مقرر مقترح قائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي لتنمية مهارات التفكير المنتج والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي

A proposed Course Based on Mathematical Application of NANO Technology's Principles for Developing Productive Thinking Skills and Utility Value of Mathematics for The Second Cycle of Basic Education Pupils

إعداد

أ.م.د/ طاهر سالم عبد الحميد سالم
أستاذ المناهج وطرق تدريس الرياضيات المساعد
كلية التربية - جامعة حلوان
tahersalem2020@yahoo.com

د/ شادى ميلاد غالى عبد السيد
مدرس المناهج وطرق تدريس الرياضيات
كلية التربية - جامعة حلوان
shady-ghaly14@hotmail.com

المستخلص:

هدف البحث الكشف عن فاعلية المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تنمية مهارات التفكير المنتج والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي، ولتحقيق الهدف مِن البحث قام الباحثان بإعداد قائمة بمهارات التفكير المنتج في الرياضيات، وقائمة بأبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات، والمقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي (كتاب التلميذ)، ودليل المعلم للمقرر، واختيارعينة البحث، التي تمثَّلتْ في: (٣٨) تلميذًا وتلميذةً مِنْ تلاميذ الصف الثاني الإعدادي، وتضمنتْ أدوات البحث: اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، ومقياس القيمة الوظيفية للرياضيات، وتَمَّ تطبيقُهما على المجموعة التجريبية للبحث، قبل وبعد تجربة البحث، وأسفرتْ النتائج عن: وجود فرق دال إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) بين متوسطى درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلى والبعدي لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات لصالح متوسط درجات التطبيق البعدى، ووجود فرق دال إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) بين متوسطى درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلى والبعدى لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات لصالح متوسط درجات التطبيق البعدي، ووجود علاقة ارتباطية موجبة، ودالة إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) بين درجات التلاميذ في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، ومقياس القيمة الوظيفية للرياضيات، كما يتصف المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي بالفاعلية في تنمية مهارات التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي، وقدَّم البحثُ عددًا مِن التوصيات، والبحوث المقترحة.

الكلمات المفتاحية:

مقرر مقترح، التطبيقات الرياضية، مبادئ النانو تكنولوجي، التفكير المنتج، القيمة الوظيفية للرياضيات، تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي.

Abstract:

The research aimed at investigating the effectiveness of a proposed course based on mathematical application of NANO technology's principles in developing productive thinking and utility of mathematics for the second cycle of basic education pupils. To achieve the goal of the research, the researchers prepared a list of mathematical productive thinking skills, utility value of mathematics, the proposed course based on mathematical applications of the principles of nanotechnology including the pupil's book, and the teacher's guide. The sample of the research consisted of (38) pupils of the second grade preparatory stage. The research tools included mathematical productive thinking skills' test and the utility value of mathematics' scale which were administrated to the experimental group of the research, before and after the research experiment, and the research's results were as follows:There is a statistically significant difference at the level of (0.01) between the mean scores of the experimental group pupils in the pre- post administrations of the mathematical productive thinking skills test, in favor of the post- administration, There is a statistically significant difference at the level of (0.01) between the mean scores of the experimental group pupils in the pre- post administrations of the utility value scale of mathematics, in favor of the post-administration, There is a positive, statistically significant correlation at the level of (0.01) between the pupils' scores in the post-administration of the mathematical productive thinking skills test and the utility value of mathematics scale, The findings of the research confirmed the effectiveness of the proposed course based on mathematical application of NANO technology's principles in developing mathematical productive thinking and utility value of mathematics for the second cycle of basic education pupils. Based on the research findings, a number of recommendations and areas for further study were presented.

Key Words:

Proposed course, Mathematical applications, NANO technology principles, Productive thinking, Utility value of mathematics, Second cycle of basic education pupils.

مقدمة البحث:

تعد الرياضيات عنصرًا مؤثرًا فيما يجرى من مستحدثات علمية وتكنولوجية؛ لذلك فقد أصبحت مناهجها مطالبةً بتحقيق متطلبات التلميذ اللازمة للعيش في ظل هذا العصر، فلم يعد التفوق الرياضي يقاس بكم المعرفة لدى التلميذ، وإنما أصبح يقاس بقدرته على توظيف تلك المعرفة الرياضية، والاستفادة منها في التعامل مع مواقف ومتطلبات المجتمع الذي يعيش فيه.

فيشير السعيد و محمد (٢٠٢٠، ٢٠٥) (*) إلى أن الرياضيات تعتبر بمثابة العمود الفقرى للتقدم التكنولوجي في العصر الحديث، إذ لا يمكن أن يكون هناك معنى للتنمية في العالم الحديث دون معرفة كافية عن الرياضيات، ويضيف Artikbayeva et al (2023, 70) أن الرياضيات تقوم بدور كبير في تعزيز فهم المرء للعالم من خلال لغة الرموز والتمثيل المجرد للظواهر. ذلك ما جعل للرياضيات مكانة متميزة في نظم التعليم الحديثة، حيث تساعد الرياضيات على تكوين أنماط للتفكير ضرورية لفهم العالم المحيط بنا.

وعلى مدار التاريخ شهد علم الرياضيات تطورات متعاقبة شملت تعريف علم الرياضيات وما تتضمنه من فروع وتطبيقاتها المختلفة، فيشير كل من Yusuf & Zokir (2023, 5-6) إلى أن تعريف علم الرياضيات شهد تطورًا على مدار العصور، وذلك التطور نابع من الدور الوظيفي لعلم الرياضيات في كل العصور، وكان تطور علم الرياضيات دائمًا يسعى للإجابة عن سؤال: ما طبيعة علم الرياضيات وما وظيفته؟، فأخذت النظرة إلى علم الرياضيات تزداد اتساعًا وعمقًا كلما زاد التقدم العلمي والتكنولوجي، وكذلك كلما توسعت استخدامات علم الرياضيات في مختلف المجالات الحياتية والعلمية.

ويوضح Mandrikas et al (2020, 377) أن القرن الحادي والعشرون شهد ظهور علوم وتكنولوجيا النانو، وهي مجموعة من العلوم البينية متعددة التخصصات (Interdisciplinary) وتمثل أحد المجالات العلمية الهامة والواعدة. وهو الأمر الذي يتفق معه Feldman et al (2022, 2465) حيث يوضح أن تطبيقات تكنولوجيا النانو برزت في السنوات الأخيرة كمجال علمي مهم له صلة بكل من الصناعات المتقدمة والتقليدية التي تتسع لتشمل العديد من المجالات ومنها المعالجات الدقيقة والغذاء والمنسوجات وغيرها، وقد كون هذا حاجة متزايدة لبرامج تعليمية حول تكنولوجيا النانو على المستويين الجامعي وقبل الجامعى والتي يمكن أن تساعد في تدريب وتطوير المهارات واكتساب المعرفة في مجال تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها.

ويشير Schmid et al (2023, 1-2) إلى وجود اختلاف بين مفهومى علم النانو وتقنية النانو أو تكنولوجيا النانو؛ فمفهوم "علم النانو" يشير إلى المقياس النانومتري، في حين أن "تقنية النانو" تشير من جهة أخرى إلى تطبيق مبادئ علم النانو من أجل هندسة وتصنيع مواد وأجهزة وأنظمة ذات خصائص ووظائف فريدة، كما يشير إلى أهمية التوجه نحو إعداد مقررات دراسية تتضمن موضوعات ومفاهيم علوم النانو وتطبيقاتها، وكذلك تحديد جوانب التعلم الأساسية لتدريسها وتقديم الأدلة العلمية عن جدوى تطبيقها.

والجدير بالذكر أن للرياضيات وفروعها المختلفة العديد من التطبيقات والوظائف الهامة في مجال تكنولوجيا النانو، فتشارك الرياضيات في تمثيل الظواهر والتجارب العلمية باستخدام الصيغ الرياضية المختلفة من أجل تحديد العوامل المؤثرة فيها وتحليل العلاقات بين تلك العوامل سعيًا وراء تكوين فهم أعمق لتلك الظواهر، وتقديم استنتاجات وتنبؤات علمية سليمة، فالرياضيات وأساليبها المختلفة تمثل عامل رئيسي في البحوث العلمية.

الأمر الذي يتفق معه كل من (Aljabali, et.al, 2024; Guedri, et.al, 2024) حيث أشارو إلى الدور الهام للرياضيات في تمثيل ونمذجة الظواهر موضع الدراسة في مجالات متعددة، ومنها على سبيل المثال لا الحصر: اكتشاف الأنماط التي تظهر في مجال الاعاقات الذهنية من منظور نانوي والتعبير عنها بالرياضيات من أجل فهمها، وتمثيل العوامل المؤثرة في انتقال العدوى وإدارة

(*) تم التوثيق في البحث بنظام الجمعية الأمريكية لعلم النفس (الإصدار السابع) APA-7

الأوبئة ومكافحتها وفق تطبيقات تكنولوجيا النانو، فضلًا عن فهم التقارب بين النمذجة الرياضية وتكنولوجيا النانو وعلم الأوبئة في مجال التحول في النموذج الجينومي، ودور الرياضيات في تعزيز فهم الأمراض المعدية على المستوى الجزيئي وديناميكياتها.

ومن خلال ما سبق يتضح أن مفهوم علوم النانو وتطبيقاتها يمثل أحد المجالات العلمية الحديثة التي يمكن أن تغيير نظرتنا للواقع وتزيد من إدراكنا وفهمنا له، كما تحمل العديد من الامكانات التي يمكن أن تساهم في تطوير العلوم في شتى مجالاتها، وانطلاقًا من كون الرياضيات تسعى دائمًا إلى تلبية احتياجات كل عصر، وتوظف أدواتها العلمية في كل علم من خلال نمذجة المواقف وتحليلها وتفسيرها والتنبؤ بسلوكها، كان من الضرورى أن تشمل موضوعات الرياضيات المدرسية قدر كاف من المعرفة المتعلقة بتكنولوجيا النانو واسهام الرياضيات فيها من أجل إعداد التلاميذ لمتطلبات واحتياجات المستقبل القريب، عن طريق عرض نماذج متنوعة لتطبيقات الرياضيات في مجال تكنولوجيا النانو، وتوضيح طرق التفكير المتبعة في دراسة تلك المواقف، وكذلك تكوين صورة ذهنية عن الدور الوظيفي للرياضيات.

ويمثل التفكير أحد العوامل الرئيسية المساهمة في تطور حياة الإنسان وازدهار المجتمعات وتقدم العلوم، وانطلاقًا من طبيعة مادة الرياضيات التي تعتمد على الاستدلال المنطقي في تفسير الظواهر وتمثيلها وكذلك حل المشكلات والتنبؤ تتضح العلاقة الوثيقة بين الرياضيات والتفكير، فلا يمكن الانخراط في مهام رياضية بدون إعمال التفكير.

ويعد التفكير المنتج أحد أنماط التفكير الأساسية في القرن الحادي والعشرين، حيث يشير كل من (Aldawsari, et.al, 2023,3; Khasanovich, 2023, 362) إلى أن التفكير المنتج يمثل نمط من التفكير يجمع بين مهارات التفكير الناقد والتفكير الإبداعي ويوظفهما معًا لإنتاج أفكار جديدة يتفاعل فيها الإدراك الحسي مع الخبرة.

كما يوضح كل من (Al- Tamimi, et.al, 2023, 1264; Biswal & Raipure, 2022, 101; Oripova, 2024, 221) أن التفكير المنتج يمثل عملية إرجاء الحكم من أجل توليد أكبر عدد ممكن من الأفكار ثم العودة إلى تلك الأفكار لاتخاذ القرارات من خلال الحكم على الأفكار في ضوء معايير محددة مسبقًا، ويتضمن التفكير المنتج تحويل الأشياء أو الأفكار من صورة إلى أخرى، وتحديد عناصرها، كذلك وصف الاستراتيجيات، وإعداد التصميمات، فضلًا عن إعداد عروض تتضمن موضوعات أو مشكلات رياضية، وتحديد مصادر علمية للبحث والاستقصاء، وتتسم هذه العمليات بالوضوح والدقة وإظهار الأهمية والعمق.

كما أشارت العديد من الدراسات والأدبيات العلمية إلى العلاقة بين التفكير المنتج وتعليم وتعلم مادة الرياضيات، فأشار Rich et al (2024, 236) إلى أن المعلمين الذين يركزون على استخدام الأنشطة التعليمية التي تقوم على إعمال مهارات التفكير المنتج تساعد على تنمية مهارات التلاميذ في الرياضيات، وإثراء خبراتهم المعرفية في مجال الرياضيات، كما أشار Khusna et al (2024, 222) إلى أن التفكير المنتج يساعد التلاميذ على التعامل مع المشكلات والمواقف غير المعتادة والتي لا يقوم حلها على اتباع خوارزمية رياضية معينة بطريقة علمية صحيحة، وأضاف Stephens et al (2023, 1) أن التفكير المنتج ينعكس على زيادة قدرة التلاميذ على حل الدوال الرياضية بكفاءة.

تأسيسًا على ما سبق يتضح أهمية توفير الفرص التي تساعد التلاميذ على تنمية مهارات التفكير المنتج والتي تعد ضمن أهداف المنهج في القرن الحادي والعشرين، فضلًا عن اتاحة الفرص التي تمكن التلاميذ من إدراك أهمية الرياضيات ودورها الوظيفي في الارتقاء بحياة الإنسان واسهاماتها في شتى المجالات.

وتعد القيم المتضمنة في مادة الرياضيات وأيضًا تلك التي تتصل باستخدامات الرياضيات ودورها في التقدم الحضاري والتكنولوجي أحد المجالات الهامة في تعليم وتعلم الرياضيات، وذلك من أجل تكوين صورة ذهنية صحيحة عن علم الرياضيات وتطبيقاته وتصحيح معتقدات التلاميذ واتجاهاتهم نحو المادة.

فيشير Fan (2021, 389) إلى أن تعقد مفهوم القيمة يعد أحد العوامل التي تمثل تحديًا على الباحثين في هذا المجال وكذلك المعنيين بتعليم وتعلم الرياضيات، ويرجع هذا إلى أنه يمكن تناول المعتقدات والقيم المتعلقة بمادة الرياضيات من منظور المعلم أو المتعلم أو المعنيين بتصميم وتخطيط المناهج، كما يؤكد على ضرورة إجراء المزيد من البحوث التي تقدم أسس نظرية صلبة تتضمن القيم السائدة والقضايا المتعلقة بقيم تعليم وتعلم الرياضيات بهدف تحقيق التنمية الشاملة للمتعلم من أجل إعداده للمستقبل كعضو فعال في المجتمع.

ويرى كل من Tambunan & Yang (2022, 11) أنه هناك مجموعة متنوعة من القيم التي تتضمنها الرياضيات وتشمل القيم المتعلقة بقابلية الرياضيات للتطبيق (Applicability) والتكامل مع فروع العلوم الأخرى (Integration) ، بالإضافة إلى إدراك التلميذ لفوائد استخدامها (Usefulness)، وأنها يمكن تعلمها وإتقان مهاراتها (Achievable)، ويضيف أن التلاميذ يواجهون صعوبة في إدراك القيمة الوظيفية للرياضيات وتطبيقاتها في حل ما يواجهون من مشكلات حياتية نتيجة لقصور تصوراتهم المتعلقة بقابلية الرياضيات للتطبيق وكذلك تكاملها مع مجالات الحياة المتنوعة، كما أن الطبيعة المجردة للرياضيات وطرق تدريسها التي تقوم على إتباع المداخل والطرق التقليدية تجعلها أحد المواد التي تمثل تحدى أمام التلاميذ.

ويوضح محمد (٢٠٢١، ٧٣-٧٤) أن تقدير القيمة الوظيفية لمادة الرياضيات يعكس رؤية التلاميذ ومعتقداتهم حول دور المعرفة الرياضية في التطور المعرفي والتكنولوجي وفي حل المشكلات الحياتية، وفي بناء عقلية التلاميذ وتنمية تفكيرهم. كما أشار حسن (٢٠١٩، ٤٢) إلى أن تقدير القيمة الوظيفية لمادة الرياضيات تعبر عن رؤية التلميذ الذاتية لدور الرياضيات بالنسبة للفرد والعلم والتقنية وتترتب هذه الرؤية على محصلة تفاعل معلومات التلميذ عن هذا الدور، وانطباعه نحو الرياضيات.

ويتضح من خلال ما سبق أن القيم المتعلقة بالرياضيات بصفة عامة والقيمة الوظيفية للرياضيات على وجه الخصوص تمثل أحد العوامل الرئيسية التي تؤثر على تعليم وتعلم مادة الرياضيات، فالطبيعة المتشابكة والمجردة لمادة الرياضيات تجعل من الضرورى التأكيد على إبراز السياق الواقعى والدور الوظيفي للرياضيات في شتى مناحى الحياة، وكذلك توضيح وظائفها في مجالات العلوم المختلفة، فضلًا عن التأكيد على كون الرياضيات أحد مجالات المعرفة اللازمة للعمل والدراسة والتفاعل الاجتماعى وتنمية التفكير.

الإحساس بالمشكلة:

تولَّد الاحساس بمشكلة البحث لدى الباحثين مِنْ خلال ما يلي:

أوَّلًا - الدراسة الاستكشافية:

الدراسة الأولى:

قام الباحثان بإعداد وتطبيق اختبار للتفكير المنتج ملحق (٢)، على (٤٠) تلميذًا وتلميذةً مِنْ تلاميذ الصف الثاني الإعدادي، بمدرسة صلاح سالم للتعليم الأساسي، التابعة لإدارة العياط التعليمية؛ لقياس مستوى التفكير المنتج لديهم، وكان مِنْ أَهَمّ نتائج الاختبار ما يلي:

- أنَّ (٩٠٪) مِن التلاميذ (٣٦) تلميذًا وتلميذةً لديهم ضَعْفٌ في مهارات التفكير الناقد.
- أنَّ (٩٥٪) مِن التلاميذ (٣٨) تلميذًا وتلميذةً لديهم ضَعْفٌ في مهارات التفكير الإبداعي.

الدراسة الثانية:

قام الباحثان بإعداد وتطبيق مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات ملحق (٣)، على (٤٠) تلميذًا وتلميذةً مِنْ تلاميذ الصف الثاني الإعدادي، بمدرسة صلاح سالم للتعليم الأساسي، التابعة لإدارة العياط التعليمية؛ لقياس مستوى القيمة الوظيفية للرياضيات لديهم، وكان مِنْ أَهَمّ نتائج المقياس ما يلي:

- أنَّ (٩٥٪) مِن التلاميذ (٣٨) تلميذًا وتلميذةً لديهم ضَعْفٌ في تحديد القيمة الأكاديمية للرياضيات.
- أنَّ (٨٧,٥٪) مِن التلاميذ (٣٥) تلميذًا وتلميذةً لديهم ضَعْفٌ في تحديد القيمة الحياتية (التطبيقية) للرياضيات.

– أنَّ (٩٢,٥٪) مِن التلاميذ (٣٧) تلميذًا وتلميذةً لديهم ضَعْفٌ في تحديد القيمة المهنية للرياضيات.

ثانيًا: الدراسات والبحوث السابقة:

أشارت دراسات كل من (الخزاعلة وآخران،٢٠٢٠؛ Guzey, S. S., & Jung, 2021; Biswal & Raipure, 2022, 101-102) إلى أن التلاميذ لا يجيدون توظيف مهارات التفكير العليا والتي تعتبر من أهم أهداف التعليم في القرن الحادي والعشرين، فضلًا عن قصور مهارات التقويم والتي تعد ضمن مهارات التفكير الناقد، الأمر الذي يستوجب استخدام مداخل وأساليب تدريسية حديثة تعمل على تنمية مهارات التفكير لديهم، كما أشارت الدراسات إلى الاعتماد في تدريس وعرض موضوعات الرياضيات في الكثير من الأحيان على التلقين والتركيز على حفظ خطوات حل المسائل موضع الدراسة الأمر الذي يحد من فرص تنمية مهارات التفكير المنتج لدى التلاميذ، كما أن هناك العديد من البحوث، والدراسات السابقة الذين أوصُوا بضرورة تنمية التفكير المنتج في الرياضيات، مثل: (أحمد، ٢٠٢٢؛ الزهراني، ٢٠٢٣؛ عبد البر، ٢٠٢١؛ عبد الرحمن، ٢٠٢٤؛ العليان،٢٠٢٢).

أما فيما يتعلق بتقدير القيمة الوظيفية للرياضيات فقد أظهر العديد من الدراسات ومنها دراسة كل من (حسن،٢٠١٩؛ Fekumo & Omeka, 2022) وجود تصور سلبي تجاه مادة لرياضيات، كما أظهرت أن تلك التصورات السلبية للتلاميذ تؤثر بشكل كبير على أدائهم في مادة الرياضيات، ويرجع السبب في تكوينها إلى استخدام مفردات مجردة ومعقدة لا تظهر دور الرياضيات ولا توضح أهميتها ودورها الحقيقى، كما أن هناك العديد من البحوث، والدراسات السابقة الذين أوصُوا بضرورة تنمية القيمة الوظيفية للرياضيات، مثل: (إبراهيم وعبد النظير، ٢٠١٨؛ محمد، ٢٠٢١).

كما أظهرت دراسة كل من (Østergaard, 2024; Rojo Robas, et.al, 2020) أن معتقدات التلاميذ السلبية حول مادة الرياضيات لها تأثير كبير على مستوى التحصيل الأكاديمى والأداء الرياضي ككل، كما تؤثر بشكل كبير على دافعية التلاميذ نحو تعلم مادة الرياضيات، كما أن إتباع المعلم لمنهجيات غير جذابة ولا ترتبط بتطبيقات الرياضيات الواقعية له تأثير سلبى على معتقدات التلاميذ نحو المادة، الأمر الذي يزيد من الفجوة بين الرياضيات المدرسية وتطبيقاتها ودورها الوظيفي في الحياة الواقعية.

ثالثًا: المقابلات المفتوحة:

قام الباحثان بعمل مقابلة مفتوحة؛ لاستطلاع آراء بعض المعلمين؛ حيث تم استطلاع رأى (١٠) معلمٍ، ومعلمةٍ من معلمي الرياضيات بالمرحلة الإعدادية بمدرسة الشهيد أحمد أبو الدهب بنين، ومدرسة جمال عبد الناصر الإعدادية بنات، بإدراة الدقي التعليمية؛ للتعرف على واقع تدريس مادة الرياضيات، وإلى أي مدى يتم تنمية التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى التلاميذ، وقد دارت المقابلة حول التساؤلات الآتية:

- ما الطريقة التي يقوم بها المعلم لتنظيم محتوى مادة الرياضيات داخل الفصل لتحقيق أهدافه؟
- إلى أي مدى يستخدم معلمو الرياضيات مداخل وطرق تدريسية تعمل على تنمية التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى التلاميذ؟
- إلى أي مدى يستخدم معلمو الرياضيات التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في التدريس؟
- ما نوعية الأنشطة التي تُستخدم في تدريس الرياضيات التي تعمل على تنمية التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات؟ وما دور المتعلم في هذه الأنشطة؟
- ما شكل البيئة التعليمية التي يدرس فيها التلاميذ مادة الرياضيات؟ وهل يتم توفير مجموعة من المثيرات التي تثير تفكير التلاميذ؟

وكانت من أهم نتائج المقابلة ما يلي:

- ٨٠٪ من المعلمين يقومون بتدريس مادة الرياضيات عن طريق المحاضرة دون استخدام أيٍّ من الطرق الأخرى للتدريس، وبخاصة التي تعمل على تنمية التفكير.

- ٩٠٪ من المعلمين لا يوجد لديهم منهجية أو طريقة علمية لتنظيم المحتوى يمكن الاسترشاد بها في إعداد دروس الرياضيات، تعمل على تنمية التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى التلاميذ.
- ٩٠٪ من المعلمين ليس لديهم معرفة بالتطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في التدريس.
- ٨٠٪ من المعلمين يهملون الأنشطة أثناء تدريس الرياضيات التي تعمل على تنمية التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات.
- ٨٠٪ من المعلمين لا يهتمون بتنظيم البيئة التعليمية؛ حيث يتم في أغلب الأحيان الاستماع إلى إرشادات وتعليمات المعلم، والافتقار للمثيرات التي تعمل على إثارة دافعية التلاميذ نحو التعلم.

وبدراسة النتائج المستخلصة مِن الدراستَينِ الاستكشافيتَينِ، وتوصيات البحوث والدراسات السابقة التي اهتمتْ بتنمية التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات والبحوث والدراسات السابقة التي اهتمتْ بتوظيف مبادئ النانو تكنولوجى في تعليم وتعلم الرياضيات، وضَعْف مستوى التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى التلاميذ؛ لِذَا كانتِ الحاجة إلى إعداد وتصميم مقرر مقترح قائم التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجى؛ لتنمية مهارات التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي؛ حيثُ لا توجد دراسة علمية تربوية متخصصة عربية - في حدود عِلْم الباحثان - حاولت إعداد وتصميم مقرر مقترح قائم التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجى؛ لتنمية مهارات التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي.

مشكلة البحث:

تحدَّدَتْ مشكلة البحث فيما يلي:

"ضعف مستوى مهارات التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي؛ مما يستوجب العمل على تنميتهما من خلال إعداد وتصميم مقرر مقترح قائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي؛ لتنمية مهارات التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي ".

أسئلة البحث:

تناول البحث معالجة هذه المشكلة مِنْ خلال الإجابة عن الأسئلة التالية:

١. ما مهارات التفكير المنتج في الرياضيات المناسبة واللازم تنميتها لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي؟
٢. ما أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات المناسبة واللازم تنميتها لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي؟
٣. ما التصور المقترح لمقرر قائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي لتنمية مهارات التفكير المنتج والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي؟
٤. ما فاعلية المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تنمية مهارات التفكير المنتج في الرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي؟
٥. ما فاعلية المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تنمية القيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي؟
٦. ما العلاقة الارتباطية بين مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي؟

فروض البحث:

سعى البحث إلى التحقُّق مِنْ صحة الفروض التالية:

١. يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) بين متوسطى درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلى والبعدى لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات لصالح متوسط درجات التطبيق البعدى.
٢. يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) بين متوسطى درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلى والبعدى لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات لصالح متوسط درجات التطبيق البعدى.
٣. توجد علاقة ارتباطية موجبة، ودالة إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) بين درجات التلاميذ في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، ومقياس القيمة الوظيفية للرياضيات.

أهداف البحث:

تمثَّلتْ أهداف البحث في:

١. تنمية مهارات التفكير المنتج في الرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي.
٢. تنمية أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي.
٣. إعداد تصور لمقرر قائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي لتنمية مهارت التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي.
٤. التحقق من فاعلية المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تنمية مهارات التفكير المنتج في الرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي.
٥. التحقق من فاعلية المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تنمية أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي.
٦. الكشف عن العلاقة الارتباطية بين مهارات التفكير المنتج في الرياضيات والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي.

أهمية البحث:

تمثَّلتْ أهمية البحث في أنَّهُ قد يُفيد كُلًّا من:

١. **بالنسبة للتلاميذ:** الإسهام في تنمية مهارات التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي إذا طُبق البحث، وعُمم.
٢. **بالنسبة لبرامج تدريب معلمو الرياضيات أثناء الخدمة:** قد يساهم البحث في توجيه النظر إلى أهمية اكساب المعلمين المعارف والخبرات حول التطبيقات الرياضية في مجال تكنولوجيا النانو وأنماط التفكير المستخدمة في معالجة موضوعاتها، فضلاً عن إظهار العلاقة بين الرياضيات ومجالات العلوم الحديثة من أجل توضيح القيمة الوظيفية لها وتقليل الفجوة بين الرياضيات المدرسية وتطبيقاتها العملية في شتى المجالات، كذلك تقديم نماذج لكيفية عرض موضوعات الرياضيات وإظهار العلاقة بين الرياضيات والمجالات المعرفة الأخرى.
٣. **بالنسبة لبرامج إعداد المعلمين بكليات التربية:** قد يساهم البحث في تقديم إطار فكرى يوضح أهمية اكساب الطلاب المعلمين لثقافة النانو وكذلك توضيح التطبيقات الرياضية فيها، وذلك باعتبارها أحد جوانب التعلم الهامة في القرن الحادي والعشرين، فضلاً عن كونها أحد المجالات الحديثة التي يمكن توظيفها من أجل تنمية مهارات التفكير العليا ومنها التفكير المنتج وما يشمله من مهارات، بالإضافة إلى توضيح دور الرياضيات في العلوم من خلال تقديم موضوعات توضح بعض النماذج للتطبيقات الرياضية في مجال تكنولوجيا النانو، الأمر الذي قد يساعد التلاميذ على إدراك الدور الهام للرياضيات والقيمة الوظيفية لها، الأمر الذي ينعكس إيجابيًا على ممارساتهم التدريسية المستقبلية.

٤. **بالنسبة لمخططى ومطورى المناهج الدراسية لمادة الرياضيات:** قد يساهم البحث في توجيه النظر إلى أهمية التركيز على تنمية مهارات التفكير المنتج لما يشمله من مهارات هامة للتفكير تعد ضمن أهداف المناهج الحديثة التي تتماشى مع متطلبات العصر الحالي، وتساعد التلاميذ على إعمال أنماط التفكير العلمي السليم في معالجة وحل ما يوجهونه من مشكلات، فضلًا عن توضيح تطبيقات الرياضيات في الحياة العملية، وذلك من خلال توفير مجموعة متنوعة من موضوعات الرياضيات الحديثة التي تتناول مجالات علمية وقضايا تتماشى مع المستجدات العلمية الجديدة، أيضًا توفير الأنشطة التعليمية التي تسهم في تنمية مهارات التفكير العليا، ومنها التفكير المنتج، وتوضح الدور الوظيفي لمادة الرياضيات، فضلًا عن أهمية اكساب التلاميذ في مختلف المراحل الدراسية بعض المعارف والمهارات المتعلقة بتكنولوجيا النانو وتطبيقاتها باعتبارها أحد المجالات الهامة والرئيسية في القرن الحادي والعشرين.

٥. **بالنسبة للباحثين في مجال مناهج وطرق تدريس الرياضيات وإعداد معلم الرياضيات:** قد يساهم البحث في زيادة الاهتمام بتصميم ودراسة مقررات أو برامج تعليمية متنوعة تقوم على التطبيقات الرياضية لمبادئ تكنولوجيا النانو باستخدام منهجيات ومداخل تدريسية متنوعة للوقوف على مدى فاعليتها وتحديد أكثرها مناسبة، بالإضافة إلى دراسة مداخل ونماذج متنوعة تهدف إلى تنمية مهارات التفكير المنتج والقيمة الوظيفية للرياضيات وتحديد أفضلها في ضوء السمات والخصائص التي يتميز بها التلاميذ في الصفوف الدراسية المختلفة، وكذلك طبيعة مادة الرياضيات.

حدود البحث:

اقتصر البحث على الحدود التالية:

- (٣٨) تلميذًا وتلميذةً مِنْ تلاميذ الصف الثاني الإعدادي، بمدرسة (الفؤاد للتعليم الأساسي)، التابعة لإدارة "العياط التعليمية".
- تطبيق البحث بالفصل الدراسي الأول، للعام الدراسي (٢٠٢٤/٢٠٢٥م).

أداتا البحث:

- اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات. (مِنْ إعداد الباحثين)
- مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات. (مِنْ إعداد الباحثين)

منهج البحث:

اعتمد البحث الحالي على كُلٍّ مِن:

- المنهج الوصفي التحليلي في إعداد الإطار النظري.
- المنهج شبه التجريبي، وذلك باستخدام التصميم ذِي المجموعة الواحدة، مع القياس القبلي، والبعدي لأداتي البحث.

مصطلحات البحث:

- مبادئ النانو تكنولوجي:

تُعَرَّفُ **إجرائيًا في هذا البحث** بأنَّها: " الأسس الفلسفية التي تقوم عليها العلوم متعددة التخصصات بحيث تتكامل فروع المعرفة المختلفة في دراسة الظواهر النانومترية في مجالات الحياة المختلفة والتحكم في المادة ومعالجتها في الأبعاد النانومترية".

- التفكير المنتج في الرياضيات:

يُعَرَّفُ **إجرائيًا في هذا البحث** بأنَّهُ: " نشاط عقلى هادف يقوم على التكامل بين مهارات التفكير الناقد والإبداعي في معالجة وحل مشكلات ومواقف رياضية حياتية بطريقة مبتكرة، ويُقاس بالدرجة التي يحصل عليها التلميذ في الاختبار المعد لذلك ".

- القيمة الوظيفية للرياضيات:

تُعَرَّفُ **إجرائيًا في هذا البحث** بأنَّها: " الرؤية الذاتية لدور الرياضيات أكاديميًا ومهنيًا وتطبيقيًا، والتي تنتج من محصلة تفاعل معلومات التلميذ عن هذا الدور، وتقاس بالدرجة التي يحصل عليها التلميذ في المقياس المعد لذلك.

خطوات البحث، وإجراءاته:

للإجابة عن أسئلة البحث، والتحقُّق مِنْ فروضه، تَمَّ اتباع الخطوات التالية:

أولًا: الدراسة النظرية، وتتضمن: التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي ، مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، القيمة الوظيفية للرياضيات.

ثانيًا: إعداد وتصميم المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي وتطلب ذلك السير في الخطوات التالية:

١. إعداد وتصميم المقرر المقترح، وذلك من خلال تحديد: (الأسس العلمية، والمبادئ التي يستند إليها ، تحديد موضوع (عنوان) المقرر، تحديد الأهداف العامة للمقرر، تحديد موضوعات المقرر ومحتواها، تحديد الأهداف الإجرائية للمقرر، تحديد استراتيجيات التدريس المستخدمة في المقرر، تحديد الأنشطة التعليمية والمشروعات في المقرر، تحديد مصادر التعلم بالمقرر، تحديد أساليب التقويم المستخدمة في المقرر).

٢. عرض المقرر المقترح على مجموعة من المحكمين المتخصصين في مجال المناهج وطرق تدريس الرياضيات والعلوم؛ وذلك للتأكد من ملاءمة المقرر للهدف من بنائه، والتحقق من سلامته من الناحية العلمية والنظرية، ثم إجراء التعديلات اللازمة؛ للوصول إلى الصورة النهائية للمقرر.

ثالثًا: إعداد دليل المعلم الخاص بالمقرر المقترح، وعرضه على مجموعة من المحكمين المتخصصين في مجال المناهج وطرق تدريس الرياضيات، وإجراء التعديلات اللازمة؛ للوصول إلى الصورة النهائية له.

رابعًا: إعداد أداتي البحث:

١. إعداد اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، وحساب صدقه، وثباته.

٢. إعداد مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات، وحساب صدقه، وثباته.

خامسًا: الدراسة الميدانية، وتتضمن:

١. اختيار عينة البحث مِنْ تلاميذ الصف الثاني الإعدادي، التي تدرسُ المقرر المقترح.

٢. تطبيق أداتي البحث: (اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات) تطبيقًا قبليًا على عينة البحث.

٣. تدريس المقرر المقترح لتلاميذ المجموعة التجريبية.

٤. تطبيق أداتي البحث: (اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات) تطبيقًا بعديًا على عينة البحث.

٥. إجراء المعالجة الإحصائية المناسبة؛ لاختبار صحة الفروض، والإجابة عن أسئلة البحث.

٦. عرض النتائج، وتحليلها، وتفسيرها.

٧. تقديم التوصيات، والبحوث المقترحة في ضوء ما تسفرُ عنه النتائج.

الإطار النظريّ:

هدف الإطار النظري للبحث إلى تناول متغيراته، وهي: التطبيقات الرياضية لمبادئ تكنولوجيا النانو ومهارات التفكير المنتج في الرياضيات، والقيمة الوظيفية للرياضيات، حيث تم تناولها بالتفصيل فيما يلي:

المحور الأول: التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي:

أولاً: طبيعة النانو تكنولوجي وعلاقتها بالرياضيات:

تعد النانو تكنولوجي وتطبيقاتها أحد المجلات العلمية الحديثة والواعدة، حيث ازداد الاهتمام بتكنولوجيا النانو وتطبيقاتها على مستوى العالم في السنوات الأخير نظرًا لأهميتها وسعيًا للاستفادة من تطبيقاتها في شتى المجالات التي تمتد لتشمل الصحة والصناعة والاتصال وغيرها من المجالات.

ويوضح Zhang et al (2023, 5) تزايد أهمية علوم النانو وتكنولوجيا النانو في شتى مجالات العلوم، حيث ساهمت تطبيقاتها المختلفة في تغيير نمط الحياة إلى الأفضل، وأصبح العديد من تلك التطبيقات مستخدمًا بشكل يومي في حياة الفرد، كما يشير إلى أن مجال علوم النانو وتكنولوجيا النانو أصبح مجالًا خصبًا للبحوث العلمية الطبية والمعمارية والهندسية وغيرها، وتركز تقنية النانو بالأساس على التحكم في المادة ومعالجتها في الأبعاد النانومترية، ويعادل النانو متر الواحد (10^{-9}) من المتر، وتم استخدام وحدة القياس النانومتر منذ عام ١٩٦٠ عند قبولها واعتمادها في نظام وحدات القياس الدولية (International system of units of measures).

وفيما يتعلق بالأصل اللغوى لكلمة نانو (NANO) فيشير Bohlom (2016, 164) إلى أن الشكل اللغوى لكلمة نانو مشتق من الكلمة اللاتينية الكلاسيكية نانوس (nanus) ولفظها اليوناني القديم (nanos- νάνος)، والتي تعنى قزم.

ويذكر Shanmugam (2019, 12-13) أن تطبيقات النانو تكنولوجي تشمل العديد من المجالات، ومن أهمها:

- **مركبات المصفوفة المعدنية للأنابيب النانوية الكربونية (CNT-MMC):** وهي عبارة عن بناء مادي شديد الصلابة وهو يعد أحد المجالات الواعدة في علوم المادة.
- **أجهزة الحاسوب النانوية (Nano-computers):** وتتمثل في تكامل القواطع والدوائر الكهربية النانوية، وزيادة مساحات التخزين مع كفاءة الأداء الكهربي، مما سيعمل على تقليل استهلاك الطاقة وزيادة فاعلية الأجهزة وكفاءتها.
- **تكنولوجيا النانو الحيوية (Bio-Nanotechnology):** ومن أمثلتها تصميم مستشعرات نانوية حيوية تقوم باستشعار نسبة الجلوكوز في الدم مما يساهم في علاج مرضى السكر، فضلًا عن تطبيقاتها في جراحة المناظير، وكذلك العلوم الصيدلانية والعقاقير وزيادة كفاءتها.
- **الروبوتات النانوية (Nano-robots):** يعد مجال توافق الميكانيكا النانوية (Michano-compatibility) في الجسم البشرى من أبرز المجالات البحثية التي يهتم بها الأطباء والخبراء، ويهتم هذا المجال بتصميم روبوتات نانوية يتم وضعها داخل جسم الإنسان ويتم التحكم فيها كيميائيًا وفيزيائيًا لتقوم بمهام متنوعة ومنها استكشاف الأنسجة والخلايا.
- **الطباعة بالحفر والطباعة النانوية (Lithography and nanoscale printing):** تستخدم الطباعة بالحفر لبناء أشياء بقياس نانومتري دقيق وهي تعد أحد البدائل الأفضل من التصوير والطباعة الضوئية (Photolithography) أو الإلكترونية (Electron beam).
- **الخلايا الكهربية (Fuel cells):** تتزايد تطبيقات الخلايا الكهربية النانوية في مجالات الطاقة والنقل وكذلك الأجهزة الإلكترونية من حواسب وأجهزة اتصال وغيرها.

من خلال ما سبق تتضح أهمية تطبيقات النانو تكنولوجي وضرورة اكساب التلاميذ قدر كاف من المعلومات والمعارف توضح جوانب ذلك المجال العلمي الحديث وطبيعته ومبادئه.

ثانيًا: مبادئ النانو تكنولوجي:

تقوم النانو تكنولوجي وعلوم النانو على مجموعة من الأسس والمبادئ التي تمثل ركائز هذا المجال العلمي الحديث، ويمكن تلخيص أهم الملامح التي تتسم بها طبيعة ومبادئ النانو تكنولوجي من خلال ما أشار إليه كل من (Kaura, et.al, 2023, 7; Newberry, 2020, 58; Omran, 2020, 1) في النقاط التالية:

- تقنية النانو هي مجال علمي متعدد التخصصات يدمج الكيمياء والعلوم الهندسية والفيزياء والرياضيات وعلوم المواد معًا.
- هو العلم الذي يهدف بشكل رئيسي إلى تصميم وتوصيف وإنتاج مواد نانوية بأشكال وأحجام يمكن التحكم فيها.
- يتعامل مع المواد ذات الأبعاد الأقل من ١٠٠ نانومتر. ويشار إلى هذه المواد باسم المواد النانوية، أو الجسيمات النانوية، أو المركبات النانوية، أو الهياكل النانوية، وتمتلك هذه المواد خصائص ميكانيكية وكهربائية وبصرية ووظيفية ومغناطيسية متميزة.
- تمثل علوم النانو فرصة كبيرة تمكن العلماء من إعادة اكتشاف وفهم العالم، فكل الأشياء المادية تتكون من ذرات، وتمكن تطبيقات تكنولوجيا النانو من فهم ألية عملها وتحديد خصائص المادة وتعديلها.
- تمثل علوم النانو وتطبيقات النانو تكنولوجي عامل رئيسي في تطور العلوم الكلاسيكية، كما تفتح المجال لمساحات بحثية جديدة.

ثالثًا: التطبيقات الرياضية لتكنولوجيا النانو:

ترتبط كافة العلوم بالرياضيات، فالرياضيات تمثل بناء منطقي يساعد في تحليل وتفسير والتنبؤ بسلوك الظواهر، كما أن الرياضيات تعتبر أحد جوانب المعرفة الرئيسية التي لا يمكن الاستغناء عنها، فهي جزء لا يتجزأ من كل نشاط إنساني.

فيشير كل من Moore & Chow (2021, 1-2) إلى أنه ينبغي النظر إلى الرياضيات في التعليم الحديث كظاهرة متعددة الأوجه ومتعددة الأبعاد، تتضمن جوانب علمية وتطبيقية وتاريخية، فالرياضيات لا تقتصر على النظريات الرياضية وحسب، بل تمتد لتشمل الجوانب العلمية والتقنية والتاريخية والفلسفية والتعليمية والتنافسية وحتى العناصر الفنية، فالرياضيات هي عنصر أساسي في الثقافة الإنسانية.

وانطلاقًا مما سبق يمكن استنتاج أن الرياضيات تتداخل وتتكامل مع كافة العلوم، ويمكن تلخيص أهم التطبيقات الرياضية في علوم النانو وتطبيقات النانو تكنولوجي وفق ما أظهرته دراسات كل من (Ali, et.al, 2021; Anantha et.al, 2023; Craig, et.al, 2020) فيما يلي:

- استخدام النمذجة الرياضية في تمثيل ووصف ودراسة ظواهر متعددة.
- الاعتماد على الأساليب الرياضية والإحصائية في التوصل إلى النتائج وتحليلها وتفسيرها.
- استخدام التمثيلات الرياضية المتنوعة في عرض المعلومات وتحديد أهم العوامل المؤثرة في الظواهر موضع الدراسة.
- استخدام لغة الرياضيات وما تتضمنه من مصطلحات ورموز ومفاهيم في دراسة الظاهرة.

ويمكن عرض بعض الأمثلة التي توضح تكامل الرياضيات مع مختلف مجالات العلوم وتطبيقاتهـا المتنوعـة، فيشير كل من Quintas & DuCasse (2020, 281) إلى مجال الرياضيات الكيميائية كأحد أمثلة التطبيقات الرياضية البينية (Mathematical chemistry) والتي تتضمن تطبيق مجالات رياضية متخصصة في علم الكيمياء مثل التوبولوجيا وعلوم الكمبيوتر والاحتمالات/الإحصائيات ونظرية الرسم البياني.

ويضيف Tayan (2020, 165) مجال الرياضيات الحيوية (Biomathematics) وهو أحد مجالات العلوم التي تهتم باستخدام النظريات الإحصائية، والاحتمالات في دراسة الأنشطة المتضمنة في

دورة الحياة والعوامل المؤثر فيها، كذلك استخدام الأساليب الرياضية في دراسة الوراثة، وتنوع وتطور المجتمعات، بالإضافة إلى استخدام نظرية المجموعات الغامضة (Fuzzy set theory) في دراسة أشكال مختلفة من أنشطة الكائنات الحية مثل الطيور وتدفق الدم وغيرها.

ومن خلال ما سبق تتضح العلاقة بين علم الرياضيات وتطبيقاته في مجال تكنولوجيا النانو فضلًا عن أهم الأساليب الرياضية المستخدمة في هذا المجال، وتأسيسًا على ذلك فإن إعداد محتوى علمي يتضمن إظهار دور الرياضيات واسهامها في هذا المجال الحديث، يعد أحد المتطلبات الأساسية من أجل إعداد التلاميذ للحياة في المستقبل الذي سيشهد المزيد من التطور في علوم النانو وتطبيقاتها في شتى المجالات، كما يجب الاهتمام باكساب التلاميذ المهارات والمعارف وطرق التفكير المناسبة لهذا العصر، وإدراك قيمة الرياضيات في التقدم العلمي والحضاري.

رابعًا: مجالات علم النانو:

تتضمن علوم النانو العديد من الفروع والتطبيقات في شتى المجالات، حيث يمكن عرض أهم تلك المجالات في ضوء ما أشار إليه كل من (Al Dabbagh, 2022, 33; Bakhshali, 2020, 77; Dwivedi, 2022; Gomes, et.al, 2021; Reddy, 2020; Kang et.al, 2023; Sugioka, 2023) فيما يلي:

- **علم النانو (Nano-science):** ويركز على دراسة الظواهر والتلاعب بالمواد على المقاييس الذرية والجزيئية والجزيئية الكبيرة، حيث تختلف الخصائص المواد عن تلك الموجودة على مقياس أكبر.
- **الهندسة النانوية (Nano-engineering):** وتتضمن العلوم والهندسة المشاركة في تصميم المواد وتوليفها وتوصيفها وتطبيقها بما تشمله من أجهزة التي يكون أصغر هيئة لها في بُعد واحد على الأقل على مقياس نانومتري، وتتراوح أبعادها من بضعة إلى عدة مئات من النانومترات.
- **علم الموائع النانوية (Nano-fluidics):** ويتضمن الموائع النانوية أجهزة موائعية مصغرة تحتوي على بنية من بُعد واحد على الأقل في المقياس النانوي. ولا تقتصر تطبيقات الموائع النانوية على استشعار وتشخيص الجزيئات المفردة وفصل الأجسام النانوية مثل الحمض النووي (DNA) فقط ولكن أيضًا دراسة هجرة الخلايا السرطانية وغيرها من التطبيقات. ويضيف Shiri et al (2023) أن علم الموائع النانوية يمثل دراسة نقل السوائل عبر الهياكل التي يتراوح حجمها من ١ إلى ١٠٠ نانومتر، بينما تستخدم الموائع الدقيقة قنوات السوائل التي يزيد حجمها عن ١٠٠٠ نانومتر.
- **البصريات النانوية (Nano-Optics):** وتتمثل في تصميم هوائيات نانوية ضوئية يمكنها التحكم في الضوء على المستوى النانوي، مما يجعل منها أحد الانجازات المهمة لمجالات التحفيز الضوئي وأجهزة الاستشعار والملقط الجزيئي الحيوي.
- **المغناطيسية النانوية (Nano-magnetism):** وتتمثل في القدرة على التحكم الدقيق في سلوكيات المواد التي تستخدم مجالًا مغناطيسيًا مطبقًا خارجيًا، ومن تطبيقاتها أجهزة الاستشعار الحيوية، الفصل المغناطيسي، التحكم المضاد للبكتيريا، توصيل الأدوية المستهدفة، ارتفاع الحرارة المغناطيسية، التصوير بالرنين المغناطيسي.
- **الالكترونيات النانوية (Nano-electronics):** وتتمثل في دراسة الخواص الإلكترونية للمواد في مقياس نانوي، بحيث يتم تفسير الخصائص الإلكترونية للمواد النانوية باستخدام الأساليب الحسابية والمراقبة التجريبية.
- **الميكانيكا النانوية (Nano-mechanics):** ميكانيكا النانو هي الأداة المثالية لدراسة وتحسين الخواص الميكانيكية مثل الصلابة والقوة والمرونة واللدونة لأجزاء الآلة النانوية، أيضاً تعد

ميكانيكا النانو أداة رياضية حديثة لملء الفراغ بين ميكانيكا الكم التي تتعامل مع حركة الذرات والجزيئات والميكانيكا الكلاسيكية.

خامسًا: تصنيف النانو تكنولوجي والمواد النانوية:

يعتمد تصنيف النانو تكنولوجي وفق عدة معايير، فيمكن تصنيفها وفقًا لنوع المادة وطرق تكوينها والمنتج النهائى وآلية الاستخدام، فقد حدد Singh et al (2023, 3) تلك التصنيفات على النحو التالي:

- **التصنيف وفق المادة (Material):** وتشمل مواد مهيكلة نانويًا، ومواد متناهية الصغر.
- **التصنيف وفق جزيئات المادة النانوية (Nano fracture):** ويقصد بها الطرق التي تم من خلالها تكوين المواد النانوية.
- **التصنيف وفق المنتج (Nano product):** وتتضمن الصفائح والألياف والجزيئات النانوية.
- **التصنيف وفق آلية الاستخدام (Device):** وتتضمن الآلات الميكانيكية والإلكترونية والمغناطيسية والموائعية.

الجدير بالذكر أن تصنيف النانو تكنولوجي يختلف عن تصنيفات المواد النانوية، حيث يوضح Tripathi et al (2022, 4) أن المواد النانوية يمكن تصنيفها إلى مواد تتكون طبيعيًا ومنها الأحماض النووية والفايروسات وأنواع البروتينات، أو مواد نانوية من صنع الإنسان من دون قصد وتتكون نتيجة حرق واستهلاك المواد العضوية (Hydrocarbons) أو غيرها من الطرق، وتركز النانو تكنولوجي على تلك المواد النانوية التي تم تصميمها بقصد وهدف معين.

ويشير Singh et al (2020,84-86) إلى التصنيفات المختلفة للمواد النانوية على النحو التالي:

- **تصنيف المواد النانوية على أساس المادة**: وتشمل المواد الكربونية النانوية وتتكون المواد النانوية لهذه الأنواع من الكربون ولها أشكال مختلفة مثل الأنابيب أو الكرات المجوفة، أو الألياف النانوية الكربونية، أو الفوليرين والجرافين، وتتضمن المواد التالية:
  - **المواد النانوية غير العضوية:** وهي تلك المواد النانوية التي يمكن تشكيلها من المعادن وأكاسيد المعادن مثل الحديد أو الفضة وغيرها.
  - **المواد النانوية العضوية:** تتكون المواد النانوية العضوية من مواد عضوية غير الكربون ومواد غير عضوية، ويتم تصنيع هذه المواد النانوية من خلال التجميع الذاتي أو التحول من المادة العضوية إلى البنية المطلوبة.
  - **المواد النانوية المركبة:** وتتكون من طبقة إضافية من الجسيمات النانوية، حيث يتم دمج هذه المواد النانوية مع جسيمات نانوية أخرى أو مواد سائبة أو مواد أكثر تعقيدًا مثل الهياكل المعدنية، ويمكن أن تتكون المركبات من أنواع عديدة من المواد مثل البوليمرات المعدنية أو الخزفية أو العضوية أو غير العضوية أو القائمة على الكربون أو السائبة.
- **تصنيف المواد النانوية على أساس الأبعاد**: فللمواد النانوية الصغيرة أبعاد مختلفة فمنها مواد ذات بعد واحد مثل النقاط الكمية (Quantum dots)، وبعدان وثلاثة أبعاد، وتوجد المواد النانوية في أشكال مفردة أو مجمعة أو مندمجة في عدة أشكال مثل الأنبوبية، والكروية، وغير المنتظمة، ومن أكثر أنواع المواد النانوية شيوعًا هي الألياف النانوية، والأنابيب النانوية، والنقاط الكمية، والصفائح النانوية.

سادسًا: طبيعة اكساب مفاهيم النانو تكنولوجي:

انطلاقًا من أهمية علوم النانو وتطبيقاتها واعتبارها أحد المجالات الرائدة والواعدة في البحث العلمي والصناعي وتداخلها في العديد من التطبيقات، فقد أثار ذلك اهتمام الباحثين المهتمين بمجال دمج تطبيقات النانو وعلوم النانو ومفاهيمها في المناهج الدراسية المختلف، فقد تعددت الدراسات والبحوث التي أهتمت بتعرف طرق اكساب مفاهيم تكنولوجيا النانو وعلم النانو في مجالات العلوم المختلفة لدى

التلاميذ في المراحل الدراسية المتنوعة ومنها على سبيل المثال دراسة Mandrikas et al (2020) التي هدفت تحديد فاعلية برنامج تعليمى يتضمن مجموعة من الإجراءات التعليمية التعلمية تركز على حجم ومقياس وتغير خصائص بعض المواد النانوية الهايدروفوبية (Hydrophobic) أو الجاذبة للماء والهايدروفيلية (Hydrophilic) الطاردة للماء لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية، وقد تم ذلك من خلال مناقشة بعض الأدبيات المتعلقة بمفاهيم النانو مع التلاميذ، وقد أظهرت نتائج الدراسة قدرة تلاميذ المرحلة الابتدائية على فهم واستيعاب المفاهيم المتعلقة بتكنولوجيا النانو وعلوم النانو موضع التجريب، فضلًا عن التأكيد على أهمية دراسة العديد من المداخل التي يمكن بواسطتها اكساب مفاهيم النانو للتلاميذ.

كما هدفت دراسة Peikos et al (2022) إلى تجريب محتوى علوم النانو وتكنولوجيا النانو من خلال التركيز على التغيير المفاهيمى للتلاميذ في المرحلة الابتدائية، وقد تضمن المحتوى موضوعات مثل تأثير زهرة اللوتس (Lotus effect) والحجم وغيرها من تطبيقات تكنولوجيا النانو، وقد أظهرت نتائج الدراسة أن تصورات التلاميذ عينة البحث كانت متشابهة إلى حد كبير مع المفاهيم العلمية الصحيحة المتعلقة بعلوم وتكنولوجيا النانو.

أيضًا هدفت دراسة Dorouka & Kalogiannakis (2023) إلى تجريب استخدام الألعاب الإلكترونية التعليمية في اكساب تلاميذ المرحلة الابتدائية لبعض مفاهيم علم النانو تكنولوجي، حيث تم التركيز على اكساب ودراسة المفاهيم والأسس الخاصة بعلم النانو تكنولوجي ومفهوم الحجم، وقد أظهرت النتائج فاعلية استخدام الألعاب الإلكترونية في اكساب وتنمية بعض مفاهيم علم النانو لدى التلاميذ عينة البحث.

أيضًا أظهرت دراسة Curreli & Rakich (2020) فاعلية استخدام المدخل التكاملى متعدد التخصصات (STEM) في اكساب مفاهيم علم وتكنولوجيا النانو لدى المتعلمين في المرحلة الثانوية، كما أظهرت النتائج فاعلية البرنامج في استثارة حب استطلاع المتعلمين واهتمامهم لتعلم المزيد عن علوم النانو وتطبيقاتها المختلفة.

كما أظهرت نتائج دراسة Kottegoda et al (2022) فاعلية استخدام أدوات تعليمية تفاعلية في اكساب وتنمية مفاهيم تكنولوجيا وعلوم النانو لدى المتعلمين في المرحلة الثانوية عينة البحث، وقد شملت تلك الأدوات مجموعة من الأنشطة والألعاب التعليمية التي تهدف إلى مساعدة المتعلمين على تصور وإدراك القياسات النانوية وتركيب بعض المواد النانوية من خلال مجموعة من المواد الكيميائية المتاحة، كذلك بعض التجارب العلمية التي تساعد في استيعاب مفاهيم علوم وتكنولوجيا النانو وخصائص تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها الواقعية في الطبيعة والبيئة والحياة اليومية، كما اشتملت تجربة البحث على تطبيق بعض ورش العمل.

ومن خلال ما سبق يمكن استنتاج أهم الملامح التي يجب أن تتسم بها موضوعات علوم وتكنولوجيا النانو وأنشطتها التعليمية وذلك بما يتناسب مع سمات وخصائص التلاميذ المختلفة في النقاط التالية:

- تحديد السمات والخصائص المعرفية والنفسية للتلاميذ لتحديد مستوى تعقد مفاهيم تكنولوجيا وعلوم النانو المناسب.
- التركيز على استخدام المناقشات والتجارب والمعينات البصرية المحسوسة لتقريب مفاهيم تكنولوجيا وعلوم النانو للتلاميذ.
- عرض الرياضيات في سياق بيني يوضح العلاقة بين الرياضيات ومجالات العلوم الأخرى مع التركيز على وظيفتها.
- التركيز على استخدام الأساليب الرياضية ولغة الرياضيات في تمثيل ونمذجة المواقف والتجارب موضع الدراسة.

- تصميم أنشطة تعليمية تقوم على دراسة ظواهر طبيعية مثل ظاهرة اللوتس أو تطبيقات هندسة الفركتال في عرض مفاهيم تكنولوجيا وعلوم النانو.
- الاستعانة بتطبيقات حاسوبية تساعد على توضيح ومحاكاة الخصائص النانوية للمواد من أجل تيسير فهمها واستيعابها لدى التلاميذ.
- توضيح أهم التطبيقات الحياتية لتكنولوجيا وعلوم النانو وكذلك دور الرياضيات فيها.
- تصميم أنشطة تساعد التلاميذ على إدراك الأبعاد والخصائص الفيزيائية مثل الأبعاد والوزن والكتلة وغيرها في المقياس النانوى مع توضيح الأساليب الرياضية التي يمكن من خلالها تمثيل تلك الوحدات ومقارنتها بمثيلاتها من وحدات القياس الأخرى.
- تصميم أنشطة تعليمية توضح الخصائص الفيزيائية للمواد النانوية وطرق تمثيلها باستخدام الأساليب الرياضية المختلفة.

المحور الثانى: مهارات التفكير المنتج في الرياضيات:

أولاً: أهمية تنمية مهارات التفكير المنتج في الرياضيات:

تمثل مهارات التفكير وتنميتها أحد الأهداف الرئيسية للمناهج الحديثة، فقد جذب التفكير وتنمية مهاراته اهتمام العديد من المؤسسات المعنية بتعليم وتعلم الرياضيات على مستوى العالم، فضلًا عن كونه أحد المجالات الخصبة في البحث العلمي في مجال تعليم وتعلم الرياضيات.

فقد ذُكرت مهارات التفكير الناقد والإبداعي في العديد من الوثائق ومعايير تعليم وتعلم الرياضيات للجيل الجديد، حيث أكدت وثيقة ولاية نيويورك لمعاير تعليم الرياضيات للجيل الجديد New York State Next Generation Mathematics Learning Standards (2019, 4) على ضرورة العمل على اكساب التلاميذ مهارات التفكير الإبداعي والناقد كأحد المتطلبات الرئيسية لسوق العمل والاقتصاد، فالمجتمع والاقتصاد الجديد له آثار على نظام التعليم اليوم، الأمر الذي يتطلب إتقان مهارات الاتصالات والتحليل النقدي.

كما ذُكر في معايير تعليم وتعلم الرياضيات لولاية منيسوتا Minnesota academic standards in mathematics (2022, 2) أن تعليم الرياضيات يحتاج إلى التطوير ليتواكب مع التغيرات الثقافية والتكنولوجية المستمرة في المجتمع، حيث أكد على أهمية توفير الفرص التي تساعد التلاميذ على تنمية مهارات حل المشكلات المعقدة والتفكير النقدي والاستدلال والتفكير التحليلي والتركيز على إتباع معايير التعلم النشط.

كما أوصت الجمعية المصرية لتربويات الرياضيات (٢٠٢٣، ١١) في مؤتمرها الرابع عشر على ضرورة الاهتمام بغرس قيم حب الابتكار والإبداع وتنمية مهارات التفكير المنتج لدى التلاميذ.

كما تتضح أهمية تنمية مهارات التفكير المنتج في الرياضيات من خلال ما أشارت إليه العديد من الدراسات ومنها دراسة (عبد الرحمن، ٢٠٢٤، ١٠٠٠؛ محسن وخليل، ٢٠٢٢، ٤٣٥٢؛ Abd Al Razzaq & Kadhim, 2021, 4190; Tasni & Adohar, 2020, 42) حيث أوصو على :

- الاهتمام بتنمية مهارات التفكير المنتج في مادة الرياضيات وتوفير الأنشطة التعليمية المناسبة لذلك.
- تدريب المعلمين على كيفية تنمية مهارات التفكير المنتج في مادة الرياضيات في المراحل الدراسية المختلفة.
- وضع موضوعات وأنشطة تساعد على تنمية مهارات التفكير المنتج في مادة الرياضيات.
- تدريب الطلاب/ المعلمين في فترة الإعداد بالكليات على طرق تنمية مهارات التفكير المنتج في مادة الرياضيات.
- زيادة التركيز على تنمية تفكير التلاميذ واستثارة دافعيتهم وحب استطلاعهم مما يتيح الفرص أمامهم لإعمال مهارات التفكير، وتجنب الأساليب التي تركز على الحفظ والاستظهار لمعلومات وخطوات الحل.

- توفير أنشطة تعليمية تركز على تدريب التلاميذ على جمع البيانات والتمثيل والتحقق من البيانات الأولية لفهم خطوات حل المشكلات، والتخطيط لاستراتيجية فعالة لحل المشكلة، واستيعاب مفاهيم الرياضيات، وتقييم عملية حل المشكلة.

ثانيًا: مهارات التفكير المنتج:

أشارت العديد من الدراسات والأدبيات إلى مهارات التفكير المنتج حيث اتفق كل من (عبد الرحمن، ٢٠٢٤، ٩٦٤؛ Jawad, 2022, 424) على أن مهارات التفكير المنتج تتضمن مهارات التفكير الناقد والإبداعي، وفيما يلي عرضًا لها:

١. **التفكير الناقد (Critical thinking):** ويشير كل من(Barth & Pfister (2023, 63 إلى أنه نمط من التفكير الهادف والمنظم ذاتيًا والذي يتضمن التفسير والتحليل والتقويم، وكذلك تفسير الدلائل والمفاهيم والمنهجيات والسياقات في ضوء معايير محددة، ويحدد كل من (Abd Al Razzaq & Kadhim, 2021, 4179; Yanuarto & Hapsari, 2022, 60) المهارات المتضمنة في التفكير الناقد على النحو التالي:

- **مهارة التعرف على الفرضيات:** وتعني أن يكون لدى التلميذ القدرة على التحقق من بعض الفرضيات والمعلومات المتوفرة لديه.
- **مهـــــــــــارة الاستدلال:** وتتمثل في القدرة على رسم العلاقات بين الحقائق المعطاة وإصدار الحكم على مدى صحة الاستنتاج المستمد من تلك الحقائق.
- **مهـــــــــــارة التفسيـــر:** القدرة على التعرف على التفسيرات المنطقية، وتحديد المشكلة، والتعميم بناءً على معلومات محددة، وتحديد ما إذا كانت النتائج مقبولة أم لا.
- **مهـــــــــــارة تقييم الحجج**: هي القدرة على التمييز بين الحجج القوية والضعيفة.

٢. **التفكير الإبداعي (Creative thinking):** ويشير كل من Doncean & Doncean (2022, 124) إلى أنه عملية اكتشاف وتحديد العلاقات بين الأشياء أو الأفكار، والتي لا يوجد أي اتصال بينها، ويتطلب التفكير الإبداعي القدرة على التخيل ويتضمن عدة أفكار أو حلول محتملة للمشكلة موضع الدراسة، ويحدد كل من (Abd Al Razzaq & Kadhim, 2021, 4179; Alfitriyani & Kurniasih, 2021, 332; Haswan & Rosnawati, 2024, 33) المهارات المتضمنة في التفكير الإبداعي على النحو التالي:

- **الطلاقة:** وتعني القدرة على الحصول على أكبر عدد ممكن من الإجابات خلال فترة زمنية محددة.
- **المرونة:** وتعني القدرة على التفكير من خلال مساقات فكرية مختلفة.
- **الأصالة:** وتعني القدرة على إظهار استجابات غير مألوفة ومتميزة وغير شائعة.
- **الحساسية للمشكلات:** الحساسية للمشكلات والصعوبات والتحديات.
- **إضافة التفاصيل أو الفيض:** وتعني القدرة على إضافة تفاصيل جديدة ومفيدة لفكرة ما أو حل مشكلة ما، مما يساعد على تطوير تلك الأفكار أو الحلول وإثرائها وتنفيذها.

وفيما يتعلق بالمؤشرات والممارسات السلوكية الدالة على مهارات التفكير المنتج، فقد حدد Murtianto et al (2019, 1392) أن التلاميذ الذين لديهم القدرة على التفكير بشكل منتج لديهم الخصائص التالية:

- تحديد المشكلة الرياضية موضع الدراسة بشكل جيد.
- كتابة الحقائق الرياضية بوضوح وتحديد ما لديهم من معلومات.
- صياغة النماذج الرياضية بشكل صحيح.
- إجراء العمليات الحسابية بدقة.
- التحقق من مدى دقة وصحة ما تم التوصل إليه من نتائج.
- تقديم أكثر من فكرة أو جواب للمشكلات والمواقف موضع الدراسة.

- المرونة في التعامل مع المشكلات الرياضية موضع الدراسة من خلال تحديد أكثر من أسلوب رياضي للتعامل معها وحلها.
- تفسير ما تم التوصل إليه من نتائج بالتفصيل.
- تقديم استنتاجات صحيحة.
- إعادة التحقق مما تم التوصل إليه من حلول في ضوء المعلومات المعطاة بالمشكلة موضع الدراسة.

ثالثًا: مراحل التفكير المنتج:

يسير التفكير المنتج وفق خطوات محددة، فحينما يتعرض التلميذ إلى مواقف تهدف إلى توظيف التفكير المنتج، يقوم بوضع الأسس المعرفية والمهارية الضرورية للتعامل مع المشكلة موضع الحل، ثم تأتي مرحلة بلورة الأفكار، يليها تقويم تلك الأفكار، ثم مرحلة التوطيد، وأخيرًا مرحلة التضمين، وقد حدد كل من (Biswal & Raipure, 2023, 106-108; Jawad & Bahaa, 2023, 150) إلى تلك المراحل على النحو التالي:

- **مرحلة التأسيس (Foundation):** حيث يتم تأسيس الجانب المعرفي اللازم للتعامل مع المواقف والمشكلات موضع الدراسة، ويتم ذلك عن طريق إتباع أساليب تركز على الدور الإيجابي للتلميذ، من خلال استخدام التكنولوجيا والمناقشات الصفية والعروض التوضيحية وغيرها من الأساليب التي تعمل على إشراك التلميذ في العملية التعليمية، وتقوم هذه المرحلة على مبدأ أن التفكير لا يمكن أن ينشأ من العدم، بل يجب أن يقوم على أسس معرفية واضحة.
- **مرحلة التصور والتفكير (Ideation):** وفي تلك المرحلة يقوم التلميذ بتوظيف التفكير المنتج، حيث يقوم المعلم بعرض المواقف أو المشكلات في صورة أنشطة تعليمية، ويكون دور التلميذ تحليل تلك المشكلات أو الأسئلة والتفكير بطريقة إبداعية بهدف تقديم أكبر عدد من الحلول المقترحة لها، ويكون التركيز في تلك المرحلة على عدد الحلول المقترحة أكثر من جودتها، فلا يتم انتقاد أي من الأفكار المطروحة.
- **مرحلة التقويم (Evaluation):** وفي تلك المرحلة يتم توظيف مهارات التفكير الناقد، حيث يتم تقييم جودة الأفكار المقدمة من قبل التلاميذ في المرحلة السابقة بناءً على معايير محددة وإصدار الأحكام عليها، فيتم استخدام النقد البناء في تلك المرحلة من أجل زيادة جودة الأفكار المقدمة، الأمر الذي يساعد في انتقاء واختيار أفضل الأفكار المقدمة من أجل حل المشكلات أو الإجابة عن الأسئلة موضع الدراسة.
- **مرحلة التوطيد (stabilization):** في تلك المرحلة يقوم المعلم بإزالة الغموض أو الشك الذي قد يطرأ على الموقف التعليمى أو البناء المعرفي للتلاميذ ويجيب عن تساؤلاتهم، فيقوم التلاميذ بتأكيد المفاهيم والأفكار من خلال إتباع بعض الأساليب ومنها تصميم الخرائط الذهنية وعمل الملخصات، ومن خلال تلك الأساليب يقوم التلاميذ بتكوين بناء ذو معنى لما اكتسبوه من معارف.
- **مرحلة التضمين (Implication):** وفي تلك المرحلة يتم التمييز بين الأفكار الإبداعية والمنتجة، فيتم استخدام تلك الأفكار في التعامل مع بعض المشكلات الحياتية وإبراز مواضع تطبيقها، الأمر الذي يكسب تلك الأفكار قيمة مضافة ومعنى أوضح للتلميذ، فالأفكار التي يمكن تضمينها في مواقف حياتية وحل المشكلات التي تواجه التلميذ هي الأفكار المنتجة.

رابعًا: طبيعة تنمية مهارات التفكير المنتج:

نظرًا لتركيب التفكير المنتج وتضمنه مهارات التفكير الناقد والإبداعي، فهناك مجموعة من العوامل التي تؤثر في تنميته، كما أن له طبيعة خاصة يتميز بها ومراحل محددة تحدد طبيعة نمو مهاراته، فيوضح Amankulov (2023, 222) أن مهارات التفكير المنتج تبدأ بالنمو اعتمادًا على العامل الحسى للتلميذ، حيث يقدم التلميذ أفكارًا مجردة وتعميمات للموقف أو المشكلة أو الظاهرة موضع

الدراسة دون استخدام تعبيرات لفظية، مما يجعل من الممكن حل المشكلات من خلال الممارسة العملية (الخبرة المباشرة)، فيتم التوصل إلى الحلول من خلال استخدام التلميذ للحواس في تحديد العلاقة بين معطيات المشكلة، لاحقًا ومع اكتساب التلميذ لمزيد من الخبرة، يتم تضمين الفكر في القرارات التي تتضمن تنفيذ عدد من العمليات العقلية الأكثر تعقيدًا دون الاعتماد المباشر على استخدام الحواس، الأمر الذي يؤدي إلى تنمية التفكير المنتج كذلك العمق والمرونة والثبات في التفكير.

أما Esbosinov (2024, 207) فيشير إلى أن نمو مهارات التفكير المنتج ينقسم إلى مرحلتين، المرحلة الصفرية وتتصف بعدم الإنتاجية، حيث يكون التركيز على اكتساب المعارف وحل المشكلات الجديدة واكتساب الخبرة، كما يقوم التلميذ في هذه المرحلة بالاستجابة الآلية لما يواجهه من مشكلات اعتمادًا على ما يتوفر لديه من معلومات حول المشكلة موضع الدراسة، ثم يقوم التلاميذ بإظهار النشاط العقلي في محاولة لتقديم الحلول لتلك المشكلات، والتي قد تتصف في بعض الأحيان بالعشوائية أو الاستجابات الآلية، وتنبع أهمية تلك الأساليب من أنها تعمل على تنمية مهارات التفكير المنتج وزيادة الإبداع، حيث أنها تبني الهيكل المعرفي الذي يستمد منه التلميذ فيما بعد المعارف اللازمة لتقديم حلول إبداعية وتقييمها.

ومن خلال ما سبق يمكن استنتاج أن مراحل تنمية التفكير المنتج يجب أن تبدأ باستخدام معينات ومجسمات يستطيع من خلالها التلميذ أن يحدد خصائص الأشياء والأشكال والعناصر المادية، الأمر الذي يعمل على تعميق خلفيته المعرفية وبصفة خاصة في محتوى مادة الرياضيات نظرًا لطبيعتها المجردة، ثم يمكن التعامل مع مشكلات من خلال اعتماد التلميذ على الصور والتمثيلات الرياضية وتوظيف المعارف التي تم اكتسابها سابقًا في التوصل إلى حلول لتلك المشكلات وتقويمها، ولاحقًا يمكن أن يتعامل التلميذ مع بعض المشكلات والمواقف الأكثر تعقيدًا والتي تعتمد بشكل أساسي على التتابع المنطقي والتفكير المجرد.

أما فيما يتعلق بالاعتبارات التي يجب على المعلم مراعاتها في تنمية مهارات التفكير المنتج فقد أشار Abbood & Nasser (2022, 2072) إلى أهمية العمل على تنظيم الفصول الدراسية بطريقة تسمح للتلميذ بالتحرك بحرية والتفاعل بشكل نشط، و تشجيع التلاميذ بشكل مستمر على المشاركة في إعطاء إجابات متعددة وغير مألوفة، وقبول جميع إجابات التلاميذ وتجنب الذاتية في الحكم عليها، بالإضافة إلى تشجيع مشاركة التلاميذ من خلال طرح الأسئلة المختلفة، وتسجيل الإجابات والأفكار عند طرح السؤال، وتكليف التلاميذ باختيار الأفكار الأصيلة، ثم تقييم الأفكار التي تم اختيارها.

المحور الثالث: القيمة الوظيفية للرياضيات:

أولاً: طبيعة القيمة الوظيفية للرياضيات:

تمثل الرياضيات أحد العلوم الرئيسية التي تسهم في تقدم الأمم والثقافة الإنسانية في كافة العصور، فتشترك الرياضيات في شتى مجالات العلوم وأنشطة الحياة اليومية، ويتأثر تعلم الرياضيات وإدراك أهميتها ودورها بالعديد من العوامل، فيشير Mazana et al (2019, 210) إلى اكتساب التلاميذ العديد من الاتجاهات مع مرور الوقت من خلال ما يمورون به من الخبرات في تعلم الرياضيات، أو من خلال استقبال معلومات عن مادة الرياضيات، ويستخدمون تلك الخبرات كدليل لمواقفهم وتصوراتهم عن المادة وتعلمها، مما يؤدي إلى تكوين أنماط سلوكية إيجابية أو سلبية نحوها.

ويوضح Chiu & Seah (2024) أن منظومة القيم الرياضية تتضمن القيمة الداخلية للرياضيات (Intrinsic value of mathematics) وتشمل إدراك التلميذ لمواطن جمال علم الرياضيات والعلاقات الرياضية، وكذلك رغبة التلميذ وشعوره بالمتعة عند دراسة مادة الرياضيات، أما القيمة الخارجية للرياضيات (Extrinsic value of mathematics) فتركز على الدور الوظيفي التطبيقي للرياضيات واستخداماتها في مواقف مختلفة، وأخيرًا القيم الثقافية للرياضيات (Cultural value of mathematics) فتعكس دور الرياضيات في إعداد تلميذ عاقل يتبع أسس المنطق في التفكير، وكذلك المساهمة في تقدم الحياة بشكل عام من خلال تقديم الابتكارات والإعمار وتقدم الحضارة البشرية وتطبيقات الذكاء الاصطناعي وغيرها.

ويضيف Romero & Angeles (2023, 216) أن قيمة الرياضيات تنبع من إدراك التلميذ للفائدة الملموسة من الرياضيات وإمكانية تطبيقها من أجل تحقيق أهدافه الحالية والمستقبلية وكذلك تطبيقاتها في الحياة العملية، وكما يوضح Pagaran et al (2022, 10603-10604) أن إدراك التلميذ لأهمية الرياضيات يتضمن وعيه بأهمية الرياضيات في الحياة المهنية، وتطبيقاتها في مجالات مختلفة، كما يؤكد على أهمية وعي التلميذ بأهمية الرياضيات، وأثره الإيجابي على الأداء الرياضي وزيادة الدافعية نحو دراسة مادة الرياضيات.

أما فيما يتعلق بطبيعة القيمة الوظيفية للرياضيات فقد تعددت البحوث التي اهتمت بدراستها وتحديد طبيعتها والمؤشرات الدالة عليها، حيث أشار Dobie et at (2021, 416) إلى أن الدراسات والأدبيات العلمية التي أجريت في مجال القيمة الوظيفية للرياضيات قد تعاملت معها وفقًا لاتجاهين، الأول ينظر للقيمة الوظيفية للرياضيات على أنها مدى ارتباط الرياضيات وجدواها في حياة التلميذ، ووفقًا لهذا المنظور يتم التركيز على الأدوار الوظيفية للرياضيات واستخداماتها في حياة التلاميذ اليومية والأنشطة اليومية ومجالات العمل والتخطيط المستقبلي والمعاملات المالية، أما الاتجاه الثانى فينظر إلى القيمة الوظيفية للرياضيات من منظور التلميذ وما يقوم بإنتاجه من أفكار وتصورات حول تطبيقات الرياضيات المختلفة وإمكانية استخدامها في سياقات مختلفة.

ويضيف Alzahrani et al (2023, 2) أن القيمة الوظيفية للرياضيات تعكس تصورات التلاميذ حول أهمية المعرفة الرياضية وأهميتها في الحصول على حياة مهنية متميزة وذلك باعتبارها أحد المهارات المهنية الرئيسية، كما تعد متطلب أساسي للقيام بأنشطة الحياة اليومية بكفاءة وكذلك التفوق الدراسي، وهو المنظور الذي اتفق معه Bravo (2020, 32) حيث قام بدراسة القيمة الوظيفية للرياضيات من خلال تحديد مستوى إدراك التلاميذ وتصوراتهم حول استخدامات الرياضيات ووظائفها في مختلف جوانب الحياة اليومية، بالإضافة إلى تصوراتهم عن علاقة الرياضيات بمجالات المعرفة الأخرى، وتصوراتهم حول قدراتهم على دراسة مادة الرياضيات والتفوق أكاديميًا فيها.

من خلال ما سبق يمكن استخلاص أهم الخصائص التي تميز القيمة الوظيفية للرياضيات في النقاط التالية:

- تعبر عن تصورات التلاميذ حول فوائد وأدوار الرياضيات عمليًا وأكاديميًا، وكذلك في مختلف أنشطة الحياة اليومية.
- تؤثر القيمة الوظيفية للرياضيات في مستوى التحصيل الأكاديمي والإنجاز في دراسة الرياضيات.
- تؤثر على تصورات التلاميذ تجاه أنفسهم وقدرتهم على الإنجاز وكفاءتهم في دراسة مادة الرياضيات.
- يؤثر مستوى القيمة الوظيفية للرياضيات على اختيارات التلاميذ المهنية في المستقبل وكذلك نجاحهم الوظيفي.
- تعد أحد الجوانب الهامة في تعليم وتعلم الرياضيات.
- تساهم في تكوين اتجاهات إيجابية نحو تعلم مادة الرياضيات.
- تساهم في زيادة دافعية التلاميذ نحو تعلم المادة.

ثانيًا: أهمية القيمة الوظيفية للرياضيات:

تنبع أهمية القيمة الوظيفية للرياضيات من طبيعة المادة، حيث تعد الرياضيات أحد المعارف الرئيسية التي يحتاجها الفرد للانخراط الفعال في مجتمعه وكذلك في دراسته وحياته العملية، فاستخدام الرياضيات يتم بشكل يومي في جميع أنشطة الحياة، وهو الأمر الذي يتطلب ضرورة العمل على توفير المزيد من الأنشطة والخبرات التعليمية التي تساعد التلميذ على إدراك أهمية الرياضيات ودورها الوظيفي في شتى المجالات.

فيشير Silverman et al (2013, 960) إلى أن توفير أنشطة تعليمية تساعد التلاميذ على إدراك القيمة الوظيفية للرياضيات يساهم في تطوير هويتهم الاجتماعية وانخراطهم مع المجتمع بفاعلية بالتوازي مع تنمية مهاراتهم الرياضية فضلًا عن زيادة اهتمامهم بدراسة المادة.

كما يشير Lopes (2022, 1) إلى أن إدراك القيمة الوظيفية للرياضيات يساعد التلاميذ على تنمية الأداء والتحصيل الرياضي فضلًا عن وجود علاقة تربط بين إدراك القيمة الوظيفية للرياضيات والدافعية نحو تعلمها، حيث قام باستخدام مجموعة من الأنشطة التعليمية القائمة على النمذجة الرياضية بهدف إبراز الدور الوظيفي والاجتماعي للرياضيات، وهو الأمر الذي ساهم في تنمية ميل التلاميذ نحو دراسة مادة الرياضيات.

الأمر الذي يتفق معه Schukajlow et al (2024, 84) حيث أشار إلى أهمية إدراك التلاميذ للقيمة الوظيفية للرياضيات في خططهم الحالية أو المستقبلية، حيث تساعدهم على إدراك أهمية الرياضيات على النجاح في دراستهم، وتؤثر على التحصيل الدراسي، وكذلك تعد أحد العوامل المؤثرة في الحياة العملية المهنية، أيضًا تساهم في زيادة فرص العمل المستقبلية، وتعد متطلب أساسي في الحياة اليومية.

من خلال ما سبق تتضح أهمية إبراز الدور الوظيفي لمادة الرياضيات وأهميتها في شتى مجالات الحياة، فهي متطلب أساسي للانخراط في سوق العمل وكذلك لتلبية احتياجات الإنسان والتواصل، فلا يمكن التعامل مع الرياضيات على أنها مجموعة من الرموز والأرقام والخوارزميات المنفصلة عن الواقع، بل يجب تقديم موضوعات مادة الرياضيات في سياقها التطبيقي والواقعي.

ثالثًا: أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات:

حدد كل من (حسن، ٢٠١٩، ٥١-٥٢؛ محمد، ٢٠٢١، ٩٥-٩٦) أبعاد القيمة الوظيفية لمادة الرياضيات، فيما يلي:

- **القيمة الأكاديمية للرياضيات:** ويقصد بها تقدير التلاميذ لقيمة المعارف والمهارات والعلاقات الرياضية في تعزيز قدراتهم على التفكير وحل المشكلات ومهارات البحث. ويوضح Chassapis 2023, 43) أن هناك ارتباط وثيق بين الدور الوظيفي للمعرفة الرياضية وحل المشكلات الواقعية، فالمعرفة الرياضية ترتبط بتطبيقاتها الواقعية، كما يؤكد Nguyen (2024,4) على أن القيمة الأكاديمية للرياضيات تنبع من أهمية المهارات الرياضية في دراسة وتعلم العديد من مجالات المعرفية الأخرى فضلًا عن تنمية مجموعة هامة من المهارات مثل مهارات التفكير المنطقي والاستدلالي.
- **القيمة الحياتية (التطبيقية) للرياضيات:** ويقصد بها تقدير التلاميذ للرياضيات وتطبيقاتها في المواقف الحياتية المتنوعة ودراسة القضايا والظواهر المختلفة. ويضيف Campos & Matos (2021, 9646) أن إدراك التلاميذ للقيمة التطبيقية للرياضيات في حياتهم العملية يعد متطلب أساسي لقيامهم بحل ما يواجهون من مشكلات حياتية باستخدام الأساليب والأدوات الرياضية، مما يساعدهم على بناء معارف رياضية جديدة، فالرياضيات تعد أحد المعرفة الضرورية التي يتم استخدامها باستمرار في أنشطة الحياة اليومية. كما يؤكد Lafuente et al (2020, 347) على أهمية مساعدة التلاميذ على فهم دور الرياضيات في حل المشكلات اليومية لما تقدمه من أدوات وأساليب تتميز بالدقة والصلاحية لمعالجة تلك المشكلات.
- **القيمة المهنية للرياضيات:** ويقصد بها تقدير التلاميذ لدور الرياضيات في المهن المختلفة وتطبيقاتها في المستجدات والتطورات التكنولوجية والمعرفية. كما أكد Asikhia (2021, 17) على أهمية مادة الرياضيات باعتبارها أحد المواد الالزامية والهامة في العديد من الدول، فضلًا عن أهمية توفير المزيد من الفرص التي تساعد على توضيح أهمية الرياضيات وتعلمها في إحراز التقدم الوظيفي.

رابعًا: طبيعة تنمية القيمة الوظيفية للرياضيات:

تتعدد الطرق والأساليب والاستراتيجيات التي يمكن من خلالها تنمية القيمة الوظيفية للرياضيات لدى التلاميذ في المراحل الدراسية المختلفة، فقد قدمت العديد من الدراسات نماذج لتلك الطرق والاستراتيجيات وجدوى تطبيقها ومنها دراسة Aikens et al (2021) التي هدفت تجريب مقرر دراسى قائم على التكامل بين مجال الأحياء والحسبان، وقد أظهرت نتائج الدراسة فاعلية المقرر في تنمية القيمة الوظيفية للرياضيات من خلال تكوين فهم واضح لتطبيقات الرياضيات في مجال علم الأحياء وزيادة دافعيتهم نحو دراسة المادة، فضلًا عن زيادة مستوى أداءهم الرياضي بصفة عامة، كما أظهرت النتائج آراء التلاميذ عن القيمة الوظيفية للرياضيات في مجال الأحياء واستخداماتها وفوائدها، الأمر الذي عكس تصورات التلاميذ المركبة عن دور الرياضيات في مجال الأحياء، حيث تساهم الرياضيات في عمل النماذج الرياضية وتحليل البيانات الإحصائية وتقديم التنبؤات العلمية وتجميع البيانات وشرح الأنماط ووضع الفروض واختبارها.

كما أظهرت دراسة Lopes (2022) التي هدفت إلى استخدام أنشطة تعليمية قائمة على النمذجة الرياضية في تنمية القيمة الوظيفية والميل والأدوار الاجتماعية للرياضيات، حيث أظهرت نتائج الدراسة فاعلية الأنشطة التعليمية القائمة على النمذجة الرياضية في زيادة ميول التلاميذ نحو المادة والمتمثل في زيادة إدراكهم لاستخدامات الرياضيات في أنشطة الحياة اليومية وفي سياقات أخرى، كما قامت الأنشطة التعليمية القائمة على النمذجة الرياضية بتعميق وعي التلاميذ عينة الدراسة عن دور الرياضيات الاجتماعى، كما ساهمت الأنشطة في زيادة دافعية التلاميذ نحو التعلم، أيضًا أكدت الدراسة على أهمية توظيف أنشطة تعليمية ترتبط بالحياة الواقعية من أجل تحسين عملية التعليم والتعلم وتوضيح الاستفادة التطبيقية والقيمة الوظيفية للرياضيات في مختلف أنشطة الحياة اليومية وكذلك إبراز البعد الاجتماعي للرياضيات.

أما دراسة Schukajlow et al (2024) فقد أكدت على أهمية القيم من أجل رفع كفاءة عمليتى التعليم والتعلم، كما أظهرت نتائج الدراسة فاعلية استخدام الأسئلة مفتوحة النهاية القائمة على النمذجة الرياضية في تنمية القيمة الوظيفية للرياضيات فضلًا عن زيادة دافعية التلاميذ عينة البحث نحو تعلم مادة الرياضيات.

كما أظهرت دراسة Aplise & Tan (2023) فاعلية استخدام التعلم المدعم باللعب في تنمية مهارات التلاميذ على حل المشكلات والميل نحو دراسة الرياضيات فضلًا عن زيادة دافعيتهم وإدراكهم للقيمة الوظيفية للرياضيات.

من خلال ما سبق يمكن استخلاص أهم العوامل التي تساهم في تنمية القيمة الوظيفية للرياضيات في النقاط التالية:

- استخدام أنشطة تعليمية تقوم على دراسة مشكلات حياتية تهم التلاميذ.
- تنويع الأنشطة التعليمية الواقعية بحيث تتناسب مع سمات وخصائص التلاميذ في المراحل الدراسية المختلفة وكذلك مراعاة الاتساق مع أهداف المجال المعرفي.
- عرض مادة الرياضيات على أنها علم تطبيقي يساهم في جميع المجالات المعرفية، وله دور كبير في فهم ودراسة الظواهر المختلفة.
- عرض مادة الرياضيات على أنها عامل أساسي للنجاح الوظيفي وتوضيح دورها في تنوع الفرص المستقبلية للتلاميذ في الحصول على فرصة عمل متميزة.
- التأكيد على دور الرياضيات في تنمية المجتمعات وتطوير الحضارة من خلال سرد بعض الأحداث التاريخية التي توضح هذا الدور.
- توظيف أنشطة تعليمية توضح الدور الوظيفي للرياضيات في أنشطة الحياة اليومية المختلفة.
- استحداث بعض المقررات البينية التي تتكامل فيها الرياضيات مع مجالات المعرفة الأخرى واستعراض تطبيقاتها.

- التأكيد على دور الرياضيات في إعداد إنسان فعال يتسم بالتفكير المنطقي والعلمي السليم في معالجة ما يواجهه من تحديات ومشكلات، وتوضيح البعد الاجتماعي للرياضيات.

أوجه الاستفادة من الإطار النظري:

يمكن تحديد أوجه الاستفادة من الإطار النظرى للبحث وما تضمنه من بحوث ودراسات سابقة وأدبيات علمية في النقاط التالية:

- تكوين الأسس النظرية التي تحدد طبيعة كل من تطبيقات الرياضيات لمبادئ النانو تكنولوجي ومهارات التفكير المنتج والقيمة الوظيفية للرياضيات.
- توفير الأسس العلمية التي يتم في ضوئها بناء المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي.
- توفير الأسس العلمية التي يتم في ضوئها تحديد قائمة مهارات التفكير المنتج وأبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات وبناء أدوات التقييم المناسبة لكل منهما.
- تفسير ما توصل إليه البحث من نتائج في ضوء الدراسات والبحوث السابقة.

إعداد مواد المعالجة التجريبية، وأدوات البحث، والتجربة الميدانية:

أولًا - إعداد مواد المعالجة التجريبية:

قد تَمَّ ذلك مِنْ خلال الآتي:

- **إعداد قائمة مهارات التفكير المنتج في الرياضيات:**

سارتْ خطوات إعداد قائمة مهارات التفكير المنتج في الرياضيات بما يلي:

الهدف مِن القائمة:

هدفتِ القائمة إلى: التوصُّل لمهارات التفكير المنتج في الرياضيات المناسبة، واللازمة لتلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي.

مصادر اشتقاق القائمة:

تَمَّ اشتقاق القائمة مِنْ خلال الاطلاع على المهارات التي أقرَّها (المجلس القومي لمُعَلِّمِي الرياضيات) " NCTM "، والأدبيات التربوية، والبحوث، والدراسات السابقة التي وردتْ بالإطار النظري للبحث، وكذلك دراسة (أحمد، ٢٠٢٢؛ الزهراني، ٢٠٢٣؛ عبد البر، ٢٠٢١؛ عبد الرحمن، ٢٠٢٤؛ العليان،٢٠٢٢) التي اهتمتْ بمهارات التفكير المنتج وقد تَمَّ بناء القائمة في صورتها الأوليَّة، وتضمنتْ هذه القائمة المهارتين الرئيستين: مهارات التفكير الناقد، ومهارات التفكير الإبداعي، بالإضافة إلى مهارات فرعية لكُلِّ مهارة رئيسة.

ضبط قائمة مهارات التفكير المنتج:

تَمَّ ضبط القائمة بعرضِها على مجموعةٍ مِن المحكِّمِينَ المتخصِّصِينَ في مجال المناهج وطرق تدريس الرياضيات، وبعض مُعَلِّمِي الرياضيات ملحق (١)، واستهدف التحكيم التوصُّل إلى مدى مناسبة المهارات لتلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي، ومدى ملائمة المهارات الفرعية للمهارة الرئيسة، وإبداء الرأي حول سلامة صياغتها، أو إضافة بعض المهارات، وقد تَمَّ الأخذ بآراء السادةِ المحكِّمِينَ؛ حيث تم حذف مهارة التبرير من مهارات التفكير الناقد، وحذف مهارة إضافة التفاصيل من مهارات التفكير الإبداعي وفقًا لآراء السادةِ المحكِّمِينَ.

الصورة النهائية للقائمة:

بعد تعديل القائمة المبدئية في ضوء آراء السادةِ المحكِّمِينَ، تَمَّ التوصُّل إلى قائمة نهائية بهذه المهارات، وتتضمنُ قائمة مهارات التفكير المنتج المناسبة لتلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي في صورتها النهائية مهارتين رئيستين، بالإضافة إلى مهاراتٍ فرعيَّةٍ تندرجُ تحت كُلِّ مهارةٍ مِن المهارات الرئيسة، وبالتالي وصلت القائمة إلى صورتها النهائية ملحق (٤).

وبهذا يكون الباحثان قد أجابا عن السؤال الأول الذي ورد في مشكلة البحث، وهو: " ما مهارات التفكير المنتج في الرياضيات المناسبة واللازم تنميتها لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي"؟

- **إعداد قائمة أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات:**

سارتْ خطوات إعداد قائمة أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات كما يلي:

الهدف مِن القائمة:

هدفتِ القائمة إلى: التوصُّل لأبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات المناسبة، واللازمة لتلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي.

مصادر اشتقاق القائمة:

تَمَّ اشتقاق القائمة مِنْ خلال الاطلاع على المهارات التي أقرَّها (المجلس القومي لمُعَلِّمِي الرياضيات) " NCTM "، والأدبيات التربوية، والبحوث، والدراسات السابقة التي وردتْ بالإطار النظري للبحث، وكذلك دراسة (إبراهيم وعبد النظير، ٢٠١٨؛ حسن، ٢٠١٩؛ محمد، ٢٠٢١) التي اهتمتْ بأبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات، وقد تَمَّ بناء القائمة في صورتها الأوليَّة، وتضمنتْ هذه القائمة الأبعاد التالية:(القيمة الأكاديمية للرياضيات، و القيمة الحياتية (التطبيقية) للرياضيات، القيمة المهنية للرياضيات).

ضبط قائمة أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات:

تَمَّ ضبط القائمة بعرضِها على مجموعةٍ مِن المحكِّمِينَ المتخصِّصِينَ في مجال المناهج وطرق تدريس الرياضيات، وبعض مُعَلِّمِي الرياضيات ملحق (١)، واستهدف التحكيم التوصُّل إلى مدى مناسبة الأبعاد لتلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي، وإبداء الرأي حول سلامة صياغتها، أو إضافة بعض الأبعاد، وقد تَمَّ الأخذ بآراء السادةِ المحكِّمِينَ.

الصورة النهائية للقائمة:

بعد تعديل القائمة المبدئية في ضوء آراء السادةِ المحكِّمِينَ، تَمَّ التوصُّل إلى قائمة نهائية بهذه الأبعاد، وتتضمنُ قائمة أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات المناسبة لتلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي في صورتها النهائية ثلاثة أبعاد، وبالتالي وصلت القائمة إلى صورتها النهائية ملحق (٥).

وبهذا يكون الباحثان قد أجابا عن السؤال الثاني الذي ورد في مشكلة البحث، وهو: " ما أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات المناسبة واللازم تنميتها لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي"؟

- **إعداد وتصميم المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي:**

لإعداد المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي، قام الباحثان بالخطوات التالية:

١- تم تحديد عنوان المقرر في " تطبيقات رياضية لتكنولوجيا النانو "، وذلك لعدة أسباب، منها:

- تمثل التطبيقات الرياضية لتكنولوجيا النانو أحد المجالات الحديثة والواعدة التي يمكن من خلالها تقديم أنشطة تعليمية تعتمد على تنمية وتوظيف التفكير المنتج، وإبراز القيمة الوظيفية للرياضيات.
- موضوع المقرر يحتوي على العديد من المفاهيم والمهارات التي يجب أنْ يُلم بها التلاميذ، التي تؤسس لفهم عميق في الرياضيات وتكنولوجيا النانو والتي تعد أحد مجالات المعرفة المستقبلية.
- موضوع المقرر يتضمن عديدًا من التجارب، والأنشطة العلمية، التي يمكن أن يقوم بها التلاميذ.
- احتواء المقرر على عديدٍ من الموضوعات، التي تثير التساؤلات لدى التلاميذ؛ مما يشجعهم على التفكير المنتج، واستيعاب الدور الوظيفي للرياضيات.

٢- تحديد الأهداف العامة للمقرر:

تحددت الأهداف العامة للمقرر فيما يلي:

- فهم المفاهيم العلمية المرتبطة بموضوع " الرياضيات والتطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي " بصورة وظيفية.
- تقدير دور مبادئ النانو تكنولوجي في حياتنا.
- تنمية مهارات التفكير المنتج في الرياضيات.
- تنمية أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات.

- تطبيق المفاهيم العلمية والرياضية في تنفيذ مشروعات المقرر.
- توظيف بعض البرامج الإلكترونية في تنفيذ أنشطة المقرر.
- توظيف الرياضيات في الحياة اليومية بفاعلية.
- التشجيع على الاستكشاف، والتقصي.
- تنمية القدرة على حل المشكلات الرياضية الحياتية.
- تعزيز ثقة التلميذ بنفسه من خلال العمل التعاوني.
- تدريب التلميذ على مهارات البحث العلمي.

٣- تحديد موضوعات المقرر، ومحتواها:

قام الباحثان بالاطلاع على الأدبيات، والدراسات العلمية المرتبطة بمجال المقرر المعرفي، وتحديد الموضوعات المتضمنة، ومحتواها المناسب لطبيعة مادة الرياضيات وسمات وخصائص المتعلمين وكذلك أهداف البحث، والتي تتفق مع أسس ومبادئ النانو تكنولوجي، كما تم عرضها على مجموعةٍ مِن المحكِّمِينَ المتخصِّصِينَ في مجال المناهج وطرق التدريس، كما هو موضح بالملحق (١)؛ لإبداء الرأي فيها حول مدى مناسبتها لمجال المقرر المعرفي، ومناسبة موضوعات المقرر لتلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي، وقد تَمَّ إجراء التعديلات التي أشار إليها السادةِ المحكِّمِينَ، كما هو موضح بالملحق (٦).

٤- تحديد الأهداف الإجرائية للمقرر:

تم صياغة الأهداف الإجرائية لكل درس من دروس المقرر بشكل إجرائي، سلوكي؛ لقياس الأداء، أو السلوك المتوقع من التلميذ أن يقوم به بعد الانتهاء من دراسة موضوعات المقرر، حيث تضمن كل درس من دروس المقرر على عديد من الأهداف الإجرائية، كما هو موضح بالملحق (٦).

٥- تحديد استراتيجيات التدريس المستخدمة في المقرر:

تم استخدام استراتيجيات التدريس التي تتناسب مع مبادئ النانو تكنولوجي، ومنها استراتيجية التعلم بالاستقصاء، استراتيجية التعلم بالمشروع، استراتيجية حل المشكلات، استراتيجية التعلم التعاوني، وخطوات هذه الاستراتيجيات موضحة بالتفصيل بالملحق (٦).

٦- تحديد الأنشطة التعليمية المستخدمة في المقرر:

تم إعداد وتصميم الأنشطة التعليمية التي يجب أن يقوم التلاميذ بتنفيذها؛ لتحقيق أهدف المقرر، حيث تنوعت هذه الأنشطة ما بين أنشطة المشاريع، أنشطة حل المشكلات الحياتية، أنشطة عملية تعاونية، أنشطة تكنولوجية، أنشطة الاستقصاء وهذه الأنشطة متضمنة في دروس المقرر، كما هو موضح بالملحق (٦).

٧- تحديد المصادر التعليمية:

يستخدم التلاميذ مجموعة متنوعة من المصادر التعليمية، مثل: عروض بوربوينت، برنامج إكسيل، مواقع إلكترونية، والأدوات والمواد اللازمة لتنفيذ الأنشطة التعليمية.

٨- تحديد أساليب التقويم المستخدمة في المقرر:

استخدم الباحثان ثلاثة أساليب للتقويم، وهي: التقويم التشخيصى (القبلي): وتم من خلال تطبيق مقياس مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، ومقياس القيمة الوظيفية للرياضيات على تلاميذ المجموعة التجريبية، وذلك قبل تنفيذ إجراءات التدريس للمقرر؛ بهدف التعرف على مستويات التلاميذ القبلية، التقويم البنائى (التكويني): ويتم ذلك أثناء تدريس المقرر، وتمثل في تقييم التلاميذ بعد تنفيذ كل نشاط، أو مشروع في المقرر، التقويم الختامي (النهائي): ويتم في نهاية تطبيق تجربة البحث، وذلك بتطبيق مقياس مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، ومقياس القيمة الوظيفية للرياضيات على تلاميذ المجموعة التجريبية، بعد دراستهم للمقرر المقترح.

ضبط المقرر، والتأكُّد مِنْ صلاحيته:

تَمَّ عرض المقرر على مجموعةٍ مِن المحكِّمِينَ المتخصِّصِينَ في المناهج وطرق التدريس، كما هو موضح بالملحق (١)؛ وذلك للتأكُّدِ مِنْ: مدى ملاءمة أهداف المقرر للتلاميذ في ضوء التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي، ومدى ملاءمة المحتوى لتحقيق أهداف المقرر ومدى مناسبة الأنشطة

لأهداف المقرر، ومدى مراعاة المحتوى لأسس ومبادئ النانو تكنولوجي، ومدى مراعاة محتوى المقرر لإيجابية ومشاركة التلميذ في العملية التعليمية، ومدى مناسبة الصياغة اللغوية لمحتوى المقرر للتلاميذ، ومدى مراعاة استخدام عديد مِن الاستراتيجيات التدريسية المختلفة عند تقديم المحتوى، والمناسبة لمستوى التلاميذ، ومدى مراعاة إعداد محتوى المقرر بصورة تسمحُ بالتقويم المستمر للتلاميذ.

وتمثَّلَتْ ملاحظات السادةِ المحكِّمِينَ فيما يلي: تعديل صياغة بعض الأنشطة، حذف بعض الأنشطة؛ لصعوبتها، واتفق المحكِّمُون على صلاحية المقرر للتطبيق الميداني، ومناسبته لتلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي. وبعد ضبط المقرر، والتأكُّدِ مِنْ صلاحيته، يكون الباحثان قد توصَّلا إلى الصورة النهائية للمقرر المقترح، كما هو موضح بالملحق (٦).

وبهذا يكون الباحثان قد أجابا عن السؤال الثالث الذي ورد في مشكلة البحث، وهو: "ما التصور لمقرر مقترح قائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي؛ لتنمية مهارات التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي"؟

- **إعداد دليل المعلِّم لتدريس المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي.**

قام الباحثان بإعداد دليل المعلِّم؛ لتدريس المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي للمجموعة التجريبية؛ ليكونَ ذلك بمثابة مُرْشِدًا، ومُوَجِّهًا للمعلِّمُ ليساعدَهُ في تحقيق الأهداف المرجوة، وكذلك لتوضيح كيفية التدريس في ضوء مبادئ النانو تكنولوجي.

وقد اشتمل دليل المعلِّم على العناصر التالية:

أ – مقدِّمَة: وهي توضِّحُ أهمية الدليل بالنسبة للمعلِّم، كما توضِّحُ الفِكْر التربوي الذي تستندُ إليه التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي.

ب- الأهداف العَامَّة للمقرر: لقد استعان الباحثان في تحديد الأهداف التعليمية العَامَّة للمقرر بأهداف المرحلة الإعدادية، وخَاصَّةً الصف الثاني الإعدادي، وقد أضاف الباحثان بعض الأهداف؛ لتتناسبَ مع سياق هذا البحث، على أنْ تكون تلك الأهداف واضحة لدى المعلِّم؛ حتى يتمكَّنَ مِنْ تحقيقِها لدى تلاميذه.

جـ – الطرق والاستراتيجيات التدريسية المستخدمة في تدريس محتوى المقرر في ضوء التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي، وهي طرق واستراتيجيات تدريسية مختلفة، يمكن للمعلِّمِ الاستعانة بها في تقديم محتوى المقرر؛ بحيثُ تسهمُ في تحقيق الأهداف المرجوة، وتناسب سمات وخصائص التلاميذ.

د- توجيهات عامة للمعلِّم: وهي مجموعة مِن الإرشادات، والنصائح، يُرْجَى أنْ يتَّبعَها المعلِّمُ؛ لكي يصل إلى المستوى الأمثل في التدريس المناسب لجميع التلاميذ.

هـ - الخطة الزمنية لتدريس المقرر: التي يتحدَّدُ مِنْ خلالها الوقت الذي يستغرقُهُ تدريس كُلِّ درس مِنْ دروس المقرر.

ضبط الدليل، والتأكُّد مِنْ صلاحيته:

قام الباحثان بعرضِ الدليل على مجموعةٍ مِن المحكِّمِينَ المتخصِّصِينَ في مجال المناهج وطرق تدريس الرياضيات، كما هو موضح بالملحق (١)؛ لمعرفة آرائهم حول مدى مناسبة الجوانب التالية: الإرشادات المعينة للمعلِّم في التدريس، والأهداف التدريسية، وعدد الحصص المُخَصَّصَة لكُلِّ درسٍ؛ لتحقيق الأهداف الخاصة به، والوسائل التعليمية، وتنوُّعها في الدليل، والأنشطة التعليمية وتنوُّعها في الدليل، وطرق واستراتيجيات التدريس المستخدمة في الدليل، وأسلوب التقويم المستخدم في الدليل.

وتمثَّلَتْ ملاحظات السادةِ المحكِّمِينَ في: إعادة صياغة بعض الأهداف الخاصة بدروس المقرر، وبعد إجراء هذه التعديلات أصبح دليلُ المعلِّم في صورته النهائية وصالحًا للاستخدام، كما هو موضح بالملحق (٧).

ثانيًا- إعداد أداتي البحث:

- **اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات:**

لِمَا كان هدف البحث تنمية مهارات التفكير المنتج في الرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي، كان لزامًا على الباحثين بناء أداةٍ؛ لقياس مستوى مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، وقد تمثَّلَتْ هذه الأداة في: " اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات "، وذلك وفقًا للخطوات التالية:

تحديد الهدف مِن الاختبار:

هدف هذا الاختبار إلى: قياس مدى نمو مستوى مهارات التفكير المنتج في الرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي، بعد دراستهم للمقرر المقترح.

تحديد أبعاد الاختبار:

تَمَّ تصنيف مفردات الاختبار؛ بحيثُ تُغَطِّي جميع المهارات الرئيسة، والفرعية للتفكير المنتج في الرياضيات، التي تم تحديدها بالقائمة، وهي مهارات التفكير الناقد، ومهارات التفكير الإبداعي.

إعداد مفردات الاختبار، وصياغتها:

صَمَّمَ الباحثان هذا الاختبار في ضوء مجموعةٍ مِن الأسئلة المقالية، مع مراعاة الشروط الواجب توافرها في صياغة الاختبار الجيد.

تحديد معيار تقدير الأداء في الاختبار:

يتمُّ تقدير أداء التلميذ في الاختبار كما يلي:

أولًا: تصحيح أسئلة مهارات التفكير الناقد:

- بالنسبة لأسئلة التنبؤ بالفرضيات: تُعطى درجة لكل إجابة صحيحة.
- بالنسبة لأسئلة الاستنتاج: تُعطى درجة لكل إجابة صحيحة.
- بالنسبة لأسئلة التفسير: تُعطى درجة لكل إجابة صحيحة.
- بالنسبة لأسئلة تقييم الحجج: تُعطى درجة لكل إجابة صحيحة.

ثانيًا: تصحيح أسئلة مهارات التفكير الإبداعي:

- درجة الطلاقة: تُعطى طبقًا لعدد الاستجابات التي يكتبها التلميذ بالنسبة للسؤال الواحد، وذلك بواقع درجة لكل استجابة، بعد حذف الاستجابات المكررة، أوالتي ليست لها صلة بالمطلوب.
- درجة المرونة: تُعطى طبقًا لعدد الأفكار المتضمنة في الاستجابات بالنسبة للسؤال الواحد، وذلك بواقع درجة لكل فكرة، مع عدم إعطاء الفكرة المكررة أكثر من درجة.
- درجة الأصالة: تُعطى هذه الدرجة على الاستجابات الأصيلة غير الشائعة (ذات الأفكار الجديدة) بالنسبة للسؤال، وتحسب درجتها وفق جدول (١) التالي:

جدول (١) تحديد درجة الأصالة في السؤال الواحد لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات

التكرار (عدد التلاميذ الذين قدموا الفكرة نفسها)	١	٢	٣	٤	٥	أكثر من ٥
درجة الأصالة	٥	٤	٣	٢	١	.

وضع تعليمات الاختبار:

تُعَدُّ تعليمات الاختبار مِن العناصر المهمة التي تساعدُ التلميذ على الإجابة عن الأسئلة، والتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة، بطريقة سهلة، وميسرة، وقد تَمَّ صياغة التعليمات؛ بحيثُ تتكوَّنُ مِنْ تعليمات عامة: وهدفُها تعريف التلميذ بطبيعة الاختبار والهدف منه، وعدد المفردات، وتعليمات خاصة: توضِّحُ كيفية الإجابة عن الأسئلة.

وصف الاختبار:

يحتوي اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات على (٢١) مفردةً، موزَّعَة على أبعاد الاختبار، وجدول (٢) التالي يوضِّحُ ذلك:

جدول (٢) توزيع مفردات اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات على الأبعاد

المهارات الرئيسة	المهارات الفرعية	عدد المفردات	أرقام المفردات
مهارات التفكير الناقد	التنبؤ بالفرضيات	٣	١-٢-٣
	الاستنتاج	٣	٤- ٥- ٦
	التفسير	٣	٧- ٨- ٩
	تقييم الحجج	٣	١٠- ١١- ١٢
مهارات التفكير الإبداعي	الطلاقة – المرونة- الأصالة	٩	١٣- ١٤- ١٥ ١٦- ١٧- ١٨- ١٩- ٢٠- ٢١
المجموع		٢١	

صدق الاختبار:

للتأكُّدِ مِنْ صدق الاختبار تَمَّ عرضه في صورته الأوليَّة على مجموعةٍ مِن المحكِّمِينَ المتخصِّصِينَ في مجال المناهج وطرق تدريس الرياضيات، كما هو موضح بالملحق (١)؛ لإبداء الرأي حول مدى ارتباط كُلِّ مفردةٍ بالبُعْدِ الفرعي المندرجة تحته، وكذلك مدى ارتباطها بالاختبار كَكُلٍّ، والتأكُّدِ مِنْ سلامة اللغة وصياغة العبارات، واقتراح ما يمكن إضافته مِنْ مفرداتٍ لكُلِّ بُعْدٍ، وقد أسفرتْ عملية التحكيم عن: حذف بعض المفردات؛ لعدم انتمائها للبُعْدِ المندرجة تحته، كما تَمَّ تعديل صياغة بعض المفردات؛ لتصبحَ أكثر وضوحًا للتلميذ، وقد تَمَّ تعديل الاختبار وفقًا لآراء السادةِ المحكِّمِينَ؛ بحيثُ أصبح جاهزًا للتطبيق على عينة البحث الاستطلاعية.

التجربة الاستطلاعية:

تَمَّ تطبيقُ الاختبار الذي تَمَّ التوصُّل إليه بعد مراجعة آراء وملاحظات السادة المحكمون وإجراء التعديلات المناسبة على عينةٍ استطلاعيَّةٍ مِنْ تلاميذ الصف الثاني الإعدادي وتكوَّنَتْ مِنْ (٧٤) تلميذًا، وتلميذةً مِنْ تلاميذ مدرسة الدناوية الإعدادية بإدارة العياط التعليمية، يوم الأربعاء، الموافق (٢٠٢٤/١٠/٢م)، وذلك للأسباب التالية: تحديد زمن الاختبار، إجراء التعديلات اللازمة على مفردات الاختبار، حساب الاتساق الداخلى الاختبار، حساب ثبات الاختبار.

وقد توصَّل الباحثان بعد تطبيق الاختبار على العينة الاستطلاعية إلى ما يلي:

بالنسبة لتحديد زمن الاختبار:

فقد وجد الباحثان أنَّ الزمن المناسب لتطبيق الاختبار، هو: (١٢٥) دقيقةً؛ حيثُ تَمَّ حساب الزمن الذي استغرقَهُ كُلُّ التلاميذ في الإجابة؛ فكانتْ (٨٨٨٧) دقيقةً، وبحساب متوسط الزمن، وإضافة (٥) دقائق لقراءة التعليمات، يصبحُ زمن الاختبار (١٢٥) دقيقةً.

بالنسبة للتعديلات التي تَمَّ إجراؤُها على الاختبار:

فقد قام الباحثان بإعادة صياغة بعض المفردات؛ لاشتمالها على بعض المصطلحات غير الواضحة.

حساب الاتساق الداخلى للاختبار:

تم التحقق من الاتساق الداخلى للاختبار، وذلك من خلال التطبيق الذي تم لاختبارعلى العينة الاستطلاعية، التي قوامها (٧٢) تلميذًا، وتلميذةً، كما يلي:

أ) حساب معاملات الارتباط بين مفردات الاختبار، والدرجة الكلية للاختبار.

جدول (٣) معاملات الارتباط بين مفردات اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، والدرجة الكلية للاختبار(*)

رقم المفردة	معامل ارتباط المفردة بالدرجة الكلية للاختبار	مستوى الدلالة	رقم المفردة	معامل ارتباط المفردة بالدرجة الكلية للاختبار	مستوى الدلالة
1	.395**	0.01	12	.516**	0.01
2	.532**	0.01	13	.492**	0.01
3	.441**	0.01	14	.376**	0.01
4	.563**	0.01	15	.554**	0.01
5	.410**	0.01	16	.365**	0.01
6	.624**	0.01	17	.481**	0.01
7	.458**	0.01	18	.619**	0.01
8	.591**	0.01	19	.583**	0.01
9	.436**	0.01	20	.407**	0.01
10	.725**	0.01	21	.420**	0.01
11	.672**	0.01			

** دالة عند مستوى (0.01)

ب) حساب معاملات الارتباط بين الدرجة الكلية لكل بعد، والدرجة الكلية للاختبار:

جدول (٤) معاملات الارتباط بين الدرجة الكلية لكل بعد من أبعاد اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات والدرجة الكلية للاختبار.

أبعاد الاختبار	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
البعد الأول (مهارات التفكير الناقد)	.651**	0.01
البعد الثاني (مهارات التفكير الإبداعي)	.527**	0.01

ج) حساب معاملات الارتباط بين كل مفردة من مفردات البعد، والدرجة الكلية للبعد.

جدول (٥) معاملات الارتباط بين كل مفردة من مفردات البعد، والدرجة الكلية للبعد (*)

البعد الأول (مهارات التفكير الناقد)			البعد الثاني (مهارات التفكير الإبداعي)		
رقم المفردة	معامل ارتباط المفردة بالدرجة الكلية للبعد	مستوى الدلالة	رقم المفردة	معامل ارتباط المفردة بالدرجة الكلية للبعد	مستوى الدلالة
1	.433**	0.01	13	.570**	0.01
2	.567**	0.01	14	.496**	0.01
3	.534**	0.01	15	.619**	0.01
4	.589**	0.01	16	.412**	0.01
5	.473**	0.01	17	.594**	0.01
6	.674**	0.01	18	.723**	0.01
7	.515**	0.01	19	.601**	0.01
8	.625**	0.01	20	.517**	0.01
9	.499**	0.01	21	.643**	0.01
10	.736**	0.01			
11	.681**	0.01			
12	.549**	0.01			

** دالة عند مستوى (0.01)

يتضح من الجداول (٣)، (٤)، (٥) السابقة أن معاملات الارتباطات دالة عند مستوى (٠,٠١)، وهذا يدل على ترابط المفردات وتماسكها، والأبعاد، والدرجة الكلية مما يدل على أن الاختبار يتمتع باتساق داخلي.

(*) رقم المفردة في الجدول يشير إلى رقمها تبعًا للاختبار ككل في صورته النهائية.

(*) رقم المفردة في الجدول يشير إلى رقمها تبعًا للاختبار ككل في صورته النهائية.

حساب ثبات الاختبار:

لحساب ثبات الاختبار استخدم الباحثان كل من طريقة ألفا كرونباخ، وطريقة التجزئة النصفية باستخدام معادلتى سبيرمان براون، وجوتمان، وفيما يلي توضيح لذلك:

- **طريقة ألفا كرونباخ:**

قام الباحثان باستخدام معادلة ألفا كرونباخ؛ للتأكد من ثبات الاختبار، وذلك من خلال التطبيق الذي تم للاختبار على العينة الاستطلاعية التي قوامها (٧٤) تلميذًا وتلميذةً، ويوضح الباحثان معاملات الثبات للأبعاد، وللاختبار ككل، من خلال جدول (٦) التالي:

جدول (٦) معاملات ثبات أبعاد اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، والاختبار ككل بطريقة ألفا كرونباخ.

أبعاد الاختبار	عدد المفردات	معامل ثبات ألفا كرونباخ
البعد الأول (مهارات التفكير الناقد)	12	.806
البعد الثاني (مهارات التفكير الإبداعي)	9	.847
الاختبار ككل	21	.824

- **طريقة التجزئة النصفية.**

قام الباحث باستخدام طريقة التجزئة النصفية؛ للتأكد من ثبات الاختبار، وذلك من خلال التطبيق الذي تم للاختبار على العينة الاستطلاعية، التي قوامها (٧٤) تلميذًا، وتلميذةً، وحساب معامل الارتباط بين نصفي الاختبار: (الزوجي، والفردي) للاختبار ككل، وكذلك لكل بعد من الأبعاد باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS حيث تم حساب معامل الارتباط (معامل ثبات التجزئة النصفية) باستخدام معادلة جوتمان، وكذلك باستخدام معادلة تصحيح الطول لسبيرمان براون، وفيما يلي توضيح من خلال جدول (٧) التالي:

جدول (٧) معامل ثبات التجزئة النصفية لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات ككل، ولكل بعد من الأبعاد باستخدم معادلة جوتمان، وسبيرمان براون.

أبعاد الاختبار	باستخدام معادلة جوتمان	باستخدام معادلة سبيرمان براون
البعد الأول (مهارات التفكير الناقد)	.811	.811
البعد الثاني (مهارات التفكير الإبداعي)	.852	.853
الاختبار ككل	.826	.827

يتضح من الجدولين (٦)، (٧) السابقين أن معامل ثبات الاختبار كَكُلٍّ (٠,٨٢)، وهذا يعني أنَّ الاختبار يستندُ على معامل ثبات مرتفع؛ مِمَّا يطمئن لاستخدامه، وبعد إجراء التعديلات على الاختبار بعد تطبيقه على العينة الاستطلاعية، وحساب ثباته، يكون الباحثان قد توصَّل إلى الصورة النهائية للاختبار، كما هو موضح بالملحق (٨).

- **مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات:**

لِمَا كان هدف البحث تنمية القيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي، كان لزامًا على الباحثين بناء أداةٍ؛ لقياس مستوى القيمة الوظيفية للرياضيات، وقد تمثَّلتْ هذه الأداة في: "مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات"، وذلك وفقًا للخطوات التالية:

تحديد الهدف مِن المقياس:

هدف هذا المقياس إلى: قياس مدى نمو مستوى القيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي، بعد دراستهم للمقرر المقترح.

تحديد أبعاد المقياس:

تَمَّ تصنيف مفردات المقياس؛ بحيثُ تُغَطِّي جميع أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات التي تم تحديدها بالقائمة، وهي:(القيمة الأكاديمية للرياضيات، و القيمة الحياتية (التطبيقية) للرياضيات، القيمة المهنية للرياضيات).

إعداد وصياغة مفردات المقياس:

استعان الباحثان في صياغة عبارات المقياس بمجموعة من الأدبيات، والدراسات التربوية السابقة التي اهتمت ببناء مقاييس القيمة الوظيفية للرياضيات، وقد رُوعى عند صياغة عبارات المقياس أن تكون العبارات بسيطة، وسهلة، وواضحة الصياغة ومفهومة، وأن تكون العبارات متنوعة، وممثلة للأبعاد التي تندرج تحتها.

تحديد معيار تقدير الأداء في المقياس:

يتمُّ تقدير أداء التلميذ في المقياس كما في جدول (٨) التالي:

جدول (٨) طريقة تصحيح المقياس.

العبارة	لا أوافق	لا أوافق إلى حد ما	غير متأكد	أوافق إلى حد ما	أوافق
الدرجة	١	٢	٣	٤	٥

وحيث إن المقياس يحتوي على (٣٠) عبارةً، فإن النهاية العظمى لدرجة المقياس (١٥٠)، والنهاية الصغرى للمقياس هي (٣٠).

وضع تعليمات المقياس:

تُعَدُّ تعليمات المقياس مِن العناصر المهمة التي تساعدُ التلميذ على الإجابة عن عباراته بطريقة سهلة وميسرة، وقد تَمَّ صياغة التعليمات؛ بحيثُ تتكوَّنُ مِنْ: تعليمات عامة: وهدفُها تعريف التلميذ بطبيعة المقياس، والهدف منه، وعدد عباراته، وتعليمات خاصة: توضِّحُ كيفية الإجابة عن العبارات.

وصف المقياس:

يحتوي مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات على (٣٠) عبارةً، موزَّعَةً على أبعاد المقياس، وجدول (٩) التالي يوضِّحُ ذلك:

جدول (٩) توزيع عبارات مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات على الأبعاد

الأبعاد	عدد العبارات	أرقام العبارات
القيمة الأكاديمية للرياضيات	١٠	١- ٢-٣-٤-٥-٦-٧ - ٨-٩-١٠
القيمة الحياتية (التطبيقية) للرياضيات	١٠	١١ -١٢-١٣-١٤-١٥- ١٦-١٧-١٨-١٩-٢٠
القيمة المهنية للرياضيات	١٠	٢١-٢٢ - ٢٣- ٢٤- ٢٥- ٢٦- ٢٧ ٢٨- ٢٩- ٣٠
المجموع	٣٠	

صدق المقياس:

للتأكُّدِ مِنْ صدق المقياس تَمَّ عرضه في صورته الأوليَّة على مجموعةٍ مِن المحكِّمِينَ المتخصِّصِينَ في مجال المناهج وطرق تدريس الرياضيات، كما هو موضح بالملحق (١)؛ لإبداء الرأي حول مدى ارتباط كُلِّ عبارة بالبُعْدِ الفرعي المندرجة تحته، وكذلك مدى ارتباطها بالمقياس ككُلٍّ، والتأكُّدِ مِنْ سلامة اللغة وصياغة العبارات، واقتراح ما يمكن إضافته مِنْ عبارات لكُلِّ بُعْدٍ، وقد أسفرتْ عملية التحكيم عن: حذف بعض العبارات؛ لعدم انتمائها للبُعْدِ المندرجة تحته، كما تَمَّ تعديل صياغة بعض العبارات؛ لتصبحَ أكثر وضوحًا للتلميذ، وقد تَمَّ تعديل المقياس وفقًا لآراء السادةِ المحكِّمِينَ؛ بحيثُ أصبح جاهزًا للتطبيق على عينة البحث الاستطلاعية.

التجربة الاستطلاعية:

تَمَّ تطبيقُ المقياس الذي تَمَّ التوصُّل إليه بعد مراجعة آراء، وملاحظات السادة المحكمون وإجراء التعديلات المناسبة على عينةٍ استطلاعيَّةٍ مِنْ تلاميذ الصف الثاني الإعدادي وتكوَّنَتْ مِنْ (٧٤) تلميذًا، وتلميذةً مِنْ تلاميذ مدرسة الدناوية الإعدادية بإدارة العياط التعليمية ، يوم الخميس، الموافق (٢٠٢٤/١٠/٣م)، وذلك للأسباب التالية: تحديد زمن المقياس، إجراء التعديلات اللازمة على عبارات

المقياس، حساب الاتساق الداخلى للمقياس، حساب ثبات المقياس. وقد توصَّل الباحثان بعد تطبيق المقياس على العينة الاستطلاعية إلى ما يلي:

بالنسبة لتحديد زمن المقياس:

فقد وجد الباحثان أنَّ الزمن المناسب لتطبيق المقياس، هو: (٤٥) دقيقةً؛ حيثُ تَمَّ حساب الزمن الذي استغرقَهُ كُلُّ التلاميذ في الإجابة؛ فكانتْ (٢٩٥٦) دقيقةً، وبحساب متوسط الزمن، وإضافة (٥) دقائق لقراءة التعليمات، يصبحُ زمن المقياس (٤٥) دقيقةً.

بالنسبة للتعديلات التي تَمَّ إجراؤُها على المقياس:

فقد قام الباحثان بإعادة صياغة بعض العبارات؛ لاشتمالها على بعض المصطلحات غير الواضحة.

حساب الاتساق الداخلى للمقياس:

تم التحقق من الاتساق الداخلى للمقياس، وذلك من خلال التطبيق الذي تم للمقياس على العينة الاستطلاعية، التي قوامها (٧٤) تلميذًا وتلميذةً كما يلي:

أ) حساب معاملات الارتباط بين مفردات المقياس، والدرجة الكلية للمقياس:

جدول (١٠) معاملات الارتباط بين مفردات مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات، والدرجة الكلية للمقياس(*)

رقم المفردة	معامل ارتباط المفردة بالدرجة الكلية للمقياس	مستوى الدلالة	رقم المفردة	معامل ارتباط المفردة بالدرجة الكلية للمقياس	مستوى الدلالة
1	.572**	0.01	16	.526**	0.01
2	.386**	0.01	17	.409**	0.01
3	.451**	0.01	18	.452**	0.01
4	.568**	0.01	19	.637**	0.01
5	.635**	0.01	20	.385**	0.01
6	.492**	0.01	21	.421**	0.01
7	.501**	0.01	22	.562**	0.01
8	.713**	0.01	23	.411**	0.01
9	.595**	0.01	24	.394**	0.01
10	.431**	0.01	25	.613**	0.01
11	.622**	0.01	26	.505**	0.01
12	.457**	0.01	27	.432**	0.01
13	.618**	0.01	28	.589**	0.01
14	.475**	0.01	29	.463**	0.01
15	.646**	0.01	30	.540**	0.01

**** دالة عند مستوى (0.01)**

ب) حساب معاملات الارتباط بين الدرجة الكلية لكل بعد، والدرجة الكلية للمقياس.

جدول (١١) معاملات الارتباط بين الدرجة الكلية لكل بعد من أبعاد مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات والدرجة الكلية للمقياس.

أبعاد المقياس	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
البعد الأول (القيمة الأكاديمية للرياضيات)	.517**	0.01
البعد الثاني (القيمة الحياتية (التطبيقية) للرياضيات)	.642**	0.01
البعد الثالث (القيمة المهنية للرياضيات)	.497**	0.01

(*) رقم المفردة في الجدول يشير إلى رقمها تبعًا للمقياس ككل في صورته النهائية.

ج) حساب معاملات الارتباط بين كل مفردة من مفردات البعد، والدرجة الكلية للبعد:

جدول (١٢) معاملات الارتباط بين كل مفردة من مفردات البعد، والدرجة الكلية للبعد (*)

البعد الأول (القيمة الأكاديمية للرياضيات)			البعد الثاني (القيمة الحياتية (التطبيقية) للرياضيات)			البعد الثالث (القيمة المهنية للرياضيات)		
رقم المفردة	معامل ارتباط المفردة بالدرجة الكلية للبعد	مستوى الدلالة	رقم المفردة	معامل ارتباط المفردة بالدرجة الكلية للبعد	مستوى الدلالة	رقم المفردة	معامل ارتباط المفردة بالدرجة الكلية للبعد	مستوى الدلالة
1	.613**	0.01	11	.654**	0.01	21	.519**	0.01
2	.424**	0.01	12	.469**	0.01	22	.593**	0.01
3	.571**	0.01	13	.652**	0.01	23	.437**	0.01
4	.597**	0.01	14	.481**	0.01	24	.410**	0.01
5	.683**	0.01	15	.715**	0.01	25	.649**	0.01
6	.510**	0.01	16	.548**	0.01	26	.584**	0.01
7	.536**	0.01	17	.462**	0.01	27	.478**	0.01
8	.765**	0.01	18	.494**	0.01	28	.617**	0.01
9	.602**	0.01	19	.734**	0.01	29	.521**	0.01
10	.476**	0.01	20	.416**	0.01	30	.563**	0.01

** **دالة عند مستوى (0.01)**

يتضح من الجداول (١٠)، (١١)، (١٢) السابقة أن معاملات الارتباطات دالة عند مستوى (٠,٠١)، وهذا يدل على ترابط المفردات وتماسكها، والأبعاد، والدرجة الكلية؛ مما يدل على أن المقياس يتمتع باتساق داخلي.

حساب ثبات المقياس:

لحساب ثبات المقياس استخدم الباحثان كل من طريقة ألفا كرونباخ، وطريقة التجزئة النصفية باستخدام معادلتي سبيرمان براون، وجوتمان، وفيما يلي توضيح لذلك:

- **طريقة ألفا كرونباخ:**

قام الباحثان باستخدام معادلة ألفا كرونباخ؛ للتأكد من ثبات المقياس، وذلك من خلال التطبيق الذي تم للمقياس على العينة الاستطلاعية، التي قوامها (٧٤) تلميذًا وتلميذةً، ويوضح الباحثان معاملات الثبات للأبعاد، وللمقياس ككل من خلال جدول (١٣) التالي:

جدول (١٣) معاملات ثبات أبعاد مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات، والمقياس ككل بطريقة ألفا كرونباخ.

أبعاد المقياس	عدد المفردات	معامل ثبات ألفا كرونباخ
البعد الأول (القيمة الأكاديمية للرياضيات)	10	.794
البعد الثاني (القيمة الحياتية (التطبيقية) للرياضيات)	10	.892
البعد الثالث (القيمة المهنية للرياضيات)	10	.877
المقياس ككل	30	.881

- **طريقة التجزئة النصفية.**

قام الباحثان باستخدام طريقة التجزئة النصفية؛ للتأكد من ثبات المقياس، وذلك من خلال التطبيق الذي تم للمقياس على العينة الاستطلاعية، التي قوامها (٧٤) تلميذًا، وتلميذةً، وحساب معامل الارتباط بين نصفي المقياس: (الزوجي، والفردي) للمقياس ككل، وكذلك لكل بعد من الأبعاد باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS حيث تم حساب معامل الارتباط (معامل ثبات التجزئة النصفية) باستخدام معادلة جوتمان، وكذلك باستخدام معادلة تصحيح الطول لسبيرمان براون، وفيما يلي توضيح من خلال جدول (١٤) التالي:

(*) رقم المفردة في الجدول يشير إلى رقمها تبعًا للمقياس ككل في صورته النهائية.

جدول (١٤) معامل ثبات التجزئة النصفية لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات ككل، ولكل بعد من الأبعاد باستخدم معادلة جوتمان، وسبيرمان براون.

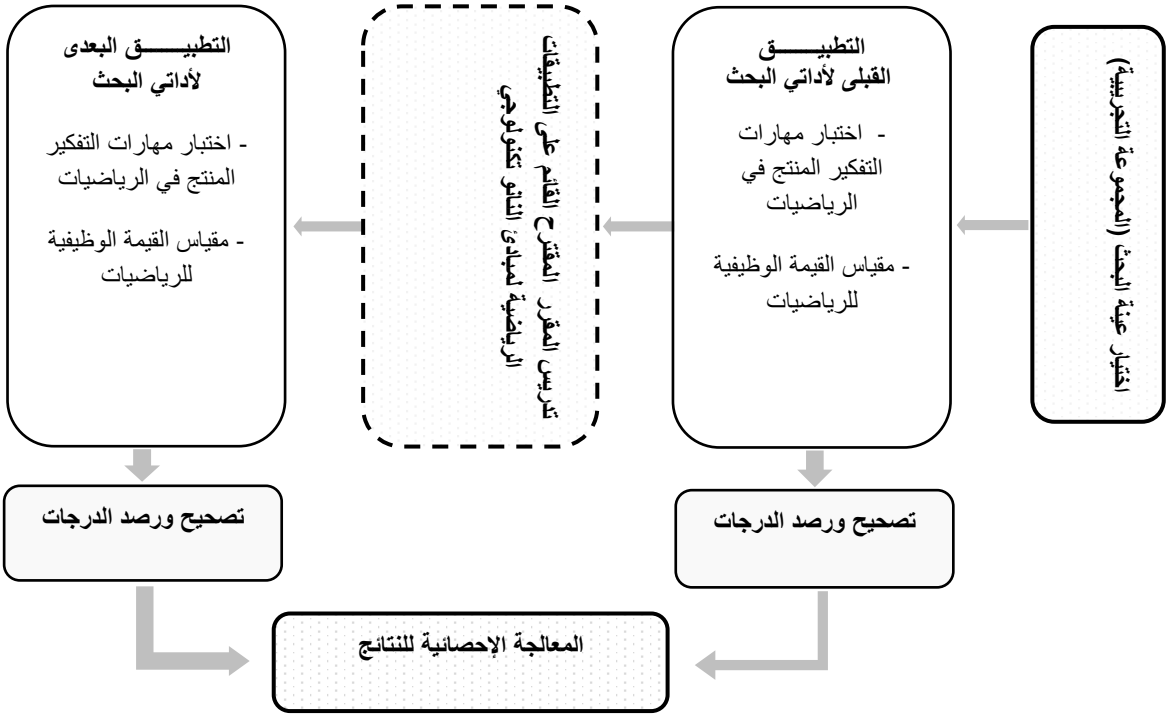
أبعاد المقياس	باستخدام معادلة جوتمان	باستخدام معادلة سبيرمان براون
البعد الأول (القيمة الأكاديمية للرياضيات)	.798	.799
البعد الثاني (القيمة الحياتية (التطبيقية) للرياضيات)	.895	.897
البعد الثالث (القيمة المهنية للرياضيات)	.880	.880
المقياس ككل	.883	.883

يتضح من الجدولين (١٣)، (١٤) السابقين أن معامل ثبات المقياس كَكُلٍّ (٠,٨٨) وهذا يعني أنَّ المقياس يستندُ على معامل ثبات مرتفع؛ مِمَّا يطمئن لاستخدامه، وبعد إجراء التعديلات على المقياس بعد تطبيقه على العينة الاستطلاعية، وحساب ثباته يكون الباحثان قد توصَّل إلى الصورة النهائية للمقياس ملحق (٩).

ثالثًا ـ التصميم التجريبي، وإجراءات تجربة البحث:

- **التصميم شبه التجريبى للبحث:**

استخدم البحث التصميم شبه التجريبي، المُكَوَّنَ مِنْ مجموعة تجريبية واحدة، ومع استخدام القياسِينِ: القبلي، والبعدي لأداتي البحث، ويمكن تصوُّر هذا التصميم مِنْ خلال شكل (١) التالي:



شكل (١): التصميم شبه التجريبي للبحث

يتضحُ مِن الشكل (١) السابق أنَّ هذا البحث يتضمنُ المتغيرات التالية:

- المتغير المستقل (التجريبي): المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي.
- المتغيرَانِ التابعَانِ: مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، القيمة الوظيفية للرياضيات.

- **مجتمع البحث:**

تكون مجتمع البحث من جميع تلاميذ المرحلة الإعدادية، بالمدارس الحكومية في محافظة الجيزة، بالفصل الدراسي الأول، للعام الدراسي (٢٠٢٤/٢٠٢٥م).

- **عينة البحث:**

تَمَّ اختيار عينة البحث مِنْ تلاميذ الصف الثاني الإعدادي، بمدرسة الفؤاد للتعليم الأساسي، التابعة لإدارة العياط العليمية، للعام الدراسي (٢٠٢٤/٢٠٢٥م)، بالفصل الدراسي الأول، حيث تم اختيار أحد الفصول عشوائيًا من أصل (٦) فصول، وتكونت عينة البحث من (٣٨) تلميذًا، وتلميذةً. ويرجع اختيار العينة من تلاميذ الصف الثانى الاعدادى للأسباب التالية: تركيز البحوث والدراسات التي أجريت في مجال تطبيقات النانو تكنولوجي والتي أجريت على صفوف دراسية بالمرحلة الابتدائية – على حد علم الباحثين- على مفاهيم بسيطة تمثل مقدمات لمجال النانو تكنولوجي مثل دراسة الحجم والمساحة، وذلك نظرًا لتعقد بعض تطبيقاتها والمفاهيم العلمية المندرجة تحت مظلة علوم النانو واستخداماتها، الأمر الذي دفع الباحثان إلى اختيار المرحلة الإعدادية حتى تتوافر خلفية معرفية مناسبة في كل من الرياضيات والعلوم يمكن الانطلاق منها نحو إعداد محتوى علمي يتسم بالاتساع والعمق في دراسة موضوعات النانو تكنولوجي وتطبيقاته مثل دراسة النقاط الكموية وتحويل القياس النانوي إلى غيره من وحدات القياس، الأمر الذي يتطلب دراسة الأسس التي تقوم عليها وخصائصها (والتي يدرسها التلميذ في المرحلة الاعدادية)، وكذلك دراسة بعض الخصائص الفيزيائية لجسيمات النانو مثل تأثير زهرة اللوتس (الأسطح الجاذبة والمنفرة للماء) وغيرها، فضلًا عن مناسبة المرحلة العمرية لتطبيق استراتيجيات تدريسية تتماشى مع طبيعة تطبيقات النانو تكنولوجي.

- **تنفيذ تجربة البحث:**

بعد أنْ تَمَّ اختيار عينة البحث، بدأ التنفيذ الفعلي لتجربة البحث، وقد تمثَّلَ ذلك في الآتي:

أ- تطبيق أداتي البحث قبليًا:

تَمَّ تطبيقُ كُلٍّ مِن: اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، ومقياس القيمة الوظيفية للرياضيات قبليًا، كما يلي:

تطبيق اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات قبليًا:

تم التطبيق القبلي لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات على عينة البحث، يوم الثلاثاء الموافق (٢٠٢٤/١٠/٨م).

تطبيق مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات قبليًا:

تم التطبيق القبلي لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات على عينة البحث، يوم الأربعاء الموافق (٢٠٢٤/١٠/٩م).

ب- تدريس المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي:

بعد الانتهاء مِن التطبيق القبلي لأداتي البحث، بدأتْ عملية التدريس؛ حيثُ قام المعلِّم(*) بتدريس المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي موضع التطبيق للمجموعة التجريبية، وقد استغرق تدريس المقرر مدة ثمانية أسابيع، بواقعِ ثلاث حصصٍ أسبوعيًا، وذلك في الفترة ما بين (٢٠٢٤/١٠/١٣ م)، حتى (٢٠٢٤/١٢/٨م).

جـ- تطبيق أداتي البحث بعديًا:

تَمَّ تطبيق أداتي البحث عقب عملية التدريس مباشرة؛ حيثُ تَمَّ تطبيق اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات يوم الاثنين الموافق (٢٠٢٤/١٢/٩م)، وتَمَّ تطبيقُ مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات يوم الثلاثاء الموافق (٢٠٢٤/١٢/١٠م)، وبذلك تَمَّ الحصولُ على البيانات التي تساعدُ في العمليات الإحصائية الخاصة بنتائج البحث.

- **أساليب معالجة نتائج التجربة إحصائيًا:**

تَمَّ استخدام الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS 26)، في إجراء التحليلات الإحصائية، والأساليب المستخدمة في هذا البحث، هي: اختبار"ت" لمتوسطَينِ مرتبطَينِ؛ لحساب قيمة "ت" المحسوبة بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقَينِ: القبلي، والبعدي؛ للتعرُّف

(*) أ/ زهران محمد زهران (معلم الرياضيات بمدرسة الفؤاد للتعليم الأساسي).

على دلالة الفرق بين المتوسطَينِ، حجم التأثير بمربع إيتا (η^2)؛ لحساب حجم تأثير المتغير المستقل: (المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي على المتغيرات التابعة (مهارات التفكير المنتج في الرياضيات - القيمة الوظيفية للرياضيات)، معامل ارتباط "بيرسون"؛ لحساب قوة العلاقة بين مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، والقيمة الوظيفية للرياضيات.

نتائج البحث، وتفسيرها، ومناقشتها:

يتمُّ - فيما يلي - عرضٌ للنتائج التي أسفرتْ عنها تجربة البحث الميدانية، وذلك مِنْ خلال الإجابة عن أسئلة البحث، واختبار صحة كُلِّ فرضٍ مِنْ فروض البحث، ثُمَّ تفسير هذه النتائج، ومناقشتها في ضوء الإطار النظري للبحث، والدراسات السابقة وذلك بهدف التعرُّف على فاعلية مقرر مقترح قائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي؛ لتنمية مهارات التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي.

تَمَّ الإجابة عن السؤال الأول للبحث، وكذلك السؤال الثاني، وأيضًا السؤال الثالث وذلك في الجزء الخاص بإعداد مواد المعالجة التجريبية للبحث، ويتمُّ - فيما يلي – الإجابة عن باقي أسئلة البحث.

أوَّلًا- الإجابة عن السؤال الرابع للبحث:

للإجابة عن السؤال الرابع الذي ورد في مشكلة البحث، وهو: "ما فاعلية المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تنمية مهارات التفكير المنتج في الرياضيات لدى التلاميذ بالحلقة الثانية من التعليم الأساسي؟" قام الباحثان بالتحقُّق مِنْ صحة الفرض الآتي:

- **التحقُّق مِنْ صحة الفرض الأول مِنْ فروض البحث:**

الذي ينصُّ على أنَّهُ: "يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقِينِ: القبلي، والبعدي لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، ولصالح متوسط درجات التطبيق البعدي".

وللتحقُّقِ مِنْ صحة هذا الفرض تَمَّ حساب قيم (ت)، ومدى دلالتها للفرق بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقَينِ: القبلي، والبعدي لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، وجدول (١٥) التالي يوضِّحُ ذلك:

جدول (١٥) قيم "ت"، ومستوى دلالتها للفرق بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقَينِ: القبلي، والبعدي لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات.

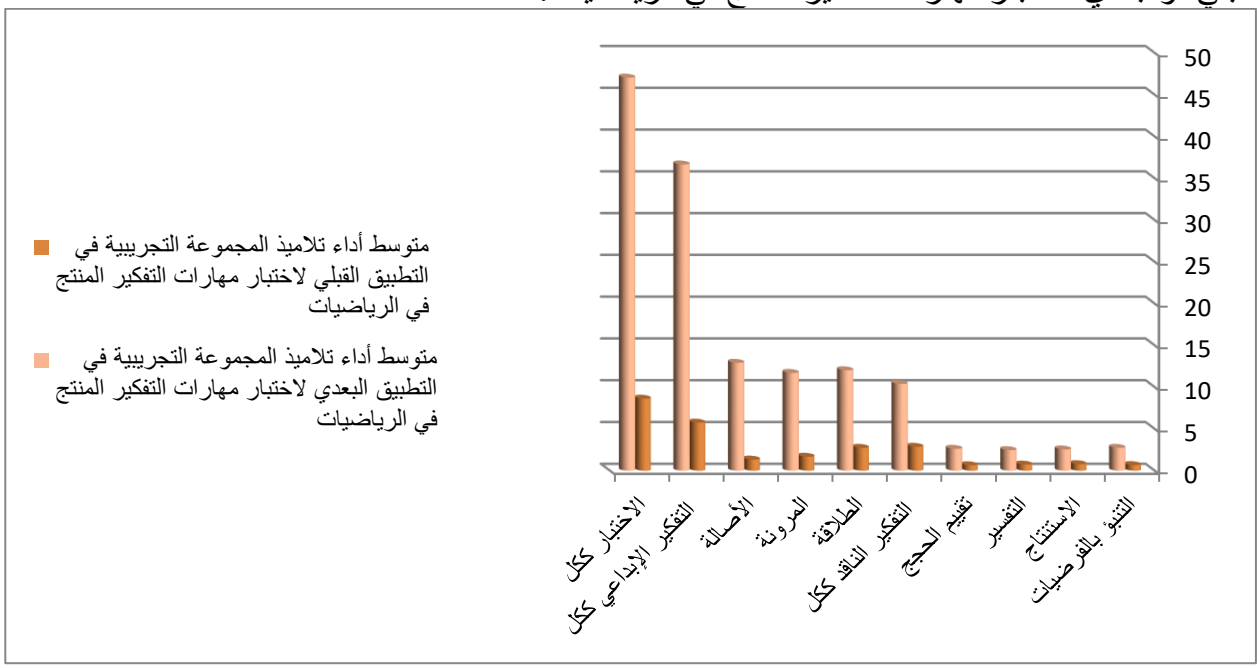
أبعاد الاختبار	التطبيق	عدد التلاميذ (ن)	المتوسط الحسابي (م)	الانحراف المعياري (ع)	المتوسط الحسابي للفروق (م ف)	الخطأ المعياري لمتوسط الفرق	درجة الحرية	قيمة (ت) المحسوبة	مستوى الدلالة	مربع إيتا η^2	قيمة (d)	حجم التأثير
التنبؤ بالفرضيات	القبلي	38	.68	.471	2.053	.099	37	20.648	دالة عند مستوى ٠,٠١	.920	6.78	كبير
	البعدي	38	2.74	.446								
الاستنتاج	القبلي	38	.79	.474	1.763	.096		18.430	دالة عند مستوى ٠,٠١	.902	6.07	كبير
	البعدي	38	2.55	.504								
التفسير	القبلي	38	.74	.446	1.737	.117		14.798	دالة عند مستوى ٠,٠١	.855	4.86	كبير
	البعدي	38	2.47	.557								
تقييم الحجج	القبلي	38	.66	.481	1.974	.122		16.160	دالة عند مستوى ٠,٠١	.876	5.32	كبير
	البعدي	38	2.63	.489								
مهارات التفكير الناقد ككل	القبلي	38	2.87	.906	7.526	.255		29.507	دالة عند مستوى ٠,٠١	.959	9.67	كبير
	البعدي	38	10.39	1.516								
الطلاقة	القبلي	38	2.74	1.083	9.289	.348		26.730	دالة عند مستوى ٠,٠١	.951	8.81	كبير
	البعدي	38	12.03	1.652								
المرونة	القبلي	38	1.68	1.042	10.026	.363		27.643	دالة عند مستوى ٠,٠١	.954	9.11	كبير
	البعدي	38	11.71	1.691								
الأصالة	القبلي	38	1.34	.847	11.579	.429		26.964	دالة عند مستوى ٠,٠١	.952	8.91	كبير
	البعدي	38	12.92	2.540								

أبعاد الاختبار	التطبيق	عدد التلاميذ (ن)	المتوسط الحسابي (م)	الانحراف المعياري (ع)	المتوسط الحسابي للفروق (م ف)	الخطأ المعياري لمتوسط الفرق	درجة الحرية	قيمة (ت) المحسوبة	مستوى الدلالة	مربع إيتا η^2	قيمة (d)	حجم التأثير
مهارات التفكير الإبداعي ككل	القبلي	38	5.76	2.006	30.895	.772		40.028	دالة عند مستوى ٠,٠١	.977	13.04	كبير
	البعدي	38	36.66	3.954								
الاختبار ككل	القبلي	38	8.63	2.149	38.421	.733		52.422	دالة عند مستوى ٠,٠١	.987	17.43	كبير
	البعدي	38	47.05	3.904								

قيمة (ت) الجدولية عند مستوى (٠,٠١)، لدرجة حرية (٣٧) = (٢,٤٢٣)

ويتضحُ مِنْ جدول (١٥) السابق ارتفاع متوسط درجات التطبيق البعدي عن متوسط درجات التطبيق القبلي لتلاميذ المجموعة التجريبية في اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات ككل، ولكل بعد على حدة؛ حيثُ حصل التلاميذ في التطبيق القبلي لاختبار مهارات التفكير المنتج ككل على متوسط (٨,٦٣)، وبانحراف معياري قدره (٢,١٤٩)، وفي التطبيق البعدي على متوسط (٤٧,٠٥)، وبانحراف معيارى قدره (٣,٩٠٤).

ويوضح الرسم البياني التالي الفرق بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات:



شكل (٢) يوضح الفرق بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات.

وقيمة (ت) المحسوبة لدلالة الفرق بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقَين: القبلي، والبعدي لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات ككل، ولكل بعد على حدة دالةٌ عند مستوى (٠,٠١)، حيث بلغتْ لاختبار مهارات التفكير المنتج ككل (٥٢,٤٢٢).

وقيمة مربع إيتا (η^2) لاختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات ككل، هي: (٠,٩٨٧)، وهذا يعني أنَّ نسبة (٩٨,٧٪) مِن التباين الحادث في مستوى مهارات التفكير المنتج في الرياضيات ككل (المتغير التابع) يرجعُ إلى استخدام (المتغير المستقل) كما أنَّ قيمة (d) = (١٧,٤٣)، وهي تعبِّرُ عن حجم تأثير كبير للمتغير المستقل؛ وذلك لأنَّ قيمة (d) أكبرُ مِنْ (٠,٨)، ويشير هذا إلى أنَّهُ حدث نمو واضحٌ ودالٌ في مستوى مهارات التفكير المنتج لدى تلاميذ المجموعة التجريبية.

ويعني هذا قبول الفرض الأول مِنْ فروض البحث، وبالتحقق من الفرض الأول يكون الباحثان قد أجابا عن السؤال الرابع الذي ورد في مشكلة البحث.

تفسير نتائج الفرض الأول، ومناقشتها:

يتضح مما سبق تفوق تلاميذ المجموعة التجريبية في مستوى مهارات التفكير المنتج في الرياضيات ككل، ولكل مهارة على حدة؛ وذلك نظرًا للتدريس لهم باستخدام المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي، وتتفق هذه النتائج مع دراسة محمد (٢٠١٦) التي توصلت إلى فعالية وحدة مقترحة قائمة على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي لتنمية التفكير المتشعب لدى طالبات المرحلة المتوسطة، ودراسة عبد اللطيف وآخران (٢٠٢١) التي توصلت إلى فاعلية وحدة مقترحة في علوم و تكنولوجيا النانو في تنمية مهارات التفكير الإبداعي، ودراسة عبد الواحد وآخران (٢٠٢٢) التي توصلت إلى فعالية برنامج قائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي فيي تنمية مهارات القوة الرياضية، ودراسة العليان (٢٠٢٢). التي هدفت إلى تطويروحدة دراسية لتنمية التفكير المنتج في الرياضيات لدى تلاميذ الصف الثاني متوسط، ودراسة عبد الرحمن (٢٠٢٤) التي هدفت إلى تصميم نموذج تدريسي لتدريس الرياضيات لتنمية التفكير المنتج لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.

ويرى الباحثان ارتفاع أداء تلاميذ المجموعة التجريبية في اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات يرجع إلى:

- أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي جعل التلاميذ أكثر قدرة على الإبداع من خلال توظيف مبادئ ومفاهيم النانو تكنولوجي، والتقنية والرياضيات؛ مما نمي لديهم أفكار جديدة.
- أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي أتاح الفرصة للتلاميذ للتعلم من خلال تطبيق الأنشطة العملية، والتطبيقية، المتمركزة حول الخبرة ودمج الأنشطة والوسائل التكنولوجية الرقمية، وتوظيف أنشطة الاكتشاف، وأنشطة الخبرة اليدوية، وأنشطة التفكير العلمي، والمنطقي، والابتكاري؛ مما أسهم في تنمية مهارات التفكير المنتج لديهم.
- أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي اعتمد على توفير الأنشطة، والممارسات الاستقصائية، التي يكتسب من خلالها التلميذ المعارف، والخبرات، والمهارات العلمية، وتوظيفها في إنتاج، وتوليد الأفكار حيث إن امتلاك التلميذ لمهارات الاستقصاء الأساسية يمكنه من التعامل بكفاءة.
- أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي وضع التلاميذ في تحدٍ، مما جعلهم أكثر انخراطًا في تعلم الرياضيات؛ مما أسهم في تنمية مهارات التفكير المنتج لديهم.
- كما أن المقرر المقترح قدم تعلمًا متمركزًا حول التلميذ، ومبنيًا على التعلم من خلال المشاريع القائمة على التعلم الاستقصائي؛ مما أسهم في تنمية مهارات التفكير المنتج لديهم.
- المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي أتاح الفرصة للتلاميذ للاعتماد على الأساليب الرياضية والإحصائية في التوصل إلى النتائج وتحليلها وتفسيرها؛ مما أسهم في تنمية مهارات التفكير المنتج لديهم.

ثانيًا- الإجابة عن السؤال الخامس للبحث:

للإجابة عن السؤال الخامس الذي ورد في مشكلة البحث، وهو: "ما فاعلية المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تنمية أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات لدى التلاميذ بالحلقة الثانية من التعليم الأساسي؟" قام الباحثان بالتحقُّق مِنْ صحة الفرض الآتي:

- **التحقُّقُ مِنْ صحة الفرض الثاني مِنْ فروض البحث:**

الذي ينصُّ على أنَّهُ: "يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقَينِ: القبلي، والبعدي لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات، لصالح متوسط درجات التطبيق البعدي".

وللتحقُّقِ مِنْ صحة هذا الفرض تَمَّ حساب قيم (ت)، ومدى دلالتها للفرق بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقَينِ: القبلي، والبعدي لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات، وجدول (١٦) التالي يوضِّحُ ذلك:

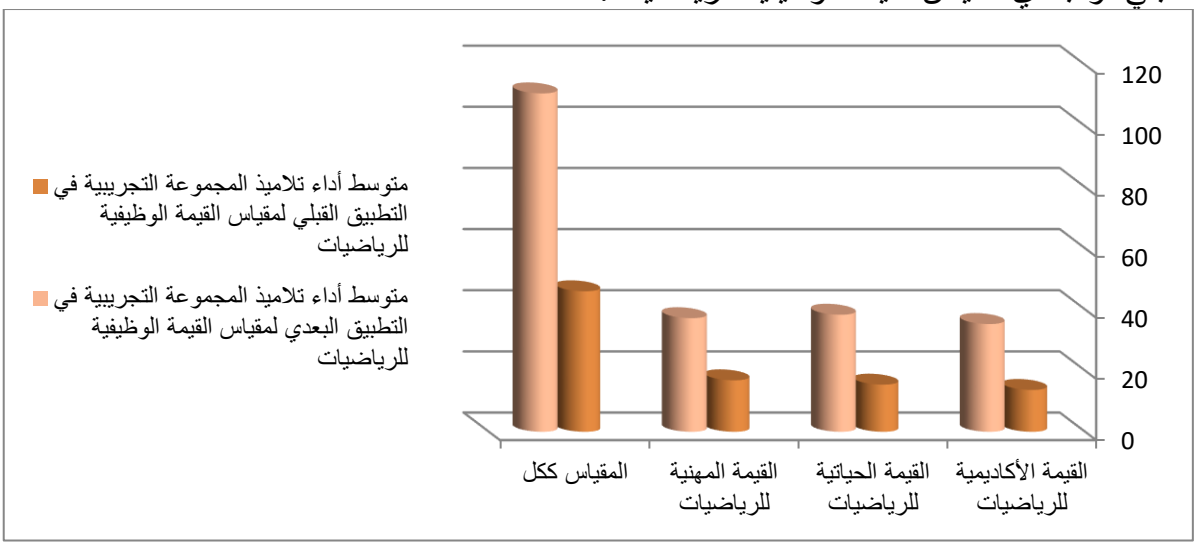
جدول (١٦) قيم "ت"، ومستوى دلالتها للفرق بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقَينِ: القبلي، والبعدي لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات.

أبعاد المقياس	التطبيق	عدد التلاميذ (ن)	المتوسط الحسابي (م)	الانحراف المعياري (ع)	المتوسط الحسابي للفروق (م ف)	الخطأ المعياري لمتوسط الفرق	درجة الحرية	قيمة (ت) المحسوبة	مستوى الدلالة	مربع إيتا η^2	قيمة (d)	حجم التأثير
القيمة الأكاديمية للرياضيات	القبلي	38	13.68	2.107	21.553	.693	37	31.097	دالة عند مستوى ٠,٠١	.963	10.20	كبير
	البعدي	38	35.24	4.207								
القيمة الحياتية (التطبيقية) للرياضيات	القبلي	38	15.42	3.142	22.868	.819		27.933	دالة عند مستوى ٠,٠١	.955	9.21	كبير
	البعدي	38	38.29	5.392								
القيمة المهنية للرياضيات	القبلي	38	16.84	4.463	20.316	1.129		17.994	دالة عند مستوى ٠,٠١	.897	5.90	كبير
	البعدي	38	37.16	5.829								
المقياس ككل	القبلي	38	45.95	5.927	64.737	2.114		30.623	دالة عند مستوى ٠,٠١	.962	10.06	كبير
	البعدي	38	110.68	12.032								

قيمة (ت) الجدولية عند مستوى (٠,٠١)، لدرجة حرية (٣٧) = (٢,٤٢٣)

ويتضحُ مِنْ جدول (١٦) السابق ارتفاع متوسط درجات التطبيق البعدي عن متوسط درجات التطبيق القبلي لتلاميذ المجموعة التجريبية في مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات ككل، ولكل بعد على حدة؛ حيثُ حصل التلاميذ في التطبيق القبلي لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات ككل على متوسط (٤٥,٩٥)، وبانحراف معياري قدره (٥,٩٢٧)، وفي التطبيق البعدي على متوسط (١١٠,٦٨)، وبانحراف معيارى قدره (١٢,٠٣٢).

ويوضح الرسم البياني التالي الفرق بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات:



شكل (٣) يوضح الفرق بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي والبعدي لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات.

وقيمة (ت) المحسوبة لدلالة الفرق بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقَينِ: القبلي، والبعدي لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات ككل، ولكل بعد على حدة دالةٌ عند مستوى (٠,٠١)، حيث بلغتْ لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات ككل (٣٠,٦٢٣).

وقيمة مربع إيتا (η^2) لمقياس القيمة الوظيفية للرياضيات ككل، هي: (٠,٩٦٢)، وهذا يعني أنَّ نسبة (٩٦,٢٪) مِن التباين الحادث في مستوى القيمة الوظيفية للرياضيات ككل (المتغير التابع) يرجعُ إلى استخدام (المتغير المستقل)، كما أنَّ قيمة (d) = (١٠,٠٦) وهي تعبِّرُ عن حجم تأثير كبير للمتغير المستقل؛ وذلك لأنَّ قيمة (d) أكبرُ مِنْ (٠,٨) ويشير هذا إلى أنَّهُ حدث نمو واضحٌ ودالٌ في مستوى القيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ المجموعة التجريبية.

ويعني هذا قبول الفرض الثاني مِنْ فروض البحث، وبالتحقق من الفرض الثاني يكون الباحثان قد أجابا عن السؤال الخامس الذي ورد في مشكلة البحث.

تفسير نتائج الفرض الثاني، ومناقشتها:

يتضح مما سبق تفوق تلاميذ المجموعة التجريبية في مستوى القيمة الوظيفية للرياضيات ككل، ولكل بعد على حدة؛ وذلك نظرًا للتدريس لهم باستخدام المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي، وتتفق هذه النتائج مع دراسة إبراهيم و عبد النظير (٢٠١٨) التي توصلت إلى فاعلية استراتيجية التعلم المقلوب قي تقدير القيمة الوظيفية لتعلم الرياضيات لدى تلاميذ الصف الثاني الإعدادي، ودراسة حسن (٢٠١٩) التي توصلت إلى فاعلية وحدة مقترحة في تقدير القيمة الوظيفية لتعلم الرياضيات لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية، ودراسة محمد (٢٠٢١) التي توصلت إلى فاعلية استخدام مدخل تفكير النظم في تقدير القيمة الوظيفية للرياضيات لدى طالبات المرحلة المتوسطة.

ويرى الباحثان ارتفاع أداء تلاميذ المجموعة التجريبية في مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات يرجع إلى:

- أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي ساعد على استخدام الرياضيات وتطبيقها في الحياة اليومية؛ مما ساهم في تنمية أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات.
- أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي ساعد على تقديم بيئات تعليمية منفتحة، وتعاونية، وتفاعلية، ومندمجة في سياق العالم الطبيعي؛ مما ساعد التلاميذ على تنمية قدراتهم على استقصاء المعرفة العلمية الأساسية؛ وفهمها وبناؤها، وتوظيفها في نشاطاتهم الحياتية؛ مما ساهم في تنمية أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات.
- أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي قدم تعلم قائم على حل مشكلات من واقع الحياة، وعزز استقلالية التلاميذ، كما ساعد على العمل مع مجموعات بروح الفريق.
- أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي جعل مادة الرياضيات مرتبطة بسياقات العالم الحقيقي، من خلال تضمينها عديدًا من التطبيقات الحياتية، وربط فروعها ببعضها، والتأكيد على مفاهيم النمذجة الرياضية، والتعلم من خلال مواقف ومشكلات ومهام واقعية، تظهر من خلالها ثقافة المجتمع؛ مماعزز قدرة التلاميذ على استخدام لغة الرياضيات في صياغة الخبرة الرياضية، واستخدامها وتفسيرها في سياقات حياتية؛ مما ساهم في تنمية أبعاد القيمة الوظيفية للرياضيات.

ثالثًا- الإجابة عن السؤال السادس للبحث:

للإجابة عن السؤال السادس الذي ورد في مشكلة البحث، وهو: "ما العلاقة الارتباطية بين مستوى مهارات التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي، بعد تطبيق المقرر المقترح "؟

قام الباحثان بالتحقُّقِ مِنْ صحة الفرض الثالث مِنْ فروض البحث كما يلي:

- **التحقُّقُ مِنْ صحة الفرض الثالث مِنْ فروض البحث:**

الذي ينصُّ على أنَّهُ: "توجد علاقة ارتباطية موجبة دالة إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) بين مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الصف الثاني الإعدادي".

وللتحقُّقِ مِنْ صحة هذا الفرض، تَمَّ حساب قيمة معامل ارتباط "بيرسون" بين درجات تلاميذ المجموعة التجريبية على اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات ودرجاتهم على مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات في التطبيق البعدي، وجدول (١٧) التالي يوضِّحُ ذلك:

جدول (١٧) معامل الارتباط بين درجات تلاميذ المجموعة التجريبية على اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، ودرجاتهم على مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات في التطبيق البعدي.

المتغيرات	عدد التلاميذ	معامل ارتباط "بيرسون"	مستوى الدلالة
مهارات التفكير المنتج في الرياضيات ـ القيمة الوظيفية للرياضيات	38	.762	دال عند مستوى ٠,٠١

ويتضحُ مِنْ جدول (١٧) السابق أنَّهُ توجد علاقة ارتباطية موجبة قوية بين درجات تلاميذ المجموعة التجريبية على اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات وبين درجاتهم على مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات؛ حيثُ بلغت قيمة معامل ارتباط "بيرسون" (٠,٧٦٢)، وكانتْ دالةً عند مستوى (٠,٠١)، ويعني هذا قبول الفرض الثالث مِنْ فروض البحث، كما أنَّهُ يجيبُ عن السؤال الخامس الذي ورد في مشكلة البحث.

تفسير نتائج الفرض الثالث، ومناقشتها:

يتضح مما سبق وجود علاقة ارتباطية موجبة، ودالة إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) بين درجات تلاميذ المجموعة التجريبية على اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، وبين درجاتهم على مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات، وهذه النتيجة تتفق مع دراسة Aikens et al (2021) التي هدفت تجريب مقرر دراسي قائم على التكامل بين مجال الأحياء والحسبان، وقد أظهرت نتائج الدراسة فاعلية المقرر في تنمية القيمة الوظيفية للرياضيات من خلال تكوين فهم واضح أن تطبيقات الرياضيات في مجال علم الأحياء وزيادة دافعيتهم نحو دراسة المادة، فضلاً عن زيادة مستوى أداءهم الرياضي بصفة عامة، كما أظهرت النتائج آراء التلاميذ عن القيمة الوظيفية للرياضيات في مجال الأحياء واستخداماتها وفوائدها، الأمر الذي عكس تصورات التلاميذ المركبة عن دور الرياضيات في مجال الأحياء، حيث تساهم الرياضيات في عمل النماذج الرياضية وتحليل البيانات الإحصائية وتقديم التنبؤات العلمية وتجميع البيانات وشرح الأنماط ووضع الفروض واختبارها، ودراسة(2023) Aplise & Tan التي أكدت على وجود علاقة بين مهارات التلاميذ على حل المشكلات وإدراكهم للقيمة الوظيفية للرياضيات.

ويفسر الباحثان العلاقة الارتباطية بين درجات التلاميذ في مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، والقيمة الوظيفية للرياضيات إلى أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي ساعد التلاميذ على وضع فرضيات لحل المشكلات الرياضية، وتقييم الحجج لها، وإنتاج عددٍ من الحلول لها، وتنوع أفكار هذه الحلول، وإنتاج علاقات وأنماط رياضية غير مألوفة؛ أدى ذلك إلى تنمية مستوى القيمة الوظيفية للرياضيات لديهم كما أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي ساعد التلاميذ على استخدام الأفكار السابقة؛ لإنتاج أفكار جديدة لحل المشكلات الحياتية؛ مما أدى إلى تنمية مستوى القيمة الوظيفية للرياضيات لديهم.

- **تفسير عام للنتائج، ومناقشتها:**

مِنْ خلال الإجابة عن أسئلة البحث، والتحقُّق مِنْ صحة فروضه، توصَّل الباحثُ إلى مجموعةٍ مِن النتائج، يمكن تفسيرها، ومناقشتها كالتالي:

لقد أشارت النتائج الخاصة بتطبيق اختبار مهارات التفكير المنتج في الرياضيات إلى: وجود فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية، الذين درسوا المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في التطبيقين: القبلي، والبعدي للمقياس، لصالح متوسط درجات التطبيق البعدي، وقد أثبتتِ النتائج الخاصة بتطبيق مقياس القيمة الوظيفية للرياضيات إلى وجود فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية، الذين درسوا المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في التطبيقين: القبلي والبعدي للمقياس، لصالح متوسط درجات التطبيق البعدي، كما أثبتتِ النتائج أنَّ للمتغير المستقل (المقرر المقترح القائم على التطبيقات

الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي حجمُ تأثيرٍ كبيرٍ على المتغيرَينِ التابعَينِ: (مهارات التفكير المنتج في الرياضيات - القيمة الوظيفية للرياضيات)، كما أشارتِ النتائج إلى: وجود علاقةٍ موجبةٍ قويةٍ بين مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، والقيمة الوظيفية للرياضيات.

ومِنْ ثَمَّ فإنَّ تلك النتائج تشيرُ في مجملها إلى: أنَّ المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي يتصفُ بالفاعلية في تنمية مهارات التفكير المنتج في الرياضيات، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى تلاميذ الصف الثاني الإعدادي، وهي نتيجة تتفقُ في اتجاهها العام مع نتائج دراسة Lopes (2022) التي هدفت إلى استخدام أنشطة تعليمية قائمة على النمذجة الرياضية في تنمية القيمة الوظيفية والميل والأدوار الاجتماعية للرياضيات، فقد أظهرت نتائج الدراسة فاعلية الأنشطة التعليمية القائمة على النمذجة الرياضية في زيادة ميل التلاميذ والمتمثل في زيادة إدراكهم لاستخدامات الرياضيات في أنشطة الحياة اليومية وفي سياقات أخرى، كما قامت الأنشطة التعليمية القائمة على النمذجة الرياضية بتعميق وعي التلاميذ عن دور الرياضيات الاجتماعى، حيث ساهمت الأنشطة في زيادة دافعية التلاميذ نحو المادة، كما أكدت الدراسة على أهمية توظيف أنشطة تعليمية ترتبط بالحياة الواقعية من أجل تحسين عملية التعليم والتعلم وكذلك من أجل توضيح الاستفادة التطبيقية والقيمة الوظيفية للرياضيات في مختلف أنشطة الحياة اليومية وكذلك إبراز البعد الاجتماعى للرياضيات، ودراسة Khusna et al (2024) التي أكدت أن التفكير المنتج يساعد التلاميذ على التعامل مع المشكلات والمواقف غير المعتادة والتي لا يقوم حلها على اتباع خوارزمية رياضية معينة بطريقة علمية صحيحة.

وترجع نتائج البحث في تفوق تلاميذ المجموعة التجريبية، التي درستْ باستخدام المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي للأسباب الآتية:

- أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي مكن التلميذ من الربط بين موضوعات الرياضيات التي درسها، وتخصص النانو تكنولوجي، وبالتالي نمت لديه القدرة على تحقيق القيمة الوظيفية للرياضيات.
- كذلك نمت لدى التلاميذ مهارات التفكير المنتج، من خلال التعلم وفق المقرر المقترح؛ حيث أصبح التلميذ قادرًا على توليد وإنتاج أفكار، تصلح لحل المشكلات الرياضية.
- أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي يعزز من نمو التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات؛ لأنها تدمج التلاميذ بصورة فعالة في تنفيذ الأنشطة الرياضياتية.
- أن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي يسمح للتلاميذ بالعمل مع بعضهم البعض في مجموعات؛ مما يتيح لهم الفرصة لإبداء الرأي، والحوار والمناقشة التي تثري من أفكارهم؛ حيث يتم تناول المهمة المطلوب منهم إنجازها من زوايا مختلفة؛ نظرًا لاختلاف أسلوب وأفكار كل تلميذ داخل المجموعة الواحدة، فيستفيد كل تلميذ بآراء زميله في المجموعة.
- حماس التلاميذ أثناء التدريس، وإشاعة مناخ ديمقراطى بينهم؛ أدى إلى تكوين اتجاه إيجابى لديهم نحو دراسة الرياضيات؛ مما دفعهم لتنفيذ أنشطة المقرر الأمر الذي قد يكون ساهم إيجابيًا في إثراء خبراتهم الرياضية، الذي انعكس على تحسين مستوى التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات.
- المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي جعل بيئة التعلم بيئة ديناميكية، تعتمد على إيجابية المتعلم، والتوجيه، والإرشاد من المعلم.
- وضوح أهداف التعلم في المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي، وتحديد المهام، والمسؤوليات، وتوضيح معايير التقويم الخاصة بأداء التلاميذ أثناء قيامهم بالأنشطة المختلفة، كان له أثره الفعال في تسهيل مسؤولية تعلمهم، وتحقيقهم لأهداف التعلم بمستوى مرتفع.
- تضمن المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي بعض استراتيجيات التدريس المناسبة للتلاميذ؛ مما ساعد على تنمية التفكير المنتج والقيمة الوظيفية للرياضيات.

- مشاركة التلاميذ بإيجابية في جميع الأنشطة، والمشروعات؛ ساعد على إكسابهم خبرات رياضية متنوعة، وعلى زيادة قدرتهم على التعبير عن الأفكار الرياضية.
- ساعد المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في الربط بين الخبرات السابقة والخبرات الجديدة، وإحداث نوع من التوازن والتمثيل للمعرفة الجديدة، بطريقة ذات معنى؛ مما أدى إلى تنمية القيمة الوظيفية للرياضيات.

التوصيات، والمقترحات:

أوَّلًا - توصيات البحث:

في ضوء ما توصَّل إليه البحث مِنْ نتائج يوصي الباحثان بما يلي:

- الاستفادة من قائمة مهارات التفكير المنتج التي تم التوصل إليها في هذا البحث، كأحد مصادر تطوير منهج الرياضيات للتلاميذ بالمراحل التعليمية المختلفة.
- ضرورة أنْ يأخذ مطوِّرُو مناهج الرياضيات بالتطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي عند تطوير المناهج الدراسية.
- عقد دورات تدريبية للمعلمين حول التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي، وكيفية تصميم الأنشطة التعليمية في ضوءها.
- تشجيع المعلمين على الاهتمام بالتفكير المنتج في الرياضيات، والقيمة الوظيفية للرياضيات، وتدريبهم على كيفية تنميتهما لدى تلاميذهم، وتصميم الأنشطة التعليمية التي تساعد في ذلك.
- إجراء مزيد من البحوث في مجال تنمية مهارات التفكير المنتج لدى التلاميذ في جميع المراحل التعليمية.
- تضمين كتب الرياضيات بالمراحل الدراسية المختلفة على الأنشطة التعليمية التي قد تسهم في تنمية التفكير المنتج، والقيمة الوظيفية للرياضيات لدى التلاميذ.
- التركيز في حصة الرياضيات على التطبيقات الرياضية وعلاقتها بمبادئ النانو تكنولوجي.
- توفير البيئة التعليمية، والتقنيات اللازمة لاستخدام التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تدريس الرياضيات.
- تضمين التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي ضمن مقررات طرق تدريس الرياضيات في برامج إعداد معلم الرياضيات بكليات التربية.

ثانيًا - مقترحات البحث:

إيمانًا مِن الباحثين بأنَّ البحث العلمي لابد أنْ يقودَ إلى أبحاث أخرى؛ فإنَّهُ يقترح إجراء البحوث التالية:

- إجراء دراسة عن فاعلية المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تنمية التفكير المستقبلي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.
- إجراء دراسة عن فاعلية المقرر المقترح القائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تنمية الكفاءة الرياضياتية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.
- إجراء دراسة عن فاعلية التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تدريس الرياضيات لتنمية التفكير الجانبي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.
- إجراء دراسة عن فاعلية التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تنمية مهارات الحل الإبداعي للمشكلات الرياضية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.
- إجراء دراسة حول إعداد برامج؛ لتدريب معلمي الرياضيات، والمعلمات أثناء الخدمة على توظيف التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تدريس الرياضيات.
- إجراء دراسة للتعرف على اتجاهات معلمي الرياضيات نحو استخدام التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تدريس الرياضيات.
- إجراء دراسة عن تطوير منهج الرياضيات بالمرحلة الإعدادية في ضوء التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي.

مراجع البحث:

أولاً - المراجع العربية:

إبراهيم، إبراهيم رفعت، و عبد النظير، هبة محمد. (٢٠١٨). فاعلية استراتيجية التعلم المقلوب في تنمية مهارات القياس وتقدير القيمة الوظيفية لتعلم الرياضيات لدى تلاميذ الصف الثاني الإعدادي. *مجلة البحث في التربية وعلم النفس*، ٣٣ (١)، ٨٦-١٢٦.

أحمد، إيمان سمير حمدى. (٢٠٢٢). استخدام نموذج نيدهام البنائي في تدريس الرياضيات باللغة الإنجليزية لتنمية التحصيل و التفكير المنتج والذكاء الناجح لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة كلية التربية بجامعة الأزهر*، ٤ (١٩٥)، ٥٦٥-٦٣٠.

الجمعية المصرية لتربويات الرياضيات. (٢٠٢٣). توصيات المؤتمر الرابع عشر (الدولي الرابع) للجمعية المصرية لتربويات الرياضيات تعليم الرياضيات وتعلمها: رؤى فلسفية ونماذج تطبيقية، المنعقد في الفترة من ٦ إلى ٧ آب، *مجلة تربويات الرياضيات*، ٢٦ (٥)، ١١-١٢.

حسن, شيماء محمد علي. (٢٠١٩). وحدة مقترحة في الثقافة المالية لتنمية المفاهيم الاقتصادية وتقدير القيمة الوظيفية لتعلم الرياضيات لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية .*مجلة تربويات الرياضيات*، ٢٢ (٦)، ٣٤-٨٤.

الخزاعلة، علاء محمد، الشناق، مأمون محمد ، جوارنة، طارق يوسف. (٢٠٢٠). فاعلية نموذج أبعاد التعلم لمارزانوا في تحسين التفكير المنتج في الرياضيات. *مجلة جامعة القدس المفتوحة للأبحاث والدراسات التربوية والنفسية*، ١١ (٣١)، ٧٧-٨٨.

الزهراني، بدرية بنت ضيف الله يحيي. (٢٠٢٣). فاعلية الخرائط الذهنية الإلكترونية في تنمية التحصيل ومهارات التفكير المنتج في الرياضيات لدى طالبات المرحلة المتوسطة بالمملكة العربية السعودية. *مجلة تربويات الرياضيات*، ٢٦ (٣)، ١٤٩-١٩٩.

السعيد، رضا مسعد، و محمد، السيد محمود. (٢٠٢٠). تنمية الاستيعاب المفاهيمى والنزعة المنتجة لدى تلاميذ الصف الثاني الإعدادى الأزهرى باستخدام يدويات معمل الجبر، *مجلة تربويات الرياضيات*، ٢٣ (٥)، ٢٠٤-٢٣٣.

عبد البر، عبد الناصر محمد عبد الحميد. (٢٠٢١). الرياضيات الممتعة مدخلاً لتنمية التفكير المنتج وخفض مستوى العبء المعرفي لدى التلاميذ مختلفي التحصيل بالمرحلة الإعدادية. مجلة *كلية التربية بالمنوفية*، ٣٦ (٣)، ١-٨٣.

عبد الرحمن، مريم عبد العظيم عبد الرحيم. (٢٠٢٤). نموذج تدريسي مقترح لتدريس الرياضيات قائم على نظرية التعلم التحويلي لتنمية الدافعية العقلية والتفكير المنتج لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية، *المجلة التربوية لكلية التربية بسوهاج*، (١١٩)، ٩٣٥-١٠١٠.

عبد اللطيف, ندى كمال عبد المنصف, و راشد, على محي الدين, و المحمدي، أماني أحمد. (٢٠٢١). وحدة مقترحة في علوم و تكنولوجيا النانو و أثرها في تنمية مهارات التفكير الإبداعي لدى طلاب الصف الأول الثانوي. *مجلة دراسات تربوية واجتماعية*، ٢٧ (١١,٢)، ١٢١-١٥٨.

عبد الواحد، أحمد عبده أحمد، و غطاس، عايدة سيدهم إسكندر، و عبد المحسن، ولاء عاطف محمد كامل. (٢٠٢٢). فعالية برنامج قائم على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي في تنمية مهارات القوة الرياضية لدى طلبة المرحلة الثانوية. *مجلة تربويات الرياضيات*، ٢٥ (٢)، ١٩٣-٢٤٥.

العليان، فهد بن عبد الرحمن. (٢٠٢٢). أثر وحدة دراسية مطورة قائمة على استراتيجيات التعلم المستند للدماغ في تنمية التفكير المنتج في الرياضيات لدى طلاب الصف الثاني متوسط .*مجلة العلوم التربوية و الدراسات الإنسانية*، (٢٣)، ٢٨٤-٣٢١.

محسن، حيدر عبد الكريم، وخليل، إلاف غنى (٢٠٢٢). التفكير المنتج لدى طلبة الصف الرابع العلمي في مادة الرياضيات ، *مجلة جامعة الأنبار للعلوم الإنسانية*، ١٩ (٤)، ٤٣٣٠-٤٣٥٧.

محمد، رشا هاشم عبد الحميد. (٢٠١٦). فعالية وحدة مقترحة قائمة على التطبيقات الرياضية لمبادئ النانو تكنولوجي لتنمية التفكير المتشعب والاتجاه نحو مادة الرياضيات لدى طالبات المرحلة المتوسطة بالزلفي. *مجلة دراسات في المناهج وطرق التدريس*، (٢١٢)، ١٥-٦٣.

محمد، رشا هاشم عبد الحميد. (٢٠٢١). فاعلية استخدام مدخل تفكير النظم في تنمية الممارسات الرياضية وفق معايير الجيل القادم (NYS) وتقدير القيمة الوظيفية للرياضيات لدى طالبات المرحلة المتوسطة، *مجلة تربويات الرياضيات*، ٢٤ (٦)، ٦٢-١١٢.

ثانيًا- المراجع الأجنبية:

Abbood, S. A. A., & Nasser, I. E. (2022). Cognitive motivation and its relationship to productive thinking among the student-teacher in the College of Education for Pure Science/Department of Chemistry. *International Journal of Early Childhood Special Education*, *14*(4), P.p. 2096-2080.

Abd Al Razzaq, F. A. Q. & Kadhim, A. M. (2021). The Effectiveness of Using The Design Thinking Model in Mathematics Achievement and productive Thinking Skills Among first Intermediate Class Females Students. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, *12*(13), P.p.4175-4191.

Aikens, M. L., Eaton, C. D., & Highlander, H. C. (2021). The case for biocalculus: Improving student understanding of the utility value of mathematics to biology and affect toward mathematics. *CBE—Life Sciences Education*, *20*(1), ar5. P.p.1-14.

Al Dabbagh, A. G. (2022). Nanotechnology; The Sience of Present and Future (Principles and Applications). *NTU Journal of Pure Sciences*, *1*(3), P.p.32-39.

Aldawsari, H. K., Shahat, H. A., Gaber, S. A., Al-Ruwaili, H. A., Aldughaysh, A. M., & Mohmed, T. A. (2023). Developing Productive Thinking Skills in the field of Artistic Works using the SCAMPER Strategy for Twice Exceptional Students. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, *22*(12), P.p.1-20.

Alfitriyani, N., Pursitasari, I. D., & Kurniasih, S. (2021, July). Profile of Students' Critical and Creative Thinking Skills. *In 5th Asian Education Symposium 2020 (AES 2020)*. P.p. 328-335. Atlantis Press.

Ali, M., Anjum, N., Ain, Q. T., & He, J. H. (2021). Homotopy perturbation method for the attachment oscillator arising in nanotechnology. *Fibers and Polymers*, 22, P.p. 1601-1606.

Aljabali, A. A., Obeid, M. A., El-Tanani, M., Mishra, V., Mishra, Y., & Tambuwala, M. M. (2024). Precision epidemiology at the nexus of mathematics and nanotechnology: Unraveling the dance of viral dynamics. *Gene*, 905.

Al-Tamimi, R. S., Ghanim, K. S., & Farhan, N. D. (2023). The Effect Of Productive Thinking Strategy Upon The Student's Achievement For The Subject Of Research Methodology In The College Of Islamic Sciences. *Journal of Namibian Studies: History Politics Culture*, *34*, P.p. 1263-1289.

Alzahrani, A., Beh, E. J., & Stojanovski, E. (2023). Exploring the association between self-efficacy and future utility beliefs in mathematics: A practical tutorial on correspondence analysis. Plos one, *18*(3), P.p. 1-14.

Amankulov, H. (2023). The main activities of school children in teaching mathematics. *Science and innovation*, *2*(B3) P.p., 221-224.

Anantha Kumar, K., Sandeep, N., Samrat, S. P., & Ashwinkumar, G. P. (2023). Effect of electromagnetic induction on the heat transmission in engine oil-based hybrid nano and ferrofluids: A nanotechnology application. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: *Journal of Process Mechanical Engineering*, *237*(6), P.p.2488-2495.

Aplise-Navarro, M. C., & Tan, D. A. (2023). Students' problem solving skills and motivation in learning mathematics via game-aided instruction, *Sci.Int. (Lahore)*, *35*(5), P.p. 679-691.

Asikhia, O. A. (2021). Gender effect on mathematics anxiety of secondary school students in Ogun West senatorial district, Nigeria. *Asian Journal of Education and Social Studies*, *15*(4), P.p. 17-23.

Bakhshali, V. I. (2020). Nanomechanics and its applications: mechanical properties of materials. *In Proceedings of the International E-Conference on Advances in Engineering, Technology and Management-ICETM*, P.p. 77-81.

Barth, P., & Pfister, J. (2023). Critical thinking. orsten Philipp, Tobias Schmohl (eds.) *Handbook Transdisciplinary Learning*.

Biswal, A., & Raipure, K. (2023). FIESI Model for Productive Thinking. The 4th IR is happening and this ground-breaking text comprehensively tackles the impact on teaching and learning. *The book is fundamental reading for all teachers intending to be at the forefront of innovative technologies. A must read!*, 101.

Boholm, Max (2016). The use and meaning of nano in American English: Towards a systematic description, *Ampersand*, *3*, P.p. 163-173.

Bravo, F. (2020). Attitudes towards Mathematics in Future Elementary School Teachers. Acta Sci. *Canoas*, *22*(1), P.p. 23-37

Campos, H., & Matos, A. (2021). Modelling as a methodology revealing the presence and usefulness of mathematics in everyday life of primary school students. *In ICERI2021 Proceedings.* P.p. 9646-9650.

Chassapis, D. (2023). History and Philosophy of Mathematics as a Framework for Teacher Preparation. *Dialogical Inquiry in Mathematics Teaching and Learning: A Philosophical Approach*, LIT Zurich, 29, P.p. 41-57.

Chiu, M. S., & Seah, W. T. (2024). Values and valuing pedagogies in affect-focused mathematics teaching. *Social Sciences & Humanities Open*, 10, 101050. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101050

Craig, M., Jenner, A. L., Namgung, B., Lee, L. P., & Goldman, A. (2020). Engineering in medicine to address the challenge of cancer drug resistance: from micro-and nanotechnologies to computational and mathematical modeling. *Chemical Reviews*, *121*(6), P.p. 3352-3389.

Curreli, M., & Rakich, S. S. (2020). An integrated approach to teaching and learning nanotechnology: the Omni Nano model. Journal of Research in Innovative Teaching & Learning, *13*(1), P.p. 141-145.

Dobie, T. E., Carlsruh, R., & Aina Jr, D. K.(2021). Utility in context: A sociohistorical lens for examining students' conceptions of the usefulness of mathematics. *Exploring new ways to connect*, Proceedings of the Eleventh International Mathematics Education and Society Conference, *3*, P.p. 414-422.

Doncean, M., & Doncean, G. (2022). Critical and creative thinking. *Jurnal Of Public Administration, Finance and Low*, (24), P.p. 123-132.

Dorouka, P., & Kalogiannakis, M. (2023). Teaching nanotechnology concepts in early-primary education: an experimental study using digital games. *International Journal of Science Education*, P.p. 1-28.

Dwivedi, S. (2022). *Nanoelectronics. In Nanotechnology.* CRC Press. pp. 93-117.

Esbosinov, R. (2024). Studying mathematics for junior school children in the system of developmental education. *Science and innovation*, *3*(B1), 205-213.

Fan, L. (2021). Exploring issues about values in mathematics education. *ECNU Review of Education*, *4*(2), P.p. 388-395.

Fekumo, B., & Omeka, F. O. (2022). Influence of Students' Perception of Mathematics on Junior Secondary School Students' Academic Performance in Yala Local Government Area of Cross River State, Nigeria. *Village Math Educational Review (VER)*, *3*(1), P.p. 53-71.

Feldman-Maggor, Y., Tuvi-Arad, I., & Blonder, R. (2022). Development and evaluation of an online course on nanotechnology for the professional development of chemistry

teachers. International Journal of Science Education, *44*(16), P.p. 2465–2484. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2128930

Gomes, G. A., Akhtar K., da Costa G. L., Javed Y., and Sharma S. K. (2021). Modern Applications of Ferrites: An Important Class of Ferrimagnetic System, Spinel Nanoferrites: Synthesis, *Properties and Applications*, P.p. 85-100.

Guedri, K., Ramzan, Y., Awan, A. U., Fadhl, B. M., & Oreijah, M. (2024). Modeling Transmission Patterns and Optimal Control through Nanotechnology: A Case Study of Malaria Causing Brain Disabilities. *Journal of Disability Research*, *3*(1), 20230061.

Guedri, K., Ramzan, Y., Awan, A. U., Fadhl, B. M., Ali, B., & Oreijah, M. (2024). Rabies-related brain disorders: transmission dynamics and epidemic management via educational campaigns and application of nanotechnology. *The European Physical Journal Plus*, *139*(1), P.p. 1-16.

Guzey, S. S., & Jung, J. Y. (2021). Productive thinking and science learning in design teams. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *19*(2), P.p. 215-232.

Haswan, H., Ridzal, D. A., & Rosnawati, V. (2024). Analysis of Students Creative Thinking Abilities Through Project-Based Learning in Environmental Knowledge Courses. *Jurnal Pijar Mipa*, *19*(1), P.p. 33-36.

Jawad, L. F. (2022). Mathematical connection skills and their relationship with productive thinking among secondary school students. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, *10*(1), P.p. 421-430.

Jawad, S. J., & Bahaa, M. A. (2023). Productive Thinking in Postgraduate Students. *Al-Asr Journal of Humanities and Social Sciences*, (7), P.p. 150-171.

Kang, E. S., Kk, S., Jeon, I., Kim, J., Chen, S., Kim, K. H., ... & Jonsson, M. P. (2022). Organic anisotropic excitonic optical nanoantennas. Advanced Science, *9*(23), 2201907.

Kaura, S., Sharma, S., Garima, D. V., & Sethi, N. (2023). Pros and Cons of Nanotechnology, *international journal of scientific information*, *1*(7), P.p. 1-26.

Khasanovich, M. E. (2023). CHARACTERISTICS OF THINKING IN STUDENTS PSYCHOLOGICAL BASIS OF THE LEARNING PROCESS. *Academia Science Repository*, *4*(04), P.p. 358-360.

Khusna, A. H., Siswono, T. Y. E., & Wijayanti, P. (2024). Mathematical Problem Design to Explore Students' Critical Thinking Skills in Collaborative Problem Solving, *Mathematics teaching research journal*, *16*(3), P.p. 217-240.

Kottegoda, N., de Silva, M., de Alwis, A., Perera, C., & Koneswaran, M. (2022). Interactive Tool Kit for Teaching-Learning Nanoscience and Nanotechnology for High School Students. Research square, DOI: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1631659/v1

Lafuente-Lechuga, M., Cifuentes-Faura, J., & Faura-Martínez, Ú. (2020). Mathematics applied to the economy and sustainable development goals: a necessary relationship of dependence. *Education Sciences*, *10*(11), P.p. 339-351.

Lopes, A. P. C. (2022). Aspects of attitudes towards mathematics in modeling activities: Usefulness, interest, and social roles of mathematics. International *Electronic Journal of Mathematics Education*, *17*(4), em0711.

Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2020). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science & Technological Education*, *38*(4), P.p. 377-395.

Mazana, Y. M., Suero Montero, C., & Olifage, C. R. (2019). Investigating students' attitude towards learning mathematics. *International electronic journal of mathematics education*, *14* (1), P.p. 207-231.

Minnesota state department of education (2022). *Minnesota K–12 Academic Standards in Mathematics*, MN: Minnesota state department of education.

Moore, J. A., & Chow, J. C. (2021). Recent progress and applications of gold nanotechnology in medical biophysics using artificial intelligence and mathematical modeling. *Nano Express*, *2*(2), 022001.

Murtianto, Y. H., Muhtarom, M., Nizaruddin, N., & Suryaningsih, S. (2019). Exploring student's productive thinking in solving algebra problem. *Tem Journal*, *8*(4), P.p. 1392-1397.

New York State Education department (2019). *Next Generation Mathematics Learning Standards*, NY: New York State Education department.

Newberry, D. (2020). *Nanotechnology Past and Present*. Morgan & Claypool Publishers.

Nguyen, P. (2024). School mathematics as context: examining discourses about the subject in district policymaking. Educational Studies in Mathematics, 1-25.

Omran, B.A. (2020). Fundamentals of Nanotechnology and Nanobiotechnology. In: Nanobiotechnology: *A Multidisciplinary Field of Science. Nanotechnology in the Life Sciences. Springer*, P.p. 1-36, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46071-6_1

Oripova, M. (2024). FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF CREATIVE THINKING IN PRESCHOOL CHILDREN. *Science and innovation*, *3*(B2), P.p. 221-224.

Østergaard, M. K. (2024). Characterizing Students' Beliefs about Mathematics as a Discipline. LUMAT: *International Journal on Math, Science and Technology Education*, *12*(1), P.p. 48-63.

Pagaran, G. M., Loremas, M. L., Gultiano, J. D., & Etcuban, J. O. (2022). Mathematics performance of senior high school students in blended learning amidst the covid-19 pandemic. *Journal of Positive School Psychology*, P.p. 10593-10613.

Peikos, G., Spyrtou, A., Pnevmatikos, D., & Papadopoulou, P. (2022). A teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology content at primary school level: evaluation of students' learning. *International Journal of Science Education*, *44*(12), P.p. 1932-1957.

Quintas, L. V., & DuCasse, E. G. (2020). Mathematical Chemistry. In New Frontiers in Nanochemistry: Concepts, Theories, and Trends, apple academy press, P.p. 281-289

Reddy, S. J. (2020). The recent advances in the nanotechnology and its applications-A review. *Journal of Biotechnology and Biochemistry*, *6* (1). P.p. 24-30.

Rich, K. M., Yadav, A., & Fessler, C. J. (2024). Computational thinking practices as tools for creating high cognitive demand mathematics instruction. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *27*(2), P.p. 235-255.

Rojo Robas, V., Madariaga, J. M., & Villarroel, J. D. (2020). Secondary education students' beliefs about mathematics and their repercussions on motivation, *Mathematics*, *8*(3), 368.

Romero, A. A., & Angeles, E. D. (2023). Flipped classroom in a digital learning space: Its effect on the students' attitude toward mathematics. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, *22*(1), P.p. 210-227.

Schmid, J. M., Veith, J. M., Truong, M. H., Straulino, M., Winkler, B., Hennig, F., & Bitzenbauer, P. (2023). Nanoscience and -technology in secondary education: A systematic literature review. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, *19*(12), em2361. https://doi.org/10.29333/ejmste/13834

Schukajlow, S., Krawitz, J., Wiehe, K., & Rakoczy, K. (2024). Effect of teaching students to solve open modeling problems on utility, intrinsic and attainment values,

Proceedings of the 47th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, *4*, P.p. 81–88.

Schukajlow, S., Krawitz, J., Wiehe, K., & Rakoczy, K.(2024). Effects of teaching students to solve open modeling problems on utility, intrinsic and attainment values. *Proceedings of the 47th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. PME, 4, P.p. 81–88.

Shanmugam, S. (2019). Nanotechnology. MJP Publisher.

Shiri, F., Choi, J., Vietz, C., Rathnayaka, C., Manoharan, A., Shivanka, S., ... & Park, S. (2023). Nano-injection molding with resin mold inserts for prototyping of nanofluidic devices for single molecular detection. *Lab on a Chip*, *23*(22), P.p. 4876-4887.

Silverman, D. M., Hulleman, C. S., & Tibbetts, Y. (2023). Identifying the psychological mechanisms of utility value activities to inform educational research and practice. *British Journal of Educational Psychology*, *93*(4), P.p. 960-977.

Singh, N. B., D. Abu Bin H. S., Chaudhary R. G. (2023). *Applications of Emerging Nanomaterials and Nanotechnology*, Materials Research Forum LLC.

Singh, V., Yadav, P., & Mishra, V. (2020). Recent advances on classification, properties, synthesis, and characterization of nanomaterials. *Green synthesis of nanomaterials for bioenergy applications*, P.p. 83-97.

Stephens, A., Sung, Y., Strachota, S., Torres, R. V., Morton, K., Gardiner, A. M., … Stroud, R. (2020). The role of balance scales in supporting productive thinking about equations among diverse learners. *Mathematical Thinking and Learning*, *24*(1), P.p. 1–18.

Sugioka, K. (2023). Nanofluidics Fabricated by 3D Femtosecond Laser Processing. Ultrafast Laser Nanostructuring: *The Pursuit of Extreme Scales*, P.p. 1085-1103.

Tambunan, S. N. B., & Yang, K. L. (2022). Indonesian mathematics teachers' conceptions on values of the relationship between mathematics and STEM education. *Cogent Education*, *9*(1), P.p. 1-19.

Tasni, N., Saputra, A., & Adohar, O. (2020). Students' difficulties in productive connective thinking to solve mathematical problems. *Beta*: *Jurnal Tadris Matematika*, *13*(1), P.p. 33–48.

TAYAN, E., (2022). NANOSCIENCE VE MATHEMATICS APPLICATIONSS. *The Trends In Nano Materials Synthesis And Applications*, 1, P.165

Tripathi D., Sharma R. K., Öztop H. F. (2022). Advancements in Nanotechnology for Energy and Environment, Springer Nature Singapore.

Xolmoʻminov Baxtiyor Yusuf oʻgʻli, & Xasanov Faxriddin Zokir o'g'li. (2023). The science of mathematics and its importance in human life. Conference on universal science research, *1*(8), P.p. 5–7. https://doi.org/10.5281/zenodo.8208023

Yanuarto, W. N., & Hapsari, I. (2022). The Model of Creative Thinking, Critical Thinking, and Entrepreneurial Skills Among University Students. *JTAM (Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika)*, *6*(2), P.p. 411-424.

Z. Artikbayeva, M. Abdumajitova, M. Umirova, D. Joʻ Rayeva (2023). Educational technologies as an effective method in meaningful organization of primary school mathematics lessons, *International scientific journal*, *2*(3), P.p. 70-103.

Zhang, P., Lynch, I., Handy, R. D., & White, J. C. (2023). *A brief history of nanotechnology in agriculture and current status*. In Nano-Enabled Sustainable and Precision Agriculture, Academic Press. P.p. 3-14.