوارة، الجاذبية الكمومية الحلقية).

الأطار التجريبي:

- التحليل الفني لتطبيقات نظرية الكم في الفنون المختلفة.
- نماذج للتجريب.

الأطار التطبيقي:

- تصميمات لأقمشة المعلقات مع عمل بدائل تصميمية مختلفة من نفس التصميم، وخاضعة للنظم البنائية لنظرية الكم.

الاطار النظري:

شهد القرن العشرين بداية الثورة في الفنون المعاصرة، فكان للثورة التكنولوجية والتقدم العلمي أكبر الأثر علي الفن التشكيلي لما له من دور كبير في فتح أفاق جديدة تربط المجال الفني بالتكنولوجيا وتطبيقها في مجال الابداع، ولما يتيحه العلم من أدوات تكنولوجية تساعد الأنسان في دراسة وفهم الطبيعة وإكتشاف مواطن الجمال بها، فالثورة العلمية الحديثة في مختلف العلوم وخاصة علم الفيزياء الذي ساعد علي تغير مفهوم البنية تبعاً لظهور النظريات العلمية المُفسرة لها؛ فلم يعد قاصراً علي المظاهر الخارجية للأشكال في الطبيعة وإنما اتسع ليشمل النظم البنائية الداخلية لتلك الأشكال والقوانين التي تنمو الطبيعة بمقتضاها؛ والتي تُعد مصدراً خصبا للفنان وابداعه الفني من خلال الربط بين ما هو (فيزيقي) وما هو (ميتا فيزيقي) أي الربط بين العالم الخارجي والعالم الداخلي المجهري وبنيته الافتراضية والبحث في حقيقة الظواهر الطبيعية ونشأة الكون من خلال علاقات رياضية بسيطة او معقدة فيما يثري مجال تصميم طباعة المنسوجات، ويربط العلم بالفن معا بشكل متوازن من خلال منظومه هندسية فيزيائية أتاحت لمصمم طباعة المنسوجات تأسيس أعمال فنية ذات فكر جديد معاصر خارج عن المألوف قائم علي أنماط الظواهر الكونية جاعلاً منها أعمالاً فنية ذات طابع حسي فني وديناميكي خاص.

فكانت الأفكار الفنية في مراحلها الأولية تسير علي خطي متشابهة ومع توجه الفنانين للنظريات العلمية الحديثة أنعكس ذلك بشكل ملحوظ علي المدارس الفنية المعاصرة والحديثة في تشكيل التصميمات الفنية[١] ، ومن أبرز تلك النظريات الحديثة نظرية الكم التي تدرس بنية التحول والجمع بين أكثر من متغير لشكل واحد في العمل للتعبير عن تحولاته عبر الزمان والمكان ، فهي تقدم مداخل تصميمية جديدة في ضوء البنية الهندسية ذات النُظم الشبكية والتي كان لها أكبر الأثر في تغيير بنية النسيج (الزماني-المكاني) والصورة المُنبسطة له، وما نتج عنها من منظومات وأنماط هندسية متنوعة تتنوع بين التسطيح والتجسيم والإتساع والعمق، وغيرها من أنماط الظواهر الكونية الناتجة عن النسيج الكوني للفضاء.

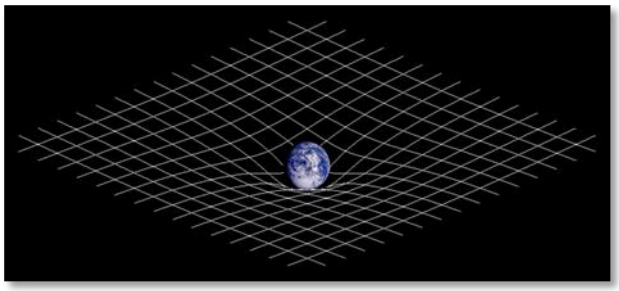
فنظرية الكم جاءت مكملة للنظرية النسبية التي جمعت بين الزمان والمكان، وبين أكثر من بعد في فراغ العمل والتحول ما بين المسطح والمجسم والانتقال بينهما، فالنسبية تؤكد انه لايوجد شيء مطلق يمكن إسناد الفرضيات عليه وانما المكان نسبي والشكل والحركة نسبيين مع مرور الزمن؛ فالزمان والمكان يتشابكان تشابكاً لا انفصال به وبالتالي ظهر البعد الرابع(الزمكان)[٢] وظهر معه مصطلح الاشكال المستحيلة* داخل العمل الفني ، ففي العمل الواحد تتعدد الأزمنة والامكنة بتعدد الفراغ وزوايا الرؤية والابعاد والاتجاهات كنوع من التغلب علي الانطباع المألوف لشكل من زاوية رؤية واحدة ومحاولة تقديم العلاقات الجوهرية المعبرة عن وجهة النظر الحديثة تجاه احداثيات الابعاد الأربعة للطبيعة في وقت واحد وإعطاء نموذج عن النظم والقوانين القائمة بين الاشكال بطريقة اكثر موضوعية من مجرد الوقوف عند مظاهرها العادية وهو ما يخدم العمل الفني في هذا المجال.

ومن الأمثلة علي الاشكال المستحيلة، احد أعمال الفنان "ايشر" لوحة الشلال كما في شكل (١) التي يظهر بها تدفق المياه، وصعود السلالم وهبوطها بشكل خيالي؛ ويتم الكشف عن الوهم المفاجئ للفضاء الهندسي مع الكشف عن الاحتمال اللامتناهي الناتج من تخيل البعد الثالث للعقل البشري.

فالاشكال المستحيلة حققت الجمع بين الزمان والمكان من خلال شبكات هندسية مؤسسة للعمل الفني بمنطق رياضي واحكام هندسي ينتج عنه خداع بصري هندسي يعبر عن التحول والحركة بين الاشكال والمستويات الفراغية توحي بالتعدد البعدي، وهو ما يربط النظرية النسبية بنظرية الكم من خلال الجمع بين الزمان والمكان والتنوع في أبعاد وزوايا الرؤية، ولكن تتطور نظرية الكم في إمكانية قياس مقدار التغير والحركة واللانهائية في أحتمالات التحول في الزمان والمكان مما جعل منها منطقا لإثارة فضول المتلقي وإشراكه داخل العمل الفني بالتفكير العميق محاولا فهم ما يدور داخل التكوينات التكوينات المركبه الاشبه بعالم الخيال.[٢]

شكل (١) لوحة الشلال للفنان "أيشر" كمثال علي الأشكال المستحيلة[1]

فنظرية الكم من الناحية العلمية هي من أساسيات علم الفيزياء، وجاءت لحل إشكاليات لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية تفسيرها، تعتمد عليها كل الدراسات الخاصة بالذرة وجزيئاتها وما هو دونها من جسيمات اولية؛ فهي نظرية فيزيائية أساسية وُضعت لتعميم وتصحيح نظريات نيوتن في الميكانيكا، وتسميتها بميكانيكا الكم يعود الي أهمية الكم في بنائها، فهي نظرية تعطي للكون صورة تحت الفحص المجهري موضحة هندسة الزمان والمكان وما بهما من تغيرات وتحولات لبنية الشبكات الهندسية للنسيج الكوني وكثيراً ما يستخدم مصطلحي فيزياء الكم والنظرية الكمومية كمرادفات لميكانيكا الكم، فنظرية الكم هي أصغر كمية من الطاقة قابلة للملاحظة؛ فتعد الطاقة هي من أهم المؤثرات في الاشكال لتحقيق التحول علي السطح من خلال التأثيرات الكمية التي تولد ذبذبات ناتجة عن أصغر كمية من الطاقة من داخل الشكل أو خارجه مما يؤدي الي أنواع مختلفة من التحولات بسبب إختلاف خصائص الأشكال سواء كانت مسطحة أو مجسمة، وينتج عنها أختلافات في مراحل تغير البنية الشكلية للأشكال [2]؛ فالكون عبارة عن شبكة كبيرة مستوية تتغير بفعل حركة الكتلة عليها فإما ان تتحدب او تلتوي أي يتغير شكل وسطح الشبكة تبعا لأثر الطاقة عليها، كما في شكل (٢) .



شكل(٢) التغير في الشبكة الكونية الزمكانية أثر كتلة جرم سماوي.[3]

ومع دراسة نظم البنية الإنشائية للعناصر التشكيلية في الطبيعة، وكيفية تحقيقها لنظم وجماليات التصميم من خلال ما يطرأ عليها من متغيرات او تحول أو تطور يتم علي شكل ثنائي او ثلاثي الأبعاد من خلال نظرية الكم الحديثة، أصبح علي الفنان حتمية التفكير بنسق جديد للتعبير عن فنه بصورة تستدعي التخيل لفهم هذا الفن والوصول الي حقيقة العمل الفني الغير مرئية وفهم الابعاد الزمانية والمكانية له وربط الفن بالفكر من خلال توطيد العلاقة بين الفن والنظريات العلمية الحديثة وصولا الي العلم الفني التخيلي المحقق للإيهام الحركي والمنظوري من خلال الإحساس بالعمق التقديري للتصميم ثلاثي الابعاد، فعند تتبع بنية التحول في الطبيعة نجد أنه يحدث تغيير في البنية الشكلية والداخلية؛ أي أن كل عنصر من العناصر التشكيلية يمتلك نظم بنائية تشكيلية تعطي للشكل الطابع الخاص به، وهذه الأشكال تتبع نظم محددة في النمو، يمكن من خلال تتبعها

الوصول الي معادلات رياضية تخضع لقوانين حتمية وهي النظريات العلمية ، والتي من أهمها نظرية الكم لأنها تُظهر بنية التحول للأشكال من زوايا جديدة ومعاصرة.

تلك النظريات الحديثة كنظرية الكم تعتبر منبعاً أخر للكشف عن البُني التشكيلية للعناصر الطبيعية برؤية جديدة وفقاً لتفسير العلم الحديث، والتي تساعد المصمم في تتبع النظم البنائية للعناصر التشكيلية بالطبيعة مما يؤدي الي الخروج بالتصميمات من الأنماط التشكيلية المعتادة الي تصميمات مبتكرة تعكس روح العصر ومتنوعة جماليا سواء في الأسس البنائية أو العناصر التشكيلية المكونة للتصميم وشبكيات تحويل الشكل من المسطح الي المجسم في الفراغ للوصول الي مداخل تجريبية جديدة وحلول تصميمية ثلاثية الابعاد*.

فالنظرية الكمية تتناول مظاهر التحول في النظم المختلفة للطبيعة ومنها:

- النظام المورفوجيني.
- النظام الطوبولوجي.
- الرغوة الكمية.
- الرغوة الدوارة.
- الجاذبية الكمومية الحلقية.

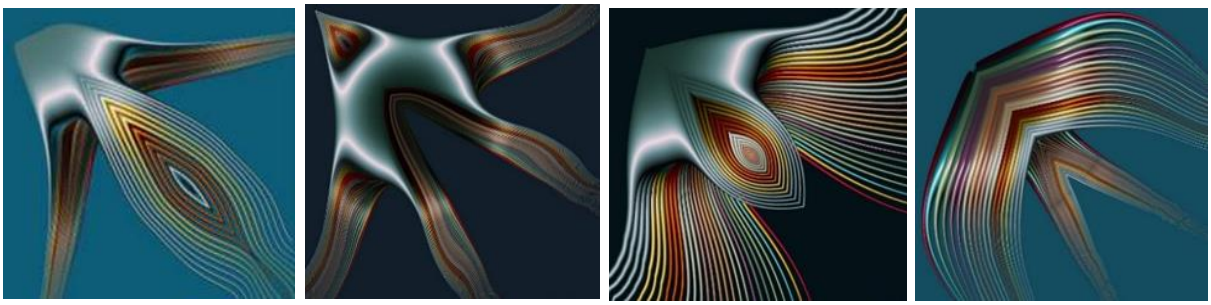
شكل تخطيطي (١) يوضح مظاهر التحول في النظم المختلفة من خلال نظرية الكم – من عمل الدارسة –

النظام المورفوجيني ونظرية الكم:

النظام المورفوجيني هو نظام قائم علي دراسة النظرية العضوية التي تقوم علي مختلف العمليات الحيوية التي تنشا من نشاط أعضاء الكائن الحي وذلك من خلال نظام عضوي متكامل؛ (٢) فالطبيعة تعتبر المصدر الرئيسي للنظام البنائي في الفراغ، اي شيء موجود في الطبيعة يتخذ أشكالاً وتراكيب هندسية في الفراغ يحكمها نظام بنائي كما في الشكل الكروي للشمس والقمر، المسار اللذان يدوران حوله، خلايا النحل، البلورات، البنيه الداخلية للنبات والكائنات الحية؛ فنجد بها العديد من العلاقات بين المساحات والخطوط في الفراغ بمعني وجود نظم هندسية ورياضية تحكمها العديد من العوامل منها الانتظام ، التماثل، التنوع، التناسب ؛ وذلك ما تصفه نظرية الكم علي وجود شبكات هندسية تحكمها قوانين رياضية تتغير وتنمو ناتجة عنها أشكال متغيرة ومتجددة مع تغير الطاقة مُسببة التطور الشكلي الذي يميز الكائنات الحية ويجعل لكل منها شكلا

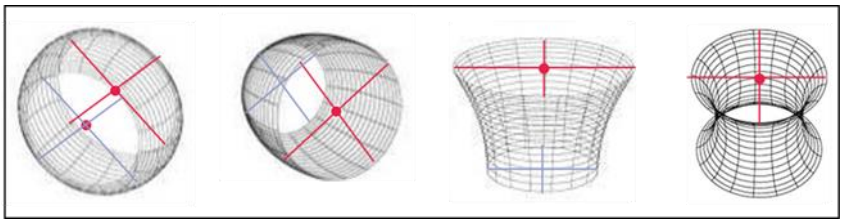
خاصاً بها، مما يساعد المصمم علي أستخلاص منظومات شبكية ومفردات تشكيلية تحمل في طياتها العديد من متغيرات التحول تفيد في التصميم بصفة عامة وتصميم طباعة المنسوجات بصفة خاصة.

فالتحليل المورفوجيني يوضح البني الهندسية التي تقوم عليها الطبيعة من خلال عمليات تطور النمو والأنظمة المتوالدة المختلفة الاشكال والابعاد للوصول الي شكل من التنظيم والتفاعل بين منظومة التفاعلات الداخلية والتأثيرات الخارجية من البيئة، مما يتطلب تقنيات ونظم جديدة في التصميم؛ ويرتبط التحليل المورفوجيني بنظرية الكم من خلال انتاج نظم بنائية هندسية ورياضية ورقمية تطور من الفكر التقليدي للمصمم وتخرجه عن المألوف من خلال تتبع الشكل الخارجي وأبعاده المختلفة للتغير من التصميمات المسطحة الي التصميمات ثلاثية الأبعاد المجسمة المتحركة في الفراغ مما يوسع إدراك المصمم في التعامل مع المفردات التشكيلية و الانتقال من البناء التصميمي المسطح الي المجسم وتأثير التغيير في الابعاد والاتجاهات والمسافة بين الخطوط علي الشكل ككل مما يعطي الاحساس بالحركة تأثرا بالتصميم المورفوجيني كما في الشكل(٣)- من عمل الدارسة –



شكل(٣) يوضح تغير الشكل الخارجي للاشكال المجسمة بعد تغير اتجاه الخطوط علي السطح وطوله والمسافة بين الخطوط

توزيع المفردات التشكيلية بإنتظام داخل البنية الهندسية ينشأ عنه تشكيلات بصرية متعددة التقسيمات الداخلية مُنتجة مستويات من الأنماط الهندسية المسطحة والمجسمة في الفراغ والقابلة للتحول الي العديد من المتغيرات في التصميم المورفوجيني في ضوء نظرية الكم مما يتيح للمصمم أبعاداً تشكيلية جديدة ذات طابع خاص وخاصة مع الاستعانة ببرامج الكمبيوتر المتخصصة، كما في الشكل (٤).

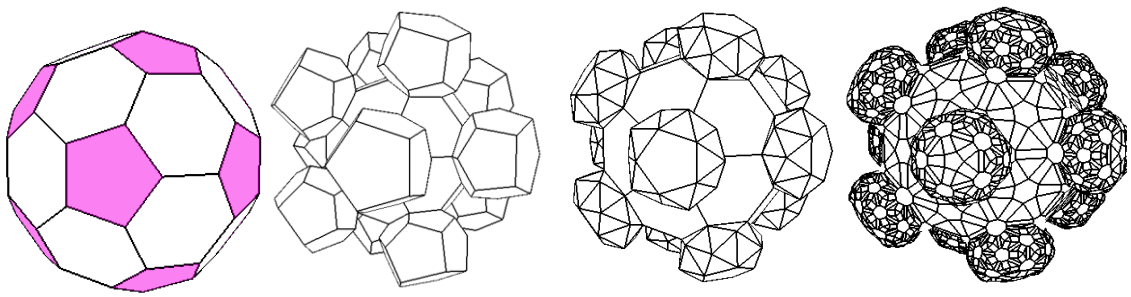


شكل (٤) لأعمال فنيه منفذة بالحاسب الالي يظهر بها مراحل التحول المورفوجيني في الشكل والحركة في الابعاد الفراغية الخاضع للشبكة الكمية .[٤]

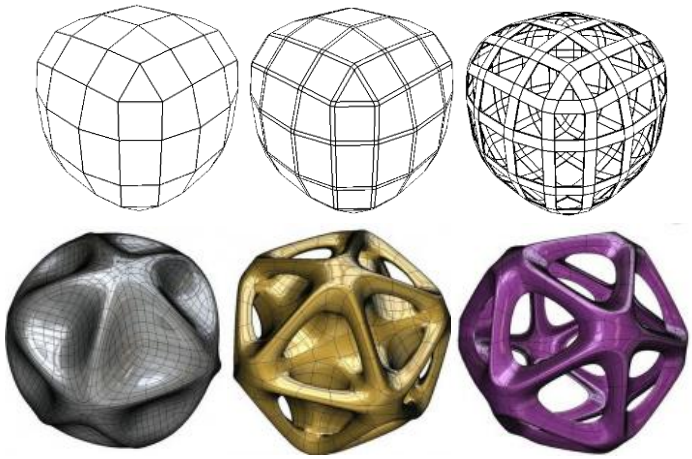
النظام الطوبولوجي ونظرية الكم:

الطوبولوجيا هي علم الفضاء او علم المكان، وهي كلمة يونانية تتكون من مقطعين (Topo) وتعني المكان، (Logos) وتعني دراسة المجموعات المتغيرة، فالنظام الطوبولوجي هو نظام يهتم بدراسة الخصائص المكانية وفق التحولات المستمرة (الشد للخارج او الداخل) وهذه المتغيرات يطلق عليها المتغيرات الطوبولوجية التي تتنقل من فضاء الي أخر خاضعة للتشكيل والتحول في البنية الخارجة وبالتالي تتحول من بعد لأخر، وهو نظام يُمثل بالنماذج الطوبولوجية الثلاثية الابعاد وما تخضع له من متغيرات ينتج عنها أشكالا متغيرة باستمرار.[٤]

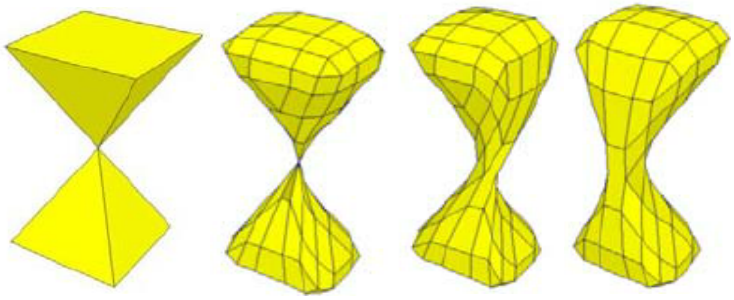
وهذه المتغيرات هي مجموعة من العمليات مثل الاختراق المط، الانبثاق، الالتصاق، الافراد التي تؤدي بدورها التي تحولات في البنية الخارجية للشكل أثناء حدوث طاقة حركية، ولتوضيح ذلك في شكل(٥)



شكل(٥-أ) مراحل التحول بعملية الانبثاق نتيجه التعرض لطاقة ضاغطة الي الخارج.



شكل(٥-ب) مراحل التحول بعملية الاختراق نتيجه التعرض لطاقة ضاغطة الي الداخل.



شكل(٥-جـ) مراحل التحول بعملية الدمج.[١٠]

النماذج التوضيحية منفذة ببرنامج TOPMOD

الرغوة الكمية(Quantum Foam):

تنشأ من التقلب في زمان الفضاء الكمي مكوناً كتلاً من الفقاعات الصغيرة ذات المظهر الرغوي تتبع النظام الطوبولوجي، وهذه الفقاعات تربط بينها أنفاق تتشكل وتتحور وتنغلق بإستمرار معطية صورة تفصيلية لطبيعة الزمان والمكان المكون من مجموعة من العناصر المنفصلة المتحركة علي هيئة وحدات مرنة تنبثق من أرضية الشبكة الكونية ومن الممكن أنفصالها عن الشبكة الاصلية في الفراغ، مكونة شبكات مضربة ذات أنخفاضات وأرتفاعات تكونت بفعل الطاقة الحركية للعناصر المنبثقة والمنفصلة في الفراغ والتي منن الممكن الاستفادة منها في الحصول علي تشكيلات فنيه متعددة وفقا للأسس والقوانين العلمية للبنية الهندسية للرغوات الكمية.

الرغوة الدوارة (Spin Foam)

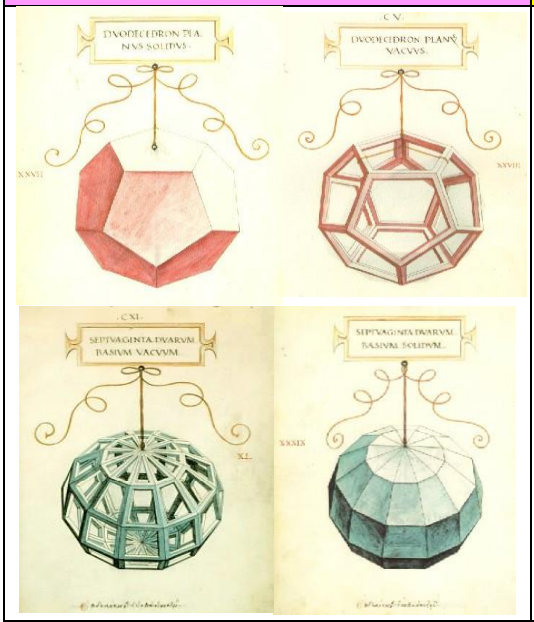
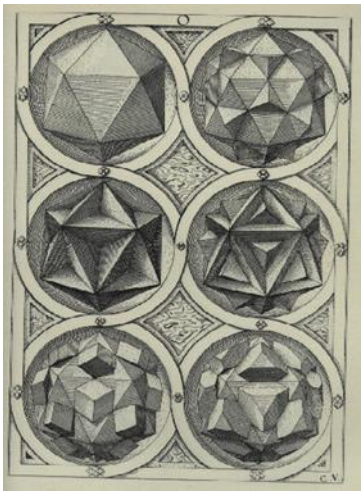
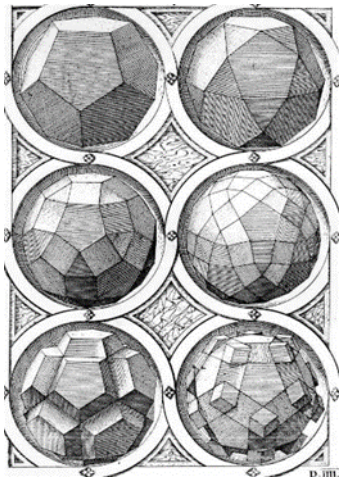
تصف بشكل مفصل الزمكان والبنية الذرية للفضاء؛ وهي عبارة عن بنية طوبولوجية تصف الفراغ الكمي من خلال الزمكان في التعدد البعدي، وتستند علي ترتيب العناصر في الفراغ داخل منظومة تسمي الشبكة الدوارة وهي شبكة متحركة تتحرك حركة دورانية في الفراغ الكمي.

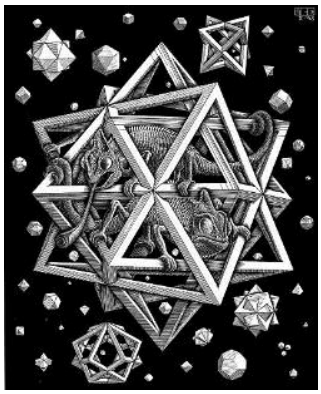
الجاذبية الكمومية الحلقية (Annular Quantum Theory)

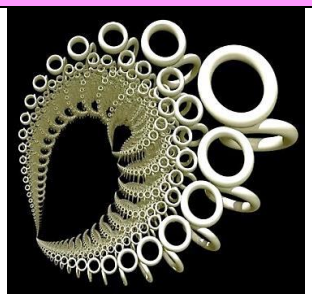
تصف البنية الذرية للفضاء بطريقة رياضية تقوم علي إفتراض أن الفضاء مكون من ذرات فضاء صغيرة الحجم يطلق عليها حبيبا؛ فالكون مكون من حبيبات داخل فضاء حبيبي محدد الزمان والمكان والمساحة والحجم ، وتستخدم شبكات دقيقة لتشكيل الفضاء الكوني الممتد، وتتحرك الحبيبات مكونة حلقة مغلقة من الممكن إنقسامها الي حلقتين أو أكثر ، وبالعكس أيضا من الممكن جمع حلقتين أو اكثر في حلقة واحدة في زمكان تتجمع فيه الحلقات وتنفصل.[١٢]

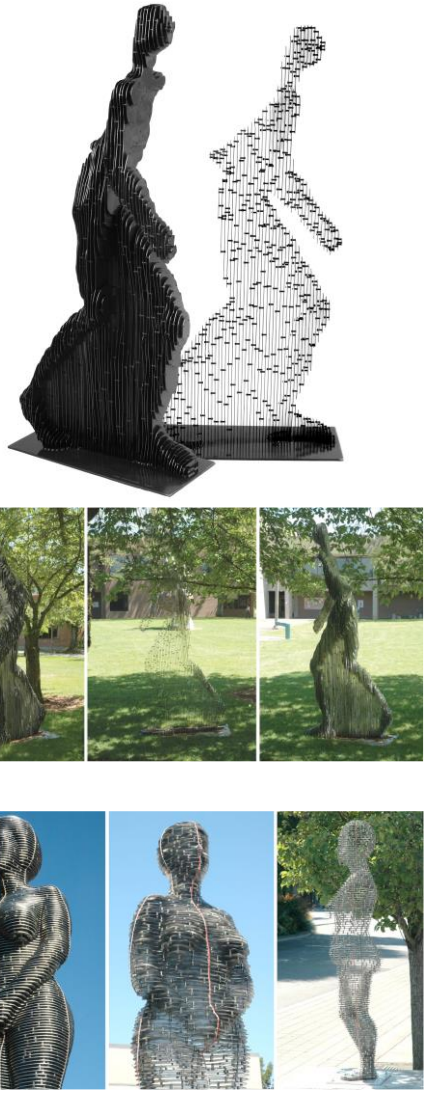
فمع التطور التكنولوجي وتنوع برامج الحاسب الالي التي تتيح أفاقاً جديدة للفكر الإبداعي في مجال التصميم وفي الكثير من المجالات التعليمية والرياضية التي تفسر النظريات الحديثة كنظرية الكم والنظم البنائية لها والتي بدورها تؤدي تلك النظريات التي يستحيل تنفيذها بنفس كفاءة التقنيات الفنية التقليدية ومن أهم البرامج الجرافيكية التي تستخدم في الاشكال الكمية ات البنية الطوبولوجية هو برنامج (**TOPMOD**) وهو أختصار ل(**Topological Mesh Modeling**) والمنفذ به شكل رقم (٥)والذي يمكن أستخدامه في بناء العديد من النماذج المجسمة والمكونة من أضلاع وزوايا والتي بمجرد تحريكها تعطي لنا العديد من البدائل التشكيلية المختلفة، وهذا التحول الشكلي ببرامج الحاسب يتبع النظام الكمي المتمثل في تحول البنية الشبكية نع تحقيق فكرة الحركة والمرونة من خلال حدث زمني يتم ملاحظته بالعمليات الحيوية الطبيعية التي تؤدي للتغير؛ فبالمكانيات الحديثة امكن الحصول علي متغيرات متناهية وتجمع بين التحول في كلا من الزمان والمكان من خلال الفن الرقمي.

لذلك فإن ما تقرة النظم الطبيعية والرياضية من قوانين ونظم ونظريات كنظرية الكم لها أثر كبير في التأثير علي خيال المصمم وتمكنه من إبداع عدد لا نهائي من الاعمال الفنية ذات الفكر الحديث والخارج عن المألوف والمواكب للعصر وهناك العديد من الفناين الذين تأثروا بنظريه الكم في أعمالهم الفنية المختلفة من نحت، تصوير جرافيكي، وسوف نستعرض بعض منهم في جدول رقم (١).

جدول رقم (١) تطبيق نظرية الكم في الفنون المختلفة			
التحليل الكمي للعمل الفني	الشكل	التقنيات التحليلية	العمل الفني
يظهر التحول الكمي للكرة متعددة الأوجه ذات النظام الطوبولوجي والتفريغ الداخلي لها بعملية الاختراق، نتيجة التعرض لطاقة ضاغطة للداخل.	الشكل الهندسي متعدد الأوجه المجسم	أحد أعمال" ليوناردو دافنشي" لرسوم توضيحية لمجسمات متعددة الاوجه من كتاب" Luca Pacioli's"-عام ١٥٠٩-هذه هي الرسوم التوضيحية الأولى للمجسمات متعددة الاوجه يظهر بها الإحساس بالعمق لظهور الاضلاع الخلفية للمجسم وتوحي بالتجسيم على عكس الرسومات الخطية البسيطة حيث قد يتم الخلط بين الأسطح الأمامية والخلفية بصريًا.(١٢)	
التحليل الكمي للعمل الفني	**الشكل**	**التقنيات التحليلية**	**العمل الفني**
يظهر التحول الكمي للمجسم متعدد الأوجه ذات النظام الموفوجيني القائم علي تغير الشكل الخارجي تبعا للتغير في البعد الفراغي لاتجاه الخطوط ومساحتها وابعادها. ويظهر النظام الطوبولوجي من خلال بروز الاسطح للخارج الناتج عن عملية الأنبثاق نتيجة التعرض لقوة ضاغطة.	الشكل الهندسي متعدد الأوجه المجسم	الفنان " Wentzel Jamnitzer" وهو من أكثر الفنانين اللذين تناولوا الاشكال متعددة الاسطح والذي يشبه أسلوبه أسلوب دافنشي لكنه رسم العديد من الأنماط التي يظهر بها التوازن المتماثل والتجسيم من خلال تعدد الأبعاد الفراغية في الاشكال المرسومه وهو ما تعتمده النظرية الكمية في تحول الاشكال المسطحه الي ثلاثية الأبعاد من خلال التغير في البعد الفراغي، ويظهر بها تغير الشكل الخارجي للاشكال المجسمة بعد تغير اتجاه الخطوط علي السطح وطوله والمسافة بين الخطوط، جاعلاً من كل مساحة مجسم اخر منبثق منه ويعطي بدائل مختلفه البنية الخارجية لنفس الشكل الأساسي ولكن تعرضها لمؤثرات خارجية جعل لكل منها طابع شكلي خاص ومختلف عن الاخر مما جعل منه مدخلا من البني التشكيلية التي تعتمد عليها نظرية الكم.(١٢)	 

يظهر التحول الكمي للمجسم متعدد الأوجه ذو النظام الطوبولوجي والتفريغ الداخلي له بعملية الاختراق، نتيجة التعرض لطاقة ضاغطة للداخل.	الشكل الهندسي متعدد الأوجه المجسم	لوحة للفنان أيشر تحت عنوان "Escher's Stars" ويظهر بها العديد من المجسمات المختلفة الاحجام والأشكال والمتعددة الأوجه، ويظهر التباين في شكل كل مجسم تبعا للتغيرات البنائية الكمية التي خضع لها والتي أثرت في الشكل الخارجي.(١٤)	
التحليل الكمي للعمل الفني	الشكل	التقنيات التحليلية	العمل الفني
يظهر التحول الكمي للكرة متعددة الأوجه ذات النظام الطوبولوجي والتفريغ الداخلي لها بعملية الاختراق، نتيجة التعرض لطاقة ضاغطة للداخل.	الشكل الهندسي متعدد الأوجه المجسم	أربع لوحات إنتارسيا* من تصميم الفنان "Fra Giovanni da Verona"، تم بناؤها حوالي عام ١٥٢٠. الزوج الأول في دير Monte Olivetto Maggiore (بالقرب من Siena) والثاني من كنيسة Santa Maria في Organo، فيرونا، وتعتمد البني التشكيلية للكم وتحول الشكل من مسطح الي مجسم من خلال الاختراق للاسطح واختلاق ابعاد فراغية بين أوجه الشكل. (١٩)	
يظهر النظام الطوبولوجي من خلال بروز الاسطح للخارج الناتج عن عملية الأنبثاق نتيجة التعرض لقوة ضاغطة.	الشكل الهندسي متعدد الأوجه المجسم	ترصيع رخامي للفنان (Paolo Uccello's) يقع في أرضية بازيليك القديس مرقس في البندقية. (١٦)	

يظهر التحول الكمي للمجسم متعدد الأوجه ذات النظام الموفوجيني القائم علي تغير الشكل الخارجي تبعا للتغير في البعد الفراغي لاتجاه الخطوط ومساحتها وابعادها.	الشكل الهندسي متعدد الأوجه المجسم	أحجار منحوتة من العصر الحجري الحديث في اسكتلندا يبلغ قطرها حوالي ثلاث بوصات، تعود إلى حوالي ٢٠٠٠ قبل الميلاد، بعضها محفور بخطوط تتوافق مع حواف المجسمات المتعددة السطوح المنتظمة. (١٢)	
التحليل الكمي للعمل الفني	الشكل	التقنيات التحليلية	العمل الفني
الرغوة الكمية	أكوان فقاعية Pupple) Universe (	عمل للفنان (Betlev Van (Ravenswaay تصور للرغوة الكمية من خلال نشوء أجسام إفتراضية علي هيئة كيانات هندسية ثلاثية الأبعاد تتحرك في الفضاء ؛ مما جعل الفضاء له طابع رغوي.(١٣)	
التحليل الكمي للعمل الفني	الشكل	التقنيات التحليلية	العمل الفني
شبكة من الحلقات ذات ترتيب يخضع لشبكة متحركة دوارة في الفراغ.	الرغوة الدوارة	عمل للفنان (Manny (Lorenoz, يظهر به تصور للرغوة الدوارة يظهر بها الإيقاع المتناغم والحركة الديناميكية، وتعدد المركزية يوحي بالعمق الفراغي والأستمرارية.(١٤)	
التحليل الكمي للعمل الفني	الشكل	التقنيات التحليلية	العمل الفني
تظهر الجاذبية الكمومية الحلقية من خلال مجموعة من الحلقات المتشابكة والمرنة والمرتبطة مع بعضها البعض في نسيج شبكي كأساس بنائي تشكيلي تقوم عليه الاعمال الفنية.	الجاذبية الكمومية الحلقية	أعمال الفنان الارجنتيني (Norberto Conti) من طبيعة الجاذبية الحلقية كمصدر للإستلهام في أعماله الفنية، فجاءت لوحاته على هيئة أشكال متراكبة ومتداخله تظهر في شكل حلقات مُتشابكة يتخللها الفراغ في فضاء ثلاثي الأبعاد فيظهر بالعمل الإحساس بالتجسيم والعمق الفراغي.(٢)	 **Portrait of Bobby Fisher,2008.** **A Walk Quantum Park. 2008**

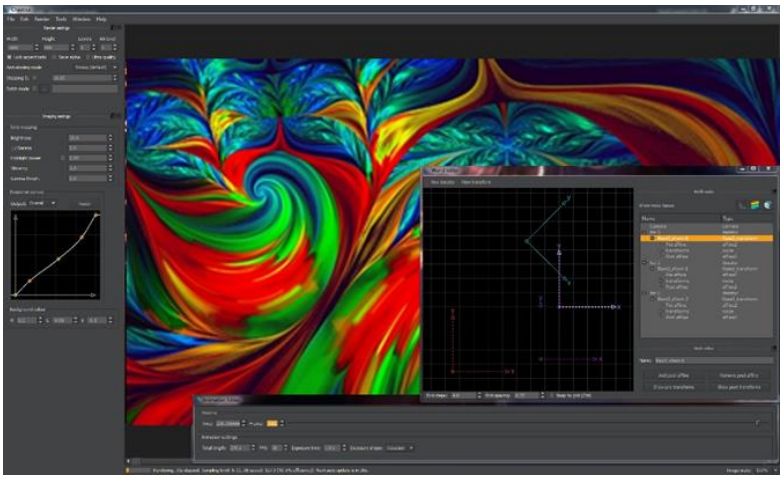
التحليل الكمي للعمل الفني	الشكل	التقنيات التحليلية	العمل الفني
النظام المورفوجيني القائم علي البني الهندسية من خلال عمليات تطور والأنظمة المتوالدة المختلفة الاشكال والابعاد للوصول الي شكل من التنظيم من خلال انتاج نظم بنائية هندسية ورياضية تغير من الشكل الخارجي بإختلاف إتجاه الرؤية مما يعطي الاحساس بالحركة تأثراً بالتصميم المورفوجيني .	تمثال مجسم لشكل أدمي لرجل وإمرأة تابع لأسس النظرية الكمية في التصميم.	تمثال الرجل الكمي، المرأة الكمية للعالم الفيزيائي "جوليان فوس أندريا"-٢٠٠٧م.- الذي حول مفاهيم نظرية الكم إلى أعمال فنية تسهل فهم النظرية المعقدة، أعتمد في تكوينه علي العديد من الألواح الفولاذية المتوازية الموجهة رأسياً مع تباعد ثابت، تتصل الألواح بقطع قصيرة من الفولاذ. تثير هذه الوصلات غير المنتظمة بين الشرائح المتباعدة بانتظام ارتباطات ذات مظهر عشوائي، عند الاقتراب من الأمام أو الخلف، يبدو التمثال مصمت من فولاذ صلب، ولكن عند رؤيته من الجانب يختفي بصريًا بشكل شبه كامل. يقدم هذا التأثير البصري الرائع استعارة لازدواجية العلاقة بين الموجة والجسيم بمعني ان التمثال يتكون من شرائح متوازية من الفولاذ حيث يتحول ملمس الجسيمات عند رؤيته من الأمام يظهر بشكل مصمت مرئي بالكامل بينما عند الرؤية من الجانب يظهر غير مرئي يشبه الموجة . [٢١]	
التحليل الكمي للعمل الفني	**الشكل**	**التقنيات التحليلية**	**العمل الفني**
يظهر التحول الكمي للمجسم متعدد الأوجه ذات النظام الموفوجيني القائم علي تغير الشكل الخارجي تبعا للتغير في البعد الفراغي لاتجاه الخطوط ومساحتها وابعادها.	بعض الأزياء المستوحاة من فيزياء الكم.	يظهر علي الأزياء التجسيم من خلال تعدد الأبعاد الفراغية وهو ما تعتمده النظرية الكمية في تحول الاشكال المسطحه الي ثلاثية الأبعاد من خلال التغير في البعد الفراغي، ويظهر بها تغير الشكل الخارجي للملابس لتبدو ثلاثية الابعاد بعد تغير اتجاه الخطوط علي السطح وطوله والمسافة بين الخطوط، جاعلاً من كل مساحة بدائل مختلفه البنية الخارجية لنفس الشكل الأساسي ولكن تعرضها لمؤثرات خارجية جعل لكل منها	

ويظهر النظام الطوبولوجي من خلال بروز الاسطح للخارج الناتج عن عملية الأنبثاق نتيجة التعرض لقوة ضاغطة.		طابع شكلي خاص ومختلف عن الاخر مما جعل منه مدخلا من البني التشكيلية التي تعتمد علي نظرية الكم.([٢])	

تصميم طباعة المنسوجات و التخطيط الكمي

إن تصميم طباعة المنسوجات و التخطيط الكمي لا يمكن فصلهما عن بعضهما البعض، فكلا منهما مرتبط بالآخر، فلا يمكن تصميم معلق طباعي ذو طراز كمي دون النظر لنسقه التخطيطي و أبعاده الفراغية والاتصال المرئي للمتلقي، وتتحقق النظرية الكمية في المسطح الطباعي من خلال إمكانية الحصول علي العديد من الأفكار التصميمية النابعة من تصميم واحد وأختلاف كل تجربة عن الأخرى بإختلاف العوامل المؤثرة علي العناصر التشكيلية المكون منها التصميم وتحقيق تغيرات التحول للاشكال في التصميم مع تغير الوضع والمكان للشكل بناء علي نظرية الكم وبالتالي التغير في الفراغ المحيط، مما يضفي التنوع علي العناصرالتشكيلية والاحساس بالتنوع والديناميكية وأضفاء طابع مورفوجيني خاص له دور في تشكيل طاقة وبنية الأنظمة التي يعتمد عليها التصميم وتغيراتها المؤثرة علي التحول لعناصر التصميم في ضوء أسس نظرية الكم معطيا نتائج تصميمية لا نهائية، وسوف يتم تناول العديد من الافكر التصميمية التي تصلح لاقمشة المعلقات النسجية المطبوعه وتأثير التغيرات الكمية في الحصول علي تصميمات متنوعة تكشف عن بني التحول المستلهمة من نظرية الكم في المسطح الفني من خلال عناصر العمل الفني التشكيلية وبنيته الانشائية والجمالية.

وسوف تنقسم التصميمات المتأثرة بنظرية الكم والمنفذة ببرامج الحاسب الخاصة الداعمة لتلك النظرية مثل برنامج(Chaotica)-شكل (٦)- المعتمد علي التأثير المورفوجيني للحصول علي العديد من البدائل التصميمية من خلال التغير في البعد الفراغي من خلال تغير النقاط والمحاور، تمكنت الدارسة من عمل ٦ تصميمات لكل تصميم عدد ٥ من البدائل التصميمية التابعة له، وتم عمل عدد ٢ تصميم معتمد علي الرغوة الكمية، وعدد ٢ تصميم معتمد علي الجاذبية الكمومية الحلقية.

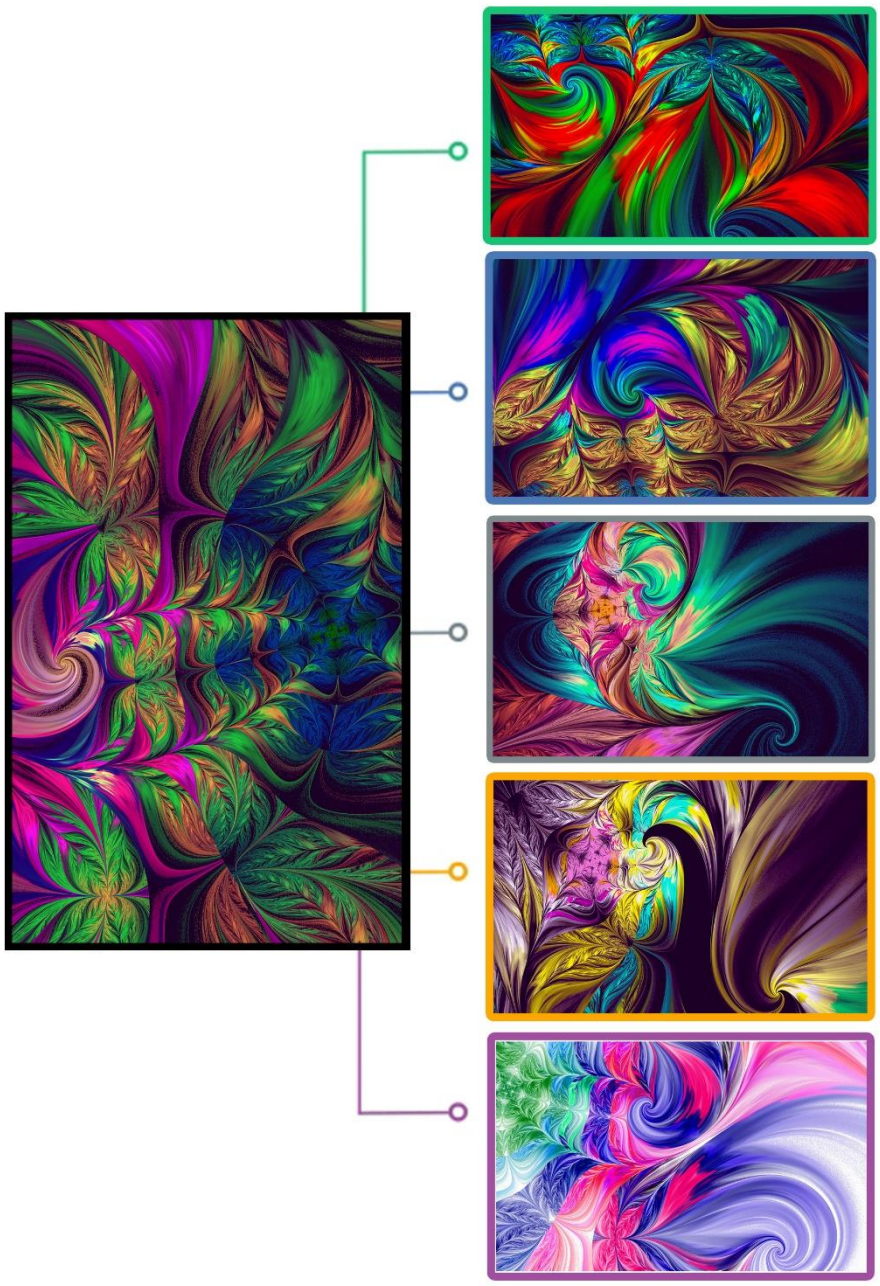


شكل(٦) لبرنامج (Chaotica) الذي أستخدمته الدارسة في عمل التصميمات ويظهر به المحاور والنقاط الفراغية المتكون منها التصميم، ووالتي بدورها عند تغير قيمها نحصل علي العديد من البدائل التصميمية.

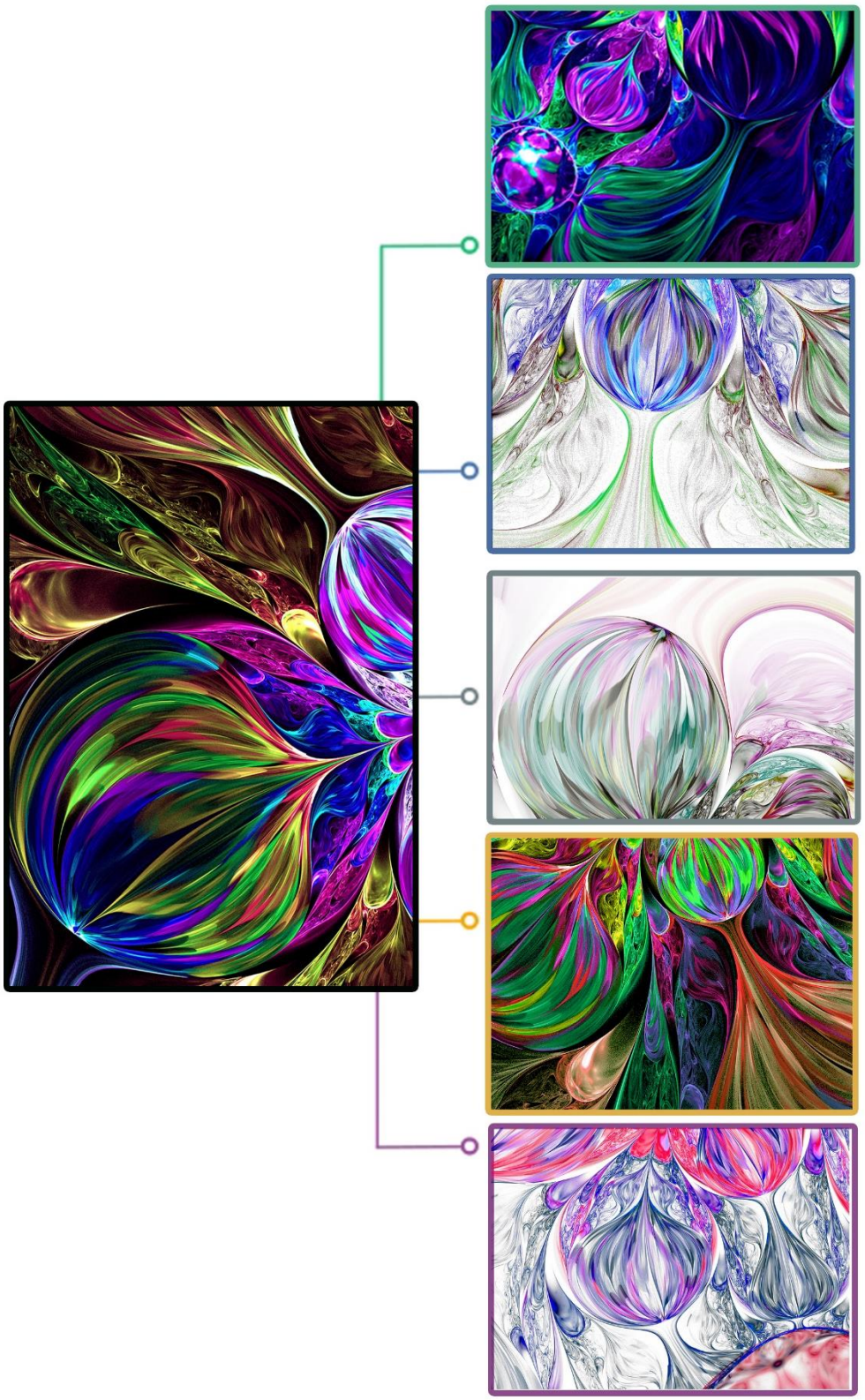
أولا: تصميمات تعتمد علي التأثير المورفوجيني التابع لنظرية الكم

أعتمد النظام البنائي لتلك التصميمات علي تتبع الشكل الخارجي للمفردات التشكيلية المكون منها التصميم والأنتقال من البناء التصميمي الأساسي الي مجموعة من البني التصميمية المتنوعة ينشأ عنها تشكيلات بصرية متعددة التقسيمات الداخلية ويظهر بها تأثير التغيير في الابعاد والاتجاهات والمسافة بين الخطوط علي الشكل ككل مما يعطي الاحساس بالحركة مُنتجة مستويات من الأنماط التشكيلية في الفراغ والقابلة للتحول الي العديد من المتغيرات في التصميم المورفوجيني في ضوء نظرية الكم مما يتيح أبعاداً تشكيلية جديدة ذات طابع خاص وخاصة مع الاستعانة ببرامج الكمبيوتر المتخصصة*

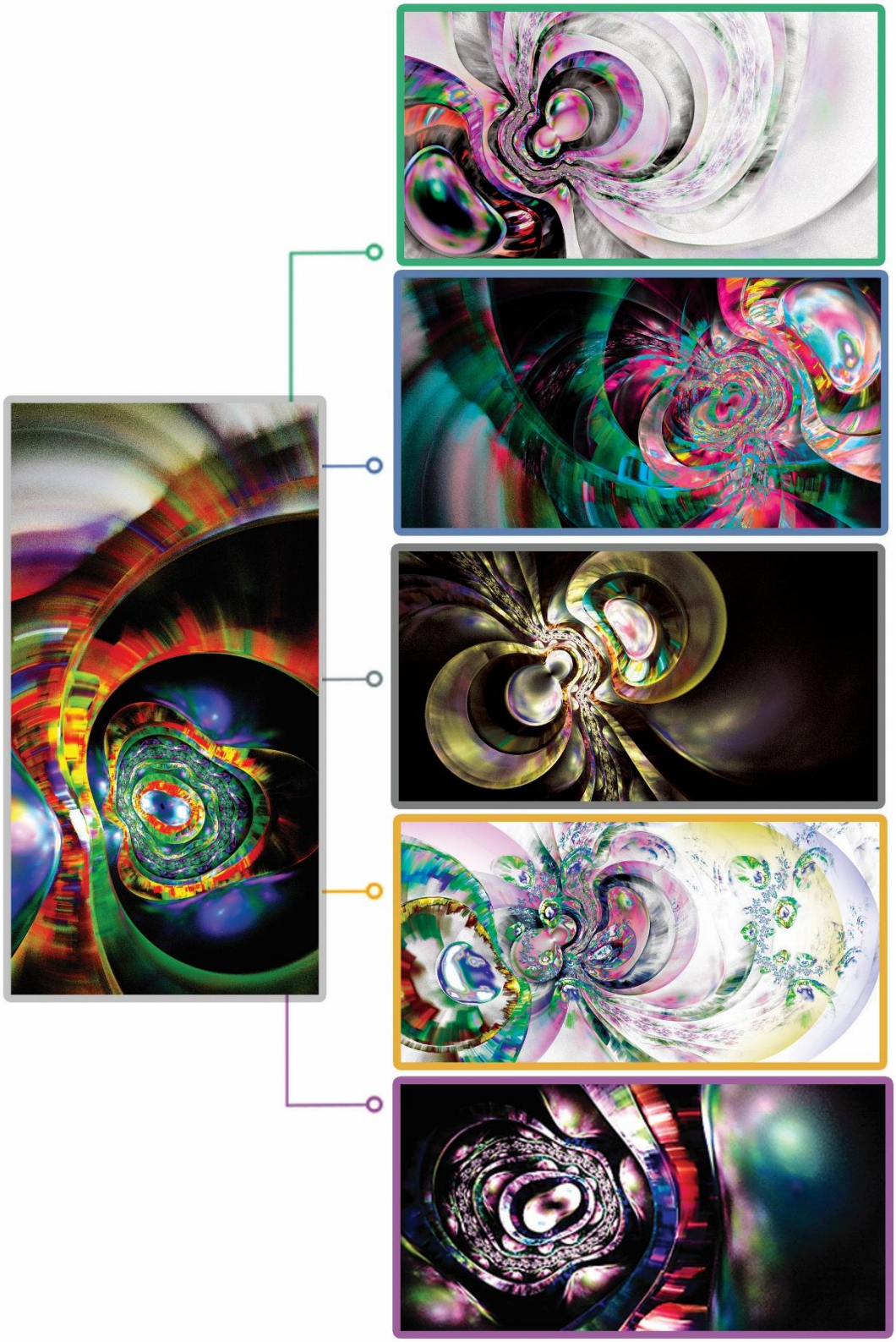
تصميم (١) مع خمس بدائل تصميمية لنفس التصميم:



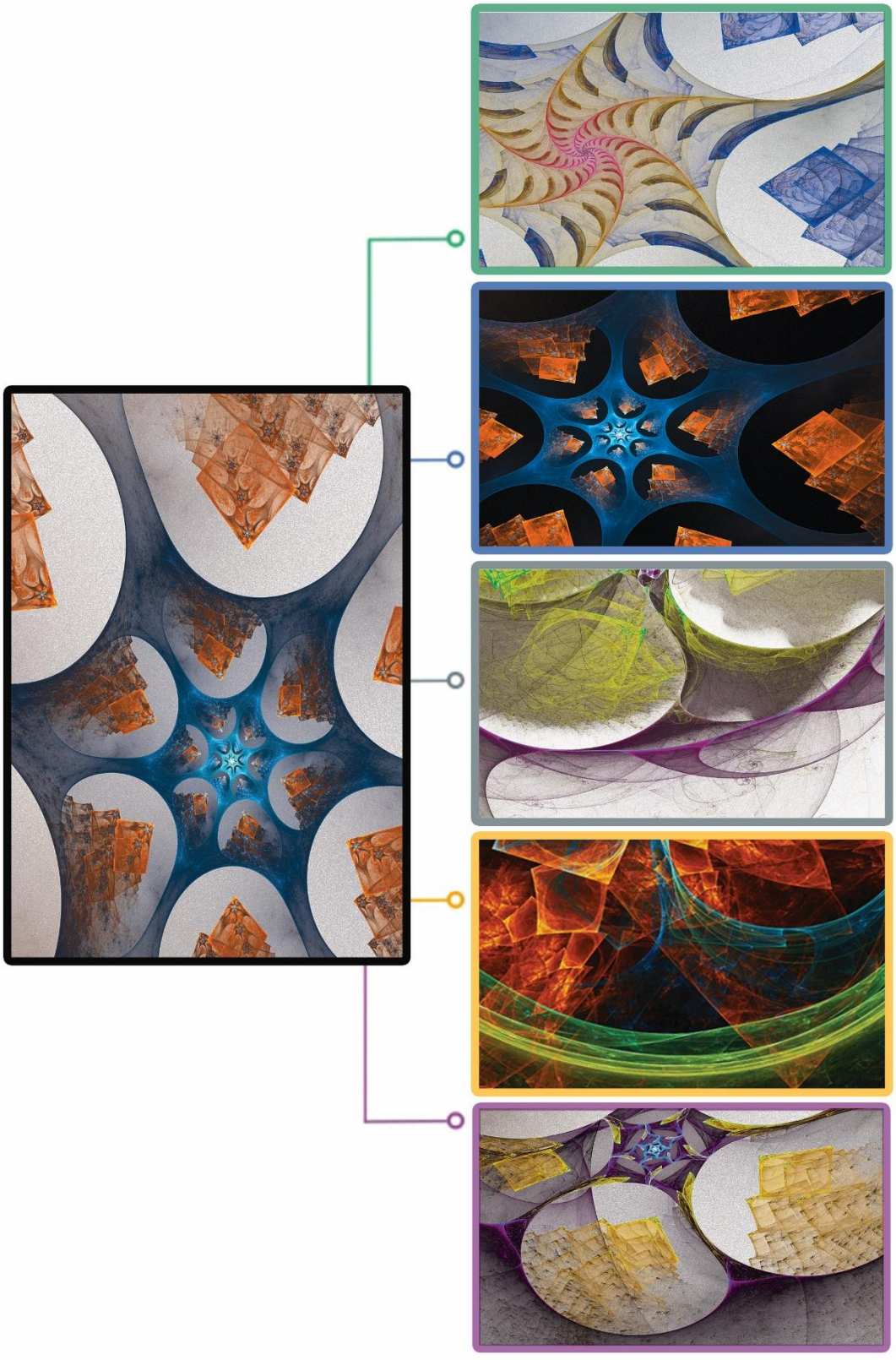
تصميم (٢) مع خمس بدائل تصميمية لنفس التصميم:



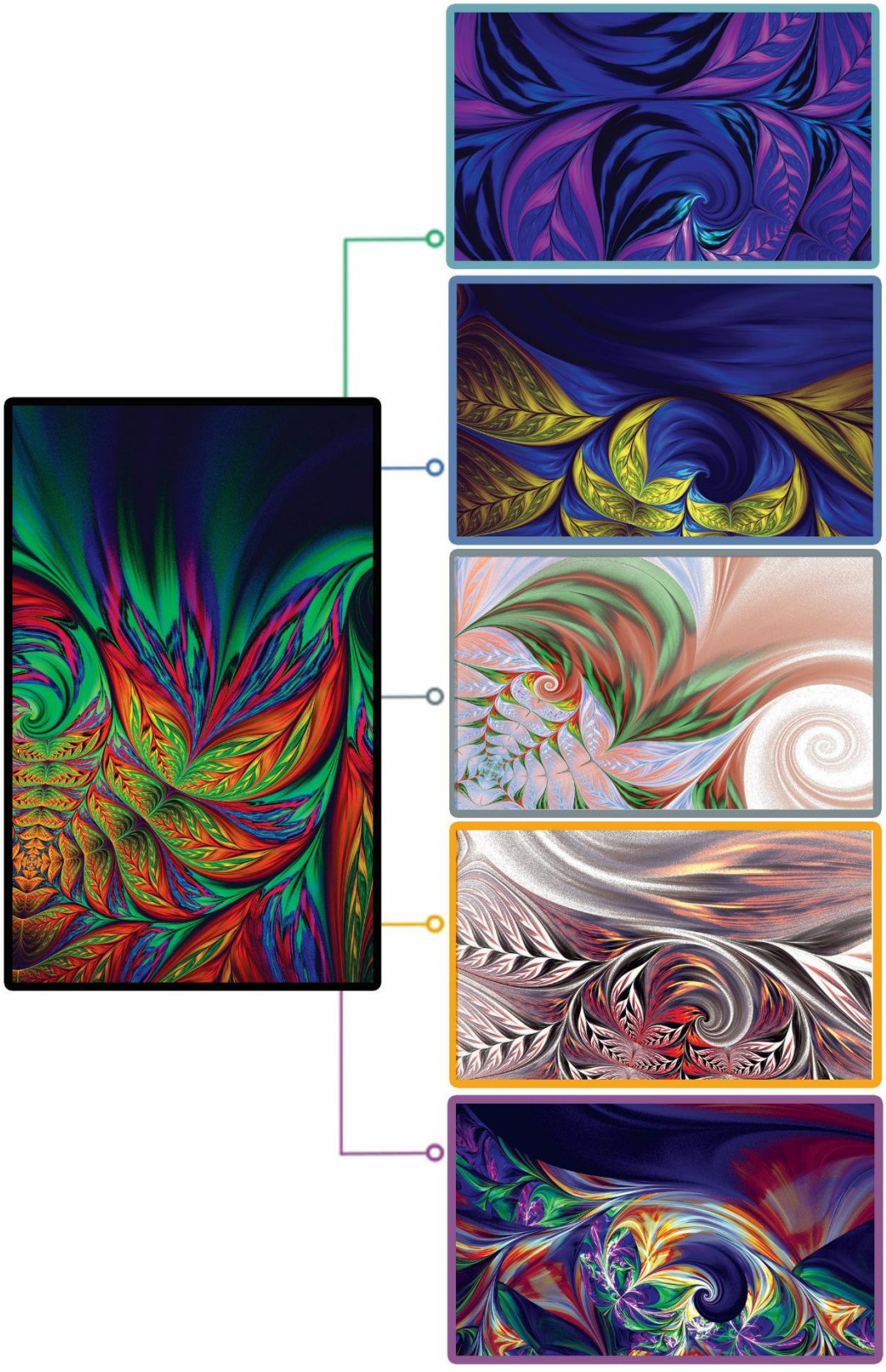
تصميم (٣) مع خمس بدائل تصميمية لنفس التصميم:



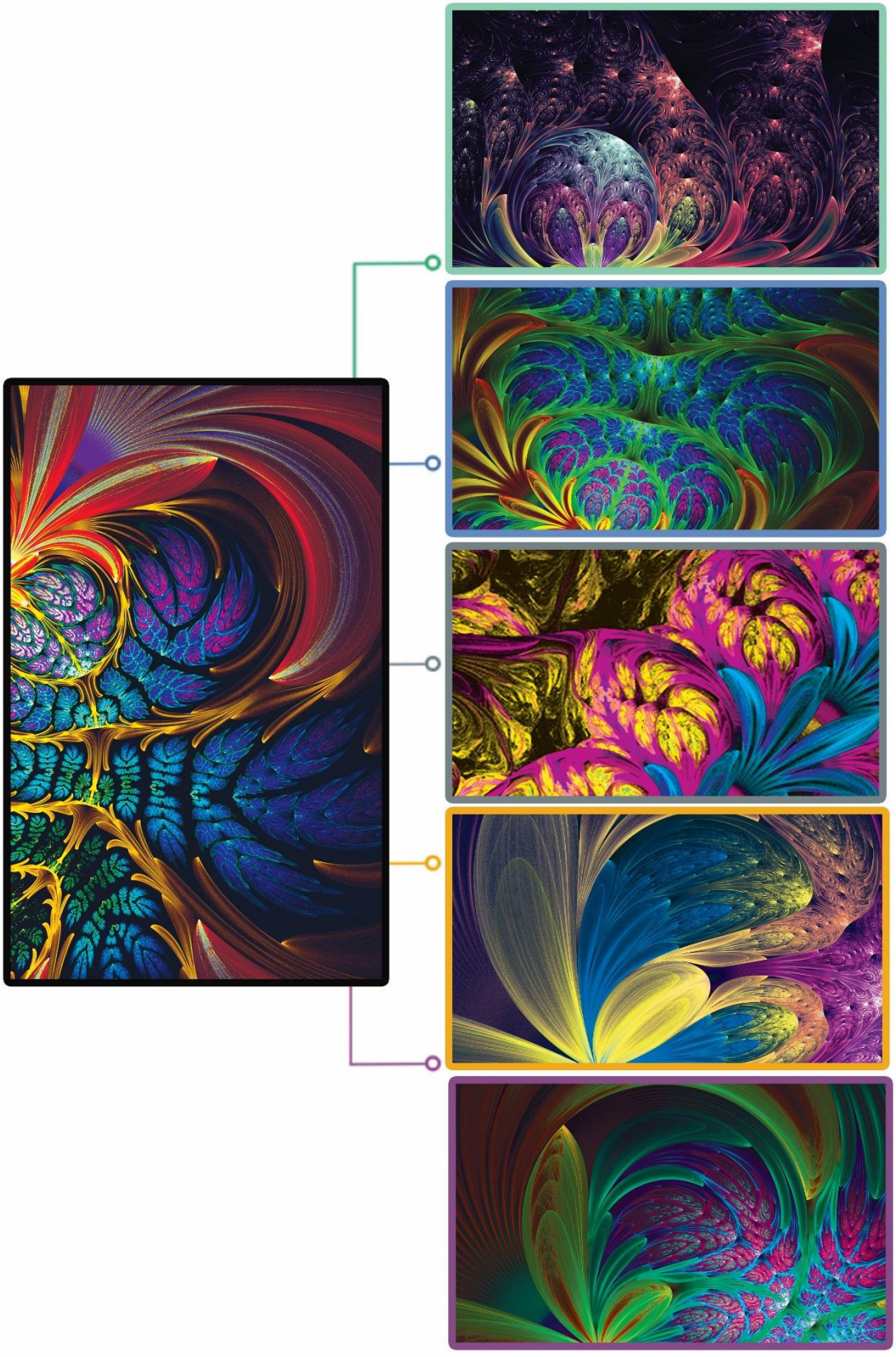
تصميم (4) مع خمس بدائل تصميمية لنفس التصميم:



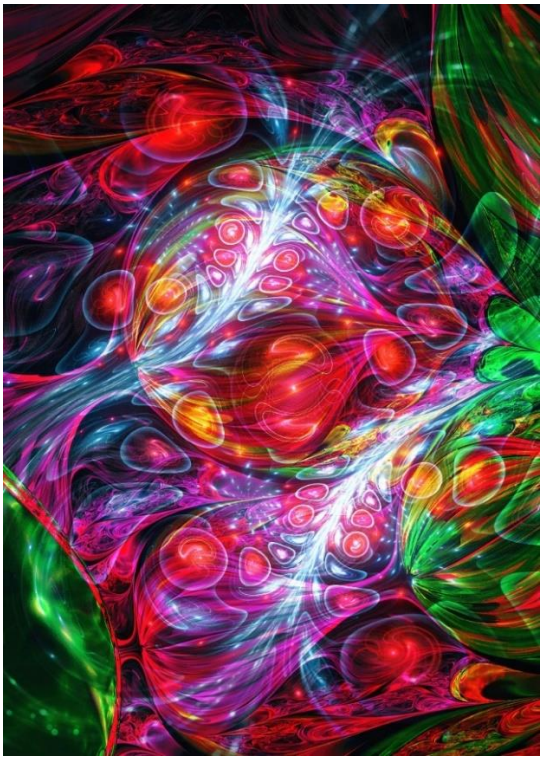
تصميم (5) مع خمس بدائل تصميمية لنفس التصميم:



تصميم (6) مع خمس بدائل تصميمية لنفس التصميم:



ثانياً: تصميمات تعتمد علي الرغوة الكمية



أستمدت التصميمات بنائها التصميمي من تطبيق الرغوة الكمية، كأساس للتصميم من خلال عمل العديد من الرغوات الكمية الدائرية المتدفقة بشكل انسيابي يوحي بالاستمرارية والمنبثقة من الفضاء الكمي باحجام مختلفة توحي بالتنوع والايقاع

ثالثاً: تصميمات تعتمد علي الجاذبية الكمومية الحلقية

أستمدت التصميمات بنائها التصميمي من تطبيق الجاذبية الكمومية الحلقية ، كأساس للتصميم من خلال عمل العديد من الحلقات الكمومية علي شكل مجموعة من الحلقات المتقاطعة والمتحركة باحجام مختلفة متوالدة في الفضاء التصميمي بشكل انسيابي يوحي بالاتزان وتضافرها مع بعضها البعض يحقق الإيقاع المتناغم للتصميم

النتائج:

- النظريات الحديثة تثري التصميمات الطباعية بإعتبارها مدخل إبداعي جديد لتصميم طباعة المنسوجات.
- طاقة الكم تحدث حركة ينتج عنها تغير في البنية الشكلية مما يؤدي الي إيجاد العديد من الحلول والبدائل التصميمية.
- تتفق نتائج التجارب التصميمية (عددها عشر (١٠) تجارب تصميمية لأقمشة المعلقات، مكونة من ٦ تصميمات كل تصميم منهم له خمس بدائل تصميمة معتمدا على التأثير المورفوجيني التابع لنظرية الكم ن وعدد ٢ تصميم معتمد على الرغوة الكمية، وعدد ٢ تصميم معتمد على الجاذبية الكمومية الحلقية) للبحث مع أهدافه مما يقدم فكرا مبتكراً.

- الاستعانة ببرامج الحاسب المتخصصة والداعمة للنظرية الكمية في الحصول على تصميمات مبتكرة تحمل طابع خاص ومميز للمعلقات النسجية المطبوعة.
- الربط بين النظريات العلمية ومهارات المعرفة العلمية ذات الصلة تعمل علي تنمية المهارات العقلية والادراكية والتجريبية لمصمم طباعة المنسوجات.

التوصيات :

يوصي الباحث بما يلي:

- التوجه بالمزيد من الأبحاث في العلوم والنظريات الحديثة كنظرية الكم، بإعتبارها نظرية ذات إرتباط وثيق بالتصميم.
- الاهتمام بدراسة النظريات الكونية والعلمية واستخلاص منها النظم البنائية كأحد المداخل الهامة في إثراء التصميمات الطباعية بصفة عامة وأقمشة المعلقات بصفة خاصة.
- الاستفادة من التغيرات في النظم البنائية في نظرية الكم وتجريبها علي مجال تصميم طباعة المنسوجات للحصول علي العديد من البدائل التصميمية والتشكيلية الجديدة بشكل ينمي الفكر التصميمي المعاصر.
- الاهتمام ببرامج الحاسب الالي التي تخدم النظريات الحديثة والعمل علي توفيرها للاستفادة منها في مجال التصميم وللوصول للنتائج المرجوة.

المراجع:

أولاً: المراجع العربية:

- **الكتب المؤلفة:**

1. رولف رررايسر:"بين الفن والعلم"-ترجمة سلمان داوود الواسطي، دار المأمون للترجمة والنشر،١٩٨٦م.
Rulf rraysir:"bin alfanu waleilmu"-tarjimat salman dawuud alwasti, dar almamun liltarjamat walnashri,1986m.

2. ستيفن هوكنج: "الكون في قشرة جوز"-ترجمة مصطفي إبراهيم فهمي، عالم المعرفة، العدد ٢٩١، ٢٠٠٣م.
Stifin hukinji: "alkun fi qishrat juz"-tarjimat mustafay 'iibrahim fahmi, ealim almaerifati, aleadad 291, 2003m.

3. عبد الغني الشال:"مصطلحات في الفن والتربية في جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية، ١٩٨٤م.
Abd alghani alshaal:"mustalahat fi alfani waltarbiat fi jamieat almalik saeud, alriyad, alsueudiat, 1984m.

4. مدحت درويش:"عمارة الكم والفلسفة والتطبيق"، كلية الهندسة، جامعة بنها، ٢٠١٦م.
Mdahat darwish:"eimarat alkami walfalsafat waltatbiqi", kuliyat alhandasati, jamieat binha, 2016m.

ثانياً: البحوث العلمية والمقالات:

5. وسام حمدي كامل النوواوي: "صياغات تصميمية مستحدثة للحروف العربية في ضوء مشتقات النظرية الكمية وأثرها على تدريس التصميم"، (دراسة تجريبية)، بحوث في التربية الفنية والفنون، المجلد ٢١، العدد ١.
Wsam hamdi kamil alnuwwawy: "siaghat tasmimiat mustahdithat lilhuruf alearabiat fi daw' mushtaqaat alnazariat alkamiyat wa'athariha ealaa tadris altasmimi", (dirasat tajribiatin), buhuth fi altarbiat alfaniyat walfunun, almujalad 21, aleadad 1.

ثالثاً: الرسائل العلمية غير المنشورة:

6. سوزان محمد إبراهيم: "تغيرات بنية التحول في ضوء نظرية الكم كمصدر للتصميم ثلاثي الابعاد، رسالة دكتوراة (غير منشورة)، كلية التربية الفنية، ٢٠١٣م.

Suzan muhamad 'iibrahim: "taghayurat binyat altahawul fi daw' nazariat alkami kamasdar liltasmim thulathii alabeadi, risalat duktura (ghyr manshura), kuliyat altarbiat alfaniyati, 2013m.

7. محمود رشاد سامي محمد:"الاشكال المستحيلة في الفن الحديث كمدخل أثراء التعبير الفني في التصوير المعاصر": رسالة ماجستير(غير منشورة)، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان،٢٠٠٧م.

mahmud rashad sami muhamad:"alaishkal almustahilat fi alfani alhadith kamadkhal 'uthara' altaebir alfaniyi fi altaswir almueasiri": risalat majistir(ghir manshura), kuliyat altarbiat alfaniyati, jamieat hulwan,2007m.

رابعاً: المراجع الأجنبية:

8. Akleman Ergun:"Topological Mesh Modoling",Technical Report, Aug,2004.
9. DAVID VICTOR MORRIS:" A NEW GRAPHICAL USER INTERFACE FOR A 3D TOPOLOGICAL MESH MODELER", MASTER OF SCIENCE, Texas A&M University.2005.
10. Jonathan David Pfautz :"Depth Perception in Computer Graphics", Dissertation Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy,Trinity College University of Cambridge June 2000.
11. Julian Voss-Andreae:" Quantum Sculpture: Art Inspired by the Deeper Nature of Reality", Leonardo (Oxford, England: Online), April 2010.

خامساً: المواقع الالكترونية:

12. https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B2%D9%85%D9%83%D8%A7%D9%86
13. http://www.josleys.com/show_gallery.php?galid=236
14. http://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/leonardo.html
15. https://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/jamnitzer.html
16. https://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/escher.html
17. http://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/intarsia.html
18. https://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/uccello.html
19. https://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/neolithic.html
20. https://www.sciencephoto.com/search?search=&q=Bubble%20Universes&media_type=images
21. https://fineartamerica.com/featured/loop-quantum-gravity-manny-lorenzo.html?product=art-print
22. https://sites.google.com/site/caroluschess/famous-people/artists/noberto-conti?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1

---

(١) رولف رررايسر:"بين الفن والعلم"–ترجمة سلمان داوود الواسطي– دار المأمون للترجمة والنشر،١٩٨٦م.، ص ١٢–١٩.

(٢)ستيفن هوكنج: "الكون في قشرة جوز"–ترجمة مصطفي إبراهيم فهمي، عالم المعرفة، العدد ٢٩١، ٢٠٠٣م، ص٣٨.

* لاشكال المستحيلة :هي نوع من أنواع الخداع البصري التي يعتمد الفنان بها علي إبراز الاشكال من خلال تحديد لكل سطح بعدين أما البعد الثالث

لايتم توفيره بشكل واضح ويترك للعقل البشري تحديده ، وتظهر به الاشكال متغيرة الاتجاه وزوايا الحركة لأسطحها

(٣) محمود رشاد سامي محمد:"الاشكال المستحيلة في الفن الحديث كمدخل أثراء التعبير الفني في التصوير المعاصر": رسالة ماجستير(غير منشورة)، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان،٢٠٠٧، صـ١٠٦.

[4]) Jonathan David Pfautz :"Depth Perception in Computer Graphics", Dissertation Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy,Trinity College University of Cambridge June 2000,P.9

[٥]) سوزان محمد إبراهيم:"تغيرات بنية التحول في ضوء نظرية الكم كمصدر للتصميم ثلاثي الابعاد"، رسالة دكتوراة(غير منشورة)، كلية التربية الفنية، ٢٠١٣،ص ٢٦-٢٧.

[٦]) https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B2%D9%85%D9%83%D8%A7%D9%86

* التصميم الثلاثي الابعاد: يطلق علي الصورة التي توضح البعد الثالث من حيث المسافة والمنظور والظل والنور والتقديم والتقصير مما يجعل الصورة المسطحة تظهر بأبعاد مجسمة، عن عبد الغني الشال:"مصطلحات في الفن والتربية في جامعة الملك سعود"، الرياض، السعودية، ١٩٨٤م، ص ٢٦٨.

([٧])سوزان محمد غبراهيم حرارة:" تغيرات بنية التحول في ضوء نظرية الكم كمصدر للتصميم ثلالي الابعاد، رسالة دكتوراة (غير منشورة)، ٢٠١٣، ص١٢٥.

[8])http://www.josleys.com/show_gallery.php?galid=236

([9])Akleman Ergun:"Topological Mesh Modoling",Technical Report, Aug,2004,p.121.

[10]) DAVID VICTOR MORRIS:"A NEW GRAPHICAL USER INTERFACE FOR A 3D TOPOLOGICAL MESH MODELER", MASTER OF SCIENCE, Texas A&M University.2005,p 37-38.

([١])وسام حمدي كامل النواوي: صياغات تصميمية مستحدثة للحروف العربية في ضوء مشتقات النظرية الكمية وأثرها علي تدريس التصميم، (دراسة تجريبية)، بحوث في التربية الفنية والفنون، المجلد ٢١، العدد ١، ص ٧٩

([12])http://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/leonardo.html

[13]) https://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/jamnitzer.html

[14]) https://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/escher.html

* **انتارسيا** :هي الفسيفساء المصنوعة من قطع الخشب المطعمة وهو من الطرز الفنية التي وصلت إلى ذروتها في شمال إيطاليا في أواخر القرن الخامس عشر وأوائل القرن السادس عشر. العديد من الأمثلة البارزة لهذه الفترة تتميز الامجسمات متعددة الاسطح..

[15]) http://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/intarsia.html

[16]) https://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/uccello.html

[17]) https://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/neolithic.html

[18]) https://www.sciencephoto.com/search?search=&q=Bubble%20Universes&media_type=images

[19]) https://fineartamerica.com/featured/loop-quantum-gravity-manny-lorenzo.html?product=art-print

[20]) https://sites.google.com/site/caroluschess/famous-people/artists/noberto-conti?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1

[21]) Julian Voss-Andreae:" Quantum Sculpture: Art Inspired by the Deeper Nature of Reality", Leonardo (Oxford, England: Online), April 2010 .

([٢]) مدحت درويش: "عمارة الكم والفلسفة والتطبيق"، كلية الهندسة، جامعة بنها، ٢٠١٦م.ص ١٢.

* تم عمل هذه المجموعة التصميمية بأستخدام برنامج (Chaotica)