وحدة مقترحة في البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية مهارات التفكير المستقبلي والوعي بأخلاقياتها لدى طلاب شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية بكليات التربية

إعداد

د/ إيمان عبد المحسن محمد محمد عبد الوهاب

مدرس المناهج وطرق تدريس العلوم البيولوجية والجيولوجية

كلية التربية- جامعة بنها

dr_eman2005@yahoo.com

رقم الإيداع: ٢٤٣١٣ ISSN: 2536 – 914 E. ISSN: 2735-4245

المجلة معرفة علي دوريات بنك المعرفة المصرى، و Edu Search دار المنظومة

وحدة مقترحة في البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية مهارات التفكير المستقبلي والوعي بأخلاقياتها لدى طلاب شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية بكليات التربية

د/ إيمان عبد المحسن محمد محمد عبد الوهاب *

المستخلص:

استهدف البحث الحالي إعداد وحدة مقترحة في البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية مهارات التفكير المستقبلي والوعى بأخلاقياتها لدى طلاب شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية، ولتحقيق ذلك تم إعداد قائمة بمفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها، ثم إعداد الوحدة المقترحة في مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها واختبار التفكير المستقبلي ومقياس الوعى بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية، وتم تطبيق الاختبار والمقياس قبليًا على مجموعة من طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية بكلية التربية جامعة بنها وعددهم (٣٣) طالب وطالبة، حيث اعتمد البحث على التصميم التجريبي ذي المجموعة الواحدة، ثم تم تدريس الوحدة المقترحة، ثم تطبيق الأدوات بعديًا وتوصلت النتائج إلى أنه يوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوي دلالة ≤ ٠,٠٥ بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لجميع المهارات والدرجة الكلية لاختبار مهارات التفكير المستقبلي لصالح التطبيق البعدي، ويوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوي دلالة ≤ ٠,٠٥ بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لجميع الأبعاد والدرجة الكلية لمقياس الوعى بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية لصالح التطبيق البعدي.

الكلمات المفتاحية: البيولوجيا التخليقية – تطبيقات البيولوجيا التخليقية - التفكير المستقبلي – الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية.

* مدرس المناهج وطرق تدريس العلوم البيولوجية والجيولوجية - كلية التربية – جامعة بنها.

A proposed Unit in Synthetic Biology and its Applications to Develop Future Thinking Skills and Awareness of its Ethics among Biology Section Students at the Faculties of Education

Dr. Eman Abdel Mohsen Mohamed Mohamed Abdelwahab*

Abstract

The current research aimed to prepare a proposed unit in synthetic biology and its applications to develop future thinking skills and awareness of its ethics among Biology Section Students at the Faculty of Education. To achieve this, a list of synthetic biology concepts and their applications was prepared, then the proposed unit was prepared in the concepts of synthetic biology and its applications, The test and scale were previously applied to a group of (33) students of the third year, Biology Section Students at the Faculty of Education, Benha University, The research relied on a one-group experimental design, then teaching the proposed unit, then applying the tools post-test. The results concluded that there is a statistically significant difference at the level of significance ≤ 0.05 between the mean scores of the students of the experimental group in the pre- and post-applications for all skills and the total score for testing future thinking skills in favor of the post-application and There is a statistically significant difference at the significance level ≤ 0.05 between the mean scores of the experimental group students in the pre and post applications for all dimensions and the total score of the awareness scale of synthetic biology ethics in favor of the post application.

Key words: Synthetic biology - Synthetic biology Applications - Future thinking - Awareness of the ethics of synthetic biology

* Lecturer of Science Biological and Geological Education - Faculty of Education – Benha University.

المقدمة:

تعد العلوم البيولوجية من العلوم الأساسية التي شهدت تقدمًا كبيرًا منذ نشأتها؛ بفضل تمكن الباحثين من اكتشاف العديد من التطبيقات التكنولوجية المرتبطة بها، وقد أسهم التطور التكنولوجي والمعلوماتي الحادث في العصر الحديث في تطور العلوم البيولوجية تطورًا ملحوظًا، وقد ظهرت البيولوجيا التخليقية ضمن العلوم البيولوجية المعاصرة، وتتزايد تطبيقاتها في كل مجال من مجالات العلوم البيولوجية.

وتعد البيولوجيا التخليقية/ الاصطناعية Synthetic Biology مجال حديث العهد نسبيًا، على الرغم من أنها تقوم على العديد من التخصصات التي تعود جذورها إلى قرون سابقة (Hallinan;Wipat;Kitney;Woods;Taylor & Goñi-Moreno,2019 , 25)* ، ولقد أعطت البيولوجيا التخليقية بعدًا جديدًا للعلوم البيولوجية، حيث تعتبر علم متعدد التخصصات يجمع بين البيولوجيا الجزيئية والهندسة والفيزياء والرياضيات لتعديل ومعالجة الأنظمة الحية، كما أنها تعتمد على إعادة إنتاج البيانات عن طريق التغيير المنهجي methodologically changing وتخليق synthesizing الكائنات الحية (Chownk,Thakur, Purohit, Vashisht & Kumar , 2019, 407)، كما أن البيولوجيا التخليقية تعتبر هى التكنولوجيا الحيوية الحديثة (Walker, 2021, 791)

يتميز منهج البيولوجيا التخليقية في أنه يسعى إلى حل المشكلات من خلال بناء نماذج جديدة وليس من خلال التحليل والمراقبة فقط، كما يتناول هذا النهج منظور جديد، حيث يتم الجمع بين علم الأحياء والكيمياء والهندسة لإعادة النظر في الأسئلة البيولوجية القديمة، كما تساهم البيولوجيا التخليقية في إيجاد حلول جديدة لعدد من التحديات الطبية الحيوية، مثل المقاومة البكتيرية الناشئة للمضادات الحيوية وعلاج الأمراض المعدية وعلاج السرطان، تطوير اللقاحات، واضطرابات التمثيل الغذائي و إيجاد طريقة للتفكير ومراقبة تطور الكائن البشري و تقديم حلول جديدة للمشكلات المستقبلية للرعاية الصحية العالمية، والزراعة، والتصنيع، والتحديات البيئية (Abil; Xiong & Zhao, 2015, 322)

كما تعتبر البيولوجيا التخليقية مجال يجمع بين عمل المهندسين وعلماء الأحياء أي يجمع بين التصميم وعلم الأحياء والهندسة والحساب للعمل على هندسة الكائنات الحية وراثيًا لصنع منتجات قابلة للاستخدام مثل المنسوجات المصنعة بشكل مستدام والمواد الكيميائية القابلة للتحلل البيولوجي والطب الشخصي (Walker, 2021, 791).

* تم اتباع نظام التوثيق العالمى للجمعية الأمريكية لعلم النفس الإصدار السادس APA6 (اسم عائلة المؤلف، السنة، الصفحة)

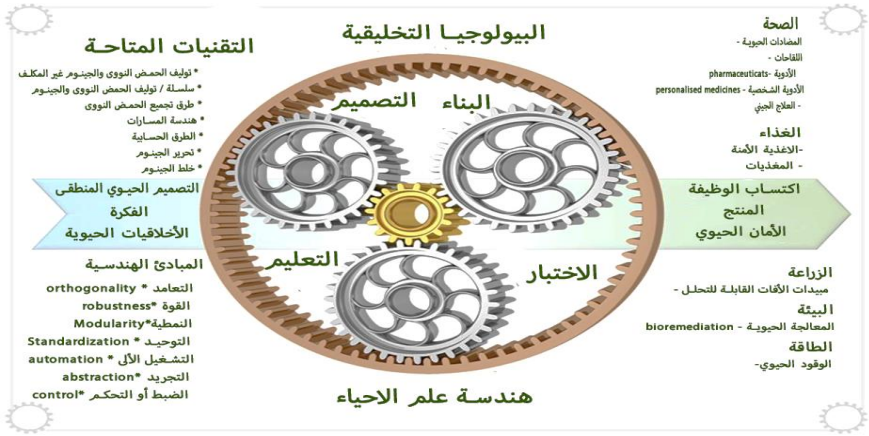
كما تم بناء البيولوجيا التخليقية على عدد من التقنيات البيولوجية والأساليب الهندسية في البناء، حتى في مواجهة الأساليب الجديدة لبناء الحمض النووي وإدخاله في الخلايا، فإن المجموعة الرئيسية من التقنيات هي في الأساس نفس تلك التي تم تطويرها منذ ٣٥ عامًا مثل تقنية "الحمض النووي المؤتلف أو المعاد التركيب recombinant DNA "، تظل القدرة على "قص ولصق" قطع صغيرة إلى متوسطة الحجم من الحمض النووي (حتى حجم الجين الواحد تقريبًا) بالغة الأهمية (Garfinkel, 2010, 2)

توفر البيولوجيا التخليقية مجموعة متنوعة من التقنيات التي تساعد في تصميم وبناء الكائنات الحية الدقيقة القادرة على إنشاء وإنتاج وتعزيز الوظائف البيولوجية لاستخدامها في معالجة مقاومة المضادات الحيوية (León-Buitimea; Balderas-Cisneros ; Garza-Cárdenas; Garza-Cervantes & Morones-Ramírez, 2022, 7)، كما تعمل على تصميم وبناء شبكات ومسارات جزيئية حيوية جديدة، واستخدام هذه التركيبات لإعادة تشكيل وظائف الكائنات الحية وإعادة برمجتها، وسوف تغير هذه الكائنات المعاد تصميمها مسار الحياة على مدار السنوات القادمة، مما يؤدي إلى إنتاج عقاقير أرخص، وإنتاج العلاجات الموجهة targeted therapies لمهاجمة الجراثيم المقاومة وعلاج الأمراض مثل السرطان، وإنتاج وسائل صديقة للبيئة "وسائل خضراء" لتزويد السيارات بالوقود، كما بدأت الهندسة الجديدة للدوائر الجينية والوحدات البيولوجية والمسارات التخليقية في معالجة المشاكل الحاسمة كما يتم استخدامها في التطبيقات العملية ذات الصلة (Khalil & Collins , 2010, 367) .

وتتطور البيولوجيا التخليقية إلى منصة تصميم حيويbiodesign platfor ، حيث من الممكن إنشاء خلايا أو كائنات حية يمكن التنبؤ بوظيفتها تكون قادرة على إنتاج مجموعة متنوعة من الجزيئات أو المواد الجديدة التي يمكن استخدامها في تطبيقات متعددة (El Karoui; Flight & Fletcher, 2019 ,2) ، وتتضمن البيولوجيا التخليقية هندسة منهجية للكائنات الحية الجديدة، مثل البكتيريا والنباتات، للعمل كأجهزة وظيفية لحل المشاكل في مجال الطب والزراعة والصناعة , (Johnson; Sabel; Cole; Pruett; Plymale & Nathan 2022, 580)

وحظيت البيولوجيا التخليقية باهتمام كبير في السنوات الأخيرة نظرًا لتزايد تطبيقاتها في كل مجال من مجالات العلوم البيولوجية، وعلى الرغم من أن التاريخ البشري شهد استخدام الخلايا الحية لإنتاج الكحول والإنزيمات والمضادات الحيوية والمكملات الغذائية وما إلى ذلك، إلا أن التلاعب في الحمض النووي أو البروتين أو المسار الأيضي للأنظمة الحية أصبح الآن من أكثر اهتمامات البحوث الحالية في هذا المجال (Chownk; Thakur; Purohit; Vashisht & Kumar, 2019, 393)

ويوجد العديد من التطبيقات للبيولوجيا التخليقية في العديد من المجالات منها، الاستشعار البيولوجي biosensing، والعلاجات الدوائية therapeutics، وإنتاج الوقود الحيويproduction of biofuels ، والمستحضرات الصيدلانية pharmaceuticals، والمواد الحيوية النبيلة novel biomaterials (Khalil &Collins , 2010, 367)



شكل ١ البيولوجيا التخليقية (Walker & Pretorius , 2018, 5)

تستطيع البيولوجيا التخليقية أن تترجم الفكرة إلى منتج أو تطبيق وذلك كما يتضح من الشكل السابق من خلال دورة " التصميم - البناء – الاختبار – التعلم"، حيث تحتاج البيولوجيا التخليقية إلى هندسة علم الأحياء التي تتضمن التقنيات والمداخل المتاحة التي يتم تأطيرها حول المبادئ الهندسية framed around engineering principles، وينتج العديد من التطبيقات في مجالات متعددة منها الطب، الغذاء، الزراعة، البيئة، والطاقة (Walker & Pretorius , 2018, 5)

وعلى الرغم من أن البيولوجيا التخليقية لها العديد من التطبيقات المفيدة، لكنها تثير أيضًا مخاوف أخلاقية خطيرة محتملة، منها خطر إساءة استخدام المعرفة الناتجة من البيولوجيا التخليقية، على سبيل المثال، الإرهاب البيولوجي أو الحرب البيولوجية، وكذلك اعتبارات أخلاقية خاصة بالقيام بدور الله حيث يكون للبشر بعض التأثير على التكوين الجيني للكائنات المستقبلية كما سيكون لهم دور في خلق وتصميم الحياة المستقبلية (الحدود المناسبة لسيطرة الجنس البشري على الطبيعة وخلق الحياة أو إعادة خلقها، واعتبارات أخلاقية خاصة بالتمييز بين الكائنات الحية والآلات.(Douglas & Savulescu, 2010, 687-688)

وكما يوجد لتطبيقات البيولوجيا التخليقية العديد من الآثار الإيجابية، أيضًا يوجد العديد من الأثار السلبية المحتملة لهذه التطبيقات على الحفظ والاستخدام المستدام للتنوع البيولوجي (Scott; Abdelhakim; Miranda; Höft & Cooper,2015,25)

كما تثير تكنولوجيا البيولوجيا التخليقية مخاوف بشأن السلامة البيولوجية، والأمن البيولوجي، ذات الصلة بالإطلاق العارض أو المتعمد للكائنات الناتجة عن تطبيقات البيولوجيا التخليقية، وتشمل هذه المخاوف المتعلقة بالتأثيرات على مستوى النظام البيئي، وتدفق الجينات، وظهور خصائص لا يمكن التنبؤ بها حيث أن ذلك قد يُعرض الصحة العامة والبيئة لمخاطر غير معروفة، وعلى مدى العقود الماضية قامت بعض البلدان في أوربا وأمريكا وأسيا بتشريع قوانين ولوائح للتحكم في تطبيق تقنيات البيولوجيا التخليقية في البحوث الأساسية والتطبيقية (Li; Zhao; Zheng & An, 2021, 1)

كما تشير السلامة البيولوجية إلى الاحتواء والتدابير الموضوعة لضمان العمل والاستخدام الآمن مع العوامل البيولوجية التي يحتمل أن تكون خطرة، وفيما يتعلق بتدابير السلامة البيولوجية، فإن المنطق الأخلاقي الرئيسي هو الحماية من الأذى، من المهم التأكد من أن منتجات البيولوجيا التخليقية لا تسبب الضرر للبشر أو البيئات، ومع ذلك ، من المهم أيضًا ملاحظة أنه ليس كل شيء يتم إنتاجه في أبحاث البيولوجيا التخليقية سيكون له آثار على السلامة الحيوية، قد تكون بعض المنتجات حميدة أو غير قادرة على الإصابة(Newson, 2015, 49)

كما أن الكائنات التي تم إنشاؤها بواسطة البيولوجيا التخليقية هي كائنات يمكن أن تتكاثر بشكل طبيعي دون وجود إرادة بشرية، كما تعتبر منتجات البيولوجيا التخليقية معقدة للغاية؛ لا ينبغي معاملتها على أنها مجرد اختراع بسيط وذلك لأنه غير معروف ما الذي يمكن أن تتحول إليه هذه الكائنات، وما إذا كانت تمثل خطورة لصحة الإنسان أو البيئة، وعلى الرغم من ذلك، لم يتم تطوير إجراءات خاصة توفر الحماية والرعاية اللازمتين لمنتج تم إنشاؤه بواسطة البيولوجيا التخليقية. (Reyes, 2016, 319)

ومع التقدم في استخدام التقنيات والأدوات الجديدة في مجال العلوم البيولوجية، فإنه يبدو أن مستقبل البيولوجيا التخليقية سيكون واعدًا للغاية لتحقيق التنمية المستدامة من خلال تقديم حلول للتلوث البيئي واستغلال المخلفات الحيوية والتجارية وتطوير المنتجات وجعل العلوم البيولوجية أكثر إنتاجية (Chownk, Thakur, Purohit, Vashisht & Kumar, 2019, 407).

ومن مظاهر الاهتمام بالبيولوجيا التخليقية وجود العديد من المجلات العلمية المتخصصة في نشر أبحاث البيولوجيا التخليقية، ومنها*:

* تم توثيق المجلات العلمية في قائمة مستقلة بمراجع البحث.

- مجلة البيولوجيا التخليقية (Synthetic Biology): التي تصدر بصفة دورية وتتناول جميع جوانب البيولوجيا التخليقية مثل: تصميم الدوائر الجينية، والطرق الحسابية، والأنظمة الجينية، والهندسة الفيروسية، وتصميم الخلايا والبناء، وتوليف الحمض النووي، وعلم الجينات الاصطناعية، وبناء المسار، وتحسين الجينات، وهندسة البروتين، والهندسة الأيضية، والتطور المبرمج، والتصنيع الخلوي، النمذجة الرياضية والعمليات الهندسية.
- مجلة البيولوجيا التخليقية ((ACS Synthetic Biology: التي تصدر بصفة دورية منذ عام ٢٠١٤، وتتناول البحوث المشتركة بين العديد من المجالات البحثية مثل العلوم والتكنولوجيا والطب.
- مجلة البيولوجيا التخليقية والأنظمة الحديثة (Current Synthetic and Systems Biology) : هى مجلة أكاديمية توفر فرصة للباحثين والعلماء لاستكشاف أحدث التطورات البحثية في مجال البيولوجيا التخليقية والأنظمة البيولوجية والتخصصات الأكاديمية ذات الصلة ، كما تتناول مجموعة واسعة من الموضوعات حول البيولوجيا التخليقية، مثل تصميم وبناء الأجهزة والأنظمة البيولوجية، العديد من التطبيقات الطبية ، والجمع بين البحث البيولوجي والهندسة والتصميم ، تعديل وبناء شبكات الجينات الاصطناعية مع مداخل شبكة الأنظمة البيولوجية network systems biology approaches لمكافحة الأمراض المعدية ، ومرض السكر وما إلى ذلك.

وجود المؤسسة الدولية للآلة المهندسة وراثيًا The International Genetically Engineered Machine (iGEM) Foundation* : هي منظمة مستقلة غير ربحية تهتم بالنهوض بالبيولوجيا التخليقية والتعليم والمنافسة وتطوير مجتمع مفتوح وتعاوني.

وجود المسابقة الدولية للآلة المهندسة وراثيًا The International Genetically Engineered Machine (iGEM) competition هي مسابقة أكاديمية تهدف إلى تحسين فهم الناس للبيولوجيا التخليقية مع تطوير مجتمع مفتوح وتعاون بين المجموعات. إنها مسابقة البيولوجيا التخليقية الأكثر شهرة للطلاب، بدأت المسابقة في عام ٢٠٠٤ وتضم الآن أكثر من ٣٠٠ فريق يتنافسون من مواقع حول العالم، تهدف جميع الفرق المختلفة إلى تصميم وهندسة طريقة جديدة لتحسين استخدام البيولوجيا التخليقية، تتراوح المشاريع من تحسين البيئة إلى إنتاج أدوية أو مواد جديدة لاستعمار الكواكب الأخرى.

* تم توثيق رابط المؤسسة الدولية للآلة المهندسة وراثيًا ورابط المسابقة الدولية للآلة المهندسة وراثيًا في قائمة مستقلة بمراجع البحث

وجود العديد من الدول التي تهتم بتدريس البيولوجيا التخليقية ضمن برامجها للطلاب في المرحلة الجامعية، ومنها*:

- **كندا**: يوجد ثلاث جامعات تقدم برامج البيولوجيا التخليقية، اثنين منها على مستوى البكالوريوس، وهما جامعة ويستيرن أونتريو، وجامعة أوتاوا the University of Western Ontario and the University of Ottawa, أما جامعة كونكورادیا Concordia University تقدم البيولوجيا التخليقية على مستوى الدراسات العليا يتم تعريف العديد من الطلاب الجامعيين الكنديين بالبيولوجيا التخليقية من خلال المشاركة في المسابقة الدولية السنوية للآلة المهندسة وراثيًا (iGEM).(Diep, 2021)
كما يتم دراسة البيولوجيا التخليقية في جامعة كونكورديا concordia university برنامج تدريبي بعنوان (تطبيقات البيولوجيا التخليقية) والذى يتناول تطبيقات البيولوجيا التخليقية الأكاديمية والصناعية، كيفية تصميم وبناء الخلايا والبروتينات لتطوير منتجات جديدة تتعلق بصحة الإنسان والتقنيات الخضراء، بالإضافة إلى طرق بناء الحمض النووي وجمع البيانات باستخدام أحدث المعدات الآلية.
- **الولايات المتحدة الأمريكية :** يتم دراسة البيولوجيا التخليقية بجامعة Northwestern University، حيث يتم دراسة مقررين على مستوى البكالوريوس، وهما (مبادئ البيولوجيا التخليقية ، والموضوعات الحديثة في البيولوجيا التخليقية)، كما يتم تقديم برنامج البيولوجيا التخليقية على مستوى الدراسات العليا، حيث يتم دراسة مقرر مبادئ البيولوجيا التخليقية و الأدوات المستخدمة لهندسة النظم البيولوجية، ومقرر تفكيك البيولوجيا التخليقية Deconstructing Synthetic Biology الذى يتناول النظام الخالي من الخلايا والنظم البيئية .
كما يتم دراسة البيولوجيا التخليقية بجامعة University of Edinburgh، حيث يتم دراسة برنامج البيولوجيا التخليقية والتكنولوجيا الحيوية على مستوى الدراسات العليا والذي يتناول أدوات البيولوجيا التخليقية، وتطبيقات البيولوجيا التخليقية، والأثار الاجتماعية للبيولوجيا التخليقية.
كما يتم دراسة برنامج ماجستير العلوم في الأنظمة والبيولوجيا التخليقية، والذي يتناول تطبيق المبادئ الهندسية لفهم الشبكات البيولوجية والتحكم فيها وتصميمها، استخدام البيولوجيا التخليقية في حماية البيئة وصحة الإنسان وإنتاج الطاقة، المبادئ الأساسية وأدوات التكنولوجيا الحيوية المستخدمة في الأنظمة والبيولوجيا التخليقية، ودراسة تطبيقات البيولوجيا التخليقية التي

* تم توثيق روابط الدول التي تهتم بتدريس البيولوجيا التخليقية في قائمة مستقلة بمراجع البحث

تتراوح من فهم البيانات على مستوى الجينوم إلى تصميم وتوليف بوابات منطقية داخل الخلايا.

ويتم دراسة البيولوجيا التخليقية بجامعة واشنطن the University of Washington ، حيث يوجد بها مركز البيولوجيا التخليقية الذى يقدم العديد من المقررات منها، مقدمة في البيولوجيا التخليقية والذى يتناول العديد من الموضوعات مثل مفاهيم البيولوجيا التخليقية، تطبيقاتها في هندسة الخلايا والأنسجة ، والعلاج الجيني ، والأدوية والمواد المشتقة، والوقود البديل ، وأجهزة الاستشعار الحيوية، ومقرر تطبيقات البيولوجيا التخليقية الذى يتناول طرق نمذجة وتصميم الوظائف على مستوى الأنظمة في الميكروبات وخلايا الثدييات لحل مشاكل العالم الحقيقي، والمحاكاة الحسابية ، والنمذجة الميكانيكية، ونمذجة وتصميم أنظمة جديدة لإنتاج مواد كيميائية ووقود متجدد، ومواد طبية للصحة العالمية، وتطوير علاجات تعتمد على الخلايا والأنسجة .

وقد أشار هالينان وآخرون (Hallinan; Wipat; Kitney; Woods; Taylor & Goñi-Moreno,2019 , 25) إلى ضرورة تعريف طلاب المرحلة الجامعية بالتطورات الجديدة ذات الصلة بمجال البيولوجيا التخليقية والتعرف على الفوائد والتحديات المحتملة لهذا المجال، والتي قد تؤثر على تفكير الطلاب في المستقبل.

كما أكدت المعايير القومية الأكاديمية المرجعية لقطاع كليات التربية على ضرورة أن يكون الخريج قادرًا على أن يستنبط المفاهيم والنتائج والدروس المستفادة من الظواهر والأحداث والحالات في فهم الحاضر واستشراف المستقبل (الهيئة القومية لضمان جودة التعليم والاعتماد، ٢٠١٣، ١٩)، مما يدل على أهمية تنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى طالب كلية التربية بوجه عام وطالب شعبة العلوم البيولوجية بوجه خاص.

ومن دواعي الاهتمام بتنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى الطلاب أنها تساعد على خلق فرص لبناء سيناريوهات مستقبلية مفضلة، وأيضًا تشجع على الإبداع وجعل الطلاب قادرين على تطوير أفكارهم لتفسير الواقع المحيط بهم والتنبؤ بما سيحدث في المستقبل، واقتراح حلول للمشكلات المستقبلية (Jones; Buntting; Hipkins; McKim ; Conner & Saunders, 2011, 688)، كما أنه ينبغي تنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى المتعلمين أثناء تعلم العلوم لمساعدتهم على مواجهة تحديات القرن الحادي والعشرون بكل متغيراته وتطوراته التي تفرض نفسها على مناهج العلوم مثل القضايا العلمية الجدلية مثل الطاقة والماء والغذاء والجينوم البشري والتكنولوجيا الحيوية وما إلى ذلك ، تتطلب مفكرًا مبدعًا ومستقرًا وخياليًا وقادرًا على اتخاذ القرارات (Abdel-Radi, 2021, 179)

وقد أشارت الدراسات السابقة إلى تدنى مهارات التفكير المستقبلي لدى طلاب شعبة العلوم البيولوجية بالمرحلة الجامعية، مثل دراسة سليمان (٢٠١٧)، ودراسة

عبد العزيز، وغلوش، ودرويش (٢٠٢١)، كما أشارت الدراسات السابقة أيضًا إلى ضرورة الاهتمام بالبيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها، مثل دراسة (Walker, 2021)، وضرورة دمج البيولوجيا التخليقية في مناهج المرحلة الجامعية، مثل دراسة (Campbell; Heyer; Eckdahl& Poet, 2012)، ودراسة (Pieczynski & Kee, 2020)

وقامت الباحثة بفحص بعض المقررات الموجودة في برنامج إعداد معلم العلوم البيولوجية، والتي تعتبر أكثر المقررات ارتباطا بالبيولوجيا التخليقية للوقوف على مدى تضمينها للبيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها ومن هذه المقررات مقرر:

١- البيولوجيا الجزيئية بالفرقة الثالثة تبين عدم تضمين أي تطبيق من تطبيقات البيولوجيا التخليقية.
٢- الميكروبيولوجي التطبيقية بالفرقة الثالثة، وجد به عدد قليل من التطبيقات وهي (الأسمدة الحيوية، كاشفات التلوث الحيوية، وإنتاج الغاز الحيوي "البيوجاز").
٣- مقرر الوراثة بالفرقة الرابعة تبين عدم تضمين أي تطبيق من التطبيقات.
٤- بيوتكنولوجيا النبات والكائنات الدقيقة بالفرقة الرابعة وجد به تطبيق واحد وهو (المعالجة الحيوية للنفايات).

لذلك يحاول البحث الحالي تضمين مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها في برنامج إعداد معلم العلوم البيولوجية من خلال تقديم وحدة مقترحة في مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية.

مشكلة البحث:

تمثلت مشكلة البحث في قصور برنامج إعداد معلم العلوم البيولوجية في تضمين مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها وتدنى مستوى مهارات التفكير المستقبلي لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية.

أسئلة البحث

وللتصدي لهذه المشكلة يحاول البحث الحالي الإجابة عن التساؤلات الأتية:

١- ما مفاهيم وتطبيقات البيولوجيا التخليقية التي ينبغي تضمينها في الوحدة المقترحة؟
٢- ما الوحدة المقترحة في مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية مهارات التفكير المستقبلي والوعي بأخلاقياتها لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية؟
٣- ما فاعلية الوحدة المقترحة في مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية؟

٤- ما فاعلية الوحدة المقترحة في مفاهيم وتطبيقات البيولوجيا التخليقية لتنمية الوعي بأخلاقياتها لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية؟

أهداف البحث

يهدف البحث إلى:

- إعداد وحدة مقترحة في مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية مهارات التفكير المستقبلي والوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية لدى طلاب شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية.
- تحديد فاعلية الوحدة المقترحة " مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها " لتنمية مهارات التفكير المستقبلي والوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية.

أهمية البحث:

من المتوقع أن يفيد البحث في:

- إعداد قائمة بمفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها، يستفيد منها مطوري المناهج للعمل على تضمينها بالمنهج.
- إعداد دليل المعلم في الوحدة المقترحة في مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها، يستفيد منه القائمين بالتدريس في الاسترشاد به في تضمين تطبيقات البيولوجيا التخليقية عند بناء تلك المناهج.
- إعداد اختبار في مهارات التفكير المستقبلي قد يساعد في بناء اختبارات مماثلة في دراسات أخرى.
- إعداد مقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية قد يساعد في بناء مقاييس مماثلة في دراسات أخرى.

حدود البحث:

اقتصر البحث على:

- مجموعة من طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية بكلية التربية جامعة بنها وعددهم (٣٣) طالب وطالبة.
- بعض مهارات التفكير المستقبلي وهي (التخطيط - التنبؤ – التصور – حل المشكلات المستقبلية)

فروض البحث

حاول البحث التحقق من صحة الفروض التالية:

- يوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة $\leq$ ٠,٠٥ بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لمهارات التفكير المستقبلي وفى الاختبار ككل لصالح التطبيق البعدي.

- يوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ≤ ٠,٠٥ بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لأبعاد مقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية وفى المقياس ككل لصالح التطبيق البعدي.

منهج البحث

اتبع البحث المنهج شبه التجريبي القائم على تصميم المجموعة التجريبية الواحدة ذو القياس القبلي والبعدي.

مصطلحات البحث

تتحدد مصطلحات البحث كالتالي:

- **البيولوجيا التخليقية / الاصطناعية:** علم متعدد التخصصات يجمع بين البيولوجيا الجزيئية والهندسة حيث يطبق مبادئ هندسية في علم الأحياء لبناء أنظمة بيولوجية جديدة مصممة لأغراض مفيدة، كما تقوم بإعادة إنتاج البيانات لتخليق كائنات جديدة تستخدم في العديد من التطبيقات في معظم مجالات العلوم البيولوجية.
- **تطبيقات البيولوجيا التخليقية:** التطبيقات الناتجة عن استخدام التقنيات الوراثية لتعديل أو إنشاء الكائنات الحية الدقيقة لخدمة الأغراض البشرية في مجال الطب والتصنيع الحيوي أو الطاقة أو البيئة والغذاء والزراعة.
- **مهارات التفكير المستقبلي**: القدرات التي ينبغي أن يمتلكها طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية جامعة بنها لتساعدهم على التنبؤ بالمشكلات المستقبلية المرتبطة بتطبيقات البيولوجيا التخليقية، وتكوين صورة كاملة عن نقاط القوة (الإيجابيات) ونقاط الضعف (السلبيات) المرتبطة بالمشكلة والتخطيط وطرح حلول لتلك المشكلات، وتتمثل في (التنبؤ، التصور، التخطيط، وحل المشكلات المستقبلية)، وتقاس بالدرجة التي يحصل عليها كل طالب في اختبار مهارات التفكير المستقبلي المستخدم في البحث.
- **الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية:** إدراك طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بالأثر الإيجابية والسلبية لتطبيقات البيولوجيا التخليقية، ورفض أو قبول تلك التطبيقات، وتقاس بمقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية المستخدم في البحث.

الإطار النظري للبحث

أولًا: البيولوجيا التخليقية

يعتمد ظهور البيولوجيا التخليقية وتطورها السريع على ثلاثة عوامل تكنولوجية رئيسة وهي: النمذجة الحاسوبية، تسلسل الحمض النووي تركيب الحمض النووي، وذلك يعنى أن البيولوجيا التخليقية تتطلب القدرة على إجراء

نمذجة التصميم والتنبؤ بأداء النظام قبل التصنيع، من الواضح أن تسلسل الحمض النووي الفعال، أو قراءة الحمض النووي يكون ضروري لهذا النوع من النمذجة، وبمجرد معرفة تسلسل الجينوم، قد تكون الخطوة التالية هي "إعادة كتابة" أو تجميع كل أو جزء من الجينوم (Marinkovic; Samardzic & Pajic, 2018, 1635)

كما يتسع نطاق البيولوجيا التخليقية باستمرار بسبب التقدم السريع في تقنياتها المتعددة ، بما في ذلك قراءة وكتابة الحمض النووي، والتشغيل الألى عالي الإنتاجية high-throughput automation وعلوم البيانات، ولذلك تطورت منتجات البيولوجيا التخليقية من دوائر المنطق الجيني genetic logic circuits البسيطة إلى الجينوم المصغر، والشفرة الجينية الموسعة، والمسارات الأيضية المعاد برمجتها، والدوائر المستقلة متعددة الطبقات autonomous multi-layer circuitry عبر أنواع متعددة من الميكروبات (Mao; Aggarwal; Loo Poh; Cho; Kondo; Liu; Yew& Chang, 2021, 2) .

وتعتبر البيولوجيا التخليقية مجال متطور يتعامل مع النظم البيولوجية المعقدة والتغلب على قضايا الأمان الحيويbiosafety المرتبطة بهندسة الأنظمة الحية (Sekhon & Rahman, 2013, 1)، كما تهدف إلى تعديل وهندسة سلوك الكائنات الحية لأداء مهام جديدة (Andrianantoandro; Basu; Karig & Weiss, 2006, 1).

يُعرفها دوجلاس وسافوليسكو(Douglas & Savulescu, 2010, 687) بأنها فرع البحث والتطوير الذي يطبق مبادئ التصميم المنطقي لإنتاج أنظمة، أو كائنات، أو مكونات بيولوجية جديدة، أو التي تساهم بطريقة مباشرة وهامة في إنتاجها من خلال التطوير الجديد للمواد أو التقنيات أو العمليات

كما يُعرفها جوتمان (Gutmann, 2011, 17)بأنها مجال بحثي يهدف إلى الجمع بين المعرفة وطرق علم الأحياءmethods of biology والهندسة والتخصصات ذات الصلة في تصميم الحمض النووي المركب كيميائيًا لإنشاء كائنات ذات خصائص أو سمات جديدة أو محسنة.

ويعرفها سيكهون ورحمن (Sekhon & Rahman , 2013, 1) بأنها علم لتصميم وبناء أجزاء بيولوجية جديدة لتعديل الخلايا والكائنات الحية لتزويد الخلايا بوظائف جديدة، والكشف عن تسلسل الحمض النووي ودراسة سلوك الجين لتمهيد الطريق لتخليق الجين de novo.

ويعرفها كامبيل وآخرون (Campbell, et al., 2014,285)مجال متعدد التخصصات يمزج بين الكيمياء والهندسة ونمذجة الحاسب الألى والبيولوجيا الجزيئية وبيولوجيا الأنظمة.

كما يُعرفها ماو وآخرون (Mao; Aggarwal; Loo Poh; Cho; Kondo; Liu; Yew& Chang, 2021, 2) بأنها مزيج من التخصصات

الهندسية والبيولوجية، حيث يتم إجراء "إعادة توصيل" الدوائر البيولوجية biological circuitry التي تحدث بشكل طبيعي، سواء كانت جينًا أو بروتينًا، لتحقيق الشكل المنطقي للتحكم الخلوي للتطبيقات المرغوبة.

وتتعدد تطبيقات البيولوجيا التطبيقية: (European Academies Science Advisory Council, 2010, 7)، (Douglas & Stemerding, 2014, 4)، (Mao; Aggarwal; Loo Poh; Cho; Kondo; Liu; Yew& Chang, 2021, 5)

- **ففي مجال التصنيع الحيوي أو الطاقة أو البيئة**: تتعدد التطبيقات في هذا المجال منها:
  - استخدام الميكروبات لإنتاج المواد البلاستيكية القابلة للتحلل Biodegradable plastics.
  - إعادة تدوير النفايات الإلكترونية بواسطة الميكروبات المصممة هندسيًا engineered microbes.
  - المستشعرات الحيوية للكشف عن الملوثات.
  - المعالجة البيولوجية bioremediation.
  - الجيل الثاني من الوقود الحيوي (إنتاج الوقود الحيوي بواسطة الطحالب).
  - عملية التمثيل الضوئي الاصطناعية.
  - إنتاج المواد الكيميائية باستخدام الميكروبات.
  - استخدام المواد الأولية مثل المحاصيل الزراعية ومحاصيل الطاقة وثاني أكسيد الكربون والنفايات الزراعية والصناعية لإنتاج الوقود الحيوي والمواد الكيميائية.
  - توليد الهيدروجين والطاقة الأخرى بواسطة ميكروبات جديدة.
  - إنتاج مواد وظيفية جديدة.
- **وفى مجال الطب:** تستخدم على نطاق واسع في:
  - علاجات البروتين.
  - الأدوية منخفضة الوزن الجزيئي (مثل المضادات الحيوية).
  - اللقاحات والعلاج الجيني.
  - أنظمة توصيل الأدوية ذات الإطلاق الخاضع للرقابة والبوليمرات الشبيهة بالحمض النووي لإطلاق الأدوية الخاصة بالموقع؛ هندسة الأنسجة؛ اختبارات تشخيصية سريعة وحساسة في المختبر ومصفوفات كشف متعددة الرقائق

- التحرير الجيني الدقيق للاضطرابات الموروثة باستخدام كريسبر كاس CRISPR-Cas.
- استخدام الميكروبات المهندسة كأدوية لعلاج الأمراض المختلفة.
- استخدام CRISPR-Cas للكشف الحساس عن الفيروسات.
- عمليات إنتاج الأدوية الجديدة (تخليق المركبات الطبيعية النشطة بيولوجيا، مثل مادة الأرتيميسينين)
- أنواع جديدة من المنتجات العلاجية (الفيروسات والبكتيريا المهندسة)
- أنواع جديدة من أدوات التشخيص (مثل: المستشعرات الحيوية أو المقايسة المناعية المحسنة:(improved immunoassay
- أشكال جديدة للعلاج المستهدف (مثل البكتيريا المهندسة لمهاجمة الخلايا السرطانية)
- تطوير المنتجات الصيدلانية (مثل إنتاج فيروس صناعيا لاستخدامه لصنع لقاحات جديدة)

- **وفى مجال الغذاء والزراعة:** تستخدم في:

- إنتاج المحاصيل معدلة الجينوم Genome-edited crops لزيادة الإنتاج، ومقاومة الأمراض وتحسين التغذية.
- إنتاج الأسمدة الميكروبية Microbial-based fertilizers.
- المضافات الغذائية Food additives.

كما تتضمن البيولوجيا التخليقية استخدام التقنيات الوراثية لتعديل أو إنشاء الكائنات الحية الدقيقة لخدمة الأغراض البشرية (Kaebnick; Gusmano & Murray, 2014,6)،وعلى الرغم من الفوائد التي تحققها تطبيقات البيولوجيا التخليقية للمجتمع والبيئة الا أن هذه التقنيات قد تخلق العديد من المخاطر للإنسان والبيئة، بشكل عام، حيث توجد الكائنات الحية الدقيقة وتتفاعل داخل بيئة شديدة التعقيد وتستمد وظائفها الوراثية من العمليات التطورية التي تحدث على مدى آلاف السنين من التجربة والخطأ، حيث يقوم علماء الأحياء والمهندسون العاملون في علم الأحياء التخليقي بعمل قفزات تطورية عبر الزمن حيث يصنعون كائنات حية عالية الهندسة قادرة على الاستجابة للمحفزات المحددة من قبل الباحثين، تحمل مثل هذه التطورات وعودًا بإحداث تأثير كبير على المجتمع من خلال التطبيقات المفيدة، ولكنها قد تخلق أيضًا قلقًا من الحوادث الضارة أو سوء الاستخدام أو العواقب غير المقصودة، وتعطيل عمل النظام البيئي (Cummings &Kuzma , 2017,2) ، يتوقف القلق من البيولوجيا التخليقية على طبيعة تطبيقاتها وكيفية تنفيذ هذه التطبيقات في البيئة، حيث يوجد قلق من تأثر علاقة الإنسان بالبيئة فقد تتعارض أحد تطبيقات البيولوجيا التخليقية مع البيئة كما تتعارض عملية صنع الوقود

بالميكروبات البشرية المعدلة مع الطبيعة أكثر من صنع الوقود عن طريق عملية استخراج المواد الخام ومعالجتها (Kaebnick; Gusmano & Murray, 2014,8)

قد يتضمن تطوير الكائنات الحية الاصطناعية للميكروبيوم البشري تجارب سريرية تشكل خطرًا على سلامة الأشخاص الخاضعين للتجارب، كما قد يشكل تطوير الكائنات الحية الاصطناعية لإنتاج الوقود مخاطر بيئية مرتفعة محليًا، خاصةً إذا لم يتم الاحتفاظ بالكائنات الحية في أنظمة مغلقة تمامًا، أيضًا إذا كانت الطريقة التي يتم بها تطوير التكنولوجيا تولد أو تقيد نطاق التطبيقات النهائية، فإن التطور له عواقب ترتبط بما إذا كانت التطبيقات عادلة أو غير عادلة (يتم توزيعها بطريقة عادلة على كافة البشرية)، ولذلك يجب توجيه استخدام تطبيقات البيولوجيا التخليقية بما يحقق العدالة، كما تنشأ مخاوف حول ملكية التكنولوجيا وكيفية السيطرة عليها (Kaebnick; Gusmano & Murray, 2014, 15)، كما قد تساهم تطبيقات البيولوجيا التخليقية في عدم المساواة العالمية وترسيخ التبعية الاقتصادية أي أن السيطرة على العالم ستكون لمن يمتلك المزيد من التطبيقات (Boldt, 2014, 11)، يمكن إثارة مخاوف حول استخدام البيولوجيا التخليقية في إنتاج أنواع الوقود والمواد الخام الجديدة، حيث يكون التأثير على البيئة الطبيعية غير واضح ، والتغيير من مصادر الطاقة الأخرى ومكونات البناء إلى منتجات البيولوجيا التخليقية يغير توزيع الثروة وليس بالضرورة للأفضل، ويتم القضاء على الممارسات الجيدة التقليدية، مع عواقب غير معروفة (Hayry, 2017, 199)

كما تتعلق الأضرار الناتجة عن بعض تطبيقات البيولوجيا التخليقية بشكل أساسي بالسلامة والأمن البيولوجي، نظرًا للطبيعة الجديدة لتقنيات البيولوجيا التخليقية، حيث قد يؤدي الإطلاق العرضي أو المتعمد للكائنات المهندسة إلى أضرار بيئية واسعة النطاق وغير متوقعة، أو أضرار تلحق بصحة الإنسان والحيوانات غير، هذا الضرر المحتمل يؤدي مباشرة إلى القلق بشأن الأمن البيولوجي، ويثير أسئلة حول أنسب الطرق لحماية كل من المعرفة والمنتجات المادية (Rogers, 2015, 39)، وهناك مخاوف تتعلق بإساءة استخدام المعرفة البيولوجية، وتتمثل هذه المخاوف في قضية الإرهاب البيولوجي (Holm,2017, 230)، حيث أنه بعد نشر المعلومات التي وصفت كيفية تركيب جينومات الفئران وشلل الأطفال، ظهر الكثير من القلق بشأن مخاطر الأذى الجسدي بعد النشر، حيث أن مجال البيولوجيا التخليقية يعتبر من مجالات البحث ذو الاستخدام المزدوج التي يمكن من خلالها توفير المعرفة أو المعلومات أو المنتجات أو التقنيات التي يمكن إساءة تطبيقها بشكل مباشر لتشكل تهديدًا كبيرًا له عواقب محتملة على الجمهور والصحة والأمن البيئي، الا أنه في معظم الحالات التي يمكن فيها إساءة استخدام المعرفة البيولوجية، هناك استراتيجيات متاحة لتقليل مخاطر إساءة الاستخدام

بمجرد إنشاء المعرفة ونشرها على مستوى الدولة، يمكن أن يقلل الالتزام القوى للاتفاقيات داخل الدولة و بين الدول من مخاطر إساءة الاستخدام (Marinkovic; Samardzic& Pajic, 2018, 1639).

كما أن هناك قلق من أن بعض الافتراضات النظرية التأسيسية التي تقوم عليها البيولوجيا التخليقية قد تكون معيبة، على سبيل المثال، تعتمد البيولوجيا التخليقية بشكل كبير على التشابه بين الخلايا وأجهزة الحاسب الألى، حيث يُنظر إلى التعبير الجيني على أنه البرنامج، والآلات الخلوية أو الهيكل تمثل أجهزة الحاسوب، ومع ذلك، على الرغم من أن البرامج قد تكون ذاتية التكرار، إلا أن الأجهزة ليست كذلك، وبالتالي فإن التشابه بين الخلايا وأجهزة الحاسب الألى معيب لأن أجهزة الحاسوب لا تكرر نفسها (Rogers, 2015, 42)

ومن الدراسات التي تناولت البيولوجيا التخليقية / الاصطناعية وأخلاقياتها:

دراسة كامبل، هيير، اكداهى وبويت (Campbell; Heyer; Eckdahl & Poet, 2012) التي اقترحت دمج البيولوجيا التخليقية في منهج علم الأحياء الدقيقة، كما يمكن دمج مقرر البيولوجيا التخليقية في العديد من المقررات الجامعية المختلفة، منها البيولوجيا الجزيئية، والكيمياء الحيوية، والهندسة الحيوية، وعلم الوراثة، عندما يتعلم الطلاب عن بنية الجينات وتنظيمها، وتعلم كيفية استخدام أدوات البيولوجيا التخليقية لدراسة محفزات الجينات وتحديد ناتج الجين المراسل مثل بروتين الفلورسنت الأحمر، كما اقترحت الدراسة تناول العديد من الموضوعات التي يمكن تناولها بالبيولوجيا التخليقية مثل البيولوجيا البيئية والتطبيقات الطبية الحيوية والطاقة الحيوية، وأكدت الدراسة على أنه عندما يتعلم الطلاب الجامعيين حول مجال البيولوجيا التخليقية ويقومون بإجراء البحوث ، سيكتسبون فهمًا أعمق للأفكار الكبيرة في علم الأحياء

ودراسة ايبسن وأندرسين وبيدرسين (Ebbesen; Andersen& Pedersen, 2015) التي هدفت إلى تقديم إطار مفاهيمي لتحليل القضايا الأخلاقية، وأشارت إلى أن القضايا الأخلاقية للبيولوجيا التخليقية تشبه القضايا الأخلاقية في التكنولوجيا الحيوية، علم الأحياء والرعاية الصحية، كما توصلت الدراسة إلى عدة مبادئ أخلاقية أساسية ترتبط بالبيولوجيا التخليقية، وهي مبادئ الاستحقاق، وعدم الإضرار، واحترام الاستقلالية، والعدالة، وهذه المبادئ هى جزء من نظرية بوشامب وتشيلدرسBeauchamp and Childress' theory .

ودراسة كومينجس وكوزما (Cummings &Kuzma , 2017) التي استهدفت تقديم مخطط لتقييم المخاطر المجتمعية a Societal Risk Evaluation Scheme متعدد المعايير قائم على السيناريو Scenario-Based Multi-Criteria Evaluation للتطبيقات الناشئة عن تقنيات البيولوجيا التخليقية ، يعتمد مخطط تقييم المخاطر المجتمعية على عوامل الخطر المجتمعية التي تم

تحديدها مثل المخاطر الصحية والبيئية، تم استخدام طريقتي تقييم المراقبة الأولية upstream oversight assessment، وتحليل القرار متعدد المعايير multi-criteria decision analysis لتوقع التأثيرات المرتبطة بالتقنيات الناشئة قبل تسويقها في المجتمع لأخذ القرارت المستقبلية حول ما إذا كان سيتم نشرها أو كيفية نشرها، تم تطبيق استبيان يتناول مجموعة متنوعة من قضايا المخاطر والحوكمة على مجموعة من الخبراء(كيميائيين وعلماء أحياء جزيئية وعلماء في الهندسة الحيوية وعلماء اجتماع وعلماء في علم الأوبئة والسموم وعلماء بيئيين)، وعددهم (٣٥) خبير، لتحديد المخاطر المحتملة والفوائد والقضايا الأخلاقية والقانونية والمجتمعية للبيولوجيا التخليقية، وهذه الطريقة مناسبة تماما لإدارة المخاطر المستقبلية ويمكن استخدامها كأداة فحص مفيدة وشاملة لتسليط الضوء على المجالات العامة التي تحتاج إلى مزيد من المعلومات والبحث .

ودراسة بيسينسكى، وكى (Pieczynski & Kee, 2020) التي استهدفت استخدام نموذج التعلم القائم على دراسة الحالة لدمج وحدة مقترحة في تقنية كريسبر كاس CRISPR-Cas وهى أحد التقنيات المستخدمة في البيولوجيا التخليقية في مقرري علم الوراثة، وعلم الوراثة المتقدم لطلاب العلوم البيولوجية بالفرقة الثانية والفرقة الثالثة بجامعة ستيتسون Stetson University، واستهدفت أيضًا معرفة الأثار الأخلاقية المترتبة على استخدام تقنية كريسبر كاس ولتحقيق ذلك تم إعداد مقياس الأخلاقيات المرتبطة باستخدام التقنية، وتم تطبيقه على عينة الدراسة التي تكونت من (١٧) طالب بالفرقة الثانية و (١١) طالب بالفرقة الثالثة، ثم تم تدريس الوحدة المقترحة، ثم تطبيق المقياس بعديًا، وأشارت النتائج إلى فهم الطلاب لتقنية كريسبر كاس واستخداماتها، ورفض عدد قليل من الطلاب استخدام التقنية للتعديل الجيني في البشر، بينما وافقوا على التعديل الجيني للكائنات الحية الأخرى .

ودراسة والكير (Walker, 2021) التي أجريت بهدف معرفة اتجاهات ومعارف تلاميذ المرحلة المتوسطة بالبيولوجيا التخليقية، ولتحقيق ذلك تم تطبيق استبيان مفتوح النهاية تناول سؤالين وهما ما هى البيولوجيا التخليقية ؟، أعطى مثال أو أكثر يوضح البيولوجيا التخليقية، كما تم تطبيق مقياس على (٦٦) تلميذ من تلاميذ المرحلة المتوسطة تتراوح أعمارهم بين (١١-١٤) سنة لمعرفة اتجاهات التلاميذ نحو تطبيقات البيولوجيا التخليقية، وتناول المقياس بعض تطبيقات البيولوجيا التخليقية، وأشارت نتائج الدراسة إلى أن تلاميذ المرحلة المتوسطة لديهم معارف قليلة ومحدودة بالبيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها، حيث أن (٨٦,٤٪) من التلاميذ ليس لديهم أي معلومات عن البيولوجيا التخليقية، وأن (٥٧,٤ %) من استجابات التلاميذ كانت تقبل تطبيقات البيولوجيا التخليقية.

ثانيًا: التفكير المستقبلي: ماهيته ومهاراته

يُعرف التفكير المستقبلي بأنه استكشاف منظم للمستقبل يشجع على التحليل والنقد والتخيل والتقييم وتصور حلول لمستقبل أفضل (Jones; Buntting; Hipkins; McKim ; Conner & Saunders, 2011, 688).

ويُعرف بأنه العملية التي من خلالها يقوم الفرد باكتشاف أو ابتكار وفحص وتقييم واقتراح مستقبلات ممكنة أو محتملة أو مفضلة، ويتم صياغة ذلك في صورة تنبؤات (حافظ، ٢٠١٥، ٣٥).

كما يُعرف بأنه نمط من التفكير الذي يتم وفق عمليات ذهنية متكاملة تمثل توليد الكثير من الأفكار وإثارة تساؤلات حول ما تم تجميعه من معلومات، واستخدام الخيال، والتفكير، والتأمل، والعصف الذهني بهدف وضع تصور مبدئي لما ستكون عليه الظاهرة في المستقبل. (Botha, 2016, 957)

ويعرفه رزوقى، ومحمد (٢٠١٦، ٢٩٣) بأنه نمط من أنماط التفكير الذي يتم وفق عمليات ذهنية متكاملة تمثل توليد الكثير من الأفكار وإثارة تساؤلات حول ما تم تجميعه من معلومات، واستخدام الخيال، التفكير، التأمل، العصف الذهني، واستراتيجية ماذا يحدث لو بهدف وضع تصور مبدئي لما ستكون عليه الظاهرة في المستقبل، وتتضمن هذه العملية الاستعارة من أفكار الأخرين، وإطلاق عنان الخيال المشروط، وتبسيط المعقد.

كما يُعرف بأنه استخدام الخيال لجعل المستقبل غير الموجود في الحاضر حقيقة (McAllum, 2020, 351)

وتتعدد خصائص التفكير المستقبلي ومنها ما يلي: رزوقى، ومحمد (٢٠١٦، ٢٩٣-٢٩٥)

- يتميز بالتغير والبحث عن بدائل وأفكار جديدة، ومقترحات متنوعة، ومن هنا يعد التفكير مدخل جديد إلى النظر للمشكلة يختلف عن المداخل التقليدية، وهو مدخل تطويري وتغيري للأفضل.
- يعتمد بصورة أساسية على العقل مقترنًا بالخيال والعاطفة والحدس، ومعنى ذلك أن البنية الأساسية للتفكير المستقبلي هى بنية الوقائع والمعطيات وليست الأوهام والمعتقدات.
- يجعل المتعلم يحلل الموقف الموجود أمامه إلى عناصره ويرسم الخطط اللازمة لفهمه بهدف الوصول إلى النتائج التي يتطلبها الموقف وتقويم النتائج في ضوء الخطط اللازمة أي أنه تأمل في زمن الماضي والحاضر والمستقبل.
- هو تفكير يتميز بالإنتاج والتواصل والتنبؤ الذي يقدم توقعات لوصف وفهم المستقبل والرؤية المتعمقة واتخاذ القرار، ويقوى على بناء رؤى مستقبلية ذات بعد شمولي.

- هو العملية التي يتم من خلالها محاولة تكوين الصورة المستقبلية المتنوعة والمحتملة الحدوث، ودراسة المتغيرات التي يمكن أن تؤدي إلى احتمال وقوع هذه الصورة المستقبلية.
- أحد أنماط التفكير الذي يتطلب تركيب مفاهيمي يحدد طرق الإدراك والتذكر وحل المشكلات ويتضمن طريقة المتعلم في جمع المعلومات ومعالجتها ودمجها في بنائه المعرفي وتخزينها في ذاكرته طويلة المدى واسترجاعها في مواقف حياته المختلفة من أجل استشراف أفاق المستقبل.
- عملية يتم من خلالها رصد وتتبع مسار المشكلات في الوقت الحاضر، واقتراح بدائل متعددة لما ستكون عليه المشكلات في المستقبل مع التركيز على أهمية رسم الصور البديلة والمتوقعة، ووضع حلول غير مألوفة لها.

وتوجد العديد من التصنيفات لمهارات التفكير المستقبلي كما يلي:

حددها كل من جونيس، بونتينج، هيبكنس، مكيم، كونير، وساويندر (Jones; Buntting; Hipkins; McKim ; Conner & Saunders , 2011, 690) بالمهارات التالية:

- **فهم الحالة الراهنة**: ماذا يحدث الآن ولماذا؟
- **تحديد الاتجاهات الأساسية**: هل التغييرات التي تحدث الآن مختلفة عما حدث في الماضي ولماذا؟ هل التغيير مبرر؟ ما هي المنافع أو الفوائد؟ وما هي الأضرار أو أوجه القصور؟
- **تحليل الموجهات ذات الصلة**: هل بعض التغييرات (الاتجاهات) ذات صلة؟ ما هو السبب الرئيسي لهذا التغيير؟
- **تحديد السيناريوهات المحتملة في المستقبل**: توليف الاحتمالات والإمكانيات المستقبلية، هل الاتجاهات والدوافع الحالية مستمرة؟ كيف تؤثر الاتجاهات والدوافع على المستقبل؟ ما الذي يمكن أن يغير ذلك؟
- **اختيار السيناريو الأفضل في المستقبل**: الاختيار مع تبرير احتياجات المستقبل المنشود، ماذا تريد أن يحدث في المستقبل ولماذا؟

بينما حددها حافظ (٢٠١٥، ١٢٤) بالمهارات التالية:

- **التنبؤ**: القدرة على توقع أحداث بناءً على معلومات سابقة، سواء كانت ناتجة عن الملاحظة أو الاستنتاج من خلال استقراء معين للأحداث، كما تمثل هذه المهارة " التفكير فيما سيجرى في المستقبل "
- **التوقع**: المهارة التي يستخدمها المتعلم للتكهن بنتائج الأفعال وظهور الأشياء وتشكيل الصورة لمجرى ونتيجة الأحداث المقبلة على أساس الخبرة الماضية.
- **التصور**: العملية التي يتم من خلالها تكوين صور متكاملة للأحداث في فترة مستقبلية وتتأثر بعوامل الابتكار والخيال العلمي في محاولة لتصوير هذا التصور المستقبلي.
- **حل المشكلات المستقبلية**: المهارة التي تستخدم لتحليل ووضع استراتيجيات تهدف إلى حل سؤال صعب أو موقف معقد أو مشكلة تعيق

التقدم في جانب من جوانب الحياة، فهي عبارة عن إيجاد حل لمشكلة ما أو قضية معينة، وهي الأداة التي تتيح للمتعلم فرصة لمساعدته على التكيف مع المعطيات الجديدة والتأقلم مع المشكلات المستقبلية التي تعترض حياته.

أما القطامي، أبو نعيم (٢٠١٥، ٤٩-٥٠) حددا المهارات التالية:

- **الاستمطار المعرفي**: عملية العصف الذهني التي يقوم بها الفرد لتمكنه من تحديد ما لديه من معرفة حول المستقبل وما ينقصه منها لمساعدته على توليد أفكار جديدة.
- **الاستقراء المعرفي**: عملية خروج الفرد بإستبصارات حول المشكلة التي يواجهها، عن طريق المعالجة الذهنية العميقة والتفصيلية.
- **التخطيط المعرفي**: تتم هذه العملية عن طريق وضع الفرد الخيارات الممكنة أمامه للموازنة والحكم بينهم، حيث تمكن الفرد من العمل بوعي للتصدي لمشكلات على المدى البعيد.
- **التصور المعرفي**: التخيلات والسيناريوهات المستقبلية المعتمدة على أسس علمية ومنطقية.
- **الاستشراف المعرفي**: ويكون بقراءة الماضي للوصول إلى استكشاف طبيعة الكون وقوانينه والإفادة منه في عمل تصورات وأفكار حول المستقبل.
- **التحسين المعرفي**: يكون بالاستناد إلى المعرفة المنبثقة من المعالجات الذهنية، والتي تعتمد على نتائج الدراسات العلمية التي تتيح للفرد مواكبة أحداث وتطورات المستقبل.
- **المهارات التكنولوجية المعرفية والأدائية**: تعنى التدريب على استخدام الأدوات التكنولوجية المتقدمة والاستفادة من إيجابياتها لمواكبة التطورات العالمية.
- **المهارات الانفعالية**: ويكون بالتفكير في المستقبل دون تبعيته والاستسلام له.

وحددتها دراسة عبد الراضي (Abdel-Radi, 2021, 178-179) كما يلي:

- **مهارة التوقع الحدسي:** هي عملية معالجة جديدة للمعلومات تدخل في البنية المعرفية للفرد، ويتبعها ظهور مفاجئ لها بطريقة تتسم بالحداثة والإبداع. تتمثل المهارات الفرعية لهذه المهارة في الفهم والوعي الشامل للعلاقات.
- **مهارة التنبؤ العلمي:** عملية عقلية تعتمد على استخدام الفرد لخبراته العلمية السابقة وواقعه الحالي لبناء تصورات لما ستكون عليه الظواهر في المستقبل، وتتمثل المهارات الفرعية في التنبؤ الاستكشافي والتنبؤ المعياري.
- **مهارة التصور المستقبلي:** تمثيل عقلي تتشكل من خلاله صورة الإجراءات العلمية المستقبلية، والتي من خلالها يمكن للفرد بناء أفكار

واقعية تفيد المجتمع، وتتمثل المهارات الفرعية في التخطيط والنقد التأملي.

كما حددها كل من سيو وعبد الرحمن **(Siew& Abdul Rahman,2022, 888)** بما يلي:

- فهم الوضع الحالي.
- تحديد الاتجاهات.
- تحليل الدوافع ذات الصلة.
- تجميع / توليف احتمالات واحتياجات المستقبل.
- الاختيار مع تبرير المستقبل المنشود.

وسوف يقتصر البحث الحالي على أربع مهارات وهي التخطيط – التنبؤ – التصور – حل المشكلات المستقبلية والتي يمكن تعريفها كما يلي:

- التخطيط: قدرة الطالب على إعداد خطط مستقبلية أو تحديد إجراءات أو خطوات منظمة تخص قضية مجتمعية أو عالمية مثل القضايا المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية.
- التنبؤ: قدرة الطالب على استخدام المعرفة العلمية السابقة والواقع الحالي لبناء تصورات لما ستكون عليه الظواهر في المستقبل، أو قدرة الطالب على التفكير فيما سيحدث في المستقبل أو توقع المشكلات المستقبلية المرتبطة بتطبيقات البيولوجيا التخليقية.
- التصور: قدرة الطالب على تقديم صورة كاملة عن مشكلة معينة أو تقديم نقاط القوة (الإيجابيات) ونقاط الضعف (السلبيات) المرتبطة بمشكلة من المشكلات المترتبة على استخدام تطبيقات البيولوجيا التخليقية.
- حل المشكلات المستقبلية: قدرة الطالب على تحليل ووضع استراتيجيات تهدف إلى حل سؤال صعب أو موقف معقد أو مشكلة تعيق التقدم في جانب من جوانب الحياة وهي عبارة عن إيجاد حل لمشكلة ما أو قضية معينة أو مسألة مطروحة.

وينبغي القيام بالعديد من المهام لتنمية التفكير المستقبلي لدى المتعلمين ومنها: (سليمان، ٢٠١٧، ١٤)

- التركيز على المشكلات والقضايا المستقبلية التي تثير الجدل حولها.
- الاعتماد على الأسئلة مفتوحة النهاية التي تثير الاهتمام حول القضايا المستقبلية.
- تشجيع الطلاب على إطلاق العنان لتفكيرهم والتعبير بحرية عن أراءهم.
- مساعدة الطلاب على بناء صور ذهنية للمستقبل بناء على فهمهم وتحليلهم للحاضر.
- مساعدة الطلاب على التخيل والتنبؤ والاستشراف المستقبلي للأحداث والظواهر.
- تشجيع الطلاب على المناقشة والحوار واتخاذ القرارات وحل المشكلات المستقبلية.

- المرونة وتقبل أراء وأفكار ومقترحات الطلاب وعدم السخرية من أفكارهم مهما كانت بسيطة.

ومن الدراسات التي اهتمت بالتفكير المستقبلي:

دراسة هاني (٢٠١٦) التي استهدفت تحديد فاعلية مقرر مقترح في بيولوجيا الفضاء لتنمية مهارات التفكير المستقبلي ومهارات التفكير التأملي لدى طلاب شعبة البيولوجي بكليات التربية، وتم إعداد اختبار في مهارات التفكير المستقبلي وهى (فهم الموقف الحالي- التنبؤ- التوقع – التصور – حل المشكلات المستقبلية)، واختبار في مهارات التفكير التأملي، واختبار تحصيل في مقرر "بيولوجيا الفضاء"، تم تطبيق الاختبارات قبليًا على مجموعة الدراسة التي تكونت من (٥٠) طالب بالفرقة الثالثة بشعبة البيولوجي بكلية التربية، ثم تم تدريس المقرر وتم تطبيق الأدوات بعديًا، وأشارت النتائج إلى فاعلية المقرر المقترح في بيولوجيا الفضاء في تنمية مهارات التفكير المستقبلي ومهارات التفكير التأملي لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة البيولوجي بكلية التربية .

ودراسة سليمان (٢٠١٧) التي أجريت بهدف التحقق من فاعلية برنامج قائم على المستجدات العلمية في تنمية التفكير المستقبلي وتقدير العلم وجهود العلماء لدى طلاب الشعب العلمية بكلية التربية، ولتحقيق ذلك تم إعداد أدوات الدراسة المتمثلة في اختبار التفكير المستقبلي في المهارات التالية (التوقع الحدسي – التنبؤ العلمي – التصور المستقبلي)، ومقياس تقدير العلم وجهود العلماء، كما تم إعداد برنامج في المستجدات العلمية الحديثة ،تم تطبيق أدوات الدراسة على مجموعة تكونت من (٥٠) طالب من طلاب الفرقة الثالثة الشعب العلمية (الكيمياء والفيزياء والعلوم البيولوجية)، وتم دراسة البرنامج ثم تطبيق الأدوات بعديًا، وتوصلت النتائج إلى فاعلية البرنامج القائم على المستجدات العلمية في تنمية مهارات التفكير المستقبلي وتقدير العلم وجهود العلماء لدى طلاب الشعب العلمية بكلية التربية .

ودراسة كطفان، الشون، الشباني (٢٠٢٠) التي أجريت لتحديد أثر استخدام استراتيجية الأنشطة المتدرجة في التفكير المستقبلي لدى طالبات الصف الثاني المتوسط في مادة العلوم، ولتحقيق ذلك تم إعداد اختبار لمهارات التفكير المستقبلي (التنبؤ – التخيل – التقييم – التخطيط – حل المشكلات – اتخاذ القرار)، وتم تطبيق الاختبار قبليًا على مجموعتي الدراسة، المجموعة التجريبية وعددها (٣٥) طالبة والتي درست باستراتيجية الأنشطة المتدرجة وهى أحد استراتيجيات التعليم المتمايز، والمجموعة الضابطة وعددها (٣٥) طالبة والتي درست بالطريقة المعتادة، وتم تطبيق الاختبار بعديًا، وأظهرت النتائج وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠,٠٥) بين متوسط درجات طالبات المجموعة التجريبية التي درست باستخدام استراتيجية الأنشطة المتدرجة ومتوسط درجات طالبات المجموعة الضابطة التي درست بالطريقة المعتادة في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير المستقبلي لصالح المجموعة التجريبية .

ودراسة عبدالعزيز، وغلوش، ودرويش (٢٠٢١) التي هدفت إلى إعداد برنامج تدريبي في البيولوجيا الخضراء لتنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى الطلاب مُعلمي البيولوجي بكليات التربية، ولتحقيق ذلك تم إعداد البرنامج في قضايا وموضوعات البيولوجيا الخضراء كما تم إعداد اختبار في مهارات التفكير المستقبلي وهى (التنبؤ المستقبلي، حل المشكلات المستقبلية، التوقع المستقبلي، التصور المستقبلي) وتم تطبيقه قبليًا على مجموعة الدراسة المكونة من (٦٠) طالب من طلاب الفرقة الثالثة بقسم البيولوجي، وتم تقسيمها إلى مجموعتين تجريبية (٣٠) طالب، وضابطة (٣٠) طالب، ثم تم تطبيق البرنامج التدريبي والتطبيق البعدي للاختبار، وأسفرت النتائج عن وجود فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في القياسين القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير المستقبلي لصالح التطبيق البعدي .

ودراسة البلوى (٢٠٢١) التي هدفت إلى دراسة واقع إعداد معلم العلوم في ضوء مهارات التفكير المستقبلي، وتقديم تصور مقترح لإعداد معلم العلوم في ضوء مهارات التفكير المستقبلي، ولتحقيق ذلك تم إعداد قائمة بمهارات التفكير المستقبلي وهى (التنبؤ، التصور، التوقع ، وحل المشكلات المستقبلية)، وتم تحويل القائمة إلى بطاقة تحليل، وتم تطبيقها على مجموعة الدراسة التي تكونت من (٢٠) معلمة من معلمات العلوم بالصف الثاني المتوسط بمدارس التعليم العام بمدينة الرياض، و (٨) من خبراء مادة العلوم لمعرفة مدى توافر مهارات التفكير المستقبلي لدى مجموعة الدراسة، تم تحليل الاستجابات إحصائيًا كما تم صياغة تصور مقترح لإعداد معلم العلوم في ضوء مهارات التفكير المستقبلي .

ودراسة سيو وعبد الرحمن (Siew& Abdul Rahman,2022) التي هدفت إلى التحقق من فاعلية مدخل القضايا العلمية الاجتماعية وخرائط التفكير في تنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى طلاب المرحلة الثانوية، ولتحقيق ذلك تم إعداد اختبار التفكير المستقبلي في المهارات التالية (فهم الوضع الحالي، تحديد الاتجاهات ، تحليل الدوافع ذات الصلة ، تجميع / توليف احتمالات واحتياجات المستقبل ، الاختيار مع تبرير المستقبل المنشود)، وتم تطبيقه قبليًا على مجموعات الدراسة التي تكونت من (٢٥٥) طالب، المجموعة التجريبية الأولى وعددها (٨٥) طالب والتي درست العلوم الفيزيائية بمدخل القضايا العلمية الاجتماعية المدعم بخرائط التفكير المستقبلية، المجموعة التجريبية الثانية وعددها (٨٥) طالب والتي درست بمدخل القضايا العلمية الاجتماعية، والمجموعة الضابطة وعددها (٨٥) طالب والتي درست بالطريقة المعتادة، وتم تطبيق الاختبار بعديًا، وأشارت نتائج الدراسة إلى تفوق طلاب المجموعة التجريبية الأولى والتي درست بمدخل القضايا العلمية الاجتماعية المدعم بخرائط التفكير على طلاب المجموعة التجريبية الثانية والتي درست بمدخل القضايا العلمية الاجتماعية، وكذلك تفوق المجموعة التجريبية الثانية على طلاب المجموعة الضابطة .

ودراسة البديري والعفون (٢٠٢٢) التي استهدفت بناء برنامج تدريبي لمدرسي علم الأحياء وفقًا لإستراتيجيات الاقتصاد الأخضر ومعرفة أثر البرنامج في مهارات التفكير المستقبلي لديهم، ولتحقيق ذلك تم إعداد أداة البحث التي تمثلت في مقياس مهارات التفكير المستقبلي، وقد أعد وفقًا لستة مهارات هى (التنبؤ، التوقع، التخطيط، حل المشكلات المستقبلية، التفكير الإيجابي، التقويم المستقبلي)، وتم تطبيقه قبليًا على مجموعة الدراسة التي تكونت من(٤٠) معلم ومعلمة موزعين بالتساوي على المجموعتين التجريبية والضابطة، ثم تم تطبيق البرنامج التدريبي على المجموعة التجريبية ثم تطبيق المقياس بعديًا على المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة، وأشارت النتائج إلى وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس مهارات التفكير المستقبلي لصالح المجموعة التجريبية.

ودراسة يوسكولا و بويج (Uskola & Puig, 2023) : التي استهدفت إعداد العديد من الأنشطة المرتبطة بالأوبئة لتنمية مهارات التفكير المنظومي والتفكير المستقبلي لدى معلمي العلوم قبل الخدمة بالمرحلة الابتدائية، ولتحقيق ذلك تم التطبيق القبلي لاستبيان مفتوح حول الأوبئة (تناول العديد من الأسئلة المفتوحة الإجابة مثل : ما الذى يزيد من فرص انتشار الأوبئة مثل كوفيد ١٩، ما الذى يجب فعله لمنع ظهور جائحة أخرى) على مجموعة الدراسة التي تكونت من (٤٧) معلم قبل الخدمة، تم تدريس الأنشطة باستخدام خرائط المفاهيم وعرض الفيديوهات التي تناولت العديد من القضايا منها كيفية الوقاية من الأوبئة، العلاقة بين المشكلات البيئية والأمراض الحيوانية المنشأ، كيف يؤثر القضاء على الغابات على انتشار الأمراض وتدمير الأنظمة البيئية، ثم تم تطبيق الاستبيان بعديًا على مجموعة الدراسة، وتوصلت النتائج إلى فاعلية الأنشطة في تنمية مهارات التفكير المنظومي والتفكير المستقبلي لدى معلمي العلوم قبل الخدمة بالمرحلة الابتدائية .

إجراءات البحث:

أولًا: تحديد مفاهيم وتطبيقات البيولوجيا التخليقية ولتحقيق ذلك تم إجراء الخطوات التالية:

- إعداد قائمة بمفاهيم وتطبيقات البيولوجيا التخليقية المناسبة لطلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية، وذلك من خلال إتباع الخطوات التالية:

أ. الهدف من القائمة: تهدف القائمة إلى تحديد مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها اللازمة لبناء وحدة مقترحة لطلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية.

ب.مصادر اشتقاق القائمة: تم إعداد قائمة بمفاهيم وتطبيقات البيولوجيا التخليقية اعتمادًا على:

- بعض الدراسات والبحوث السابقة التي اهتمت بالبيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها مثل دراسة ((Abil; Xiong & Zhao, 2015، ودراسة

(Chownk; Thakur; Purohit; Vashisht & (Boldt,2018)
Craig; Sara&) ،(Walker, 2021) ،Kumar, 2019)
Moronta-Barrios, 2022)

- بعض المواقع الإلكترونية المتخصصة ذات الصلة بالبيولوجيا التخليقية:

https://www.synbiobeta.com/read/jugaad-epitomized-a-deep-dive-into-indias-synthetic-biology-scene

https://www.atcc.org/the-science/genetic-engineering/synthetic-biology?matchtype=&network=x&device=c&adposition=&keyword=&gclid=CjwKCAjw6raYBhB7EiwABge5KldZdNZ9MLcsvpWt87jPvZEbF2j05u1-Ko-iLfcwOo_pIPuWCcUE4BoCdSoQAvD_BwE

ج. الصورة الأولية للقائمة: تم إعداد القائمة في صورتها الأولية حيث تناولت شقين، الشق الأول يتضمن مفاهيم البيولوجيا التخليقية، وقد تضمن (٢٥) مفهوم، تم تناولها في شكل (المفهوم باللغة الإنجليزية وترجمته باللغة العربية والدلالة اللفظية للمفهوم)، بينما تضمن الشق الثاني تطبيقات البيولوجيا التخليقية وقد تضمن عرض التطبيقات في المجالات التالية (الطب، المستحضرات الصيدلانية، الحيوانات، الغذاء والزراعة، التصنيع الحيوي / الطاقة الحيوية)

د. الصورة النهائية للقائمة: تم عرض القائمة في صورتها الأولية على مجموعة من السادة المحكمين [٢] لإبداء الرأي حولها والحكم على صحتها ومناسبتها للهدف الذي أعدت من أجله، وتم إجراء بعض التعديلات عليها، حتى أصبحت في صورتها النهائية [٣]

ثانيًا: إعداد الوحدة المقترحة في البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها، ولتحقيق ذلك تم أجراء الخطوات التالية:

١- إعداد كتاب الطالب الخاص بالوحدة المقترحة، والتي من الممكن دمجها في مقرر البيولوجيا الجزيئية بالفصل الدراسي الأول بالفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية، وذلك من خلال اتباع الخطوات التالية:

[٢] ملحق (١)

[٣] ملحق (٢)

- مقدمة كتاب الطالب: في بداية كتاب الطالب تم إعداد مقدمة للطلاب لتعريفهم بالبيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها.
- إعداد المحتوى العلمي لكتاب الطالب: في ضوء الأهداف التي تم صياغتها لوحدة (البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها) تم وضع المحتوى العلمي للوحدة معتمدًا على المصادر التالية:
- المراجع والكتب العلمية التي تناولت موضوعات الوحدة التي تم عرضها في نهاية كتاب الطالب.
- المواقع الإلكترونية المتخصصة التي تم عرضها في نهاية كتاب الطالب.
- بعض الدراسات السابقة الموجودة بقائمة مراجع البحث.

وقد تضمنت الوحدة ست موضوعات، هي كما بالجدول:

جدول ١

موضوعات الوحدة

م	موضوعات الوحدة	المدة الزمنية
الموضوع الأول	مفاهيم البيولوجيا التخليقية	ساعة ونصف
الموضوع الثاني	تطبيقات البيولوجيا التخليقية في مجال الطب	٣ ساعات
الموضوع الثالث	تطبيقات البيولوجيا التخليقية في مجال الثروة الحيوانية	ساعة ونصف
الموضوع الرابع	تطبيقات البيولوجيا التخليقية في مجال الزراعة والغذاء	ساعة ونصف
الموضوع الخامس	تطبيقات البيولوجيا التخليقية في مجال الطاقة الحيوية	ساعة ونصف
الموضوع السادس	الأخلاقيات المرتبطة بتطبيقات البيولوجيا التخليقية	ساعتين
الإجمالي		١١ ساعة

وقد روعي عند تنظيم محتوى كل درس التركيز على ما يلي:

- عرض الخبرات بطريقة تنمي مهارات التفكير المستقبلي والوعي بالأخلاقيات المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية عند الطلاب.
- مراعاة التنظيم المنطقي أثناء تنظيم محتوى الدرس بحيث يكون ذو معنى وأهمية بالنسبة للمتعلم ويناسب المستوى العقلي ومرحلة النمو التي يمر بها.
- الاستعانة بمجموعة من الأنشطة التي تتضمن العديد من مصادر التعلم مثل الصور ومقاطع الفيديو والمقالات لتيسير فهم المحتوى العلمي للوحدة، ولمساعدة الطلاب على التنبؤ والتخطيط ومعرفة الصورة المتكاملة للمشكلات المستقبلية المرتبطة باستخدام تطبيقات البيولوجيا التخليقية.

- طرح تساؤلات يجيب عنها الطلاب تثير تفكيرهم وتنمى دافعيتهم نحو توقع حلول لمشكلات مستقبلية، وذلك بعد اطلاعهم على مصادر التعلم المختلفة الموجودة بالأنشطة.

أ. أساليب تقويم كتاب الطالب: تم تحديد أساليب تقويم الوحدة على مستويين هما:

- التقويم المرحلي (البنائي): حيث تم صياغة عدد من الأسئلة أو المشكلات التحريرية في نهاية كل موضوع من موضوعات الوحدة، فضلًا عن الأسئلة الشفوية التي تم طرحها على الطلاب أثناء تدريس موضوعات الوحدة.
- التقويم النهائي: حيث تم إعداد اختبار مهارات التفكير المستقبلي في الوحدة، ومقياس الوعي بالأخلاقيات المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية لتقويم أداء الطلاب بعد دراستهم لموضوعات الوحدة.

ب. مراجع للطالب: في نهاية كتاب الطالب تم الإشارة إلى قائمة المراجع العلمية المقترحة في موضوعات الوحدة وأيضًا مواقع إلكترونية لمصادر التعلم ومواقع الإلكترونية لمقاطع الفيديو كي تساعد الطالب في تعميق وتوسيع دائرة معارفه العلمية لهذه الموضوعات.

ج. الضبط العلمي لكتاب الطالب: حيث تم عرض كتاب الطالب علي السادة المحكمين، وتم إجراء بعض التعديلات عليه وبذلك أصبح في صورته النهائية كما هو موضح بملحق (٣)

٢-إعداد دليل المعلم الخاص بالوحدة المقترحة، وذلك من خلال اتباع الخطوات التالية:

تم إعداد دليل للمعلم وفقًا للخطوات التالية:

١- مقدمة الدليل: تم إعداد مقدمة لدليل المعلم لتوضيح الهدف منه وذلك لمساعدة المعلم على تدريس وحدة (البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها) بالإستراتيجيات التدريسية المقترحة بهدف تنمية مهارات التفكير المستقبلي والوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية.

٢- توجيهات عامة للمعلم: حيث تم إعداد مجموعة من التوجيهات التي ينبغي على المعلم مراعاتها عند تدريس وحدة (البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها).

٣- الخطة الزمنية**:** تضمن الدليل خطة زمنية لتدريس موضوعات الوحدة يمكن أن يستعين بها المعلم في تدريس تلك الموضوعات، حيث اشتملت الخطة على بيان بعدد الساعات المقترحة لتدريس الموضوعات والتي تحددت بـ (١١) ساعة تدريسية.

٤- الأهداف العامة لتدريس الوحدة: وتشمل الأهداف التي تسعى الوحدة إلى تحقيقها من خلال تدريس المعلم للوحدة، وقد تم تصنيف الأهداف في

مجالاتها الثلاثة وهي الأهداف المعرفية والأهداف المهارية والأهداف الوجدانية.

٥- المواد والوسائل التعليمية المستخدمة: تضمن الدليل قائمة بالمواد والوسائل التعليمية التي يُمكن أن يستعين بها المعلم في تدريس موضوعات الوحدة لتحقيق الأهداف المحددة ومن هذه الوسائل المقالات والكتب، والفيديوهات التعليمية، والصور، والرسوم.

٦- الاستراتيجيات التي يمكن استخدامها لتدريس موضوعات الوحدة: من أنسب الاستراتيجيات التدريسية لتدريس الوحدة هي الاستراتيجيات المتمركزة حول المتعلم مثل العصف الذهني، المناقشة، تحليل السيناريو، وحل المشكلات المستقبلية حيث تضمن الفاعلية والتعاون والمشاركة بين الطلاب، كما أن للطالب فيها دور إيجابي، ويستطيع خلالها بالتنبؤ بالمشكلات المستقبلية وتقديم صورة متكاملة للمشكلات والتخطيط لحل المشكلات المستقبلية المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية.

٧- موضوعات الوحدة وخطة السير في كل موضوع: تم تقديم موضوعات الوحدة، بحيث يحدد في كل موضوع الأهداف المرجوة منه مصاغة في صورة سلوكية يمكن ملاحظتها وقياسها، الوسائل التعليمية المعينة على تدريس الموضوع والمساعدة على تحقيق أهدافه والأنشطة التعليمية المحددة لكل موضوع، ثم عرض خطة السير في الموضوع وتم فيها توضيح الخطوات الإجرائية التي يتبعها المعلم وفقًا للإستراتيجيات المقترحة لتدريس عناصر الموضوع، وفي النهاية تقويم الموضوع.

٨- مراجع للمعلم ومواقع إلكترونية ودليل إرشادي لمقاطع الفيديو: في نهاية دليل المعلم تم الإشارة إلى قائمة من المراجع العلمية والمواقع الإلكترونية ودليل إرشادي لمقاطع الفيديو كي تساعد المعلم في تعميق وتوسيع دائرة معارفه العلمية لموضوعات الوحدة.

٩- الضبط العلمي لدليل المعلم: بعد إعداد الدليل تم عرضه على السادة المحكمين، وتم إجراء بعض التعديلات عليه، وبذلك أصبح في صورته النهائية كما هو موضح بملحق (٤).

ثالثًا: تحديد فاعلية الوحدة المقترحة في تطبيقات البيولوجيا التخليقية لتنمية مهارات التفكير المستقبلي، والوعي بأخلاقياتها ولتحقيق ذلك تم إجراء الخطوات التالية:

- **إعداد أداتي تقويم الوحدة:** قامت الباحثة بإعداد أداتي تقويم الوحدة وهما:

١- **الأداة الأولى:** اختبار في مهارات التفكير المستقبلي

تم إعداد الاختبار وفقًا للخطوات التالية:

أ. **تحديد الهدف من الاختبار:** قياس بعض مهارات التفكير المستقبلي وهي (التنبؤ - التصور – التخطيط -حل المشكلات المستقبلية) لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية جامعة بنها.

ب. **صياغة مفردات الاختبار:** تم صياغة (٥) خمس قضايا يلي كل قضية (٤) أربعة أسئلة مفتوحة لقياس مهارات التفكير المستقبلي.

ج. **وضع تعليمات الاختبار:** تمت كتابة تعليمات الاختبار، وقد روعي في كتابتها الدقة والوضوح، وتضمينها بما يجب على الطالب اتباعه، وتمثلت هذه التعليمات في:

* قراءة الأسئلة جيداً.
* الإجابة عن جميع الأسئلة الموجودة بالاختبار.
* الإجابة في الورقة المخصصة.
* الالتزام بالزمن المحدد للاختبار.

د. **إعداد الصورة الأولية للاختبار:** وفي ضوء ما سبق، تمت صياغة أسئلة الاختبار بحيث تضمن (٥) خمس قضايا يلي كل قضية (٤) أربعة أسئلة مفتوحة لقياس مهارات التفكير المستقبلي.

ه. **التجربة الاستطلاعية للاختبار:** تم إجراء التجربة الاستطلاعية للاختبار على مجموعة من طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية جامعة بنها من غير عينة البحث وعددهم (٣٠) طالبا وطالبة، ثم أعيد تطبيق الاختبار بعد مرور خمسة عشر يوما، وذلك لحساب صدق وثبات وزمن الاختبار، وبيان ذلك فيما يأتي:

١- صدق الاختبار

تم حساب صدق الاختبار بطريقتين كما يتضح فيما يلي:

الطريقة الأولي: صدق المحتوى

حيث تم عرض الاختبار في صورته الأولية على مجموعة من السادة المحكمين المتخصصين في مناهج وطرائق تدريس العلوم للتعرف على آرائهم من حيث:

- مدى كفاية التعليمات المقدمة للطلاب للإجابة بطريقة صحيحة على الاختبار.
- مدى اتساق الأسئلة، وتمثيلها بدقة للمستويات التي تقيسها.
- مدى صحة الصياغة اللفظية واللغوية للمشكلات والأسئلة.
- مدى صحة المشكلات والأسئلة من الناحية العلمية.
- مدى مناسبة الأسئلة لمستوى الطلاب.
- مدى ملاءمة الأسئلة لقياس ما وضعت لقياسه.

وفي ضوء آراء السادة المحكمين تم إعادة صياغة بعض الأسئلة وأصبح الاختبار في صورته النهائية كما بملحق (٥).

الطريقة الثانية: طريقة الصدق التكويني "حساب معامل الاتساق الداخلي"

وذلك عن طريق حساب معامل الارتباط بين درجة السؤال والدرجة الكلية للاختبار محذوفًا منها درجة السؤال، كما هو موضح بالجدول التالي:

جدول ٢

معاملات الاتساق الداخلي بين درجة السؤال والدرجة الكلية لاختبار مهارات التفكير المستقبلي

رقم السؤال	معامل الارتباط بين درجة السؤال والاختبار ككل	رقم السؤال	معامل الارتباط بين درجة السؤال والاختبار ككل
١	*٠,٣٧٥	١١	**٠,٤٨٠
٢	**٠,٤٦٣	١٢	*٠,٣٦٨
٣	*٠,٤٦٠	١٣	*٠,٤٠٠
٤	*٠,٣٨٠	١٤	*٠,٤١٥
٥	*٠,٣٨٤	١٥	**٠,٥٣١
٦	**٠,٥١٨	١٦	*٠,٤١٧
٧	*٠,٣٨٥	١٧	*٠,٣٧٣
٨	*٠,٤١٠	١٨	**٠,٥٩٨
٩	**٠,٥٢٠	١٩	*٠,٤٤٥
١٠	**٠,٦٦٤	٢٠	*٠,٤٠٦

(**) قيمة معامل الارتباط دالة عند مستوي الدلالة ٠,٠١

(*) قيمة معامل الارتباط دالة عند مستوي الدلالة ٠,٠٥

يتضح من الجدول السابق أن قيم معامل الارتباط بين درجة المفردة والدرجة الكلية للاختبار محذوف منها درجة المفردة تراوحت بين (٠,٣٦٨*: ٠,٦٦٤**) وجميعها دالة عند مستوى (٠,٠٥) أو (٠,٠١)، مما يعطي مؤشرا للاتساق الداخلي ويحقق الصدق التكويني للاختبار.

٢- ثبات الاختبار

تم حساب ثبات الاختبار باستخدام طريقتي معامل ثبات ألفا كرونباخ، وإعادة تطبيق الاختبار (معامل ارتباط بيرسون) والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول ٣

قيمة معامل ثبات اختبار مهارات التفكير المستقبلي

طريقة حساب الثبات	معامل ألفا كرونباخ	طريقة إعادة تطبيق الاختبار (معامل ارتباط بيرسون)
قيمة معامل الثبات	٠,٧٩	**٠,٨٨

** دالة عند مستوى ٠,٠١

يتضح من الجدول السابق أن قيمة معامل الثبات للاختبار مهارات التفكير المستقبلي تتراوح فيما بين (٠,٧٩)، و(٠,٨٨) وهي قيم مرتفعة، مما يدل على ثبات الاختبار وإمكانية الوثوق في نتائجه في البحث الحالي.

٣- **طريقة تصحيح الاختبار:** تم تصحيح الاختبار بحيث أعطى الطالب درجة لكل إجابة صحيحة تم تقديمها، وتم إعطاء درجتان إذا قدم الطالب إجابتين صحيحتين للسؤال الواحد، وهكذا.

٤- **زمن الاختبار**

تم حساب الزمن المناسب للإجابة على أسئلة الاختبار باستخدام معادلة الزمن (السيد، ٢٠١٤، ٤٦٧) وتبين أن زمن الاختبار (٥٥) دقيقة.

الأداة الثانية: مقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية.

تم إعداد المقياس وفقًا للخطوات التالية:

- **تحديد الهدف من المقياس:** تم إعداد المقياس لقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية جامعة بنها.
- **صياغة مفردات المقياس:** تم صياغة (٣٤) عبارة وأمام كل عبارة ثلاث استجابات (موافق – غير متأكد – غير موافق).
- **وضع تعليمات المقياس:** تمت كتابة تعليمات المقياس، وقد روعي في كتابتها الدقة والوضوح، وتضمينها بما يجب على الطالب اتباعه، وتمثلت هذه التعليمات في:
  * قراءة العبارات جيداً.
  * الإجابة عن جميع العبارات الموجودة بالمقياس.
  * الإجابة في الورقة المخصصة.
  * الالتزام بالزمن المحدد للمقياس.
- **إعداد الصورة الأولية للمقياس:** وفي ضوء ما سبق، تمت صياغة المقياس بحيث تناول خمس أبعاد، تناول كل بعد مجموعة من العبارات، وكان مجمل عبارات المقياس (٣٤) عبارة وأمام كل عبارة ثلاث استجابات (موافق – غير متأكد – غير موافق).

جدول ٤

أبعاد وعبارات المقياس

م	البعد	أرقام العبارات
١	الثروة النباتية	١، ٤، ٩، ١٠، ١٥، ١٩، ٣٠
٢	الثروة الحيوانية	٢، ٥، ٦، ٧، ١٧، ٣١، ٢٣
٣	الطاقة الحيوية	٨، ١١، ١٢، ٢٨، ٢٩
٤	الطب	١٤، ١٦، ١٨، ٢٣، ٢٥، ٢٧
٥	السلامة البيولوجية	٣، ١٣، ٢٠، ٢١، ٢٢، ٢٤، ٢٦، ٣٣، ٣٤

م	البعد	أرقام العبارات
	المجموع	٣٤ عبارة

- **التجربة الاستطلاعية للمقياس:** تم إجراء التجربة الاستطلاعية للمقياس على مجموعة من طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية جامعة بنها من غير عينة البحث وعددهم (٣٠) طالبا وطالبة، ثم أعيد تطبيق المقياس بعد مرور خمسة عشر يوما، وذلك لحساب صدق وثبات وزمن المقياس، وبيان ذلك فيما يأتي:

١- صدق المقياس

تم حساب صدق المقياس بطريقتين كما يتضح فيما يلي:

الطريقة الأولي: صدق المحتوى

حيث تم عرض المقياس في صورته الأولية على مجموعة من السادة المحكمين المتخصصين في مناهج وطرق تدريس العلوم للتعرف على آرائهم من حيث:

- مدى كفاية التعليمات المقدمة للطلاب للإجابة بطريقة صحيحة على المقياس.
- مدى صحة الصياغة اللفظية واللغوية للعبارات.
- مدى صحة العبارات من الناحية العلمية.
- مدى مناسبة العبارات لمستوى الطلاب.
- مدى ملاءمة العبارات لقياس ما وضعت لقياسه.

وفي ضوء آراء السادة المحكمين تم إعادة صياغة بعض العبارات وأصبح المقياس في صورته النهائية كما بملحق (٦).

الطريقة الثانية: طريقة الصدق التكويني "حساب معامل الاتساق الداخلي"

وذلك عن طريق حساب معامل الارتباط بين درجة العبارة والدرجة الكلية للمقياس محذوفًا منها درجة العبارة، كما هو موضح بالجدول التالي:

جدول ٥

معاملات الاتساق الداخلي بين درجة العبارة والدرجة الكلية لمقياس الوعي

رقم العبارة	معامل الارتباط بين درجة العبارة والمقياس ككل	رقم العبارة	معامل الارتباط بين درجة العبارة والمقياس ككل
١	٠,٣٨٩*	١٨	٠,٣٦٣*
٢	٠,٥٢٣**	١٩	٠,٥٨٧**
٣	٠,٤٠٩*	٢٠	٠,٦٥٧**
٤	٠,٤١٤*	٢١	٠,٤٣٩*
٥	٠,٦٩٨**	٢٢	٠,٤٤٩*
٦	٠,٤٢٦*	٢٣	٠,٣٨٩*
٧	٠,٤٣٥*	٢٤	٠,٥١٤**

رقم العبارة	معامل الارتباط بين درجة العبارة والمقياس ككل	رقم العبارة	معامل الارتباط بين درجة العبارة والمقياس ككل
٨	*٠,٣٧٣	٢٥	**٠,٧٦٤
٩	*٠,٤١٠	٢٦	**٠,٦٣٢
١٠	**٠,٥٣٨	٢٧	**٠,٤٨٩
١١	*٠,٤٦٠	٢٨	*٠,٣٧٧
١٢	*٠,٣٩٣	٢٩	*٠,٣٩٩
١٣	**٠,٤٧٤	٣٠	*٠,٤٠٨
١٤	**٠,٦٨٨	٣١	**٠,٦١٣
١٥	*٠,٤٤٠	٣٢	**٠,٤٩١
١٦	*٠,٣٦٧	٣٣	*٠,٤٠٣
١٧	*٠,٤١٢	٣٤	*٠,٤٠١

(**) قيمة معامل الارتباط دالة عند مستوي الدلالة ٠,٠١

(*) قيمة معامل الارتباط دالة عند مستوي الدلالة ٠,٠٥

يتضح من الجدول السابق أن قيم معامل الارتباط بين درجة المفردة والدرجة الكلية للمقياس محذوف منها درجة المفردة تراوحت بين (٣٦٣, ٠*: ٧٦٤,٠**) وجميعها دالة عند مستوى (٠,٠٥) أو (٠,٠١)، مما يعطي مؤشرا للاتساق الداخلي ويحقق الصدق التكويني للمقياس.

٢- **ثبات المقياس:** تم حساب ثبات المقياس باستخدام طريقتي معامل ثبات ألفا كرونباخ، وإعادة تطبيق المقياس (معامل ارتباط بيرسون) والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول ٦

قيمة معامل ثبات مقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية

طريقة حساب الثبات	معامل ألفا كرونباخ	طريقة إعادة تطبيق المقياس (معامل ارتباط بيرسون)	طريقة التجزئة النصفية
قيمة معامل الثبات	٠,٧	**٠,٨١	٠,٧٤

** دالة عند مستوى ٠,٠١

يتضح من الجدول السابق أن قيمة معامل الثبات للمقياس تتراوح فيما بين (٠,٧)، و(٠,٨١) وهي قيم مرتفعة، مما يدل على ثبات المقياس وإمكانية الوثوق في نتائجه.

٣- **زمن المقياس:** تم حساب الزمن المناسب للإجابة على عبارات المقياس باستخدام معادلة الزمن (السيد، ٢٠١٤، ٤٦٧) وتبين أن زمن المقياس (٢٠) دقيقة.

إجراءات تنفيذ تجربة البحث

مرت تجربة البحث بالخطوات التالية:

- **اختيار مجموعة البحث :** تم اختيار (٤٢) طالب وطالبة من طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية جامعة بنها بالفصل الدراسي الأول للعام الجامعي ٢٠٢٢/٢٠٢٣ م، وتم استبعاد (٩) طلاب بسبب غيابهم أثناء التطبيق، وحضورهم بعض الموضوعات فقط حيث حضر بعضهم موضوع واحد فقط وحضر أخرون موضوعين فقط من موضوعات الوحدة، وغيابهم أثناء التطبيق البعدي لأدوات الدراسة، وبذلك أصبحت مجموعة البحث قوامها (٣٣) طالب وطالبة؛ حيث تم اعتماد نموذج التصميم التجريبي القائم على المجموعة الواحدة والقياسين القبلي والبعدي، وذلك لملاءمته لطبيعة البحث.
- **التطبيق القبلي لأداتي البحث:** تم تطبيق اختبار مهارات التفكير المستقبلي ومقياس الوعي بالأخلاقيات المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية قبليًا على مجموعة البحث.
- **تدريس الوحدة المقترحة**: قامت الباحثة بتدريس وحدة " مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها "على مجموعة البحث بعد إجراء التطبيق القبلي لأداتي البحث واستغرق تدريس الوحدة خمسة أسابيع بواقع (١١) ساعة.
- **التطبيق البعدي لأداتي البحث:** بعد الانتهاء من تدريس الوحدة تم تطبيق أداتي البحث (اختبار مهارات التفكير المستقبلي ومقياس الوعي بالأخلاقيات المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية) بعديًا على مجموعة البحث، ثم تم رصد النتائج ومعالجتها إحصائيًا.

نتائج تطبيق الوحدة المقترحة "مفاهيم وتطبيقات البيولوجيا التخليقية:

أولاً: الأساليب الإحصائية المستخدمة:

بعد الانتهاء من التطبيق البعدي لأداتي الدراسة (اختبار مهارات التفكير المستقبلي، ومقياس الوعي بالأخلاقيات المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية)، تم تصحيح الاختبار، حيث تم تحويل الدرجات الخام إلى درجات معيارية ولتلافى عيوب الدرجات المعياريى تم تحويلها إلى درجات معيارية معدلة، وذلك لأن اختبار مهارات التفكير المستقبلي ليس له نهاية عظمى للدرجة، كما تم تصحيح المقياس، وبعد ذلك تم رصد النتائج ومعالجتها إحصائيًا للتحقق من صحة الفروض، وللتعرف على فاعلية الوحدة المقترحة في تنمية مهارات التفكير المستقبلي والوعي بالأخلاقيات المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية، ولمعالجة تلك البيانات تم استخدام الأساليب الإحصائية التالية:

١-اختبار (ت) للمجموعات المرتبطة (Paired Samples Test): تمت المعالجة الإحصائية للبيانات باستخدام برنامج التحليل الإحصائي للعلوم الاجتماعية Statistical Package for the Social Sciences"SPSS"

إصدار (٢٢)، لحساب دلالة الفرق بين متوسط درجات الطلاب في التطبيقين القبلي والبعدي للاختبار والمقياس، وذلك للتعرف على فاعلية الوحدة المقترحة في تنمية مهارات التفكير المستقبلي والوعي بالأخلاقيات المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية.

٢- حساب حجم الأثر للتعرف على قوة المعالجة التجريبية: لحساب حجم الأثر تم حساب قيمة مربع إيتا، وذلك لمعرفة التباين في درجات المتغير التابع التي تعزى إلى أثر المتغير المستقل (أبو حطب وصادق، ١٩٩١، ٤٣٩)

٣- حساب حجم الأثر باستخدام معادلة كوهين (الشربيني، ٢٠٠٧، ٤٨٨)

ثانياً: فاعلية الوحدة المقترحة في تنمية مهارات التفكير المستقبلي

عرض ومناقشة النتائج المرتبطة بالفرض الأول:

- لاختبار مدى صحة الفرض الأول والذي ينص على أنه **" يوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ≤ ٠,٠٥ بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لمهارات التفكير المستقبلي وفى الاختبار ككل لصالح التطبيق البعدي ".**

تم حساب متوسط درجات الطلاب والانحراف المعياري لتحديد مستوى الدلالة وحجم الأثر وقيمة مربع إيتا وحجم الأثر لكوهين والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول ٧

دلالة الفرق بين متوسطي درجات الطلاب في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير المستقبلي في الوحدة المقترحة (ن = ٣٣)

البيان/ المهارات	التطبيق	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة (ت)	مستوى الدلالة	قيمة مربع إيتا	حجم الأثر لكوهين
التنبؤ	القبلي	٤٢,٠٣٩	٢,٨٩٥	١١,٨٨٤	٠,٠٥	٠ ,٨٢	٢,٠٧
	البعدي	٥٧,٩٦٠	٨,٠٠١				
التصور	القبلي	٤٢,٥٦٨	٢,٤٨٦	١٠,٨٢٩	٠,٠٥	٠,٧٩	١,٨٩
	البعدي	٥٧,٤٣١	٩,١١١				
التخطيط	القبلي	٤٢,٩١١	٣,٦٥٨	٨,٩٤٥	٠,٠٥	٠,٧١	١,٥٦
	البعدي	٥٧,٠٨٨	٩,٢٧٩				
حل المشكلات المستقبلية	القبلي	٤٣,٠١٧	٤,٨٥٤	٨,٠٦٥	٠,٠٥	٠,٦٧	١,٤٠
	البعدي	٥٦,٩٨٢	٨,٨٨٨				
الدرجة الكلية للاختبار	القبلي	٤١,٩٨١	٢,٧٢٤	١٣,١٠٦	٠,٠٥	٠,٨٤	٢ ,٢٨
	البعدي	٥٨,٠١٨	٧,٩٤٣				

يتضح من الجدول السابق ما يلي:

- يوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوي دلالة ≤ ٠,٠٥ بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لجميع المهارات والدرجة الكلية لاختبار مهارات التفكير المستقبلي لصالح التطبيق البعدي، مما يدل على نمو وتحسن واضح في المهارات والدرجة الكلية لاختبار مهارات التفكير المستقبلي نتيجة دراسة الوحدة المقترحة " مفاهيم وتطبيقات البيولوجيا التخليقية "
- كما تشير قيمة مربع إيتا التي تمتد من (٠,٦٧) إلى (٠,٨٤) إلى أن الوحدة المقترحة " مفاهيم وتطبيقات البيولوجيا التخليقية " لها حجم تأثير مرتفع في تنمية المهارات والدرجة الكلية للتفكير المستقبلي لدى المجموعة التجريبية ، كما أن (٦٧٪) ، (٨٤ %) من التباين في درجات المهارات والدرجة الكلية للتفكير المستقبلي يرجع إلى دراسة الوحدة المقترحة وهي نسبة كبيرة جداً من التباين المفسر بواسطة دراسة الوحدة، وهذا يعني أن الوحدة التي أُعدت لتنمية مهارات التفكير المستقبلي قد أحدثت تحسنًا مرتفع، كما يدل على ارتفاع مستوى الدلالة العملية لهذه الوحدة.
- ارتفاع حجم التأثير لكوهين والذي تراوح ما بين (١,٤٠)، (٢,٢٨) مما يشير إلى قوة تأثير الوحدة المقترحة " مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها" في تنمية مهارات التفكير المستقبلي ككل ومهاراته الفرعية كلًا على حدة لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية.

وهذه النتيجة تشير إلى صحة الفرض الأول.

ويمكن تفسير تلك النتائج كالتالي:

يتضح من نتائج حجم التأثير (٢,٢٨) أنه حجم كبير، ويدل على أن أثر المتغير المستقل وهو الوحدة المقترحة كبير في تنمية مهارات التفكير المستقبلي، ويتفق ذلك مع نتائج دراسة هاني (٢٠١٦) ، سليمان (٢٠١٧)، عبدالعزيز، وغلوش، ودرويش (٢٠٢١)، والبديري والعفون (٢٠٢٢)، وإن كان البحث الحالي يختلف عن هذه الدراسات في أنه يهدف إلى إعداد وحدة مقترحة في البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية جامعة بنها، وترجع درجة التأثير المرتفعة للوحدة على تنمية مهارات التفكير المستقبلي للأسباب التالية:

- طبيعة المحتوى العلمي للوحدة المقترحة، حيث تناولت الموضوعات والقضايا البيولوجية المستقبلية التي ساعدت الطلاب على تقديم حلول لمشكلات قد تواجه المجتمع في المستقبل.
- إثراء الوحدة المقترحة ببعض الأنشطة والمهام التي تتطلب طرح تساؤلات مثيرة للتفكير وللعديد من الاستفسارات وممارسة مهارات التفكير المستقبلي، ويتفق ذلك مع دراسة (فؤاد، الحبشي، وسلامه، ٢٠٢١)

- استخدام جلسات العصف الذهني والحوار والمناقشة لعرض أفكار الطلاب مما أدى إلى تنمية القدرة على طرح الحلول والبدائل للمشكلات المطروحة.
- تنوع استراتيجيات التدريس المستخدمة لتدريس الوحدة المقترحة مما أدى لاكتساب الطلاب للمفاهيم والمعلومات وتوظيفها في التنبؤ بالمشكلات وتكوين صورة متكاملة عن بعض المشكلات المستقبلية الناتجة عن البيولوجيا التخليقية.
- استخدام استراتيجية حل المشكلات المستقبلية التي ساعدت الطلاب على اقتراح العديد من البدائل لحل المشكلات المستقبلية المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية التي تم تقديمها.

ثالثًا: فاعلية الوحدة المقترحة في تنمية الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية

عرض ومناقشة النتائج المرتبطة بالفرض الثاني:

- لاختبار مدى صحة الفرض الثاني والذي ينص على أنه " **يوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ≤ ٠,٠٥ بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لأبعاد مقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية وفى المقياس ككل لصالح التطبيق البعدي** ".

تم حساب متوسط درجات الطلاب والانحراف المعياري لتحديد مستوى الدلالة وحجم الأثر وقيمة مربع إيتا وحجم الأثر لكوهين والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول ٨

دلالة الفرق بين متوسطي درجات الطلاب في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية (ن = ٣٣)

البيان / الأبعاد	التطبيق	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة (ت)	درجات الحرية	مستوى الدلالة	قيمة مربع إيتا	حجم الأثر لكوهين
الثروة النباتية	القبلي	١٤,٨١٨	٢,٤٠٤	٦,٥٥	٣٢	٠,٠٥	٠,٥٧	١,١٤
	البعدي	١٧,٢٧٣	٣,٠٦٥					
الثروة الحيوانية	القبلي	١٤,٦٣٦	٢,٦٧٩	٦,٣٠	٣٢	٠,٠٥	٠,٥٥	١,٠٩
	البعدي	١٨,٢١٢	٤,٠٦٨					
الطاقة الحيوية	القبلي	٩,٠٦٠	١,٩١٩	٨,٢٤	٣٢	٠,٠٥	٠,٦٨	١,٤٣
	البعدي	١٠,٩٦٩	١,٨٩٥					
الطب	القبلي	١١,٩٣٩	٢,٢٦٣	٦,٩٢	٣٢	٠,٠٥	٠,٥٩	١,٢٠
	البعدي	١٤,٧٢٧	١,٧٠١					
السلامة الحيوية	القبلي	٢٠,٦٩٧	٢,٧٦٧	٦,٧٠	٣٢	٠,٠٥	٠,٥٨	١,١٧
	البعدي	٢٤,٠٠	٢,٤٨٧					
الدرجة	القبلي	٧٥,٠٩١	٨,٣١٩	٧,٠٦			٠,٦٠	

البيان / الأبعاد	التطبيق	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة (ت)	درجات الحرية	مستوى الدلالة	قيمة مربع إيتا	حجم الأثر لكوهين
الكلية للمقياس (١٠٢)	البعدي	٨٤ ,٣٠٣	٩,٣٠٢		٣٢	٠,٠٥		١,٢٣

يتضح من الجدول السابق ما يلي:

- يوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوي دلالة ≤ ٠,٠٥ بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لجميع الأبعاد والدرجة الكلية لمقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية لصالح التطبيق البعدي، مما يدل على نمو وتحسن واضح في الأبعاد والدرجة الكلية للمقياس نتيجة دراسة الوحدة المقترحة " مفاهيم وتطبيقات البيولوجيا التخليقية ".
- تشير قيمة مربع إيتا التي تمتد من (٠,٥٥) إلى (٠,٦٨) إلى أن الوحدة المقترحة " مفاهيم وتطبيقات البيولوجيا التخليقية " لها حجم تأثير مرتفع جدًا في تنمية الأبعاد والدرجة الكلية لمقياس الوعى بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية لدى المجموعة التجريبية، كما أن (٥٥٪) ، (٦٨٪) من التباين في درجات الأبعاد والدرجة الكلية لمقياس الوعى بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية يرجع إلى دراسة الوحدة المقترحة وهي نسبة كبيرة جداً من التباين المفسر بواسطة دراسة الوحدة، وهذا يعني أن الوحدة التي أُعدت لتنمية الوعى بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية قد أحدثت تحسنًا مرتفع، كما يدل على ارتفاع مستوى الدلالة العملية لهذه الوحدة.
- تشير قيمة حجم التأثير لكوهين التي تمتد من (١,٠٩) إلى (١,٤٣) وهي أعلى من القيمة المساوية (٠,٨) التي تقابل حجم تأثير مرتفعًا؛ مما يدل على أن دراسة وحدة " مفاهيم وتطبيقات البيولوجيا التخليقية " له حجم تأثير كبير على رفع الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية جامعة بنها.

وهذه النتيجة تشير إلى صحة الفرض الثاني.

ويمكن تفسير تلك النتائج كالتالي:

يتضح من نتائج حجم التأثير (١,٢٣) أنه حجم كبير، ويدل على أن أثر المتغير المستقل وهو الوحدة المقترحة كبير في تنمية الوعى بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية، ويتفق ذلك مع نتائج دراسة إيبيسن و أندرسين و بيدرسين(Ebbesen, Andersen, Pedersen, 2015)، دراسة كومينجس وكوزما (Cummings &Kuzma , 2017)، ودراسة بيسينسكى، وكى (Pieczynski & Kee, 2020)، وإن كان البحث الحالي يختلف عن هذه الدراسات في أنه يهدف إلى إعداد وحدة مقترحة في البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية الوعى بأخلاقياتها لدى

طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية جامعة بنها، وترجع درجة التأثير المرتفعة للوحدة على تنمية الوعى بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية للأسباب التالية:

- تناول الموضوعات الجدلية المرتبطة بتطبيقات البيولوجيا التخليقية في الوحدة المقترحة مما أدى إلى وعى الطلاب بتلك الموضوعات.
- مناقشة الأثار الإيجابية والسلبية لتطبيقات البيولوجيا التخليقية التي تم تناولها بالوحدة المقترحة مما أدى لوعى الطلاب بتلك الأثار.
- إعطاء الفرصة للطلاب لإبداء أراءهم سواء بالقبول أو الرفض حول الموضوعات المثيرة للجدل المتعلقة بتطبيقات البيولوجيا التخليقية التي تم تناولها بالوحدة المقترحة.

التوصيات والمقترحات:

في ضوء ما أسفرت عنه نتائج البحث الحالي يمكن تقديم التوصيات الآتية:

- الاهتمام بتطوير برامج إعداد المعلم وخاصةً برنامج إعداد معلم العلوم البيولوجية من خلال تضمين العلوم الأحيائية المعاصرة خاصة تلك التي ترتبط بالمجتمع وقضاياه.
- إعداد البرامج التدريبية التي تسعى إلى تنمية التوجهات المستقبلية لدى الطلاب، والتي تمكنهم من معرفة أهمية التفكير في قضايا المستقبل والتنبؤ بالسيناريوهات المحتملة والتكيف مع متغيرات المستقبل.
- تضمين الموضوعات والمشكلات المستقبلية المرتبطة بالعلوم البيولوجية في مقررات المرحلة الجامعية بكلية التربية لزيادة الاهتمام بها والوعي بموضوعاتها.
- تضمين الدراسات المستقبلية في المراحل التعليمية المختلفة بصفة عامة وبالمرحلة الجامعية بصفة خاصة، لما لها من أهمية كبيرة للطلاب كأفراد في المجتمع، مما يسهم في تقدم المجتمع والتنبؤ بمشكلاته للاستعداد لمواجهتها قبل حدوثها.
- الاهتمام بتدريب الطلاب المعلمين على تنمية التفكير، وخاصةً مهارات التفكير المستقبلي.
- تأكيد الاهتمام بالجانب الانفعالي للطلاب من خلال تدريس موضوعات البيولوجيا وخاصة الاتجاهات المرغوبة والوعي بأخلاقيات علم الأحياء.

كما تقترح الباحثة إجراء الدراسات التالية:

- تطوير برنامج إعداد معلم العلوم البيولوجية بكلية التربية في ضوء البيولوجيا المعاصرة.
- وحدة مقترحة في البيولوجيا المعاصرة لتنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى طلاب المرحلة الثانوية.

- تضمين البيولوجيا التخليقية في مقررات الأحياء لتنمية الوعي بالسلامة البيولوجية لدى طلاب المرحلة الثانوية.
- برنامج تدريبي قائم على المشكلات المستقبلية لتنمية الثقافة البيولوجية لدى معلمي العلوم البيولوجية.

المراجع

أبو حطب، فؤاد؛ صادق، أمال (١٩٩١). *مناهج البحث وطرق التحليل الإحصائي في العلوم النفسية والتربوية والاجتماعية*. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.

البديري، فراس عيال مطر والعفون، نادية حسين يونس (٢٠٢٢). بناء برنامج تدريبي وفقًا لاستراتيجيات التعليم من أجل الاقتصاد الأخضر لمدرسي علم الأحياء وأثره في مهارات التفكير المستقبلي لديهم. *الجمعية العراقية للدراسات التربوية والنفسية. مجلة نسق. ٣٤* (٤). ١١٨- ١٤٢.

البلوى، عهود بنت سعد (٢٠٢١). تصور مقترح لتطوير برنامج إعداد معلم العلوم في ضوء مهارات التفكير المستقبلي. *المؤسسة العربية للاستشارات العلمية وتنمية الموارد البشرية: عالم التربية. ٧٢* (٣). ١٥٤-١٩١.

حافظ، عماد حسين (٢٠١٥). *التفكير المستقبلي (المفهوم – المهارات – الاستراتيجيات)*. القاهرة: دار العلوم للنشر والتوزيع.

حسن، عزت عبد الحميد محمد (٢٠١٦). *الإحصاء النفسي والتربوي: تطبيقات باستخدام برنامج SPSS18*. القاهرة: دار الفكر العربي.

رزوقى، رعد مهدى ومحمد، نبيل رفيق (٢٠١٦). *التفكير وأنماطه*. لبنان: دار الكتب العلمية.

سليمان، تهاني محمد (٢٠١٧). فعالية برنامج قائم على المستجدات العلمية في تنمية التفكير المستقبلي وتقدير العلم وجهود العلماء لدى طلاب الشعب العلمية بكلية التربية. *مجلة التربية العلمية*. ٢٠ (٦). ١-٣٦.

السيد، فؤاد البهي (٢٠١٤). *علم النفس الإحصائي وقياس العقل البشري*. القاهرة: دار الفكر العربي.

الشربيني، زكريا (٢٠٠٧). الإحصاء وتصميم التجارب في البحوث النفسية والتربوية والاجتماعية. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.

عبد العزيز، محمود إبراهيم؛ غلوش، محمد مصطفى؛ ودرويش، نيرة مجدي كمال السيد (٢٠٢١). برنامج تدريبي في البيولوجيا الخضراء لتنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى الطلاب معلمي البيولوجي بكليات التربية. *مجلة كلية التربية: جامعة كفر الشيخ. ١٠١* (٣). ٣٧٩ – ٤٠٦.

فؤاد، أميرة محمود إبراهيم؛ الحبشي، فوزي أحمد محمد أحمد؛ وسلامة، مريم رزق سليمان (٢٠٢١). وحدة مطورة في ضوء معايير العلوم للجيل القادم لتنمية التفكير المستقبلي لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي. *دراسات تربوية ونفسية: مجلة كلية التربية: جامعة الزقازيق. ٢٦* (١١٣). ١٥٩- ٢٤٥.

قطامي، يوسف؛ أبو نعيم، منى (٢٠١٦). تحقيق الذات والقيادة المستقبلية بين النظريون والتطبيق: برنامج تدريبي. دبي – الإمارات العربية المتحدة: مركز ديبونو لتعليم التفكير.

كطفان، ولاء داخل. الشون، هادى كطفان، والشباني، علياء عبد هاشم (٢٠٢٠). أثر استخدام استراتيجية الأنشطة المتدرجة في التفكير المستقبلي لدى طالبات الصف الثاني المتوسط في مادة العلوم. *المجلة الدولية للعلوم الإنسانية والاجتماعية*. ١٦. ١٦٢ – ١٧٤.

هاني، مرفت حامد محمد (٢٠١٦). فاعلية مقرر مقترح في بيولوجيا الفضاء لتنمية مهارات التفكير المستقبلي ومهارات التفكير التأملي لدى طلاب شعبة البيولوجي بكليات التربية. *مجلة التربية العلمية*. ١٩ (٥). ٦٥-١٢٢.

الهيئة القومية لضمان جودة التعليم والاعتماد (٢٠١٣). *المعايير القومية الأكاديمية المرجعية قطاع كليات التربية*. الهيئة القومية لضمان جودة التعليم والاعتماد. جمهورية مصر العربية.

Abdel-Radi, N. (2021). Science Fiction Cinema in Science Education and the Development of Future Thinking Visions....Aspirations. *Journal of Research in Curriculum, Instruction and Educational Technology. 7*(3). 165-187.

Abil, Z.; Xiong, X. & Zhao, H. (2015). Synthetic Biology for Therapeutic Applications. *Molecular Pharmaceutics. 12*. 322-331.

Andrianantoandro, E.; Basu, S.; Karig, D.K. & Weiss, R. (2006). Synthetic biology: new engineering rules for an emerging discipline. *Molecular Systems Biology .0028*. 1-14.

Boldt, J. (2018). 'Machine metaphors and ethics in synthetic biology. *Life Sciences. Society and Policy. 14*(1).1-13.

Botha, A. (2016). Developing Executive Future Thinking Skills. *25th International Conference of the International Association for Management of Technology (IAMOT). Technology - Future Thinking*, Orlando, Florida, USA. 15-19 May, 951-972.

Campbell, M.; Heyer, L.J; Eckdahl, T.T & Poet, J.L. (2012). Integrating Synthetic Biology into the Microbiology Curriculum: Teaching labs and research projects that feature synthetic biology avoid rote learning and help to motivate students. *Microbe. 7*(10). 460-465.

Campbell, A.M.; Eckdahl, T.; Cronk, B.; Andresen, C.; Frederick, P.; Huckuntod, S.; Shinneman, C.; Wacker,A. & Yuan, J. (2014). pClone: Synthetic Biology Tool Makes Promoter Research Accessible to Beginning Biology Students. *CBE Life Sci Educ. 13*(2). 285–296

Chownk, M.; Thakur, K.; Purohit, A.; Vashisht, A. & Kumar, S. (2019). Applications and Future Perspectives of Synthetic Biology Systems. in S, Singh. (eds). *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering, Cell Engineering and Bioprocessing Technologies covers the current perspectives.* Elsevier B.V. 393-412.

Craig, W.; Sara, R.& Moronta-Barrios, F. (2022). *Synthetic Biology. CBD Technical Series* No. 100. Montrea. Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

Cummings, C.L. & Kuzma. J. (2017). Societal Risk Evaluation Scheme (SRES): Scenario-Based Multi-Criteria Evaluation of Synthetic Biology Applications. *PLoS ONE.12*(1). 1-24.

Diep,**P**., Boucinha,A.; Kell, B. ; Yeung, B. ; Chen,X. ; Tsyplenkov, D. ; Serra, D. ; Escobar, A. ; Gnanapragasam, A. ; Emond, C. ; Sajtovich, V. ; Mahadevan, R. ; Kilkenny, D. ; Newman, G. ; Kaern, M. & Brian Ingalls (2021) . Advancing undergraduate synthetic biology education: insights from a Canadian iGEM student perspective. *Canadian Journal of Microbiology . 67*(10).749-770.

Douglas, C.M. & Stemerding, D. (2014). Challenges for the European governance of synthetic biology for human health. *Life Sciences, Society and Policy. 10*(6). 1-18.

Douglas, T. & Savulescu, J. (2010). Synthetic biology and the ethics of knowledge. *J Med Ethics. 36*(11) .687-693.

Ebbesen, M.; Andersen, S.; Pedersen, F.S. (2015). A conceptual framework for the ethics of synthetic biology. *academic quarter Journal. 12*. 203-223.

El Karoui. M.; Flight. M.H. & Fletcher. L. (2019). Future Trends in Synthetic Biology—A Report. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 7*(175). 1-8.

European Academies Science Advisory Council. (2010). Realising European potential in synthetic biology: scientific

opportunities and good governance. German Academy of Sciences Leopoldina.

Garfinkel, M.S. (2010). *Encyclopedia of Science and Technology Communication: Synthetic Biology and Genomics*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc. Susanna Hornig Priest.

Gutmann, A. (2011). The Ethics of Synthetic Biology: Guiding Principles for Emerging Technologies. *Hastings Center Report .41*(4). 17-22.

Hallinan, J.S.; Wipat, A.; Kitney, A.; Woods, S.; Taylor, K.& Goñi-Moreno, A. (2019). Future-proofing synthetic biology: educating the next generation. *Engineering Biology .3*(2). 25-31.

Hayry, M. (2017). Synthetic Biology and Ethics: Past, Present, and Future. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics. Cambridge University Press. 26*. 186–205.

Holm, S. (2017). The Bioethicist Who Cried "Synthetic Biology" An Analysis of the Function of Bioterrorism Predictions in Bioethics. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics. Cambridge University Press .26*. 230–238.

Johnson,C.K.;Sabel,J.L.; Cole,J; Pruett,C.L.; Plymale,R. & Nat han S. (2022). From genetics to biotechnology: Synthetic biology as a flexible course-embedded research experience. *Biochem Mol Biol Educ. 50*(6). 580–591.

Jones, A.; Buntting, C.; Hipkins, R.; McKim, A.; Conner, L. & Saunders, K. (2011). Developing Students' Futures Thinking in Science Education. *Research in Science Education. 42*. 687–708.

Kaebnick, G.E.; Gusmano, M.K. & Murray, T.H. (2014). The Ethics of Synthetic Biology: Next Steps and Prior Questions," Synthetic Future: Can We Create What We Want Out of Synthetic Biology? *special report, Hastings Center Report* .44(6). 4-26.

Khalil, A.S. & Collins.J.J. (2010). Synthetic biology: applications come of age. *Genetics: Nature Reviews. 11*. 367-379.

León-Buitimea, A.L.; Balderas-Cisneros, F.J.; Garza-Cárdenas, C.R.; Garza-Cervantes, J.A. & Morones-Ramírez, J.R. (2022). Synthetic Biology Tools for Engineering Microbial

Cells to Fight Superbugs. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. *10*(869206). 1-9.

Li, J.; Zhao, H.; Zheng, L. & An, W. (2021). Advances in Synthetic Biology and Biosafety Governance. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. *9*. 1-14.

Mao, N.; Aggarwal, N.; Loo Poh, C.; Cho, B.K.; Kondo, A.; Liu, C.; Yew, w.s. & Chang, M.W. (2021). Future trends in synthetic biology in Asia. Advanced Genetics. 2(e10038). 1-15.

Marinkovic, T.; Samardzic, V. & Pajic, A. (2018). The misues of knoweledge: bioethics and security issues related to synthetic biology. *MATERIA MEDICA. 34*(2). 1634- 1640

McAllum, M. (2020). Futures Thinking on Sustainable Development. in W. Leal Filho et al. (eds.), *Quality Education, Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals.* Springer Nature Switzerland AG. 351-364.

Newson, A. J. (2015). Synthetic Biology: Ethics, Exceptionalism and Expectations. *Macquarie Law Journal. 15*. 45-58.

Pieczynski, J.N., Kee, H.L. (2020). "Designer babies?!" A CRISPR-based learning module for undergraduates built around the CCR5 gene. *Biochem Mol Biol Educ*. 1-14.

Reyes, P.M. (2016). Synthetic Biology: Knowledg Accessed by Everyone (Open Sources). International Conferences ITS, ICEduTech and STE.

Rogers, W. (2015). Ethical Issues in Synthetic Biology: A Commentary. *Macquarie Law Journal. 15*. 39-44.

Scott, D., Abdelhakim, D., Miranda, M., Höft, R. & Cooper, H.D. (2015). Potential positive and negative impacts of components, organisms and products resulting from synthetic biology techniques on the conservation and sustainable use of biodiversity, and associated social, economic, and cultural considerations. Part I of: Synthetic biology. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Montreal, Quebec, Canada.Technical Series No. 82, 1-60.

Sekhon, K.K. & Rahman, P.K. (2013). Synthetic Biology: A Promising Technology for Biofuel Production. *Journal of Petroleum & J Environmental Biotechnology. 4*(6). 1.

Siew, N. M., & Abdul Rahman, M. S. (2022). Effects of socio-scientific issues based on thinking maps approach on future thinking of secondary school students. *Journal of Baltic Science Education, 21*(5), 888-901.

Tan, X.; Letendre, J. H.; Collins, J. J. & Wong, W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. W. (2021). Synthetic biology in the clinic: engineering vaccines, diagnostics, and therapeutics. *Cell. 184*(4), 881–898.

Uskola, A. & Puig, B. (2023). Development of Systems and Futures Thinking Skills by Primary Pre-service Teachers for Addressing Epidemics. *Research in Science Education*. 53(1). 1-17.

Walker, J.T. (2021). Middle School Student Knowledge of and Attitudes Toward Synthetic Biology. *Journal of Science Education and Technology .30*.791–802.

Walker, R.S.K. & Pretorius, I.S. (2018). Applications of Yeast Synthetic Biology Geared towards the Production of Biopharmaceuticals. *Genes. 9*(340). 1-22.

روابط المجلات العلمية المتخصصة في نشر أبحاث البيولوجيا التخليقية

https://academic.oup.com/synbio/pages/About

https://pubs.acs.org/page/asbcd6/about.html

- https://www.longdom.org/current-synthetic-and-systems-biology.html

رابط المؤسسة الدولية للآلة المهندسة وراثيًا

https://igem.org

رابط المسابقة الدولية للآلة المهندسة وراثيًا

https://igem.unl.edu/what-igem

روابط الدول التي تهتم بتدريس البيولوجيا التخليقية ضمن برامجها للطلاب في المرحلة الجامعية

https://www.concordia.ca/sgs/programs/interdisciplinary/synthetic-biology-applications.html

https://syntheticbiology.northwestern.edu/education/courses.html

https://www.ed.ac.uk/studying/postgraduate/degrees/index.php?r=site/view&edition=2022&id=857

https://www.ed.ac.uk/studying/postgraduate/degrees/index.php?r=site/view&edition=2022&id=649
https://www.syntheticbiology.uw.edu/education