مقرر مقترح لتنمية الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية Nano Physics & Nano Technology، والاتجاه نحو ها لدى طلاب شعبة الفيزياء بكلية التربية

إعداد
د/ عبد الحميد فتحى عبد الحميد دراز
مدرس المناهج وطرق تدريس العلوم
كلية التربية- جامعة دمنهور
afd_draz3881@edu.dmu.edu.eg

رقم الإيداع: 24313 ISSN: 2536 – 914 E. ISSN: 2735-4245
المجلة معرفة علي دوريات بنك المعرفة المصرى، و Edu Search دار المنظومة

مقرر مقترح لتنمية الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية Nano Physics & Nano Technology، والاتجاه نحوها لدى طلاب شعبة الفيزياء بكلية التربية

د/ عبد الحميد فتحى عبد الحميد دراز *

المستخلص:

هَدَف البحث الحالى إلى دراسة فاعلية مقرر مقترح لتنمية الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانووتطبيقاتها التكنولوجية، والاتجاه نحوها لدى طلاب شعبة الفيزياء بكلية التربية؛ ولإجراء هذا البحث، استُخدم المنهج التجريبي بالتصميم شبه التجريبى القائم على تصميم المجموعة الضابطة ذات الاختبارين القبلى والبعدى، وتكونت عينة البحث من (64) طالبًا وطالبةً من طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية جامعة دمنهور، وتم تقسيمهم إلى مجموعتين: (32) طالبًا وطالبةً للمجموعة التجريبية، و(32) طالبًا وطالبةً للمجموعة الضابطة، وتمثلت أدوات البحث في إعداد المقرر المقترح فى فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، واختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، ومقياس الاتجاه نحوها، وقد طُبقت تلك الأدوات على مجموعتى البحث التجريبية والضابطة قبليًا، ثم تم تدريس المقرر المقترح لطلاب المجموعة التجريبية، فى حين لم يُقَدَّم للمجموعة الضابطة أية معالجة، ثم طُبقت أدوات جمع البيانات بعديًا على المجموعتين، وقد أشارت نتائج البحث الحالي إلى فاعلية المقرر المقترح فى تنمية متغيرات البحث، وقد أوصى البحث بدمج المقرر المقترح ضمن برامج إعداد معلم الفيزياء بكليات التربية، وعقد دورات تدريبية لمعلمى الفيزياء لتنمية الاستيعاب المفاهيمى لديهم حول مفاهيم فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية

الكلمات المفتاحية: مقرر مقترح - فيزياء النانو - النانوتكنولوجى – الاستيعاب المفاهيمى – الاتجاه نحو مفاهيم فيزياء النانو.

* مدرس المناهج وطرق تدريس العلوم - كلية التربية – جامعة دمنهور.

A proposed course to develop the conceptual understanding of Nanophysics and its Nanotechnological applications, and the Attitude towards it among students of the Physics Division of the College of Education

Dr. Abd Elhamied Fathi Abd Elhamied Deraz *

Abstract

This research aimed to study the effectiveness of a proposed course to develop the conceptual understanding of nanophysics and its nanotechnological applications, and the attitude towards it among students of the Physics Department of the College of Education. To conduct this research, the quasi-experimental with pre-test post-test control group design was used. The sample of the research were selected from the Fourth-grade students N= 64, divided into two groups: (32) students for the experimental group and (32) students of the control group. The research instruments include the preparation of the proposed course in nanophysics and its nanotechnological applications, a test of conceptual understanding of nanophysics and its nanotechnological applications, and a scale of attitude towards it. Firstly, the research instruments were applied at the same time on the two groups. Secondly, the proposed course was taught to the Exp. G, while no treatment was provided to the cont. G, then, the research instruments were applied again at the same time on the two groups. The results of the present research revealed the effectiveness of the proposed course in developing research variables. The research recommended merging the proposed course within the physics teacher preparation programs in the faculties of education, and training in-service Physics teachers to develop their conceptual understanding of nanophysics and its nanotechnological applications.

Key words: A proposed course - Nanophysics -Nanotechnology - conceptual understanding - Attitude towards Nanophysics Concepts.

* Lecturer of Curricula& Methods of Teaching Science- Faculty of Education – Damanhour University.

المقدمة:

يتميز العصر الحالى بالتقدم العلمى الهائل والمُتسارع فى شتى جوانب المعرفة، وكذلك عدد الاكتشافات والمخترعات فى مختلف الجوانب والتطبيقات، وقد أحدث ما شَهِدته الحضارة الإنسانية من قفزاتٍ وطفراتٍ علميةٍ تغييرًا جذريًا شمل معظم نواحى الحياة البشرية.

وتُعد الفيزياء العلم الذى يهتم بالمبادئ الأساسية للكون، ويَكمُن جمال الفيزياء في نظرياتها الأساسية، وعددٍ من المفاهيم والمعادلات والافتراضات التى تصف مجتمعةً نظرة الإنسان للكون المحيط به.

وقد برز خلال السنوات القليلة الماضية مصطلحٌ جديدٌ فى الفيزياء ألقى بثقله على العالم، وأصبح محط الاهتمام على نحوٍ كبيرٍ، وهذا المصطلح هو النانو (Nano) وتقنيته (Nanotechnology)، التى ستمكننا من صنع أى شيء نتخيله، نحو: الحواسيب بالغة الدقة التى يمكن وضعها على رأس قلمٍ، أو دبوسٍ، ولنتخيل أسطولاً من الروبوتات النانومترية الطبية التى يمكن حقنها فى الدم، أو ابتلاعها؛ لتعالج الجلطات الدموية، والأورام السرطانية، والأمراض الأخرى المستعصية علاجها (محمود صالح، 2015).

وتمثل مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية ثورةً فى القرن الحالى، ونقلةً معرفيةً كبيرةً؛ فوجودها يُقَسّم العالم إلى دولٍ متقدمةٍ وأخرى ناميةٍ، وقد اهتم العالم بهذه التقنية بشكلٍ كبيرٍ ؛ لأنها تدخل فى عديدٍ من المجالات مثل الفيزياء، والكيمياء، والبيولوجى، والهندسة، والإلكترونيات، والبتروكيماويات، والزراعة، والطب، ... وغيرها.

وتشير عديدٌ من الدراسات إلى أهمية تعليم مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية بمراحل التعليم المختلفة فى المدارس والجامعات؛ لمساعدة الطلاب على الإلمام بلغة النانو تكنولوجى، والمهارات الأساسية المتطلبة للحياة بنجاحٍ فى ضوء الاختيارات التى يتيحها والمخاطر التى يسببها، وتوجيه الطلاب إلى اختيار مهن فى مجال تكنولوجيا النانو أو مهن ذات علاقة (Jones et al, 2007؛ صفات سلامة، 2009؛ السيد السايح ومرفت هانى ، 2009؛ Ahmed, 2012، رحاب أحمد، 2012؛ نوال شلبي، 2012، شيماء أحمد، 2015؛ Selim, 2015؛ Bauer, ؛Peikos; Spyrtou; Pnevmatikos & Papadopoulou, 2021 (2021.

ولقد أولت طرق البحث الفيزيائية الحديثة Modern physical Research methods فى مختبرات الفيزياء اهتمامًا بالغًا بعلمِ النانو nanoscience؛ حيث تجمع فيزياء النانو بين تخصصاتٍ متعددةٍ من خلال استخدام الأساليب النظرية والتجريبية لتحديد الخواص الفيزيائية للمواد على مقياس النانو. وتتضمن تلك الخواص: تركيب المواد النانوية، والتوصيلية الكهربية والحرارية لها electrical and thermal conductivity، والقوى بين الأجسام النانوية the forces

between nanoscale objects، والانتقال بين السلوك الكلاسيكى والكمى لتلك الأجسام classical and quantum behavior، ولقد أصبح علم النانو اليوم فرعًا مستقلاً من الفيزياء، ويتوسع فى مناطقٍ جديدةٍ متعددةٍ، ويلعب دورًا حيويًا فى مجالاتٍ عديدةٍ، نحو: الهندسة Engineering، والكيمياء Chemical، وعلوم الحياة Life Sciences (Sattler, 2011).

ولا بد من دورٍ بارزٍ لمؤسسات التعليم بصفةٍ عامةٍ، وكليات التربية بصفةٍ خاصةٍ فى إعداد معلم الفيزياء القادر على إكساب الطلاب المعرفة المرتبطة بمفاهيم فيزياء النانو، وتنمية مهاراتهم واتجاهاتهم الإيجابية نحو توظيف تلك التقنية فى حياتهم العملية؛ حتى لا يشعر الطالب المعلم بفجوة بين الواقع الذى يعيشه، وما يدرسه فى برنامج إعداد معلم الفيزياء داخل كلية التربية، فهو يتعامل مع الهواتف النقالة النانوية، ويسمع ويرى ويقرأ على شاشات التلفاز وشبكات الانترنت عن منتجاتٍ تمت معالجتها بتقنية النانو، وتارةً يسمع عن المنتجات الذكية من أجهزةٍ إلكترونيةٍ، وملابسٍ، ومبانى، دون أن يدرى ماهيتها.

ويُمثل اكتساب الطلاب لمفاهيم النانو عمق المعرفة العلمية لهذه التقنية، وأساسًا منطقيًا لفهمِ قوانينها ونظرياتها، والقدرة على إدراك طبيعتها وماهيتها، كما يعد تعليم الطلاب وتدريبهم على مفاهيم تكنولوجيا النانو مدخلاً علميًا مناسبًا؛ لتكوين اتجاهاتٍ علميةٍ إيجابيةٍ نحوها، وإثارة دوافعهم على البحث والاطلاع واكتشاف حقائقها العلمية؛ مما يسهم فى التغلب على المشكلات والصعوبات التى قد تواجه الطلاب عند دراسة موضوع مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية.

فى حين أن عدم فهم الطلاب تلك المفاهيم وإدراكهم لها، قد يُسهم فى تكوين اتجاهاتٍ سلبيةٍ نحوها، وما يرتبط بها من تطبيقاتٍ تكنولوجيةٍ، وشعور الطلاب بأنها فوق قدراتهم واستعداداتهم العقلية، مما قد يُسهم فى عدم الاهتمام بها، وإدراك قيمتها العلمية والتكنولوجية فى تنمية المجتمع.

مشكلة البحث:

على الرغم من الأهمية الكبيرة لمفاهيم فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، وارتباطها بحياة الطلاب، فإنها لا تأخذ القدر الكافى من الاهتمام فى مقررات الفيزياء التى يدرسها الطلاب بكلية التربية، وخاصةً شعبة الفيزياء، وتُدَرَّس للطلاب بشكلٍ سطحيٍّ ضمن مقررات الفيزياء المختلفة، وبطريقةٍ لا تتناسب مع طبيعة تلك المفاهيم، الأمر الذى أدى إلى وجود تدنى فى الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لدى الطلاب، فضلاً عن وجود اتجاهات سلبية نحو تلك المفاهيم وتطبيقاتها لديهم.

وقد أكد وجود المشكلة نتائج الدراسة الاستطلاعية2 التى طُبق خلالها اختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية المكون من (30) مفردة

[2] ملحق البحث (1): الدراسة الاستطلاعية للبحث

من نوع الاختيار من متعدد، على عينةٍ من طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء فى نهاية الفصل الدراسي الثانى بالعام الجامعى 2021/2022م، بلغ عددهم (40) طالبًا وطالبةً، وقد أسفرت نتائج الاختبار عما يلى:

تراوحت درجات الطلاب بين (15-7) درجةً، كما أظهرت استجابات الطلاب على بعض الأسئلة الشفهية عدم وعيهم بمفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، فضلاً عن اتجاههم السلبى نحوها؛ بوصفها بعيدة عن بيئتنا وتختص بالدول المتقدمة فقط.

تأسيسًا على ما سبق، تمثلت مشكلة البحث في تدنى الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء، وكذلك وجود اتجاهات سلبية لديهم نحوها.

أسئلة البحث:

تُصاغ مشكلة البحث صياغةً إجرائيةً على النحو الآتي:

1. ما المقرر المقترح لتنمية الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية، واتجاههم نحوها؟
2. ما فاعلية المقرر المقترح فى تنمية الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، والاتجاه نحوها لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية؟

(1-2) ما فاعلية المقرر المقترح فى تنمية الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية؟

(2-2) ما فاعلية المقرر المقترح فى تنمية الاتجاه نحو مفاهيم فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية؟

3. ما العلاقة الارتباطية بين الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، والاتجاه نحوها لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية؟

أهداف البحث:

تمثلت أهداف البحث فى:

1. الكشف عن فاعلية المقرر المقترح فى تنمية الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو، وتطبيقاتها التكنولوجية لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية.
2. الكشف عن فاعلية المقرر المقترح فى تنمية الاتجاه نحو مفاهيم فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية.

3. الكشف عن العلاقة الارتباطية بين الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، والاتجاه نحوها لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية.

فروض البحث:

حاول البحث التحقق من صحة الفروض التالية:

1. يوجد فرقٌ دالٌّ إحصائيًّا عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطَيْ درجات المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لاختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لصالح المجموعة التجريبية.
2. يوجد فرقٌ دالٌّ إحصائيًّا عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطَيْ درجات المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الاتجاه نحو مفاهيم فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لصالح المجموعة التجريبية.
3. توجد علاقةٌ ارتباطيةٌ دالّةٌ إحصائيًّا عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين درجات المجموعة التجريبية في كلٍّ من لاختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، ومقياس الاتجاه نحوها.

أهمية البحث:

نبعت أهمية البحث الحالى من كونه:

1. يُقدم مقررًا في فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية من الممكن الاستعانة به في برامج إعداد معلم الفيزياء بكلية التربية، وكذلك في برامج إعداد المتخصصين في الفيزياء بكلية العلوم .
2. يُوجه اهتمام السادة أعضاء هيئة التدريس في مجال طرق تدريس العلوم بالاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية؛ لما لها من أهمية بالغة فى تحسين نوعية حياة الطلاب والمجتمع فى مجالاتٍ عديدة.
3. يُقدم للباحثين في مجال طرق تدريس العلوم أدوات قياس مضبوطة علميًا، نحو: اختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، ومقياس الاتجاه نحو مفاهيم فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، من الممكن الاستفادة بهما في أبحاثٍ مشابهة.

حدود البحث:

اقتصر البحث الحالي على:

1. إعداد مقرر مقترح فى فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية.
2. طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بالفصل الدراسي الأول للعام الجامعى 2022/2023م.
3. **المتغير المستقل:** مقرر مقترح فى فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية: وتضمن أربعة موضوعات: ماهية علم النانو، والمواد النانوية وطرق تحضيرها، وتطبيقات تقنية النانو في الحياة اليومية، والأخلاق وتكنولوجيا النانو.

4. **المتغيرات التابعة،** وتشمل:
1) الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، من حيث الأبعاد التالية: الشرح والتوضيح، والتفسير، والتطبيق، واتخاذ المنظور.
2) الاتجاه نحو مفاهيم فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية.

منهج البحث:

اعتمد البحث الحالي على: المنهج التجريبي بالتصميم شبه التجريبي القائم على تصميم المجموعة الضابطة ذات الاختبارين القبلى والبعدى Pretest posttest control group design

خطوات البحث وإجراءاته:

تمت إجراءات البحث وفقًا للخطوات الآتية:

1. **الدراسة النظرية** التحليلية للأدبيات والأبحاث ذات الصلة بفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، والاتجاهات، فضلاً عن إعداد المقررات الأكاديمية، وأدوات تقييم تجربة البحث.
2. **إعداد المقرر المقترح فى فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية.**
3. **إعداد أدوات قياس متغيرات البحث وضبطها إحصائيًا، وتمثلت في:** اختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، ومقياس الاتجاه نحوها.
4. **إجراء تجربة البحث وفقًا لما يلى:**

1) اختيار عينة البحث، وتقسيمها عشوائيًا إلى مجموعتين؛ إحداهما تجريبية، والأخرى ضابطة، وضبط المتغيرات الوسيطة للبحث.
2) تطبيق أدوات البحث قبليًا على المجموعتين، والتحقق من تجانسهما.
3) تطبيق المقرر المقترح على المجموعة التجريبية فقط.
4) تطبيق أدوات البحث بعديًا على المجموعتين.

5. **رصد البيانات وتحليلها، ومعالجتها إحصائيًا.**
6. **مناقشة النتائج، وتفسيرها، وتقديم التوصيات والبحوث المقترحة.**

مصطلحات البحث:

من خلال مراجعة الأدبيات ذات الصلة بالبحث ومتغيراته، توصل الباحث للتعريفات التالية:

1. فيزياء النانو Nanophysics:

يُقصد بها ذلك العلم الذي يتعامل مع دراسة المبادئ الأساسية للجزيئات والمركبات التي يقل قياسها عن 100 نانومتر، وكذلك يهتم باكتشاف الخصائص المميزة للمواد النانوية ودراستها (The Scientific World, 2019)

2. تكنولوجيا النانو Nanotechnology:

التكنولوجيا التي تتعامل مع المواد والأدوات بحجم (100-1) نانومتر، وتتضمن معرفة علمية متعددة التخصصات لإنتاج مواد وأجهزة مبتكرة ذات خصائص جديدة ومميزة على مقياس النانومتر، يمكن استخدامها في مختلف المجالات والتطبيقات العلمية (The Scientific World, 2019; Ferreira & Filipe, 2022)

3. الاستيعاب المفاهيمى Conceptual Understanding:

يُعرف الاستيعاب المفاهيمي على أنه التعلم العميق الذي يمكن فيه إظهار العلاقات والتشابه بين المفاهيم بوضوح، ويمكن نقل هذه المفاهيم إلى بيئات جديدة عند الضرورة؛ لاستخدامها في حل المشكلات التي تواجه المتعلم في الحياة اليومية (Ceran & Ates, 2020).

ويحدد بالدرجة التى يحصل عليها الطالب فى اختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية.

4. الاتجاه Attitude:

يُعرف الاتجاه نحو العلم على أنه الميل أو النزعة للاستجابة لجميع العناصر التى تتضمن الإجراءات والأشخاص والمواقف والأفكار التي ينطوي عليها تعلم ذلك العلم.(Hernánez-Suarez; Gamboa-Suárez & Suarez, 2021)

ويحدد بالدرجة التى يحصل عليها الطالب فى مقياس الاتجاه نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية.

الإطار النظرى، والدراسات السابقة:

يتناول الإطار النظرى محورين رئيسين، هما: الأول يتعلق بالاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، أما المحور الثانى فيتعلق بالاتجاه نحوها.

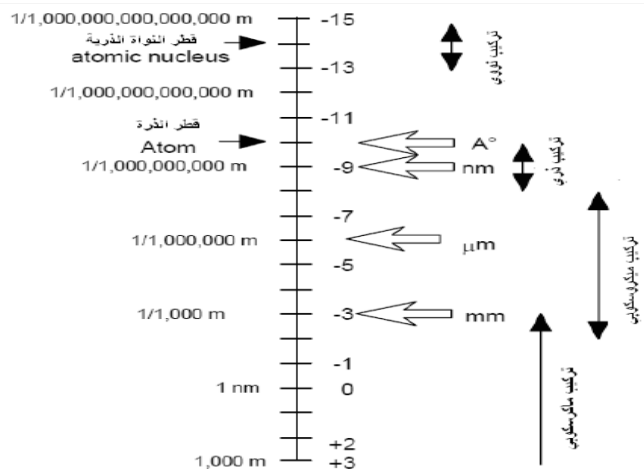
المحور الأول: الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية

أولاً: فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية:

المقصود بالنانو Nano:

اشتق مصطلح "النانو" Nano فى الأصل من الكلمة اللاتينية ''nanus'' التى تعنى القزم الصغير، وقد أوضحا راتنز مارك، وراتنز دانيال (2011) مصطلح النانو بأنه جزء واحد من المليار من المتر، فالنانومتر صغير جدًا، وعلى هذا المقياس فإن قطر شعرة الإنسان يساوى (50000) نانومتر، ويصل طول عشرات

ذرات هيدروجين مصطفة فى خط مستقيم نانومتر واحد، وأصغر الأشياء التى يمكن مشاهدتها بالعين المجردة (10000) نانومتر، ويوضح الشكل (1) المقارنة بين وحدة النانو وطول التراكيب الدقيقة.



شكل (1) مقارنة بين وحدة النانومتر وطول التراكيب الدقيقة (محمود صالح، 2015)

مفهوم علم النانو Nanoscience

يُعرفه فتحى فرج (2010) على أنه ذلك العلم الذى يعنى بدراسة مواد النانو وتوصيفها، وتعيين خواصها الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية مع دراسة الظواهر المرتبطة الناشئة عن تصغير أحجامها.

ويرى Mikheenko (2020) أن علم النانو وتقنيته يختص بدراسة المواد التى لها بُعد أو اثنين أو ثلاثة أقل من مقياس النانو.

وهو العلم الذي يتعامل مع دراسة المبادئ الأساسية للجزيئات والمركبات التي يقل قياسها عن 100 نانومتر، ويهتم باكتشاف الخصائص المميزة لمواد النانو ودراستها(The Scientific World, 2019;Sadiku; Ashaolu; Ajayi-Majebi & Musa, 2021).

مفهوم تقنية النانو Nanotechnology

تعنى تقنية المواد المتناهية فى الصغر، أو هندسة المنتجات النانوية، واشتق اسمها من اسم النانومتر، وهى تساوى واحدًا من مليار من المتر(Trotta & Mele, 2019; Ferreira & Filipe, 2022).

وقد ظهرت تعريفات مختلفة لتقنية النانو منها:

يَرى قحطان الخزرجى وآخرون (2011) أن جوهر التقنية النانوية هو القدرة على العمل فى المستوى الجزيئى.

ويُعرفها محمد الدوسرى (2013) بأنها التقنية التى تتعامل مع الأجسام ذات الأبعاد التى تتراوح بين (100-1) نانومتر، مثل الماء مثلاً حيث يبلغ قطر جزيئاته حوالى واحد نانومتر، فى حين يبلغ حجم كرية دم حمراء بشرية حوالى (7000) نانومتر.

ويرى محمود صالح (2015) أنه التقنية القادرة على تحقيق درجات عالية من الدقة فى وظائف وأحجام وأشكال المواد ومكوناتها، وهذا الأمر يساعد على التحكم فى وظائف الأدوات المستعملة فى ميادين الطب، والصناعة، والهندسة، والزراعة، والعقاقير، والاتصالات، والدفاع، والفضاء، وغيرها...

كما تُعرف تقنية النانو بأنها التكنولوجيا التي تتعامل مع المواد والأدوات بحجم (100-1) نانومتر، في إنتاج مواد وأجهزة مبتكرة ذات خصائص جديدة ومميزة يمكن استخدامه في مختلف المجالات والتطبيقات العلمية (The Scientific World, 2019)

ويُمكن اعتبار تقنية النانو على أنها معالجة خاضعة لضبط المواد النانوية ذات بعد واحد على الأقل أقل من 100 نانومتر. (Mikheenko, 2020; Sadiku; Ashaolu; Ajayi-Majebi & Musa, 2021).

أهمية تقنية النانو Importance of nanotechnology:

أصبحت تقنية النانو فى طليعة أكثر المجالات أهميةً وإثارةً فى الفيزياء، والكيمياء، والبيولوجى، والهندسة، ومجالات كثيرة أخرى، فقد أعطت أملاً كبيرًا لظهور ثورات علمية فى المستقبل القريب، ويعود الاهتمام الواسع بتقنية النانو إلى الفترة التى تتراوح ما بين عامى 1996 و 1998م، وذلك عندما درس مركز تقويم التقنية العالمى الأمريكى (WTEC) الموضوع، وأجرى دراسة تقويمية فى أبحاث النانو، وأهميتها فى الإبداع التقنى، وخَلُصَت الدراسة إلى نقاطٍ من أهمها: أن لتقنية النانو مستقبلاً عظيمًا فى جميع المجالات الطبية، والعسكرية، والمعلوماتية، والإلكترونية، والحاسوبية، والبتروكيميائية، والزراعية، والحيوية، وغيرها(عبد الله الضويان، ومحمد الصالحى، 2007؛ عبد الحميد بسيونى، 2008؛ محمد الزهرانى، 2009؛ أحمد حجازى، 2010؛ فتحى فرج، 2010؛ على درباله، وأمانى حمزة، 2016).

كما أن تقنية النانو متعددة الخلفيات، فهى تعتمد على مبادئ الفيزياء، والكيمياء، والهندسة الكهربية والكيميائية، وغيرها، فضلاً عن تخصص البيولوجى والصيدلة، ومن هذا المنطلق، يرى كثيرٌ من الباحثين فى مجال تقنية النانو، أن لهذه التقنية فوائد عديدة منها (Poole & Owens , 2003; Čitaković, 2019; The Scientific World, 2019 ;Taran; Safaei; Karimi & Almasi, 2021):

1. تقدم تقنية النانو عديدٌ من العمليات والأدوات البيولوجية، كما توفر أجهزة كمبيوتر وأنابيب نانوية كربونية أسرع وأصغر وأكثر قوةً، والتي يمكن أن تكون مهمة في الحفاظ على تطوير قوة الكمبيوتر.

2. تساعد تقنية النانو على تحسين عديدٍ من القطاعات التكنولوجية والصناعية إلى حدٍ كبيرٍ، مثل تكنولوجيا المعلومات والطاقة والطب والأمن القومي وعلوم البيئة وسلامة الغذاء.
3. تعمل تقنية النانو على تكييف الهياكل المادية بمقاييس صغيرة جدًا لتحقيق خصائص محددة، والتي من خلالها يمكن أن تعزز فعالية المواد، مع كونها خفيفة الوزن وأكثر متانةً وتفاعليةً وتشابكًا.
4. تعتمد عديدٌ من المنتجات التجارية في السوق على تقنية النانو؛ حيث يمكن أن تساعد الجسيمات النانوية الشفافة أو الأغشية الموجودة على شاشات الكمبيوتر والكاميرات والنظارات والنوافذ والأسطح الأخرى في جعلها مقاومةً للماء أو للأشعة فوق البنفسجية أو للأشعة تحت الحمراء أو للخدش أو موصلة للكهرباء أو مضادةً للانعكاس.
5. دخلت تقنية النانو في المنتجات الاستهلاكية؛ حيث تم ربط المليارات من خطوط النانو المجهرية جزيئيًا بالألياف الطبيعية والاصطناعية؛ لإضافة مقاومة للبقع على الملابس والأقمشة.
6. تم استخدام البلورات النانوية من أكسيد الزنك لصنع واقيات الشمس غير المرئية؛ فهي تحمي من الأشعة فوق البنفسجية، وقد تم تضمين البلورات النانوية الفضية في الضمادات لقتل البكتيريا ومنع العدوى.
7. تسمح لنا مستشعرات النانو باكتشاف تأثيرات الأنشطة البشرية على البيئة ومتابعتها بدقةٍ وسرعةٍ، وعندما يحدث خطر أكثر من مستواه المعتاد، يمكن استخدام حلول تكنولوجيا النانو؛ لتقليل الضرر البيئي.
8. تنقية الملوثات الموجودة والاستخدام السليم لمواردنا المتاحة.
9. يؤدي تطبيق تقنية النانو إلى زيادة كفاءة إنتاج الطاقة النظيفة؛ حيث يمكن أن تنتج الخلايا الشمسية والرياح والبحر والطاقة الحرارية الأرضية قدرًا كبيرًا من الطاقة بكفاءةٍ باستخدام المواد النانوية، وسيتم استبدال الطاقة الأحفورية بالطاقة المتجددة.
10. وفرة المواد الحميدة بيئيًا، والمستخدمة فى توفير موارد نظيفة للمياه.
11. تُسهم المحاصيل والأغذية المهندسة وراثيًا فى زيادة الإنتاج الزراعى بأقل متطلبات للعمل.
12. تحسين أساليب التصنيع، وأنظمة تقنية المياه، وشبكات الطاقة، وتعزيز الصحة البدنية، والطب النانوى، وكذلك تحسين طرق إنتاج الأغذية والتغذية على نطاق واسع، والبنية التحتية لصناعة السيارات، وغيرها من الصناعات.

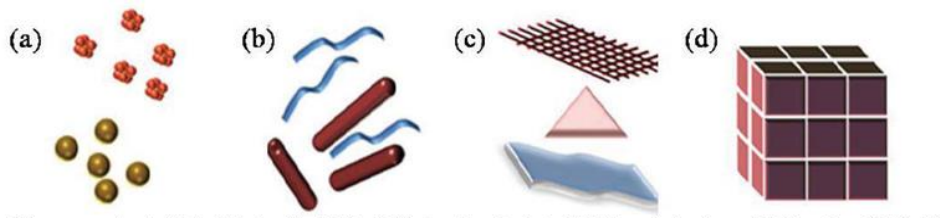
المواد النانوية Nanomaterials

بالرجوع إلى عديدٍ من المراجع المتعلقة بفيزياء النانو تبين أن علوم المواد المتناهية فى الصغر والتقنيات المنبثقة عنها تُعد ميادين واعدة للبحث العلمى والتقنى؛ فهى تستعمل آليات وتجهيزات متطورة، وقد فتح هذا الميدان الباب أمام

تطبيقات خارقة للعادة فى مختلف الميادين العلمية والتقنية (Nimibofa; Ebelegi; Abasi & Donbebe, 2018; Khan; Saeed & Khan, 2019; et al, 2021; Elia; Al-Hasi & Al-Tamimi, 2022) Mohamed

ولقد انطلق هذا التطور منذ عام 1990م بعد أن اكتشف العالمان Huffman وKratschmer طريقة تركيب كمية ماكروسكوبية من الجزيئات والبلورات من الفوليرين الذى اكتشف فى ثمانينيات القرن المنصرم، واكتشاف العالم اليابانى S. Iijima أنابيب الكربون المتناهية فى الصغر بواسطة المجهر الإلكترونى، وتلت هذه الأبحاث الكشف عن طرق أخرى متعلقة بتركيب المواد، ومن ثم أصبح من الممكن دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأجسام متناهية فى الصغر (Trotta & Mele, 2019)

ويوضح الشكل (2) تقسيم المواد النانوية:



شكل (٢) تقسيم المواد النانوية: (a) الكرات والمجموعات النانوية (غير البعلية)، (b) الألياف والأسلاك والقضبان النانوية (ذات البعد الواحد)، (c) الأفلام والصفائح والشبكات النانوية (ذات البعدين)، (d) المواد النانوية ثلاثية الأبعاد. (Shandiz; Safaei; Sanjabi & Barber, 2007)

تصنيف المواد النانوية Nanomaterials Classifications

يمكن الحصول على أجسام متناهية فى الصغر على هيئة أشكال مختلفة، مثل: جزيئات، وألياف، أو قنوات (تسمى شحنة أو تقوية)، وتمثل طبقات رقيقة، أو مركبات بنيوية، ويمكن تصنيف المواد المتناهية فى الصغر إلى ثلاث عائلات (Dutta & Hofmann, 2005; Shandiz; Safaei; Sanjabi & Barber, 2007; Darweesh, 2017):

1. المواد المقواة أو المشحونة بمواد متناهية فى الصغر Reinforced material.
2. المواد المتناهية فى الصغر المهيكلة فى السطح Structured in surface.
3. المواد المتناهية فى الصغر المهيكلة فى الحجم Structured in size.

ويتناول المقرر المقترح تلك المواد بشيءٍ من التفصيل.

ثانيًا: الاستيعاب المفاهيمى Conceptual Understanding

إن التدريس داخل غرفة الصف عملية معقدة تؤثر فيه عوامل ومتغيرات كثيرة، أهمها المتعلم وكيفية حدوث التعلم المفاهيمي لديه، فمعظم الطلاب للأسف يقومون بحفظ المفاهيم العلمية بدلاً من فهمها واستيعابها.

ويختلف العلماء في وصف مصطلح المفهوم Concept وكيفية اكتسابه؛ حيث يرى الأفلاطونيون Platonists بوجود المفهوم سواء في وجود الملاحظ أو غيابه، بينما يؤكد الطبيعيون naturalists أن المفاهيم تنتج عن تفاعل العقل مع العالم المحيط، ويعرّف البعض المفهوم على أنه مجموعة من المعاني التي تتضمن أوجه التشابه والاختلاف والعلاقات والأنماط الملاحظة، ويحدث الاستيعاب المفاهيمى عندما يتم تطبيق الحقائق والإجراءات في مواقف الحياة الواقعية (Tan., Yangco & Que, 2020).

وقد سعت مناهج العلوم إلى تحقيق جملة من الأهداف وجزء كبير منها مرتبط بالاستيعاب المفاهيمي بوصفه هدفًا رئيسًا من أهداف مناهج العلوم، بل وغايةً أيضًا، حيث يكون الطالب قادرًا على أن (مشروع التطوير المهنى للرياضيات والعلوم الطبيعية، 2012):

1. يتذوق عمق المعرفة العلمية ومتعتها.
2. يُبدي استيعابًا حقيقيًا للمفاهيم والمبادئ العلمية الأساسية في علوم الحياة والطبيعة والأرض ويدرك العلاقات البينية التي تربطها ببعضها.

وللوصول إلى المستوى المرغوب من الفهم وتحقيق أهداف الفيزياء؛ لا بد من الوصول بالطالب إلى مستوى عميق من الاستيعاب والفهم لمفاهيم الفيزياء، والقدرة على شرح هذه المفاهيم، وتطبيقاتها التكنولوجية فى الحياة اليومية للطالب، وهو ما يطلق عليه الاستيعاب المفاهيمى.

ولقد أصبح الاستيعاب المفاهيمى والفهم العميق من أهم نواتج التعلم المنصوص عليها ضمن المعايير العالمية للمتعلم، حيث يتضمن أبعادًا معرفيةً وعقليةً مثل الشرح والتفسير، وأبعادًا وجدانيةً مثل الفهم ومعرفة الذات، الأمر الذي يوضح أن الاستيعاب لم يقتصر على التحصيل فقط بل تنمية جوانب أخرى من شخصية المتعلم تؤثر في أدائه، وفي ممارساته اليومية (نايف العتيبى، 2016؛ Widiyatmoko & Shimizu, 2018)

تعريفات الاستيعاب المفاهيمي:

لقد طُرِحت عديدًا من التعريفات للفهم أو الاستيعاب المفاهيمي حيث عُرِّف الفهم في معجم المصطلحات التربوية في المناهج وطرق التدريس بأن يكون الطالب قادرًا على إعطاء معنى للموقف الذي يواجهه، ويُستدل عليه من مجموعة السلوكيات العقلية التي يظهرها الطالب، وتفوق مستوى التذكر لديه، وتندرج تحتها مجموعة من السلوكيات كأن يترجم أو يفسر، أو يستكمل، أو يشرح، أو يعطي مثالاً، أو يستنتج، أو يعبر عن شيءٍ ما (أحمد اللقانى وعلى الجمل، 2003؛ فيحاء المومنى، وعبد الله الخطابية، ومحمد القضاة، 2015؛ ونضال الأحمد، وأمل الجهيمى، 2015).

ويعرفه جابر عبد الحميد (2003) بأنه: قدرة الطالب على استيعاب معنى المادة والخبرة التعليمية، وتظهر فى تفسير بعض أجزاء المادة والتوسع فيها

ووضوح الأفكار، وتطبيقها فى مواقف جديدة، وتصوير المشكلة حلها بطرق مختلفة.

وهو القدرة على إدراك المعانى، ويظهر ذلك بترجمة الأفكار من صورةٍ لأخرى، وتفسيرها وشرحها بإسهاب أو بإيجاز، والتنبؤ من خلالها بنتائج وآثار معينة بناءً على المسارات والاتجاهات الماضمنة في هذه الأفكار (حسن شحاته وزينب النجار، 2011).

كما أكد Koniceck-Moran and Keeley (2015) أنه يتم تحقيق استيعابًا لمفهومٍ ما عندما يفكر به، ويطبقه الطلاب في مواقف مختلفة عن التى تم تعلمها، أو يصفونه أو يحددونه بكلماتهم الخاصة، أو يصنعون نموذجًا عقليًا له، أو يجدون استعارة أو تشبيه مناسب له.

ويرى كلٌ من Hull & Miles (2015) أن الطالب يُظهر استيعابًا مفاهيميًا عندما:

1. يُقدم دليلاً على قدرته على التعرف على المفاهيم، وتصنيفها، وتوليد أمثلة عليها.
2. يستخدم النماذج والمخططات والخرائط والتمثيلات المتنوعة الخاصة بالمفاهيم.
3. يُحدد كلاً من الحقائق والتعريفات والمبادئ وتطبيقها، فضلاً عن دمج المفاهيم والمبادئ ذات الصلة.
4. يتعرف العلامات والرموز والمصطلحات المستخدمة لتمثيل المفاهيم وتفسيرها وتطبيقها.

كما يُمكن تعريف الاستيعاب المفاهيمي على أنه التعلم عن طرق الفهم؛ فاستيعاب المفهوم يتطلب أكثر من مجرد حفظ العلاقات عن ظهر قلب، وإنما تطبيق التعلم السابق خلال نوع من الخبرات غير المتوقعة، وبالتالي يمكن تعريفه على أنه التعلم ذي المعنى وفق نظرية أوزوبل Ausubel بدلاً من التعلم بالحفظ rote learning.، ويتضمن الاستيعاب المفاهيمي مشاركة المعرفة الجديدة، ومقارنتها، وتمثيلها، وإعادة تنظيمها، مع المعرفة الحالية لدى المتعلم، ونقل الناتج لحل المواقف المشكلة الجديدة (Saricayir; et al, 2016; Veith; Bitzenbauer & Girnat, 2022).

كما يُعرَّف على أنه التعلم العميق الذي يمكن فيه إظهار العلاقات بين المفاهيم بوضوح، ويمكن نقل هذه المفاهيم إلى بيئات جديدة لاستخدامها في حل المشكلات التي تواجه المتعلم في الحياة اليومية (Ceran & Ates, 2020).

مبادئ التدريس من أجل تنمية الاستيعاب المفاهيمى:

تتمثل المبادئ التى يجب أخذها فى الحسبان عند تخطيط الدروس وتقويمها فيما يلى (جابر عبد الحميد، 2003؛ ومحمد حسين، 2007؛ Tan & Yeo, 2022):

1. يُستلزم معرفة خصائص المفهوم، والقدرة على تطبيق تلك الخصائص؛ لتحديد الأمثلة وغير الأمثلة على ذلك المفهوم.
2. يحتاج الطلاب إلى فرص التمثيل المرئي visual representations للمفاهيم شديدة التجريد؛ لزيادة فهمها واستيعابها.
3. يحتاج الطلاب إلى فرص لتطبيق ما تعلموه في مواقف مختلفة لإدراك حدود تلك المفاهيم وقيمة تعلمها.
4. يتطلب تنمية الاستيعاب المفاهيمى تدريسًا أقل من قبل المعلم، وتعلمًا أكثر من قبل المتعلم، أى أن يتوصل المتعلمون بأنفسهم إلى الفهم العميق.
5. أن يركز المعلم على مسئولية الطالب واستقلاله الذاتى، ومبادرته فى الحصول على المعرفة.
6. أن يهتم المعلم بتنويع استراتيجيات التدريس التى تزيد من مرور الطلاب بخبرات متنوعة ومفيدة، وتشجعهم على التفكير والتأمل.
7. أن مستويات الاستيعاب المفاهيمى غير متدرجة بمستويات أعلى أو أدنى، وإنما تتطلب إعادة التفكير الواضح والمتناغم بالتحرك عبر مستويات الفهم الستة.
8. أن يضع المعلم فى اعتباره أن مهمة التعليم هى تحسين تعلم الطلاب، وليس تغطية المحتوى العلمى.
9. أن تقدم المفاهيم والمعارف فى سياقات عملية تطبيقية مناسبة لمستوى الطلاب.
10. مواجهة الطلاب بمشكلات وتصورات خطأ للمفهوم ومراقبة تعاطيهم معها.

أبعاد/ أوجه الاستيعاب المفاهيمى:

في هذا الصدد ظهرت عدة تصنيفات لمستويات الاستيعاب المفاهيمى من من خلالها وصف جوانب الفهم لدى المتعلمين.

يُعد أول التصنيفات هو النموذج الذى قدمه عام 1998م Wigines & Mctghe (2005)، ويتكون هذا التصنيف من ستة مستويات للاستيعاب المفاهيمى، هى: مستوى التوضيح، ومستوى التفسير، ومستوى التطبيق، ومستوى اتخاذ المنظور، ومستوى المشاركة الوجدانية، ومستوى معرفة الذات، والذى اتفق مع تصنيف كلٌ من جابر عبد الحميد (2003)؛ و(كوثر كوجك وآخرون، 2008).

في حين حدد ناصر الجهورى (2012) مستويات الاستيعاب المفاهيمى في: القدرة على ترجمة المادة العلمية المتعلمة من صورة إلى أخرى، وتفسيرها بالشرح أو الإيجاز، والتنبؤ بالنتائج من خلال الاستنتاجات، وقدرة المتعلم على الاستفاة منها أو إعادة استخدامها بطرق مختلفة.

وفى ضوء تلك التصنيفات اتفق الباحث مع تصنيف كلٌ من Wigines & Mctghe (2005)، وجابر عبد الحميد (2003)؛ و(كوثر كوجك وآخرون، 2008)، الذى يحدد أوجه أو مستويات الاستيعاب المفاهيمى في ستة مستويات تتمثل فيما يلى:

جدول 1

أوجه الاستيعاب المفاهيمى، ومؤشرات الأداء الدالة على كلٍ منها

م	أوجه الاستيعاب المفاهيمى	التعريف	مؤشرات الأداء
1	**التوضيح أو الشرح** **Explanation**	قدرة المتعلم على الشرح وتقديم أوصافًا متقنة للظواهر والأحداث والأفكار، وإيجاد جوهر الموضوع، واستخراج الأفكار الرئيسة فيه، والتعبير عنها بإيجاز ووضوح بلغته الخاصة	تقديم أوصاف متقنة للظواهر والأحداث والأفكار استخراج الأفكار الرئيسة فى الموضوع توضيح كيفية عمل الأشياء ووظائفها ومكوناتها تبسيط المفهوم أو الحدث. التغلب على التصورات الخطأ الشائعة للمفاهيم، وتصحيحها. التعبير عن الظاهرة أو الحدث بصورة لفظية
2	**التفسير** **Interpretation**	قدرة المتعلم على تقديم التفسيرات والترجمات ذى المعنى لما يتعلمه من موضوعات، وتقديم المبررات التى تدعم المعنى والأسباب التى تؤدى إليه.	القدرة على وصف الموضوعات بشكل ذى معنى. تقديم تفسيرات قوية ذات معنى لأفكار أو قصص معينة. مقارنة بين أشياء مختلفة وإيجاد أوجه الشبه والاختلاف بينها. تقديم أمثلة وقصص ذات معنى مرتبطة بالمحتوى؟ البحث عن الأسباب الخاصة بالظاهرة
3	**التطبيق** **Application**	قدرة المتعلم على استخدام المعارف من المفاهيم والقوانين والنظريات التى سبق أن تعلمها فى مواقف جديدة وسياقات مختلفة بشكلٍ فعال.	استخدام المفاهيم السابقة فى مواقف جديدة تطبيق مناسب للمفاهيم والمبادئ وتوظيفها لحل المسألة أو مشكلة أو الإجابة عن أسئلة القدرة على الإبداع أو الاختراع أو التصميم وتطوير ما لديه من معارف. استخدام المعرفة فى سياقات متنوعة ومن محتوى غيرمنظم.
4	**اتخاذ المنظور**	قدرة المتعلم على تكوين اتجاهات ووجهات نظر ناقدة	القدرة على تصور وجهات النظر المختلفة حول الأشياء

جدول 1
أوجه الاستيعاب المفاهيمى، ومؤشرات الأداء الدالة على كلٍ منها

م	أوجه الاستيعاب المفاهيمى	التعريف	مؤشرات الأداء
	Perspective	ومستنيرة مرتكزة على استيعاب فكرة أن هناك وجهات نظر مختلفة حول الموضوعات، ويدرك أن هناك أكثر من إجابة لكل سؤال، وهناك أكثر من حل لكل مشكلة	إدراك أن هناك احتمالية وجود أكثر من إجابة للسؤال، وأكثر من حل لكل مشكلة
			نقد وتبرير لموقف معين لكى يرى هل تتوافق مع وجهة نظر معينة.
			رؤية الأفكار والمشكلات من زوايا مختلفة والتعامل معها من وجهات نظر متعددة.
			استخدام انتقادات المتعلم والحكم على فكرة معينة أو رفضها.
5	**المشاركة الوجدانية أو التعاطف** **Empathy**	يحاول المتعلم رؤية الأشياء بعيون الآخرين وأفكارهم؛ بأن يضع نفسه مكان الآخر، ويحاول أن يتخيل طريقة تفكيره ويشعر بمشاعره، ويفكر من وجهة نظره.	يضع المتعلم نفسه في مكان الآخرين، ويدخل في أحاسيسهم ويتعرف على العالم من خلالها.
			يفترض أن الأفكار أو الأشخاص غير الألوفين وغير المعروفين قد يشتملوا على أفكار وأمور مفيدة في الحياة
			يحترم مشاعر الآخرين ووجهات نظرهم المختلفة.
6	**معرفة الذات** **Self – Knowledge**	يُقصد به إدراك المتعلم الواعى بأسلوبه وعاداته الشخصية التى تشكل فهمه أو تعيقه، وتحديد نقاط الضعف والقوة التى يمتلكها.	يستخدم بفاعلية استراتيجيات التفكير ما وراء المعرفى، ويميز أسلوبه الفكرى من حيث القوة والضعف.
			يقيم ذاته بدقة، وينظمها بفعالية.
			يتقبل التغذية الراجعة والنقد دون دفاع.
			لديه الشجاعة لمواجهة نقاط ضعفه والعمل على تغييرها

المحور الثانى:

الاتجاه نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية

تُعد تنمية الاتجاهات (Attitudes) المرغوب فيها هدفًا أساسيًّا من أهداف التربية في مختلف المراحل التعليمية؛ فهي لا تقل أهميةً عن اكتساب المعرفة العلمية وتطوير مهارات التفكير العلمي، ويذهب بعض المربيين إلى اعتبار تنمية الاتجاهات هي الهدف الأساسي للتربية.

كما تُعد الاتجاهات من العناصر المهمة والمؤثرة فى سلوك الفرد ودوافعه، فهى نسق من الاستجابات التى تعكس اهتمامات الأفراد واعتقاداتهم حول موضوع معين بالإيجابية أو السلبية؛ لذلك آثر الباحث على التطرق إلى موضوع الاتجاه نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لما لهذا الموضوع من تأثير مباشر على حياة الفرد فى هذا العصر الذى يطلق عليه عصر النانوتكنولوجى.

مفهوم الاتجاه Attitude:

يُعرفه صلاح الدين علام (2000) على أنه انفعالاً معتدل الشدة يُهيء الفرد أو يجعله مستعدًا للاستجابة المتسقة التى تدل على الموافقة أو عدم الموافقة عندما يواجه موضوع الاتجاه.

كما يُشير الاتجاه إلى الميل أو عدم الميل أو الموقف الحيادى للفرد تجاه موضوع معين أو شيء معين، وهو بذلك يمثل طريقة النظر إلى الأشياء أو الأحداث (Ibrahim& Zakiang, 2019).

ويمكن تعريف الاتجاه نحو علمٍ ما على أنه شعور إيجابي أو سلبي حول العلم بوصفه موضوعٍ مدرسيٍ، ويؤدي الاتجاه السلبي تجاه موضوع معين إلى صعوبة تعلمه، بينما يحفزّ الاتجاه الإيجابي الطلاب على بذل الجهد الكافي الذي يؤدي غالبًا إلى تحقيق إنجاز كبير في هذا موضوع الاتجاه (Mabee,; Haruna, & Salifu, 2021).

كما يُعرف كلٌ من Hernánez-Suarez; Gamboa-Suárez & Suarez (2021) الاتجاه نحو العلم على أنه الميل أو النزعة للاستجابة لجميع العناصر (الإجراءات أو المواقف أو الأفكار) التي ينطوي عليها تعلم ذلك العلم.

مكونات الاتجاه:

يتكون الاتجاه من ثلاثة جوانب رئيسة، هى (عبد المجيد نشواتى، 2003؛ حاتم مرسي، 2015؛ Svenningsson; Hulte; Veloo; Nor & Khalid, 2015؛ & Hallstro, 2016؛ Ibrahim& Zakiang, 2019 Hernánez-Suarez; Gamboa-Suárez & Suarez, 2021):

أولاً: المُكون المعرفي Cognitive للاتجاه:

يتكون من إدراك الفرد موضوعَ الاتجاه ومعتقداتِه عنه، ومن أفكاره التي يحملها عن هذا الموضوع، وكذلك الحجج التي يقبلها نحو موضوع الاتجاه، كما

يشير المكون المعرفي للاتجاه إلى الاعتقادات والإدراكات والمعلومات التي لدى الفرد عن موضوع الاتجاه، والمستمدة بالضرورة من نظام قيمي ومعتقدات وخبرات ثابتة للفرد، وهو يحدد طريقة الاستجابة ونوعها نحو موضوع الاتجاه.

ثانيًا: المُكون الوجدانى Affective للاتجاه:

يتكون من مشاعر الفرد ورغباته نحو الموضوع، وإقباله عليه أو نفوره منه، وحبه له أو كرهه له، فعلى الرغم من أنه قد يكوّن لدى شخصين اتجاهات غير ملائمة تجاه موضوع ما، فإن مشاعرهما نحوه قد تكون مختلفة تمامًا.

ويُشير هذا الجانب إلى مدى قوة الانفعالات التي ترتبط بوجدان الفرد حول موضوع الاتجاه، وكل ما يتضمنه من مشاعر وأحاسيس سواء أكانت إيجابية؛ مثل الاحترام أو التقبل أو التعاطف، أو سلبية مثل الحقد والخوف والنبذ والاحتقار، وهذا يحدد الشحنة الانفعالية التي تصاحب تفكير الفرد حول موضوع الاتجاه، ولذلك فقد يكوّن للفرد أفكارًا ومعلومات ومعتقدات عن كثيرٍ من الأشياء حوله، ولكنها لا تتحول إلى اتجاهات إلا إذا صوحبت بانفعالات تجعل الشخص يحب أو يكره موضوعًا ما.

ثالثًا: المُكون السلوكى أو المهارى Behavioral للاتجاه:

يَتخذ هذا المُكون شكل الخطة لسلوك الفرد نحو موضوع الاتجاه في موقف اجتماعى معين، ويؤكد المكون السلوكي على كيفية استجابة الفرد لموضوع الاتجاه، فإذا كانت لدى الفرد معتقدات سالبة عن أعضاء الجماعة فإنه بالتالي سوف يتجنبهم أو يعاقبهم، إذا كان يملك ذلك، وإذا كانت معتقداته إيجابية فسوف يكون مستعدًا لمساعدتهم ومكافأتهم.

ويرى الباحث أن مكونات الاتجاه الثلاثة لا تتشابه درجتها عند جميع الأفراد، حتى في الشخص الواحد قد تتباين، وتختلف درجة هذه المكونات الثلاثة بناءً على الموضوع التي تتجه نحوه، ولكن يمكن ملاحظة ذلك من خلال السلوك الذي يسلكه الفرد استجابةً لتلك الموضوعات.

أنواع الاتجاهات:

هناك عدة أنواع للاتجاهات، هى (حسين صديق، 2012):

1. **الاتجاهات الجماعية والاتجاهات الفردية:** إذ تعبر الاتجاهات الجماعية عن آراء عدد كبير من أفراد المجتمع، فى حين الفردية تميز فردًا عن آخر.
2. **الاتجاهات الموجبة والاتجاهات السالبة:** إذ تقوم الاتجاهات الموجبة على تأييد الموقف وموافقته، فى حين السالبة تقوم على معارضة الفرد وعدم موافقته.
3. **الاتجاهات القوية والاتجاهات الضعيفة:** فالاتجاه القوى هو ذاك الاتجاه الذى يبقى قويًّا على مر الزمان، أما الضعيف فيمكن للفرد أن يتخلى عنه بسهولة.

خصائص الاتجاهات:

تتميز الاتجاهات بمجموعة خصائص تتمثل فيما يلى (صلاح الدين علام، 2000):

1. **التوجه:** يتعلق بما إذا كانت مشاعر أو انفعالات الفرد تجاه موضوع أو قضية معينة موجبة أو سالبة.
2. **المقدار والشدة:** يشير مقدار الاتجاه إلى درجة الاتجاه الموجب أو السالب، بينما تشير الشدة إلى أهمية أو قوة مشاعر الفرد تجاه موضوع معين.
3. **ثنائية المشاعر:** تشير إلى مدى تناقض مشاعر الفرد نحو جوانب مختلفة لموضوع الاتجاه نفسه؛ فكلما تساوت مشاعر التفضيل ومشاعر عدم التفضيل ارتفعت درجة تناقض المشاعر.
4. **المركزية**: تشير هذه الخاصية إلى التهيؤ لاستثارة الاتجاه؛ أى مدى اقتراب الاتجاه من التفكير المباشر للفرد، والاتجاهات المركزية هى تلك التى يهتم بها الفرد، ويكون لديه قدر كبير من المعلومات حول موضوعها.
5. **المرونة:** تشير إلى مدى قابلية الفرد لتغيير أو تعديل اتجاهاته نحو موضوعات معينة.
6. **التضمن:** فالاتجاه يمكن أن يكون منفصلاً عن الجوانب الأخرى مثل: المعتقدات أو القيم، ويمكن أن يرتبط بهذا الجوانب من خلال الاقتران والتصنيف والتبرير.
7. **الشمول أو المدى:** يتعلق بمدى تعميم الاتجاه أو مدى شموله لعناصر موضوع الاتجاه.

وظائف الاتجاه:

تقوم الاتجاهات بوظائف متعددة فى حياة الفرد، ومن أهم هذه الوظائف ما يلى (عبد المجيد صديق، 2012):

1. يحدد الاتجاه طريق السلوك ويفسره.
2. ينظم الاتجاه العمليات الدافعية والإدراكية والمعرفية عن بعض النواحى الموجودة فى حياة الفرد.
3. تنعكس الاتجاهات فى سلوك الفرد وأقواله وأفعاله وتفاعله مع الآخرين.
4. تيسر له القدرة على اتخاذ القرارت فى المواقف الاجتماعية والنفسية المتنوعة.
5. توضح الاتجاهات العلاقة بين الفرد والمجتمع.
6. تحدد الاتجاهات سلوك الأفراد والمجتمعات بشكلٍ شبه ثابت.

تنمية الاتجاه نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية:

تلعب اتجاهات الطلاب واهتماماتهم دورًا مهمًا فى مجال تدريس العلوم بصفةٍ عامة، والفيزياء بصفةٍ خاصة، وقد كشفت دراسة Veloo; Nor & Khalid (2015) أن الاتجاه الإيجابي يحفز الطلاب على بذل مزيدٍ من الجهد، ويؤدي إلى

تحقيق إنجازات عالية في الأداء، بينما يؤدى الاتجاه السلبي تجاه موضوع معين إلى جعل التعلم أكثر صعوبة، كما اتفق كل من Godwin & Okoronka (2015) على التأكيد على وجود علاقة مهمة بين اتجاهات الطلاب نحو الفيزياء وأدائهم الأكاديمي بها.

فى ضوء ما سبق تُعد تنمية الاتجاهات الإيجابية نحو مفاهيم فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية تساعد الطلاب على الإلمام بلغة النانو وتقنيتها والمهارات الأساسية المتطلبة للحياة بنجاح فى ضوء الاختيارات التى يتيحها والمخاطر التى يسببها، وتوجيه الطلاب إلى اختيار مهن فى مجال تكنولوجيا النانو أو مهن ذات علاقة، كما تسهم فى التعرف على هذا العلم ودوره الكبير فى النهوض بالمجتمع، وتوفير حياة ومستقبل أفضل.

لذا؛ يسعى البحث الحالى إلى تنمية اتجاه طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية.

الإجراءات المنهجية للبحث:

للإجابة عن أسئلة البحث واختبار صحة فروضه اتبعت الإجراءات التالية:

أولاً: إعداد أدوات المعالجة التجريبية (المقرر المقترح):

للإجابة عن السؤال الأول من أسئلة البحث تم إعداد المقرر المقترح فى ضوء الخطوات التالية:

1. تحديد أهداف المقرر:

من خلال فحص وتحليل الكتب والمراجع وتوصيف مقررات بعض الجامعات لمقررات فيزياء النانو Nano Physics، والمتمثلة فى: (Aldea & Bârsan, 2010; Kwo, 2013; Sreekanth, 2013; Biswas & Alasadi, 2017; Sattler, 2017; Nimibofa; Ebelegi; Abasi & Donbebe, 2018; Khan; Saeed & Khan, 2019; Elia; Al-Hasi & Al-Tamimi, 2022; University of Oslo, 2022; Nikolić, 2022)، أمكن تحديد الأهداف العامة للمقرر، وكذلك الأهداف الإجرائية لكل موضوعٍ من موضوعاته.

2. إعداد محتوى المقرر:

تم إعداد محتوى المقرر المقترح فى ضوء الأهداف، ليضم: أربعة موضوعات رئيسة تتمثل فى: ماهية علم النانو، والمواد النانوية وطرق تحضيرها، وتطبيقات تقنية النانو في الحياة اليومية، والأخلاق وتكنولوجيا النانو، ووُزعت زمنيًا بمجموع (22) ساعة تدريسية.

3. ضبط المقرر:

عُرض المقرر فى صورته الأولية على السادة المحكمين[3]؛ لإبداء آرائهم حول المحتوى العلمى من حيث دقته العلمية من جهةٍ، ومدى مناسبته للطلاب المعلمين من جهةٍ أخرى، وقد اتفق جميعهم على دقة المحتوى العلمى للمقرر ومناسبته للطلاب المعلمين، فضلاً عن مناسبة بناء الموضوعات فى مجملها للمعرفة العلمية المقدمة، وبذلك أصبح المقرر فى صورته النهائية[4]، حيث يتكون من العناصر التالية:

1) **مقدمة المقرر،** وتتضمن: (الأهداف العامة للمقرر، ومحتوى المقرر، والأنشطة التعليمية المقترحة لتدريسه، ومصادر التعليم والتعلم المقترحة فى تدريس المقرر، وطرق التدريس المتبعة فى تنفيذه، وآلية تقييم المقرر).
2) **موضوعات المقرر،** وتضمن أربعة موضوعات: ماهية علم النانو، والمواد النانوية وطرق تحضيرها، وتطبيقات تقنية النانو في الحياة اليومية، والأخلاق وتكنولوجيا النانو.
3) **قائمة بالمراجع** المستخدمة فى إعداد كل موضوع من موضوعات المقرر، فضلاً عن المصادر الإثرائية التى يمكن أن يستعين بها الطالب المعلم خلال تعلمه للمحتوى المقدم.

ثانياً: إعداد أدوات قياس متغيرات البحث ، وتشمل:

1. إعداد اختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية:

تم إعداد الاختبار فى ضوء الخطوات التالية:

1) تحديد الهدف من الاختبار، والذى تمثل فى:

قياس مستوى الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية.

2) تحديد أبعاد الاختبار:

[3] ملحق البحث (2): قائمة أسماء السادة المحكمين

[4] ملحق البحث (3): المقرر المقترح فى فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية

وقد تمثلت فى قياس الاستيعاب المفاهيمى فى الموضوعات الأربعة السابق ذكرها، وأبعاد الاستيعاب المفاهيمى: الشرح والتوضيح، والتفسير، والتطبيق، واتخاذ المنظور.

3) تحديد نوع الاختبار، وصياغة مفرداته:

صيغت مفردات الاختبارعلى نمط أسئلة الاختيار من متعدد، وقد بلغ عددها (50) مفردة كونت الصورة الأولية له.

4) ضبط الاختبار:

a- صدق الاختبار: عُرض الاختبار فى صورته الأولية على عدد من الأساتذة المتخصصين فى المناهج وطرق تدريس العلوم، ومتخصصى الفيزياء بكلية العلوم؛ وذلك للتحقق من صدقه، والصحة العلمية واللغوية لصياغة المفردات، وتحديد مدى اتساق المفردات مع المفاهيم التى تهدف لقياسها، والبُعد المحدد لكل عبارة، وقد أبدى السادة المحكمون بعض التعديلات نحو: حذف أحد المفردات لتكرار محتواه فى الاختبار، وإعادة صياغة بعض المفردات، وبذلك تكوّن الاختبار بعد إجراء التعديلات المطلوبة من (49) مفردة؛ لكل منها أربعة بدائل.

b- التجريب المبدئى للاختبار وتحليل مفرداته: طُبق الاختبار على عينة من طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء، وقد بلغ عددها (45) طالب وطالبة، وذلك خلال امتحانات الفصل الدراسى الثانى من العام الجامعى 2021/2022م. وقد تم تحديد الخصائص الإحصائية للاختبار كما يلى:

تراوحت قيم معامل السهولة لمفردات الاختبار بين (0.79 – 0.24)، ما عدا مفردة واحدة شديدة الصعوبة تم حذفها، كما تراوحت قيم معامل التمييز لمفردات الاختبار بين (0.64- 0.28)، ليصبح عدد المفردات النهائية للاختبار (48) مفردة، وللكشف عن قيمة ثبات الاختبار باستخدام معادلة كيودر- ريتشاردسون (20) استُخلصت قيمة معامل الثبات والتى تساوى (0.84)، وهى تشير إلى أن الاختبار ذو درجة ثبات عالية، وبلغ زمن الإجابة عن الاختبار (50) دقيقة، وبذلك أصبح اختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية فى صورته النهائية القابلة للتطبيق[5].

[5] ملحق البحث (4): اختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية.

جدول 2
الوصف الإحصائى لاختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية

عدد مفردات	قيم معامل السهولة	قيم معامل التمييزية	معامل الثبات	زمن الاختبار
50	0.24 – 0.79	0.28 – 0.64	0.84	50 ق

2. إعداد مقياس الاتجاه نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية:

أُعدَّ المقياس **وفقًا للخطوات التالية:**

1) تحديد الهدف من المقياس:

يهدف هذا المقياس إلى قياس اتجاه طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية.

2) تحديد أبعاد المقياس، وصياغة عباراته:

فى ضوء الإطار النظرى والأدبيات السابقة ذات الصلة بالاتجاه نحو دراسة الفيزياء (صلاح الدين علام، 2000؛ Veloo., Nor & Khalid, 2015; Svenningsson; Hulte; & Hallstro, 2016; Ibrahim & Zakiang, 2019; Mabee; Haruna & Salifu, 2021; Chetri, 2022)، تمت صياغة عبارات المقياس فى أربعة أبعاد رئيسة، هى: أهمية تعلم مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، والبحث والاطلاع فى مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، وتوظيف مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، ومواكبة التطورات العلمية لمفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، وقد بلغت عدد عبارات المقياس (28) عبارة، متنوعة بين الموجبة والسالبة لكل بعد.

3) تحديد نظام تقدير الدرجات:

صُمم المقياس على طريقة "ليكرت" Likert Type، حيث يطلب من الطالب وضع علامة (√) أسفل إحدى التدريجات الخمسة للمقياس (موافق بشدة – موافق – غير متأكد – غير موافق – غير موافق بشدة)، وتم توزيع درجات على أساس تحويل استجابات الطلاب على كل عبارة من عبارات المقياس إلى أوزان تقديرية تتراوح بين (1:5) وفقًا لنوع العبارة.

4) التحقق من صدق المقياس:

تَحقق الباحث من صدق المقياس من خلال صدق **المحكمين:** وقد تطلب ذلك عرض عبارات المقياس على عدد من المتخصصين(ملحق البحث 2)، ممن توافر لديهم خبرة إعداد مثل هذه المقاييس وذلك **لإبداء الرأى حول:** (مدى مناسبة العبارات للأبعاد المتضمنة لها، مدى مناسبة العبارة للمستوى العقلى للطلاب، التعديل بالإضافة أو الحذف للعبارات إذا لزم الأمر، وضوح تعليمات المقياس وسهولتها)، **وقد أسفرت هذه الخطوة على** أن عبارات المقياس مناسبة للمستوى العقلى للطلاب، كما أنها مناسبة للأبعاد المتضمنة لها، واقترح بعض السادة المحكمين بعض التعديلات مثل ضم عبارتين لتشابه الغرض منهما، وحذف عبارتين، وفى ضوء ذلك لتعديل الوزن

النسبى لأبعاد المقياس أصبح المقياس مكون من (24) عبارة بواقع (6) عبارات لكل بعد من الأبعاد الأربعة.

5) التجريب الاستطلاعى للمقياس:

تم تطبيق المقياس على عينة من طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء، ثم فحصت إجاباتهم، ورصدت فى كشوف خاصة تمهيدًا لمعالجتها بالأساليب الإحصائية المناسبة لتحديد الخصائص الإحصائية للمقياس.

6) الخصائص الإحصائية للمقياس:

أ) تحديد النسبة المئوية للمحايدين فى كل عبارة:

رُصدت تكرار استجابات الطلاب لكل عبارة، وتم حساب النسبة المئوية للبديل المحايد لكل عبارة وقد تراوحت تلك النسبة ما بين (22-24%)، مما يشير إلى أن العبارات تتطلب من الطالب إظهار شدة انفعاله نحو العبارة سواء بالرفض أو بالقبول.

ب)تحديد درجة واقعية العبارات:

تم حساب مدى درجة الواقعية لكل عبارة، وقد تراوحت بين (3.2-9.3)، بواقع (12) عبارة مرتفعة، و(6) فوق متوسطة، (6) متوسطة، مما يشير إلى أن عبارات المقياس تعد واقعية بالنسبة للطلاب.

ج) تحديد الشدة الانفعالية لعبارات المقياس:

رُصدت تكرارات استجابات الطلاب لكل عبارة، وتم حساب المتوسط والانحراف المعيارى لاستجابات الطلاب عن كل عبارة، **واتضح** أنهما لجميع عبارات المقياس جاءت فى المعيار الذى اقترحه "شرجلى وكوبالا" Shrigley & Koballa (1984) لحدود المتوسط الحسابى والانحراف المعيارى، وتبين أن عبارات المقياس تتمتع بشدة انفعالية معقولة يمكن الوثوق بها.

د) حساب معامل ثبات المقياس:

تم حساب معامل ثبات المقياس كما هو موضح بجدول (3) عن طريق استخدام معادلة ألفا كرونباخ لثبات كل بعد من أبعاد المقياس والدرجة الكلية له، ووجد أن معامل ثبات المقياس ككل (0.87)، وهذا يشير إلى درجة عالية من الثبات.

ويلخص جدول (3) الخصائص الإحصائية للمقياس:

جدول 3

الخصائص الإحصائية لمقياس الاتجاه نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية

معامل ثبات المقياس		0.86
درجة واقعية عبارات	مرتفعـــة	12
	فوق متوسطة	6
	متوســـطة	6
النسبة المئوية للمحايدين		22-24 %

7) حساب الزمن اللازم للمقياس:

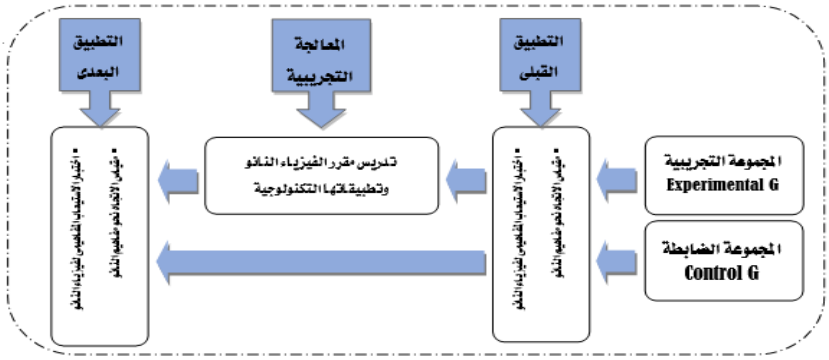
تم تحديد زمن الإجابة عن عبارات المقياس **بـ (20) دقيقة.**

8) الصورة النهائية للمقياس:

يتكون المقياس فى صورته النهائية[6]، من (24) عبارة.

التصميم التجريبي للبحث:

اعتمد البحث الحالي **على**: المنهج التجريبي بالتصميم شبه التجريبي القائم على تصميم المجموعة الضابطة ذات الاختبارين القبلى والبعدى Pretest posttest



control group design، ويوضح الشكل (3) التصميم التجريبي للبحث:

شكل 3 التصميم التجريبي للبحث

[6] ملحق البحث (5): مقياس الاتجاه نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية

1. تحديد مجموعة البحث:

تمثلت مجموعة البحث فى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية وعددها (64) طالبًا وطالبة.

2. إجراءات التطبيق: وفقًا لما يلى:

أ) التطبيق القبلى لأدوات البحث:

تم التطبيق القبلى لأدوات قياس المتغيرات التابعة (اختبار الاستيعاب المفاهيمى، ومقياس الاتجاه) على أفراد عينة البحث، وذلك فى الأسبوع الأول من من الفصل الدراسي الأول للعام الدراسي 2023/2022م، قبل بدء المقرر المقترح؛ بهدف التحقق من وجود تكافؤ إحصائى بين المجموعتين (التجريبية والضابطة)؛ ولتحقيق ذلك صُححت استجابات الطلاب فى المجموعتين ورُصدت درجاتهم؛ ثم استُخدم اختبار"ت" t.test لتعيين دلالة الفروق بين المتوسطات المستقلة (مجموعتان غير مرتبطتين ومتساويتين)، وباستخدام الرزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية SPSS الإصدار السادس والعشرون، وجاءت النتائج كما هو مبين بالجدول:

جدول 4

متوسطات درجات أفراد المجموعة التجريبية والضابطة في القياس القبلي لأدوات البحث ونتائج اختبار "ت"

المتغير	المجموعة التجريبية (ن= 32)		المجموعة الضابطة (ن= 32)		قيمة "ت"	الدلالة
	م	ع	م	ع		
مفاهيم فيزياء النانو	19.65	3.37	18.93	2.68	0.992	غير دال
الاتجاه نحو ها	57.90	13.41	53.03	17.44	1.25	غير دال

*t at p<0.05=2.00

ومن جدول (4) يتبين عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين درجات القياس القبلى لمتغيرات البحث بين طلاب المجموعتين التجريبية والضابطة.

ب) تطبيق المعالجة التجريبية: بدأ البرنامج التدريبي للمجموعة التجريبية فى 2 أكتوبر2022م وانتهى فى 11 ديسمبر 2022م ، وذلك على مدار أحد عشر أسبوعًا، بواقع ساعتين أسبوعيًا.

ج) التطبيق البعدى لأدوات البحث: طُبقت أدوات قياس المتغيرات التابعة بعديًا على المجموعتين التجريبية والضابطة فى 18 ديسمبر 2022م ، وذلك بعد الانتهاء من تدريس المقرر المقترح للمجموعة التجريبية.

3. المعالجة الإحصائية: عُولجت البيانات إحصائيًا باستخدام اختبار "ت" t- test لتعيين دلالة الفروق بين المتوسطات المستقلة لكل من المجموعتين التجريبية والضابطة، ومعامل الارتباط لبيرسون، وقيمة (**2η**) لقياس "حجم التأثير"؛

لكون مجموعتى البحث مستقلتين (زكريا الشربينى، 1995؛ رشدى فام، 1997؛ Hayes, 2005؛ **عبد المنعم الدردير،2010**)، وأُجريت جميع المعالجات الإحصائية (SPSS) (الإصدار السادس والعشرون).

عرض نتائج البحث ومناقشتها:

أولاً: الإجابة عن السؤال الثانى من أسئلة البحث:

(2-1) ما فاعلية المقرر المقترح فى تنمية الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية؟

للإجابة عن هذا السؤال استخدم الباحث اختبار (ت) t-test للمجموعات المستقلة لتحديد دلالة الفرق بين متوسطى درجات المجموعة التجريبية ودرجات المجموعة الضابطة فى القياس البعدى لاختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، فى أبعاده الأربعة (الشرح والتوضيح، والتفسير، والتطبيق، واتخاذ المنظور)، وكذلك الأداء الكلى، ويوضح الجدول (5) نتائج دلالة ذلك الفرق:

جدول 5 متوسطات درجات أفراد المجموعة التجريبية والضابطة في القياس البعدي لاختبار الاستيعاب المفاهيمى ، ونتائج اختبار "ت"، وقيمة "2η"

الأبعاد	المجموعة التجريبية (ن= 32)		المجموعة الضابطة (ن= 32)		ت	الدلالة	2η	حجم التأثير
	م	ع	م	ع				
الشرح والتوضيح	10.81	0.820	6.40	1.16	17.54	0.01	0.832	كبير
التفسير	10.34	0.745	6.50	1.04	16.91	0.01	0.821	كبير
التطبيق	9.50	1.107	5.43	1.47	12.43	0.01	0.713	كبير
اتخاذ المنظور	9.12	1.09	5.03	1.17	14.37	0.01	0.769	كبير
الأداء الكلى	43.18	1.468	22.34	3.85	28.56	0.01	0.929	كبير

يتضح من جدول (5) أن هناك فرقًا ذو دلالة إحصائية عند مستوى (0.01) بين متوسطى درجات المجموعتين التجريبية والضابطة فى اختبار الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، فى أبعاده الأربعة (الشرح والتوضيح، والتفسير، والتطبيق، واتخاذ المنظور)، وكذلك الأداء الكلى، وذلك لصالح طلاب المجموعة التجريبية، وبذلك يتم قبول الفرض الأول من فروض البحث، والذى ينص على " يوجد فرقٌ دالٌّ إحصائيًّا عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطَيْ درجات المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لاختبار الاستيعاب المفاهيمى لصالح المجموعة التجريبية ".

كما يتضح من الجدول (5) قيم (**2η**)، وكانت قيمة حجم التأثير للأداء الكلى (0.929)؛ أي أن نسبة التباين المفسر لتأثير المقرر المقترح بوصفه متغير مستقل علي الاستيعاب المفاهيمى بوصفه متغير تابع 92.9% وهي نسبة تأثير مرتفعة.

(2-2) ما فاعلية المقرر المقترح فى تنمية الاتجاه نحو مفاهيم فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية؟

للإجابة عن هذا السؤال استخدم الباحث اختبار (ت) t-test للمجموعات المستقلة لتحديد دلالة الفرق بين متوسطى درجات المجموعة التجريبية ودرجات المجموعة الضابطة فى القياس البعدى لمقياس الاتجاه نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، في الأبعاد الأربعة، وكذلك الأداء الكلى، ويوضح الجدول (6) نتائج دلالة ذلك الفرق:

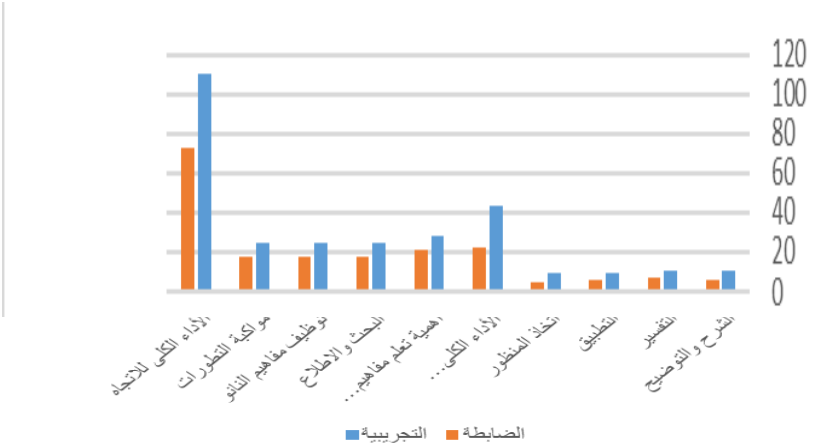
جدول 6 متوسطات درجات أفراد المجموعة التجريبية والضابطة في القياس البعدي لمقياس الاتجاه نحو مفاهيم النانو ، *ونتائج اختبار "ت"، وقيم "2η"*

الأبعاد	المجموعة التجريبية (ن= 32)		المجموعة الضابطة (ن= 32)		ت	الدلالة	2η	حجم التأثير
	م	ع	م	ع				
أهمية تعلم مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية	28.40	1.49	21.12	1.68	18.29	0.01	0.843	كبير
البحث والاطلاع فى مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية	24.84	1.79	18.03	1.75	15.35	0.01	0.791	كبير
توظيف مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية	25.12	2.31	17.93	1.99	13.30	0.01	0.740	كبير
مواكبة التطورات العلمية لمفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية	24.53	2.59	17.93	2.77	9.83	0.01	0.609	كبير
الأداء الكلى	109.59	5.72	72.37	7.49	22.30	0.01	0.889	كبير

يتضح من جدول (6) أن هناك فرقًا ذو دلالة إحصائية عند مستوى (0.01) بين متوسطى درجات المجموعتين التجريبية والضابطة فى مقياس الاتجاه نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، في الأبعاد الأربعة، وكذلك الأداء الكلى، وذلك لصالح طلاب المجموعة التجريبية، وبذلك يتم قبول الفرض الثانى من فروض البحث، والذى ينص على " يوجد فرقٌ دالٌّ إحصائيًّا عند مستوى ($\alpha \leq$ 0.05) بين متوسطَيْ درجات المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الاتجاه نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية لصالح المجموعة التجريبية.

كما يتضح من الجدول (6) قيم (2η)، وكانت قيمة حجم التأثير للأداء الكلى (0.889)؛ أي أن نسبة التباين المفسر لتأثير المقرر المقترح بوصفه متغير مستقل علي الاتجاه نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها التكنولوجية بوصفه متغير تابع 88.9% وهي نسبة تأثير مرتفعة.

ويلخص الشكل (4) نتائج الإجابة عن أسئلة البحث، والمقارنة بين متوسطات درجات المجموعتين التجريبية والضابطة فى الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، والاتجاه نحوها.



شكل (4) مقارنة متوسطات درجات المجموعتين التجريبية والضابطة فى متغيرات البحث

ثالثًا: الإجابة عن السؤال الثالث من أسئلة البحث:

للإجابة عن هذا السؤال الثالث من أسئلة البحث " ما العلاقة الارتباطية بين الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، والاتجاه نحوها لدى طلاب الفرقة الرابعة شعبة الفيزياء بكلية التربية؟"

استخدم الباحث معادلة "بيرسون" للارتباط البسيط Pearson Correlation لتحديد معاملات الارتباط بين الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو، والاتجاه نحوها، وجاءت النتائج على النحو التالى:

جدول7

معامل ارتباط بيرسون بين الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو، والاتجاه نحوها

	الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو	الاتجاه نحومفاهيم النانو وتطبيقاتها
الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو	1	0.889*
الاتجاه نحومفاهيم النانو وتطبيقاتها	0.889*	1

يتضح من الجدول (7) وجود علاقة ارتباطية موجبة عند مستوى (0.01)، بين درجات طلاب المجموعة التجريبية فى التطبيق البعدى لكلٍ من اختبار الاستيعاب

المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، ومقياس الاتجاه نحوها، وبذلك يتم قبول الفرض الثالث من فروض البحث، والذى ينص على " توجد علاقةٌ ارتباطيةٌ دالّةٌ إحصائيًا عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين درجات طلاب المجموعة التجريبية في كلٍّ من الاستيعاب المفاهيمى، والاتجاه ".

تفسير نتائج البحث ومناقشتها:

أظهرت نتائج البحث فاعلية المقرر المقترح في تنمية الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية والاتجاه نحوها، ويُرجع الباحث السبب فى ذلك إلى أن المقرر المقترح رُوعى فى إعداده عدة جوانب قد يكون لها دورٌ فى فاعليته، **تتمثل فما يلى:**

1. تمثل المقرر المقترح فى أربعة موضوعات رئيسة، هى: ماهية علم النانو، والمواد النانوية وطرق تحضيرها، وتطبيقات تقنية النانو في الحياة اليومية، والأخلاق وتكنولوجيا النانو، وتتضمن جميعها مجموعة من المفاهيم التى لم يتعرض لها الطلاب خلال دراستهم الجامعية رغم أن تخصصهم الدقيق "الفيزياء".
2. استخدم الباحث مجموعة من الأنشطة خلال تدريس المقرر مثل: المناقشة المفتوحة والموجهة، وعروض الطلاب، وأوراق العمل، ومشاهدة أفلام تعليمية عن تطبيقات النانو تكنولوجى وتحليلها، وخرائط المفاهيم، الأمر الذى قد ساعد في تنمية الاستيعاب المفاهيمى لدى الطلاب، والاتجاه الإيجابى نحو مفاهيم النانو وتطبيقاتها.
3. استعان الباحث بمجموعة من المصادر التعليمية، مثل: العروض التقديمية، والصور والأشكال التوضيحية، ومقاطع الفيديو ورسوم المحاكاة، ومواقع الانترنت، والأنشطة التعليمية، أدى إلى إثراء الموقف التعليمى ليخاطب جميع أنماط التعلم لدى الطلاب.
4. توظيف عديدٌ من استراتيجيات التدريس مثل: المناقشة، والاستقصاء، والتعلم التعاونى، وحل المشكلات، وخرائط المفاهيم، والعصف الذهنى، في شرح مفاهيم فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية، تزيد من مرور الطلاب بخبرات متنوعة ومفيدة، وتشجعهم على التفكير والتأمل؛ الأمر الذى قد يكون له دورٌ في زيادة استيعاب الطلاب لتلك المفاهيم وتطبيقاتها.
5. حَرِص الباحث خلال تدريس المقرر **على ما يلى:**

1) استنتاج الطلاب للمعلومات والمفاهيم بأنفسهم، وشرحها، وتوضيحها، والتعبير عنها بلغتهم الخاصة؛ الأمر الذى قد أسهم فى تنمية الاستيعاب المفاهيمى فى بعد الشرح والتوضيح.
2) التغلب على التصورات الخطأ الشائعة لدى الطلاب حول مفاهيم فيزياء النانو، وتطبيقاتها التكنولوجية، حتى يتم البناء على معلومات ومفاهيم صحيحة.

3) تقديم الطلاب للتفسيرات والمبررات التى تدعم المعنى والأسباب التى تؤدى إليه، ووصف الموضوعات بشكلٍ ذى معنى، فضلاً عن المقارنة بين الأشياء مختلفة، وإيجاد أوجه الشبه والاختلاف بينها.
4) استخدام الطلاب وتطبيقهم للمفاهيم التى تعلموها فى مواقف جديدة وسياقات مختلفة بشكلٍ فعال، فضلاً عن توظيفها لحل المشكلات غير التقليدية.
5) استيعاب فكرة أن هناك وجهات نظر مختلفة حول الموضوعات، إدراك أن هناك أكثر من إجابة لكل سؤال، وهناك أكثر من حل لكل مشكلة، مما قد أسهم فى تكوين اتجاهات ووجهات نظر ناقدة ومستنيرة لديهم.

توصيات البحث:

فى ضوء نتائج البحث يُوصى الباحث بما يلى:
1. تطوير برامج الإعداد الأكاديمى والمهنى لمعلمى الفيزياء بكليات التربية، وتضمين المقرر المقترح في تلك البرامج.
2. عقد دورات تدريبية لمعلمى الفيزياء أثناء الخدمة؛ لتنمية الاستيعاب المفاهيمى لفيزياء النانو لديهم، واتجاههم نحو تلك المفاهيم وتطبيقاتها التكنولوجية.
3. تطوير مناهج الفيزياء بوزارة التربية والتعليم بحيث تتضمن مفاهيم النانو، وتطبيقاتها التكنولوجية؛ لدورها الحيوى فى حياة الطلاب بكافة المجالات.

مقترحات البحث:

فى ضوء نتائج البحث يقترح الباحث إجراء الأبحاث التالية:
1. تقويم منهج العلوم بالمرحلة الإعدادية فى ضوء بعض مفاهيم النانوتكنولوجى.
2. برنامج تدريبي قائم على الإنفوجرافيك التعليمى لتنمية مفاهيم فيزياء النانو، والاتجاه نحوها لدى الطلاب المعلمين بكلية التربية.
3. فاعلية وحدة مقترحة فى فيزياء النانو وتطبيقاتها التكنولوجية فى تنمية التفكير المستقبلى والثقافة العلمية لدى طلاب المرحلة الثانوية.

مراجع البحث:

أولاً: المراجع العربية:

أحمد اللقانى وعلى الجمل. (2003). **معجم المصطلحات التربوية المعرفة فى المناهج وطرق التدريس**. القاهرة: عالم الكتب.

أحمد حجازى. (2010). **تكنولوجيا النانو الثورة التكنولوجية الجديدة**. الأردن: دار كنوز المعرفة للنشر والتوزيع.

جابر عبد الحميد جابر. (2003). **الذكاءات المتعددة والفهم: تنمية وتعميق**. القاهرة: دار الفكر العربي.

حاتم محمد مرسي. (2015). فاعلية مدخل التدريس المتمايز في تدريس العلوم على تنمية المفاهيم العلمية، والاتجاه نحو العلوم لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية بالمملكة العربية السعودية. **مجلة التربية العلمية، 1**، 219-256.

حسن شحاته وزينب النجار. (2011). **معجم المصطلحات التربوية**. القاهرة: الدار المصرية اللبنانية.

حسين محمد صديق. (2012). الاتجاهات من منظور علم الاجتماع. **مجلة جامعة دمشق، 4** (28). 299-322.

راتنز مارك، وراتنز دانيال. (2011). **التقانة النانوية (مقدمة مبسطة للفكرة العظيمة القادمة)**، ترجمة حاتم النجدى. بيروت: المنظمة العربية للترجمة

رحاب أحمد. (2012). تكنولوجيا النانو فى مجال المعلومات والاتصالات. الفرص والتحديات. **مجلة اعلم. 11**، 20-43.

رشدي فام منصور. (1997). حجم التأثير الوجه المكمل للدلالة الإحصائية. **المجلة المصرية للدراسات النفسية، 7** (16)، 57-75.

زكريا الشربينى. (1995). **الإحصاء وتصميم التجارب في البحوث النفسية والتربوية والإجتماعية.** القاهرة: المكتبة الأنجلومصرية.

السيد السايح، ومرفت هانى. (2009). تقويم منهج العلوم بالمرحلة الإعدادية على ضوء بعض مفاهيم النانوتكنولوجى. **ورقة عمل مقدمة للمؤتمر العلمى الحادى والعشرون: تطوير المناهج الدراسية بين الأصالة والمعاصرة**. الجمعية المصرية للمناهج وطرق التدريس. 28-29 يولو، 205-206.

شيماء أحمد. (2015). فاعلية برنامج مقترح فى النانوتكنولوجى لتنمية المفاهيم النانوتكنولوجية والوعى بتطبيقاته البيئية لدى طلاب شعبة العلوم بكلية التربية. **مجلة التربية العلمية. 18** (6)، 56-97.

صفات سلامة. (2009). **النانو تكنولوجى عالم صغير ومستقبل كبير: مقدمة فى فهم علم النانو تكنولوجى**. بيروت: الدار العربية للعلوم ناشرون.

صلاح الدين محمود علام. (2000). **القياس والتقويم التربوى والنفسي (أساسياته وتطبيقاته وتوجهاته المعاصرة)**. القاهرة: دار الفكر العربى.

عبد الحميد بسيونى عبد الحميد. (2008). **مفاهيم تكنولوجيا النانو**. القاهرة: دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع.

عبد الله الضويان، ومحمد الصالحى. (2007). **تقنية النانو: أين ستقودنا؟**. ورشة عمل أبحاث النانو فى الجامعات: برنامج النانو الطريقة نحو العالمية. الرياض: جامعة الملك سعود.

عبد المجيد نشواتى. (2003). **علم النفس التربوى**. عمان: دار الفرقان.

عبد المنعم أحمد الدردير. (2010). **الإحصاء البارامتري واللابارامتري في اختبار فروض البحوث النفسية والتربوية والإجتماعية**. القاهرة: عالم الكتب.

على سليمان دربالة، وأمانى محمد حمزة. (2016). **تكنولوجيا النانو وتطبيقات فى مجالات عديدة: الزراعة، تكنولوجيا الغذاء، المياه، البيئة، مكافحة الآفات**. بيروت: دار الكتب العلمية.

فتحى سيد فرج. (2010). النانوتكنولوجيا علم وصناعة القرن الجديد. **مجلة الحوار المتمدن**، (3031)، متاح على الموقع http://www.ahewar.org/debat/show.art.asp?aid=218765.

فيحاء المومنى، وعبد الله الخطابية، ومحمد القضاة. (2015). أثر نماذج التخطيط القائمة على نموذج أبعاد التعلم لمارزانو في الاستيعاب المفاهيمي للمفاهيم العلمية لدى طالبات الصف الثامن الأساسي في الأردن. **دراسات العلوم التربوية، 42** (1)، 185 – 198.

قحطان الخزرجى، وأسيل الزبيدى، ورنا عنائى. (2011). **العلم النانوى ودوره فى حياتنا**. عمان: دار دجلة.

كوثر كوجك وأخرون. (2008). **تنويع التدريس فى الفصل: دليل المعلم لتحسين طرق التعليم والتعلم فى مدارس الوطن العربي**. بيروت: مكتبة اليونسكو.

محمد الزهرانى. (2009). **تكنولوجيا النانو مفهوم وتصورات**. متاح على الموقع: http://www.makphys.com/vb3/showthread

محمد حسين. (2007). **المناهج المتعددة والطريقة إلى الفهم والاستيعاب**. العين: دار الكتاب الجامعى.

محمد عتيق الدوسرى. (2013). التقنية متناهية الصغر (النانو). **مجلة الأمن والحياة**، العدد (358). 62-67.

محمود محمد سليم صالح. (2015). **تقنية النانو وعصر علمى جديد**. الرياض: مكتبة الملك فهد الوطنية.

مشروع التطوير المهنى للرياضيات والعلوم الطبيعية. (2012). **الاستيعاب المفاهيمى في تدريس مناهج العلوم الطبيعية**. الرياض: وزراة التربية والتعليم السعودية

ناصر على الجهورى. (2012). فاعلية استراتيجية الجدول الذاتى K.W.L.H فى تنمية الفهم العميق للمفاهيم الفيزيائية ومهارات ما وراء المعرفة لدى طلاب الصف الثامن الأساسي بسلطنة عمان. **دراسات عربية فى التربية وعلم النفس. 2** (32)، 11- 58.

نايف العتيبي. (2016). فاعلية نموذج التدريس المعرفي في تنمية أبعاد الفهم العميق في منهج التوحيد لدى طلاب المرحلة الثانوية. **مجلة الجامعة الاسلامية للدراسات التربوية والنفسية، 24** (2)، 1-23.

نضال الأحمد، وأمل الجهيمى. (2015). **فاعلية استراتيجية التعليم المتمايز وفقا نموذج الفورمات في تنمية الاستيعاب المفاهيمي في مادة الاحياء للصف الثاني ثانوي بمدينة الرياض**. ورقة مقدمة إلى مؤتمر التميز في تعليم العلوم والرياضيات الأول (STEAM)، السعودية: جامعة الملك سعود.

نوال محمد شلبى. (2012). وحدة مقترحة لتنمية مفاهيم النانوتكنولوجية والتفكير البيئى لدى طلاب المرحلة الثانوية. **المؤتمر العلمى الثانى والعشرةن للجمعية المصرية للمناهج وطرق التدريس**. مناهج التعليم فى مجتمع المعرفة.

ثانيًا: المراجع الأجنبية:

Ahmed, G. (2012). Modern concepts in the curriculum and the teaching of nanotechnology. *International Journal of Information and Communication Technology, 8* (3), 55-63.

Aldea, A & Bârsan, V. (2010). *Trends in nanophysics theory, experiment and technology*. NY: Springer Heidelberg Dordrecht London.

Ceran, S & Ates, S. (2020). Conceptual understanding levels of students with different cognitive styles: An evaluation in terms of different measurement techniques. *Eurasian Journal of Educational Research, 88*, 149-178.

Chetri, D. (2022). The attitude of 10th grade students in learning physics. *Journal of Research in Social Sciences and Language, 2* (1), 58-70.

Čitaković, N. (2019). Physical properties of nanomaterials. *Military Technical Courier, 67*(1):159-171.

Darweesh, H. (2017). Nanomaterials: Classification and Properties-Part I. *Nanoscience, 1*, 1-11

Dutta, J. & Hofmann, H. (2005). Nanomaterials, *Encyclopedia Nanosci. Nanotechnol, 9,* 617.

Elia, M & Al-Hasi, N & Al-Tamimi, W. (2022). Introduction to quantum dots definition and applications. Retrieved 1 June 2022 From: https://www.researchgate.net/publication/361464678_Introduction_to_quantum_dots_definition_and_applications/link/62b30fa46ec05339cc9a94a6/download

Ferreira, M & Filipe, J. (2022). Nanotechnology Applications the future arrived suddenly. Retrieved 25 May 2022 From: https://www.researchgate.net/publication/357953395_Nanotechnology_Applications_The_future_arrived_suddenly

Godwin, B. & Okoronka, U. (2015). *Attitude and Academic Performance of Senior Secondary School Students in Physics in Nigeria.* Paper presented at Proceeding of SOCIOINT15, 2nd International Conference on Education, Social Sciences and Humanities, Istanbul, Turkey.

Hayes, A. (2005). *Statistical methods for communication science.* Mahwah: Lawrence Elbaum Association, Inc.

Hernánez-Suarez, C; Gamboa-Suárez, A & Suarez, O. (2021). Attitudes towards physics. A study with high school students from the Colombian context. 1st International Conference on Physical Problems of Engineering (1st ICPPE). *Journal of Physics*: 2118 (012019) IOP.

Hull, B & Miles, H. (2015). What is conceptual understanding?. Retrieved 5 September 2022 From: https://nild.org/wp-content/uploads/2015/02/What-is-Conceptual-Understanding.pdf

Ibrahim, N & Zakiang, M. (2019). Attitude in learning physics among form four students. *Social and Management Research Journal. 16*. 19. 10.24191/smrj.v16i2.7060.

Jones, M et al. (2007). Differences in African-American and European-American students-engagement with nanotechnology experience: Perceptual position or assessment artifact? Journal *of Researching Science Teaching*, *44* (6), 787-799.

Khan, I; Saeed, K& Khan, I. (2019). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry. 12 (7)*, 908-931.

Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*. Arlington: NSTA Press, National Science Teachers Association.

Kwo, j. (2013). *Introduction to Nanophysics.* Department of Physics: National Tsing Hua University. Retrieved 3 June, 2022 From: https://indico.ictp.it/event/a10137/session/2/contribution/1/material/0/0.pdf

Mabee, M; Haruna, T & Salifu, A. (2021). Attitude of students towards the study of physics: A case of tamale college of education, Ghana.. *Journal of Education and Learning Technology*. 10-16.

Mikheenko, P. (2020). Nano superconductivity and quantum processing of information in living organisms. *Conference: IEEE 10th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP).* Retrieved 17 May 2022 From: https://www.researchgate.net/publication/348316914_Nano_

Superconductivity_and_Quantum_Processing_of_Informatio n_in_Living_Organisms

Mohamed, W et al. (2021). Quantum dots synthetization and future prospect applications. *Nanotechnology Reviews. 10*. 1926-1940. 10.1515/ntrev-2021-0118.

Nikolić, B. (2022). *What is Nanophysics: Survey of Course Topics*. Department of Physics and Astronomy, University of Delaware, U.S.A. Retrieved 3 Aug, 2022 From: http://wiki.physics.udel.edu/phys824

Nimibofa, A; Ebelegi, A ; Abasi, C & Donbebe, W. (2018). Fullerenes: Synthesis and Applications. *Journal of Materials Science Research. 7*. 10.5539/jmsr.v7n3p22.

Peikos, G; Spyrtou, A; Pnevmatikos, D & Papadopoulou, P. (2021). Primary School Students' Preconceptions about the Term Nanotechnology and the Water Nano-filters. *International Conference New Perspectives in Science Education 10th*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/350655456_Primary_School_Students'_Preconceptions_about_the_Term_Nanotechnology_and_the_Water_Nano-filters

Poole, C. & Owens , F. (2003). *Introduction to nanotechnology.* John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Sadiku, M; Ashaolu, T; Ajayi-Majebi, A & Musa, S. (2021). Future of nanotechnology. *International Journal of Scientific Advances. 2*. 10.51542/ijscia.v2i2.9.

Saricayir, H; et al. (2016). Determining students' conceptual understanding level of thermodynamics. *Journal of Education and Training Studies, 4* (6), 69- 79.

Sattler, K. (2011). *21st century nanoscience – A handbook: Public policy, education, and global trends (volume ten).* NY: CRC Press.

Sattler, K. (2017). *Handbook of Nanophysics: Principles and methods.* Retrieved 1 Aug, 2022 from: https://www.routledge.com/Handbook-of-Nanophysics-Principles-and-Methods/Sattler/p/book/9781138117853

Selim, S. (2015). Integrating nanotechnology concepts and its applications into the secondary stage physics curriculum in Egypt. *European Scientific Journal, 11* (12), 196-220.

Shandiz,M; Safaei, A; Sanjabi, S;& Barber, Z. (2007). Modeling size dependence of melting temperature of metallic nanoparticles. *Journal of Physics and Chemistry of Solids, 68* (7), 1396-1399.

Shrigley, R; & Koballa, I. (1984). Attitude measurement: Judging the emotional intensity of likert-type science attitude statements. *Journal of Research in Science Teaching. 21 (2*), 111-118.

Sreekanth, N. (2013). Nanofibers - A new trend in Nano drug delivery systems. *International Journal of Pharmaceutical Research & Analysis. 3*. 47-55.

Svenningsson, J; Hulte, M; & Hallstro, J. (2016). Understanding attitude measurement: exploring meaning and use of the PATT short questionnaire. *Int J Technol Des Educ*. Department of Social and Welfare Studies, Linko¨ping University.

Tan, K & Yeo, J. (2022). Advancing conceptual understanding of science. *International Journal of Science Education and Teaching, 1* (2), 55-63.

Tan, R., Yangco, R., & Que, E. (2020). Students' conceptual understanding and science process skills in an inquiry-based flipped classroom environment. *Malaysian Journal of Learning & Instruction, 17* (1), 159-184

Tan, R., Yangco, R., & Que, E. (2020). Students' conceptual understanding and science process skills in an inquiry-based flipped classroom environment. *Malaysian Journal of Learning & Instruction, 17* (1), 159-184.

Taran, M; Safaei, M; Karimi, N & Almasi, A. (2021). Benefits and application of nanotechnology in environmental science: an overview. *Bio interface Research in Applied Chemistry. 11*. 7860 - 7870.

The Scientific World. (2019). *Importance of Nanotechnology Education in Modern Society and Its Applications in Daily Life*. Retrieved 7 May 2022 From: https://www.scientificworldinfo.com/2019/10/importance-of-nanotechnology-education-in-modern-society.html

Trotta, F & Mele, A. (2019). *Nanomaterials: Classification and Properties: Synthesis and Applications*. 10.1002/9783527341009.ch1. Retrieved 2 August 2022

From: https://application.wiley-vch.de/books/sample/3527340998_c01.pdf

University of Oslo. (2022). MENA5010 – Nanophysics. Retrieved 20 May 2022 From: https://www.uio.no/studier/emner/matnat/fys/MENA5010/

Veith, J; Bitzenbauer, P & Girnat, B. (2022). Assessing learners' conceptual understanding of introductory group theory using the CI²GT: Development and analysis of a concept inventory. *Education Sciences*. 10.3390/educsci12060376.

Veloo, A., Nor, R., & Khalid, R. (2015). Attitudes towards physics and additional mathematics achievement towards physics achievement. *International Education Series, 8,* 35-43.

Widiyatmoko, A & Shimizu, K. (2018). An overview of conceptual understanding in science education curriculum in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series, 983*, International Conference on Mathematics, Science and Education, Semarang, Indonesia.

Wiggins, G., & McTighe, J. (2005) *Understanding by design (*2nd ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development ASCD