Journal of Curriculum and Teaching Methodology (JCTM) • Vol 2, Issue 3 (2023) • P: 75 - 54
https://journals.ajsrp.com/index.php/jctm
ISSN: 2790- 7333 (Online) • ISSN: 2790- 7325 (Print)

The Effectiveness of Program Based on Fractal Geometry in Developing Nanotechnology Concepts among Mathematics Students at Faculty of Education

Lecturer \ Ibtesam Mohammed Ahmed Al- Kamel*[1] , Prof. Radman Mohamed Saeed[1]
[1] Faculty of Education | Sana'a University | Republic Yemen

Received: 18/12/2022
Revised: 30/12/2022
Accepted: 22/01/2023
Published: 30/03/2023

* Corresponding author: islam4331@gmail.com

Citation: Al- Kamel, I. M., Saeed, R. M. (2023). The Effectiveness of Program Based on Fractal Geometry in Developing Nanotechnology Concepts among Mathematics Students at Faculty of Education. Journal of Curriculum and Teaching Methodology, 3(2),54 –75 https://doi.org/10.26389/AJSRP.K181222

2023 © AJSRP • National Research Center, Palestine, all rights reserved.

• **Open Access**

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY- NC) license

Abstract: This study aimed to know the effectiveness of a program based on fractal geometry in developing nanotechnology concepts among mathematics students at faculty of Education. The researchers used quasi- experimental approach with design of two groups (experimental and control group). The sample of this study consisted of (43) students, in the second level in Mathematics Department, at Faculty of Education, Sana'a University. They were distributed to the experimental group that consisted of (23) students and control group that consisted of (20) students. For data ware collecting by a built scale of nanotechnology concepts.The results of this study showed that there were statistically significant differences at the level of significance ($\alpha \leq 0.05$) in the scale of nanotechnology concepts as a whole and in students' knowledge of the concepts of nanomaterials and nanotechnology in favor of experimental group but there are no statistically significant differences in both students' knowledge of the concept and applications of nanotechnology. In the light of the results of the study, it is recommended to exploit the interests of students in the age of technology in the educational process by including modern concepts such as fractal geometry, nanotechnology, and others, to make them open to developments of the contemporary world.

Keywords: Fractal Geometry, Nanotechnology, Nanoscale and Nanomaterials.

فاعلية برنامج قائم على هندسة الفركتال في تنمية مفاهيم النانو تكنولوجي لدى طلبة الرياضيات بكلية التربية

المحاضرة / ابتسام محمد أحمد عبد الله الكامل*[1]، أ.د / ردمان محمد سعيد[1]
[1] كلية التربية | جامعة صنعاء | الجمهورية اليمنية

المستخلص: هدفت هذه الدراسة إلى معرفة فاعلية برنامج قائم على هندسة الفركتال في تنمية مفاهيم النانو تكنولوجي لدى طلبة الرياضيات بكلية التربية- صنعاء، حيث اتبع في هذه الدراسة المنهج شبه التجريبي ذي المجموعتين التجريبية والضابطة. وتكونت عينة الدراسة من (43) طالباً وطالبة في المستوى الثاني قسم الرياضيات بكلية التربية جامعة صنعاء، تم توزيعهم بطريقة عشوائية إلى مجموعتين: (23) طالباً وطالبة مجموعة تجريبية، و(20) طالباً وطالبة مجموعة ضابطة. ولجمع البيانات تم بناء مقياس مفاهيم النانو تكنولوجي، وأظهرت نتائج هذه الدراسة وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($0.05 \geq \alpha$) في مقياس مفاهيم النانو تكنولوجي ككل لصالح المجموعة التجريبية تعزى إلى البرنامج المستخدم، وكذلك وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) في معرفة الطلبة بمفاهيم المواد النانوية وتكنولوجيا النانو لصالح المجموعة التجريبية، وعدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية في كل من معرفة الطلبة بمفهوم ومقياس النانو ومعرفتهم بتطبيقات تكنولوجيا النانو. وفي ضوء نتائج الدراسة فإنه يُوصى باستغلال اهتمامات الطلبة في عصر التكنولوجيا في العملية التعليمية من خلال تضمين مفاهيم حديثة كهندسة الفركتال والنانو تكنولوجي وغيرها لتجعلهم منفتحين على معطيات العالم المعاصر ومستجداته.

الكلمات المفتاحية: هندسة الفركتال، النانو تكنولوجي، مقياس النانو، المواد النانوية.

المقدمة.

يُعد تأمل الطبيعة سبباً رئيساً للاختراعات التي كانت حلاً للعديد من المشاكل التي واجهها الإنسان على مر العصور، فالطبيعة وما تحويه من كائنات تعد الملهم الأول للتفكير، فبالنظر إلى ما تم اختراعه من آلات على مر العصور سنجد أن العديد من تلك الاختراعات لها نظير في الطبيعة، كما أن دراسة تلك الكائنات الحية، كالطيور، والحشرات، والكائنات الدقيقة، وغيرها بشكل أكثر تعمقاً نتج عنه تطور تلك الاختراعات وجعلها ذات مواصفات عالية الجودة.

ومن أهم العلوم القائمة على الطبيعة علم النانو، حيث تقوم الطبيعة باستخدام خواص الدقائق النانوية في إبداع تكوينات اللؤلؤ داخل المحارات، وألوان أجنحة الفراشات، ومصنع النانو الكامن في النباتات الخضراء الذي يسمى المصنع الأخضر. (الشيخ وموسى، 24 :2009)

ويُعرف النانو بشكله المبسط بأنه عبارة عن كلمة مشتقة من كلمة "نانوس" الإغريقية، وهي تعني "القزم" أو الشيء المتناهي في الصغر. (شحاته، 2011 11:). ومن وجهة النظر الرياضية والفيزيائية فإن النانو متر يساوي جزءاً واحداً من مليار جزء من المتر(0: 000000001)، أي أنه (10^{-9}) متر، والذي يعادل عشرة أضعاف وحدة القياس الذرية المعروفة بالأنجستروم (A°)، حيث إذا قسمنا المتر إلى مليار جزء متساوي في الطول فإن الجزء الواحد يساوي واحد نانو متر، وكذلك هناك النانو ثانية، والنانو جرام، والنانو مول، والنانو جول، ويستخدم النانومتر كوحدة قياس للجزيئات المتناهية الصغر. (دربلة وحمزة، 17 -16 :2016)

وتكنولوجيا النانو هي تكنولوجيا تعتمد على الجزيئات متناهية الصغر، ولها أهمية كبيرة في وقتنا الراهن نظراً للتطورات السريعة التي طرأت في مختلف دول العالم نتيجة للبحث والتقصي والابتكار والاختراعات في مختلف المجالات العلمية والتطبيقية في التقانة الحيوية، وتحتل تقنية النانو اليوم المجال الأكثر أهمية وإثارة في بعض المجالات، مثل: الفيزياء، والكيمياء، والأحياء، والهندسة، ومجالات عديدة أخرى. (شحاته، 7 :2011)

وأول مرة تم فيها وضع الأسس المفاهيمية للنانو تكنولوجي كان عام 1959م من قبل العالم الفيزيائي فاينمان (Richard Feynman) في محاضرته التي كانت بعنوان "هناك مُتسّع كافٍ في القاع"، وكشف فيها أنه يمكن معالجة المواد ذات القياس النانوي، كما توقع القدرة المتزايدة للكشف والسيطرة على المواد نانوية القياس. ولم يكن مصطلح النانو تكنولوجي متداولاً حتى عام 1974م، حيث قام الباحث نوريو تانيجوشي (Norio Taniguchi) في جامعة طوكيو بالإشارة إلى الخصائص الفائقة للمواد على مستوى النانو متر. (The Royal Society, 2004: 5)

وللنانو تكنولوجي أهمية كبيرة، فهو يتصدر قائمة الاهتمامات البحثية والعلمية في العديد من دول العالم، إذ قامت (52) دولة خلال السنوات العشر الماضية بتأسيس برنامج ووحدات بحثية وأكاديمية، ومعاهد بحوث، ومراكز ومعامل وصل عددها مع نهاية 2009 إلى (24500). كما يوضح (Hingant & Albey, 2010) المشار إليه في متولي (2016) أن التقدم في بحوث علم النانو تكنولوجيا تفرض علينا بذل الجهد لمقابلة هذه التطورات في مجال التربية، حيث يقع عليها العبء في تثقيف وتربية الأفراد في هذا المجال، ولكي تبلغ تكنولوجيا النانو أقصى قدراتها الكامنة، لتسهم في بناء المجتمعات الحديثة التي تحتاج للقوى العاملة المدربة في أبحاث النانو، وتطوير الصناعات المتصلة بها، ويتوقع البعض أن نكون في حاجة إلى حوالي ثلاثة مليون من القوى العاملة في تكنولوجيا النانو. وقد وجهت العديد من الدول المتقدمة الاهتمام إلى تضمين النانو تكنولوجي ضمن المناهج الدراسية، وتُعد الولايات المتحدة الأمريكية من أوائل الدول التي قامت بإعادة تشكيل المناهج الدراسية لتتضمن هذا المجال؛ وذلك لإعداد المتعلمين وتوجيههم مستقبلاً لوظائف مرتبطة بالعلوم والتكنولوجيا والهندسة، وللمساهمة في إعداد أجيال قادرة على بناء المجتمع. (P.114)

وتعد تكنولوجيا النانو مجالاً متعدد التخصصات في البحث والتطوير، والتكنولوجيا على مستوى مقياس النانو هي أمر في غاية الخطورة على مستوى الأمن وتعزيز جودة حياة الدولة والمجتمعات، حيث إنها القوة المحركة الأساسية القادرة على التغيير في المجتمع. وإن التطور السريع والمستمر لمجال تكنولوجيا النانو يسرع الحاجة إلى المعرفة والمهارات المتخصصة في المجال، وهنا يتأكد الدور الحيوي للعملية التعليمية على المستويات المدرسية والجامعية لتنمية تلك المعارف والمهارات. (الرفاعي، 35 -34 :2019)

ويشابه النانو تكنولوجي الذي يهتم بالبحث عن وحدات صغيرة تشابه أشياء كبيرة، مع بعض المفاهيم الرياضية، كالتوازي، والزوايا، والتشابه، وقوانين الأسس السالبة، واللوغاريتمات، والدوال، ويظهر ذلك أهمية الرياضيات التكنولوجية، والتأكيد على أن الرياضيات تصف الحياة في كل شيء كمجرى الأنهار، والسحب، والنباتات، وأشكال توزيع أجهزة جسم الإنسان، فالرياضيات لغة عالمية لوصف الحياة. (بدر، 677 :2019)

وترتبط طبيعة الهندسة بخصائص الواقع ومكوناته، فلها نماذج وأشكال مجسمة ندركها ونحس بها عند التعامل معها، وقد تكون هذه النماذج والأشكال مستوية أو ثلاثية الأبعاد، لذا فإن الهندسة ليست ثابتة ولكنها متغيرة ومتطورة تبعاً لاكتشافات الإنسان لمكونات الطبيعة وأنظمتها المختلفة، ويتطلب علم الهندسة الموجودة في علم الحقيقة دراسة هندسية حدسية وتحويلية واستدلالية، وأيضاً خصائص تبولوجية، والتعامل مع أنماط هندسية تتكون من إيقاعات تكرارية لوحدات هندسية صغيرة. (إبراهيم، 449 :2012).

وأدى تناغم الرياضيات مع الطبيعة إلى ظهور رياضيات حديثة، أو ما يسمى بالرياضيات المعاصرة هذه الرياضيات وليدة لنظريات حديثة في مجالات وأفرع التوبولوجي، ونمت بتقدم علوم الكمبيوتر وأساليبه في الرسوم والنمذجة، ومن هذه الرياضيات المعاصرة ما يعكس الفن الرياضي وأعاجيب الفكر الرياضي المتجدد، مثل هندسة الفركتال وتعرف بهندسة الفتافيت أو الكسريات، وتتسم هذه الهندسة بسمات متطلبة في تطوير الرياضيات المدرسية للقرن الحادي والعشرين؛ وذلك لكونها أكثر حيوية، وأكثر واقعية، وأكثر إتاحة، وأكثر معلوماتية، وأكثر حداثة، وأيضاً لارتباطها بالطبيعة والفن والتكنولوجيا المتقدمة. (خضر، 45 :2004)

ونظراً للحاجة الماسة إلى توعية الطلبة بمفاهيم النانو تكنولوجي وتنميتها لديهم، ووفقاً لدور المقررات الدراسية والبرامج المعدة في كلية التربية في عملية تنمية المعارف الحديثة، فقد قام الباحثان بهذه الدراسة التي تقوم على هندسة الفركتال، والتعرف على فاعليتها في تنمية مفاهيم النانو تكنولوجي لدى طلبة الرياضيات.

مشكلة الدراسة:

لقى علم النانو تكنولوجي اهتماماً كبيراً من قبل العديد من الدول، كما أجريت العديد من الدراسات في الموضوع ذاته، لكن أظهرت العديد من تلك الدراسات التي اهتمت بمفاهيم النانو تكنولوجي عند الطلبة، سواءً في المراحل التعليمية المدرسية أو الجامعية منها، مدى تدني المستوى المعرفي لديهم في مفاهيم النانو تكنولوجي، كدراسة كل من (التميمي، 2017؛ ودرويش وعمرة، 2017؛ وملكاوي، 2017؛ ومرعي، 2018؛ والرفاعي، 2019؛ Elmeanawy et al., 2022)، غير أن تلك الدراسات لم تتوقف على الطلبة فحسب بل أجريت دراسات تتعلق بمدى الوعي لدى المعلمين كدراسة عياد (2017) ودراسة(2020) .Ipek et al والتي أظهرت انخفاض مستوى المعرفة لدى المعلمين بمفاهيم النانو تكنولوجي بدرجة غير مقبولة، كما أجريت دراسات تحليلية للمناهج الدراسية كدراستي (ذاكر والمسرحي، 2019؛ والقحطاني، 2019) واللتين أظهرت نتائجهما مدى افتقار المناهج والمقررات الدراسية لمفاهيم وتطبيقات النانو تكنولوجي. وأوصت تلك الدراسات بضرورة إكساب معلمي المواد العلمية متطلبات الثقافة العلمية في النانو تكنولوجي، وإجراء دراسات وبحوث لمعرفة فاعلية برامج دراسية في تنمية تلك المفاهيم لدى المعلمين والطلبة.

ومن خلال ما سبق تظهر ضرورة البحث عن طرق وبرامج لإكساب طلبة الرياضيات بكلية التربية مفاهيم النانو تكنولوجي وذلك عن طريق مقررات ذات صلة، ومن خلال اطلاع الباحثين فقد وجدا أن أنسب تلك المقررات مقررات الهندسة والقياس والتي تتضمن أهم الموضوعات ذات الصلة الوثيقة بالنانو تكنولوجي، وهي موضوعات هندسة الفركتال، ولذلك فقد قرر الباحثان القيام بدراسة فاعلية برنامج قائم على هندسة الفركتال في تنمية مفاهيم النانو تكنولوجي لدى طلبة الرياضيات بكلية التربية. وتتحدد مشكلة الدراسة في السؤال الرئيس الآتي:

"ما فاعلية برنامج قائم على هندسة الفركتال في تنمية مفاهيم النانو تكنولوجي لدى طلبة الرياضيات بكلية التربية ؟"

فرضيات الدراسة:

في ضوء أسئلة الدراسة، ستحاول هذه الدراسة اختبار الفرضيات الآتية:

- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي درجات الطلبة في المجموعتين التجريبية والضابطة في مقياس مفاهيم النانو تكنولوجي.
- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي درجات الطلبة في المجموعتين التجريبية والضابطة في أبعاد مقياس مفاهيم النانو تكنولوجي كل على حدة.

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية الدراسة في النقاط الآتية:

- تعد الدراسة استجابة للتطورات والمستحدثات العالمية التي توجه إلى ضرورة تطوير المناهج والمقررات الدراسية بما يتناسب مع التطورات الحديثة.
- يمكن أن يستفاد من هذه الدراسة عند تطوير برامج إعداد المعلمين، وذلك بتضمين مفاهيم النانو تكنولوجي ضمن مقررات الكلية التي يمكن من خلالها إعدادهم للمستقبل.
- يمكن الاستفادة من أداة الدراسة (مقياس الوعي بمفاهيم النانو تكنولوجي) في استخدامها في إجراء دراسات مستقبلية على عينات ذات تخصصات مختلفة.
- يمكن أن تظهر هذه الدراسة أهمية الرياضيات في الجوانب الحياتية والطبيعة وعلاقتها بالظواهر الطبيعية كالطقس والمناخ، والفلك.
- يمكن أن تسهم هذه الدراسة في تشجيع الباحثين التربويين والمهتمين على إجراء المزيد من الدراسات في ضوء ما أسفرت عنه من نتائج وتوصيات ومقترحات.

حدود الدراسة:

اقتصرت هذه الدراسة على الحدود الآتية:

- موضوعية: مقرر هندسة وقياس (2)، ومفاهيم النانو تكنولوجي، ومفاهيم ومهارات هندسة الفركتال.
- بشرية: عينة من طلبة المستوى الثاني قسم الرياضيات.
- مكانية: كلية التربية- صنعاء.
- زمنية: الفصل الدراسي الثاني من العام الجامعي (2021 -2020م)

مصطلحات الدراسة:

- **هندسة الفركتال:** يعرف الفركتال في القاموس الإلكتروني بأنه نمط هندسي يتكرر على مقاييس تزداد صغراً وتؤدي إلى أشكال وأسطح غير منتظمة لا يمكن تمثيلها من خلال خصائص الهندسة الإقليدية. (جي، 27 :2017)
- وتعرف خضر(2020) هندسة الفركتال بأنها الشكل الهندسي الخشن أو المتكسر الذي يمكن تقسيمه إلى أجزاء، كل منها يتكون تقريباً من نماذج أصغر تشبه الشكل الكلي، أي متشابهة ذاتياً، ويمكن إنشاؤه بالتكرار المرحلي. (p.174)
- **النانو:** يعرفه راتنر(2007) "بأنه عبارة عن جزء وحدة من مليار جزء، ويساوي النانومتر الواحد (1\1000000000) من المتر". (P.20)
- كما يعرفه شحاته (2011) بمفهومه المبسط "بأنه تعبير مشتق من كلمة "نانوس" الإغريقية، وهي تعني: "القزم" أو الشيء المتناهي في الصغر". (P.11)
- **النانو تكنولوجي:** وتعرف بأنها تلك التكنولوجيا التي تعتمد على الجزيئات المتناهية في الصغر. (شحاته، 2011: 15)
  - ويعرفه الباحثان إجرائياً بأنه: العلم الذي يهتم بدراسة المواد المتناهية في الصغر وذلك لاستخدامها في تصنيع مواد ذات جودة عالية تستخدم في مجالات حياتية متنوعة.
- **مفاهيم النانو تكنولوجي وتطبيقاتها:** ويعرفها الباحثان إجرائياً بأنها عبارة عن مجموعة من المفاهيم والتطبيقات ذات العلاقة بالنانو تكنولوجي، ويمكن توظيفها لتحسين المقررات التعليمة بالمراحل الجامعية.

2- الإطار النظري والدراسات السابقة.

المحور الأول: هندسة الفركتال

- **نشأة هندسة الفركتال:**

صاغ العالم بيانو ماندلبروت (Mandelbrot) مصطلح الفركتال في عام 1975م تقريباً. وتعد هندسة الفركتال فرعاً من فروع الرياضيات يهتم بدراسة الأشكال غير المنتظمة، والأشكال الموجودة في الطبيعة والتي لها بعد غير صحيح أو بعد كسري، وتعود بداية هندسة الفركتال إلى نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين على يد العالم الرياضي البولندي ماندلبروت، فهندسة الفركتال تنسب إليه كما تنسب الهندسة الإقليدية إلى إقليدس، حيث كان مندلبروت هو أول من فكر في هذه الهندسة من خلال تأمله للأشكال المحيطة بنا، فلا نجد حولنا بشكل واضح ومحدد ودقيق خطوطاً مستقيمة، أو دوائر أو مربعات، أو خطوطاً متوازية، فسأل ماندلبروت نفسه ما نوع الهندسة التي تمكننا من دراسة تلك الأشكال المعقدة حولنا، حيث أتت هذه التأملات إلى ماندلبروت عندما كان جالساً على شاطئ إنجلترا وأثناء استمتاعه بالبحر وأمواجه، فتجول ببصره نحو الشاطئ، وأبهره تعرجات البحر وتضاريسه الصخرية المتباينة. وقد أثار الشاطئ المتعرج مشكلة في خاطره: ما طول شاطئ إنجلترا؟ ودفعه هذا التساؤل إلى البحث في الأشكال المتشابهة ذاتياً وصولاً إلى اكتشافه هندسة الفركتال، وأطلق عليها اسم فركتال (Fractal)؛ لأنه وقعت تحت يده بالصدفة مجلة عرف منها أن (Fractious) هي كلمة لاتينية تعني يكسر أو يفتت، وبمعنى كسر رياضي (Fraction) وهذا ما جعله يشتق الاسم فركتال. ولذلك البعض يطلق على هندسة الفركتال الهندسة الكسورية، أو هندسة الفتافيت. (خضر، 48 :2004)

وقد أسس ماندلبروت هندسة الفركتال في تقرير قدم باللغة الفرنسية عام (1975)، ونشر باللغة الإنجليزية عام (1977)، ونشر كتابه (الهندسة الكسورية للطبيعة1983 – the fractal geometry of natural)، لذلك يوصف

ماندلبروت بأنه أب الهندسة الكسورية. ومع ذلك، يُلاحظ البعض أن العديد من الفركتلات وأوصافها تعود إلى الرياضيات الكلاسيكية وعلماء الرياضيات في الماضي، مثل جورج كانور (1872)، وجوزيبي بينو (1890)، وديفيد هيلبرت (1891)، وهيلج فون كوخ (1904)، وغيرهم العديد. كما أن إبداعات علماء الرياضيات هؤلاء لعبت دورًا رئيساً في مفهوم ماندلبروت للهندسة الحديثة. لكن في الوقت نفسه، من الصحيح القول إنهم لم يقدموا ما توصلوا إليه بقالب مفاهيمي نحو تصور جديد لهندسة حديثة للطبيعة. وبدلاً من ذلك، فإن ما نعرفه جيدًا، مثل مجموعة كانتور، ومنحنى كوخ، ومنحنى بيانو، ومنحنى هيلبرت وسجادة سيربينسكي، تم اعتبارها أشكالاً استثنائية، حيث نشأت العديد من الفركتلات المبكرة لاستكشاف المحتوى الرياضي بشكل كلي وفي حدود المفاهيم الرياضية الأساسية. (Heinz and others, 2004: 61).

- **مفهوم هندسة الفركتال:**

عرف ماندليبروت (1998) هندسة الفركتال على أنها مجموعة من النقاط لا تتكامل أبعادها المتجزئة أو أي مجموعة ذات تركيب مماثل، فتعد الفركتالات مجموعة ذات تركيب غير منتهية التعقيد، وعادة ما تحتوي على بعض القياسات ذات التشابه، فأي جزء يحتويه داخلها بعد صورة مصغرة للمجموعة كلها. (Mandelbrot، 3 :1989).

وتعرفها خضر (2020) بأنها الشكل الهندسي الخشن أو المتكسر الذي يمكن تقسيمه إلى أجزاء، كل منها يتكون تقريباً من نماذج أصغر تشبه الشكل الكلي، أي متشابهة ذاتياً، ويمكن إنشاؤه بالتكرار المرحلي. (P.174)

ومن خلال ما سبق يمكن تعريف هندسة الفركتال بأنها الهندسة التي تهتم بالأشكال غير المنتظمة والمعقدة الناتجة من تكرار أشكال بسيطة وأجزاء غير منتهية متداخلة، وبمقاييس مختلفة، وبأنها تصف الطبيعة بشكل كبير.

- **أهمية هندسة الفركتال:**

تعد هندسة الفركتال من المواضيع المهمة في الرياضيات، حيث وضح العديد من الباحثين تلك الأهمية منهم النفيش (2012)، والتي تم تلخيصها بالنقاط الآتية:

- تربط هندسة الفركتال بين العديد من فروع الرياضيات، مثل الجبر والهندسة الإقليدية والتفاضل...الخ من جهة، وتربط الرياضيات بالتكنولوجيا الحديثة من جهة أخرى.
- تفيد هندسة الفركتال في رسم الأشياء الواقعية على شاشة الكمبيوتر، ويمكن من خلال خواصها وصف الظواهر الجوية وموضوعات البيئة والفلك.
- إثراء وتنمية تفكير المتعلمين، حيث تثير التفكير الابتكاري والاستقصاء عند المتعلمين من خلال فحص وتحليل مكونات الأشكال الفركتالية.
- هندسة الفركتال تبرز الجوانب الجمالية، وهو هدف وجداني يمكن تحقيقه من خلال تعلم هندسة الفركتال. (P.45)

ويضيف دحمان (2015) النقاط الآتية:

- أنها تقدم حلاً بسيطاً للتوصل إلى التفاصيل الدقيقة للأشياء الكبيرة، مثل السحب التي لا يمكننا قياس حدودها، وكذلك المناظر الطبيعية بشكل عام.
- تساعد هندسة الفركتال في تحقيق التوازن بين النظرية والتجريدية التي سادت في الرياضيات في القرن العشرين.
- تبسط العديد من المفاهيم والأفكار الأساسية بمجهود بسيط لحل المشكلات التي ليس لها حل، وإيجاد تفسير للأشياء المعقدة.
- يمكن مزج الفنون مع الرياضيات، فتتحول المعادلات من مجرد أرقام ورموز إلى أشكال ورسومات وموسيقى. (P.8)

- **خصائص هندسة الفركتال**

وتتميز هندسة الفركتال بالخصائص الآتية:

أولاً: خاصية التشابه الذاتي Self- Similarity:

ويعني التشابه الذاتي أن النمط للشكل الكلي يتكرر بأحجام مختلفة. وتعد خاصية أساسية من خواص أشكال الفركتال، حيث يمكن تعريف هندسة الفركتال من خلال هذه الخاصية، فالشكل المتشابه الذاتي هو شكل يتكون من أشكال أصغر منه بمقاييس مختلفة، أي أن الجزء من الكل يشبه الكل؛ أي أنه إذا أخذنا جزءاً من أجزاء شكل فركتالي وقمنا بتكبيره عدة مرات فإننا نحصل في النهاية على الشكل الأصلي. (Marks, 2020: 58)

ثانياً: خاصية الإحلال (التوسع اللانهائي Infinite scalability):

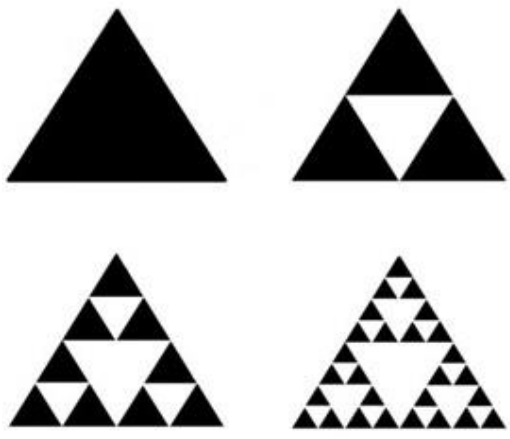
عندما ننشئ فركتالا محدداً فإن أحد الأشياء المرسومة يمكن أن تحل مكان الأخرى التي تكون أكثر تركيبا من سابقتها ولكنها تملأ نفس المكان الأصلي، وهكذا.(McGuire, 1991: 15).

ثالثاً: خاصية البعد الفركتالي Fractal Dimension:

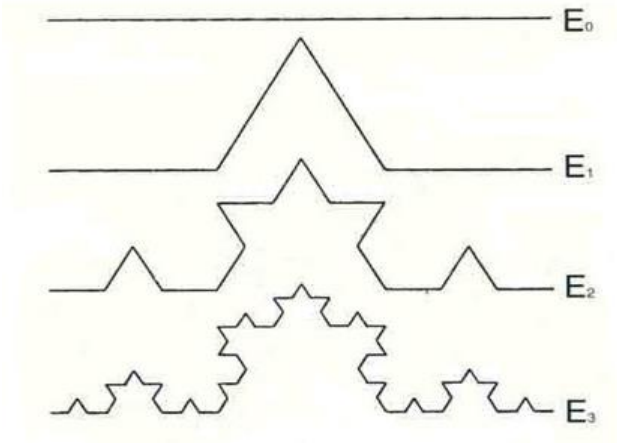
ويعرف البعد الفركتالي بأنه درجة تعقيد الشكل الفركتالي، حيث يمثل بعداً غير صحيح على عكس الأشكال الإقليدية التي أبعادها أعداد صحيحة، فمثلاً النقطة ليس لها بعد، والمستقيم له بعد واحد، والمربع له بعدان، والمكعب له ثلاثة أبعاد. أما بالنسبة للأشكال الفركتالية التي يشغل تركيبها المتكرر حيزاً فبعده قد يكون على شكل كسر. (خضر، 48 :2004).

- بعض الأشكال الفركتالية:

شكل (1): مجموعة كنتور للغبار (Cantor Set)



شكل (2):مجموعة سيربينسكي (Sierpinski)



شكل (3): منحنى كوخ لرقائق الثلج (Koch Curve)

ثانياً- الدراسات السابقة:

وتم تلخيص الدراسات السابقة كما في الجدول (1):

جدول(1): ملخص الدراسات السابقة ذات العلاقة بهندسة الفركتال

اسم الباحث	سنة الدراسة	هدف الدراسة	منهجية الدراسة	عينة الدراسة	أدوات الدراسة	نتائج الدراسة
محمد	2017	هدفت هذه الدراسة إلى معرفة فاعلية برنامج قائم على هندسة الفركتال في تحسين الاتجاه نحو الرياضيات لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية	المنهج شبه التجريبي ذي المجموعتين	(84) تلميذاً	اختبار تحصيلي ومقياس الاتجاه نحو الرياضيات	وجود فروق كبيرة بين المجموعتين التجريبية والضابطة لصالح المجموعة التجريبية تعزى إلى البرنامج المستخدم
Shcherbatykh and Polyakova	2020	هدفت هذه الدراسة إلى معرفة مدى فاعلية التقنيات التعليمية الحديثة في ضوء هندسة الفركتال في تدريس مادة الرياضيات	المنهج شبه التجريبي ذي المجموعتين	(62) طالباً وطالبة	بطاقة ملاحظة	أظهرت النتائج أن مستوى المجموعة التجريبية كان أفضل من مستوى المجموعة الضابطة، وتعزى تلك النتائج إلى طريقة التدريس القائمة على هندسة الفركتال
المعافا	2020	هدفت هذه الدراسة إلى إعداد مقرر في الهندسة الكسورية ومعرفة أثره في تنمية مهارات التفكير الإبداعي	المنهج التجريبي ذي المجموعة الواحدة ذي التطبيقين القبلي والبعدي لأداة الدراسة	(32) طالباً وطالبة من طلبة كلية التربية بجامعة صنعاء	اختبار التفكير الإبداعي	وجود فروق ذات دلالة احصائية بين متوسطي التطبيقين القبلي والبعدي لصالح التطبيق البعدي، كما تحقق حجم تأثير كبير بعد تدريس المقرر

التعليق على الدراسات السابقة:

من خلال استعراض الدراسات السابقة ذات الصلة بهندسة الفركتال فقد اتفقت في جوانب واختلفت في أخرى، وتوضيح ذلك على النحو الآتي:

- من حيث الأهداف: اتفقت الدراسات التي تناولت هندسة الفركتال مع الدراسة الحالية من حيث أهدافها في محاولة معرفة مدى فاعلية برامج وطرق تدريس قائمة على هندسة الفركتال واتخاذها كمتغير مستقل، بينما اختلفت من حيث المتغيرات التابعة.
- من حيث المنهج المستخدم: كذلك اتفقت تلك الدراسات مع الدراسة الحالية من حيث المنهج، حيث إنها جميعها استخدمت المنهج شبه التجريبي لكن تباينت من حيث التصميم، حيث استخدمت دراسة المعافا (2020) المنهج شبه التجريبي ذي المجموعة الواحدة، بينما استخدمت بقية الدراسات المنهج التجريبي ذي المجموعتين (التجريبية والضابطة) وهو التصميم ذاته في الدراسة الحالية.

تمت الاستفادة من الدراسات السابقة في بناء البرنامج بشكل عام، وفي تكوين محتواه بشكل خاص، كما أُستفيد من الإجراءات والأساليب الإحصائية المستخدمة.

المحور الثاني- النانو تكنولوجي:

- لمحة عن تاريخ النانو تكنولوجي

يرى كثير من الناس وبعض المتخصصين خطأ أن النانو تكنولوجي لم تُعرف إلا حديثاً فقط، إلا أن النظر في تاريخ البشرية يكشف أن هناك دلائل عديدة تبين أن البشرية قد عرفت كيف قامت الطبيعة منذ نشأة الأرض بتكوين المواد النانوية، سواءً في غازات البراكين، أو في أدخنة حرائق الغابات، أو رذاذ البحار والمحيطات، وفي السحب والمواد الطينية. وتبعث الأنشطة البشرية بدقائق المواد الثانوية من تدخين السجائر أو نيران المواقد وغيرها. (الشيخ وموسى، 22 -21 :2009)

ولا يمكن تحديد عصر أو حقبة معينة لبروز تقنية النانو، كما أنه ليس من المعروف بداية استخدام الإنسان للمادة ذات الحجم النانوي، لكن من المعلوم أن أحد المقتنيات الزجاجية وهو كأس الملك الروماني لايكورجوس(Lycurgus) في القرن الرابع الميلادي الموجود في المتحف البريطاني يحتوي على جسيمات ذهب وفضة نانوية، حيث يتغير لون الكأس من الأخضر إلى الأحمر الغامق عندما يوضع فيه مصدر ضوئي. وكذلك تعتمد تقنية التصوير الفوتوغرافي منذ القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين على إنتاج فيلم أو غشاء مصنوع من جسيمات فضية نانوية حسآسة للضوء. ولكن من الواضح أن من أوائل الناس الذين استخدموا هذه التقنية (بدون أن يدركوا ماهيتها) هم العرب والمسلمون، حيث كانت السيوف الدمشقية المعروفة بالمتانة يدخل في تركيبها مواد نانوية تعطيها صلابة ميكانيكية، كما كان صانعو الزجاج في العصور الوسطى يستخدمون حبيبات الذهب النانوية الغروية للتلوين. (شحاته، 15 :2011)

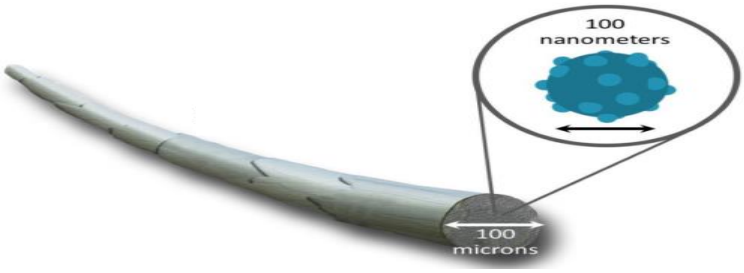
- مفهوم النانو تكنولوجي:

مقياس النانو: لتوضيح مقياس النانو سنقوم بشرح النانومتر، حيث يصف توماس كيني(Thomas Kenny) من جامعة ستانفورد حجم النانو بأمثلة كثيرة، مثل: كونه بنفس عرض الحمض النووي منقوص الأكسجين DNA، أو معدل نمو ظفر الإنسان في ثانية واحدة، أو ارتفاع قطرة ماء بعد بسطها كلياً على سطح مساحته متر مربع واحد. (شحاته، 11 :2011)

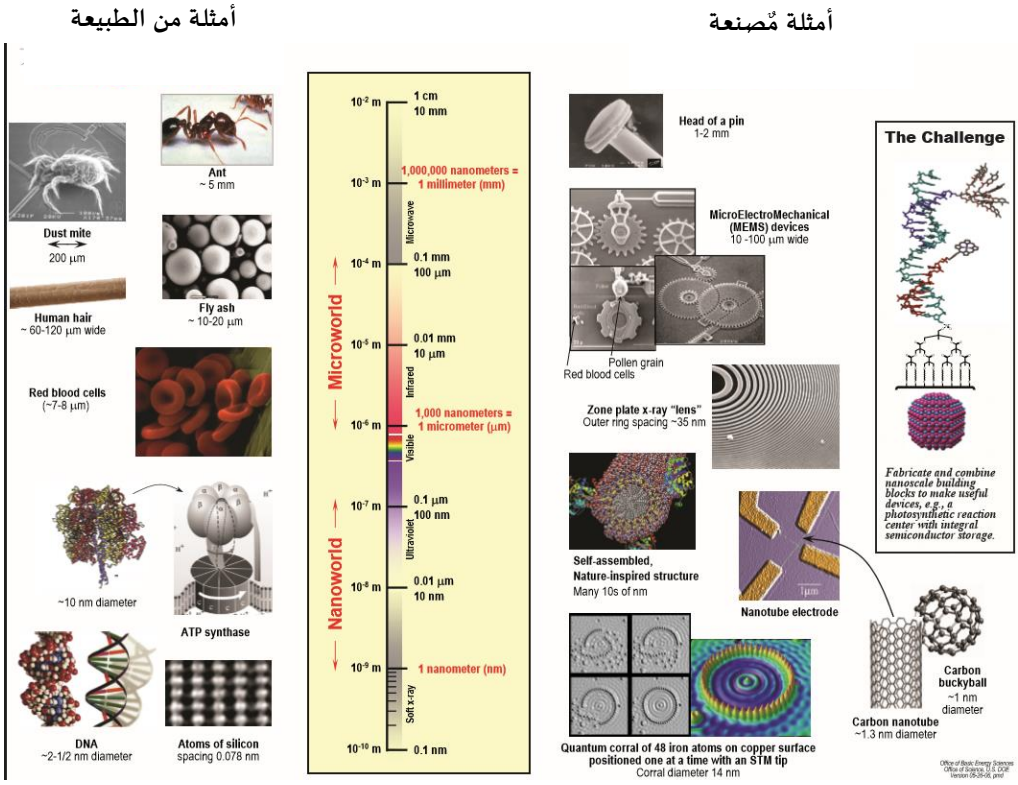
ويعرف مقياس النانو متر بشكل عام بأن النانو الواحد عبارة عن واحد إلى مليار من المتر أي $1: 10^9$. (Filipponi and Sutherland, 2010: 5)

وكأمثلة على حجم مقياس النانو:

- ينمو ظفر الانسان بمعدل 1 نانومتر في الثانية الواحدة.
- رأس دبوس حاد هو حوالي مليون نانو متر.
- قطر شعرة الإنسان حوالي 80000 نانو متر.
- عرض جزيء الحمض النووي DNA من 2 -1 نانو متر. (Filipponi and Sutherland، 7 :2010)
- والشكلان (4) و(5) يوضحان مقدار ضآلة مقياس النانو:



شكل(4): قطر شعرة إنسان (LNQE, p.2)



شكل(5): أمثلة على مواد نانوية (LNQE, p.3)

- **مفهوم النانو تكنولوجي:**

يعتمد النانو تكنولوجي على علم النانو الذي يعرف بأنه العلم الذي يهتم بدراسة المواد التي تظهر خصائص ووظائف وظواهر متأثرة بالأبعاد الصغيرة جداً. وهو علم متعدد التخصصات؛ حيث نجده في مجالات متعددة، كالكيمياء، والفيزياء، والهندسة. (Filipponi and Sutherland, 2010: 5-7).

أي أن علم النانو تكنولوجي يعني التحكم الدقيق في إنتاج المواد وذلك من خلال التحكم في تفاعل الجزيئات الداخلية في التفاعل، وتوجيه هذه الجزيئات من خلال إنتاج مادة معينة، وهذا النوع من التفاعل يعرف بالتصنع الجزيئي، ووضع الذرات أثناء التفاعل في مكانها الصحيح والمناسب، فمثلاً لو تم توجيه وضع ذرات الفحم عند إجراء التفاعل فإنه يمكن أن تنتج الألماس، وكذلك لو تم توجيه وضع ذرات الرمل عند إجراء التفاعل يمكن إنتاج المواد المستخدمة في إنتاج شرائح الكمبيوتر. (سلامة، 2009 :20)

- **أهمية النانو تكنولوجي:**

تظهر أهمية النانو تكنولوجي في العديد من المجالات الحياتية، ويوضح الشكل (6) تلك الأهمية ومدى ارتباطه ببقية العلوم، حيث أن الأعمدة تمثل المجالات المختلفة، بينما الصف يمثل النانو تكنولوجي، حيث يوضح تقاطع النانو تكنولوجي مع مجالات العلوم المختلفة، ومدى تأثير النانو تكنولوجي على قطاعات واسعة من العلوم، وبالتالي تأثيرها على الصناعات الحديثة بشكل عام.

شكل (6) أهمية النانو تكنولوجي
(Filipponi and Sutherland, 2010: 9)

ويعد النانو تكنولوجي في الوقت الراهن ذات أهمية خاصة؛ نظراً للتطورات السريعة التي طرأت على مختلف دول العالم نتيجة للبحث والتقصي والابتكار والاختراع في مختلف المجالات العلمية والتطبيقية، وللتدليل على أهمية هذه التكنولوجيا وارتباطها بالجوانب المختلفة لجوانب الحياة، فإن هناك العديد من الدراسات التي أجريت للبحث والتقصي في هذه التكنولوجيا كدراسة (Tegart، 2003) التي توضح أهمية النانو تكنولوجي في القرن الحادي والعشرين وتوضح تطبيقاتها في مجالات العلوم المختلفة. كما أجرى حسب الله (2017) دراسة حول تأثير تطبيقات النانو تكنولوجي على الهندسة المعمارية والمباني بشكل عام. وغيرها الكثير في الطب والصناعة.

ومثال على أهمية النانو تكنولوجي التطور الحادث في الهواتف الخليوية، ففي عام 1985 كانت تبدو ضخمة في الحجم ومع كل جهاز هوائي طويل جداً، أما في الوقت الحاضر فإن لدينا الهواتف الذكية التي حققت قفزة نوعية لتصبح أيضاً حاسوباً، وGPS، وراديو، ووسيلة اتصال بشبكة الأنترنت، ومع كل هذا فلا يزال بقدرتنا احتواؤها في الجيب. وبمساعدة النانو تكنولوجي، ستشهد الهواتف النقالة المزيد من التطور من حيث الأداء والمميزات، مثل تقانة الحقيقة المدمجة (Augmented reality)، وشاشة مرنة ومدمجة الإسقاط، والتحكم الصوتي السلس، وشاشات 3D، والهولوغرامات، وإمكانية التشخيص الطبي عن بعد، وأكثر من ذلك. (حايك، 2013: 10)

ويوضح صالح (2015) أن للنانو تكنولوجي عدة فوائد منها:

- وفرة المواد الحميدة بيئياً، والمستخدمة في توفير موارد نظيفة للمياه.
- المحاصيل والأغذية المهندسة وراثياً تسهم في وفرة وزيادة الإنتاج الزراعي بأقل متطلبات للعمل.
- تعزيز ودعم نواحي التغذية التفاعلية الذكية للأغذية الرخيصة والقوية.
- زيادة القدرة التصنيعية النظيفة، وذات الكفاءة العالية.
- زيادة سعة تخزين المعلومات، وإمكانية الاتصال. (P.38)

- **المواد النانوية:**

ويعرفها شحاتة (2011) بأنها تلك الفئة من المواد الصغيرة جداً التي يتم تحضيرها معملياً، أو تلك الموجودة بالفعل في الطبيعة التي تتراوح مقاييس أطوالها أو أقطار حباتها ما بين (1000 -1) نانومتر. (P.32)

وتصنف المواد النانوية حسب أشكالها من الناحية الرياضية إلى:

1- مواد ذات البعد 0 (0D): والمتمثلة في الكتل النانوية، وهي الهياكل التي جميع أبعادها تتراوح بين 100 -1 نانومتر. وحتى الآن، الكتل النانوية مصنفة كهياكل نانوية متمثلة في الجسيمات النانوية ونقاط الكم، وقد استخدمت هذه الجسيمات في القرن التاسع من قبل الفنانين وذلك لإنتاج البريق على أسطح الأوعية وإنتاج الزجاج الملون، وتتميز هذه الجسيمات بقدرة عالية على امتصاص اشعة الشمس في الخلايا الضوئية.

2- مواد أحادية البعد (1D): وتشمل الأسلاك النانوية، والأسلاك الكمية، والأنابيب النانوية وغيرها. وهي عبارة عن أنابيب وأسلاك نانوية تتراوح أقطارها بين 100 -1 نانومتر، بينما طولها قد يكون أكبر من ذلك بكثير. وتتمتع هذه المواد بخواص توصيل عالية كالتوصيل الحراري، وتستخدم في صناعات المواد الرياضية المختلفة كمضارب الجولف، وكذلك تدخل في تصنيع السيارات، وغيرها.

3- مواد ثنائية البعد (2D): والمتمثلة في السطوح أو الأغشية الرقيقة ذات سُمك يتراوح بين 100 -1 نانومتر، بينما بعداها الآخرين أكبر من ذلك بكثير. وعندما تكون الأغشية رقيقة جداً فخصائصها الإلكترونية والبصرية تختلف تماماً عن خصائص جسم ضخم من المادة نفسها.

4- مواد ثلاثية البعد (3D): وتشمل المواد الضخمة التي تجمع أبعادها فوق الـ 100 نانومتر، لكنها تحتوي على هياكل نانوية ذات أبعاد مختلفة (0D، 1D، 2D، 3D)، وتتمثل في المواد البلورية، والمواد متعددة البلورات، والمركبات النانوية التي تتميز بالصلابة والوصول إلى فوق المغناطيسية. (حايك، 2013 :10 -13)

الدراسات السابقة:

وتم تلخيص الدراسات السابقة كما في الجدول (2):

جدول(2): ملخص الدراسات السابقة ذات العلاقة بالنانو تكنولوجي

اسم الباحث	سنة الدراسة	هدف الدراسة	منهجية الدراسة	عينة الدراسة	أدوات الدراسة	نتائج الدراسة
مياس	2017	هدفت هذه الدراسة إلى قياس برنامج في الرياضيات قائم على تطبيقات النانو تكنولوجي في تنمية حل المشكلات الإبداعي والميل نحو الرياضيات لدى الطلبة المعلمين في اليمن	شبه التجريبي ذي المجموعة الواحدة	(28) طالباً وطالبة	اختبار حل المشكلات الإبداعي ومقياس الميل نحو الرياضيات	وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (0، 01) بين مستوى درجات مجموعة الدراسة في التطبيقين (القبلي والبعدي) لصالح التطبيق البعدي
الرفاعي	2019	هدفت هذه الدراسة إلى تقصي مستوى المعرفة بتقنية النانو لدى طالبات المرحلة الثانوية في مدينة جدة واتجاهاتهن نحوها وإيجاد العلاقة بين مستوى المعرفة بتقنية النانو لدى أفراد العينة	المنهج الوصفي	(40) طالبة	اختبار لقياس مستوى المعرفة بتقنية النانو ومقياس الاتجاه نحو تقنية النانو	وأظهرت النتائج أن المستوى المعرفي لطالبات المرحلة الثانوية لتقنية النانو منخفضة. كما أن متوسط درجات الطالبات في مقياس الاتجاه نحو تقنية النانو مرتفع، كما توجد علاقة طردية قوية بين مستوى المعرفة بتقنية النانو والاتجاه نحو النانو لدى أفراد العينة

اسم الباحث	سنة الدراسة	هدف الدراسة	منهجية الدراسة	عينة الدراسة	أدوات الدراسة	نتائج الدراسة
عبد اللطيف	2021	هدفت هذه الدراسة إلى معرفة مدى فاعلية وحدة تعليمية مقترحة قائمة على النانو تكنولوجي في تنمية مهارات التفكير الإبداعي في مادة الكيمياء	المنهج الوصفي التحليلي والمنهج التجريبي ذي المجموعة الواحدة	(30) طالبة	مقياس التفكير الإبداعي	أظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين مستوى درجات مجموعة الدراسة في التطبيقين (القبلي والبعدي) لصالح التطبيق البعدي، وحجم تأثير كبير يعزى إلى الوحدة التي تم تصميمها
جاد	2022	هدفت هذه الدراسة إلى إعداد برنامج مقترح في النانو تكنولوجي والبيئة والتعرف على مدى فاعليته في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي	المنهج التجريبي ذي المجموعة الواحدة	(53) طالباً وطالبة	اختبار حل المشكلات البيئية واختبار التفكير الاستراتيجي	أظهرت نتائج الدراسة فاعلية البرنامج المقترح في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي

التعليق على الدراسات السابقة:

من خلال استعراض الدراسات السابقة ذات الصلة النانو تكنولوجي فقد اتفقت في جوانب واختلفت في أخرى، وتوضيح ذلك كما يأتي:

- من حيث الأهداف: تباينت الدراسات التي تناولت النانو تكنولوجي من حيث أهدافها في محاولة معرفة مدى فاعلية برامج ومقررات قائمة على بالنانو تكنولوجي كدراسة مياس (2017)، ودراسة عبد اللطيف (2021)، ودراسة جاد (2022)، وعلى متغيرات تابعة مختلفة. وبالتالي فقد اتفقت تلك الدراسات مع الدراسة الحالية من حيث متغير النانو تكنولوجي، إلا أن تلك الدراسات اتخذت منه متغيراً مستقلاً بينما الدراسة الحالية استخدمته كمتغير تابع.
- من حيث المنهج المستخدم: اتفقت دراسة مياس (2017)، ودراسة عبد اللطيف (2021)، ودراسة جاد (2022) مع الدراسة الحالية في استخدام المنهج شبه التجريبي، لكن تلك الدراسات تختلف مع الدراسة الحالية من حيث التصميم، حيث استخدمت تلك الدراسات المنهج شبه التجريبي ذي المجموعة الواحدة بينما استخدمت الدراسة الحالية المنهج شبه التجريبي ذي المجموعتين (تجريبية وضابطة)، أما دراسة الرفاعي (2019) فقد استخدمت المنهج الوصفي.

واستفاد الباحثان من الدراسات السابقة في تحديد مفاهيم النانو تكنولوجي وإعداد قائمة تمثل تلك المفاهيم، كما أُستفيد من نتائجها ومقترحاتها.

3- منهجية الدراسة وإجراءاتها.

منهج الدراسة:

اعتمد في هذه الدراسة المنهج التجريبي ذو التصميم شبه التجريبي القائم على مجموعتين: (تجريبية وضابطة)، مع ضبط المتغيرات الدخيلة ما أمكن. كما اعتمد أثناء التقسيم على التكافؤ العشوائي، ومن ثم طُبقت

التجربة؛ بحيث تم تطبيق مقياس مفاهيم النانو تكنولوجي قبلياً لكلا المجموعتين، ثم درست المجموعة التجريبية مقرر هندسة وقياس (2) (موضوعات هندسة الفركتال) الذي تم إعادة صياغة محتواه وطريقة عرض المعلومات الخاصة بهندسة الفركتال، وتم تدريسه باستخدام استراتيجيات تعليم حديثة، بينما درست المجموعة الضابطة المفردات ذاتها كما هي في المقرر المعتاد بالطريقة الاعتيادية. ومن ثم طُبق مقياس مفاهيم النانو تكنولوجي بعدياً لكلا المجموعتين. يلي ذلك تفريغ البيانات ومعالجتها إحصائيا، ثم استعراض النتائج ومناقشتها وتفسيرها.

مجتمع الدراسة وعينتها:

أُختير أفراد عينة الدراسة بطريقة قصدية، وتكونت من طلبة المستوى الثاني قسم الرياضيات بكلية التربية- صنعاء والمسجلين في العام الجامعي 2021 -2020 م. وقبل تقسيمهم تم استبعاد المتبقيين في المادة، وكذلك الطلبة المحولين إلى القسم. ثم قُسم بقية الطلبة إلى مجموعتين بطريقة عشوائية باستخدام القرعة، ثم اختيرت إحدى المجموعتين بشكل عشوائي أيضاً (بالقرعة) لتكون هي المجموعة التجريبية وتكونت من (26) طالباً وطالبة، وبالتالي كانت المجموعة الأخرى هي المجموعة الضابطة وتكونت من (25) طالباً وطالبة.

وقد استبعد بعض الطلبة غير المنتظمين في حضور المحاضرات، وكذلك الطلبة الذين تخلفوا عن الاختبار القبلي من كلا المجموعتين، ليصبح إجمالي عدد أفراد العينة (43) طالباً وطالبة، موزعين على المجموعتين التجريبية والضابطة، كما هو موضح في الجدول (3):

جدول(3): عدد أفراد العينة وتوزيعهم

عدد طلبة المجموعة التجريبية	عدد طلبة المجموعة الضابطة	المجموع الكلي
23	20	43

متغيرات الدراسة:

1- المتغيرات المستقلة: برنامج قائم على هندسة الفركتال والمقرر الاعتيادي لمفردات هندسة الفركتال.

2- المتغير التابع: مفاهيم النانو تكنولوجي.

إعداد برنامج قائم على هندسة الفركتال

ولإعداد البرنامج تم اتباع المراحل الآتية لتصميمه:

1- تحديد الهدف العام للبرنامج:

يهدف البرنامج بشكل عام إلى تنمية مفاهيم النانو تكنولوجي لدى طلبة الرياضيات بكلية التربية- صنعاء، وذلك من خلال تدريسهم مقرر هندسة وقياس (2) وفقاً للبرنامج المقترح.

2- تحديد محتوى البرنامج:

لإعداد موضوعات مقرر هندسة وقياس (2) تم الاطلاع على توصيف المقرر الموجود في قسم الرياضيات كلية التربية، ولإثراء المحتوى تم الاطلاع على العديد من الكتب والدراسات التي تهتم بهندسة الفركتال، منها (النفيش، 2012؛ ودحمان، 2015؛ ومحمد، 2017؛ والمعافا والحسن، 2019؛ وبدر، 2019؛ والمعافا 2020) والأجنبية:

(Guo, 2017; Enríquez, 2018; Nedelescu, 2018; Alves and Vieira, 2020; shecherbarykh and polyakova 2020)

وتم اتباع الخطوات الآتية:

أ- اختيار المادة التعليمية:

تم اختيار مقرر هندسة وقياس(2) وذلك للأسباب الآتية:

- توفر موضوعات تتناسب مع المتغير المستقل للبرنامج وهو هندسة الفركتال.
- تُعد الهندسة والقياس من موضوعات الرياضيات المهمة؛ نظراً لتطبيقاتها الحياتية الكثيرة، كما أنها متطلب لدراسة مقررات أخرى.

ب- تحديد أهداف المقرر ومخرجات التعلم المتوقعة:

بعد تحديد المقرر حُددت أهدافه التعليمية، وتعد هذه المرحلة من المراحل المهمة التي يبرز من خلالها كل من: الخبرات التعليمية والأنشطة التعليمية، وأساليب التقويم المناسبة؛ حيث حدد للمقرر مجموعة من الأهداف التعليمية التي غطت موضوعات المقرر، وتم تحديد تلك الأهداف وفقاً لتوصيف مقرر هندسة وقياس (2)، والمتوفر في قسم مناهج الرياضيات وطرق تدريسها.

ج- تحديد المادة التعليمية:

يغطي مقرر هندسة وقياس (2) موضوعات الهندسة الإقليدية واللاإقليدية وهندسة الفركتال التي تتضمن الموضوعات الآتية:

(هندسة إقليدس، وهندسة الوقوع والمنطق، وبديهيات إقليدس وهيلبرت، وهندسة المجسمات، وتاريخ الهندسة ومسلمات التوازي، والهندسة اللاإقليدية (الكروية والإهليجية)، والتحويلات الهندسية، وهندسة الفركتال)

د- إعداد موضوعات المقرر وفقاً للبرنامج المقترح:

- صُممت موضوعات هندسة وقياس(2) بما يتناسب مع البرنامج المقترح والاستراتيجيات التي استخدمت وأهم هذه الاستراتيجيات الإبحار المعرفي (Web quest)، والتعليم المعكوس (Flipped learning)، حيث وضعت المقدمة المناسبة لكل موضوع، بحيث تكون قصيرة وموجزة، وتعطي مؤشرات عامة لما سيتم تناوله في المحاضرة. وهذا يتطلب من المعلم ترتيب الموضوعات ترتيباً منطقياً، وذلك للترابط بين المحاضرات.
- تحليل محتوى كل موضوع، وتحديد مفرداته وأهدافه التعليمية الأكثر دقة وخصوصية، ومن ثم تصميم قائمة بالمهام التي يجب على الطالب إتمامها، حيث لابد أن تكون تلك المهام شاملة لمفردات ذلك الموضوع وتغطي جميع أهدافه.

إجراءات قبلية مصاحبة:

- تحديد قائمة بالمصادر، حيث يتم البحث عبر شبكة الإنترنت عن المواقع ذات الصلة بالموضوع والمهام المطلوب إنجازها.
- إنتاج مجموعة من الفيديوهات التعليمية لبعض موضوعات المقرر (الموضوعات الخاصة بكيفية استخدام برنامجي GSP وL- system، وكيفية رسم الأشكال الفركتالية من خلالها).
- إنشاء مجموعات عبر برامج التواصل الاجتماعي بغرض عرض مقدمة الموضوع الذي عُرض في المحاضرة، وعرض قائمة المهام والمصادر لذلك الموضوع، كما تُعرض توزيعات الطلبة إلى مجموعات تعاونية، وليتناقش الطلبة مع بعضهم البعض، وكذلك الطلبة مع المعلم.

1- تحديد المدة الزمنية للبرنامج:

يتكون البرنامج من (12) موضوعاً بواقع (12) محاضرة، و(محاضرتين) للتطبيقين القبلي والبعدي، يصبح الإجمالي (14) محاضرة، مدة المحاضرة (ساعتان)، أي كانت مدة البرنامج (12) أسبوعاً، بواقع محاضرة في الأسبوع، وخلال أسبوعين تم أخذ محاضرتين في كل أسبوع، وكان إجمالي عدد الساعات كالآتي: 14 × ساعتين = 28 ساعة دراسية.

2- تحديد الأدوات والوسائل التعليمية:

المواد والأدوات الأساسية اللازمة للمحاضرات: (جهاز حاسب آلي، وجهاز عرض، وسبورة، وأقلام سبورة ملونة، وأوراق عمل، وهواتف ذكية)

3- البرامج والتطبيقات والوسائط اللازمة للمحاضرات:

(فيديوهات mp4، وبرنامج GSP، وتطبيق L- system، وبرنامج عرض الشرائح الباوربوينت ppt، وبرنامج السبورة الذكية Smart board program)

4- تحديد أساليب التقويم:

ولتقييم أداء الطلبة تم استخدام التقويم التمهيدي (القبلي)، وكذلك التقويم البنائي (التكويني) وذلك من خلال التمارين والأنشطة التي كانت تقدم أثناء المحاضرات والتكاليف التي كلف الطلبة بإجرائها، والتقويم النهائي الذي كان على شكل اختبار نصفي، والتطبيق البعدي لأدوات الدراسة.

أدوات الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة تم بناء مقياس مفاهيم النانو تكنولوجي وفقاً للخطوات الآتية:

1- تحديد هدف المقياس:

يهدف هذا المقياس لقياس مستوى الوعي بمفاهيم النانو تكنولوجي لدى طلبة الرياضيات بكلية التربية صنعاء وذلك بتطبيقه على عينة من طلبة الجامعة بكلية التربية.

2- بناء قائمة مفاهيم النانو تكنولوجي ومصادر اشتقاقها:

تم الاطلاع على العديد من الدراسات والأدبيات التي ناقشت بناء المحتوى وفقاً لمفاهيم النانو تكنولوجي والمتمثلة في دراسة كل من (مرعي، 2018؛ والقحطاني، 2019)، والدراسات التي تناولت مفاهيم النانو بشكل عام وهي دراسة (التميمي، 2017؛ ودرويش وعمرة، 2017؛ ومياس 2017؛ والرفاعي، 2019؛ وعبد اللطيف 2021، وجاد 2022)، وكذلك دراسات أجنبية منها:

(Nouailhat, 2007; Bhushan, 2010; Ipek et al., 2020; Köse and Mücahit, 2021; Zor and Kan, 2021; Elmeanawy et al., 2022).

كما هو موضح في جدول (4):

جدول (4) قائمة مفاهيم النانو تكنولوجي

المفاهيم الرئيسية	المفاهيم الفرعية وما يرتبط بها
مفهوم ومقياس النانو	مفهوم النانو، مفهوم علم النانو، مفهوم مقياس النانو، العلاقة بين وحدة القياس ذات البادئة (نانو) ووحدات القياس الأخرى، مقدار ضآلة وحدة النانو مقارنة بغيرها ومقارنتها بوحدات قياس أصغر منها.
المواد النانوية وتكنولوجيا النانو	مفهوم النانو تكنولوجي، نبذة تاريخية عن نشأة النانو تكنولوجي وأهم روادها، علاقة فروع الرياضات بالنانو تكنولوجي، المواد النانوية، حجم المواد النانوية، النسبة بين مساحة المواد النانوية وحجمها، أشكال المواد النانوية، كيفية الحصول على المواد النانوية، خصائص المواد النانوية.
تطبيقات تكنولوجيا النانو	النانو تكنولوجي في الطبيعة، تطبيقات النانو تكنولوجي في الطب والبناء وغيرها، أهمية تطبيقات النانو تكنولوجي لتحسين نوعية الحياة، مخاطر تكنولوجيا النانو.

3- تصميم فقرات المقياس:

في ضوء الأبعاد السابقة صممت فقرات المقياس، حيث تم إعداد عشر فقرات لكل بعد ليكون إجمالي عدد الفقرات (30) فقرة؛ حيث كانت فقرات المقياس موضوعية من نوع (صح أو خطأ).

4- وضع تعليمات المقياس:

بعد الانتهاء من وضع فقرات المقياس وضعت تعليماته والموضح فيها هدفه، وعدد الفقرات ونوع الاستجابة المطلوبة لتحقيق الغرض من إجراء المقياس، كما حدد فيه الفترة الزمنية المتاحة لإجراء المقياس.

5- المقاييس السيكومترية:

- **صدق المقياس:**

لتقدير صدق مقياس مفاهيم النانو تكنولوجي تم عرضه على مجموعة من المحكمين لإبداء آرائهم حول مدى تمثيل الفقرات لمفاهيم النانو تكنولوجي، ومدى وضوحها، واقتراح أية تعديلات أو ملاحظات يرونها مناسبة. حيث أُخذت آراؤهم بعين الاعتبار وعُدلت بعض الفقرات وفقاً لذلك، وأُعتبرت أراء المحكمين دليلاً على صدق المحتوى.

- **ثبات المقياس:**

قيس ثبات الاختبار من خلال تطبيق الاختبار على العينة الاستطلاعية، وتم استخراج معامل الثبات بطريقة التجزئة النصفية. حيث بلغت قيمة الثبات (62)، ونظراً لنوعية المقياس الذي كانت نسبة التخمين فيه عالية تم قبول الثبات وذلك بعد حذف إحدى الفقرات، وعدت هذه القيمة مقبولة لأغراض تطبيق المقياس في الدراسة الحالية.

6- تحديد زمن الاختبار:

تم تحديد زمن الاختبار من خلال تطبيق المقياس على العينة الاستطلاعية، حيث تم تسجيل الوقت الذي استغرقه كل طالبٍ على حدة وذلك بتحديد الوقت الابتدائي لجميع الطلبة وتسجيل وقت انتهاء كل طالب على ورقته. وبالتالي تم حساب المتوسط الحسابي للزمن المستغرق من قبل جميع الطلبة والذي كان مقداره (23)، دقيقة أضيف إليها (7) دقائق وذلك للفرق بين مستوى طلبة عينة التجربة والعينة الاستطلاعية، فاصبح زمن المقياس (30) دقيقة.

7- طريقة تقييم الأداء:

بعد إعداد الفقرات أعطيت كل فقرة درجة، فكانت الدرجة العظمى للمقياس (30)، حيث إن الدرجة العظمى لكل بعد (10) درجات.

اعتدالية البيانات:

وللتحقق من اعتدالية البيانات تم استخدام اختبار كولموجروف- سميرنوف كما هو موضح في الجدول (5):

جدول(5): اختبار اعتدالية البيانات (كولموجروف- سميرنوف)

البعد	المجموعة	قيمة الاختبار	درجة الحرية	مستوى الدلالة	الاعتدالية
مفهوم ومقياس النانو	تجريبية	.185	23	.040	لا تتبع التوزيع الطبيعي
	ضابطة	.212	20	.019	لا تتبع التوزيع الطبيعي
المواد النانوية وتكنولوجيا النانو	تجريبية	.206	23	.012	لا تتبع التوزيع الطبيعي
	ضابطة	.175	20	.111	تتبع التوزيع الطبيعي
تطبيقات تكنولوجيا النانو	تجريبية	.375	23	.000	لا تتبع التوزيع الطبيعي
	ضابطة	.163	20	.169	تتبع التوزيع الطبيعي
المقياس ككل	تجريبية	.148	23	.200*	لا تتبع التوزيع الطبيعي
	ضابطة	.179	20	.093	لا تتبع التوزيع الطبيعي

من خلال الجدول (5) يتضح أن مستوى الدلالة لمعظم أبعاد المقياس كانت أصغر من 0.05% مما يدل على عدم إتباع البيانات للتوزيع الطبيعي، ولم تتوافق المجموعتان الضابطة والتجريبية في الاعتدالية بالنسبة للبعدين الثاني والثالث، وبالتالي سيتم استخدام الإحصاءات اللامعلمية. أما بالنسبة للمقياس ككل فكانت مستوى الدلالة

أكبر من 0.05%، وهذا يدل على أن بيانات كلا المجموعتين التجريبية والضابطة تتبعان التوزيع الطبيعي لذلك تم اتباع الإحصاءات المعلمية.

4- نتائج الدراسة ومناقشتها.

يتناول هذا الجزء من الدراسة عرضاً للنتائج التي تم التوصل إليها من إجراء تجربة الدراسة وتطبيق أدواتها ورصد الدرجات وتحليلها إحصائياً وللإجابة عن أسئلة الدراسة، بالإضافة إلى مناقشة تلك النتائج وتفسيرها، كما يتضمن التوصيات التي تم استخلاصها والمقترحات التي تمت صياغتها في مجال الدراسة، وفيما يلي عرض لذلك:

- **النتائج المتعلقة بالفرض الأول:** للتحقق من صحة الفرض الأول، الذي ينص على أنه: لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي درجات الطلبة في المجموعتين التجريبية والضابطة في مقياس مفاهيم النانو تكنولوجي. فقد استخدم اختبار "ت" لعينتين مستقلتين، وبعد حساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكلا المجموعتين عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$)، وكما هو موضح في الجدول (6):

جدول(6): نتائج اختبار "ت" لعينتين مستقلتين لحساب الفرق بين متوسطي درجات المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس مفاهيم النانو تكنولوجي

المجموعة	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة "ت"	درجة الحرية	الدلالة الاحصائية	حجم التأثير
التجريبية	23	17.35	1.668	3.200	34.824	30.00	1.1
الضابطة	20	15.40	2.234				

يُلاحظ من الجدول (6) أن قيمة اختبار " ت " هي (3.200) ومستوى الدلالة (0.003)، وهي أقل من ($\alpha \leq 0.05$) وبالتالي يُرفض الفرض الصفري ويُقبل الفرض البديل، وهو توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي درجات طلبة المجموعتين التجريبية والضابطة في القياس البعدي لمقياس مفاهيم النانو تكنولوجي، وبما أن متوسط المجموعة التجريبية هو (17.35)، ومتوسط المجموعة الضابطة هو (15.40)، أي أن متوسط المجموعة التجريبية أكبر من متوسط درجات المجموعة الضابطة، وبالتالي كانت الفروق لصالح التجريبية.

وكانت قيمة حجم التأثير (1.1)، وتعد قيمة كبيرة، وبالتالي يمكن تفسير ذلك بأن البرنامج قد ساعد الطلبة في تنمية مفاهيم النانو تكنولوجي لديهم.

النتائج المتعلقة بالفرض الثاني: للتحقق من صحة الفرض الثاني، الذي ينص على أنه: لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي درجات الطلبة في المجموعتين التجريبية والضابطة في أبعاد مقياس مفاهيم النانو تكنولوجي كل على حدة، كذلك تم استخدم اختبار مان وتني "U" لعينتين مستقلتين وذلك لعدم اعتدالية البيانات، وبعد حساب متوسط الرتب، وحساب قيمة مان وتني عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$)، وكما هو موضح في الجدول (7):

جدول (7): اختبار مان وتني (U) لاختبار الفروق بين التجريبية والضابطة في مقياس مفاهيم النانو تكنولوجي لكل بعد على حدة

البعد	المجموعة	حجم العينة	متوسط الرتب	مجموع الرتب	قيمة مان وتني U	الدلالة
مفهوم ومقياس النانو	تجريبية	23	22.72	522.5	213.5	0.679
	ضابطة	20	21.18	423.5		
المواد النانوية وتكنولوجيا النانو	تجريبية	23	27.93	642.5	93.5	0.001
	ضابطة	20	15.18	303.5		

البعد	المجموعة	حجم العينة	متوسط الرتب	مجموع الرتب	قيمة مان وتني U	الدلالة
تطبيقات تكنولوجيا النانو	تجريبية	23	23.59	542.5	193.5	0.341
	ضابطة	20	20.18	403.5		

يتبين من الجدول (7) ما يلي:

- عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعتين التجريبية والضابطة فيما يتعلق بمفهوم ومقياس النانو، حيث كان مستوى الدلالة (0.679)، وهي أكبر من ($\alpha \leq 0.05$).
- وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي درجات المجموعتين التجريبية والضابطة فيما يتعلق بمفاهيم المواد النانوية وتكنولوجيا النانو، حيث بلغ مستوى الدلالة (0.001)، وهي أقل من($\alpha \leq 0.05$)، وقد كانت الفروق لصالح المجموعة التجريبية، حيث بلغ متوسط رتب درجات المجموعة التجريبية (27.93)، بينما بلغ متوسط رتب درجات المجموعة الضابطة (15.18).
- عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعتين التجريبية والضابطة فيما يتعلق بتطبيقات تكنولوجيا النانو، حيث كان مستوى الدلالة (0.341)، وهي أكبر من ($\alpha \leq 0.05$).

الاستنتاجات:

- يتضح من خلال نتائج أسئلة الدراسة أن البرنامج ساهم في تكوين مفاهيم النانو تكنولوجي لدى بعض الطلبة الذين لوحظ عدم امتلاكهم للمفهوم من خلال استفساراتهم، وأن البرنامج نمّى تلك المفاهيم عند البعض الآخر منهم، وذلك من خلال ما يحتويه البرنامج من استراتيجيات ومهام تجعل الطلبة يبحثون عن المعلومات بشكل واسع.
- أتاحت موضوعات البرنامج وطريقة عرضها فرصة للطلبة في البحث عن أهمية هندسة الفركتال في الجوانب التطبيقية وعلاقتها بالموضوعات الحديثة، ومنها النانو تكنولوجي.

وتتفق نتائج هذه الدراسة مع العديد من الدراسات التي بحثت في مدى فاعلية برنامج قائم على هندسة الفركتال في تنمية متغيرات مختلفة كدراسة (النفيش، 2012، ودحمان، 2015؛ ومحمد، 2017)

التوصيات والمقترحات

في ضوء ما أسفرت عنه نتائج الدراسة، يُوصي الباحثان ويقترحان ما يلي:

1- تأهيل الطالب المعلم وتدريبه على استخدام استراتيجية تدريس حديثة من شأنها رفع المستوى المهني لدى الطالب المعلم كأحد اساليب التعليم الفاعلة، وتقديم المحتوى العلمي بشكل شيق وجذاب، وذلك من خلال عروض سمعية وبصرية وبرامج تفاعلية تعليمية، والتي توفرها التكنولوجيا الحديثة.

2- استغلال اهتمامات الطلبة في عصر التكنولوجيا في العملية التعليمية من خلال تضمين مفاهيم حديثة كهندسة الفركتال والنانو تكنولوجي وغيرها لتجعلهم منفتحين على معطيات العالم المعاصر.

3- تضمين هندسة الفركتال في مقررات قسم الرياضيات بمستوياته التعليمية المختلفة بشكل خاص، وفي مناهج الرياضيات في المراحل الدراسية الأساسية والثانوية والجامعية بشكل عام.

4- إظهار جمال الرياضيات من خلال ربط مهام الطلبة بالطبيعة والفنون وذلك بالاستناد إلى هندسة الفركتال.

5- كما يقترح الباحثان إجراء دراسات مكملة في الموضوع وعلى النحو الآتي:

1. دراسة فاعلية برنامج قائم على هندسة الفركتال في تنمية مفاهيم النانو تكنولوجي والتفكير الهندسي لدى الطلبة في مستويات تعليمية مختلفة.
2. دراسة فاعلية برنامج قائم على هندسة الفركتال في تنمية مهارات رياضية أخرى كحل المشكلات والبرهان الرياضي وغيرها، وتنمية نواتج تعلم أخرى متعلقة بالرياضيات.
3. دراسة العلاقة بين هندسة الفركتال والنانو تكنولوجي.
4. دراسة فاعلية استخدام برامج وتطبيقات الهندسة، كبرنامج جيومترك استكتش باد (GSP)، وL- system في تنمية مستويات التفكير الهندسي لدى الطلبة في مرحلتي التعليم الأساسي والثانوي.

قائمة المراجع.

أولاً- المراجع بالعربية:

- إبراهيم، إنجي توفيق أحمد. (2012). فاعلية وحدة مقترحة باستخدام الألعاب الكمبيوترية في إكساب تلاميذ المرحلة الابتدائية مفاهيم ومهارات هندسة الفركتال. مجلة كلية التربية- جامعة بور سعيد، 11، 482 -448.
- بدر، محمد إبراهيم. (2019). هندسة الفركتال الحاجة إلى تطوير تعليم وتطوير الرياضيات. مجلة كلية التربية- جامعة بنها، 3 (130)، 669 -653.
- التميمي، عبد الرحمن بن إبراهيم الفريح. (2017). مستوى الوعي بمفاهيم تقنية النانو تكنولوجي لدى الطلاب والطالبات المسجلين في الدبلوم التربوي بجامعة حائل. رسالة الخليج العربية، (148)، 57 -41.
- جاد، ايمان فتحي جلال. (2022). برنامج مقترح في تكنولوجيا النانو البيئية لتنمية مهارات حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيلوجية وبيئية. المجلة المصرية للتربية العلمية، 25 (1)، 1 – 44.
- جي، سائر بصمة. (2017). تاريخ العلوم المصور. دار المعرفة للطباعة والنشر- لبنان.
- حايك، حسام. (2013). التقانة النانوية والمستشعرات النانوية.
- حسب الله، عبد الله أحمد عبد الله. (2017). تطبيقات تقنية النانو (تأثير تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة في الواجهات الخارجية للمباني). [رسالة ماجستير غير منشورة]. كلية الهندسة المعمارية، جامعة القاهرة.
- خضر، نظلة حسن. (2004). معلم الرياضيات والتجديدات الرياضية (هندسة الفركتال وتنمية الابتكار التدريسي لمعلمي الرياضيات). عالم الكتب، القاهرة.
- خضر، نظلة حسن. (2020). تجديدات في أصول تدريس الرياضيات وفي أنشطة لصنع الرياضيات المتجددة. عالم الكتب، القاهرة.
- دحمان، ولاء جهاد. (2015). فاعلية برنامج مقترح في هندسة الفركتال في تنمية القدرة المكانية والأداء التدريسي لدى معلمي الرياضيات للمرحلة الأساسية العليا في محافظة نابلس. [رسالة ماجستير غير منشورة]. كلية الدراسات العليا، جامعة النجاح الوطنية.
- درابله، علي؛ وحمزة، أماني. (2016). تكنولوجيا النانو وتطبيقات في مجالات عديدة (الزراعة- تكنولوجيا الأغذية- المياه- البيئة- مكافحات الآفات). دار الكتب العلمية.
- درويش، عطا حسن؛ وأبو عمرة، هالة حميد. (2017). مستوى المعرفة بتطبيقات النانو تكنولوجي لدى طلبة كلية التربية تخصص علوم في جامعة غزة واتجاهاتهم نحوها. مجلة الجامعة الإسلامية للدراسات التربوية والنفسية، 26 (1)، 229 -200.
- ذاكر، رحمة سليمان هادي؛ والمسرحي، أسماء أحمد يحيى. (2019). تصور مقترح لوحدة دراسية في الرياضيات للمرحلة المتوسطة في ضوء معايير تكنولوجيا النانو. مجلة العلوم التربوية، 26 (1)، 136 -71.
- راتنر، مارك؛ وراتنر، دانيال. (2007). التقانة النانوية (مقدمة مبسطة للفكرة العظيمة القادمة) (حاتم النجدي، مترجم). المنظمة العربية للترجمة.
- الرفاعي، رانيا محمد. (2019). مستوى المعرفة بتقنية النانو لدى طالبات المرحلة الثانوية في مدينة جدة واتجاهاتهم نحوها. مجلة العلوم التربوية والنفسية، 3 (9)، 56 -33.
- سلامة، صفات (2009). النانو تكنولوجي (مقدمة في فهم علم النانو تكنولوجي). ار العربية للعلوم ناشرون.

- شحاتة، حسن أحمد. (2011). تقنية النانو ومستقبل البشرية. دار طيبة للنشر والتوزيع والتجهيزات العلمية.
- الشيخ، فتح الله؛ وموسى، محمود. (2009). قصة النانو تكنولوجي حاضرها ومستقبلها. المكتبة الأكاديمية، مصر.
- صالح، محمود محمد سليم (2015). تقنية النانو وعصر علمي جديد. مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية KAST.
- عبد اللطيف، ندى كمال عبد المنصف. (2021). وحدة مقترحة في علوم وتكنولوجيا النانو وأثرها في تنمية مهارات التفكير الإبداعي لدى طلبة الصف الأول ثانوي. دراسات تربوية واجتماعية – جامعة حلوان، 27 (2)، 121 – 158.
- عياد، فؤاد إسماعيل. (2017). درجة الوعي بتكنولوجيا النانو لدى معلمي التكنولوجيا وأثر وحدة مقترحة في تنمية التحصيل المعرفي والرضا عن التعلم لدى طلبة جامعة الأقصى بغزة. مجلة جامعة الأقصى (سلسلة العلوم الإنسانية)، 21 (1)، 175 – 217.
- القحطاني، عثمان بن علي. (2019). تصور مقترح لتضمين مفاهيم النانو تكنولوجي في مناهج الرياضيات المطورة بمرحلة التعليم العام. مجلة الجامعة الإسلامية للدراسات التربوية والنفسية، 28 (2)، 201 -174.
- متولي، شيماء بهيج محمود. (2016). فاعلية برنامج مقترح في الاقتصاد المنزلي بتطبيقات النانو تكنولوجي على تنمية التور العلمي والتفكير التخيلي لدى طالبات المرحلة الإعدادية واتجاهاتهن نحو العلم وتقنية النانو. مجلة العلوم التربوية، 1 (3)، 166 -113.
- محمد، عبد الناصر عبد الصمد أبو الغيط. (2017). فاعلية برنامج قائم على هندسة الفركتال في تحسين الاتجاه نحو الرياضيات لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. مجلة تربويات الرياضيات، 20 (1)، 310 -261.
- مرعي، جمال حلمي فتح الباب. (2018). فاعلية برنامج مقترح في الفيزياء قائم على التعلم المتوافق مع عمل الدماغ في تنمية مفاهيم النانو تكنولوجي لدى طلاب المرحلة الثانوية. مجلة العلوم التربوية والنفسية، 21 (1)، 52 -9.
- المعافا، ابراهيم بن محمد؛ والحسن، رياض بن عبد الرحمن. (2019). مدى احتواء مناهج الرياضيات بالمرحلتين المتوسطة والثانوية بالمملكة العربية السعودية على هندسة الفركتال Fractal Geometry وتقنيات المعلومات والاتصال المصاحب لها. المؤتمر السادس لتعليم وتعلم الرياضيات- مستقبل تعليم الرياضيات في المملكة العربية السعودية في ضوء الاتجاهات الحديثة والتنافسية الدولية، جامعة أم القرى، كلية التربية.
- المعافا، ابراهيم محمد قناف. (2020). أثر تدريس الهندسة الكسورية في تنمية مهارات التفكير الإبداعي لدى طلبة قسم الرياضيات بكلية التربية- جامعة صنعاء. مجلة العلوم التربوية والنفسية، 38 (4)، 18 -1.
- ملكاوي، آمال. (2017). فاعلية دراسة مساق تكنولوجيا المواد النانوية في اكتساب أساسيات النانو تكنولوجي والاتجاهات نحوها. المجلة الأردنية في العلوم التربوية، 13 (3)، 338 -327.
- مياس، أبو الخير أحمد علي. (2017). برنامج قائم على تطبيقات النانو تكنولوجي وفاعليته في تنمية حل المشكلات الإبداعي والميل نحو الرياضيات لدى الطلبة المعلمين في اليمن، [رسالة دكتوراه غير منشورة]. كلية التربية، جامعة عين شمس.
- النفيش، تقية حزام ناصر. (2012). فاعلية استراتيجية مقترحة متضمنة برنامج GSP لتدريس هندسة الفركتال لطلبة كلية التربية في تنمية مهارات الإبداع والتفكير المنظومي وبقاء أثر التعلم، [رسالة دكتوراه غير منشورة]. كلية التربية، جامعة أسيوط.

المراجع الأجنبية:

- Alves, F. R. and Vieira, R. P. (2020). The Newton Fractal's Leonardo Sequence Study with the Google Colab. International Electronic Journal of Mathematics Education 15 (2). https: //doi.org/10.29333/iejme/6440
- Bhushan, B.(2010). Introduction to Nanotechnology. Springer. http: //www.springer.com/978- 3- 642- 02524- 2
- Elmeanawy, R., Elgendy, A., El- Zontahy, W. (2022). The Students Views of Nanotechnology and Its Application: A Case of Egypt Agricultural Secondary Schools. International Journal of Instructional Technology and Educational Studies (IJITES), 1 (1).
- Enríquez, L. (2018). Fractal: an Educational Model for the Convergence of Formal and Non- Formal Education. Open Praxis, 9 (4), 375–386.
- Filipponi, Luisa and Sutherland, Duncan. (2010). Introduction to Nanoscience and Nanotechnologies. Interdisciplinary Nanoscience Center (INANO).
- Gou, H. (2017). Exploring Online Learning Data Using Fractal Dimensions. Research Report Educational Testing Service.

- Hienze, O.Peitgen; Jurgens, Hartmut and Saupe Dietmar. (2004). Chaos and Fractals. Springer- Verlag New York.
- Ipek, Z., Atik, A., Tan, S., Erkoc, F. (2020). Study of The Validity and Reliability of Nanotechnology Awareness Scale in Turkish Culture. International Journal of Assessment Tools in Education, 7 (4), 674–689.
- Köse, Mücahit. (2021). The Knowledge and Awareness Levels of Gifted Children on Nanotechnology. Education Quarterly Reviews, 4 (1), Primary and Secondary Education, 157- 168.
- Laboratory of Nano and Quantum Engineering (LNQE), Office of Basic Energy Sciences Office of Science, U.S. DOE Version 05- 26- 06, pmd.
- Manelbrot. B. B.(1989). Fractal Geometry: What is it, and What does it do?. Great Britain.
- Marks, Terry. (2020).A Fractal Epistemology for Transpersonal Psychology. International Journal of Transpersonal studies.
- McGuire, M. (1991). An Eye for Fractals, Addison- Wesley, Redwood City.
- Nedelescu, D. A. (2018). Methods for Generating Fractals. Massachusetts Academy of Math and Science Worcester, Massachussets.
- Nouailhat, Alain. (2007). An Introduction to Nanoscience and Nanotechnology. British Library Cataloguing- in- Publication Data.
- Shcherbatykh, S. V. and Polyakova A.Y. (2020). Modern Educational Technologies in a Fractal Approach Implementation in the Math Lessons (on the Example of Learning a Probability- Statistical Line Elements). International Journal of Criminology and Sociology, 9 (3), 1709 – 1723.
- Tegart, Greg. (2003). Nanotechnology: The Technology for the 21st Century. The APEC Center for Technology Foresight Bangkok, Thailand.
- The Royal Society. (2004). Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties. Science Policy Section. London.
- Zor, Tuba Şenel and Kan, Adnan. (2021). Nanotechnology Attitude Scale Development Study for Pre- Service Science Fields Teachers. Journal of Scinece Learning, 4(2), 132- 133.