

**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**

## 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 عبد الوهاب

### المستخلاص:

استهدف البحث الحالي إعداد وحدة مقترحة في البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية مهارات التفكير المستقبلي والوعي 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 وأختبار التفكير المستقبلي ومقاييس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية، وتم تطبيق الاختبار و المقاييس قبلياً على مجموعة من طلاب الفرقـة الثالثـة شـعبـةـ العـلـومـ الـبـيـولـوـجـيـةـ والـجيـولـوـجـيـةـ بـكـلـيـةـ التـرـبـيـةـ جـامـعـةـ بـنـهـاـ وـعـدـدـهـمـ (٣٣ـ) طـالـبـ وـطالـبـةـ، حيث اعتمد البحث على التصميم التجريبي ذي المجموعة الواحدة، ثم تم تدريس الوحدة المقترحة، ثم تطبيق الأدوات بعدياً وتوصلت النتائج إلى أنه يوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة  $\geq 0,05$  بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجري比ية في التطبيقين القبلي والبعدي لجميع المهارات والدرجة الكلية لاختبار مهارات التفكير المستقبلي لصالح التطبيق البعدى، ويوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة  $\geq 0,05$  بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبيه في التطبيقين القبلي والبعدي لجميع الأبعاد والدرجة الكلية لمقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية لصالح التطبيق البعدى.

**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  $\leq 0.05$  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  $\leq 0.05$  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 تقدماً كبيراً منذ نشأتها؛ بفضل تمكن الباحثين من اكتشاف العديد من التطبيقات التكنولوجية المرتبطة بها، وقد أسمهم التطور التكنولوجي والمعلوماتي الحادث في العصر الحديث في تطور العلوم البيولوجية تطوراً ملحوظاً، وقد ظهرت البيولوجيا التخليقية ضمن العلوم البيولوجية المعاصرة، وتزايد تطبيقاتها في كل مجال من مجالات العلوم البيولوجية.

وتعد البيولوجيا التخليقية/ الاصطناعية Synthetic Biology مجال حديث العهد نسبياً، على الرغم من أنها تقوم على العديد من التخصصات التي تعود جذورها إلى قرون سابقة \* (Hallinan; Wipat; Kitney; Woods; Taylor & 25, Goñi-Moreno, 2019)، ولقد أعطت البيولوجيا التخليقية بعداً جديداً 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 (Chownk, Thakur, Purohit, Vashisht & Kumar, 2019, 407) وتخليق changing synthesizing الكائنات الحية (Walker, 2021, 791) كما أن البيولوجيا التخليقية تعتبر هي 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 القيمية، 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 الفيروسات، واضطرابات التمثيل الغذائي و إيجاد طريقة للتفكير و مراقبة 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 ورائياً لصنع منتجات قابلة للاستخدام مثل المنتسوجات المصنعة بشكل مستدام ومواد الكيميائية القابلة للتخلل البيولوجي والطب الشخصي ( Walker, 2021, 791).

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

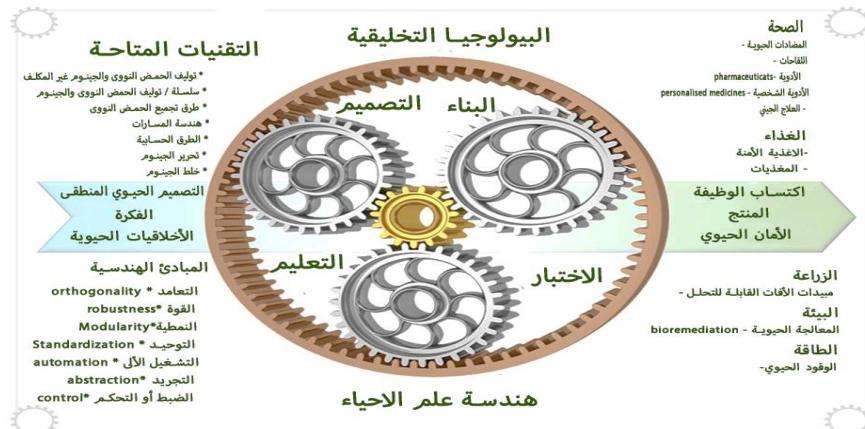
كما تم بناء البيولوجيا التخليقية على عدد من التقنيات البيولوجية والأساليب الهندسية في البناء، حتى في مواجهة الأساليب الجديدة لبناء الحمض النووي وإدخاله في الخلايا، فإن المجموعة الرئيسية من التقنيات هي في الأساس نفس تلك التي تم تطويرها منذ ٣٥ عاماً مثل تقنية "الحمض النووي المؤتلف أو المعاد التركيب recombinant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

توفر البيولوجيا التخليقية مجموعة متنوعة من التقنيات التي تساعده في تصميم وبناء الكائنات الحية الدقيقة القادر 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 المعد 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 للدواجن الجينية والوحدات البيولوجية والمسارات التخليقية في معالجة المشاكل الحاسمة كما يتم استخدامها في التطبيقات العملية ذات الصلة (Khalil & Collins, 2010, 367).

وتطور البيولوجيا التخليقية إلى منصة تصميم حيوي biodesign platform ، 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 نظراً لزيادة تطبيقاتها في كل مجال من مجالات العلوم البيولوجية، وعلى الرغم من أن التاريخ البشري شهد استخدام الخلايا الحية لإنتاج الكحول والإنزيمات والمضادات الحيوية والمحملات الغذائية وما إلى ذلك، إلا أن التلاعب في الحمض النووي أو البروتين أو المسار الأيضي لأنظمة الحياة أصبح الآن من أكثر اهتمامات البحث 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 الحيوي production of biofuels ، والمستحضرات الصيدلانية (Khalil novel biomaterials pharmaceuticals &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 - التعليم"، حيث تحتاج البيولوجيا التخليقية إلى هندسة علم الأحياء التي تتضمن التقنيات والمداخل المتاحة التي يتم تأثيرها حول المبادئ الهندسية framed around engineering principles

وطبقاً على الرغم من أن البيولوجيا التخليقية لها العديد من التطبيقات المفيدة، لكنها تثير أيضاً مخاوف أخلاقية خطيرة محتملة، منها خطر إساءة استخدام المعرفة الناتجة من البيولوجيا التخليقية، على سبيل المثال، الإرهاق 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 الآثار السلبية المحتملة لهذه التطبيقات على الحفظ والاستخدام المستدام للتنوع البيولوجي (Scott; Abdelhakim; Miranda; Höft & Cooper, 2015, 25)

كما تشير تكنولوجيا البيولوجيا التخليقية مخالفة بشأن السلامة البيولوجية، والأمن البيولوجي، ذات الصلة بالإطلاق العارض أو المتعدد للكائنات الناتجة عن تطبيقات البيولوجيا التخليقية، وتشمل هذه المخالفة المتعلقة بالتأثيرات على مستوى النظام البيئي، وتتدفق الجينات، وظهور خصائص لا يمكن التنبؤ بها حيث أن ذلك قد يعرض الصحة العامة والبيئة لمخاطر غير معروفة، وعلى مدى العقود الماضية قامت بعض البلدان في أوروبا وأمريكا وأسيا بتشريع قوانين ولوائح للتحكم في تطبيق تقنيات البيولوجيا التخليقية في البحث 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 خطيرة، وفيما يتعلق بتدابير السلامة البيولوجية، فإن المنطق الأخلاقي الرئيسي هو الحماية من الأذى، من المهم التأكيد 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 تتكرر 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 اللازمانين 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 للنوازع 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 وتنتقل 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 ، وتنتقل البحوث المشتركة بين العديد من المجالات البحثية مثل العلوم والتكنولوجيا والطب.
- مجلة البيولوجيا التخليقية والأنظمة الحديثة (Current Synthetic and Systems Biology) : هي 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 وراثياً 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 وراثياً The International Genetically Engineered Machine (iGEM) competition هي مسابقة أكاديمية تهدف إلى تحسين فهم الناس للبيولوجيا التخليقية مع تطوير مجتمع مفتوح وتعاوني بين المجموعات. إنها مسابقة البيولوجيا التخليقية الأكثر شهرة للطلاب، بدأت المسابقة في عام ٢٠٠٤ وتضم الآن أكثر من ٣٠٠ فريق يت天涯ون من موقع حول العالم، تهدف جميع الفرق المختلفة إلى تصميم وهندسة طريقة جديدة لتحسين استخدام البيولوجيا التخليقية، تترواح المشاريع من تحسين البيئة إلى إنتاج أدوية أو مواد جديدة لاستعمار الكواكب الأخرى.

\* تم توثيق رابط المؤسسة الدولية للآلة المهندسة وراثياً ورابط المسابقة الدولية للآلة المهندسة وراثياً 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 كونكورديا 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 للأئلة المهندسة ورائياً (iGEM, 2021).

كما يتم دراسة البيولوجيا التخليقية في جامعة كونكورديا concordia university برنامج تدريسي بعنوان (تطبيقات البيولوجيا التخليقية) والذي يتناول تطبيقات البيولوجيا التخليقية الأكademie والصناعية، كيفية تصميم وبناء الخلايا والبروتينات لتطوير منتجات جديدة تتعلق بصحة الإنسان والتقنيات الخضراء، بالإضافة إلى طرق بناء الحمض النووي وجمع البيانات باستخدامأحدث 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 ل الهندسة النظم البيولوجية، ومقرر تفكك البيولوجيا التخليقية Deconstructing Synthetic Biology الخلايا والنظام البيئي . •

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 بمراجعة 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 الذي 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 ، والنماذج الميكانيكية، ونمذجة وتصميم أنظمة جديدة لإنتاج مواد كيميائية ووقود متعدد، ومواد طيبة للصحة العالمية، وتطوير علاجات تعتمد على الخلايا والأنسجة .

وقد أشار هالينان وآخرون (Hallinan; Wipat; Kitney; Woods; Taylor & Goñi-Moreno, 2019) 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 الأكademie المرجعية لقطاع كليات التربية على ضرورة أن يكون الخريج قادرًا على أن يستربط المفاهيم والنتائج والدروس المستقادة 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، وأيضاً تشجع على الإبداع وجعل الطلاب قادرين على تطوير أفكارهم لتفسير الواقع المحيط بهم والتنبؤ بما سيحدث في المستقبل، واقتراح حلول للمشكلات المستقبلية (Jones; Bunting; Hipkins; McKim ; Conner & Saunders, 2011, 688)

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 مفكراً مبدعاً ومستقراً وخاليًا وقدراً على اتخاذ القرارات (Abdel-Radi, 2021, 179)

وقد أشارت الدراسات السابقة إلى تدني 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) (Pieczynski, 2012)، ودراسة (Kee, 2020)

وأقامت الباحثة بفحص بعض المقررات الموجودة في برنامج إعداد معلم العلوم البيولوجية، والتي تعتبر أكثر المقررات ارتباطاً 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- الميكروبولوجي 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 الفرقـة الثالثة شعبة العلوم البيولوجـية.

### مشكلة البحث:

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

### أسئلة البحث

- للتصدي لهذه المشكلة يحاول البحث الحالي الإجابة عن التساؤلات الآتية:
- 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 الفرقـة الثالثة شعبة العلوم البيولوجـية بكلية التربية؟
  - ٣- ما فاعلية الوحدة المقترحة في مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى طلاب الفرقـة الثالثة شعبة العلوم البيولوجـية 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)

### فرض البحث

حاول البحث التحقق من صحة الفرض التالي:

- يوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة  $\geq 0,05$  بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقات القبلي والبعدي لمهارات التفكير المستقبلي وفي الاختبار ككل لصالح التطبيق البعدى.

- يوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة  $\geq 0,05$  بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقات القبلي والبعدي لأبعد مقاييس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية وفي المقاييس كل لصالح التطبيق البعدى.

### منهج البحث

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

### مصطلحات البحث

تتعدد 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 لتخليل 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 أغراض البشرية في مجال الطب والتصنيع الحيوى أو الطاقة أو البيئة والغذاء والزراعة.

- **مهارات التفكير المستقبلي:** القدرات التي ينبغي أن يمتلكها طلاب الفرقـة الثالثـة شـعبـة العـلـوم الـبـيـولـوـجـيـة بكلـيـة التـرـيـبـة جـامـعـة بـنـها لـتـسـاعـدهـم عـلـى التـنبـؤ بـالـمـسـكـلـات الـمـسـقـبـلـة المرـتـبـطـة بـتـطـبـيقـات الـبـيـولـوـجـا التـخـلـيقـة، وـتـكـوـين صـورـة كـامـلـة عـن نـقـاط القـوـة (الـإـيجـابـيات) وـنـقـاط الـضـعـف (الـسـلـبـيات) المرـتـبـطـة بـالـمـسـكـلـات وـتـطـبـيقـات وـطـرـح حلـول لـتـكـالـمـات، وـتـمـثـلـ فـي (الـتـنبـؤ، التـصـور، التـخـطـيط، وـحلـ المـسـكـلـات الـمـسـقـبـلـة)، وـتـقـاسـ بالـدـرـجـة الـتـخـلـيقـة الـمـسـتـخـدـمـ فـي الـبـحـثـ.

- **الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية:** إدراك طلاب الفرقـة الثالثـة شـعبـة العـلـoms الـbـiـoـl~o~g~i~e بالـأـثـر الإـيجـابـيـة وـالـسـلـبـيـة لـتـطـبـيقـات الـbـi~o~l~o~g~i~a التـx~l~i~c~i~e، وـرـفـضـ أوـ قـبـولـ تـلـكـ التـطـبـيقـاتـ، وـتـقـاسـ بـمـقـايـسـ الـوـعـيـ بـأـخـلـاقـيـاتـ الـb~i~o~l~o~g~i~a التـx~l~i~c~i~eـ الـt~x~l~i~c~i~eـ الـm~s~t~x~d~o~mـ فـيـ الـb~h~u~t~.

### الإطار النظري للبحث

#### أولاً: البيولوجيا التخليقية

يعتمد ظهور البيولوجيا التخليقية وتطورها السريع على ثلاثة عوامل تكنولوجية رئيسة وهي: النمذجة الحاسوبية، تسلسل الحمض النووي تركيب الحمض النووي، وذلك يعني 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، وب مجرد 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 الآلي على 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 (Mao; Aggarwal; Loo Poh; Cho; Kondo; Liu; Yew& Chang, 2021, 2).

وتعتبر البيولوجيا التخليقية مجال متتطور يتعامل مع النظم البيولوجية المعقدة والتغلب على قضايا الأمان الحيوي biosafety 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 وساڤوليڪو (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 الأحياء methods of biology والهندسة والتخصصات ذات الصلة في تصميم الحمض النووي المركب كيميائياً لإنشاء كائنات ذات خصائص أو سمات جديدة أو محسنة.

ويُعرفها سيكهيون 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.

ويُعرفها كامبيل وآخرون (Campbell, et al., 2014,285) بأنها مجال متعدد التخصصات يمزج بين الكيمياء والهندسة ونمذجة الحاسوب الآلي والبيولوجيا الجزيئية وبيولوجيا الأنظمة.

كما يُعرفها ماو وأخرون (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. وتنعدد 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)

• في مجال التصنيع الحيوى أو الطاقة أو البيئة: تعدد التطبيقات في هذا المجال منها:

- استخدام الميكروبات لإنتاج المواد البلاستيكية القابلة للتحلل .Biodegradable plastics
- إعادة تدوير النفايات الإلكترونية بواسطة الميكروبات المصممة هندسياً engineered microbes.
- المستشعرات الحيوية للكشف عن الملوثات.
- المعالجة البيولوجية bioremediation.
- الجيل الثاني من الوقود الحيوى (إنتاج الوقود الحيوى 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 الحيوى والمواد الكيميائية.
- توليد الهيدروجين والطاقة الأخرى بواسطة ميكروبات جديدة.
- إنتاج مواد وظيفية جديدة.

• وفي 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 كريسبير 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 المقاييس 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)

#### • وفي 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 أغراض البشرية (Kaebnick; Gusmano & Murray, 2014, 6)، وعلى الرغم من الفوائد التي تتحققها تطبيقات البيولوجيا التخليقية للمجتمع والبيئة إلا أن هذه التقنيات قد تخلق العديد من المخاطر للإنسان والبيئة، بشكل عام، حيث توجد الكائنات الحية الدقيقة وتتفاعل داخل بيئه شديدة التعقيد وتسنم وظائفها الوراثية من العمليات التطورية التي تحدث على مدى آلاف السنين من التجربة والخطأ، حيث يقوم علماء الأحياء والمهندسوون العاملون في علم الأحياء التخيلي بعمل قفزات تطورية عبر الزمن حيث يصنعنو كائنات حية عالية الهندسة قادرة على الاستجابة للمحفزات المحددة من قبل الباحثين، تحمل مثل هذه التطورات وعوًداً بإحداث تأثير كبير على المجتمع من خلال التطبيقات المفيدة، ولكنها قد تخلق أيضاً فلقاً منحوادت الضارة أو سوء الاستخدام أو العواقب غير المقصودة، وتعطيل عمل النظام البيئي (Cummings & Kuzma, 2017, 2)، يتوقف الفلق من البيولوجيا التخليقية على طبيعة تطبيقاتها وكيفية تنفيذ هذه التطبيقات في البيئة، حيث يوجد فلق من تأثير 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 خطراً على سلامة الأشخاص الخاضعين للتجارب، كما قد يشكل تطوير الكائنات الحية الاصطناعية لإنتاج الوقود مخاطر بيئية مرتفعة محلياً، خاصةً إذا لم يتم الاحفاظ بالكائنات الحية في أنظمة مغلقة تماماً، أيضاً إذا كانت الطريقة التي يتم بها تطوير التكنولوجيا تولد أو تقييد 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 التخليفية بما يحقق العدالة، كما تنشأ مخاوف حول ملكية التكنولوجيا وكيفية السيطرة عليها ( Kaebnick; Gusmano & Murray, 2014, 15 )، كما قد تساهم تطبيقات البيولوجيا التخليفية 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 التخليفية 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 التخليفية 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 التخليفية بشكل أساسي بالسلامة والأمن البيولوجي، نظراً للطبيعة الجديدة لتقنيات البيولوجيا التخليفية، 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 الأمان البيولوجي، ويثير أسئلة حول أنساب 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 الفيروس وشلل الأطفال، ظهر الكثير من القلق بشأن مخاطر الأذى الجسدي بعد النشر، حيث أن مجال البيولوجيا التخليفية 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 تهديداً كبيراً له عواقب محتملة على الجمهور والصحة والأمن البيئي، إلا أنه في معظم الحالات التي يمكن فيها إسهام 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 وبين الدول من مخاطر إعادة الاستخدام (Marinkovic; Samardzic & Pajic, 2018, 1639).

كما أن هناك فرق 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 الحاسوب الأولى، 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 الحاسوب الأولى معيب لأن أجهزة الحاسوب لا تكرر نفسها (Rogers, 2015, 42).

#### ومن الدراسات التي تناولت البيولوجيا التخليقية / الاصطناعية وأخلاقياتها:

دراسة كامل، هير، 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 الجزيئية والتطبيقات الطبية الحيوية والطاقة الحيوية، وأكدت الدراسة على أنه عندما يتعلم الطلاب الجامعيين حول مجال البيولوجيا التخليقية ويقومون بإجراء البحوث ، سيكتسبون فهماً أعمق للأفكار الكبيرة في علم الأحياء

ودرسة ايسن وأندرسين وبيدرسرين (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 هي جزء من نظرية بوشامب وتشيلدرس' theory . Beauchamp and Childress' theory

ودرسة كومينجس وكوزما ( Cummings & Kuzma , 2017 ) التي استهدفت تقديم مخطط لتقدير المخاطر المجتمعية a Societal Risk Evaluation Scheme متعدد المعايير قائم على السيناريو Scenario-Based Multi-Criteria Evaluation ، يعتمد مخطط تقدير المخاطر المجتمعية على عوامل الخطر المجتمعية التي تم

تحديدها مثل المخاطر الصحية والبيئية، تم استخدام طريقي تقييم المراقبة الأولية upstream oversight assessment multi-criteria decision analysis لتوقع التأثيرات المرتبطة بالتقنيات الناشئة قبل تسويقها في المجتمع لأخذ القرارات المستقبلية حول ما إذا كان سيتم نشرها أو كيفية نشرها، تم تطبيق استبيان يتناول مجموعة متنوعة من قضايا المخاطر والحكومة على مجموعة من الخبراء (كيميائيين وعلماء أحياe جزيئية وعلماء في الهندسة الحيوية وعلماء اجتماع وعلماء في علم الأوبئة والسموم وعلماء بيئة)، وعددتهم (٣٥) خبير، لتحديد المخاطر المحتملة والفوائد والقضايا الأخلاقية والقانونية المجتمعية للبيولوجيا التخليقية، وهذه الطريقة مناسبة تماماً لإدارة المخاطر المستقبلية ويمكن استخدامها كأدلة فحص مفيدة وشاملة لتسلیط الضوء على المجالات العامة التي تحتاج إلى مزيد من المعلومات والبحث.

وراسة بيسينسكي، وكى (Pieczynski & Kee, 2020) التي استهدفت استخدام نموذج التعلم القائم على دراسة الحالة لدمج وحدة مقرحة في تقنية كريسبير كاس CRISPR-Cas وهي أحد التقنيات المستخدمة في البيولوجيا التخليقية في مقرري علم الوراثة، وعلم الوراثة المتقدم لطلاب العلوم البيولوجية بالفرقة الثانية والفرقة الثالثة بجامعة ستيتزون Stetson University، واستهدفت أيضاً معرفة الآثار الأخلاقية المترتبة على استخدام تقنية كريسبير كاس وتحقيق 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 تدريب الوحدة المقرحة، ثم تطبيق المقياس بعدياً، وأشارت النتائج إلى فهم الطلاب لتقنية كريسبير كاس واستخداماتها، ورفض عدد قليل من الطلاب استخدام التقنية للتعديل الجيني في البشر، بينما وافقوا على التعديل الجيني للكائنات الحية الأخرى.

وراسة 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 هي البيولوجيا التخليقية؟، أعطى مثلاً أو أكثر يوضح البيولوجيا التخليقية، كما تم تطبيق مقياس على (٦٦) تلميذ من تلاميذ المرحلة المتوسطة تتراوح أعمارهم بين (١٤-١١) 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 (٤٦,٤٪) من التلاميذ ليس لديهم أي معلومات عن البيولوجيا التخليقية، وأن (٥٧,٤٪) من استجابات التلاميذ كانت تقبل تطبيقات البيولوجيا التخليقية.

### ثانياً: التفكير المستقبلي: ماهيته ومهاراته

يُعرف التفكير المستقبلي بأنه استكشاف منظم للمستقبل يشجع على التحليل والنقد والتخيل والتقييم وتصور حلول مستقبل أفضل (Jones; Bunting; 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، والصف الذهني بهدف وضع تصور مبدئي لما ستكون عليه الظاهرة في المستقبل. (Botha, 2016, 957)

ويعرفه رزوقى، محمد (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 الآخرين، وإطلاق عنان الخيال المشروط، وتبسيط المعقد.

كما يُعرف بأنه استخدام الخيال لجعل المستقبل غير الموجود في الحاضر حقيقة، McAllum, 2020, 351) وتنعد خصائص التفكير المستقبلي ومنها ما يلى: رزوقى، محمد (٢٠١٦، ٢٩٥-٢٩٣)

- يتميز بالتغيير والبحث عن بدائل وأفكار جديدة، ومقترحات متنوعة، ومن هنا يعد التفكير مدخل جديد إلى النظر للمشكلة يختلف عن المداخل التقليدية، وهو مدخل تطويري وتغييري للأفضل.
- يعتمد بصورة أساسية على العقل مقترباً بالخيال والعاطفة والحس، ومعنى ذلك أن البنية الأساسية للتفكير المستقبلي هي بنية الواقع والمعطيات وليس الأوهام والمعتقدات.
- يجعل المتعلم يحل الموقف الموجود أمامه إلى عناصره ويرسم الخطط الازمة لفهمه بهدف الوصول إلى النتائج التي يتطلبتها الموقف وتقويم النتائج في ضوء الخطط الازمة أي أنه تأمل في زمان 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 والمتواعدة، ووضع حلول غير مألوفة لها.  
وتوجد العديد من التصنيفات لمهارات التفكير المستقبلي كما يلي:  
حددها كل من جونيس، بونتинг، هيبكنس، مكيم، كونير، وساويندر (Jones, Bunting; 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 والد الواقع الحالية مستمرة؟ كيف تؤثر الاتجاهات والد الواقع على المستقبل؟ ما الذي يمكن أن يغير ذلك؟
- **اختيار السيناريو الأفضل في المستقبل:** الاختيار مع تبرير احتياجات المستقبل المنشود، ماذا تريدين أن يحدث في المستقبل ولماذا؟  
بينما حددها حافظ (٢٠١٥ ، ٢٠٤) 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 سيجري 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 وتنثر 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

القدم 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 القطاumi، أبو نعيم (٢٠١٥، ٤٩-٥٠) حدد 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 بإستiscrimations حول المشكلة التي يواجهها، عن طريق المعالجة الذهنية العميقه والتقصيلية.

• 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 أساس علمية ومنطقية.

• الاستشراف المعرفي: ويكون بقراءة الماضي للوصول إلى استكشاف طبيعة الكون وقوانينه والإفاده 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 والأدانية: تعنى التدريب على استخدام الأدوات التكنولوجية المتقدمة والاستفادة من إيجابياتها لمواكبة التطورات العالمية.

• المهارات الانفعالية: ويكون بالتقدير في المستقبل دون تبعيته والاستسلام له.

وتحتتها 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 الحالى لبناء تصورات لما ستكون عليه الظواهر في المستقبل، وتتمثل المهارات الفرعية في التنبؤ الاستكشافي والتنبؤ المعياري.

• مهارة التصور المستقبلي: تمثل عقلي تتشكل من خلاله صورة الإجراءات العلمية المستقبلية، والتي من خلالها يمكن للفرد بناء أفكار

واقعية تقيد المجتمع، وتمثل المهارات الفرعية في التخطيط والنقاش التأملي.

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

- 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 استراتي�يات 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.

وبينبغي القيام بالعديد من المهام لتنمية التفكير المستقبلي لدى المتعلمين ومنها:

(سلیمان، 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 آرائهم.
- 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 وال الحوار واتخاذ القرارات وحل المشكلات المستقبلية.

- المرونة وقبول آراء وأفكار ومقترنات الطالب وعدم السخرية من أفكارهم مهما كانت بسيطة.

ومن الدراسات التي اهتمت بالتفكير المستقبلي:

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

ودرسة سليمان (٢٠١٧) التي أجريت بهدف التتحقق 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 الحسي – التنبؤ العلمي – التصور المستقبلي )، ومقاييس تقدير العلم وجهود العلماء، كما تم إعداد برنامج في المستجدات العلمية الحديثة ،تم تطبيق أدوات الدراسة على مجموعة تكونت من (٥٠) طالب من طلاب الفرقه الثالثة الشعب العلمية (الكيمياء والفيزياء والعلوم البيولوجية)، وتم دراسة البرنامج ثم تطبيق الأدوات بعدياً، وتوصلت النتائج إلى فاعلية البرنامج القائم على المستجدات العلمية في تنمية مهارات التفكير المستقبلي وتقدير العلم وجهود العلماء لدى طلاب الشعب العلمية بكلية التربية .

ودرسة كطفان، الشون، الشباني (٢٠٢٠) التي أجريت لتحديد أثر استخدام استراتيجية الأنشطة المتردجة في التفكير المستقبلي لدى طلاب الصف الثاني المتوسط في مادة العلوم، ولتحقيق ذلك تم إعداد اختبار لمهارات التفكير المستقبلي (التبؤ – التخيل – التقييم – التخطيط – حل المشكلات – اتخاذ القرار)، وتم تطبيق الاختبار قبلياً على مجموعة الدراسة، المجموعة التجريبية وعددتها (٣٥) طالبة والتي درست باستراتيجية الأنشطة المتردجة وهي أحد استراتيجيات التعليم المتمايز، والمجموعة الضابطة وعددتها (٣٥) طالبة والتي درست بالطريقة المعتادة، وتم تطبيق الاختبار بعدياً، وأظهرت النتائج وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠,٠٥) بين متوسط درجات طلاب المجموعة التجريبية التي درست باستخدام استراتيجية الأنشطة المتردجة ومتوسط درجات طلاب المجموعة الضابطة التي درست بالطريقة المعتادة في التطبيق البعدى لاختبار مهارات التفكير المستقبلي لصالح المجموعة التجريبية .

وراسة عبدالعزيز، وغلوش، ودرويش (٢٠٢١) التي هفت إلى إعداد برنامج تدريبي في البيولوجيا الخضراء لتنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى الطالب معلم البيولوجي بكليات التربية، ولتحقيق ذلك تم إعداد البرنامج في قضايا وموضوعات البيولوجيا الخضراء كما تم إعداد اختبار في مهارات التفكير المستقبلي وهي (التبؤ المستقبلي، حل المشكلات المستقبلية، التوقع المستقبلي، التصور المستقبلي) وتم تطبيقه قليلاً 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 البعدى للاختبار، وأسفرت النتائج عن وجود فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في القياسيين القبلي والبعدى لاختبار مهارات التفكير المستقبلي لصالح التطبيق البعدى .

وراسة البلوى (٢٠٢١) التي هفت إلى دراسة واقع إعداد معلم العلوم في ضوء مهارات التفكير المستقبلي، وتقديم تصور مقترن لإعداد معلم العلوم في ضوء مهارات التفكير المستقبلي، ولتحقيق ذلك تم إعداد قائمة بمهارات التفكير المستقبلي وهي (التبؤ، 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 توافق مهارات التفكير المستقبلي لدى مجموعة الدراسة، تم تحليل الاستجابات إحصائياً كما تم صياغة تصور مقترن لإعداد معلم العلوم في ضوء مهارات التفكير المستقبلي .

وراسة سيو وعبد الرحمن (2022) Siew & Abdul Rahman, 2022 التي هفت 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 قليلاً على مجموعات الدراسة التي تكونت من (٢٥٥) طالب، المجموعة التجريبية الأولى وعددتها (٨٥) طالب والتي درست العلوم الفيزيائية بمدخل القضايا العلمية الاجتماعية المدعم بخرائط التفكير المستقبلية، المجموعة التجريبية الثانية وعددتها (٨٥) طالب والتي درست بمدخل القضايا العلمية الاجتماعية، والمجموعة الضابطة وعددتها (٨٥) طالب والتي درست بالطريقة المعتادة، وتم تطبيق الاختبار بعدياً، 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 .

وراسة البديري والغفون (٢٠٢٢) التي استهدفت بناء برنامج تدريبي لمدرسي علم الأحياء وفقاً 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 وفقاً لستة مهارات هي (التبؤ، التوقع، التخطيط، حل المشكلات المستقبلية، التفكير الإيجابي، التقويم المستقبلي)، وتم تطبيقه قبلياً 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 بعدياً على المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة، وأشارت النتائج إلى وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدى لمقياس مهارات التفكير المستقبلي لصالح المجموعة التجريبية.

وراسة يوسكولا و بويج (2023) Uskola & Puig ( ) : 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 بعدياً على مجموعة الدراسة، وتوصلت النتائج إلى فاعلية الأنشطة في تنمية مهارات التفكير المنظومي والتفكير المستقبلي لدى معلمي العلوم قبل الخدمة بالمرحلة الابتدائية .

#### إجراءات البحث:

**أولاً: 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 الازمة لبناء وحدة مقرحة لطلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية.

ب. مصادر اشتقاق القائمة: تم إعداد قائمة بمفاهيم وتطبيقات البيولوجيا التخليقية اعتماداً 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 الواقع 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](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 لقائمة: 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 الفطية 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 لقائمة: تم عرض القائمة في صورتها الأولية على مجموعة من السادة المحكمين لإبداء الرأي حولها والحكم على صحتها ومناسبتها للهدف الذي أعددت من أجله، وتم إجراء بعض التعديلات عليها، حتى أصبحت في صورتها النهائية<sup>٣</sup>

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:

<sup>٤</sup> ملحق (١)

<sup>٥</sup> ملحق (٢)

- مقدمة كتاب الطالب: في بداية كتاب الطالب تم إعداد مقدمة للطلاب لتعريفهم بالبيولوجيا التخليفية وتطبيقاتها.
  - إعداد المحتوى العلمي لكتاب الطالب: في ضوء الأهداف التي تم صياغتها لوحدة (البيولوجيا التخليفية وتطبيقاتها) تم وضع المحتوى العلمي للوحدة معتمداً على المصادر التالية:
  - المراجع والكتب العلمية التي تناولت موضوعات الوحدة التي تم عرضها في نهاية كتاب الطالب.
  - الواقع الإلكتروني المتخصص الذي 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

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

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

- عرض الخبرات بطريقة تبني مهارات التفكير المستقبلي والوعي الأخلاقيات المرتبطة بالبيولوجيا التخليفية عند الطالب.
- 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 الطالب على التنبؤ والتخطيط ومعرفة الصورة المتكاملة لمشكلات المستقبلية المرتبطة باستخدام تطبيقات البيولوجيا التخليفية.

- طرح تساؤلات يجيب عنها الطالب تثير تفكيرهم وتنمي دافعيتهم نحو توقع حلول مشكلات 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، فضلاً عن الأسئلة الشفوية التي تم طرحها على الطلاب أثناء تدريس موضوعات الوحدة.
  - التقويم النهائي: حيث تم إعداد اختبار مهارات التفكير المستقبلي في الوحدة، ومقاييس 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 وأيضاً موقع إلكترونية لمصادر التعلم وموقع إلكترونية لمقاطع الفيديو كي تساعد الطالب في تعميق وتوسيع دائرة معارفه العلمية لهذه الموضوعات.
- ج. الضبط العلمي لكتاب الطالب: حيث تم عرض كتاب الطالب على 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 وفقاً للخطوات التالية:
- ١- مقدمة الدليل: تم إعداد مقدمة لدليل المعلم لتوسيع 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 اشتتمل الخطة على بيان بعد 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 يمكن 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 أنساب 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 بالتبؤ بالمشكلات المستقبلية وتقديم صورة متكاملة للمشكلات والتخطيط لحل المشكلات المستقبلية المرتبطة بالبيولوجيا التحليلية.

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 المساعدة على تحقيق أهدافه والأنشطة التعليمية المحددة لكل موضوع، ثم عرض خطة السير في الموضوع وتم فيها توضيح الخطوات الإجرائية التي يتبعها المعلم وفقاً لل استراتيجيات المقترنة لتدريس عناصر الموضوع، وفي النهاية تقويم الموضوع.

٨- مراجع للمعلم وموقع 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).

ثالثاً: تحديد فاعلية الوحدة المقترنة في تطبيقات البيولوجيا التحليلية 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 وفقاً للخطوات التالية:

- أ. تحديد الهدف من الاختبار: قياس بعض مهارات التفكير المستقبلي وهي (التبؤ - التصور - التخطيط - حل المشكلات المستقبلية) لدى طلاب الفرقـة 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، وتضمنها 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.
- هـ. التجربة الاستطلاعية للاختبار: تم إجراء التجربة الاستطلاعية للاختبار على مجموعة من طلاب الفرقـة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية جامعة بنها من غير عينة البحث وعدهم (٣٠) طالباً وطالبة، ثم أعيد تطبيق الاختبار بعد مرور خمسة عشر يوماً، وذلك لحساب صدق وثبات وزمن الاختبار، وبيان ذلك فيما يأتي:
- ١- صدق الاختبار
- تم حساب صدق الاختبار بطريقتين كما يتضح فيما يلي:
- الطريقة الأولى: 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 лингвistic و اللغوية 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 محفوظاً 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 كل
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 مستوى الدلالة ٠,٠١

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

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

#### ٤ - ثبات الاختبار

تم حساب ثبات الاختبار باستخدام طريقي 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)
٠,٧٩	قيمة معامل الثبات	**٠,٨٨	طريقة حساب الثبات	معامل ألفا كرونباخ
٠,٠١	* دالة عند مستوى			

يتضح من الجدول السابق أن قيمة معامل الثبات للاختبار مهارات التفكير المستقبلي تتراوح فيما بين (٧٩، ٨٠، 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 التحليلية.**

تم إعداد المقياس وفقاً لخطوات التالية:

- تحديد الهدف من المقياس: تم إعداد المقياس لقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التحليلية لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة العلوم البيولوجية بكلية التربية جامعة بنها.
- صياغة مفردات المقياس: تم صياغة (٣٤) عبارة وأمام كل عبارة ثلاثة 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 ثلاثة استجابات (موافق - غير متأكد - غير موافق).

جدول ٤

أبعاد وعبارات المقياس

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

م	المجموع	البعد	أرقام العبارات
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 وعددتهم (٣٠) طالباً وطالبة، ثم أعيد تطبيق المقياس بعد مرور خمسة عشر يوماً، وذلك لحساب صدق وثبات وزمن المقياس، وبيان ذلك فيما يأتي:

#### ١- صدق المقياس

تم حساب صدق المقياس بطريقتين كما يتضح فيما يلي:

#### الطريقة الأولى: 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 محسّنًا منها درجة العبارة، كما هو موضح بالجدول التالي:

جدول ٥

#### معاملات الاتساق الداخلي بين درجة العبارة والدرجة الكلية لمقياس الوعي

رقم العبرة	العبارة والمقياس ككل	رقم العبرة	معامل الارتباط بين درجة العبارة	معامل الارتباط بين درجة العبارات 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 العبارات	معامل الارتباط بين درجة العبارات والمقياس ككل	رقم العبارات	معامل الارتباط بين درجة العبارات	معامل الارتباط بين درجة العبارات 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 مستوى الدلالة ٠٠٠١

(\*) قيمة معامل الارتباط دالة عند مستوى الدلالة ٠٠٠٥

يتضح من الجدول السابق أن قيمة معامل الارتباط بين درجة المفردة والدرجة الكلية للمقياس مذكوف منها درجة المفردة تراوحت بين (\*٠,٣٦٣ : \*\*٠,٧٦٤) وجميعها دالة عند مستوى (٠٠٠٥) أو (٠٠٠١)، مما يعطي مؤشراً للاتساق الداخلي ويتحقق 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 التخاليفية

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

\*\* دالة عند مستوى ٠٠٠١

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 للاحاجة على عبارات المقياس باستخدام معادلة الزمن (السيد، ٢٠١٤، ٤٦٧) وتبيّن أن زمن المقياس (٢٠) دقيقة.

## إجراءات تنفيذ تجربة البحث

مرت تجربة البحث بالخطوات التالية:

- اختبار 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 آخرون موضوعين فقط من موضوعات الوحدة، وغيابهم أثناء التطبيق البعدى لأدوات الدراسة، وبذلك أصبحت مجموعة البحث قوامها (٣٣) طالب وطالبة، حيث تم اعتماد نموذج التصميم التجريبى القائم على المجموعة الواحدة والقياسين القبلي والبعدى، وذلك لملاءمتها لطبيعة البحث.
  - التطبيق القبلي لأداتي البحث: تم تطبيق اختبار مهارات التفكير المستقبلي ومقاييس الوعي بالأخلاقيات المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية قبلًا 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 يوازن (١١) ساعة.
  - التطبيق البعدى لأداتي البحث: بعد الانتهاء من تدريس الوحدة تم تطبيق أداتي البحث (اختبار مهارات التفكير المستقبلي ومقاييس الوعي بالأخلاقيات المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية) بعدًا 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 البعدى لأداتي الدراسة (اختبار مهارات التفكير المستقبلي، ومقاييس الوعي بالأخلاقيات المرتبطة بالبيولوجيا التخليقية)، تم تصحيح الاختبار، حيث تم تحويل الدرجات الخام إلى درجات معيارية ولتلafi عيوب الدرجات المعياري 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 "SPSS" Statistical Package for the Social Sciences

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 التخلقية.

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 حط وصاده، ١٩٩١، ٤٣٩)

٣- حساب حجم الأثر باستخدام معادلة كوهين (الشريبي، 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  $\geq 0.05$  بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لمهارات التفكير المستقبلي وفي الاختبار ككل لصالح التطبيق البعدي ".

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

جدول ٧

دالة الفرق بين متوسطي درجات الطلاب في التطبيقات الفلبي والبعدي لاختبار مهارات التفكير المستقبلي في الوحدة المقرحة ( $n = 33$ )

البيان/ المهارات	التطبيق	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة (ت)	مستوى الدلالة	قيمة مربع ايقنا	حجم الأثر لكهرين
التنبؤ	القبلي	٤٢,٠٣٩	٢,٨٩٥	١١,٨٨٤	٠,٠٥	٠,٨٢	٢,٠٧
البعدي	البعدي	٥٧,٩٦٠	٨,٠٠١				
التصور	القبلي	٤٢,٥٦٨	٢,٤٨٦	١٠,٨٢٩	٠,٠٥	٠,٧٩	١,٨٩
البعدي	البعدي	٥٧,٤٣١	٩,١١١				
الخطيط	القبلي	٤٢,٩١١	٣,٦٥٨	٨,٩٤٥	٠,٠٥	٠,٧١	١,٥٦
البعدي	البعدي	٥٧,٠٨٨	٩,٢٧٩				
حل	القبلي	٤٣,٠١٧	٤,٨٥٤	٨,٠٦٥	٠,٠٥	٠,٦٧	١,٤٠
المشكلات المستقبلية	البعدي	٥٦,٩٨٢	٨,٨٨٨				
الدرجة	القبلي	٤١,٩٨١	٢,٧٧٤	١٣,١٠٦	٠,٠٥	٠,٨٤	٢,٢٨
الكلية	البعدي	٥٨,٠١٨	٧,٩٤٣				
للختبار							

يتضح من الجدول السابق ما يلي:

يوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة  $\geq 0,005$  بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القلي والبعدي لجميع المهارات والدرجة الكلية لاختبار مهارات التفكير المستقبلي لصالح التطبيق البعدى، 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 إيانا التي تمتد من (٦٧) إلى (٨٤، ٠٠) 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 أعددت لتنمية مهارات التفكير المستقبلي قد أحدثت تحسناً مرتفعاً، كما يدل على ارتفاع مستوى الدلالة العملية لهذه الوحدة.

ارتفاع حجم التأثير لكوهين والذي تراوح ما بين (٤٠، ٢٠)، (٢٨، ٢٠) مما يشير إلى قوة تأثير الوحدة المقترحة "مفاهيم البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها" في تنمية مهارات التفكير المستقبلي ككل ومهاراته الفرعية كلاً على حدة لدى طلاب الفرقـة الثالثـة شـعبـة العـلـوم الـبـيـولـوـجـيـة بكلـيـة التـرـيـة.

وهذه النتيجة تشير إلى صحة الفرض الأول.

ويمكن تفسير تلك النتائج كالتالي:

يتضح من نتائج حجم التأثير (٢٨، ٢٠) أنه حجم كبير، ويدل على أن أثر المتغير المستقل وهو الوحدة المقترحة كبير في تنمية مهارات التفكير المستقبلي، ويتحقق ذلك مع نتائج دراسة هاني (٢٠١٦)، سليمان (٢٠١٧)، عبدالعزيز، وغلوش، ودرويش (٢٠٢١)، والبديري والغفون (٢٠٢٢)، وإن كان البحث الحالي مختلف عن هذه الدراسات في أنه يهدف إلى إعداد وحدة مقترحة في البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى طلاب الفرقـة الثالثـة شـعبـة العـلـoms الـbـiـo~lo~g~i~e بكلـيـة التـr~i~e، جامـعـة بنـهاـ، وترجـع درـجـة التـأـيـر المرـتـقـعة لـلـوـحـدـة عـلـى تنـمـيـة مـهـارـاتـ التـفـكـيرـ المـسـتـقـبـليـ لـلـأـسـبـابـ التـالـيـةـ:

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 ولل العديد من الاستفسارات وممارسة مهارات التفكير المستقبلي، وينتفي ذلك مع دراسة (فؤاد، الحبشي، وسلامه، ٢٠٢١)

- استخدام جلسات العصف الذهني وال الحوار 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.
- ثالثاً: 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  $\geq 0,005$  بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لأبعاد مقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية وفي المقياس ككل لصالح التطبيق البعدى ."

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 ( $n = 33$ )

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

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

يتضح من الجدول السابق ما يلي:

- يوجد فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة  $\geq 0,005$  بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقات القبلي والبعدي لجميع الأبعاد والدرجة الكلية لمقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية لصالح التطبيق البعدى، مما يدل على نمو وتحسين واضح في الأبعاد والدرجة الكلية لمقياس 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 جداً في تنمية الأبعاد والدرجة الكلية لمقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية لدى المجموعة التجريبية، كما أن (٥٥٪)، (٦٨٪) من التباين في درجات الأبعاد والدرجة الكلية لمقياس الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية يرجع إلى دراسة الوحدة المقترحة وهي نسبة كبيرة جداً من التباين المفسر بواسطة دراسة الوحدة، وهذا يعني أن الوحدة التي أعدت لتنمية الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية قد أحدثت تحسناً مرتفعاً، كما يدل على ارتفاع مستوى الدلالة العملية لهذه الوحدة.
- تشير قيمة حجم التأثير لوكهين التي تمتد من (١,٠٩) إلى (١,٤٣) وهي أعلى من القيمة المساوية (٠,٨) التي تقابل حجم تأثير مرتفعاً، 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 الوعي بأخلاقيات البيولوجيا التخليقية، ويتفق ذلك مع نتائج دراسة Ebbesen, Andersen, Pedersen, Cummings, 2015 (Pieczynski & Kuzma, 2017, 2020)، وإن كان البحث الحالى يختلف عن هذه الدراسات فى أنه يهدف إلى إعداد وحدة مقترحة في البيولوجيا التخليقية وتطبيقاتها لتنمية الوعي بأخلاقياتها لدى

طلاب الفرقـة الثالثـة شـعبـة العـلـوم البيـولـوجـية بكلـيـة التـربـيـة جـامـعـة بنـهاـ، وـتـرـجـع درـجـة التـأـثـير المرـفـعـة لـلـوـحـدة عـلـى تـنـمـيـة الـوـعـي بـأـخـلـاقـيـات البيـولـوجـيا التـخلـيقـية لـلـأـسـبـاب التـالـيـة:

- تناول الموضوعات الجدلية المرتبطة بتطبيقات البيولوجيا التخليقية في الوحدة المقترحة مما أدى إلى وعي الطلاب بذلك الموضوعات.
- مناقشة الآثار الإيجابية والسلبية لتطبيقات البيولوجيا التخليقية التي تم تناولها بالوحدة المقترحة مما أدى لوعي الطلاب بذلك الآثار.
- إعطاء الفرصة للطلاب لإبداء آراءهم سواء بالقبول أو الرفض حول الموضوعات المثيرـة لـلـجـدـلـ المـتـعـلـقـة بـتـطـبـيـقـاتـ البيـولـوجـياـ التـخلـيقـيـةـ التيـ تمـ تـنـاـولـهـاـ بـالـوـحـدةـ المـقـرـحةـ.

#### 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 خاصةً تلك التي ترتبط بالمجتمع وقضاياها.
  - إعداد البرامج التربوية 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 ووعي 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 تدريسي 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 تدريسي وفقاً 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.
- البلوي، عهود بنت سعد (٢٠٢١). تصور مقترن 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. ٦(٢٠). ٣٦١ - ٣٦٣.
- السيد، فؤاد البهى (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؛ درويش، نيرة مجدي كمال السيد (٢٠٢١). برنامج تدريسي في البيولوجيا الخضراء لتنمية مهارات التفكير المستقبلي لدى الطلاب معلم البيولوجي بكليات التربية. مجلة كلية التربية: جامعة كفر الشيخ. ١٠١(٣). ٣٧٩ - ٤٠٦.
- فواز، أميرة محمود إبراهيم؛ الحبشي، فوزي أحمد محمد أحمد؛ سلامة، 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 تدريسي. دبي - الإمارات العربية المتحدة: مركز ديبونو لتعليم التفكير.

كطاف، ولاء داخل. الشون، هادي كطافان، والشباتي، علياء عبد هاشم (٢٠٢٠). أثر استخدام استراتيجية الأنشطة المتردجة في التفكير المستقبلي لدى طلاب الصف الثاني المتوسط في مادة العلوم. *المجلة الدولية للعلوم الإنسانية والاجتماعية*. ١٧٤ . ١٦٢ - ١٧٤.

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

الهيئة القومية لضمان جودة التعليم والاعتماد (٢٠١٣). المعايير القومية الأكademie 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. ; Tsyplenkova, 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. & Stemmerding, 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. & Nath 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.; Bunting, 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 knowledge: 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 & 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. (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 المجالات 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 للالة المهندسة وراثيا

<https://igem.org>

رابط المسابقة الدولية للالة المهندسة وراثيا

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

رابط 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.ed.ac.uk/studying/postgraduate/degrees/index.php?r=site/view&edition=2022&id=649)

<https://www.syntheticbiology.uw.edu/education>