برنامج مقترح في تكنولوجيا النانو البيئية لتنمية مهارات حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية

إعداد
د/ ايمان فتحي جلال جاد
مدرس المناهج وطرق تدريس العلوم
كلية التربية – جامعة أسيوط
Emanfg12@edu.aun.edu.eg

رقم الإيداع: ٢٤٣١٣ ISSN: 2536 – 914 E. ISSN: 2735-4245
المجلة معرفة علي دوريات بنك المعرفة المصرى، و Edu Search دار المنظومة

برنامج مقترح في تكنولوجيا النانو البيئية لتنمية مهارات حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية

د/ ايمان فتحي جلال جاد*

المستخلص:

هدف البحث إلى إعداد برنامج مقترح في تكنولوجيا النانو البيئية وتعرف فاعليته في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية ، وتكونت مجموعة البحث من ٥٣ طالب وطالبة بالفرقة الرابعة شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية بكلية التربية جامعة أسيوط، واشتملت مواد البحث وأدواته على برنامج مقترح في تكنولوجيا النانو البيئية، واختبار حل المشكلات البيئية، واختبار والتفكير الاستراتيجي، وتم استخدام المنهج التجريبي ذو المجموعة الواحدة، وأظهرت نتائج البحث فاعلية البرنامج المقترح في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي، كما أوصى البحث بتضمين موضوعات تكنولوجيا النانو البيئية المقترحة في مقررات العلوم البيئية التي يدرسها الطلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية.

الكلمات المفتاحية: تكنولوجيا النانو البيئية ـ حل المشكلات البيئية ـ التفكير الاستراتيجي ـ الطلاب المعلمين

* مدرس المناهج وطرق تدريس العلوم –كلية التربية – جامعة أسيوط

A Suggested Program in Environmental Nanotechnology to Develop Skills of Environmental Problem-solving and Strategic Thinking of Student-teachers of Biology, Geology and environmental Sciences

Dr. Eman Fathy Galal Gad*

Abstract

This research aims at preparing a suggested program in Environmental Nanotechnology and probing into its effectiveness in developing the skills of Environmental Problem solving and strategic thinking among student-teachers of Biology, Geology and environmental Sciences. The sample of the research comprises 53 students enrolled in Fourth year, Biology, Geology, and environmental sciences section, at Faculty of Education, Assiut University. Research tools include a suggested program in Environmental Nanotechnology, An Environmental Problem-Solving Test, and a Strategic Thinking Test. The one-group experimental method was used, Results of the research have indicated the effectiveness of the suggested program in developing the skills of the environmental problem-solving and the strategic thinking. The research recommended incorporating the suggested topics of environmental nanotechnology into the courses of environmental sciences to be studied by student-teachers of Biology, Geology, and Environmental Sciences.

Key words: Environmental Nanotechnology - Environmental Problem Solving - Strategic thinking - Student-Teachers'

* Lecturer of Curricula & Methods of Teaching Science - Faculty of Education, Assiut University

E. ISSN: 2735-4245 ISSN: 2536 – 914 رقم الإيداع: ٢٤٣١٣
المجلة معرفة علي دوريات بنك المعرفة المصرى، و Edu Search دار المنظومة

مقدمة البحث:

يشهد العصر الحالي تطورات علمية وتكنولوجية سريعة ومن أهمها التطور في علوم وتكنولوجيا النانو والتي يطلق عليها علوم المستقبل، مما يتطلب العمل على تطوير مناهج العلوم الدراسية لاستيعاب هذا التطور في جميع المراحل التعليمية المختلفة، وفي مقدمتها المرحلة الجامعية مرحلة إعداد معلمي العلوم لأنهم من يقومون بتدريس هذه العلوم.

وتعد تكنولوجيا النانو حاليًا واحدة من المجالات البحثية ذات الأولوية القصوى في العديد من البلدان نظرًا لإمكاناتها الهائلة وتأثيرها الاقتصادي، وتتضمن تقنية النانو البحث والتطوير والإنتاج ومعالجة الهياكل والمواد على نطاق نانومتر في مختلف مجالات العلوم والطاقة، والطب، والمجال العسكري، وعلوم البيئة، وسلامة الأغذية، والصناعة (Kabir, et al ,2018,261)، وترتبط تكنولوجيا النانو بحياتنا اليومية، وهي قوة الصناعة الجديدة في القرن الحادي والعشرين، وبالتالي فإن تعليم تكنولوجيا النانو يعد أمرًا ملحًا في الوقت الحالي(Lu, & Sung,2011).

وبسبب تعدد تطبيقات تكنولوجيا النانو هناك ضرورة لتحديث مناهج العلوم المدرسية من خلال دمج المفاهيم المتعلقة بتكنولوجيا النانو والتي تكون ذات صلة وذات مغزى للطلاب، ويأتي دمج تقنية النانو في مناهج العلوم المدرسية استجابةً لتطور علم النانو ومهمتنا كمعلمين لغرس وإثارة فضول الطلاب في التعرف على كل ما هو جديد(Ghattas, & Carver,2013,27) ، حيث تلعب التكنولوجيا دورًا متزايدًا باستمرار، فإن قدرة الطلاب على فهم العلوم الأساسية واتخاذ القرارات الاجتماعية والبيئية الذكية بناءً على تلك المعرفة أمر بالغ الأهمية (Madden, 2011).

فتكنولوجيا النانو لها منافع ومخاطر جمة على المجتمع، والبيئة، والصحة العامة ومن المتوقع أن تؤدي تكنولوجيا النانو دورا كبيرا في التحديات التي تواجه المواطنين والمجتمعات مثل تغيرات المناخ، والصحة العامة، والطاقة، والبيئة، والأمن القومي، لهذا كانت الحاجة ماسة لتعليم علوم وتكنولوجيا النانو؛ لمساعدة الأفراد على اتخاذ القرارات المناسبة والمتوازنة تجاه منافع ومخاطر تكنولوجيا النانو، كما أننا نحتاج أيضا إلي مواطنين قادرين على اتخاذ القرارات المستقلة والذكية بشأن القضايا الاجتماعية المرتبطة بعلوم النانو (Laherto,A., 2010, 166-169).

ويعد مجال حماية البيئة من أبرز المجالات التطبيقية التي توليها تكنولوجيا النانو اهتماماً كبيراً، نظراً لشدة الترابط بين صحة الإنسان والظروف البيئية التي يعيش فيها (مرفت رشاد وأيمن جابر ٢٠١٧، ١).

وتؤدي تكنولوجيا النانو البيئية دورًا مهمًا في تشكيل الحلول الفعالة لمجموعة كبيرة من العلوم والهندسة البيئية، وتتناول تطبيقات تقنية النانو البيئية

الحلول المتقدمة للمشاكل البيئية الحالية، واكتسب التوسع السريع في تكنولوجيا النانو اهتمامًا كبيرًا بتطبيقات المواد النانوية في تحسين الأنظمة بالإضافة إلى تعزيز كفاءة أجهزة المراقبة وإنتاج الطاقة المتجددة ومعالجة التلوث البيئي(Sulaiman & Santuraki,2018, 55).

وقد نادت العديد من الدراسات بتدريس علوم وتكنولوجيا النانو وتضمين المفاهيم والتطبيقات ذات الصلة بها في مناهج العلوم بجميع المراحل التعليمية المختلفة ومن هذه الدراسات: دراسة Jones, et al (2013)، وشاهر ربحي، وماهر محمد (٢٠١٥)،Sakhnini & Blonder (2016) ، وسامية جمال (٢٠٢٠)، وİpek, et al (2020).

كما أوصت العديد من الدراسات بتضمين مفاهيم ومجالات علوم وتكنولوجيا النانو في برامج إعداد معلم العلوم، وتقديم برامج تدريبية لمعلمي العلوم عن مجالات تكنولوجيا النانو ومنها: دراسة آيات حسن (٢٠١٣)، وعالية محمد (٢٠١٦)، ومنال محمد (٢٠٢٠)، ومن خلال الاطلاع على الدراسات السابقة يلاحظ أنها اهتمت بإعداد برامج في تكنولوجيا النانو بشكل عام أو النانو بيولوجي أو كيمياء النانو ولكن الدراسة الحالية تهتم بإعداد برنامج في تكنولوجيا النانو البيئية على وجه التحديد.

كما أن تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لها العديد من الفوائد فمن خلالها يتعلم الطلاب تكوين الرأي، واتخاذ الخيارات والقرارات التي ستؤثر بشكل مباشر على حياتهم وأسرهم والمجتمع ككل، كما أنها تنمي لدى الطلاب التفكير الناقد، ومهارات التقييم من خلال مواقف فعلية ملموسة، كما إنها طريقة لتسهيل نقل المعرفة إلى مواقف خارج الدراسة، كما تسمح للطلاب بالتفكير، والتلخيص، والتساؤل الذاتي، والتقييم، واستخدام معارفهم السابقة Groupe de recherche (Littoral et vie ,2019 , 6).

وتحتل مهارات حل المشكلات دوراً مهماً في التعلم الفعال، فالطالب من خلالها يستطيع أن يوظف ما لديه من معلومات وما اكتسبه من مفاهيم في معالجة وحل ما يواجه من مشكلات باختلاف مستوياتها وأنواعها (منى فيصل، ٢٠١٨، ٨١).

وأشارت العديد من الدراسات إلى أهمية تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدى المتعلمين منها دراسة كل من حنان رجاء (٢٠١٢)، وجواد كاظم وأخرين (٢٠١٦)، ومنى فيصل (٢٠١٨)، وBenzer, & Şahin (2013) ، وLieung, et al (2019)

وهناك اهتمام عالمي بتنمية التفكير الاستراتيجي لدى كافة المعلمين؛ حيث إن التفكير الاستراتيجي يساعد المعلم على ترتيب الخطوات، وإنجاز الأعمال على نحو دقيق، ويمكنه من وضع الحلول والبدائل واتخاذ القرار في المواقف التعليمية (Sharifi, E., 2012, 78).

والتفكير الاستراتيجي عملية تركيبية تستفيد من معطيات الحاضر لترسم صورة للمستقبل وايجاد حل جذري للمشكلات (فاطمة عبد السلام، ٢٠١٩، ١٢٨).

فالمفكر الاستراتيجي يتصف بالقدرة الاستشرافية الحدسية النقدية التي تجعله يتصف بالبصيرة النافذة في تقييم الأمور وتفسيرها وتحليلها والقدرة على تكوين الرؤى ورسم السيناريوهات المستقبلية التي تسهم في تكوين نمط فكرى ثرى فريد من نوعه (مها فتح الله، ٢٠٢٠، ٢٣٣).

وقد أشار إبراهيم رفعت (٢٠١٦، ٤٤) إلى أن تنمية التفكير الاستراتيجي كمتغير لا يلقى الاهتمام المناسب لتنميته ضمن منظومة إعداد المعلم بكليات التربية، كما أوصى بضرورة الاهتمام بتنمية مهارات التفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين.

وقد اهتمت بعض الدراسات بتنمية التفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين ومنها دراسة كل إبراهيم رفعت (٢٠١٦)، وشاهر ذيب (٢٠١٦)، وفاطمة عبد السلام (٢٠١٩)، مع ندرة الدراسات التي اهتمت بتنمية التفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين تخصص العلوم على حد علم الباحثة.

وفي ضوء ما سبق يتضح أهمية معرفة الطلاب المعلمين بتكنولوجيا الناتو البيئية، وأهمية تنمية مهارات حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي لديهم.

مشكلة البحث:

استجابة لما أوصت به العديد من المؤتمرات منها: المؤتمر الدولي السابع للإتحاد العربي للتنمية المستدامة والبيئة" سبل تعزيز التكنولوجيا النظيفة والتقنيات صديقة البيئة بالمنطقة العربية"، في الفترة من ١٩-٢٠ نوفمبر٢٠١٧ بدار الضيافة المصرية جامعة عين شمس، والذى أوصى بضرورة تصميم مناهج دراسية تتضمن مفاهيم وتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال البيئة.

وفي ضوء نتائج الدراسات السابقة حيث توصلت دراسة عالية محمد (٢٠١٦) إلى تدني مستوى فهم معلمات العلوم لمجالات تقنية النانو، كما أشارت نتائج دراسة عطا حسن وهاله حميد (٢٠١٨) إلى أن المستوى المعرفي لدى طلبة كليات التربية تخصص علوم في مفاهيم وتطبيقات النانو منخفض، كما أظهرت نتائج دراسة منال محمد (٢٠٢٠) أن غالبية معلمات العلوم في المرحلة الثانوية أظهرن وعيا بتقنية النانو بدرجة متوسطة، وأن نسبة قليلة منهن أظهرن درجة وعي منخفض.

ومن خلال فحص محتوى مقررات التربية البيئية والعلوم البيئية التي يدرسها الطلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية لوحظ عدم تضمين موضوعات تكنولوجيا الناتو البيئية في هذه المقررات.

وفي ضوء ما توصلت إليه نتائج بعض الدراسات من ضعف مستوى مهارات حل المشكلات البيئية لدى الطلاب المعلمين ومنها: دراسة حنان رجاء

(٢٠١٢)، وجواد كاظم وأخرين (٢٠١٦)، و(Benzer, & Şahin (2013، ومنى فيصل (٢٠١٨).

ومن خلال الاطلاع على الدراسات السابقة التي أوضحت أن هناك تدنيًا في مستوى مهارات التفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين ومنها: دراسة إبراهيم رفعت (٢٠١٦)، وشاهر ذيب (٢٠١٦)، وفاطمة عبد السلام (٢٠١٩).

وفي ضوء نتائج الدراسة الاستطلاعية التي أجرتها الباحثة على مجموعة من طلاب الفرقة الرابعة شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية بكلية التربية جامعة أسيوط وبلغ عددهم٤٧ طالب وطالبة طبق عليهم اختبار حل المشكلات البيئية واختبار التفكير الاستراتيجي، وأشارت النتائج إلى حصول٧٩% من الطلاب على درجة أقل من ٥٠% من الدرجة النهائية لاختبار حل المشكلات البيئية، وحصول٨١% من الطلاب على درجة أقل من ٥٠% من الدرجة النهائية لاختبار التفكير الاستراتيجي.

وبناء على ما سبق تمثلت مشكلة البحث الحالي في قصور تضمين موضوعات تكنولوجيا الناتو البيئية في المقررات التي يدرسها الطلاب المعلمين شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية، وكذلك انخفاض مستوى مهارات حل المشكلات البيئية، وضعف مهارات التفكير الاستراتيجي لديهم، ومن هنا كان اهتمام البحث الحالي بإقتراح برنامج في تكنولوجيا النانو البيئية لتنمية مهارات حل المشكلات البيئية والتفكيرالاستراتيجي لدى طلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية.

أسئلة البحث:

يسعى البحث للإجابة عن السؤال الرئيسي التالي:

ما فاعلية البرنامج المقترح في تكنولوجيا النانو البيئية في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية؟

ويتطلب ذلك الاجابة عن الأسئلة الفرعية التالية:

١- ما فاعلية البرنامج المقترح في تكنولوجيا النانو البيئية في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدى الطلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية؟
٢- ما فاعلية البرنامج المقترح في تكنولوجيا النانو البيئية في تنمية التفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية؟
٣- ما العلاقة بين حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي؟

أهداف البحث:

هدف البحث الحالي إلي:

١- تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية من خلال دراسة البرنامج المقترح.
٢- تنمية التفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية من خلال دراسة البرنامج المقترح.
٣- دراسة العلاقة بين حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي.

فروض البحث:

حاول البحث التحقق من صحة الفروض التالية:

١- يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار حل المشكلات البيئية لصالح التطبيق البعدي.
٢- يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير الاستراتيجي لصالح التطبيق البعدي.
٣- توجد علاقة ارتباطية موجبة دالة إحصائياً بين درجات مجموعة البحث في التطبيق البعدي لاختبار حل المشكلات البيئية واختبار التفكير الاستراتيجي.

أهمية البحث:

تتضح أهمية البحث الحالية في مدى الاستفادة منه من قبل:

١- القائمون على إعداد برنامج معلم العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية بكلية التربية: حيث قدم البحث برنامجاً مقترحاً في تكنولوجيا النانو البيئية قد يوجه أنظارهم إلى إضافة موضوعات البرنامج ضمن المقررات التي يدرسها الطلاب.
٢- الباحثون: حيث قدم البحث اختباراً لحل المشكلات البيئية، واختباراً للتفكير الاستراتيجي قد يفيد الباحثين في الاسترشاد بهما عند إجراء دراسات مشابهة.
٣- الطلاب المعلمين: حيث برنامجاً مقترحاً في تكنولوجيا النانو البيئية قد يسهم في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية، والتفكير الاستراتيجي لديهم.

حدود البحث:

اقتصر البحث الحالي على:

١- مجموعة من طلاب الفرقة الرابعة شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية بكلية التربية جامعة أسيوط.
٢- موضوعات البرنامج المقترح وهي: مقدمه في تكنولوجيا النانو، وتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال حماية البيئة، وتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الغذاء، وتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الطاقة، والمخاطر البيئية لتكنولوجيا النانو.

٣- بعض مهارات حل المشكلات البيئية وهي: تحديد المشكلة البيئية، وجمع المعلومات عن المشكلة البيئية، واقتراح الحلول للمشكلة البيئية، واختيار أفضل الحلول للمشكلة المقترحة البيئية، وتقييم الحل.
٤- بعض مهارات التفكير الاستراتيجي وهي: التحليل، والتفسير، والتنبؤ، واتخاذ القرار، والنقد، والتصور.

منهج البحث:

تم استخدام المنهج التجريبي ذو المجموعة الواحدة.

خطوات البحث وإجراءاته:

سار البحث وفقاً للخطوات والإجراءات التالية:

١. الاطلاع على المراجع والدراسات والبحوث السابقة المرتبطة بتكنولوجيا النانو البيئية، وحل المشكلات البيئية، والتفكير الاستراتيجي.
٢. إعداد برامج مقترح في تكنولوجيا النانو البيئية، وعرضهم على السادة المحكمين، وإجراء التعديلات المطلوبة في ضوء آرائهم.
٣. إعداد اختبار حل المشكلات البيئية، والتأكد من صدقه وثباته.
٤. إعداد اختيار التفكير الاستراتيجي، والتأكد من صدقه وثباته.
٥. تحديد مجموعة البحث من طلاب الفرقة الرابعة شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية بكلية التربية جامعة أسيوط.
٦. تطبيق اختبار حل المشكلات البيئية، واختيار التفكير الاستراتيجي قبلياً على مجموعة البحث.
٧. تدريس البرنامج المقترح لمجموعة البحث.
٨. تطبيق اختبار حل المشكلات البيئية، واختيار التفكير الاستراتيجي بعدياً على مجموعة البحث.
٩. رصد النتائج ومعالجتها إحصائياً.
١٠. مناقشة نتائج البحث وتفسيرها.
١١. تقديم التوصيات والمقترحات في ضوء ما يسفر عنه البحث من نتائج.

مصطلحات البحث:

١- **تكنولوجيا النانو البيئية: Environmental Nanotechnology**

يُعرف على سليمان وأماني محمد (٢٠١٦، ١٦) تكنولوجيا بأنها: تكنولوجيا المواد المتناهية في الصغر، ويختص بمعالجة المادة على مقياس النانو لإنتاج نواتج جديدة مفيدة وفريدة في خواصها.

وتُعرف تكنولوجيا النانو البيئية إجرائيا بأنها: العلم الذي يدرس المواد المتناهية في الصغر، والتي تتراوح أبعادها بين ١ - ١٠٠ نانو متر لإنتاج مواد وأجهزة جديدة مفيدة وفريدة في خواصها تستخدم في مجال البيئة وحل المشكلات البيئية.

٢- مهارات حل المشكلات البيئية: Environmental Problem SolvingSkills

تُعرف حنان رجاء (٢٠١٢، ٢٥) مهارات حل المشكلات البيئية بأنها "مجموعة المهارات اللازمة لحل المشكلات البيئية وتتمثل في المهارات التالية: تحديد المشكلات البيئية، جمع المعلومات المتصلة بالمشكلات البيئية، اقتراح الحلول للمشكلات البيئية، اختبار الحلول المقترحة، تفسير المشكلات البيئية، تعميم النتائج.

وتُعرف مهارات حل المشكلات البيئية إجرائيا بأنها: عملية عقلية يقوم بها الطلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية مستخدمين المعلومات والمعارف والمهارات التي تم تعلمها لحل المشكلة البيئية وتتضمن هذه العملية مهارات: تحديد المشكلة البيئية، وجمع معلومات عن المشكلة البيئية، واقتراح الحلول للمشكلة البيئية، واختيار أفضل الحلول للمشكلة البيئية، وتقييم الحل، وتقاس بالدرجة التي يحصل عليها الطلاب في اختبار حل المشكلات البيئية المعد لذلك الغرض.

٣- التفكير الاستراتيجي: Strategic thinking

يُعرف سلامة صابر وصفاء علي (٢٠١٧، ٣١-٣٤) التفكير الاستراتيجي بأنه مجموعة من المهارات والقدرات تسهم في تنمية تنبؤات المستقبل واتخاذ القرارات الصائبة التي تعمل على تحسين المستقبل.

ويُعرف التفكير الاستراتيجي إجرائياً بأنه نشاط عقلي يتضمن تحليل المعلومات وتفسيرها، والتنبؤ، واتخاذ القرار، والنقد، والتصور يقوم بها الطلاب المعلمين شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية البيئية، ويقاس بالدرجة التي يحصل عليها الطلاب في اختبار التفكير الاستراتيجي المعد لذلك الغرض.

الإطار النظرى، والدراسات السابقة:

تناول الإطار النظري تكنولوجيا النانو البيئية، وحل المشكلات البيئية، والتفكير الاستراتيجي.

المحور الأول: تكنولوجيا النانو البيئية

أولاً: مفهوم تكنولوجيا النانو البيئية

النانو هو بادئة، والنانو يعادل جزء من مليار جزء من المتر أي إنه $١٠^{-٩}$ متر (Benelmekki, 2015, 1)

ويقصد بتكنولوجيا النانو التكنولوجيا المتقدمة القائمة على تفهم ودراسة العلوم مع توافر المقدرة التكنولوجية على تخليق مواد النانو والتحكم في بنيتها الداخلية النانوية تفهماً عقلانيا وإبداعيا وإعادة هيكلة وترتيب الذرات والجزيئات المكونة لها بهدف الحصول على منتجات متميزة تستخدم في المجالات المختلفة (محمد شريف، ٢٠١٠، ٢٢).

كما يقصد بها إنتاج المواد والأجهزة عن طريق التحكم في المادة وإعادة هيكلة وترتيب الذرات والجزيئات المكونة لها عند مقياس النانو (Chadha, 2013, 1011).

كما تعرف بأنها تكنولوجيا المواد المتناهية في الصغر، ويختص بمعالجة المادة على مقياس النانو لإنتاج نواتج جديدة مفيدة وفريدة في خواصها (على سليمان وأماني محمد، ٢٠١٦، ١٦)

وفي ضوء ما سبق يمكن تعريف تكنولوجيا النانو البيئية بأنها: العلم الذي يدرس المواد المتناهية في الصغر، والتي تتراوح أبعادها بين ١ - ١٠٠ نانو متر لإنتاج مواد وأجهزة جديدة مفيدة وفريدة في خواصها تستخدم في مجال البيئة وحل المشكلات البيئية.

ثانيا: التطبيقات البيئية لتكنولوجيا النانو

تكنولوجيا النانو هي تقنية أولية للتطور العلمي ولديها إمكانات كبيرة للتحسين المستمر لتقنيات حماية البيئة والمشاكل البيئية مثل تلوث الهواء وتلوث المياه والاستهلاك المفرط للموارد الطبيعية وهي بعض التحديات الهائلة التي تواجهها المجتمعات على مستوى العالم، وتستخدم تكنولوجيا النانو في العديد من التطبيقات لتحسين البيئة، ويتضمن ذلك معالجة التلوث الموجود، وتحسين طرق التصنيع لتقليل إنتاج تلوث جديد، وجعل مصادر الطاقة البديلة أكثر فعالية من حيث التكلفة (Kharat, et al ,2017,1)، وفيما يلي عرض لهذه التطبيقات.

١- تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال حماية البيئة من التلوث:

يتم تطبيق تكنولوجيا النانو في تنقية الماء من التلوث وتحليته، واكتشاف تلوث الهواء ومعالجته، ومعالجة تلوث التربة، وفيما يلي عرض لهذه التطبيقات (محمد شريف، ٢٠١٠، ٢٣١-٢٤٠)، (Kharat, etal ,2017,3-5)، (Ibrahim, et al ,2016,13755-13761)، (مرفت رشاد وأيمن جابر، ٢٠١٧، ٢٠-٢٣)، (Ahmeda, et al ,2017,18-20):

- **تنقية المياه :** باستخدام تكنولوجيا النانو يتم تصنيع مواد نانوية جديدة تستخدم في معالجة المياه السطحية والمياه الجوفية ومياه الصرف الصحي الملوثة بأيونات المعادن السامة والمحاليل العضوية وغير العضوية بالإضافة إلى الكائنات الدقيقة، وقد تم استخدام تكنولوجيا النانو في تنقية ومعالجة المياه من خلال استخدام حبيبات نانوية من أشباه الفلزات وبعض الفلزات مثل: حبيبات الحديد النانوية صفرية التكافؤ، وأنابيب الكربون النانوية، والجسيمات النانوية لثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2)، وساعدت تكنولوجيا النانو على إنتاج أغشية ذات ثقوب صغيرة جداً قد تصل إلى ١ نانومتر، وتستطيع أن تحجز المواد العضوية مثل المبيدات، وتسمح لجزيئات الماء بالمرور من خلالها، وقد استخدمت مرشحات من سليكات الألومنيوم النانوية لتنقية المياه من الشوائب

والميكروبات، كما تستخدم أجهزة الاستشعار النانوية، والتي تكون مصنوعة من أسلاك نانوية من أكسيد التيتانيوم أو جسميات البلاديوم النانوية في الكشف عن الملوثات الموجود في عينات المياه.

- **تحلية المياه:** تسمح تكنولوجيا النانو بتقليل تكاليف تحلية المياه إلى ٧٠% باستخدامها أنابيب الكربون النانوية في صناعة الأغشية كمرشحات، وتزداد فعالية هذه الطريقة بإضافة حبيبات نانوية من الماغنسيوم وأول أكسيد الماغنسيوم لقتل الجراثيم والبكتريا إن وجدت في الماء.
- **معالجة تلوث الهواء:** هناك طريقتان رئيستان لمعالجة ملوثات الهواء باستخدام تكنولوجيا النانو هما: المساعدات المحفِّزة النانويَّة فالمساعد المحفز جهاز يقوم بتحويل المواد الكيميائية السامة إلى مواد أخرى أقل سميَّة، والأغشية النانويَّة المصممة لحبس انبعاثات الغازات التي تنطلق من أعمال التعدين، ومن محطات توليد الطاقة، والمصانع، ولتلك الأغشية المُرشِّحة مسام نانويَّة صغيرة تمكّنها من فصل جزيئات الميثان أو ثاني أكسيد الكربون عن الانبعاثات المُنطلقة، وأن تلك الأغشية قادرة على حبس الغازات مائة مرة أكثر من مثيلاتها التقليدية، ومن أمثلة المواد النانوية المستخدمة لتنقيه الهواء: ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2) يخلص الهواء من أكاسيد النتروجين، وأبخرة الزئبق، إضافة إلى حجب الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في الضوء، ويستخدم في تنقية هواء الغرفة لإزالة المواد العضوية المتطايرة، وتستخدم كواشف ذات حساسية عالية وتدعى بكواشف النانو لاكتشاف أي تلوث في الهواء حتى لو كان بتراكيز ضئيل.
- **معالجة تلوث التربة:** تم استخدام تكنولوجيا النانو للحد من تلوث التربة ومعالجته عن طريق: معالجة تلوث التربة بالمعادن الثقيلة مثل استخدام الجسيمات النانوية من الحديد الصفري التكافؤ لمعالجة التربة الملوثة بثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB)، واستخدام الأسمدة النانوية والذي يساعد في التغلب على مشكلات تلوث التربة والمياه وتقليل الانبعاثات الكربونية لمصانع الأسمدة التقليدية والتي تسبب التغيرات المناخية الحادة، واستخدام المبيدات النانوية لتعزيز دفاعات النباتات من خلال التعديل الجيني داخل الخلية النباتية أو التعديل في أشكال المبيدات لجعلها مركبات أكثر فاعلية وأقل ضررا، ومعالجة ملوحة التربة عن طريق وضع حبيبات معدن الزيوليت والمؤلف من مسام دقيقة وفجوات نانوية الأبعاد في التربة فتخزن جزء كبير من مياه الري المستخدمة داخل هياكلها المسامية لتقوم بعد ذلك بإخراجها بمعدلات بطيئة.

٢- تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الغذاء والحد من تلوثه.

توفير الغذاء هو أحد التحديات التي تواجه سكان العالم، حيث يواجه العديد من البلدان النامية مشكلة نقص الغذاء، ويمكن لتقنية النانو أن تسهم في قطاع الأغذية الزراعية بأدوات جديدة مثل تشخيص الأمراض وإدارتها، والمبيدات

النانوية، والأسمدة النانوية مما يساعد في تلبية الأمن الغذائي ومواجهة التحديات البيئية، وفيما يلي عرض لتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الغذاء)، (محمد شريف، ٢٠١٠، ٢١٤-٢٢٤)، (ولاء محمود، ٢٠١٥، ٢-٦)، (حسام قصار، ٢٠١٨، ٥٤-٥٥) (Ganachari, et al ,2019,2689-2693)، (مليكة جامع، ٢٠٢٠، ٢٤٠-٤٥٢):

- **الغذاء النانوي:** يقصد بالأغذية النانوية تلك الأطعمة أو المنتجات الغذائية التي يتم إعدادها أو معالجتها في أي مرحلة من مراحل إنتاجها المختلفة، بداية بزراعتها، وتأهيلها، وتجهيزها ونهاية بتعبئتها ثم حفظها، باستخدام تقنيات تكنولوجيا النانو المتنوعة، وتندرج تحت هذا مسمى الأغذية النانوية المكملات الغذائية النانوية والمحتوية على إضافات لمواد نانوية لعناصر فلزية حرة مثل الحديد، الزنك، وكذلك الكبسولات الجيلاتينية نانوية المسام المحتوية على تركيزات عالية من زيوت الأسماك الشهيرة «الأوميجا ٣ Omega 3»، ومثال آخر هو تلك المشروبات الغذائية المعروفة باسم المشروبات الصحية.
- **حفظ وتغليف وتعبئة الأغذية باستخدام تكنولوجيا النانو:** تعد تطبيقات تكنولوجيا النانو في تعبئة وتغليف المواد الغذائية، إحدى أهم المُخرجات التكنولوجية في قطاع الصناعات الغذائية، وتتمتع الأغلفة النانوية بخفة الوزن والمتانة العالية، وتعد الحبيبات النانوية للكربون، وأكاسيد الفلزات بالإضافة إلى أنابيب الكربون النانوية المواد الأكثر استخدامًا في هذا الغرض، كما تستخدم تكنولوجيا النانو في حفظ المواد الغذائية الطازجة مثل: اللحوم بأنواعها، والفواكه والخضراوات، والمخبوزات، ومنتجات الألبان والوجبات الطازجة السابق إعدادها، كما تزود العبوات الغذائية بحساسات نانوية تستخدم في اكتشاف أية تغيرات قد تطرأ على الغذاء المحفوظ في الحاويات الخاصة بتبريد الأطعمة والمواد الغذائية، وكذلك داخل أماكن عرضها ومنافذ البيع والتوزيع، وتعتمد فكرة عمل هذه الفئة من الحساسات في اكتشاف وجود الأنشطة البكتيرية والميكروبية على التغير التدريجي الطارئ على ألوان حبيباتها.

٣- تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الطاقة والحد من التلوث:

تعد الطاقة من أكبر وأهم التحديات التي تواجه البشرية في هذا القرن، فهي من أهم العوامل التي تؤثر في تقدم المجتمعات ورفاهيتها، ولعلوم وتكنولوجيا النانو القدرة على مواجهة هذا التحدي وحل مشكلة الطاقة بشكل اقتصادي ومستديم، وتسهم تكنولوجيا النانو في تطوير مصادر الطاقة الحالية بأعلى كفاءة ومراعاة للبيئة واكتشاف مصادر جديدة وتطويرها، وكذلك زيادة كفاءة تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى وزيادة كفاءة تخزينها واستخدامها وتقليل الفاقد في نقلها من مكان إلى آخر، وفيما يلي عرض لتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الطاقة (فتحي حمد ، ٢٠١٥)، (محمود محمد،٢٠١٥، ١٥٧-١٦١)،(فايزة بوارس،

وهارون العشي ، ٢٠١٨، ٥٦٣-٥٦٥)، (منال عمارة،والهام موساوي ،٢٠١٩، ٧٢-٧٣)، (Sing, et al ,2016,25-26)، (Hussein, et al ,2015, -461-496):

أ- تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الطاقة بصفة عامة:

- **تطويرمصادر الطاقة:** توفر تكنولوجيا النانو إمكانات تحسين وتطوير الطاقة التقليدية (الوقود الحفري والوقود النووي) والطاقة المتجددة، حيث يسمح استخدام النانو تكنولوجي أو المواد النانوية من الاستفادة المثلى من زيادة عمر وكفاءة النظم التقليدية المستخدمة لإنتاج البترول والغاز الطبيعي وأيضا تقليل التكلفة وذلك من خلال تطوير حقول النفط والغاز الطبيعي.
- **تحويل الطاقة:** استخدام تكنولوجيا يسهم في زيادة كفاءة تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى، فزيادة كفاءة محطات الطاقة وخاصة محطات الغاز التي تعتمد على الوقود الحفري والطاقة البخارية يمكن أن تساعد في تجنب كميات كبيرة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عن طريق استخدام الأغشية المصنعة من مواد نانوية في عمليات فصل وتخزين ثاني أكسيد الكربون الناتج من محطات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم.
- **توزيع الطاقة:** استخدام المواد النانوية فائقة التوصيل الكهربي مثل أنابيب الكربون النانوية يقلل فقد الطاقة في أسلاك النقل الكهربائي والتي يمكن أن تستخدم في الكابلات الكهربائية وخطوط الكهرباء.
- **تخزين الطاقة:** استخدام النانو تكنولوجي في صناعة البطاريات يزيد معدل تخزين الطاقة الكهربائية في البطاريات والمكثفات الفائقة، فقد استطاعت بعض الشركات تطوير بطاريات لا تفسد إذا لم يتم استخدامها لفترة طويلة مع تمكين البطاريات من العمل لفترة أطول وتحمل زيادة عدد دورات الشحن.
- **استخدام الطاقة:** تحد تكنولوجيا النانومن استهلاك الوقود في السيارات من خلال مواد البناء خفيفة الوزن والتحسين في عملية احتراق الوقود بإضافة بعض المواد النانوية، واستخدام وتصنيع المحركات والمركبات من مواد نانوية أخف وزنا ما يجعلها أقل استهلاكا للوقود.

ب- تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الطاقة المتجددة:

من الفوائد البيئية لتكنولوجيا النانو أنها لها تأثير عظيم على إنتاج الطاقة النظيفة، وفيما يلى عرض لبعض مصادر الطاقة المتجددة التي ساعدت تلك التقنية في تحديثها:

- **الطاقة الشمسية:** تسهم تكنولوجيا النانو في تصنيع الخلايا الشمسية بجميع أنواعها سواء خلايا السيلكون أو خلايا الأغشية الرقيقة أو الخلايا الشمسية الحساسة للصبغة وهو ما يؤدي إلى زيادة الكفاءة وأيضا قلة التكلفة.
- **طاقة الرياح:** ساهمت تكنولوجيا النانو في تصنيع توربينات رياح متقدمة جداً، قابله للتعديل وسريعة التركيب، وقد تم ربط هذه التقنية بمحطات الرياح من خلال استبدال الألياف الزجاجية أو الألومنيوم المستخدمة في ريشة التوربين

المولد للطاقة الكهربائية بأنابيب الكربون النانوية، كما ساهمت تلك التقنية في التغلب على المعوقات المتعلقة بالاحتكاك في التوربينات.

- **طاقة الهيدروجين:** تستخدم تكنولوجيا النانو في توليد الهيدروجين، وفي خلايا الوقود وأفضل مادة نانوية مستخدمة بخلية الوقود تتمثل في المحفز المكون من جزيئات المعادن النبيلة (مثل الهيليوم والنيون.... وغيرها) المدعومة بالكربون ذات قياسات ١- ٥ نانومتر، كما تستخدم تكنولوجيا النانو في تخزين الهيدروجين.

ثالثا: المخاطر البيئية لتكنولوجيا النانو:

على الرغم من أن تكنولوجيا النانو لها تطبيقات واسعة في مجال البيئة، إلا أنها تواجه العديد من التحديات التي تمنع تطبيقها على نطاق واسع، وتشمل التحديات المخاطر على الصحة والبيئة، وظهور نفايات النانو، والحاجة إلى تدابير تشريعية للإدارة الفعالة لمنتجات تكنولوجيا النانو، والبحث عن السمية النانوية للمنتجات (Kharat, etal ,2017,3-6).

وقد يؤدي إنتاج المنتجات المحتوية على مواد متناهية الصغر واستخدامها والتخلص منها إلى ظهورها في الهواء أو الماء أو التربة أو حتى الكائنات الحية، ومن الضروري إجراء تقييم للمخاطر وتحليل كامل لدورة حياة منتجات تكنولوجيا النانو في جميع المراحل التي تشمل صناعتها وتخزينها وتوزيعها وتداولها والتخلص منها لفهم مخاطر منتجات النانو، وعلى الرغم من العديد من المبادرات البحثية في جميع أنحاء العالم إلا أنه لا يُعرف سوى القليل عن التأثيرات البيئية والصحية المحتملة للمواد النانوية (Kharat, etal ,2017, 6-7).

وقد أظهرت بعض الدراسات أن المواد النانوية التجارية يمكن أن تلحق الضرر بالحمض النووي البشري، وهناك أيضًا دليل على أن بعض المواد النانوية يمكن أن تضعف الوظيفة أو الدورات التناسلية لديدان الأرض التي تلعب دورًا رئيسيًا في دورة المغذيات (Pavličević, et al ,2016,133).

وأشارت بعض الدراسات أن جزيئات الفوليرين (بوكي) تسبب تلف في الدماغ في بعض أنواع الأسماك، كما وجد أن المنتجات النانوية المرتبطة بتصنيع أنابيب الكربون النانوية أحادية الجدر تقتل بعض القشريات، وقد أدّت خصائص بعض مواد النانو المضادة للميكروبات إلى المخاوف من أن تكنولوجيا النانو ستعطل الأنشطة الميكروبية، وتوالد البكتيريا المثبتة للنيتروجين وغيرها من البكتريا المفيدة في حياتنا (محمد هاشم البشير، ٢٠١٣).

وعن تأثير الجزيئات النانوية على النبات فقد أشارت نتائج دراسة العالم دانيال واتس إلى أن الجزيئات النانوية لأوكسيد الألمونيوم تبطئ من نمو جذور بعض النباتات وهي: الذرة والخيار والكرنب والجزر وفول الصويا (صفات سلامة، ٢٠٠٩، ١٩٦-١٩٧).

وأظهرت نتائج الدراسات الأولية أن مواد النانو تؤثر على البيئة من خلال عدد من المسارات وهي(Kabir, etal ,2018,269):

- عن طريق زيادة مستوى تلوث الهواء والماء والتربة.
- عن طريق التراكم في النظام البيئي (الذي قد يؤدي إلى آثار قصيرة المدى وطويلة المدى).
- من خلال التأثير على دورة حياة الأنظمة الحية الموجودة في البيئة.

ومن الأثار السلبية لتكنولوجيا النانو **التلوث النانوي** هو اسم عام لجميع النفايات الناتجة عن الأجهزة النانوية أو الناتجة أثناء عملية تصنيع المواد النانوية، وأحد الآثار الجانبية للاستخدام الواسع لتقنيات النانو هو إطلاق المواد النانوية في البيئة، من المؤكد أن المواد النانوية لا تتصرف بنفس الطريقة التي تتصرف بها النفايات العادية، وبالتالي قد لا تكون الاختبارات القياسية مناسبة للتنبؤ بمصير الجسيمات النانوية التي يتم التخلص منها في مدافن النفايات، ويجب فرض مزيد من التعديلات على المعايير البيئية ومعايير مكان العمل في المستقبل، وعلى سبيل المثال، قد تتطلب معالجة نفايات النانو مراجعة معدات الحماية الشخصية وروتين العمل (Kharat, etal ,2017, 7).

رابعا: أهمية تدريس تكنولوجيا النانو البيئية:

تعد تكنولوجيا النانو واحدة من أكثر المجالات الواعدة للتطور العلمي لعقود مقبلة ويرجع ذلك للأسباب التالية(Kharat, etal ,2017) :

- أظهر التطور السريع في علم النانو وتكنولوجيا النانو خلال العقدين الماضيين أن تقنية النانو تحمل مفاتيح العديد من التطورات التكنولوجية في القرن الحادي والعشرين في قطاعات مختلفة (الأدوية، والإلكترونيات، والطاقة، والمنسوجات، والطلاء) التي تعتمد على المواد ذات الخصائص الفريدة المشتقة من صغر حجمها.
- تُستخدم تكنولوجيا النانو في مئات المنتجات عبر مختلف الصناعات مثل الإلكترونيات والرعاية الصحية، والمواد الكيميائية ومستحضرات التجميل والطاقة.
- تدمج تكنولوجيا النانو تمامًا تخصصات متنوعة مثل الفيزياء والكيمياء وعلوم المواد والبيولوجيا والطب والعلوم المعرفية والمعلوماتية والهندسة ومحاكاة الكمبيوتر والصناعة والزراعة والعلوم البيئية.
- تقدم تكنولوجيا النانو فوائد اقتصادية واجتماعية وبيئية.

ومن الأسباب التي تدعو إلى دمج قضايا علوم وتكنولوجيا النانو في مناهج العلوم الدراسية ما يلي (Laherto, 2010, 160):

- مجال علوم وتكنولوجيا النانو به العديد من المجالات المعرفية والاجتماعية التي تجعل منه مثيرا للاهتمام بشكل خاص وذات صلة بالثقافة العلمية والتكنولوجية.
- دراسة علوم وتكنولوجيا النانو ضمن مناهج العلوم يساعد على إمداد المتعلمين بأحدث الرؤى عن طبيعة العلم.
- دراسة علوم وتكنولوجيا النانو ضمن مناهج العلوم يسهم في إثارة الحوار حول القضايا المعاصرة الهامة المتعلقة بالعلوم والتكنولوجيا والمجتمع.
- جميع المواطنين سوف يحتاجون إلى معرفة عن ثقافة النانو لمواجهة قضايا النانو المهمة المرتبطة بالعلوم والحياة اليومية والمجتمع، واتخاذ القرارات المناسبة والمتوازنة تجاه منافع ومخاطر تكنولوجيا النانو.

ومن المتوقع أن يؤدي تطوير علوم وتكنولوجيا النانو دورًا مهمًا في علاج المشكلات البيئية، ويتمثل أحد الأهداف النهائية لعلم النانو وتكنولوجيا النانو للتطبيق البيئي في تطوير طرق بسيطة واقتصادية لتصميم مواد نانوية جديدة يمكنها إزالة الملوثات المختلفة في البيئة بكفاءة ويمكن استردادها بسهولة وإعادة استخدامها لمرات عديدة (Kharat, etal ,2017,2).

ونظراً لأهمية تدريس تكنولوجيا النانو فقد تناولته الدراسات السابقة في جميع المراحل الدراسية؛ فقد اهتمت بعض الدراسات بإعداد وحدات تعليمية في تكنولوجيا النانو لتلاميذ المرحلة الإعدادية من هذه الدراسات: دراسة عماد محمد (٢٠١٩)،ودراسةعبدالله خالد (٢٠١٩)،ودراسة سامية جمال(٢٠٢٠)، ودراسة Ban & Kocijančič(2011)، كما أهتمت دراسات أخرى بإعداد برامج في تكنولوجيا النانو لطلاب المرحلة الثانوية من هذه الدراسات: دراسة شاهر، وماهر محمد (٢٠١٥)، وLu, & Sung(2011)، وSakhnini & Blonder(2016)، وأهتمت دراسات أخري بتحديد مدي معرفة معلمي العلوم والطلاب المعلمين بمفاهيم وتطبيقات تكنولوجيا النانو ومن هذه الدراسات: دراسة عالية محمد (٢٠١٦)، وعطا حسن وهاله حميد (٢٠١٨)، ومنال محمد (٢٠٢٠)، كما قدمت دراسة آيات حسن (٢٠١٣) برنامج مقترح في علوم وتكنولوجيا النانو لطالبة معلمة العلوم بكلية البنات، كما هدفت دراسة Madden, (2011) مساعدة معلمي البيولوجي، والكيمياء، وعلوم الأرض على تقديم علوم وتكنولوجيا النانو لطلاب المرحلة الثانوية وذلك في إطار بيئي عن تلوث المياه الجوفية.

المحور الثاني: حل المشكلات البيئية

أولا: مفهوم حل المشكلات البيئية:

يقصد أحمد النجدي وآخرين (٢٠٠٧، ١٨٦) بحل المشكلة عملية عقلية تتطلب من الفرد القيام بمجموعة من الإجراءات أو السلوكيات للوصول إلى الحل ويطلق على هذه الإجراءات مهارات حل المشكلة.

كما يعرفها عدنان يوسف (٢٠١٢، ٢٦٦) بأنها نشاط عقلي معرفي يحتاج إلى المعالجة العقلية الدقيقة التي تستخدم أشكال التفكير المختلفة حيث يزداد حجم التفكير مع زيادة تعقد المشكلة.

ويرى محمد نجيب (٢٠١٣، ٣٨٤) أن حل المشكلات نمطاً من أنماط التفكير المركب الذي يتضمن مجموعة من الخطوات التي يتبعها الفرد للتوصل إلى حل المشكلة.

ويعرفها السعيد جمال (٢٠١٣، ٨٦) بأنها مجموعة من الأنشطة والإجراءات التي يقوم بها الفرد(المتعلم) مستخدما الخبرات التي مر بها أو المعلومات السابق تعلمها أو المهارات التي اكتسبها بهدف التغلب على موقف مشكل غير مألوف له من قبل بحيث يتوصل إلى حل هذا الموقف.

في حين يعرفها وليد رفيق (٢٠١٥، ٧٦) بأنها مجموعة العمليات التي يقوم بها الفرد مستخدما المعلومات والمعارف التي سبق تعلمها، والمهارات التي اكتسبها في التغلب على موقف مشكل جديد وغير مألوف له في السيطرة عليه والوصول إلى حل له.

وفي ضوء ما سبق يمكن القول بأن حل المشكلة البيئية عملية عقلية يستخدم فيه الفرد المعلومات والمهارات البيئية التي اكتسبها في التغلب علي موقف مشكل، وتتضمن مجموعة من الخطوات التي يتبعها الفرد للتوصل إلى حل للمشكلة البيئية.

ثانيا: مفهوم مهارات حل المشكلات البيئية:

تُعرف حنان رجاء (٢٠١٢، ٢٥) مهارات حل المشكلات البيئية بأنها "مجموعة المهارات اللازمة لحل المشكلات البيئية وتتمثل في المهارات التالية: تحديد المشكلات البيئية، جمع المعلومات المتصلة بالمشكلات البيئية، اقتراح الحلول للمشكلات البيئية، اختبار الحلول المقترحة، تفسير المشكلات البيئية، تعميم النتائج".

وتقصد منى فيصل (٢٠١٨، ٨٧) بمهارات حل المشكلات البيئية: مجموعة من العمليات التي تقوم بها الطالبة مستخدمة المعلومات والمعارف التي سبق تعلمها في التصدي والتغلب على بعض المشكلات البيئية والوصول إلى حل جديد وبناء لها، وذلك عن طريق اتباع بعض الخطوات المحددة مثل (القدرة على تحديد المشكلة، جمع المعلومات من أفضل مصادرها، فرض الفروض، اختبار صحة الفروض، استخلاص النتائج وتطبيقها)

ومن خلال ما سبق يمكن تعريف مهارات حل المشكلات بأنها عملية عقلية يقوم بها الفرد مستخدماً المعلومات والمعارف التي سبق تعلمها لحل مشكلة بيئية وتتضمن هذه العملية مهارات: تحديد المشكلة البيئية، وجمع معلومات عن المشكلة البيئية، واقتراح الحلول للمشكلة البيئية، واختيار أفضل الحلول للمشكلة البيئية، وتقييم الحل.

ثالثا: مهارات حل المشكلات البيئية:

يرى كل من راجي عيسى (٢٠٠٥، ١٤٠) وإبراهيم بن أحمد (٢٠٠٩، ١٥٩-١٦٠) أن لحل المشكلة يتبع الخطوات التالية: تعريف المشكلة وتحليلها، والتخطيط ووضع المحددات، وجمع المعلومات، والخيارات المتاحة، والتخطيط لأفضل حل، والتقويم وإجراء التعديلات، وعرض النتائج.

ويشير حسن زيتون (٢٠٠٦، ٥٤) إلى أن خطوات حل المشكلة هي: تحديد المشكلة، وجمع البيانات والمعلومات المتصلة بالمشكلة، واقتراح الحلول المؤقتة للمشكلة، والمفاضلة بين الحلول المؤقتة للمشكلة واختيار الحل أو الحلول المناسبة، والتخطيط وتنفيذ الحل وتجريبه، وتقييم الحل.

كما يرى محمد نجيب (٢٠١٣، ٣٨٤-٣٨٥) أن خطوات حل المشكلة تتمثل فيما يلي: تحديد المشكلة، وجمع المعلومات المتصلة بالمشكلة، واقتراح الحلول المحتملة للمشكلة (فرض الفروض)، واختبار صحة الفروض(التجريب)، والوصول إلى حل المشكلة، وتعميم الحل في مواقف جديدة.

ويذكر سامى سلطى ونايف أحمد (٢٠١٤، ٩٦-٩٧) أن خطوات حل المشكلة هي: الشعور بالمشكلة وتحديد مجالها، وفرض الفروض، وجمع المعلومات الخاصة بالفروض، ودراسة المعلومات للتحقق من صحة الفروض، وتعميم النتيجة.

في حين يرى حسام محمد (٢٠١٥، ٢٠٣) أن خطوات حل المشكلة تتمثل في: التحقق من وجود مشكلة، والبحث عن المعلومات التي تخص المشكلة، وكشف العلاقات المتوفرة بين العوامل المختلفة للمشكلة، واقتراح الفروض، وتقييم صحة الفروض، وتطبيق الحلول المقترحة في القضاء على المشكلة.

وأشارت حنان رجاء (٢٠١٢، ٥٢) إلى أن مهارات حل المشكلات البيئية تتمثل في المهارات التالية: تحديد المشكلات البيئية، وجمع المعلومات المتصلة بالمشكلات البيئية، واقتراح الحلول للمشكلات البيئية، واختبار الحلول المقترحة للمشكلة البيئية، وتفسير المشكلات البيئية، تعميم النتائج".

في حين حددت منى فيصل (٢٠١٨، ١٠٨) مهارات حل المشكلات البيئية في المهارات التالية: القدرة على تحديد المشكلة، وجمع المعلومات من أفضل مصادرها، وفرض الفروض، واختبار أفضل وسيلة لاختبار صحة الفروض، واستخلاص النتائج وتطبيقها.

أما الفريق البحثي بجامعة كندا فحدد مهارات حل المشكلة البيئية في المهارات التالية: تحديد مشكلة، وطرح مشكلة، وإيجاد حلول للمشكلة، واختيارالحل، ووضع خطة العمل، واتخاذ الإجراءات، وتقييم العمل، والتعزيز الشخصي(Groupe de recherche Littoral et vie ,2019 ,1-66).

ويذكر Ridhwan, et al. (2020 ,308) أن مهارات حل المشكلة البيئية يتمثل في المهارات التالية: تحديد المشكلة البيئية، وفرض الفروض، وجمع البيانات، واختبار الفروض، وتقييم حل المشكلة.

وفي ضوء ما سبق يمكن تحديد بعض مهارات حل المشكلات البيئية لتنميتها لدى الطلاب المعلمين وهي: تحديد المشكلة البيئية، وجمع المعلومات عن المشكلة البيئية، واقتراح الحلول للمشكلة البيئية، واختيار أفضل الحلول للمشكلة المقترحة البيئية، وتقييم الحل.

رابعا: أهمية تنمية مهارات حل المشكلات

تعد مهارات حل المشكلات من المهارات الحياتية ومهارات القرن الحادي والعشرين، لذا ينبغي أن تسعى جميع المواد الدراسية لتنميتها لدى المتعلمين وفي مقدمتها مادة العلوم لاحتوائها على العديد من المعارف والمهارات التي تساعد المتعلم على حل المشكلات.

ويذكر Mukhopadhyay (2013, 21-23) أن مهارة حل المشكلات إحدى معايير الجودة الرئيسة للشخص الذي يعيش في المجتمع الحديث، وتساعد مهارة حل المشكلات المتعلم في تكوين معرفة علمية جديدة، كما أنها لا تؤدي فقط إلى حل مشكلة معينة، بل تؤدي إلى تعلم العلوم بشكل فعال.

وتعد تنمية مهارات حل المشكلات البيئية متطلباً أساسياً في حياة الطالب تسعى إليه جميع أنظمتنا التربوية الحالية، فمهارات حل المشكلات البيئية مهارة حياتية أساسية تسهم في تفاعل وتكامل البنى المعرفية والوجدانية للطالب (منصور أحمد، ٢٠١٩، ٦٠٢).

ويجب تنمية مهارات حل المشكلة للتغلب على المشكلات البيئية، ولا تتطلب حل المشكلة استخدام مهارات التفكير الأساسية فقط، ولكن تتطلب أيضاً أنشطة عقلية معقدة ومهارات معرفية متنوعة، ونحن بحاجة لمهارات حل المشكلات للحصول على الثقة والتصرف وفقًا لخطوات حل المشكلات (Prastiwi, et al 2019,83).

وفي ضوء ما سبق يمكن القول بأن تنمية مهارات حل المشكلات البيئية تمكن المتعلم من أن يوظف ما أكتسبه من معارف ومهارات في التغلب على المشكلات، كما أنها تنمي لديه العديد من مهارات التفكير المختلفة، كما تعد تنمية مهارات حل المشكلات البيئية ضرورة للتنمية البيئية المستدامة.

ونظراً لأهمية مهارات حل المشكلات فقد اهتمت بعض الدراسات بتنميتها ومنها: دراسة حنان رجاء (٢٠١٢) التي هدفت إلى تعرف فاعلية استراتيجية مقترحة للتعلم الخليط قائمة على نموذج بايبي البنائي في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدى طالبات كلية التربية، كما توصلت دراسة مجدي حسنين (٢٠١٢) إلى فاعلية وحدة دراسية مقترحة في الفيزياء الجوية في تنمية مهارات

حل المشكلات البيئية لدى طلاب المرحلة الثانوية، وهدفت دراسة جواد كاظم وأخرين(٢٠١٦) تعرف أثر استراتيجية التسريع المعرفي في تنمية حل المشكلات البيئية لدى طلاب معاهد إعداد المعلمين، وأشارت نتائج دراسة (Benzer, & Şahin , 2013) إلى أن مدخل التعلم القائم على المشروع في تدريس التربية البيئية له أثر كبير على تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدى الطلاب الجامعيين، كما هدف دراسة وفاء محمود (٢٠١٦) إلى تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدي تلاميذ الصف الأول الإعدادي من خلال تطوير وحدة لمعالجة بعض القضايا البيئية باستخدام النمذجة الرياضية، وتوصلت دراسة منى فيصل (٢٠١٨) إلى أن لاستراتيجية التخيل الموجة أثر كبير علي تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدى طالبات كلية البنات، وأشارت نتائج دراسة (Lieung, et al ,2019) إلى أن المدخل العلمي له أثر كبير على تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدى طلاب الصف الرابع الابتدائي.

المحور الثالث: التفكير الاستراتيجي: Strategic thinking

أولاً: مفهوم التفكير الاستراتيجي:

يُعرف محمد عبد الغني (٢٠٠٨، ٣١) التفكير الاستراتيجي بأنه الطريق الابتكاري للتفكير في كيفية تكوين رؤية مستقبلية للقضايا المتوقعة، والتنبؤ بالفرص والتهديدات التي يمكن أن تواجهها، وتصور السيناريوهات المستقبلية للتعامل معها، بما يضمن البقاء والاستمرارية والنمو.

كما يقصد بالتفكير الاستراتيجي تصور المستقبل والعمل بنشاط لجعل هذا المستقبل يأتي ويمر بسلام، كما أنه تفكير منظم وتحليلي وموجه نحو تحقيق الهدف (Ridgley,2012, 189).

ويَعرف حلمي محمد (٢٠١٦، ٦٩) التفكير الاستراتيجي بأنه مجموعة متكاملة من المهارات تساعد الفرد على الرؤية الكلية للعناصر، والعلاقات المتبادلة والتداخلات بينهم والتأمل العقلاني في هذه العلاقات كما تساعده على المرونة في تحويل انتباهه بين المناظير العقلية المختلفة للموضوعات، يهدف تمكين الفرد من إيجاد مبادئ حدسية لتوجيه الإجراءات في المستقبل، وايجاد آليات جديدة وأكثر فاعلية للأداء.

في حين يُعرف سلامة صابر وصفاء علي (٢٠١٧، ٣١-٣٤) التفكير الاستراتيجي بأنه مجموعة من المهارات والقدرات تسهم في تنمية تنبؤات المستقبل واتخاذ القرارات الصائبة التي تعمل على تحسين المستقبل.

كما يقصد Almarshad (2013,40) بالتفكير الاستراتيجي مجموعة من عمليات التفكير المترابطة المتمثلة في التفكير الابداعي والتوليدي والمنطقي والتحليلي

ومن خلال التعريفات السابقة للتفكير الاستراتيجي يتضح أن:

- التفكير الاستراتيجي يضم مجموعة من المهارات العقلية التي يجب تنميتها لدى المتعلمين.
- التفكير الاستراتيجي هو تصور للمستقبل وتحسينه في ضوء الماضي والحاضر، وهو يقوم على التحليل والمنطق والنقد والتنبؤ، واتخاذ القرار.

ثانياً: مهارات التفكير الاستراتيجي:

أتفق كل من نهال شفيق (٢٠١٣، ٣٥) وشاهر ذيب (٢٠١٦، ٩٦) على أن مهارات التفكير الاستراتيجي تتمثل في: الاستشراف، والحدس، والإنتاج، والنقد.

وحدد Pang& Pisapia (2012, 346) مهارات التفكير الاستراتيجي في: التفكير المنظومي، والتأمل، وإعادة الصياغة.

ويرى مدحت محمد (٢٠١٢، ٥٨-٥٩) أن مهارات التفكير الاستراتيجي هي: تحليل البيانات والمعلومات وتفسيرها، والاختيار الاستراتيجي، وتحديد الموارد والإمكانات المتاحة واستخدمها بكفاءة، واتخاذ القرارات الاستراتيجية.

وأشار Kazmi, et al (2016, 675) إلى أن مهارات التفكير الاستراتيجي هي: التخطيط والتنفيذ، واتخاذ القرار، وحل المشكلات.

وفي حين يرى Pratiwi & Nanto (2019, 195) أن مهارات التفكير الاستراتيجي تتمثل في: التصور، واتخاذ القرار، وحل المشكلات.

وأشار شعبان عبدالعظيم (٢٠١٩، ٤٩-٥٠) إلى أن مهارات التفكير الاستراتيجي هي: الاستشراف، والحدس، والإنتاج، والنقد، واتخاذ القرار، والتقويم.

في ضوء ما تم عرضة لمهارات التفكير الاستراتيجي يتضح أنه لا يوجد اتفاق محدد على مهارات التفكير الاستراتيجي وذلك لأنه يتضمن طيف واسع من المهارات، وفى ضوء تعريفات التفكير الاستراتيجي ومهاراته حددت الباحثة بعض مهارات التفكير الاستراتيجي لتنميتها لدى الطلاب المعلمين وهي: التحليل، والتفسير، والتنبؤ، واتخاذ القرار، والنقد، والتصور.

ثالثاً: أهمية تنمية التفكير الاستراتيجي لدى معلمي العلوم:

يشير Nathan (2015,369) إلى أهمية تنمية التفكير الاستراتيجي للمتعلمين من خلال المناهج الدراسية، حيث يسمح التفكير الاستراتيجي للطلاب برؤية الأشياء بطرق جديدة، ويمتد التفكير إلى الماضي والحاضر والمستقبل في محاولة لتحسين النتائج المستقبلية، وفي الوقت نفسه يطبق المفكر نماذج عقلية متنوعة.

ويُمكن التفكير الاستراتيجي الفرد من توقع الأحداث والقضايا المستقبلية، وإنشاء سيناريوهات بديلة، وفهم الخيارات، وتحديد الأهداف، وتحديد الاتجاه لتحقيق تلك الأهداف (Hermann –Nehdi,2017, 4).

والمتعلم الذي يمتلك مستوى مرتفعاً من مهارات التفكير الاستراتيجي من المفترض أن يستطيع فهم الترابطات والتداخلات بين المواد الدراسية وداخل المادة الواحدة، وهذا قد يكون من شأنه أن يساعده على تحقيق النجاح الأكاديمي في دراسته وأن يزيد من كفاءة تعلمه (حلمي محمد، ٢٠١٦، ٦٣)

وأن تصبح مفكرًا استراتيجيًا يعني التخلص من الشكوك وعدم اليقين، والبحث عن الماضي للحصول على نظرة ثاقبة للحاضر من أجل احتضان المستقبل وتقليل الخوف منه، وتحدي الصعاب والمشكلات المعقدة، والاعتراف بأن كل فرد له خيارات، كما أن التفكير الاستراتيجي يزيد من انتاجية الفرد ويمكنه من الاستمتاع بالحياة وتحقيق الأهداف المختلفة (Ridgley,2012, 187).

وهناك اهتمام عالمي بتنمية التفكير الاستراتيجي لدى كافة المعلمين؛ حيث إن التفكير الاستراتيجي يساعد المعلم على ترتيب الخطوات، وإنجاز الأعمال على نحو دقيق، ويمكنه من وضع الحلول والبدائل واتخاذ القرار في المواقف التعليمية (Sharifi, E., 2012, 78).

ومن المهم أن تعمل مؤسسات التربية على مراعاة متغير التفكير الاستراتيجي ضمن سياق الإعداد العام للمعلم في كليات التربية للطلاب المعلمين، بل ويجب تنمية التفكير الاستراتيجي عند المتعلمين في جميع المراحل الدراسية حتى يستطيع المتعلم التمكن من تحديد الاهداف والتصورات المستقبلية وصقل مهاراته وإمكاناته حتى يكون قيادي في المستقبل.

وفي أطار الاهتمام بتنمية التفكير الاستراتيجي فقد تناولته العديد من الدراسات منها: دراسة إبراهيم رفعت(٢٠١٦) التي هدفت إلى بناء برنامج قائم على التعلم الخدمي لتنمية مهارات تصميم المواد التعليمية والتفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين تخصص الرياضيات، كما توصلت دراسة شاهر ذيب (٢٠١٦) إلى فاعلية برنامج قائم على استراتيجيات ما وراء الإدراك في تنمية مهارات التفكير الاستراتيجي لدى طلبة مساق الثقافة الاسلامية بجامعة جرش بالأردن، وأشارت نتائج دراسة فاطمة عبد السلام (٢٠١٩) إلى فاعلية برنامج قائم على التعلم المقلوب لتنمية مهارات التدريس المتمايز والتفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين تخصص الرياضيات، كما هدفت دراسة شعبان عبدالعظيم (٢٠١٩) تعرف أثر نموذج تدريسي مقترح وفق البرمجة اللغوية العصبيةNLP لتدريس علم النفس على تنمية مهارات التفكير الاستراتيجي لدى طلاب المرحلة الثانوية، وتوصلت دراسة مها فتح الله (٢٠٢٠) إلى فاعلية المنهج التكعيبي المقترح بالاقتصاد المنزلي في تنمية التفكير الاستراتيجي للطالبات عينة البحث في ضوء استراتيجية التنمية المستدامة ٢٠٣٠.

الإجراءات المنهجية للبحث:

للإجابة عن أسئلة البحث والتحقق من صحة الفروض تم اتباع الإجراءات التالية:

١- إعداد مواد البحث وأدواته:

اولاً: إعداد البرنامج المقترح:

سارت عملية إعداد البرنامج في عدة خطوات هي:

- **تحديد موضوعات تكنولوجيا النانو البيئية المناسبة للطلاب المعلمين:**

من خلال إطلاع الباحثة على الكتب والدراسات والبحوث التي تناولت تكنولوجيا النانو البيئية، تم تحديد موضوعات تكنولوجيا النانو البيئية اللازمة للطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية بصورتها المبدئية، وتم عرضها في صورة استطلاع للرأي على مجموعة من السادة المحكمين* بهدف تحديد مدى مناسبة موضوعات تكنولوجيا النانو البيئية للطلاب المعلمين، وإضافة ما يراه المحكمون من موضوعات.

وبعد إجراء التعديلات التي أشار إليها السادة المحكمين أصبحت القائمة في صورتها النهائية**

- **تحديد أهداف البرنامج:**

سعى البرنامج، من خلال تدريس موضوعاته إلي مساعدة الطلاب علي تحقيق الأهداف العامة التالية:

- معرفة مفهوم تكنولوجيا النانو وخصائص وتصنيف واشكال المواد النانوية.
- شرح التطبيقات البيئية لتكنولوجيا النانو في مجال حماية البيئة والغذاء والطاقة.
- استنتاج أهمية تكنولوجيا النانو في معالجة التلوث البيئي.
- تفسير استخدام تكنولوجيا النانو في تحلية المياه وحفظ وتعبئة الغذاء، وفي الخلايا الشمسية.
- معرفة مفهوم الأغشية النانوية والمرشحات النانوية والحساسات النانوية، والأغذية النانوية، والأسمدة النانوية والمبيدات النانوية والتلوث النانوى
- اقتراح حلول لمشكلات تلوث الماء والهواء والتربة والغذاء ومشكلة الطاقة ونقص المياه العذبة.

---

* ملحق (١): قائمة أسماء السادة المحكمين لمواد البحث وأدواته

** ملحق (٢): قائمة موضوعات تكنولوجيا النانو البيئية المناسبة للطلاب المعلمين

- المقارنة بين الطرق التقليدية واستخدام تكنولوجيا النانو في مقاومة الآفات وتسميد التربة وحفظ وتعبئة الغذاء، وتحلية المياه، والخلايا الشمسية، والتوربينات، واستخراج الهيدروجين من الماء.
- توضيح العلاقة بين التطبيقات البيئية لتكنولوجيا النانو والتنمية البيئية المستدامة.
- تنمية الوعي بالمخاطر البيئية لتكنولوجيا النانو.
- تنمية القدرة على اتخاذ القرارات البيئية.
- تنمية القدرة على استشراف المستقبل في ضوء الماضي والحاضر.
- تنمية الوعي بأهمية تكنولوجيا النانو البيئية.
- تلخيص موضوعات المقرر.
- إعداد بحوث عن استخدام تكنولوجيا النانو في معالجة التلوث البيئي، وتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الغذاء، وتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الطاقة، والمخاطر البيئية لتكنولوجيا النانو.
- تقدير جهود العلماء في التوصل إلي التطبيقات البيئية لتكنولوجيا النانو ومعرفة المخاطر البيئية لتكنولوجيا النانو.
- تقدير قدرة الله عز وجل في خلقة للمواد.

- **محتوي البرنامج.**

تضمن البرنامج خمس موضوعات هي: مقدمه في تكنولوجيا النانو، وتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال حماية البيئة، وتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الغذاء، وتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الطاقة، والمخاطرالبيئية لتكنولوجيا النانو.

وقد تم اختيار المحتوى في ضوء الموضوعات والأهداف السابق الإشارة إليها، مع مراعاة مناسبة هذا المحتوى للطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية.

- **كتاب الطالب لدراسة البرنامج:**

قامت الباحثة بتنظيم المحتوى المقترح في صوره كتاب للطالب يسترشد به عند دراسة البرنامج، واشتمل الكتاب على:

- مقدمة للطالب: توضح له أهمية البرنامج والهدف من دراسته.
- فهرس للموضوعات التي يتضمنها البرنامج.
- موضوعات البرنامج: تم عرض موضوعات البرنامج في فصول ويحتوي كل فصل من الفصول على الأهداف الإجرائية لكل موضوع، والمحتوى والأنشطة، وأسئلة عقب كل موضوع، والمراجع التي تم الاستعانة بها في إعداد الموضوع.

وبعد إعداد كتاب الطالب المعلم في صورته الأولية تم عرضه على السادة المحكمين لإبداء الرأي حول سلامة الصياغة الإجرائية للأهداف، والصحة العلمية للمحتوى، وسلامة الصياغة اللغوية، ومناسبة الأنشطة التعليمية، ومناسبة المحتوى للطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية، وبعد تعديل كتاب الطالب في ضوء آراء المحكمين أصبح الكتاب جاهزاً في صورته النهائية*

- **طرق واستراتيجيات تدريس موضوعات البرنامج.**

استخدمت عدة طرق واستراتيجيات لتدريس البرنامج هي: خرائط المفاهيم، والحوار والمناقشة، والتعلم المبني على حل المشكلات، والعصف الذهني.

- **الوسائط التعليمية:**

لتدريس موضوعات البرنامج تم الاستعانة بالوسائط التالية:

كمبيوتر أو لاب توب، وجهاز عرض البيانات Data show، وشاشة عرض، وعروض تقديمية، وأفلام تعليمية، ولوحات، وأقلام، وأوراق عمل، ومراجع ورقية وإلكترونية، وسبورة.

- **الأنشطة التعليمية:**

يمكن أن يمارس الطلاب عدة أنشطة خلال دراستهم موضوعات البرنامج وهي:

- جمع معلومات عن موضوعات البرنامج باستخدام كلا من: شبكة المعلومات الدولية والكتب الموجودة بمكتبة الكلية.
- القيام بالأنشطة والمهام المطلوبة منهم أثناء تدريس.
- القيام بالأنشطة المتضمنة بكتاب الطالب المعلم.
- إعداد مقالات وبحوث عن استخدام تكنولوجيا النانو في معالجة التلوث البيئي، وتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الغذاء، وتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الطاقة، والمخاطر البيئية لتكنولوجيا النانو.

- **طرق التقويم المتبعة في البرنامج:**

يمكن تقويم نمو الطلاب نحو تحقيق أهداف تدريس البرنامج، وذلك من خلال:

- المناقشة التي تتم أثناء التدريس.
- الأنشطة التي يقومون بها أثناء التدريس.
- إجابة الطلاب عن الأسئلة الموجودة عقب كل موضوع.

- **دليل القائم بالتدريس:**

قامت الباحثة بإعداد دليل للقائم بالتدريس يسترشد به عند تدريس موضوعات البرنامج واشتمل الدليل على: توجيهات بكيفية استخدام الدليل في تدريس موضوعات البرنامج، وأهداف البرنامج، والمحتوي العلمي للبرنامج، وطرق واستراتيجيات تدريس موضوعات البرنامج، والوسائط والأنشطة التعليمية،

* ملحق (٣): كتاب الطالب المعلم لدراسة البرنامج

وتقويم نمو الطلاب، والخطة الزمنية لتدريس موضوعات البرنامج، وخطة تدريس موضوعات البرنامج والتي تضمنت تخطيطاً مقترحاً لتدريس كل موضوع من الموضوعات، وقد روعي عند وضع هذا التخطيط عرض الأهداف السلوكية للموضوع، والوسائل التعليمية، وطرق واستراتيجيات تدريس الموضوع، وخطوات السير في الموضوع، والتقويم.

وبعد إعداد الصورة الأولية للدليل تم عرضها على السادة المحكمين لإبداء الرأي حول سلامة الصياغة الإجرائية للأهداف، ومناسبة الأنشطة التعليمية، ومناسبة طرق واستراتيجيات التدريس المستخدمة، ومناسبة الوسائط التعليمية، ومناسبة أساليب التقويم، ومناسبة التخطيط المقترح لكل موضوع من الموضوعات، وبعد إجراء التعديلات التي أشار إليها السادة المحكمين أصبح الدليل في صورته النهائية*

ثانياً: إعداد اختبار حل المشكلات البيئية:

بعد الاطلاع على الادبيات والبحوث السابقة التي اهتمت بدراسة وتنمية حل المشكلات البيئية ومنها: دراسة حنان رجاء (٢٠١٢)، دراسة مجدي حسنين (٢٠١٢)، دراسة منى فيصل (٢٠١٨)، دراسة Ridhwan, et al.(2020) تم إعداد اختبار حل المشكلات البيئية، وذلك وفقا للخطوات التالية:

- **تحديد الهدف من الاختبار:** يهدف الاختبار إلى قياس بعض مهارات حل المشكلات البيئية لدى الطلاب المعلمين شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية.
- **تحديد مهارات الاختبار:** تم تحديد خمس مهارات لحل المشكلات البيئية والتي تم تحديدها في الإطار النظري للبحث وهي:

– **مهارة تحديد المشكلة البيئية**: تعني صياغة المشكلة في عبارات محددة وواضحة، وتمييزها عن سواها.

– **مهارة جمع البيانات المتصلة بالمشكلة البيئية**: تعني المهارة في المفاضلة بين المصادر المتاحة للحصول على البيانات المتعلقة بالمشكلة البيئية واختيار أكثرها ارتباط المشكلة، وتحديد المعلومات المتصلة بالمشكلة وغير المتصلة بها، واستخدام الحواس في جمع المعلومات، وتنظيم وتمثيل المعلومات، والتمييز بين الحقائق والآراء.

– **مهارة اقتراح حلول للمشكلات البيئية**: تعني القدرة على اقتراح حلول مؤقتة للمشكلة يمكن التحقق منها، في ضوء ما لديه من معلومات.

– **مهارة اختيار أفضل الحلول للمشكلة البيئية:** تعني المفاضلة بين الحلول المقترحة في ضوء معايير معينة واختيار أنسبها.

– **تقييم الحل:** تعني الحكم على الحل في ضوء أدله تؤكد صحته.

* ملحق (٣): دليل القائم بالتدريس

- **اعداد الصورة الأولية للاختبار:** تكون الاختبار من عدد من العبارات أو المواقف يلي كل عبارة أو موقف سؤال، بحيث تكون الاختبار من ٢٥ مفردة، وقد روعي في إعداد مفردات الاختبار أن تقيس المفردة المهارة الفرعية لحل المشكلات البيئية، وأن يكون عدد مفردات الاختبار متساوية لكل مهارة فرعية، وأن تكون مفردات الاختبار مناسبة لمستوى الطلاب، كما تم وضع تعليمات للاختبار.
- **عرض الصورة الأولية للاختبار على السادة المحكمين:** بعد إعداد الصورة الأولية للاختبار تم عرضها في استطلاع رأى على السادة المحكمين، وعدل الاختبار في ضوء آراء المحكمين.
- **التجربة الاستطلاعية للاختبار:** تم تطبيق الاختبار على مجموعة من الطلاب المعلمين شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية عددهم (٣٢) طالب، بهدف: حساب ثبات الاختبار، وصدق الاختبار، وتحديد زمن الاختبار.

- **صدق الاختبار:** تم التأكد من الصدق الظاهري وصدق محتوى الاختبار من خلال عرضه على السادة المحكمين، وبعد إجراء التعديلات التي أشار إليها المحكمون، أصبح الاختبار يتمتع بدرجة معقولة من الصدق.

كما تم حساب صدق الاتساق الداخلي للاختبار بحساب معامل الارتباط بين درجات مهارات الاختبار والدرجة الكلية للاختبار بمعامل ارتباط بيرسون، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول ١

معامل الارتباط بين درجات مهارات الاختبار والدرجة الكلية للاختبار

مهارات الاختبار	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
تحديد المشكلة البيئية	٠,٥٨	٠,٠١
جمع المعلومات عن المشكلة البيئية	٠,٥٦	٠,٠١
اقتراح الحلول للمشكلة البيئية.	٠,٦٢	٠,٠١
اختيار أفضل الحلول للمشكلة البيئية.	٠,٤٨	٠,٠١
تقييم الحل.	٠,٦٨	٠,٠١

يتضح من الجدول السابق أن جميع قيم معاملات الارتباط بين مهارات الاختبار والدرجة الكلية للاختبار دالة عند مستوى ٠,٠١، مما يشير إلى أن اختبار حل المشكلات البيئية على درجة عالية من صدق الاتساق الداخلي.

- **ثبات الاختبار:** استخدمت الباحثة طريقة إعادة الاختبار لتقدير ثبات الاختبار، واتضح أن الاختبار على درجة مناسبة من الثبات حيث كانت قيمته (٠,٧٣).

- **زمن الاختبار:** تم حساب الزمن بتسجيل الزمن الذي أنتهي فيه أول طالب من الإجابة عن الاختبار، والزمن الذي أنتهي فيه أخر طالب من الإجابة عن الاختبار، وحساب متوسط الزمن، وبلغ زمن الاختبار (٦٥) دقيقة.

- **الصورة النهائية للاختبار:** بعد إجراء التعديلات التي أشار إليها السادة المحكمين ونتائج الدراسة الاستطلاعية، أصبح الاختبار في صورته النهائية* مكون من(٢٥) مفردة، والجدول التالي يوضح توزيع هذه المفردات على مهارات حل المشكلات البيئية.

جدول ٢

مواصفات اختبار حل المشكلات البيئية

مهارات الاختبار	أرقام المفردات	المجموع	النسبة المئوية
تحديد المشكلة البيئية	١-٥	٥	%٢٠
جمع المعلومات عن المشكلة البيئية	٦-١٠	٥	%٢٠
اقتراح الحلول للمشكلة البيئية.	١١-١٥	٥	%٢٠
اختيار أفضل الحلول للمشكلة البيئية.	١٦-٢٠	٥	%٢٠
تقييم الحل.	٢١-٢٥	٥	%٢٠
المجمـــوع	٢٥	٢٥	%١٠٠

ثالثاً: إعداد اختبار التفكير الاستراتيجي:

بعد الاطلاع على الادبيات والدراسات السابقة التي اهتمت بدراسة وتنمية ومنها: دراسة نهال شفيق (٢٠١٣)، ودراسة شاهر ذيب (٢٠١٦)، ودراسة Pratiwi & Nanto (2019)، ودراسة شعبان عبدالعظيم (٢٠١٩)، تم إعداد اختبار التفكير الاستراتيجي، وذلك وفقا للخطوات التالية:

- **تحديد الهدف من الاختبار:** يهدف الاختبار إلى قياس بعض مهارات التفكير الاستراتيجي لدى طلاب شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية بكلية التربية.
- **تحديد مهارات الاختبار:** تم تحديد ست مهارات للتفكير الاستراتيجي والتي تم تحديدها في الإطار النظري للبحث، وهي:

– **التحليل:** تعني تجزئة الفكرة أوالموقف إلى مكوناته أو عناصره الأساسية، والتوصل إلى العلاقات والروابط بين هذه العناصر، وتحديد أوجه الشبه والاختلاف.

– **التفسير:** تعني تعليل الأسباب الحقيقية العلمية لبعض الظواهر والاحداث أو البرهنة على صحة علاقة معينه.

– **التنبؤ:** تعني توقع ما سيحدث في المستقبل اعتمادا على ما لدي الطالب من معلومات سابقة

– **اتخاذ قرار:** تعني اختيار أفضل البدائل أو الحلول المتاحة في موقف معين وذلك اعتماد على ما لدى الطالب من معايير تتعلق باختياره.

* – ملحق(٥): اختبار حل المشكلات البيئية

- **التقييم:** تعني الحكم على الأفكار أو الاشياء وتثمينها وإبداء الرأي المؤيد أو المعارض في المواقف المختلفة، مع إبداء الأسباب المقنعة لكل رأي.
- **التصور:** تعني تكوين صوراً عقلية مبتكرة أو أفكار جديدة غير موجودة عادة، ويتحرر الطالب فيها من عالم الحقيقة والواقع وعادة لا تكون محتاجة إلى الاستناد إلى معطيات أو بيانات واقعية.

- **اعداد الصورة الأولية للاختبار:** تكون الاختبار من عدد من الفقرات يلي كل فقرة عدد من الأسئلة، بحيث تكون الاختبار من ٣٠ مفردة ، وقد روعي في إعداد مفردات الاختبار أن تقيس المفردة المهارة الفرعية للتفكير الاستراتيجي، وأن يكون عدد مفردات الاختبار متساوية لكل مهارة فرعية، وأن تكون مفردات الاختبار مناسبة لمستوى الطلاب، كما تم وضع تعليمات للاختبار.
- **عرض الصورة الأولية للاختبار على السادة المحكمين**: بعد إعداد الصورة الأولية للاختبار تم عرضها في استطلاع رأى على السادة المحكمين، وعدل الاختبار في ضوء آراء المحكمين.
- **التجربة الاستطلاعية للاختبار:** تم تطبيق الاختبار على مجموعة من الطلاب المعلمين شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية عددهم (٣٢) طالب، بهدف: حساب ثبات الاختبار، وصدق الاختبار، وتحديد زمن الاختبار.

- **صدق الاختبار:** تم التأكد من الصدق الظاهري وصدق محتوى الاختبار من خلال عرضه على السادة المحكمين، وبعد إجراء التعديلات التي أشار إليها المحكمون، أصبح الاختبار يتمتع بدرجة معقولة من الصدق.

كما تم حساب صدق الاتساق الداخلي للاختبار بحساب معامل الارتباط بين درجات مهارات الاختبار والدرجة الكلية للاختبار بمعامل ارتباط بيرسون، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول ٣

معامل الارتباط بين درجات مهارات الاختبار والدرجة الكلية للاختبار

مهارات الاختبار	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
التحليل	٠,٧٢	٠,٠١
التفسير	٠,٥٦	٠,٠١
التنبؤ	٠,٤٩	٠,٠١
اتخاذ القرار	٠,٦٣	٠,٠١
النقد	٠,٥٨	٠,٠١
التصور	٠,٤٧	٠,٠١

يتضح من الجدول السابق أن جميع قيم معاملات الارتباط بين مهارات الاختبار والدرجة الكلية للاختبار دالة عند مستوى ٠,٠١، مما يشير إلى أن اختبار التفكير الاستراتيجي على درجة عالية من صدق الاتساق الداخلي.

- **ثبات الاختبار:** استخدمت الباحثة طريقة إعادة الاختبار لتقدير ثبات الاختبار، واتضح أن الاختبار على درجة مناسبة من الثبات حيث كانت قيمته (٠,٧٨).

- **زمن الاختبار**: تم حساب الزمن بتسجيل الزمن الذي أنتهي فيه أول طالب من الإجابة عن الاختبار، والزمن الذي أنتهي فيه أخر طالب من الإجابة عن الاختبار، وحساب متوسط الزمن، وبلغ زمن الاختبار (٧٧) دقيقة.
- **الصورة النهائية للاختبار:** بعد إجراء التعديلات التي أشار إليها السادة المحكمين ونتائج الدراسة الاستطلاعية، أصبح الاختبار في صورته النهائية * مكون من (٣٠) مفردة، والجدول التالي يوضح توزيع هذه المفردات على مهارات التفكير الاستراتيجي.

جدول٤

مواصفات اختبار التفكير الاستراتيجي

مهارات الاختبار	أرقام المفردات	المجموع	النسبة المئوية
التحليل	١، ٩، ١٦، ٢٢، ٢٧	٥	%١٦,٦
التفسير	٢، ١٠، ١٧، ٢٣، ٢٨	٥	%١٦,٦
التنبؤ	٣، ٧، ١١، ١٩، ٢٩	٥	%١٦,٦
اتخاذ القرار	٤، ٨، ١٢، ٢٠، ٢٤	٥	%١٦,٦
النقد	٥، ١٣، ١٥، ٢٦، ٣٠	٥	%١٦,٦
التصور	٦، ١٤، ١٨، ٢١، ٢٥	٥	%١٦,٦
المجمـــوع	٣٠	٣٠	%١٠٠

٢- التصميم التجريبى للبحث:

استخدمت الباحثة المنهج التجريبي ذا المجموعة الواحدة من طلاب الفرقة الرابعة شعبة، وعلوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية.

٣- تحديد مجموعة البحث:

تكونت مجموعة البحث من ٥٣ طالب وطالبة بالفرقة الرابعة شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية بكلية التربية جامعة أسيوط.

٤- إجراءات التطبيق:

تم تنفيذ تجربة البحث كالتالي:

- تطبيق اختبار حل المشكلات البيئية واختبار التفكير الاستراتيجي قبلياً علي طلاب مجموعة البحث.
- تدريس موضوعات البرنامج المقترح بواسطة الباحثة، في الفصل الدراسي الأول للعام الجامعي ٢٠٢٠-٢٠٢١، وذلك وفقاً للخطة الزمنية لتدريس موضوعات البرنامج.
- تطبيق اختبار حل المشكلات البيئية واختبار التفكير الاستراتيجي بعدياً علي طلاب مجموعة البحث.
- تصحيح إجابات الطلاب عن اختبار حل المشكلات البيئية واختبار التفكير الاستراتيجي ورصد النتائج ومعالجتها إحصائيا.

* - ملحق (٦): اختبار التفكير الاستراتيجي

٥- **المعالجة الإحصائية:**

لمعالجة بيانات نتائج البحث تم الاستعانة بالمعادلات الإحصائية التالية:

- حساب الثبات بطريقة إعادة تطبيق الاختبار
- حساب دلالة (ت) لمتوسطين مرتبطين
- حساب حجم الأثر بمربع ايتا "η2"
- حساب معامل ارتباط بيرسون

نتائج البحث:

أولاً: للإجابة عن السؤال الأول والذي نص على ما فاعلية البرنامج المقترح في تكنولوجيا النانو البيئية في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدى طلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية ؟ وكذلك للتحقق من صحة الفرض الأول والذى نص على أنه" يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار حل المشكلات البيئية لصالح التطبيق البعدي." تم حساب قيمة (ت) للفرق بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار حل المشكلات البيئية ككل وكل مهارة من مهاراته على حده، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول ٥

قيمة ت ودلالتها الإحصائية للفرق بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار حل المشكلات البيئية ككل وكل مهارة من مهاراته على حده

التطبيق القبلي والبعدي	م ف	جمـ ح ف ٢	قيمة ت المحسوبة	الدلالة الإحصائية
تحديد المشكلة البيئية	٥,٦	٣٦٥,٨	١٥,٣	دالة
جمع المعلومات عن المشكلة البيئية	٦,٢	٢٨٨,١	١٩,١	دالة
اقتراح الحلول للمشكلة البيئية.	٧,٣	٣٧٤,٢	٢٠,٦	دالة
اختيار أفضل الحلول للمشكلة البيئية.	٨,٢	٤٥٦,٩	٢٠,٣	دالة
تقييم الحل.	٨,٦	٥٤٨,٤	١٩,٢	دالة
الاختبار ككل	٣٥,٨	٤٨٣١,٤	٢٧,١	دالة

ويتضح من الجدول السابق وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار حل المشكلات البيئية ككل وكل مهارة من مهاراته على حده، حيث بلغت قيم (ت) المحسوبة(٢٧,١، ١٥,٣، ١٩,١، ٢٠,٦، ٢٠,٣، ١٩,٢) على الترتيب وهي قيم أكبر من قيمة ت الجدولية لدرجة حرية ٥٢ عند مستوى (٠,٠٥)، ونستنتج من ذلك صحة الفرض الأول.

وللتحقق من فاعلية البرنامج المقترح في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية تم حساب حجم التأثير باستخدام قيمة (ت) المحسوبة إذا كانت دالة عن

طريق مربع إيتا η2 ويمكن التوصل إلى قيمة d وهي تعبر عن حجم التأثير، وإذا كانت قيمة d=0.1 فان حجم التأثير يكون صغيراً، أما إذا كانت d= 0.5 فان حجم التأثير يكون متوسطاً، أما إذا كانت d= 0.84 فإن حجم التأثير يكون مرتفعاً (صلاح مراد ، ٢٠٠٠، ٢٤٦- ٢٤٨).

وتم حساب حجم تأثير البرنامج علي تنمية مهارات حل المشكلات البيئية ككل وكل مهارة من مهاراته على حده باستخدام مربع ايتا η2 ، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول ٦

حجم تأثير البرنامج علي تنمية مهارات حل المشكلات البيئية ككل وكل مهارة من مهاراته على حده

المتغير المستقل	المتغير التابع	قيمة ت	قيمة η2	قيمة d	حجم التأثير
البرنامج	تحديد المشكلة البيئية	١٥,٣	٠,٨٢	٤,٢	كبير
	جمع المعلومات عن المشكلة البيئية	١٩,١	٠,٨٧	٥,٢	كبير
	اقتراح الحلول للمشكلة البيئية.	٢٠,٦	٠,٨٩	٥,٧	كبير
	اختيار أفضل الحلول للمشكلة البيئية.	٢٠,٣	٠,٨٨	٥,٦	كبير
	تقييم الحل.	١٩,٢	٠,٨٧	٥,٣	كبير
	الاختبار ككل	٢٧,١	٠,٩٣	٧,٥	كبير

ويتضح من الجدول السابق أن للبرنامج أثراً كبيراً على تنمية مهارات حل المشكلات البيئية ككل وكل مهارة من مهاراته على حده، مما يشير إلى فاعلية البرنامج في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية.

ثانياً: للإجابة عن السؤال الثاني والذي نص على ما فاعلية البرنامج المقترح في تكنولوجيا النانو البيئية في تنمية التفكير الاستراتيجي لدى طلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية ؟ و للتحقق من صحة الفرض الثاني والذى نص على أنه" يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير الاستراتيجي لصالح التطبيق البعدي." تم حساب قيمة (ت) للفرق بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير الاستراتيجي ككل وكل مهارة من مهاراته على حده، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول ٧

قيمة ت ودلالتها الإحصائية للفرق بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير الاستراتيجي ككل، وكل مهارة من مهاراته على حده.

التطبيق القبلي والبعدي	م ف	جمـ ح ف ٢	قيمة ت المحسوبة	الدلالة الإحصائية
التحليل	٣,٨	٣٣٩,٥	١٠,٩	دالة
التفسير	٣,٩	٣١٥	١١,٦	دالة
التنبؤ	٥,٨	٢٢٤,٣	٢٠,٣	دالة
اتخاذ القرار	٥,٣	٢٠٥,٩	١٩,٣	دالة
النقد	٦	١٩٧	٢٢,٥	دالة
التصور	٣,٤	١١٩,٥	١٦,٤	دالة
الاختبار ككل	٢٨	٤٠٩٣	٢٣,٢	دالة

ويتضح من الجدول السابق وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير الاستراتيجي ككل وكل مهارة من مهاراته على حده ، حيث بلغت قيم (ت) المحسوبة(٢٣,٢، ١٠,٩، ١١,٦، ٢٠,٣، ١٩,٣، ٢٢,٥، ١٦,٤) على الترتيب وهي قيم أكبر من قيمة ت الجدولية لدرجة حرية ٥٢ عند مستوى (٠,٠٥)، ونستنتج من ذلك صحة الفرض الثاني.

وللتحقق من فاعلية البرنامج المقترح في تنمية مهارات التفكير الاستراتيجي تم حساب حجم تأثير البرنامج علي تنمية التفكير الاستراتيجي ككل وكل مهارة من مهاراته على حده باستخدام مربع ايتا η2 ، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول ٨

حجم تأثير البرنامج علي تنمية التفكير الاستراتيجي ككل وكل مهارة من مهاراته على حده

المتغير المستقل	المتغير التابع	قيمة ت	قيمة η2	قيمةd	حجم التأثير
البرنامج	التحليل	١٠,٩	٠,٦٩	٣	كبير
	التفسير	١١,٦	٠,٨٤	٣,٢	كبير
	التنبؤ	٢٠,٣	٠,٨٨	٥,٦	كبير
	اتخاذ القرار	١٩,٣	٠,٨٧	٥,٣	كبير
	النقد	٢٢,٥	٠,٩	٦,٢	كبير
	التصور	١٦,٤	٠,٨٣	٤,٥	كبير
	الاختبار ككل	٢٣,٢	٠,٩٥	٦,٤	كبير

ويتضح من الجدول السابق أن للبرنامج أثراً كبيراً على تنمية التفكير الاستراتيجي ككل وكل مهارة من مهاراته على حده ، مما يشير إلى فاعلية البرنامج في تنمية التفكير الاستراتيجي.

ثالثاً: للإجابة عن السؤال الثالث والذي نص على ما العلاقة بين حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي؟ وللتحقق من صحة الفرض الثالث والذى نص

على أنه" توجد علاقة ارتباطية موجبة دالة إحصائياً بين درجات مجموعة البحث في التطبيق البعدي لاختبار حل المشكلات البيئية واختبار التفكير الاستراتيجي ." تم حساب معامل ارتباط بيرسون بين درجات التطبيق البعدي لاختبار حل المشكلات البيئية واختبار التفكير الاستراتيجي لدى مجموعة البحث بهدف تتبع التغير الاقتراني بين حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول٩

قيمة معامل ارتباط بيرسون للعلاقة بين درجات مجموعة البحث في التطبيق البعدي لاختبار حل المشكلات البيئية واختبار التفكير الاستراتيجي

متغيرات العلاقة الارتباطية	معامل بيرسون	عدد مجموعة البحث	الدلالة الإحصائية
- حل المشكلات البيئية - اختبار التفكير الاستراتيجي	٠,٣٨	٥٣	دالة

ويتضح من الجدول السابق أن قيمة معامل ارتباط بيرسون (٠,٣٨) وهي قيمة دالة احصائياً عند مستوى (٠,٠٥)، مما يدل على وجود علاقة ارتباطيه موجبة بين درجات مجموعة البحث في اختبار حل المشكلات البيئية وبين درجاتهم في اختبار التفكير الاستراتيجي، ونستنتج من ذلك صحة الفرض الثالث.

مناقشة نتائج البحث وتفسيرها:

أشارت نتائج البحث إلى وجود فرق دال إحصائيا عند مستوى(٠,٠٥) بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار حل المشكلات البيئية لصالح التطبيق البعدي، كما أظهرت نتائج البحث فاعلية البرنامج المقترح في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدى طلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية.

وقد ترجع النتائج السابقة التي تم التوصل اليها والمتعلقة بتنمية مهارات حل المشكلات البيئية إلى ما يلي:

- طبيعة المحتوى الذي يتضمن العديد من المشكلات البيئية واستخدام تكنولوجيا النانو في حلها.
- التنوع في طرائق التدريس حيث استخدمت عدة طرائق واستراتيجيات لتدريس موضوعات البرنامج هي: خرائط المفاهيم، والحوار والمناقشة، والعصف الذهني، والتعلم المبني على حل المشكلات الذي يتيح الفرصة للطلاب لجمع المعلومات وتحليل المعلومات المعطاة في المشكلة، والتوصل إلى النتائج واقتراح الحلول، ومقارنه حلولهم بحلول رفاقهم في المجموعات، والتوصل لحل المشكلة وفق دليل يؤيد قراراتهم بشأن الحل.
- شعور الطلاب بأهمية دراسة موضوعات البرنامج.

- قيام الطلاب بعدد من الأنشطة التعليمية مارسوا خلالها مهارات حل المشكلات البيئية ومنها:
  - جمع معلومات عن موضوعات البرنامج باستخدام كلا من : شبكة المعلومات الدولية والكتب الموجودة بمكتبة الكلية.
  - القيام بالأنشطة والمهام المطلوبة منهم أثناء التدريس.
  - إعداد بحوث عن موضوعات البرنامج.

وتتفق نتائج هذا البحث مع نتائج دراسة كل من حنان رجاء (٢٠١٢)، وجواد كاظم وأخرين (٢٠١٦)، و(Benzer, & Şahin (2013، ومنى فيصل(٢٠١٨) والتي أشارت نتائج دراساتهم إلي تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدى الطلاب المعلمين.

كما أشارت نتائج البحث إلى وجود فرق دال إحصائيا عند مستوى(٠,٠٥) بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير الاستراتيجي لصالح التطبيق البعدي.، كما أظهرت نتائج البحث فاعلية البرنامج المقترح في تنمية التفكير الاستراتيجي لدى طلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية.

وقد ترجع النتائج السابقة التي تم التوصل اليها والمتعلقة بتنمية التفكير الاستراتيجي إلى ما يلي:

- التنوع في طرائق التدريس حيث استخدمت عدة طرائق واستراتيجيات لتدريس موضوعات البرنامج منها الحوار والمناقشة والتي ساعدت الطلاب على إبداء الرأي والنقد، والعصف الذهني والذي اتاح الفرصة للطلاب للتنبؤ والتخيل والتصور، والتعلم المبني على حل المشكلات والذي اتاح الفرصة للطلاب لتحليل المعلومات وتفسيرها، واختيار أفضل البدائل واتخاذ القرار والتقييم.
- طبيعة المحتوى الذي يتضمن العديد من المشكلات البيئية والتي تتطلب التفكير لحلها.
- قيام الطلاب بعدد من الأنشطة التعليمية مارسوا خلالها مهارات التفكير الاستراتيجي منها:
  - جمع معلومات عن موضوعات البرنامج باستخدام كلا من : شبكة المعلومات الدولية والكتب الموجودة بمكتبة الكلية.
  - القيام بالأنشطة والمهام المطلوبة منهم أثناء التدريس.
  - إعداد بحوث عن موضوعات البرنامج.

وتتفق نتائج هذا البحث مع نتائج الدراسات السابقة التي توصلت إلى تنمية التفكير الاستراتيجي مثل دراسة كل إبراهيم رفعت (٢٠١٦)، وشاهر ذيب (٢٠١٦)، وفاطمة عبد السلام (٢٠١٩)، وشعبان عبدالعظيم (٢٠١٩)، ومها فتح الله (٢٠٢٠)، Pratiwi, U., & Nanto, D. (2019)

توصيات البحث:

في ضوء ما أسفر عنه البحث من نتائج يُوصى بما يلي:

١- تضمين موضوعات تكنولوجيا النانو البيئية المقترحة في مقررات العلوم البيئية التي يدرسها الطلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية.

٢- تقديم برامج تدريبية لمعلمي البيولوجي أثناء الخدمة عن تكنولوجيا النانو البيئية.

٣- ضرورة الاهتمام بتنمية مهارات حل المشكلات البيئية والتفكير الاستراتيجي لدى طلاب كلية التربية شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية.

٤- الاستفادة من البرنامج المقترح، وأداتي القياس التي أعدتها الباحثة في تدريس طلاب كلية التربية شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية.

البحوث المقترحة:

يُوصى بإجراء البحوث التالية:

١- دراسة فاعلية البرنامج المقترح علي متغيرات أخرى مثل الوعي البيئي والتنور البيئي والتفكير البيني والاتجاه نحو الاستدامة البيئية.

٢- تصور مقترح لتضمين تكنولوجيا النانو البيئية في مناهج البيولوجي للمرحلة الثانوية.

٣- دراسة أثر وحدة إثرائيه مقترحة في تكنولوجيا النانو البيئية على تنمية التفكير المستقبلي والمسئولية البيئية لدى طلاب المرحلة الثانوية.

المراجع:

إبراهيم بن أحمد مسلم الحارثي.(٢٠٠٩). *تعليم التفكير*. ط٤. القاهرة: الروابط العالمية للنشر والتوزيع.

إبراهيم رفعت إبراهيم.(٢٠١٦). أثر برنامج قائم على التعلم الخدمي في تنمية مهارات تصميم المواد التعليمية والتفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين تخصص الرياضيات. *مجلة كلية التربية ببورسعيد*، ع ٢٠، ٣٩-٧٤

أحمد النجدي ومنى عبد الهادي وعلي راشد.(٢٠٠٧). *طرق وأساليب واستراتيجيات حديثة في تدريس العلوم*. القاهرة: دار الفكر العربي

آيات حسن صالح.(٢٠١٣). برنامج مقترح في علوم وتكنولوجيا النانو وأثره في تنمية التحصيل وفهم طبيعة العلم واتخاذ القرار لدى الطالبة معلمة العلوم بكلية البنات. *مجلة المصرية للتربية العلمية*، الجمعية المصرية للتربية العملية، ١٦(٤)، ٥٣-١٠٦

جواد كاظم فهد، وهاني علي كمال، علي سعد.(٢٠١٦). أثر استراتيجية التسريع المعرفي في تنمية حل المشكلات البيئية لدى طلاب معاهد إعداد المعلمين. *دراسات تربوية*، ٩(٣٦) ، ٩٣-١٠٤

حسام قصار.(٢٠١٨). استخدام تكنولوجيا النانو في الزراعة. *مجلة الزراعة*، ع ٥٦، ٥٣-٥٦

حسام محمد مازن.(٢٠١٥). *تدريس العلوم والتربية العملية من السلوكية إلى البنائية*. المنصورة: المكتبة العصرية للنشروالتوزيع

حسن حسين زيتون.(٢٠٠٦). *تعليم التفكير رؤية تطبيقية في تنمية العقول المفكرة*. القاهرة: عالم الكتب.

حلمي محمد حلمي الفيل.(٢٠١٦). فعالية برنامج تدريبي قائم علي أنموذج التلمذة المعرفية في تحسين مهارات التفكير الاستراتيجي وكفاءة التعلم لدي طالبات المرحلة الثانوي. *المجلة المصرية للدراسات النفسية*،٢٦(٩١)، ٥٩-١٢٣.

حنان رجاء عبدالسلام.(٢٠١٢). استراتيجية مقترحة للتعلم الخليط قائمة على نموذج بايبي البنائي وفاعليتها في تنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدى طالبات كلية التربية. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ١٥(٢)، ١٩-٧٤

راجي عيسى القبيلات.(٢٠٠٥). **أساليب** *تدريس العلوم في المرحلة الأساسية الدنيا ومرحلة رياض الأطفال*. عمان : دار الثقافة للنشر والتوزيع.

رانيا محمد الرفاعي.(٢٠١٩). مستوى المعرفة بتقنية النانو لدى طالبات المرحلة الثانوية في مدينة جدة واتجاهاتهن نحوها. *مجلة العلوم التربوية والنفسية*، ٣(٩)، ٣٣ - ٥٦ .

سامى سلطى عريفج، ونايف أحمد سليمان.(٢٠١٤). *طرق تدريس الرياضيات والعلوم* . ط٢. الاردن: دار الصفاء للنشر والتوزيع.

سامية جمال حسين. (٢٠٢٠). وحدة مقترحة في النانو تكنولوجي قائمة على استراتيجيات التعليم المتمايز لتنمية الثقافة العلمية والدافعية نحو تعلم العلوم لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية ذوي أساليب التعلم المختلفة. *مجلة البحث العلمي في التربية*، ٢١(١٥)، ٣٥٦-٣٨٢

السعيد جمال عثمان.(٢٠١٣). *تعليم الفيزياء*. القاهرة: مؤسسة طيبة للنشر والتوزيع

سلامة صابر محمد العطار، وصفاء علي احمد عفيفي. (٢٠١٧). مهارات التفكير الاستراتيجي واتخاذ القرار والتوجه المهني لمواجهة البطالة . *المؤتمر العلمي العربي الحادي عشر الدولي الثامن*: التعليم وثقافة العمل الحر من التراخي الى التأخي ، مجلد٢، جمعية الثقافة من أجل التنمية بسوهاج، ٣١ -٣٤.

شاهر ذيب أبو شريخ .(٢٠١٦) . فاعلية برنامج قائم على استراتيجيات ما وراء الإدراك في التحصيل الدراسي في تنمية مهارات التفكير الإبداعي والاستراتيجي والذكاء الذاتي لدى طلبة مساق الثقافة الاسلامية بجامعة جرش بالأردن. *مجلة جامعة طيبة للعلوم التربوية* ،١١(١)، ٩١-١٠٣.

شاهر ربحي عليان، وماهر محمد العرفج. (٢٠١٥). دراسة فعالية برنامج تدريبي مقترح في تنمية الوعي بالقضايا المرتبطة بعلم النانو والاتجاهات نحوها لدى طلبة المرحلة الثانوية في مدينة الإحساء. *المجلة العربية للتربية العلمية والتقنية*، ٣، ١-٢٢

شعبان عبدالعظيم أحمد.(٢٠١٩). نموذج تدريسي مقترح وفق البرمجة اللغوية العصبيةNLP لتدريس علم النفس وأثره على تنمية مهارات التفكير الاستراتيجي

واليقظة العقلية وتحسين الاستهواء المضاد لدى طلاب الصف الثالث الثانوي. *دراسات في الإرشاد النفسي والتربوي*،٧، ٣٣-٩٩

صفات سلامة.(٢٠٠٩). *النانو تكنولوجي عالم صغير ومستقبل كبير*. بيروت: دار العربية للنشر.

صلاح أحمد مراد.(٢٠٠٠). *الأساليب الإحصائية في العلوم النفسية والتربوية والاجتماعية*. القاهرة : مكتبة الأنجلو المصرية

عالية محمد كريم العطيات .(٢٠١٦). مستوى فهم معلمات العلوم لمجالات تقنية النانو واتجاهاتهن نحو تطبيقات تلك التقنية. *مجلة العلوم التربوية بكلية الدراسات العليا للتربية جامعة القاهرة*، ٢٤(١)، ١٢٧-١٦٦

عبدالله خالد حنفي.(٢٠١٩). تصميم وحدة في النانو تكنولوجي وتطبيقاتها قائمة على التعلم البنائي لتنمية مهارات التفكير المستقبلي لتلاميذ الصف الثاني الإعدادي. *دراسات تربوية واجتماعية*، ٢٤(٣)، ١١- ٥٠

عدنان يوسف المعتوم.(٢٠١٢). *علم النفس المعرفي النظرية والتطبيق*. ط٣. عمان: دار الميسرة للنشر والتوزيع

عطا حسن درويش، وهاله حميد أبو عمرة.(٢٠١٨). مستوى المعرفة بتطبيقات النانو تكنولوجي لدى طلبة كليات التربية تخصص علوم في جامعات غزة واتجاهاتهم نحوها. *مجلة الجامعة الإسلامية للدراسات التربوية والنفسية*، ٢٦(١)، ٢٠٠-٢٢٩

على سليمان حامد دربالة، وأماني محمد محمود حمزة.(٢٠١٦). تكنولوجيا النانو وتطبيقات في مجالات عديدة (الزراعة - تكنولوجيا الغذاء - المياه - البيئة - مكافحة الآفات) . بيروت : دار الكتب العلمية

عماد محمد هنداوي .(٢٠١٩). فاعلية وحدة مقترحة باستخدام استراتيجية الرحلات المعرفية عبر الويب في تنمية مفاهيم تكنولوجيا النانو وبعض مهارات التفكير المستقبلي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة كلية التربية بكفر الشيخ*، ٩٢، ١٠٥-١٥٨.

فاطمة عبد السلام ابو الحديد.(٢٠١٩). برنامج قائم على التعلم المقلوب لتنمية مهارات التدريس المتمايز والتفكير الاستراتيجي لدى الطلاب المعلمين تخصص الرياضيات. *مجلة البحث في التربية وعلم النفس*، ٣٤(٣)، ١٠١-١٦٩.

فايزة بوارس وهارون العشي.(٢٠١٨). أهمية تطبيق النانو تكنولوجي في الطاقات المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة، *مجلة العلوم الإنسانية*، ع ١٠، ٥٥٤-٥٦٧.

فتحي حمد بن نشوان.(٢٠١٥). علوم وتقنيات النانو وتحديات القرن الواحد والعشرين"، تطبيقاتها، وآثارها واستراتيجية تطويعها في الوطن العربي. تم الاسترجاع من الرابط

http://www.maaber.org/issue_september12/spotlights1.htm

مجدي حسنين عوض حجاب.(٢٠١٢). *وحدة مقترحة في الفيزياء الجوية لتنمية مهارات حل المشكلات البيئية لدى طلاب المرحلة الثانوية*. رسالة ماجستير، معهد الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس.

محمد شريف الإسكندراني.(٢٠١٠). *تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل*. الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

محمد عبد الغني حسن هلال.(٢٠٠٨). *مهارات التفكير والتخطيط الاستراتيجي كيف نربط بين الحاضر والمستقبل*. مصر الجديدة: مركز تطوير الأداء والتنمية
محمد نجيب مصطفى عطيو.(٢٠١٣). *طرق تدريس العلوم بين النظرية والتطبيق*. القاهرة: دار الفكر العربي.
محمد هاشم البشير.(٢٠١٣). *التلوث النانوي*. دار ناشري للنشر والتوزيع، تم الاسترجاع من الرابط
https://www.nashiri.net/index.php/articles/medicine-and-science/5464-2013-10-12-07-36-02
محمود محمد سليم صالح .(٢٠١٥). *تقنية النانو وعصر علمي جديد* . الرياض: مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.
مدحت محمد أبو النصر.(٢٠١٢). *مقومات التخطيط والتفكير الاستراتيجي المتميز*. القاهرة: المجموعة العربية للتدريب والنشر.
مرفت رشاد أحمد، وأيمن جابر حسونة.(٢٠١٧).التطبيقات البيئية الخضراء لتكنولوجيا النانو في المستقبل، *المؤتمر الدولي السابع للإتحاد العربي للتنمية المستدامة والبيئة"* سبل تعزيز التكنولوجيا النظيفة والتقنيات صديقة البيئة بالمنطقة العربية". في الفترة من ١٩-٢٠ نوفمبر بدار الضيافة المصرية جامعة عبن شمس، ١-٢٦
مليكة جامع.(٢٠٢٠). فعالية تقنية النانو تكنولوجي في الحفاظ على سلامة المواد الغذائية: قراءة في التشريع الجزائري. *مجلة الدراسات الحقوقية*، ٧(٣)، ٣٢٢-٣٥٤
منال عمارة، والهام موساوي.(٢٠١٩). تقنية النانو كآلية لتدعيم تكنولوجيا الطاقات المتجددة وحماية البيئة. *مجلة أراء للدراسات الاقتصادية والإدارية*، المركز الجامعي أفلو - معهد العلوم الاقتصادية، التجارية وعلوم التسيير، ١(١)، ٦٤-٧٦
منال محمد صالح.(٢٠٢٠). درجة الوعي بتقنية "النانو" لدى معلمات العلوم في المرحلة الثانوية بمدينة مكة المكرمة. *مجلة القراءة والمعرفة*، ع ٢٢٥، ١٣١-١٦٤
منصور أحمد عبد المنعم، ومحمود على عامر، وشيماء محمد إبراهيم.(٢٠١٩). برنامج قائم على مهارات حل المشكلات البيئية في تدريس الجغرافيا لتنمية اتخاذ القرار لدى تلاميذ الصف الأول الثانوي. *مجلة كلية التربية بنها*، ٣٠(١١٩)، ٥٨٨-٦٢٤.
منى فيصل أحمد الخطيب.(٢٠١٨).تأثير استخدام استراتيجية التخيل الموجه في تنمية التحصيل ومهارات حل المشكلات البيئية والحس العلمي لدى طالبات كلية البنات. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢١(١)، ٧٩-١٣٥
مها فتح الله بدير نوير.(٢٠٢٠). منهج تكعيبي مقترح في الاقتصاد المنزلي لتنمية التفكير الاستراتيجي وتعزيز الحس الوطني لطالبات المرحلة الإعدادية في ضوء استراتيجية التنمية المستدامة (رؤية مصر ٢٠٣٠). *مجلة البحوث في مجالات التربية النوعية بالمنيا*، ٦(٢٦)، ٢٢٥-٢٩٥
نهال شفيق العشي. (٢٠١٣).أثر التفكير الاستراتيجي على أداء الإدارة العليا في المنظمات غير الحكومية العاملة في مجال التأهيل في قطاع غزة. رسالة ماجستير، كلية التجارة، الجامعة الاسلامية بغزة

وفاء محمود محمد عبده. (٢٠١٦). تطوير وحدة لمعالجة بعض قضايا البيئة باستخدام النمذجة الرياضية لتنمية الاتجاهات ومهارات حل المشكلات البيئية لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي. رسالة ماجستير، معهد الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس.

ولاء محمود على أحمد الشريف.(٢٠١٥). النانو تكنولوجي في مجال صناعة الغذاء. *مجلة أسيوط للدراسات البيئية*، ع ٤٢، ١-٧

وليد رفيق العياصرة.(٢٠١٥).*استراتيجيات تعليم التفكير ومهاراته*. عمان: دار أسامة للنشر والتوزيع.

Nathan, M. L. (2015). Strategic teaching of strategic thinking. *Universal Journal of Management*, 3(9), 364-371

Ahmeda, M. H., Ahmida, N. H., & Ahmeida, A. (2017). Introduction to nanotechnology: definition, terms, occurrence and applications in environment. *Libyan International Medical University Journal*, 2(1), 12-26

Almarshad, M. (2013). *Strategic thinking in Jordanian publicly quoted companies*. Ph.D. dissertation,, University of Huddersfield).

Ban, K. & Kocijančič, S. (2011). Introducing topics on nanotechnologies to middle and high school curricula. 2nd World Conference on Technology and Engineering Education. Ljubljana, Slovenia, 5-8 September, 78-83

Benelmekki, M. (2015). An introduction to nanoparticles and nanotechnology. *In Designing hybrid nanoparticles*. Morgan & Claypool Publishers

Benzer, E., & Şahin, F. (2013). The Effect of Project Based Learning Approach on Undergraduate Students' Environmental Problem Solving Skills. *Ilkogretim Online*, 12(2), 383-400

Chadha, S. (2013). Nanotechnology and its Application. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 4(10), 1011-1018.

Ganachari, S. V., Yaradoddi, J. S., Somappa, S. B., Mogre, P., Tapaskar, R. P., Salimath, B., & Viswanath, V. J. (2019). Green nanotechnology for biomedical, Food, and Agricultural

Applications .Springer Nature Switzerland AG Retrieved January 20, 2020, from: https://doi.org/10.1007/978-3-319-68255-6_184

Ghattas, N. I., & Carver, J. S. (2012). Integrating nanotechnology into school education: a review of the literature. *Research in Science & Technological Education*, 30(3), 271-284

Groupe de recherche Littoral et vie (2019). *Environmental Problem Solving, Environmental Education Teaching Strategy*. Université de Moncton, Canada

Herrmann-Nehdi, A. (2017). Creativity and strategic thinking: The coming competencies. Retrieved February, Retrieved April 18, 2020, from: https://scholar.google.com/scholar?hl=ar&as_sdt=0%2C5&q=CREATIVITY+AND+STRATEGIC+THINKING+%3A+THE+COMING+COMPETENCIES&btnG=

Hussein, A. K. (2015). Applications of nanotechnology in renewable energies—A comprehensive overview and understanding. *Renewable and Sustainable Energy Revie***ws**, 42, 460-476

Ibrahim, R. K., Hayyan, M., AlSaadi, M. A., Hayyan, A., & Ibrahim, S. (2016). Environmental application of nanotechnology: air, soil, and water. *Environmental Science and Pollution Research*, *23*(14), 13754-13788.

İpek, Z., Atik, A. D., Tan, S., & Erkoç, F. (2020). Opinions of Biology Teachers about Nanoscience and Nanotechnology Education in Turkey. *International Journal of Progressive Education*, *16*(1), 205-222

Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, *35*(9), 1490-1512

Kabir, E., Kumar, V., Kim, K. H., Yip, A. C., & Sohn, J. R. (2018). Environmental impacts of nanomaterials. Journal of environmental management, 225, 261-271.

Kazmi, S. A., Naaranoja, M., Kytola, J., & Kantola, J. (2016). Connecting strategic thinking with product innovativeness to reinforce NPD support process. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *235*, 672-684.

Kharat, M. G., Murthy, S., & Kamble, S. J, (2017). Environmental applications of nanotechnology: a review, *ADBU Journal of Engineering Technology*, 6(3).1-11

Laherto, A. (2010). An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy. *Science Education International*, *21*(3), 160-175

Lieung, K. W., Rahayu, D. P., & Sulili, A. (2019). The influence of scientific approach on environmental problem solving skills in elementary school students. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science .343(1), Retrieved February 12, 2020 from: https://www.proquest.com/docview/2557995227

Lu, C. C., & Sung, C. C. (2011, December). Effect of nanotechnology instructions on senior high school students. *In Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching*, 12(2).

Madden, A. (2011). *Welcome to nanoscience: interdisciplinary environmental explorations*. *grades 9-12*. NSTA Press, Retrieved April 21, 2020, from:. https://my.nsta.org/resource/?id=10.2505/9781936137329&lid=hp

Mukhopadhyay, R. (2013). Problem solving in science learning-some important considerations of a teacher. *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, 8(6), 21-25

Pang, N. S., & Pisapia, J. (2012). The strategic thinking skills of Hong Kong school leaders: Usage and effectiveness. *Educational Management Administration & Leadership*, 40(3), 343-361

Pavličević, J., Ikonić, B., Bera, O., Vukić, N., & Budinski-Simendić, J.(2016) ENVIRONMENTAL NANOTECHNOLOGY: BENEFITS AND RISK ASSESSMENT. *Jaroslava Budinski-Simendic*,126-134

Retrieved February 19, 2020 from: https://www.researchgate.net/publication/283213670

Prastiwi, L., Sigit, D. V., & Ristanto, R. H. (2019). Ecological literacy, environmental awareness, academic ability and environmental problem-solving skill at Adiwiyata school. *Indonesian Journal of Science and Education*, 3(2), 82-92.

Pratiwi, U., & Nanto, D. (2019). Students' Strategic Thinking Ability Enhancement in Applying Scratch for Arduino of Block Programming in Computational Physics Lecture. *Journal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, *5*(2), 193-202.

Ridgley, S. K. (2012). *Strategic thinking skills*. Copyright: Teaching Company.

Ridhwan, R., Sumarmi, S., Ruja, I., Utomo, D., & Sari, R. (2020). Measuring Students Environmental Problem Solving Ability Across Gender and School Differences Using Paper Based Testing. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(13), 303-320

Sakhnini, S., & Blonder, R. (2016). Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST. *International Journal of Science Education*, *38*(3), 521-538.

Sharifi, E. (2012). Strategic thinking; a practical view. *Ideal type of management*, 1(1), 71-84

Singh, U., & Sachan, P. (2016). Application of Nanotechnology In Monitoring and Control of Pollution. *Journal of Critical Reviews*, 3(4). 24-26

Sulaiman, M. B., & Santuraki, A. H(2018). Chapter-4 Applications and Implications of Environmental Nanotechnology. Retrieved January 11, 2020, from: **https://www.researchgate.net/publication/333652574**