برنامج قائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية لتنمية عقلية التفكير التصميمي لدى الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني وفاعليته في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية

إعداد

د. فوقية رجب عبد العزيز سليمان
أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد
كلية التربية – جامعة الزقازيق
FRSoliman@foe.zu.edu.eg

برنامج قائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية لتنمية عقلية التفكير التصميمي لدى الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني وفاعليته في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية

د. فوقيه رجب عبد العزيز سليمان*

المستخلص:

استهدف البحث الحالي تنمية عقلية التفكير التصميمي والمعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها لدى الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني، من خلال برنامج مقترح في المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم قائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية، وقياس فاعليته في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية أثناء تدريس وحدة في العلوم للصف الأول الإعدادي، الفصل الدراسي الأول للعام الدراسي ٢٠٢٤/٢٠٢٥م، وفي ضوء ذلك تم اختيار عينة بحث تكونت من (٨٥) طالبًا وطالبةً من شعب (بيولوجي-كيمياء-فيزياء) من طلاب الفرقة الثالثة بكلية التربية جامعة الزقازيق، كما تم اختيار عينة بحث من تلاميذ الصف الأول الإعدادي تكونت من (٦٨) تلميذةً، وتم تقسيمها إلى مجموعتين إحداهما تجريبية، والأخرى ضابطة، ولقد تمثلت أدوات البحث في (مقياس عقلية التفكير التصميمي واختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها واختبار مهارات التفكير المستدام)، واعتمد البحث على التصميم شبه التجريبي ذو المجموعة الواحدة مع الطلاب معلمي العلوم وذو المجموعتين مع تلاميذ الصف الأول الإعدادي، وقد أشارت النتائج إلى تفوق أداء طلاب مجموعة البحث في التطبيق البعدي عن أدائهم في التطبيق القبلي بفرق دال إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) من حيث تنمية عقلية التفكير التصميمي والمعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها لديهم، كما أسفرت النتائج عن تفوق أداء تلميذات المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي عن أدائهم في التطبيق القبلي وعن أداء تلميذات المجموعة الضابطة بفرق دال إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) من حيث تنمية مهارات التفكير المستدام لديهم.

الكلمات المفتاحية: نموذج تصميم المحاكاة الحيوية - التعلم القائم على التصميم - عقلية التفكير التصميمي - مهارات التفكير المستدام.

* أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد. كلية التربية – جامعة الزقازيق

A Program Based on Biomimicry Design Model to Develop Design Thinking Mindset Among Pre-Service Science Teachers during Field Training and Its Effectiveness in Developing Sustainable Thinking Skills among Preparatory School Students

Dr. Fawkeya Ragab Abd Elaziz Soliman*

Abstract:

The current research aimed to develop design thinking mindset and knowledge related to biomimicry and its applications among pre-service science teachers during field training through a proposed program on biomimicry and its applications in science education, based on Biomimicry Design Model, and Measuring its effectiveness in developing sustainable thinking skills among preparatory school students while teaching a science unit for first-year preparatory students in the first semester of the 2024/2025 academic year. Accordingly, a research sample of 85 third-year students from the Faculty of Education, Zagazig University, specializing in Biology, Chemistry, and Physics, was selected, along with a sample of 68 first-year preparatory school students, who were divided into an experimental group and a control group. The research tools included a Design Thinking Mindset Scale, a knowledge related to biomimicry and its applications Test, and a Sustainable Thinking Skills Test. The study adopted a quasi-experimental design, using a one-group pre-post test design for pre-service science teachers and a two-group pre-post test design for preparatory school students. The results indicated a statistically significant improvement (at the 0.01 level) in the post-test performance of the research group students compared to their pre-test performance in terms of developing design thinking mindset and knowledge related to biomimicry and its applications. Additionally, the results showed that the experimental group students outperformed both their pre-test scores and the control group students with a statistically significant difference (at the 0.01 level) in developing their sustainable thinking skills.

Keywords: Biomimicry Design Model – Design-Based Learning – Design Thinking Mindset – Sustainable Thinking Skills.

* Assistant professor of curricula and methods of teaching science. Faculty of Education - Zagazig University

المقدمة:

في عالم سريع التغير مليء بالتحديات المعقدة، لم يعد التفكير التقليدي كافيًا لمواكبة المتطلبات المتجددة وإيجاد حلول فعالة للمشكلات، لذلك يبرز التفكير التصميمي كمنهجية إبداعية تُوجّه الأفراد نحو التفكير بطريقة أكثر مرونة، تعتمد على الفهم العميق لاحتياجات المستخدمين، والتجريب المستمر، والتعلم من الفشل، ويتميز التفكير التصميمي بكونه عقلية قبل أن يكون مجرد عملية أو أداة، حيث تمكن المتعلمين أن يصبحوا مبدعين، متعاونين، متكيفين مع التغيير، وقادرين على إيجاد حلول ذات تأثير حقيقي في العالم، وهو ما يجعل هذه العقلية ضرورية في التعليم لإعداد جيل مستعد لمواجهة التحديات المستقبلية بطرق مبتكرة وفعالة.

تعد عقلية التفكير التصميمي أحد الركائز الأساسية للتصميم والابتكار المؤثرة على أنشطة التصميم، وتتضمن التعاطف، والرغبة في اتخاذ إجراء لمساعدة الآخرين، والدافعية للتعلم، والرغبة في التواصل والتعاون، والانفتاح على وجهات النظر المتنوعة، والوعي بعمليات التصميم وطريقة التفكير الخاصة بالمتعلم، والتسامح مع الغموض وعدم اليقين، والإبداع، والثقة، والتفاؤل، والمرونة (Ladachart et al., 2022b, 3؛ Lavrsen et al., 2023, 3356؛ Phothong et al., 2023, 5).

من الضروري تطوير قدرات الطلاب المعلمين لضمان قدرتهم على تنمية مهارات طلابهم الإبداعية والمبتكرة في المستقبل، ولتحقيق ذلك، يجب على الطلاب المعلمين امتلاك عقلية التفكير التصميمي، التي تمنحهم القدرة على معالجة المشكلات المعقدة ومواكبة التحديات التعليمية المتجددة. وفقًا لـ (Noh & Abdul Karim, 2021, 495) فإن امتلاك هذه العقلية يعد خطوة أساسية للمعلمين لتطوير أساليب تدريس مرنة ومبتكرة، تساعدهم على تصميم حلول تعليمية تلبي احتياجات الطلاب في عالم سريع التغير.

وقد أصبح من الضروري لأي مؤسسة أن تطور عقلية التفكير التصميمي لأفرادها نظرًا للتأثير الإيجابي لعقليتهم على تطوير المؤسسة بأكملها وتطوير المهارات اللازمة لنجاحهم في بيئات التعلم والعمل الحديثة في القرن الحادي والعشرين، ووفقًا لذلك توصي دراسة Elsayary (2022,13)، ودراسة Huyen (2024,3) بتضمين عقلية التفكير التصميمي في المناهج الدراسية وبرامج إعداد المعلمين قبل الخدمة؛ من أجل تطوير الإبداع والابتكار ومهارات حل المشكلات لديهم.

ولذلك يعد تنمية عقلية التفكير التصميمي لدى الطلاب المعلمين بكلية التربية أمرًا ضروريًا، حيث يُمكنهم امتلاكهم لعقلية التفكير التصميمي من فهم احتياجات الطلاب بشكل أعمق، وإعادة صياغة المشكلات التعليمية، وتصميم حلول إبداعية تركز على المتعلمين وتلبي التنوع داخل الفصول الدراسية، كما يُعزز لديهم مهارات التعاون، والتعلم من التجربة، والمرونة في مواجهة عدم اليقين، مما يُمكنهم من تقديم تعليم عالي الجودة يلبي متطلبات العصر ويُسهم في بناء مجتمع تعليمي مستدام.

كما يتطلب التصدي للتحديات المعاصرة تبني نهج مستدام، واعتماد أساليب جديدة في التفكير واتخاذ القرار بحيث ترتكز على رؤية شاملة وموجهة نحو المستقبل لضمان استدامة الموارد وتحقيق التوازن بين احتياجات الحاضر ومتطلبات الأجيال القادمة، ويعد التفكير المستدام وسيلة مهمة لتحقيق ذلك، حيث إن تعليم جيل يمتلك القدرة على التفكير المستدام يعد أمرًا أساسيًا لبناء مجتمع أفضل، قادر على اتخاذ قرارات مستقبلية مدروسة بعقلية تركز على الاستدامة.

ويعد التفكير المستدام المحرك الأكثر إلحاحًا للتغيير وصنع مستقبل مستدام وإيجابي للحياة على كوكب الأرض، فحماية الأرض وتحقيق الاستدامة لايتعلق بالبيئة الطبيعية إنما يتعلق بالطريقة التي نتعامل بها مع البيئة ومعتقداتنا وسلوكياتنا (أميرة فتح الله، ٢٠٢٣، ٢٦٤).

كما يعد التفكير المستدام ذا أهمية كبيرة في تعليم وتعلم العلوم، حيث يتضمن أربع مهارات يمثل كل منها جانبًا مهمًا من عمليات صنع القرار البيئي والتفكير لصالح الأجيال القادمة، ويشار إليه بأنه قدرة المتعلمين على تقييم الآثار المترتبة على أفعالهم وسلوكياتهم تجاه البيئة بحيث لا تدمر كوكب الأرض، وتقديم حلول إبداعية للمشكلات البيئية التي تواجههم (عصام أحمد، ٢٠٢٠، ١٢-٢١؛ إيمان أبو دهب، ٢٠٢٣، ٣٢٦؛ Chorna, 2024, 4).

ويهدف التفكير المستدام إلى معالجة القضايا المتعلقة بالاستدامة بشكل منظومي واستراتيجي وموجه نحو المستقبل وقائم على القيم، فعندما يكون المتعلمون على دراية بالتحديات البيئية التي يواجهونها، فإنهم يفكرون بشكل ناقد واستراتيجي وشمولي في سلوكياتهم، مما يتيح لهم اتخاذ قرارات مستنيرة تتماشى مع أهداف الاستدامة (Al-Dosari & Abdellatif, 2024, 36-37).

ونظرًا لأهمية تنمية مهارات التفكير المستدام لدى المتعلمين فقد أشارت دراسة محمد محمد وسامية أحمد (٢٠٢٢)، أميرة فتح الله (٢٠٢٣)، إيمان أبو دهب (٢٠٢٣)، Al-Dosari & Abdellatif (2024)، إلى أهمية تضمين مهارات التفكير المستدام بمناهج العلوم، كما أكدت على ضرورة استخدام استراتيجيات ونماذج تدريسية حديثة تعتمد على إيجابية المتعلم ومشاركته النشطة في الموقف التعليمي للعمل على تنميتها.

ولن تتحقق الإستدامة إلا بإحداث تغييرات جذرية وفعالة في استراتيجيات وأنشطة التعليم، كما إن قدرة المتعلم على التعامل الرشيد مع بيئته وحسن استخدام مواردها وترشيده في استهلاكها، لن يتم إلا بإكسابه المعارف والاتجاهات والقيم والمهارات اللازمة لإتقان التفكير المستدام فكرًا وسلوكًا (سماح الجفري، ٢٠٢٢، ١٧٧).

وعلى مدى ملايين السنين، قدمت الطبيعة حلولًا مبتكرة ومستدامة لمختلف التحديات، مستندة إلى آليات متكيفة وفعالة تحقق التوازن البيئي، ويؤكد ذلك أهمية الاستفادة من النظم الطبيعية كمصدر إلهام في تصميم الأنظمة الصناعية والبيئية، بما يحقق الكفاءة والاستدامة، وفي هذا الإطار، ووفقًا لدراسة Aguilar-Planet &

Peralta (2024, 23) تبرز المحاكاة الحيوية كنهج استراتيجي يتيح تطوير حلول إبداعية مستوحاة من الطبيعة، تسهم في تعزيز الابتكار وتحقيق استدامة طويلة الأمد.

وفي ظل التحديات البيئية والاجتماعية المتزايدة، تسهم المحاكاة الحيوية في إعداد المتعلمين لمستقبل أكثر استدامة من خلال تنمية مهاراتهم وتعزيز تفكيرهم الإبداعي، ومن خلال استلهام الحلول من الطبيعة واستراتيجياتها الفعالة، يكتسبون القدرة على بناء مستقبل متوازن ومرن، مع التركيز على التعلم من آليات الطبيعة الذكية بدلًا من استغلال مواردها.

وتعد المحاكاة الحيوية واحدة من ممارسات التعليم المستدامة التي تنسجم مع حكمة الطبيعة، وقد حظيت باهتمام عالمي متزايد كبديل للأساليب التعليمية التقليدية، نظرًا لقدرتها على التصدي للتحديات البيئية ومشكلات القرن الحادي والعشرين، فهي توفر للمتعلمين نهجًا إبداعيًا لاستخلاص الأفكار من الطبيعة، مما يعزز تقديرهم للعالم الطبيعي ويساهم في إعادة بناء علاقتهم به (Oguntona & Aigbavboa, 2023, 173؛ Yeter et al., 2023, 1؛ Adıgüzel et al., 2024, 110).

ولمواجهة التحديات البيئية بأساليب مبتكرة، تسهم المحاكاة الحيوية في استلهام حلول للمشكلات المعقدة وتحويلها إلى تطبيقات هندسية عملية، فهي تعتمد على الطبيعة كنموذج لمواجهة تحديات التنمية المستدامة، حيث تعد وسيلة فعالة لاستلهام المفاهيم وابتكار تصاميم مستدامة وإبداعية (Cohen & Reich, 2016, 3؛ Hinkelman, 2023, 3).

ويتيح دمج تصميم المحاكاة الحيوية في تعليم العلوم فرصة فريدة لتنشئة جيل من المفكرين المبدعين والواعين بيئيًا، القادرين على استلهام حلول مبتكرة من الطبيعة لمواجهة تحديات القرن الحادي والعشرين، كما تسهم في تحويل الأساليب التعليمية التقليدية إلى ممارسات ديناميكية تستند إلى التفكير المستقبلي، مما يعزز تفاعل المتعلمين مع الطبيعة ويدفعهم نحو ابتكار حلول مستدامة لبناء مستقبل أكثر إشراقًا، ويعزز لديهم التفكير الناقد والفهم العميق للموضوعات المعقدة (Oguntona & Aigbavboa, 2023, 173-180).

وترتكز الأسس النظرية لتصميم المحاكاة الحيوية على مفاهيم التعلم القائم على التصميم، والتفكير الاستدلالي والأخلاقي، كما تستند إلى مبادئ العلوم والهندسة، ولا تقتصر على مجرد تقليد الطبيعة في تصميم المنتجات، بل تتطلب دراسة متعمقة للعمليات الطبيعية، وتحليل التفاعل بين الكائنات الحية وبيئاتها، إلى جانب فهم شامل لدورات الطبيعة وديناميكياتها (Stevens et al., 2019, 462؛ Adıgüzel et al., 2024, 111).

ونظرًا لأهمية المحاكاة الحيوية في دعم الاستدامة وتعزيز الوعي العلمي والبيئي لدى الطلاب، يصبح دمجها في تعليم العلوم ضرورة ملحة، مما يستدعي توجيه المعلمين لتطبيقها بفعالية في دروسهم. ولتحقيق ذلك، يجب تجاوز الأساليب التقليدية واعتماد نماذج تدريسية تفاعلية وتجريبية، تركز على إشراك الطلاب في أنشطة عملية وسيناريوهات واقعية تعزز استكشافهم لمبادئ المحاكاة الحيوية.

ولأن مناهج العلوم، خاصة في المرحلة الإعدادية، بيئة ملائمة وثرية لتعزيز مفهوم الاستدامة وترسيخ قيمها ومبادئها، مما يسهم في إعداد جيل واعٍ يتمتع بعقلية متفتحة ومسؤولية شخصية تدفعه إلى تبني سلوكيات رشيدة في تعامله مع البيئة، يقدم البحث الحالي برنامج مقترح قائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية لتنمية عقلية التفكير التصميمي لدى الطلاب معلمي العلوم وإكسابهم المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم وقياس فاعليته في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى طلاب المرحلة الإعدادية.

الإحساس بالمشكلة:

من خلال تحليل محتوى منهج العلوم المطور للصف الأول الإعدادي للفصل الدراسي الأول ٢٠٢٤-٢٠٢٥م، وجدت الباحثة قصورًا يتمثل في قلة الأنشطة التي تتيح للتلاميذ التعرف على تحديات الاستدامة، مما قد يؤثر سلبًا على تنمية وعيهم البيئي وإدراكهم لأهمية الاستدامة في حياتهم المستقبلية.

كما أجرت الباحثة دراسة استكشافية[١] على عينة من الطلاب معلمي العلوم بكلية التربية، بهدف استقصاء مدى معرفتهم بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم، وتحديد مستوى عقلية التفكير التصميمي لديهم، وبتحليل إجاباتهم، تبين وجود قصور واضح في خبرتهم حول المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم، كما توصلت الباحثة إلى وجود تدني في مستوى عقلية التفكير التصميمي لديهم، حيث يفتقر العديد منهم إلى القدرة على حل المشكلات بطرق مبتكرة، والعمل التعاوني مع التنوع، بالإضافة إلى محدودية الوعي بأهمية التركيز على الإنسان في تصميم الحلول، مما يعكس الحاجة إلى تطوير مناهج تعزز هذه العقلية وتساعدهم على تبني ممارسات تصميمية فعالة ومستدامة.

وفي ظل التحولات المتسارعة في مجال التعليم، تبرز الحاجة إلى تنمية عقلية التفكير التصميمي لديهم عبر مناهج واستراتيجيات تعليمية حديثة تركز على التجريب، وإعادة صياغة المشكلات، والتعاون، لضمان قدرتهم على تطوير حلول تعليمية فعالة تلبي احتياجات الطلاب المتغيرة وتعزز التعلم العميق والمستدام.

ونظرًا لتأثير المعلمين المباشر على تعلم طلابهم، يصبح من الضروري تعزيز فهمهم ومهاراتهم في مجال المحاكاة الحيوية، مما يسهم في رفع جودة التعليم وإعداد جيل من المتعلمين يتمتعون بالدافعية للتعلم، والقدرة على حل القضايا البيئية، والتعامل مع تعقيدات العالم الحقيقي، ويمكن تحقيق ذلك من خلال التدريب قبل الخدمة في كليات التربية، أو عبر برامج التطوير المهني المستمر أثناء الخدمة، مع التركيز على التطبيق العملي، وهو ما أكدته دراسات سابقة، منها (Fried et al., 2020, 2؛ Mejía-Villa et al., 2023, 2؛ Yeter et al., 2023, 2؛ Adıgüzel et al., 2024, 122).

[١] ملحق (١) الدراسة الاستكشافية

لذلك يقدم البحث الحالي برنامج مقترح في المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم قائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية، كمحاولة لتطوير عقلية التفكير التصميمي لدى الطلاب المعلمين بكلية التربية.

كما أجرت الباحثة دراسة استكشافية على عينة من تلاميذ الصف الأول الإعدادي، للتعرف على مستوى مهارات التفكير المستدام لديهم، وتوصلت الباحثة إلى ضعف الممارسات المستدامة في حياتهم اليومية إلى جانب محدودية فهمهم لتأثير أفعالهم على البيئة والمجتمع، مما يبرز الحاجة إلى تعزيز وعيهم بمفاهيم الاستدامة وتنمية مهارات التفكير المستدام لديهم، من خلال توظيف النماذج التدريسية الحديثة التي تعزز هذا النوع من التفكير، وتشجعهم على اتخاذ قرارات مسؤولة تدعم الاستدامة في مختلف جوانب حياتهم.

وعلى الرغم من أهمية مهارات التفكير المستدام، فقد أشارت العديد من الدراسات إلى ضعف وتدنّي مستواها لدى المتعلمين ومنها: مروة الباز (٢٠١٩)، عصام أحمد (٢٠٢٠)، رشا عيسى (٢٠٢٢)، محمد محمد وسامية أحمد (٢٠٢٢)، أميرة فتح الله (٢٠٢٣)، إيمان أبو دهب (٢٠٢٣)، وقد أوصت بضرورة توظيف الاستراتيجيات والنماذج التدريسية الحديثة للعمل على تنميتها.

لذلك يستهدف البحث الحالي أيضًا قياس فاعلية البرنامج المقترح في تدريس العلوم باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية كمحاولة لتنمية مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.

تحديد مشكلة البحث:

تمثلت مشكلة البحث الحالي في ضعف عقلية التفكير التصميمي والمعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم لدى الطلاب معلمي العلوم بكلية التربية وضعف مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي، وللتصدي لمشكلة البحث الحالي تم وضع السؤال الرئيس التالي:

"ما فاعلية تدريس برنامج مقترح في المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم قائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية عقلية التفكير التصميمي والمعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها لدى الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني ومهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية؟"

ويتفرع من هذا السؤال الرئيس الأسئلة الفرعية التالية:

١- ما التصور المقترح لبرنامج قائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية؟
٢- ما فاعلية البرنامج المقترح القائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية عقلية التفكير التصميمي لدى الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني؟
٣- ما فاعلية البرنامج المقترح القائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها لدى الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني؟
٤- ما فاعلية تدريس العلوم باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية؟

أهداف البحث:

هدف البحث الحالي إلى:

١- تنمية عقلية التفكير التصميمي لدى الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني، من خلال البرنامج المقترح القائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية.

٢- تنمية المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها لدى الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني، من خلال البرنامج المقترح القائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية.

٣- تنمية مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي، من خلال تدريس وحدة في العلوم باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية.

أهميــة البحث:

تمثلت أهمية البحث الحالي فيما يلي:

١- يعد محاولة لإثراء الأدب التربوي حول المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم من خلال تقديم برنامج مقترح في تطبيقات المحاكاة الحيوية قائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية.

٢- إفادة معلمي العلوم عن طريق تقديم نموذج تصميم المحاكاة الحيوية للاستفادة منه في تدريس العلوم للمرحلة الإعدادية.

٣- توجيه أنظار المسؤولين والمعنيين بمراجعة وتطوير مناهج العلوم بأهمية تضمين المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في مناهج العلوم.

٤- توجيه أنظار القائمين على التدريس للشعب العلمية ومعلمي العلوم إلى ضرورة الاهتمام بتنمية عقلية التفكير التصميمي والمعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها، ومهارات التفكير المستدام لدى المتعلمين.

٥- تقديم دليل للمعلم يمكن الاستفادة منه في تدريس العلوم باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية، والاسترشاد به عند إعداد دروس جديدة.

٦- تقديم مقياس عقلية التفكير التصميمي، اختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها، واختبار مهارات التفكير المستدام، يمكن أن يستفيد منه المهتمون بالبحث العلمي في هذا المجال.

٧- فتح المجال أمام الباحثين لإجراء المزيد من البحوث في ضوء متغيرات البحث الحالي في مراحل تعليمية مختلفة.

٨- عدم وجود دراسات عربية أو أجنبية - في حدود علم الباحثة - استخدمت نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية متغيرات البحث الحالي.

حدود البحث:

اقتصر البحث الحالي على الحدود التالية:

١- مجموعة بحث من الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني بالفرقة الثالثة شعب (بيولوجي – كيمياء – فيزياء) بكلية التربية جامعة الزقازيق، لإعداد جيل من المعلمين المستقبليين القادرين على مواجهة التحديات التعليمية المتجددة بطرق مبتكرة وفعالة، وتصميم بيئات تعلم مبتكرة وملائمة لاحتياجات طلابهم، كما تم

اختيار عينة بحث من تلاميذ الصف الأول الإعدادي، للعام الدراسي ٢٠٢٤-٢٠٢٥م، فهذه المرحلة العمرية تُعد ضرورية لتشكيل الوعي بقضايا البيئة والاستدامة وتعزيز المهارات التي تمكن التلاميذ من اتخاذ قرارات مسؤولة ومستدامة.

٢- تدريس موضوعات البرنامج المقترح للطلاب معلمي العلوم، كما تم اختيار وحدة (الكائنات الحية تركيبها وعملياتها) المقررة على تلاميذ الصف الأول الإعدادي الفصل الدراسي الأول ٢٠٢٤-٢٠٢٥م لتدريسها لهم وفق نموذج تصميم المحاكاة الحيوية، حيث:

- ✓ يمكن من خلالها استلهام نماذج لتصميمات من الكائنات الحية المتضمنة بالوحدة.
- ✓ كما يمكن صياغة مواقف ومشكلات بيئية يمكن من خلالها دراسة وربط العلوم بحياة المتعلم وتقييم مدى قدرته على التعامل مع هذه المشكلات.
- ✓ يمكن من خلالها تعزيز قيم احترام البيئة والحفاظ عليها، مما يشجع التلاميذ على تبني ممارسات حياتية مستدامة، ويسهم في إعداد جيل واعٍ قادر على اتخاذ قرارات بيئية مسؤولة.

٣- أبعاد عقلية التفكير التصميمي المتمثلة في (الشعور بالراحة مع المشكلات والمخاطر - التعاطف مع المستخدم - اليقظة والوعي بالعملية - العمل التعاوني مع التنوع - التوجه نحو التعلم - الثقة الإبداعية).

٤- المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في المستويات المعرفية المتمثلة في (التذكر – الفهم – التطبيق – التحليل – التركيب - التقويم).

٥- مهارات التفكير المستدام المتمثلة في (تفكير النظم - التفكير القيمي - التفكير الاستراتيجي - التفكير المستقبلي).

فروض البحث:

سعى البحث الحالي إلى التحقق من صحة الفروض التالية:

١- لا يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس عقلية التفكير التصميمي ككل وفي أبعاده الفرعية كلًا على حدة.

٢- لا يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها ككل وفي مستوياته المعرفية كلًا على حدة.

٣- لا يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات تلميذات الصف الأول الإعدادي بالمجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير المستدام ككل وفي مهاراته الفرعية كلًا على حدة.

٤- لا يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات تلميذات الصف الأول الإعدادي بالمجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير المستدام ككل وفي مهاراته الفرعية كلًا على حدة.

منهج البحث:

استخدم البحث الحالي:

١- المنهج الوصفي: وذلك لمسح الدراسات والبحوث والأدبيات ذات الصلة بمتغيرات البحث (المحاكاة الحيوية - نموذج تصميم المحاكاة الحيوية - عقلية التفكير التصميمي - مهارات التفكير المستدام).

٢- المنهج التجريبي: باستخدام التصميم شبه التجريبي ذو المجموعة الواحدة وذو المجموعتين التجريبية والضابطة؛ لاختبار صحة فروض البحث، ويشمل المتغيرات التالية:

- المتغير المستقل: برنامج مقترح في المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم قائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية.
- المتغيرات التابعة: عقلية التفكير التصميمي - المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها - مهارات التفكير المستدام.

تحديد مصطلحات البحث:

تم تعريف المصطلحات إجرائيًا كما يلي:

برنامج مقترح في المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم:

A Proposed Unit in Biomimicry and Its Applications in Science Education

مجموعة من الخبرات التعليمية المنظمة التي تهدف إلى تمكين الطلاب المعلمين من فهم المحاكاة الحيوية واستكشاف تطبيقاتها في تعليم العلوم، باعتبارها نهجًا ابداعيًا يستلهم تصاميم وحلول الطبيعة لحل المشكلات البيئية والعلمية بطرق مستدامة، مما يجعل عملية التعلم أكثر تفاعلية، وشمولية، وارتباطًا بالعالم الحقيقي.

نموذج تصميم المحاكاة الحيوية Biomimicry Design Model:

هو إطار تعليمي وتعلمي مبتكر يستند إلى المحاكاة الحيوية والتعلم القائم على التصميم، يوجه المتعلمين لاكتشاف آليات عمل الأنظمة الطبيعية وتطبيقها في ابتكار حلول مستدامة، عبر خطوات وإجراءات متكاملة، بهدف تمكينهم من مواجهة التحديات البيئية بطرق علمية مبتكرة أثناء تعليم وتعلم العلوم.

عقلية التفكير التصميمي Design Thinking Mindset

هي مجموعة المعتقدات والاتجاهات وطريقة التفكير التي يمتلكها الطالب المعلم وتحركه للعمل أثناء الأنشطة التصميمية، والتي تمكنه من التعامل مع المشكلات التعليمية بشكل مبتكر، وفهم مشكلات التصميم بعمق، والتفاعل معها بمرونة وإبداع، من خلال التركيز على المتعلم، والتعاون، والتجريب، والتعلم المستمر، مما يعزز قدرته على الابتكار، والتعلم من الأخطاء، وتحقيق تأثير إيجابي في بيئات التعليم، واتخاذ قرارات مستنيرة أثناء عملية التصميم، وتقاس بالدرجة التي يحصل عليها الطالب المعلم في المقياس المعد لذلك.

مهارات التفكير المستدام Sustainable Thinking Skills

مجموعة من العمليات العقلية والإجراءات السلوكية التي يمارسها المتعلمون لتحليل المشكلات والتحديات البيئية، من منظور شمولي وقيمي واستراتيجي ومستقبلي، بما يضمن استدامة الموارد وتحقيق التوازن بين تلبية احتياجات الحاضر وحماية حقوق الأجيال القادمة لضمان استدامة الحياة على كوكب الأرض، وتقاس بالدرجة التي تحصل عليها التلميذة في الاختبار المعد لذلك.

أدبيات البحث:

المحور الأول: نموذج تصميم المحاكاة الحيوية

يعد نموذج تصميم المحاكاة الحيوية إطارًا تعليميًا مبتكرًا يجمع بين التعلم القائم على التصميم والمحاكاة الحيوية، حيث يتم دمج مبادئ التصميم مع استلهام الحلول من الطبيعة لحل المشكلات بطريقة مستدامة، كما يعتمد هذا النموذج على جعل المتعلمين مصممين نشطين، يخوضون تجربة تعلم تفاعلية تبدأ باستكشاف المشكلات البيئية، والبحث في آليات الطبيعة، ثم تطوير نماذج تصميمية مستوحاة من الأنظمة البيولوجية، واختبارها وتحسينها، ومن خلال هذا الدمج، يكتسب الطلاب مهارات التفكير التصميمي والإبداعي، ويطورون قدرتهم على التحليل، وحل المشكلات، والتفكير الناقد، مما يجعل التعلم أكثر ارتباطًا بالعالم الحقيقي، ويمكّنهم من ابتكار حلول مستدامة قائمة على حكمة الطبيعة، لذلك سوف يستعرض البحث الحالي التعلم القائم على التصميم، ثم المحاكاة الحيوية، ثم نموذج تصميم المحاكاة الحيوية المقترح في البحث الحالي.

أولًا: التعلم القائم على التصميم Design-based Learning

يعد التعلم القائم على التصميم (DBL) أحد العمليات التعليمية المهمة التي تدمج مبادئ التصميم ومهارات حل المشكلات والتفكير الإبداعي من أجل إشراك الطلاب في تجارب تعليمية عملية وواقعية، ووفقًا لـ Oo et al (2024, 1) فإن التعلم القائم على التصميم يحسن بشكل كبير نتائج التعلم للمتعلمين كما يعزز الكفاءة الذاتية الإبداعية وتدفق الأفكار والتفكير الإبداعي والدافع للإبداع، كما يوفر فرصًا للعمل الجماعي، مما يؤدي إلى تصميمات عملية ومبتكرة.

يعتمد التعلم القائم على التصميم على بيئات التعلم البنائية الاجتماعية، حيث ينشأ التعلم ضمن عملية المشاركة والتخطيط والعمل معًا، كما يتيح للمتعلمين اختيار مشروعات التصميم التي تتماشى مع اهتماماتهم وتطلعاتهم، مما يعزز إحساسهم بالاستقلالية، ويعزز الدافعية لديهم ويجعلهم أكثر نشاطًا في عملية تعلمهم، كما يعزز التفكير عالي الرتبة وقدراتهم العليا، مثل القدرة على التفكير الناقد وحل المشكلات (Oo et al., 2024, 2؛ Zhang et al., 2024, 307؛ Diederen et al., 2024, 1؛ Weng et al., 2023, 1653).

ويعد التعلم القائم على التصميم وسيلة قوية لمساعدة المتعلمين على تطبيق وتطوير فهمهم لمفاهيم العلوم والمهارات المهنية، من خلال إشراكهم في حل تحديات العالم الحقيقي من خلال ممارسات التصميم العملية لبناء منتجات مبتكرة وإبداعية،

مما يزيد من رغبتهم في التعلم بشكل فعال، ويعزز خيالهم وإبداعهم وتفكيرهم ومواهبهم ومهارات التعاون، ويزيد من ثقتهم بأنفسهم، كما يساعد على تحسين قدراتهم المعرفية والاجتماعية، وتعزيز مهارات التواصل (Azizan & Abu Weng et al., ؛Stammes et al., 2023, 643-644 ؛Shamsi, 2022, 1-2 .(Reiser et al., 2024, 2 ؛2023, 1654

كما يساعد التعلم القائم على التصميم في استبدال الفصول الدراسية التقليدية التي يقودها المعلم إلى فصول فعالة تقوم على توجيه المعلم والتركيز على المشاريع الإبداعية والتعاون واستكشاف تحديات العالم الحقيقي وحل المشكلات والأداء النشط للمتعلمين (Oo et al., 2024, 2).

ونظرًا لأهمية التعلم القائم على التصميم، فقد حظي باهتمام العديد من الدراسات التي تناولت تأثيره على تنمية متغيرات تابعة كثيرة، حيث توصلت دراسة Runganurak et al (2022) إلى فاعليته في تحسين نتائج التعلم والوظائف التنفيذية وخفض ضغوط التعلم لدى المتعلمين، كما توصلت دراسة سهام شعيرة (٢٠٢٢) إلى فاعليته في تنمية مهارات الفهم العميق والتنظيم الذاتي لدى طلاب الصف الثاني الثانوي، كما توصلت نتائج دراسة Weng et al (2023) إلى فاعليته في تعزيز التعلم العميق للطلاب وتحسين جودة التدريس والتعلم، كما توصلت دراسة أميرة فتح الله (٢٠٢٤) إلى فاعليته في تنمية التفكير الكيميائي والمسئولية البيئية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية، وتوصلت دراسة Oo et al (2024) إلى فاعليته في تنمية الدافع والابداع ومهارات التصميم لدى المتعلمين، كما توصلت دراسة Saritepeci & Yildiz Durak (2024) إلى فاعليته في تعزيز عمليات التصميم الإبداعي وتنمية مهارات التفكير.

ثانيًا: المحاكاة الحيوية Biomimicry

ماهية المحاكاة الحيوية:

تستمد المحاكاة الحيوية إلهامها من تطور العمليات المعقدة في العالم الطبيعي، ويعمل خبراء من مجالات متعددة على تطوير حلول عملية تحاكي هذه الأنظمة الطبيعية، مما يعمّق فهمنا للطبيعة ويؤدي إلى ابتكار حلول إبداعية وغير متوقعة للمشكلات المعقدة، فضلاً عن تقديم استجابات ملموسة وفعالة للتحديات الواقعية (Tamborini, 2024, 2).

وتعد المحاكاة الحيوية (Biomimicry) مدخل تصميم متعدد التخصصات يقدّم حلولًا للمشكلات من خلال الاستلهام من الطبيعة، ويدمج بين علوم الحياة، والحل الإبداعي للمشكلات، والتصميم، وتفكير النظم، وموضوعات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات للمساهمة في إنشاء حلول تصميم تكنولوجية من خلال اتخاذ الطبيعة كنموذج ملهم (Çoban, 2019, 4؛ Oguntona & Aigbavboa, 2023, 176؛ Yeter et al., 2023, 1).

وقد أصبحت المؤسسات التعليمية أكثر وعيًا بأهمية تعزيز تقدير الطلاب للبيئة الطبيعية وتطوير التعليم من أجل التنمية المستدامة، وضرورة توافق الكفاءات

والمهارات التي يكتسبها الجيل القادم مع متطلبات العالم سريع التغير، لتمكينهم من أن يصبحوا قادة التغيير في المستقبل، لذلك تظهر أهمية تعليم المحاكاة الحيوية كوسيلة فعالة لتنمية الوعي البيئي، وتعزيز المعرفة العلمية، وتشجيع العمل الجماعي بين الطلاب (Yeter et al., 2023, 2)

ومن خلال فهم هذه الأساليب المستوحاة من الطبيعة وتوظيفها في التعليم، يمكن للمعلمين تصميم تجارب تعليمية تحفيزية لا تقتصر على نقل المعرفة، بل تمكن المتعلمين أيضًا من تعميق فهمهم للعالم من حولهم وتطبيق هذه المعرفة لتطوير تصاميم وحلول مستدامة.

ونشأ مصطلح المحاكاة الحيوية (Biomimicry) من الكلمتين اليونانيتين "bios" التي تعني الحياة و"mimesis" التي تعني التقليد، ولكن المحاكاة الحيوية تتجاوز المعنى البسيط لتقليد الحياة حيث تعرف بأنها شكل إبداعي من التكنولوجيا يستخدم الطبيعة أو يحاكيها لتحسين حياة البشر (Gencer et al., 2020, 67).

وقد اعتُبرت المحاكاة الحيوية تخصصًا علميًا جديدًا انطلق مع كتاب جانين بينيوس Janine Benyus في عام ١٩٩٧ بعنوان "المحاكاة الحيوية: الابتكار المستوحى من الطبيعة"، وعرفت المحاكاة الحيوية بأنها المحاكاة الواعية لعبقرية الحياة، وأنها علم جديد يدرس نماذج الطبيعة ثم يُحاكيها أو يستوحي منها تصميمات وعمليات لحل المشكلات البشرية، فالمحاكاة الحيوية كمنهجية تسعى إلى إيجاد حلول مستدامة للتحديات البشرية من خلال محاكاة الأنماط والاستراتيجيات التي أثبتت فعاليتها عبر الزمن في الطبيعة، ووفقًا لبينيوس فإن مليارات السنين من العمليات التطورية منحت الكائنات الحية تنوعًا مذهلًا في البُنى والأشكال ووظائفها المرتبطة بالبقاء (Gencer et al., 2020, 67 ؛Çoban, 2019, 1).

ووفقًا لـ Mejía-Villa et al (2023, 1-2) تعد المحاكاة الحيوية (Biomimicry)استراتيجية تصميم مستدامة تستند إلى فهم الطبيعة وكيفية استغلالها الفعّال للموارد، وتسهم في دمج مفاهيم التنمية المستدامة وتعزيز المهارات الإبداعية في تصميم المنتجات والخدمات المستدامة.

ويشير مصطلح "المحاكاة الحيوية" إلى "فلسفة ونهج التصميم متعدد التخصصات الذي يتخذ الطبيعة نموذجًا لمواجهة تحديات التنمية المستدامة، أي يتضمن التعاون بين التخصصات المتعددة لعلم الأحياء والتكنولوجيا أو مجالات الابتكار الأخرى بهدف حل المشكلات العملية (Hayes et al., 2020, 2).

وأشار Cohen & Reich (2016, 3) إلى المحاكاة الحيوية بأنها محاكاة مقصودة لحلول الحياة الطبيعية لحل التحديات المعاصرة، بناءً على رؤية ٣,٨ مليار سنة من التطور، وتعمل الطبيعة كنموذج ومرشد ومعيار لتعزيز تصميمات الابتكار المستدام، بدلًا من كونها مصدرًا للمواد فقط.

وعرفها Stevens et al (2021, 799) بأنها عملية محاكاة الأشكال والعمليات والأنظمة من الطبيعة لإرشاد عملية تصميم الحلول للتحديات الإنسانية الحالية.

وعرفها Sá & Viana (2023, 1) بأنها مجموعة من المداخل الفلسفية والإبداعية البينية التي تعتبر الطبيعة نموذجًا لإرشاد تطوير المشاريع، بما في ذلك الجوانب المتعلقة بالاستدامة البيئية والاجتماعية والاقتصادية.

كما عرفها Yeter et al (2023, 1) بأنها التعاون متعدد التخصصات بين علم الأحياء والتكنولوجيا أو المجالات الأخرى للابتكار بهدف حل المشكلات العملية من خلال التحليل الوظيفي للأنظمة البيولوجية، وتجريدها إلى نماذج، ثم نقل هذه النماذج وتطبيقها على الحلول.

وعرفها Adıgüzel et al (2024, 110) بأنها محاكاة أو تكييف لأشكال الطبيعة وعملياتها ونظمها البيئية لتلبية احتياجات الإنسان أو معالجة التحديات.

وأشار Pietroni et al (2024, 622) إليها بأنها علم الاستلهام من الكائنات البيولوجية لحل المشكلات التكنولوجية والتصميمية للبشر، وتعد نهج مبتكر يستخدم الطبيعة كمصدر للإلهام لإنشاء حلول فعّالة ومستدامة للمشاكل الإنسانية..

مبادئ المحاكاة الحيوية:

تأخذ المحاكاة الحيوية الطبيعة كمصدر للتعلم والإلهام، حيث تستند عملياتها إلى ثلاثة مبادئ أساسية: التقليد (إنشاء تصاميم متجددة من خلال دراسة وتقليد الطبيعة)، والأخلاق (فهم آلية عمل الحياة لإنشاء تصاميم غير ضارة)، وإعادة الاتصال (إعادة بناء العلاقة المتناغمة والمحترمة بين البشر والطبيعة) (Aguilar-Planet & Peralta, 2024, 9؛ Raman et al., 2024, 1).

وفيما يتعلق بتعلم عبقرية الحياة، توجد ثلاثة مبادئ رئيسة للمحاكاة الحيوية ذكرها كل من (Cohen & Reich, 2016, 3؛ Çoban, 2019, 5-6؛ Inzerillo, 2024, 283)، تتمثل في:

- الطبيعة كنموذج (ما الذي تفعله الطبيعة هنا؟): ترى المحاكاة الحيوية الطبيعة كنموذج، كتاب مفتوح للبشر لاكتشافه والتعلم من تصاميمه من أجل حل المشكلات التي يواجهونها.
- الطبيعة كمعيار (ما الذي لن تفعله الطبيعة هنا؟): تستخدم المحاكاة الحيوية المعايير البيئية التي تحددها الطبيعة للحكم على مدى ملاءمة الابتكارات البشرية.
- الطبيعة كمرشد/معلم (لماذا أو لماذا لا؟): المحاكاة الحيوية هي منظور جديد لرؤية الطبيعة وتقديرها، والفكرة وراءها لا تستند إلى ما يمكننا استخراجه من الطبيعة ولكن إلى ما يمكننا تعلمه منها.

مستويات المحاكاة الحيوية:

هناك ثلاثة مستويات رئيسة لمحاكاة الأنظمة الطبيعية أوضحها كل من (Gencer et al., 2020, 67؛ Araque et al., 2021, 2؛ Aguilar-Planet & Peralta, 2024, 9-10؛ Hinkelman, 2023, 6؛ Inzerillo, 2024, 285؛ مروة الباز، ٢٠٢٤، ١٨-١٩)، وتتمثل في:

- **المحاكاة الحيوية على مستوى الكائن الحي:** تركز على تقليد الخصائص الفيزيائية والبيولوجية الخاصة بالكائنات الحية.
مثال: تصميم سطح مضاد للبكتيريا مستوحى من جلد سمك القرش، حيث تساعد الحراشيف الصغيرة في منع التصاق البكتيريا.
- **المحاكاة الحيوية على مستوى سلوك الكائن الحي:** تركز على دراسة كيفية تصرف الكائنات الحية وتفاعلها مع بيئتها وحلها للمشكلات بطرق مبتكرة.
مثال: تطوير روبوتات تستخدم استراتيجيات سلوك النمل في البحث والإنقاذ، حيث تعتمد على التعاون بين الروبوتات وتوزيع المهام.
- **المحاكاة الحيوية على مستوى النظام البيئي:** تركز على دراسة كيفية عمل الأنظمة البيئية ككيانات ذاتية الاستدامة (تكيفية، منظمة ذاتيًا، متجددة ذاتيًا، ومحسّنة ذاتيًا).
مثال: تصميم مدن مستدامة تعتمد على مبادئ الغابات الطبيعية.

طرق تعليم وتعلم العلوم القائمة على المحاكاة الحيوية:

توفر المحاكاة الحيوية أمثلة لطرق تدريسية مستوحاة من الطبيعة كما يوضحها (Oguntona & Aigbavboa, 2023, 176-177؛ مروة الباز، ٢٠٢٤، ٢٤)، تتمثل فيما يلي:

أولًا: التعلم التعاوني والمتعدد التخصصات: تعمل الكائنات الحية في الطبيعة من خلال شبكات معقدة من التعاون والترابط، يمكن أن يلهم هذا المبدأ المعلمين لتصميم مشاريع وأنشطة متعددة التخصصات تتضمن متعلمين من مجالات وشرائح مختلفة للعمل معًا لحل المشكلات المعقدة. من خلال تعزيز التعاون، يمكن للمتعلمين دمج مهاراتهم ووجهات نظرهم المتنوعة، ويمكن للمعلمين تقديم مشكلات حقيقية للمتعلمين وتحفيزهم لاستكشاف كيفية حل الطبيعة للتحديات المماثلة، مما يحفز لديهم الإبداع، البحث الاستقصائي، وتقدير الطبيعة.

ثانيًا: التعلم المستدام والاستدامة: البيئة الطبيعية مستدامة بطبيعتها، حيث يمكن للعديد من النظم البيئية أن تتجدد وتشفى ذاتيًا وتصلح نفسها. يمكن للمعلمين الاستفادة من ذلك لإرشاد المتعلمين في تصميم وتطوير حلول تقلل من الآثار البيئية السلبية وتدعم الممارسات المتجددة، مما سيؤدي إلى غرس المسؤولية البيئية، والوعي البيئي لديهم. كما يمكن للمعلمين تعزيز التنوع والقدرة على التكيف في طرق التدريس وبيئات الفصول الدراسية.

ثالثًا: التعلم خارج الصف والتعلم الخبراتي: يمكن من خلال دمج تجارب التعلم في الهواء الطلق، والمشي في الطبيعة، وتمارين الملاحظة في التعليم والتعلم، تحفيز التعلم المستمر والتقدير العميق للبيئة الطبيعية لدى المتعلمين، وإلهام المتعلمين لإنشاء حلول وتقنيات أكثر استدامة وكفاءة، كما يمكن من خلال دراسة كيفية الحفاظ على توازن النظم البيئية الطبيعية وإعادة تدوير العناصر الغذائية، يمكن للمتعلمين تعلم دروس قيمة حول إنشاء مجتمعات بشرية مستدامة.

فوائد دمج المحاكاة الحيوية في تعليم وتعلم العلوم:

يساهم دمج المحاكاة الحيوية في تعليم وتعلم العلوم في تعزيز الوعي بالاستدامة والتقدير العميق لتصاميم الطبيعة المستدامة، مما يعزز المسؤولية البيئية لدى المتعلمين، واعتماد ممارسات مستدامة في حياتهم الشخصية والمهنية. كما تشجع المتعلمين على التفاعل المباشر مع البيئة الطبيعية مما يعزز لديهم الارتباط العميق بالطبيعة، كما تساعد في ربط المعرفة بالتطبيق العملي عبر دراسة حلول الطبيعة وتحويلها إلى ابتكارات ملموسة، كما تدعم التعلم متعدد التخصصات من خلال الدمج بين البيولوجيا والهندسة والتصميم، مما يعزز التعاون في حل المشكلات، كما تنمي مهارات التفكير الناقد والإبداعي، حيث تحفز الطلاب على استلهام حلول مبتكرة من الأنظمة الطبيعية (Stevens et al., 2019, 461؛ Oguntona & Aigbavboa, 2023, 178؛ Adıgüzel et al., 2024, 118).

كما تعزز المحاكاة الحيوية التعلم المستمر مدى الحياة من خلال تنمية التقدير للثروة المعرفية التي توفرها الطبيعة، حيث تشجع الطلاب على مواصلة استكشاف واستلهام الأفكار من العالم الطبيعي حتى بعد انتهاء تعليمهم الرسمي، مما يحفزهم على متابعة المعرفة والابتكار بشكل دائم (Oguntona & Aigbavboa, 2023, 178؛ Adıgüzel et al., 2024, 122).

كما تعزز المحاكاة الحيوية التكيف والمرونة لدى المعلمين والطلاب، وتساعدهم على مواجهة التحديات بثقة ومرونة، وزيادة الفضول والدافعية، مما يرفع مستوى التحصيل الأكاديمي ويعزز الثقة بالنفس. كما تدعم التفاعل بين الأقران والعمل الجماعي التعاوني، إلى جانب تشجيع الطلاب على استكشاف اهتماماتهم وتطوير خبراتهم (Adıgüzel et al., 2024, 110).

تسهم المحاكاة الحيوية في تنمية التفكير الاستدلالي ومهارات البحث العلمي لدى المتعلمين، كما تدعم تطوير المهارات المعرفية وما وراء المعرفية، إلى جانب تنمية الجوانب العاطفية والاجتماعية، بالإضافة إلى ذلك، تعزز المحاكاة الحيوية مهارات القيادة (Adıgüzel et al., 2024, 120).

وتساعد في اندماج المتعلمين في مشكلات الحياة الواقعية، كما تساعد على تحسين مهارات القرن الحادي والعشرين للمتعلمين مثل حل المشكلات واتخاذ القرار والإبداع والتفكير التحليلي والناقد من خلال التصميم والأنشطة القائمة على المشاريع (Inzerillo, 2024, 279؛ Çoban, 2019, 30).

كما تساهم في تحسين التأثير المستدام للبيئة، ومعالجة القضايا الاجتماعية والعلمية الحقيقية، كما تدعم فهم الطلاب العميق للمفاهيم المجردة (Fried, 2019, 8).

وبالتالي تساعد المحاكاة الحيوية في خلق بيئة تعلم شاملة تدعم التنمية المتكاملة للمتعلمين، وتكسبهم شغفًا مستمرًا بالتعلم، إلى جانب تقدير أعمق للعالم الطبيعي، مما يعزز ارتباطهم بالبيئة ورغبتهم في استكشافها وفهمها بشكل أوسع.

ونظرًا لأهمية المحاكاة الحيوية في تعليم وتعلم العلوم، فقد حظيت باهتمام واسع في العديد من الدراسات التي بحثت دورها في تنمية الإبداع وتعزيز مهارات حل المشكلات، فقد استهدفت دراسة Çoban (2019) دمج المحاكاة الحيوية في تعليم العلوم من خلال اقتراح منهج تدريسي لتلاميذ المدارس الابتدائية، وتوصلت النتائج إلى أن التلاميذ يمكنهم إنتاج أفكار تصميمية إبداعية وقابلة للتطبيق مستوحاة من الطبيعة عندما يتم تعريفهم بالمحاكاة الحيوية، كما استهدف بحث Gencer et al (2020) دراسة حالة تتعلق بـ ٢١ تلميذًا من الصف الخامس الذين اكتسبوا خبرات حول عملية التصميم الهندسي من خلال تقليد بنية الكائنات الحية لحل مشكلة إنسانية، وأشارت النتائج إلى تمكن المتعلمين من دمج المحاكاة الحيوية في حلولهم التصميمية من خلال العلاقة التكاملية بين البنية والوظيفة في الكائنات الحية، واستهدفت دراسة Yeter et al (2023) استكشاف كيفية تصور الطلاب للمحاكاة الحيوية من خلال مشاركتهم في ورشة عمل شخصية استمرت أربع ساعات، من أجل تطوير منهج دراسي حول المحاكاة الحيوية، كما استهدفت دراسة Mejía-Villa et al (2023) تقييم فعالية تعليم خليط من عمليات المحاكاة الحيوية والحل الإبداعي للمشكلات لطلاب الإدارة الذين تم تكليفهم بتصميم منتجات مبتكرة بيئيًا، وأشارت النتائج إلى أن منهجية الحل الإبداعي للمشكلات ساعدت بشكل فعّال في تطوير الطلاب لمنتجات مستدامة، وأجرت دراسة (Adıgüzel et al., 2024) مراجعة منهجية لتحليل ممارسات التدريس المبنية على مدخل المحاكاة الحيوية وتقييم تأثيرها على عمليتي التعليم والتعلم، كما قدمت دراسة مروة الباز (٢٠٢٤) نموذج تدريسي قائم على المحاكاة الحيوية في تعليم العلوم للعمل على تنمية مهارات التفكير التصميمي.

ثالثًا: نموذج تصميم المحاكاة الحيوية Biomimicry Design Model

يهدف التصميم القائم على المحاكاة الحيوية إلى ترجمة المبادئ البيولوجية إلى تصاميم، ويجمع بين التفكير المستوحى من الطبيعة والتفكير التصميمي لتحليل سياق التحديات التصميمية، واكتشاف الحلول الموجودة في الطبيعة، وابتكار الأفكار وتقييمها بهدف الوصول إلى حلول تصميمية مبتكرة (Stevens et al., 2022, 1).

ويعرف تصميم المحاكاة الحيوية بأنه مجال متعدد التخصصات يجمع بين مهارات علم الأحياء والتصميم؛ يساعد في إنشاء تصميمات مستدامة من خلال محاكاة الهياكل والوظائف البيولوجية (Fried, 2019, 8؛ Fried et al., 2020, 1).

كما يعرف بأنه التنفيذ الإبداعي للمفاهيم والأفكار والاستراتيجيات المستوحاة بيولوجيًا في منتجات وظيفية لحل التحديات البشرية، بما يمكن أن يلبي احتياجات الاستدامة الحالية في التصميم (Sá & Viana, 2023, 2).

ويركز تصميم المحاكاة الحيوية على إنشاء تصميمات مستدامة، واستخدام الهياكل والعمليات الطبيعية في كل خطوة من خطوات عملية التصميم، وإعادة ربط الأفراد بالعالم الطبيعي من خلال المحاكاة وعقلية الاستدامة (Fried, 2019, 10).

كما يساهم استخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تعزيز التعلم التفاعلي، كما يمثل عملية تعليمية نشطة وتعاونية تُمكن المتعلمين من قيادة رحلتهم التعليمية بأنفسهم، بالإضافة إلى أنه يساعد في تهيئة بيئة محفزة وداعمة تشجع التواصل الفعّال والإبداع، مما يجعل الطلاب أكثر ابتكارًا وقدرة على حل المشكلات المعقدة.

مراحل نموذج تصميم المحاكاة الحيوية:

لقد قدم كوبان Çoban (2019, 47) نموذجًا للتصميم القائم على المحاكاة الحيوية يتكون من خمس مراحل تتمثل في: الملاحظة والاكتشاف والمحاكاة والتصميم والمشاركة.

وتتمثل مراحل نموذج تصميم المحاكاة الحيوية وفقًا لدراسة Gencer et al (2020) في: (تحديد الحاجة أو المشكلة-البحث عن الحاجة أو المشكلة-تطوير الحلول الممكنة-اختيار أفضل حل ممكن-بناء النموذج الأولي-اختبار الحل وتقييمه-التواصل بشأن الحل-إعادة التصميم)

خطوات نموذج تصميم المحاكاة الحيوية المقترح للبحث الحالي:

في ضوء الدراسات والبحوث السابقة المرتبطة بالتعلم القائم على التصميم والمحاكاة الحيوية، يقترح البحث الحالي نموذج تصميم المحاكاة الحيوية الذي يتضمن المراحل التالية:

١- **التحفيز والاستكشاف:** من خلال إثارة اهتمام وفضول الطلاب حول المحاكاة الحيوية وربطها بحياتهم اليومية.

٢- **تحليل القضايا البيئية الواقعية واستكشاف الحلول البيولوجية،** وتتضمن:
- تحليل المشكلات البيئية لتطوير الفهم العميق.
- تعزيز مهارات البحث من خلال استكشاف الاستراتيجيات البيولوجية للكائنات الحية.
- تقديم مفهوم المحاكاة الحيوية عبر أمثلة تطبيقية تربط بين الأنظمة البيولوجية والتصميم.
- تمكين الطلاب من تحديد العلاقات بين وظائف الكائنات الحية وآلياتها التكيفية كأساس للتصميم.

٣- **تحديد المشكلة التصميمية وتشكيل المجموعات،** وتتضمن:
- تقسيم الطلاب إلى مجموعات، بحيث يحدد كل فريق التحدي البيئي الذي يريد معالجته.
- صياغة المشكلة بطريقة واضحة وقابلة للحل من خلال مبادئ المحاكاة الحيوية.
- تحديد المعايير والشروط التي يجب أن يحققها الحل المقترح.

٤- **تطوير الحلول المستوحاة من الطبيعة،** وتتضمن:
- إجراء بحث مكثف حول الكائنات الحية التي تقدم حلولًا مماثلة للتحدي المطروح.
- تحليل آليات عمل هذه الكائنات وتصميم استراتيجيات مستوحاة منها.

- تطوير أفكار وتصميمات أولية مع رسم تصورات تخطيطية للحلول الممكنة.

٥- تصميم وتطوير النموذج الأولي، وتتضمن:
- اختيار المواد والأدوات المناسبة لبناء النموذج الأولي بطريقة مستدامة.
- إعداد النموذج التصميمي.

٦- المشاركة والتواصل، وتتضمن:
- تقديم الفرق لنماذجها التصميمية وعرض مبررات تصميمها المستوحى من الطبيعة، مع توضيح (إسم النموذج- اسم الكائن الحي المستوحى منه التصميم- تركيب الكائن الحي- وظيفة التركيب- المشكلة التي تم حلها من خلال التصميم- كيفية عمل التصميم- التحسينات المطلوبة في التصميم).
- مناقشة التحديات التي واجهوها وكيف تغلبوا عليها.
- تقييم النموذج الأولي وتحليل مدى توافقه مع المشكلة التصميمية الأصلية.

٧- التقييم والتأمل، وتتضمن:
- تلقي التغذية الراجعة من الزملاء والمعلم وتحليل مدى نجاح التصميم.
- تقديم تحسينات مقترحة بناءً على الملاحظات والتجارب.
- إعداد تقرير نهائي يوضح رحلة التصميم والمفاهيم البيولوجية المستخدمة فيه.

أدوار المعلم أثناء استخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية: تحددها الباحثة فيما يلي:

- يعمل كمرشد وموجه للمتعلمين حيث يساعدهم على استكشاف الأفكار وإعادة صياغة المشكلات.
- يزود المتعلمين بالمصادر العلمية حول المحاكاة الحيوية، مما يساعدهم على استلهام أفكارهم من الطبيعة.
- يوجه الطلاب إلى كيفية البحث عن أمثلة من الطبيعة، وتحليل كيفية تطبيقها في التصميم، مما يعزز من مهاراتهم البحثية.
- يساعدهم على ربط أفكارهم التصميمية بأنظمة أكبر، مثل البيئة، المجتمع، مما يمكنهم من فهم تأثير تصاميمهم بشكل أوسع.
- يطرح أسئلة مفتوحة تحفزهم على طرح المزيد من الأفكار.
- يقوم بتحليل إجابات الطلاب وتلخيص أفكارهم لتعزيز فهمهم العميق.
- يشجع التعاون بين المتعلمين، ويوفر بيئة تفاعلية تدعم العمل الجماعي والتعلم من بعضهم البعض.
- يظهر تقبله للتجريب، وعدم اليقين، والتعلم من الفشل، مما يعزز ثقة الطلاب في العمل التصميمي، ويشجع التفكير في الاستدامة.
- تقديم ملاحظات وتغذية راجعة في الوقت المناسب للمتعلمين، مما يوضح لهم كيفية تعلمهم ويعدلون خطط التعلم الخاصة بهم باستمرار.

أدوار المتعلم أثناء استخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية: تحددها الباحثة فيما يلي:

- يكون مشاركًا نشطًا في عملية التعلم، متعاونًا مع زملائه ضمن فرق العمل، مما يعزز اكتسابه للمعرفة من خلال التفاعل والمشاركة الفعالة.
- يبحث عن حلول جديدة، ويجرب أفكارًا مختلفة لحل المشكلات بطرق مبتكرة.
- يسعى لتطوير حلول تصميمية يمكن تطبيقها في العالم الحقيقي لحل تحديات بيئية أو تكنولوجية مستوحاة من الطبيعة.
- يعرض أفكاره بوضوح، ويقدم تبريرات مقنعة لاختياراته التصميمية أمام المعلم والزملاء.
- يحاول فهم احتياجات المستفيدين من التصميم، ويجمع ملاحظاتهم لتحسين الحلول.
- ينشئ نماذج أولية، يجرب الحلول، ويحسنها بناءً على التقييم والتغذية الراجعة.
- يعمل ضمن الفريق، ويتبادل الأفكار مع زملائه، ويتقبل وجهات النظر المختلفة، ولا يستسلم أمام التحديات، بل يستخدم الإخفاقات كمصدر للتعلم والتطوير.
- يضع خططًا لإنجاز المهام وفق جدول زمني، ويحدد الأولويات لضمان تحقيق الأهداف.
- يستمع للملاحظات من المعلم والزملاء، ويستخدمها لتحسين نماذجه التصميمية.

القواعد الأساسية للتصميم أثناء استخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية: تحددها الباحثة فيما يلي:

- استخدام المصادر العلمية الموثوقة في البحث عن معلومات ذات صلة بالمحاكاة الحيوية.
- توزيع المهام بوضوح داخل فرق التصميم.
- تبني نهج الاستدامة في جميع مراحل التصميم باستخدام مواد صديقة للبيئة.
- التحلي بالمرونة والتفكير الإبداعي لتقبل التعديلات والتجارب المتكررة.

المحور الثاني: عقلية التفكير التصميمي Design Thinking Mindset

ماهية عقلية التفكير التصميمي:

يُعد التفكير التصميمي نهجًا عمليًا للتعلم الخبراتي/التجريبي حيث يوفر نهجًا متكررًا لحل المشكلات غير المنظمة والمعقدة مع بناء عقلية التفكير التصميمي الضرورية للأفراد المشاركين في الأنشطة التصميمية، والتي يمكن أن تؤدي إلى نتائج إبداعية ومبتكرة، لذا، يجب أن يتمتع المعلمون بعقلية التفكير التصميمي ويظهروها لتسهيل التعلم القائم على التصميم لدى طلابهم (Ladachart et al., 2021, 2؛ Elsayary, 2022, 13).

كما تتطلب عملية التصميم من المتعلمين أن يمتلكوا عقلية التفكير التصميمي ويستخدموها للانخراط فيها بشكل هادف وفعال (Ladachart et al., 2022b, 3).

ويتسم التفكير التصميمي كعقلية بطبيعة مستدامة وتعاونية، وبالنظر إلى سماته المتمثلة في التعاطف، الإبداع، العقلانية، التعاون، والغموض، فإن عقلية التفكير التصميمي يمكنها أن تعزز التعلم الهادف للطلاب ضمن سياق الأنشطة القائمة على التصميم (Ladachart et al., 2022a, 2446).

وعرف دوسي وآخرون Dosi et al (2018, 1992) عقلية التفكير التصميمي بأنها مجموعة من الاتجاهات والآراء والمعتقدات والسلوكيات التي تميز الفرد أو المجموعة، والتي تتطور في الغالب من خلال الخبرة.

وعرفها سوبل وآخرون Sobel et al (2019, 1696) بأنها كيفية امتلاك الأفراد أو سعيهم إلى تحسين الطريقة التي يفكرون ويشعرون ويعبرون بها عن مشاعرهم في ممارستهم لدعم أنشطة التفكير التصميمي.

كما أشار إليها جروجر وشويتزر Groeger & Schweitzer (2020, 43) بأنها القيم الأساسية، والإدراك، والسلوكيات الناتجة عن معتقدات الأشخاص.

وعرفها لاداشارت وآخرون Ladachart et al (2022b, 1) بأنها مجموعة الآراء والمعتقدات والسلوكيات التي تميز المتعلم عندما يشارك في نشاط قائم على التصميم، وتتضمن العديد من الأبعاد، مثل التركيز على الإنسان، والتحيز نحو العمل، والتعاون، والتجريب، والتفاؤل، والوعي بالعملية.

كما تعرف بأنها مجموعة المواقف والآراء والمعتقدات والسلوكيات التي تعكس مستويات الراحة لدى المتعلم أثناء عملية التصميم (Davies et al., 2023, 124).

وعرفها لافرسن وآخرون Lavrsen et al (2023, 3356) بأنها المعتقدات والاتجاهات التي تؤدي إلى فهم مواقف التصميم واختيار استراتيجيات التصميم المناسبة، أي العقلية التي تتوافق مع ممارسات التصميم الفعالة وتساعد على أداء المهام بنجاح.

كما عرفها فوثونج وآخرون Phothong et al (2023, 5) بأنها النظرة الذهنية للمتعلم التي تحدد كيفية تفسيره للمواقف واستجابته لها.

وباستقراء تعريفات الباحثين لعقلية التفكير التصميمي، يتضح أنها:

- ليست ثابتة، بل تتطور مع الخبرة والممارسة، مما يعني إمكانية تعزيزها من خلال التعلم والتجربة.
- تشمل مجموعة من المعتقدات والاتجاهات والسلوكيات التي تساعد المتعلم على التعامل مع مواقف التصميم بفعالية.
- تؤثر على كيفية تفكير المتعلمين وشعورهم واستجابتهم لمواقف التصميم المختلفة.

أبعاد عقلية التفكير التصميمي:

من خلال الإطلاع على الدراسات والبحوث السابقة التي إهتمت بتنمية عقلية التفكير التصميمي، اتضح تعدد أبعاد عقلية التفكير التصميمي التي تناولها الباحثين بالدراسة، حيث حددها دوسي وآخرون Dosi et al (2000-1999, 2018) واتفق معه ديفيز وآخرون Davies et al (2023, 124) في ١٩ بعدًا تضمن: الشعور بالراحة مع الغموض وعدم اليقين - احتضان المخاطر - التركيز على الإنسان – التعاطف - اليقظة والوعي بالعملية - النظرة الشاملة/النظر إلى المشكلة ككل - إعادة صياغة المشكلة - العمل الجماعي - الفرق التعاونية متعددة التخصصات - الانفتاح على وجهات النظر المختلفة - التوجه نحو التعلم - التجريب أو التعلم من الخطأ ومن

الفشل - الذكاء التجريبي/التحيز نحو العمل - طرح الأسئلة النقدية - التفكير الاستنتاجي - تصور أشياء جديدة - الثقة الإبداعية - الرغبة في إحداث فرق - التفاؤل لإحداث تأثير.

وقد حددها سوبل وآخرون Sobel et al (2019, 1697) في تسعة أبعاد تتمثل في: الفضول، التعاون، إعادة الصياغة، احتضان الغموض، احتضان التنوع، جعل الأشياء ملموسة، إتخاذ إجراء، التعاطف، والتفاؤل.

واتفق كل من لاداشارت وآخرون Ladachart et al (2021, 5-6)، والسياري Elsayary (2022, 14) في تحديد ستة أبعاد لعقلية التفكير التصميمي تمثلت في: الشعور بالراحة مع المشكلات، التعاطف مع المستخدم، اليقظة تجاه العملية، العمل التعاوني مع التنوع، التوجه نحو التعلم، الثقة الإبداعية.

وحددها كل من لاداشارت وآخرون Ladachart et al (2022a, 2461-2462)، لاداشارت وآخرون Ladachart et al (2022b, 5) في ستة أبعاد تمثلت في: العمل التعاوني مع التنوع، الثقة والتفاؤل في استخدام الإبداع (الثقة الإبداعية)، التوجه نحو التعلم من خلال التصنيع والاختبار، اليقظة تجاه العملية وتأثيراتها على الآخرين، الشعور بالراحة مع عدم اليقين والمخاطر، والتركيز على الإنسان.

وحددها باياه وآخرون Bayah et al (2023, 23) في ثلاثة أبعاد تمثلت في: التساؤل النقدي والفضول، الثقة الإبداعية، والتنوع ووجهات النظر التعاونية.

وحددها هوين Huyen (2024, 5) في سبعة أبعاد تمثلت في: التركيز على الإنسان، والتعاطف، واليقظة والوعي بالعملية، والنظرة الشاملة، وإعادة صياغة المشكلة، والعمل الجماعي، والانفتاح على وجهات النظر المختلفة والمتنوعة.

ويلاحظ من العرض السابق لأبعاد عقلية التفكير التصميمي أنه توجد أبعاد مشتركة ركزت عليها أغلب البحوث السابقة، كما توجد أبعاد يمكن دمجها معًا حيث تتضمن نفس المعنى والتركيز؛ على سبيل المثال تم دمج التركيز على الإنسان والتعاطف معًا في بعد التعاطف مع المستخدم وذلك لأنهما يركزان على فهم مشكلات المستخدمين واحتياجاتهم ومشاعرهم، مما يساهم في تصميم حلول تلبي احتياجاتهم الفعلية، وقد تم توضيح ذلك بالتفصيل في إجراءات البحث، وبذلك فقد تمثلت أبعاد عقلية التفكير التصميمي المستخدمة في البحث الحالي في ستة أبعاد رئيسة، تتمثل في:

١- الشعور بالراحة مع المشكلات والمخاطر Being comfortable with problems & risks:

يتضمن استعداد المتعلم للتعامل مع المواقف التي تحمل تحديات أو مخاطر غير معروفة، كما يشمل القدرة على التعامل مع المشكلات المعقدة والمخاطر دون الخوف من الفشل، والقدرة على اتخاذ قرارات والمضي قدمًا رغم عدم وجود ضمانات.

٢- التعاطف مع المستخدم User empathy:

يتضمن قدرة المتعلم على التعاطف مع احتياجات المستخدمين من خلال وضع نفسه وتفكيره ومشاعره مكان المستخدم، والتواصل مع المستخدمين، وفهم التجارب من وجهة نظرهم لفهم دوافعهم، وتصميم حلول تلبي احتياجاتهم الفعلية.

٣- اليقظة والوعي بالعملية Mindfulness and awareness of process:
يتضمن قدرة المتعلم على الانتباه والتركيز أثناء عملية حل المشكلات، والوعي بأنماط تفكيره الخاصة، والقدرة على التفكير التباعدي لإيجاد العديد من الحلول الممكنة للمشكلة والتفكير التقاربي لتضييق التركيز على أفضل حل، والقدرة على تقييم ومراجعة التقدم باستمرار خلال عملية التصميم، والوعي بتأثيرات القرارات المتخذة على كل مرحلة من المراحل.

٤- العمل التعاوني مع التنوع Collaborative working with diversity:
يتضمن قدرة المتعلم على التعاون واحتضان التنوع والعمل مع الخلفيات الثقافية المتنوعة والانخراط معهم، ومشاركة المعرفة، ودمج وجهات النظر المختلفة طوال عملية التصميم لتعزيز الشمول وتوسيع نطاق الأفكار والحلول.

٥- التوجه نحو التعلم Orientation to learning:
يتضمن سعي المتعلم المستمر لاكتساب معارف ومهارات جديدة والتعلم من الأخطاء والبحث عن فرص التعلم في كل مرحلة من مراحل عملية التصميم، مما يعزز من القدرة على التكيف والابتكار.

٦- الثقة الإبداعية Creative confidence:
تتضمن ثقة المتعلم في ذاته على إيجاد حلول مبتكرة وقدرته على استخدام الإبداع لحل المشكلات المعقدة وتحقيق نتائج إيجابية، والإيمان بأن الفشل ليس النهاية، بل فرصة لتعلم كيفية تحسين الحلول والتصاميم المستقبلية.

خصائص المتعلمين ذوي عقلية التفكير التصميمي:

يتصف المتعلمون ذوي عقلية التفكير التصميمي بالتعاطف مع مشكلات الأفراد/المستخدمين، الرغبة في اتخاذ الإجراءات، والتعلم أثناء عملية حل المشكلات لإحداث تأثير في حياة الأفراد والمجتمعات، كما يتواصلون أثناء عملية التصميم مع الآخرين ويتعاونون معهم، ويكونون قادرين على الانفتاح على وجهات نظر متنوعة، اليقظة تجاه عملية حل المشكلات، الوعي بأساليب تفكيرهم الخاصة، الشعور بالراحة مع الغموض وعدم اليقين، الثقة في إبداعهم، تقبل المخاطر عند تجربة أساليب جديدة أو اختبار أفكار مبتكرة، والمرونة في مواجهة المشكلات الصعبة، ويشعرون بالحماس للتعلم من التجارب والأفعال والأخطاء، ولديهم الرغبة والعزم على إحداث فرق، ويطرحون الأسئلة بشكل ناقد (Ladachart et al., 2021, 6؛ Ladachart et al., 2022a, 2449؛ Ladachart et al., 2022b, 3).

وتضيف الباحثة بعض الخصائص الأخرى التي تميز ذوي عقلية التفكير التصميمي:

١. لديهم مرونة عقلية حيث يستطيعون إعادة النظر في أفكارهم عند مواجهة عقبات غير متوقعة.

٢. لا ينتظرون الحلول، بل يبادرون باقتراح وتجربة أفكار جديدة.
٣. لديهم القدرة على التركيز على التفاصيل المهمة مع الحفاظ على الصورة الكبيرة.
٤. ينظرون إلى المشكلات من منظور شامل، مدركين للترابطات بين الأجزاء المختلفة للنظام.
٥. يسعون لتطوير أنفسهم باستمرار ويستفيدون من التغذية الراجعة لتحسين أفكارهم.
٦. يتعاملون مع التحديات والضغوط بشكل إيجابي للحفاظ على قدرتهم الإنتاجية.

أهمية تنمية عقلية التفكير التصميمي لدى المتعلمين:

في ظل التغيرات والتطورات التي نعيشها حاليًا أصبح تعزيز عقلية التفكير التصميمي لدى المتعلمين ضرورة للإبداع والقدرة على التكيف في مختلف المجالات المهنية، وتطوير الثقة الإبداعية لديهم من خلال تعزيز التعاطف، وتشجيع الميل إلى العمل، وتعزيز توليد الأفكار، وتطوير الوعي المعرفي، وتطوير القدرة على الحل الإبداعي للمشكلات لديهم (Huyen, ؛Noh & Abdul Karim, 2021, 497) 2024, 2-3.

كما تساهم تنمية عقلية التفكير التصميمي لدى المتعلمين في زيادة قدرتهم على إقناع شخص ما بفكرتهم وتبريرها، وزيادة قدرتهم على المضي قدمًا وتفاؤلهم بشأن قدرتهم على التجربة، وتسهيل التعلم المفاهيمي، والمشاركة (Dosi et al., 2018, 1996-1997؛ Groeger & Schweitzer, 2020, 43؛ Ladachart et al., 2022b, 10).

وتضيف الباحثة لأهمية تنمية عقلية التفكير التصميمي لدى المتعلمين:

١- تعزيز القدرة على حل المشكلات بطرق إبداعية: حيث تساعد المتعلمين على إعادة صياغة المشكلات بدلًا من قبولها كما هي، مما يتيح لهم التفكير في حلول جديدة وغير تقليدية.
٢- تشجيع المتعلمين على التعاطف مع الآخرين، مما يجعلهم أكثر قدرة على فهم احتياجات المستخدمين وتقديم حلول تلبي متطلباتهم الفعلية.
٣- تعزيز المرونة في التعامل مع الغموض والمخاطر: حيث يتعلم المتعلمون أن عدم اليقين ليس عائقًا، بل فرصة لاكتشاف مسارات جديدة، مما يعزز ثقتهم في اتخاذ القرارات في بيئات غير مستقرة.
٤- تعميق مهارات العمل الجماعي والتعاون والاستفادة من التنوع الفكري، والانفتاح على وجهات نظر مختلفة.
٥- غرس ثقافة التجريب والتعلم من الفشل: حيث يدرك المتعلمون أن الفشل جزء طبيعي من التعلم والتطوير، مما يعزز لديهم روح المثابرة والقدرة على التكيف.
٦- تعزيز روح الريادة لديهم والقدرة على إحداث تأثير إيجابي في مجتمعاتهم من خلال تقديم حلول جديدة ومستدامة.

وقد أكدت بعض الدراسات والبحوث السابقة على أهمية تنمية عقلية التفكير التصميمي لدى المتعلمين في المراحل التعليمية المختلفة، حيث توصلت دراسة Groeger et al (2019) إلى أن عقلية التفكير التصميمي يمكن تعليمها وتعزيزها من خلال التعلم التجريبي/ الخبراتي والأنشطة العملية، كما توصلت نتائج دراسة Elsayary (2022) إلى وجود تأثير إيجابي للتكنولوجيا التفاعلية في تطوير عقلية التفكير التصميمي للمعلمين قبل الخدمة في إحدى جامعات دولة الإمارات العربية المتحدة، وتوصلت دراسة Fichera (2022) إلى أن تنمية عقلية التفكير التصميمي لدى المتعلمين تساهم في زيادة اعتقادهم وكفاءتهم في حل المشكلات المختلفة والتعامل بنجاح مع الفشل واعتباره فرصة للتعلم، كما أشارت نتائج دراسة Phothong et al (2023) إلى فاعلية التعلم القائم على التصميم على عقلية التفكير التصميمي أي على النظرة العقلية التي يعتمدها المتعلمون عندما يشاركون في عملية التفكير التصميمي، وأشارت النتائج إلى أن تأثير التعلم القائم على التصميم على عقليات التفكير التصميمي يعتمد على الجنس والخبرة السابقة، وأوصت الدراسة بضرورة توفير الدعم التدريجي المناسب لتمكين جميع الطلاب من تطوير عقليات التفكير التصميمي لديهم عندما يتعاونون في التعلم القائم على التصميم. كما توصلت دراسة Huyen (2024) إلى فعالية الشخصيات غير القابلة للعب في عالم الميتافيرس كأداة لتعزيز عقلية التفكير التصميمي لطلاب الجامعات، وقد عززت بشكل كبير مهارات التعاطف وإعادة صياغة المشكلة والانفتاح على وجهات نظر مختلفة/التنوع.

كيفية تطوير وتعزيز عقلية التفكير التصميمي لدى الطلاب المعلمين:

في ظل التغيرات والتطورات التي نعيشها حاليًا لا يمكن تعزيز عقلية التفكير التصميمي لدى المتعلمين من خلال إمدادهم بمعلومات عن التفكير التصميمي فقط، بل من خلال التعلم القائم على التصميم حيث يتغلب الطلاب على خوفهم من الفشل من خلال مناقشة أهمية توليد نماذج أولية متعددة وطلب النقد البناء (Phothong et al., 2023, 5) (Huyen, 2024, 2).

كما يمكن تعزيز عقلية التفكير التصميمي لدى المتعلمين من خلال تشجيع ثقافة العمل الإيجابية داخل الفريق وتحفيز التفاعل من خلال استخدام لعب الأدوار، وتأجيل الحكم على الأفكار من خلال البناء على أفكار ومساهمات الآخرين (Groeger & Schweitzer, 2020, 43).

وترى الباحثة أنه يمكن تطوير وتعزيز عقلية التفكير التصميمي لدى المتعلمين من خلال:

- تشجيع الطلاب على المشاركة في أنشطة تعليمية عملية، تعتمد على حل المشكلات.
- تعزيز العمل الجماعي التعاوني بين الطلاب، مما يعزز الاستفادة من التنوع في الحلول الإبداعية.

- تشجيع الطلاب على رؤية الفشل كفرصة للتعلم، من خلال عرضهم ما نجحوا فيه؟ وما الذي يحتاج إلى تحسين؟.
- إنشاء بيئات تعلم مرنة تشجع على الابتكار، حيث يمكن للطلاب تجربة أفكارهم، اختبارها، وتطويرها بناءً على الملاحظات التي يحصلون عليها، مما يساعد في تنمية الشعور بالراحة مع عدم اليقين والمخاطر.
- استخدام العصف الذهني لتوليد حلول فعّالة، مما يساعد في تنظيم أفكارهم واختيار أفضل الحلول.
- استخدام الخرائط الذهنية للمساعدة في تجسيد الأفكار وتطوير الحلول بطرق عملية ومرئية.
- تعليم الطلاب المعلمين كيفية التفكير من منظور الطالب، وفهم احتياجاتهم وتحدياتهم، وكيفية تصميم تجارب تعلم تلبي تلك الاحتياجات، مما يعزز التعاطف والتركيز على الإنسان في عملية التصميم.

المحور الثالث: مهارات التفكير المستدام Sustainable Thinking Skills

ماهية مهارات التفكير المستدام:

تواجه المجتمعات تحديات بيئية خطيرة تهدد استدامة الحياة على كوكب الأرض، وتفرض هذه التحديات ضرورة ملحّة للبحث عن آليات فعّالة تُمكّن من الانتقال إلى مسار الاستدامة، ولا يمكن تحقيق ذلك إلا من خلال تطوير أنماط التفكير لدى المتعلمين، بهدف تمكينهم من التعامل مع تحديات الاستدامة بفعالية وإيجاد حلول مبتكرة تضمن استدامة الموارد والحفاظ على البيئة للأجيال القادمة، ويتأتى ذلك من خلال تنمية مهارات التفكير المستدام لدى المتعلمين.

ولقد تعددت تعريفات التفكير المستدام لدى الباحثين، حيث عرفه دينيز Deniz (2016, 71) بأنه القدرة على اتخاذ قرارات لا تتسبب في عواقب سلبية على الأجيال الحالية أو المستقبلية.

وعرفته مروة الباز (٢٠١٩، ١١٤) بأنه مجموعة العمليات العقلية التي يمارسها الطلاب معلمي العلوم، بهدف حل القضايا والمشكلات الواقعية من منظور شمولي واستراتيجي ومستقبلي وقيمي.

وعرفه عصام أحمد (٢٠٢٠، ٢٢) بأنه التفكير الذي يؤدي إلى التصرف والقيام بالسلوكيات واتخاذ القرارات التي تساعد في الحفاظ على الكرة الأرضية بما تحتويه من كائنات حية وأشياء غير حية والتغلب على التحديات بمختلف أنواعها.

وعرفته سماح الجفري (٢٠٢٢، ١٥٣) بأنه عملية ذهنية فعالة، تنتج عن إدراك المتعلمين لقضايا ومشكلات بيئاتهم وتحدياتها المتزايدة، وتقودهم إلى ممارسات سلوكية ذاتية واعية ورشيدة ومنتجة، تعالج وتصحح وتحسن نمط حياتهم في التفاعل مع بيئاتهم، بما يصون مواردها ويحفظ لها مستقبل مستدام.

كما عرفته إيمان أبو دهب (٢٠٢٣، ٣٣٧) بأنه قدرة التلاميذ على تقييم الآثار المترتبة على أفعالهم وسلوكياتهم تجاه البيئة، وامتلاك المهارات اللازمة لتقديم حلول إبداعية للمشكلات البيئية أثناء عملية التعلم.

وأشارت رشا عيسى (٢٠٢٢، ١٨٧) إلى مهارات التفكير المستدام بأنها مجموعة من المهارات العقلية والسلوكيات التي يمارسها الطلاب لإيجاد حلول للمشكلات والقضايا الواقعية من منظور شمولي واستراتيجي ومستقبلي وقيمي.

وعرفها محمد محمد وسامية أحمد (٢٠٢٢، ٣٦١-٣٦٢) بأنها مجموعة العمليات التي يمارسها الطلاب بهدف حل القضايا والمشكلات الواقعية من منظور شمولي واستراتيجي ومستقبلي وقيمي، بحيث تحكم السلوكيات والاتجاهات والمهارات العقلية التي ينبغي أن تنظم تفكيرهم لكي يتخذوا القرارات الأخلاقية ويتصرفوا على نحو مستدام.

ويتضح من تعريفات الدراسات السابقة للتفكير المستدام أنها:

- تؤكد على أهمية التفكير المستدام كعملية تستشرف المستقبل وتسعى لتقديم حلول تراعي حقوق الأجيال القادمة.
- تشير إلى أهمية ارتباط التفكير المستدام بالمشكلات والقضايا الواقعية التي تواجه البيئة والمجتمع.
- تتفق على أن التفكير المستدام يسعى إلى الحفاظ على الموارد الطبيعية والبشرية لتحقيق استدامة كوكب الأرض.

ويعرف البحث الحالي التفكير المستدام بأنه عملية عقلية تُمكِّن المتعلم من تحليل المشكلات والتحديات البيئية، واتخاذ القرارات المستنيرة والأخلاقية بشأنها.

مهارات التفكير المستدام:

لقد اتفقت أغلب الدراسات والبحوث السابقة (Moldavanova, 2016, 539؛ عصام أحمد، ٢٠٢٠، ١١؛ Shavrovskaya et al., 2021, 2؛ رشا عيسى، ٢٠٢٢، ٢٠٠-٢٠١؛ أميرة فتح الله، ٢٠٢٣، ٢٦٩؛ إيمان أبو دهب، ٢٠٢٣، ٣٣٥؛ Al-Dosari & Abdellatif, 2024, 31؛ Chorna, 2024, 4) على تصنيف مهارات التفكير المستدام إلى أربع مهارات رئيسة تتمثل فيما يلي:

أولًا: تفكير النظم: يعرف بأنه قدرة المتعلم على تحليل الأنظمة المعقدة والنظر للآثار المتعاقبة للحلول المتعلقة بقضايا الاستدامة، ويطلق عليه التفكير الشمولي حيث يسمح برؤية الصورة الكاملة والوصول إلى نتائج متميزة، كما يركز على فهم الروابط والديناميكيات بين مكونات النظام في سياقات أوسع، ويشمل المهارات الفرعية التالية: إدراك العلاقات المنظومية، تحليل المنظومات، تركيب المنظومات، تقويم المنظومات.

ثانيًا: التفكير القيمي: يعرف بأنه قدرة المتعلم على التعرف على تأثير دمج مفاهيم الاستدامة على عملية الاستدامة، ويشار إليه بأنه التفكير القائم على القيم والموجه والأخلاقي، كما يتضمن مجموعة من المهارات والسلوكيات التي تهدف إلى اتخاذ قرارات تتعلق بالصواب والخطأ، ويتمثل أيضًا في قدرة المتعلمين على تقييم المشكلة ووصفها بشكل كامل واستكشاف آرائهم وقيمهم في القضايا المطروحة، ويشمل المهارات الفرعية التالية: التعرف على تأثير دمج مفاهيم الاستدامة على الاستدامة،

تحديد القيم والمبادئ الهامة لتحقيق الاستدامة، تقييم سياق مشكلة الاستدامة بشكل كامل.

ثالثًا: التفكير الاستراتيجي: يعرف بأنه قدرة الطالب على التأمل وبناء الأفكار واستقراء الحاضر؛ للبحث عن التهديدات الحالية والمستقبلية التي تؤثر في قضية ما وتقديم حلول ممكنة لها، ويعد عملية تفكير مقصودة وعقلانية تركز على تحليل العوامل والمتغيرات التي ستؤثر على النجاح طويل المدى للأعمال أو الفرد أو الفريق، ويشمل المهارات الفرعية التالية: التحليل الاستراتيجي للواقع، تحديد التطلعات المستقبلية المستهدفة، تحديد البدائل الاستراتيجية ورسم سيناريوهاتها المستقبلية، اختيار السيناريو المناسب والتخطيط الاستراتيجي له.

رابعًا: التفكير المستقبلي: يعرف بأنه قدرة المتعلم على تقديم توقعات وتصورات وحلول مستقبلية لقضية ما؛ لاتخاذ قرارات مستقبلية بشأنها، كما يعني عملية إدراك وفهم وجمع معلومات عن القضايا المختلفة وما تتضمنه من مشكلات تحتاج إلى صياغة حلول مقترحة ومستقبلية، والقدرة على تقييم تلك الحلول ورسم بدائل مقترحة لها في المستقبل، ويشمل المهارات الفرعية التالية: مهارة التوقع المستقبلي، مهارة التنبؤ المستقبلي، مهارة التصور المستقبلي، مهارة حل المشكلات المستقبلية.

أهمية تنمية مهارات التفكير المستدام لدى المتعلمين:

تساهم تنمية مهارات التفكير المستدام لدى المتعلمين في مساعدتهم على اظهار موقفًا إيجابيًا ومسؤولًا تجاه المشكلات البيئية واتخاذ الإجراءات المناسبة لحمايتها، وتوفر حلولًا للتحديات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، وتوجه المتعلمين لملاحظة تأثير خياراتهم الشخصية على التنمية المستدامة عالميًا، كما تساهم في تغيير طريقة تفكيرهم وعقليتهم تجاه تقدير الاستدامة، وتساعد المتعلمين على موازنة الإيجابيات والسلبيات لاتخاذ قرارات بشأن المشكلات المعقدة (Starker et al., 2019, 357؛ Repanovici et al., 2021, 2؛ Shavrovskaya et al., 2021, 1؛ Chorna, 2024, 11).

كما تساهم في تعزيز نجاحهم في العمل والحياة في المستقبل، بما يشمل طريقة تفكيرهم، عملهم، وحياتهم بعد المدرسة، وبناء قدراتهم ليكونوا مساهمين فاعلين في سلوكيات وأنماط حياة مستدامة (Turner et al., 2022, 1414؛ Al-Dosari & Abdellatif, 2024, 31-37).

كما تساهم في زيادة إلمامهم بالمشكلة بصورة كلية وليست مجزئة بما يساهم في حل العديد من المشكلات التي تواجههم، وإكسابهم القدرة على صنع واتخاذ القرارات الملائمة في المواقف التي تواجههم، ومساعدتهم على حل المشكلات البيئية المعقدة (عصام أحمد، ٢٠٢٠، ٢٢-٢٣؛ أميرة فتح الله، ٢٠٢٣).

وتضيف الباحثة لأهمية تنمية مهارات التفكير المستدام لدى المتعلمين إلى أنها:

- تعزز قدرة المتعلمين على تحليل المواقف والأفكار بشكل ناقد، مما يساهم في اتخاذ قرارات مدروسة ومبنية على أسس علمية ومنهجية.

- تغرس قيمًا أخلاقية لدى المتعلمين تتعلق بحماية البيئة والحفاظ على حقوق الأجيال القادمة، مما ينعكس على ممارساتهم وسلوكياتهم اليومية.
- تُمكن المتعلمين من التفاعل مع التغيرات البيئية المتسارعة، من خلال التنبؤ بالمستقبل ووضع استراتيجيات فعالة للتكيف معها.
- تُعزز مهارات التعاون والعمل الجماعي، مما يشجع المتعلمين على العمل مع الآخرين لإيجاد حلول مستدامة للقضايا البيئية المشتركة.
- تُسهم في إعداد جيل من القادة القادرين على تحمل المسؤولية، وإحداث تغييرات إيجابية في مجتمعاتهم بما يدعم أهداف التنمية المستدامة.

وقد أكدت بعض الدراسات والبحوث السابقة على أهمية تنمية مهارات التفكير المستدام لدى المتعلمين في المراحل التعليمية المختلفة باستخدام النماذج والاستراتيجيات التدريسية والبرامج التعليمية المختلفة ومنها: دراسة دينيز Deniz (2016) التي ركزت على العلاقة بين الوعي البيئي والتفكير المستدام في القضايا البيئية من خلال تعليم التصميم، وأوصت بضرورة دمج تعليم التصميم المستدام الذي يرتبط بالاهتمامات الفردية، وتوصلت دراسة مروة الباز (٢٠١٩) إلى فاعلية برنامج مقترح في الأهداف الأممية للتنمية المستدامة ٢٠٣٠ في تنمية التفكير المستدام لدى الطلاب معلمي العلوم بكلية التربية جامعة بورسعيد، كما توصل بحث عصام أحمد (٢٠٢٠) إلى فاعلية تطبيق وحدة (الغلاف الجوي وحماية طبقات الأرض) في العلوم متضمنة لأبعاد التعليم للتنمية المستدامة في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ الصف الثاني الإعدادي، كما هدفت دراسة ستاركر وآخرون starker et al (2020) إلى تدريب الطلاب على التفكير المستدام من خلال مسار تعليمي يدور حول موضوع المياه وتم التدريب باستخدام الهاتف الذكي والواقع المعزز لتدعيم عمليات التعلم، وتوصل بحث رشا عيسى (٢٠٢٢) إلى فاعلية تدريس وحدة "تصنيف الكائنات الحية" المطورة في ضوء مفاهيم الاقتصاد الأخضر في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى طلاب الصف الأول الثانوي، كما قدمت دراسة سماح الجفري (٢٠٢٢) تصور مقترح يتضمن أنشطة تعليمية قائمة على التفكير الأخضر المستدام، يمكن توظيفها في سياق المحتوى المعرفي لمقررات العلوم المستهدفة، بما يتلاءم مع المرحلة التعليمية ويحقق أهداف البعد البيئي للتنمية المستدامة، وتوصلت دراسة أميرة فتح الله (٢٠٢٣) إلى فاعلية استخدام مدخل القضايا العلمية الاجتماعية المدعم بالواقع الافتراضي في تدريس علوم الأرض والكون في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية، كما توصلت دراسة إيمان أبو دهب (٢٠٢٣) إلى فاعلية استخدام نموذج مكارثي في تدريس وحدة (العلاقات الغذائية بين الكائنات الحية) في العلوم في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ الصف الخامس الابتدائي، وتوصلت دراسة Brown et al (2024) لفاعلية الاستخدام الإبداعي لـ "مقهى العالم" في تنمية التفكير المستدام.

كيفية تنمية مهارات التفكير المستدام لدى المتعلمين من خلال تدريس العلوم:

يمكن تطوير وتعزيز مهارات التفكير المستدام لدى المتعلمين من خلال تطوير مهارات التفكير العليا لديهم (Zoller, 2015, 4475).

ووفقًا لدراسة عصام أحمد (٢٠٢٠، ٢٨)، ودراسة ماير وآخرون Mayer et al (2020, 224) يمكن تنمية مهارات التفكير المستدام لدى المتعلمين من خلال توظيف التعليم القائم على الاستقصاء والتعليم القائم على المشاريع، وتوفير بيئات تعلم ابتكارية، ومساعدة المتعلمين في البحث عن وجهات النظر المختلفة واستكشاف مشاعرهم وقيمهم في مختلف القضايا، واستخدام المشكلات والتحديات الواقعية وإشراك المتعلمين كمواطنين منتجين لديهم أفكار يمكن تنفيذها، وإتاحة الفرص لهم لطرح الأسئلة وتوضيح وتحليل قيمهم واستكشاف قيم الآخرين، واستخدام نماذج واستراتيجيات تدريسية تعتمد على المشاركة النشطة من جانبهم.

كما يمكن تعزيزها من خلال التعلم عن مفهوم التنمية المستدامة، وكذلك العلاقة بين الأزمات العالمية المتعددة والأنشطة الاقتصادية غير المستدامة والتعلم عن القضايا البيئية، مما يساهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة وبناء مواطن متعلم ومسؤول بيئيًا (Repanovici et al., 2021, 2-19).

ووفقًا لدراسة سماح الجفري (٢٠٢٢، ١٦٣-١٦٤) يمكن تعزيز مهارات التفكير المستدام لدى المتعلمين من خلال تضمين محتوى العلوم بأنشطة علمية تعزز إدراك المفاهيم المرتبطة بالقضايا البيئية وتحدياتها، وتتيح للمتعلمين فرص النقاش والمشاركة في اتخاذ القرارات، وتشجع على المساهمة في المبادرات والأعمال التطوعية التي تفيد البيئة والمجتمع، وتسهم في تقدير عظمة الخالق في تسخيره للموارد البيئية ومنحها خصائص الاستدامة، وتسهم في تقدير جهود الدولة والعلماء في الحد من تفاقم أخطار القضايا البيئية، وتسهم في تكوين الضمير البيئي الذي يعزز قيم الانتماء والولاء للوطن.

وترى الباحثة أنه يمكن تنمية مهارات التفكير المستدام لدى المتعلمين من خلال:

١. تضمين موضوعات الاستدامة في مناهج العلوم، مما يعزز وعيهم بالتحديات البيئية التي يواجهها العالم.
٢. تشجيع المتعلمين على التفكير الناقد حول القضايا البيئية من خلال تقديم مواقف بيئية معقدة تتطلب منهم اتخاذ قرارات مدروسة وتحليل عواقبها.
٣. تقديم أنشطة تعليمية تفاعلية، تجعل المتعلمين يواجهون تحديات بيئية حقيقية ويبحثون عن حلول مستدامة، مما يعزز قدرتهم على التفكير بشكل إبداعي.
٤. تعليم المتعلمين كيفية فهم الروابط المتشابكة بين الأنظمة البيئية والصحية، لتحليل كيفية تأثير القرارات البيئية على المجالات الأخرى.
٥. تعزيز العمل الجماعي والأنشطة التعاونية التي تشجع المتعلمين على تبادل الأفكار لإيجاد حلول مستدامة، مما ينمي المشاركة والمسؤولية الجماعية.

٦. تشجيع المتعلمين على تطبيق ممارسات بيئية مستدامة في حياتهم اليومية، مثل إعادة التدوير، وترشيد استهلاك الماء والطاقة، مما يساعدهم على ربط المفاهيم النظرية بالممارسات العملية.
٧. تقديم نماذج من الحياة الواقعية لأشخاص ومشاريع حققت نجاحًا في مجالات الاستدامة، مما يلهم المتعلمين للمشاركة في تحقيق الاستدامة.

إجراءات البحث:

يتناول هذا الجزء الإجراءات الخاصة بإعداد مواد وأدوات البحث، والتطبيق الميداني لتجربة البحث، ويتضح ذلك فيما يلي:

أولًا: إعداد البرنامج المقترح في المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم:

تم إعداد البرنامج المقترح وفقًا للخطوات التالية:

- **تحديد عنوان البرنامج المقترح:** "المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم".
- **تحديد فلسفة البرنامج المقترح**: استند البرنامج المقترح في بنائه على عدة قواعد وأسس علمية تتمثل فيما يلي:
  - الاعتماد على التعلم من خلال التجربة والممارسة.
  - التكامل بين الخبرة النظرية والتطبيق.
  - تنظيم محتوى الوحدة بشكل متدرج ومترابط وشامل لجميع الجوانب المراد تنميتها.
  - إتاحة الفرصة للطلاب المعلمين للعمل في مجموعات عمل تعاوني لتنفيذ النماذج التصميمية.
  - توفير بيئة تعلم آمنة وداعمة تركز على المتعلم وتشجعه على التفكير دون خوف من الفشل أو النقد السلبي.
  - إنشاء بيئة تعليمية داعمة تعزز الاستدامة والابتكار والإبداع، وفق مبادئ المحاكاة الحيوية.
  - تحفيز الطلاب على التفكير في كيفية تحسين تصاميمهم بناءً على التأمل والتغذية الراجعة.
- **تحديد الأهداف العامة للبرنامج المقترح:**

من الأهداف العامة للبرنامج المقترح:

- تنمية الفهم الأساسي للمحاكاة الحيوية لدى الطلاب من خلال تعريفهم بمفهومها وأهميتها ومبادئها الأساسية وتطبيقاتها الحياتية.
- تحفيز التعلم العملي والتطبيقي من خلال تجريب وتصميم نماذج أولية تعتمد على مبادئ المحاكاة الحيوية.
- تنمية الوعي البيئي والاستدامة من خلال فهم العلاقة بين المحاكاة الحيوية والممارسات البيئية المسؤولة.
- تنمية عقلية التفكير التصميمي لدى الطلاب المعلمين.

- تقديم نموذج تصميم المحاكاة الحيوية للاستفادة منه في تدريس العلوم.

- **تحديد الأهداف الإجرائية للبرنامج المقترح:**

في ضوء الأهداف العامة للبرنامج المقترح تم تحديد وصياغة مجموعة من الأهداف الاجرائية المعرفية والمهارية والوجدانية المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم وعقلية التفكير التصميمي.

- **إعداد محتوى البرنامج المقترح:**

في ضوء الأهداف العامة والإجرائية للبرنامج، وبالاستعانة ببعض البحوث والدراسات السابقة وبعض المواقع العلمية المتخصصة على شبكة الإنترنت، تم إعداد وتنظيم مجموعة من الموضوعات، ويوضح جدول (١) التالي تنظيم محتوى البرنامج المقترح:

جدول (١)

محتوى البرنامج المقترح في المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم

الموضوعات	المحتويات
الموضوع الأول مدخل إلى المحاكاة الحيوية	مقدمة عن المحاكاة الحيوية واستكشاف الطبيعة مفهوم المحاكاة الحيوية المبادئ التي تقوم عليها المحاكاة الحيوية مستويات المحاكاة الحيوية
الموضوع الثاني المحاكاة الحيوية وتعليم العلوم	مفاهيم أساسية في تعليم المحاكاة الحيوية فوائد دمج المحاكاة الحيوية في تعليم وتعلم العلوم طرق تعليم وتعلم العلوم القائمة على المحاكاة الحيوية تطبيقات وأمثلة حياتية على المحاكاة الحيوية
الموضوع الثالث نموذج تصميم المحاكاة الحيوية	نموذج تصميم المحاكاة الحيوية، ومراحله أدوار المعلم والمتعلم وفقًا للنموذج إنشاء الطلاب تصميماتهم الخاصة بناءً على النموذج

- **طرق التدريس المستخدمة والأنشطة والوسائل التعليمية المناسبة لتنفيذ البرنامج المقترح:**

بناءً على الأهداف الإجرائية للبرنامج المقترح ومحتواه العلمي؛ تم استخدام الاستراتيجيات التالية أثناء استخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية (العصف الذهني- التعلم التعاوني- التعلم القائم على الاستقصاء- التعلم القائم على المشروعات- التعلم القائم على المشكلات- الخرائط الذهنية).

ومن الأنشطة التعليمية التى تم استخدامها:

- مناقشة جماعية حول المحاكاة الحيوية، والتعليق على صورة أو فيديو مرتبط بالمحاكاة الحيوية، وعصف ذهني عن أهمية المحاكاة الحيوية.

وتم الاستعانة بجهاز لاب توب Lab والداتا شو لعرض المحتوى العلمي عن المحاكاة الحيوية.

- **كما تم نشر النماذج** التصميمية في ملف Google Docs بحيث يكون متاح لجميع المجموعات لمنع تكرار الأفكار التصميمية، على الرابط التالي:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1XOiC7aMseJNH3dPlMOAZjWq_aDsbcj394lejeN0PLKU/edit?gid=932442174#gid=932442174

- **تحديد أساليب وأدوات تقويم الأداء:**

من أساليب وأدوات التقويم التي تم استخدامها لتقييم أداء مجموعة البحث:

- إعداد بحث جماعي عن المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها.
- تقديم تصميم تطبيقي لنموذج مستوحى من الكائنات الحية والطبيعة، ومن أمثلة التصميمات التي قدمها الطلاب المعلمين والمستوحاة من الطبيعة لحل مشكلات معينة:

- تقديم صور توثق اطلاع تلاميذ الصف الأول الاعدادي على النموذج الذي قاموا بتصميمه.
- إعداد خرائط ذهنية عما تعلموه عن المحاكاة الحيوية.
- تطبيق مقياس عقلية التفكير التصميمي واختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها قبليًا وبعديًا عليهم.

- **ضبط البرنامج المقترح:**

تم عرض البرنامج المقترح بصورته الأولية على مجموعة من الأساتذة المحكمين[٢] بمجال المناهج وطرق التدريس وتكنولوجيا التعليم؛ لإبداء آرائهم في محتواه وأنشطته واستراتيجياته وأساليب التقويم المتضمنة به، وتم عمل التعديلات اللازمة ليصبح البرنامج صالحًا للاستخدام في صورته النهائية[٣].

ثانيًا: إعداد دليل المعلم: للاسترشاد به عند تدريس موضوعات البرنامج المقترح لمجموعة البحث من طلاب الشعب العلمية بالفرقة الثالثة بكلية التربية - جامعة الزقازيق، الفصل الدراسي الأول، للعام الجامعي ٢٠٢٤-٢٠٢٥م، كما تضمن الدليل توضيح كيفية تدريس موضوعات الوحدة الثالثة من كتاب العلوم لتلميذات الصف الأول الإعدادي، وقد مر إعداد الدليل بالخطوات التالية:

[٢] ملحق (٢) أسماء الأساتذة المحكمين لمواد وأدوات البحث.
[٣] ملحق (٣) البرنامج المقترح في صورته النهائية.

(١) الاطلاع على بعض الأدبيات والبحوث السابقة التي استخدمت المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها وعقلية التفكير التصميمي ومهارات التفكير المستدام؛ للاستفادة منها في إعداد الدليل الحالي.
(٢) تحديد الهدف من الدليل: هدف إلى مساعدة المحاضر في تدريس موضوعات البرنامج المقترح، والمعلم في تدريس الوحدة الثالثة من مادة العلوم.
(٣) إعداد مقدمة للدليل: تضمنت الهدف من الدليل ونبذة عن المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم ونموذج تصميم المحاكاة الحيوية، وبعض الارشادات والتوجيهات للمعلم.
(٤) تحديد الأهداف العامة والإجرائية للبرنامج المقترح ووحدة العلوم ليسترشد بها المحاضر والمعلم أثناء التدريس.
(٥) تحديد الخطة الزمنية لتدريس موضوعات البرنامج المقترح والوحدة الثالثة من مادة العلوم، كما يتضح بجدول (٢) التالي:

جدول (٢)
المخطط الزمني لتدريس موضوعات البرنامج المقترح للطلاب معلمي العلوم، والوحدة الثالثة من كتاب العلوم لتلاميذ الصف الأول الإعدادي

البرنامج	العينة المستهدفة	الموضوعات	عدد الأسابيع	تاريخ الجلسة	عدد الجلسات	عدد الساعات
المقترح في المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم	الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني	الموضوع الأول	٢	٢٠٢٤/١٠/١٣ ٢٠٢٤/١٠/٢٠	٢	٤
		الموضوع الثاني	٢	٢٠٢٤/١٠/٢٧ ٢٠٢٤/١١/٣	٢	٤
		الموضوع الثالث	٢	٢٠٢٤/١١/١٠ ٢٠٢٤/١١/١٧	٢	٤
		الاجمالي			٦	١٢
استلام تصميمات المحاكاة الحيوية من مجموعات الطلاب معلمي العلوم يوم الأحد ٢٠٢٤/١٢/١						
الوحدة الثالثة الكائنات الحية تركيبها وعملياتها	تلاميذ الصف الأول الإعدادي	الموضوع الأول	١	٢٠٢٤/١١/٢٣	٢	٤
		الموضوع الثاني	٢	٢٠٢٤/١١/٣٠ ٢٠٢٤/١٢/٧	٤	٨
		الموضوع الثالث	١	٢٠٢٤/١٢/١٤	٢	٤
		الإجمالي			٨	١٦

(٦) التخطيط لتدريس الموضوعات: حيث تضمنت خطة كل موضوع ما يلي: عنوان الموضوع- الأهداف السلوكية- الوسائل التعليمية المستخدمة- الأنشطة والطرق التعليمية المستخدمة- خطة السير في التدريس- التقويم.

(٧) عرض الدليل بصورته الأولية على مجموعة من المحكمين؛ لإبداء آرائهم، وتم عمل التعديلات اللازمة ليصبح الدليل صالحًا للاستخدام في صورته النهائية[٤].

ثالثًا: إعداد كراسة نشاط التلميذ للوحدة الثالثة من كتاب العلوم: تضمنت الأنشطة والمهام المطلوبة من التلاميذ تحت إشراف وتوجيه المعلم والطلاب معلمي العلوم بمجموعة التدريب الميداني وروعي في إعداد الأنشطة مناسبتها لمستوى التلاميذ وارتباطها بمحتوى وحدة (الكائنات الحية تركيبها وعملياتها) وتركيزها على تنمية مهارات التفكير المستدام لدى التلاميذ مع وجود أماكن مناسبة للإجابة تحت كل نشاط، وتم عرضها على السادة المحكمين وضبطها في صورتها النهائية[٥].

رابعًا: إعداد قائمة أبعاد عقلية التفكير التصميمي:

١- تحديد الهدف من القائمة: هدفت إلى تحديد أبعاد عقلية التفكير التصميمي التي يمكن تنميتها لدى الطلاب معلمي العلوم بكلية التربية.

٢- مصادر اشتقاق أبعاد القائمة: في ضوء الاطلاع على أدبيات البحوث السابقة التي اهتمت بتنمية عقلية التفكير التصميمي ومنها (Dosi et al., 2018, 1999-2000؛ Ladachart et al., 2021, 5-6؛ Sobel et al., 2019, 1697؛ Elsayary, 2022, 14؛ Ladachart et al., 2022, 5؛ Bayah et al., 2023, 23؛ Davies et al., 2023, 124؛ Huyen, 2024, 5)، تم تحديد (١٩) بعدًا لعقلية التفكير التصميمي.

٣- إعداد الصورة الأولية للقائمة: تضمنت القائمة في صورتها الأولية (١٩) بعدًا لعقلية التفكير التصميمي، وتضمن كل بعد مجموعة من المؤشرات الفرعية.

٤- ضبط القائمة ووضعها في صورتها النهائية: تم عرض القائمة بصورتها الأولية على مجموعة من الأساتذة المحكمين، وطُلب منهم إبداء رأيهم حول مدى ارتباط كل مؤشر بالبعد الذي يندرج تحته، ومدى دقة الصياغة اللغوية للمؤشرات، ومدى إمكانية دمج الأبعاد المتشابهة، وتم إجراء التعديلات اللازمة في ضوء آراءهم ومنها التركيز على أبعاد معينة لمناسبتها أكثر للطلاب المعلمين، وأيضًا دمج بعض الأبعاد في بعد واحد كما يتضح بالصورة النهائية للقائمة[٦] مثل دمج بعد "التركيز على الإنسان" مع بعد "التعاطف" لأن كلاهما يركز على فهم مشكلات المستخدمين واحتياجاتهم ومشاعرهم، وبعد إجراء التعديلات المطلوبة ودمج معظم الأبعاد، تكونت القائمة في صورتها النهائية من (٦) أبعاد تمثلت في (الشعور بالراحة مع المشكلات والمخاطر - التعاطف مع المستخدم - اليقظة والوعي بالعملية - العمل التعاوني مع التنوع - التوجه نحو التعلم - الثقة الإبداعية).

[٤] ملحق (٤) دليل المعلم في صورته النهائية.

[٥] ملحق (٥) كراسة نشاط التلميذ في صورتها النهائية.

[٦] ملحق (٦) قائمة أبعاد عقلية التفكير التصميمي.

خامسًا: إعداد مقياس عقلية التفكير التصميمي:

تم اتباع الخطوات التالية من أجل إعداد المقياس:

١- تحديد الهدف من المقياس: يهدف هذا المقياس إلى قياس مستوى عقلية التفكير التصميمي لدى الطلاب معلمي العلوم بالشعب العلمية بكلية التربية.

٢- إعداد مفردات المقياس في صورتها الأولية:

أ- تحديد أبعاد المقياس: في ضوء الاطلاع على أدبيات البحوث السابقة وقائمة أبعاد عقلية التفكير التصميمي، تم تحديد ستة أبعاد لمقياس عقلية التفكير التصميمي في البحث الحالي تمثلت في (الشعور بالراحة مع المشكلات والمخاطر - التعاطف مع المستخدم - اليقظة والوعي بالعملية - العمل التعاوني مع التنوع - التوجه نحو التعلم - الثقة الإبداعية).

ب- صياغة مفردات المقياس: تم صياغتها في صورة اختيار من متعدد، حيث تضمنت كل مفردة موقفًا يقيس كيفية تعامل المتعلم مع التحديات والمواقف المختلفة أثناء عملية التصميم، يتبعه أربعة بدائل (خيارات) يختار منها المتعلم ما يراه مناسبًا له، مع تجنب احتواء المفردة على أكثر من معنى- ووضوح الصياغة، واشتمل المقياس في صورته الأولية على ستة أبعاد يندرج تحتها (٦٨) مفردة.

ج- صياغة تعليمات المقياس: تمت صياغة مجموعة من التعليمات لكي يسترشد بها الطلاب عند الإجابة عن مفردات المقياس.

٣- نظام التصحيح وتقدير الدرجات: يتبع هذا المقياس طريقة تدرج الدرجات تبعًا لدرجة إيجابية المفردة من الدرجة (٤) إلى الدرجة (١)، حيث تعبر الدرجة (٤) عن امتلاك المتعلم عقلية تفكير تصميمي تتسم بالثقة والتعاون والإبداع والمرونة، وتعبر الدرجة (٣) عن قبول المتعلم للتغيير والإبداع مع الميل إلى الحلول التقليدية، وتعبر الدرجة (٢) عن مقاومة أو تردد واضح من المتعلم، لكنها ليست استسلامًا كاملًا، وتعبر الدرجة (١) عن الاستسلام والإحباط الكامل، وطبقاً لهذا النظام تكون أقصى درجة يمكن أن يحصل عليها المتعلم في المقياس ككل (٢٧٢) درجة وتكون أقل درجة (٦٨) درجة.

٤-عرض المقياس على مجموعة من المحكمين ثم مراجعته وتعديله: تم عرض المقياس في صورته الأولية على مجموعة من الأساتذة المحكمين، وطُلب منهم إبداء رأيهم حول مدى ارتباط كل مفردة بالبعد الذي تندرج تحته، ومدى الصحة العلمية لمفردات المقياس، ومدى دقة الصياغة اللغوية للمفردات، وتم إجراء التعديلات اللازمة في ضوء آراءهم.

٥-التجربة الاستطلاعية للمقياس: للتأكد من صلاحية المقياس للتطبيق تم تجريبه على عينة استطلاعية (وهي غير عينة البحث الأصلية) قوامها (١٤٥) طالبًا وطالبةً من الطلاب معلمي العلوم بالشعب العلمية بكلية التربية، للعام الدراسي ٢٠٢٤-٢٠٢٥م وذلك بهدف تحديد ما يلي:

أ-زمن المقياس: تم حساب الزمن المناسب للإجابة عن مفردات المقياس وبلغ (٧٠) دقيقة، وتم الالتزام به عند التطبيقين القبلي والبعدي على مجموعة البحث.

ب-حساب الصدق: تم حساب صدق المقياس بإتباع الطرق التالية:

(١) صدق المحتوى: تبين من خلال عرض المقياس على الأساتذة المحكمين، وقد أقروا صدقه وصلاحيته لقياس ما وضع لقياسه.

(٢) صدق المفردات[٧]: تم حساب صدق مفردات المقياس (باستخدام برنامج SPSS. Ver. 27) عن طريق: حساب معامل الارتباط (Corrected item-total correlation)، واتضح أن جميع معاملات الارتباط بين كل مفردة من المفردات والدرجة الكلية للمقياس دالة إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) مما يدل على صدق جميع مفردات المقياس.

ج- حساب الثبات:

١. ثبات المفردات:

تم حساب ثبات مفردات المقياس (باستخدام برنامج SPSS. Ver. 27) بطريقتين: الأولى بحساب معامل ألفا كرونباخ Cronbach's Alpha لمفردات المقياس، والثانية بحساب معاملات الارتباط (Pearson Correlation) بين درجة المفردة والدرجة الكلية للمقياس (الاتساق الداخلي)، واتضح أن معامل ألفا لكل مفردة أقل من أو يساوي معامل ألفا للمقياس ككل، مما يدل على أن وجود المفردة لا يؤدي إلى خفض معامل الثبات الكلي للمقياس، كما أن معاملات الارتباط بين درجة كل مفردة والدرجة الكلية للمقياس دالة إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) مما يدل على الاتساق الداخلي لمفردات مقياس عقلية التفكير التصميمي.

٢. ثبات الأبعاد والثبات الكلي لمقياس عقلية التفكير التصميمي:

جدول (٣)

معاملات ثبات الأبعاد والثبات الكلي لمقياس عقلية التفكير التصميمي

أبعاد مقياس عقلية التفكير التصميمي	معامل الثبات بطريقة ألفا كرونباخ	معامل الثبات بطريقة التجزئة النصفية		الاتساق الداخلي (معامل الارتباط)
		سبيرمان وبراون	جتمان	
١- الشعور بالراحة مع المشكلات والمخاطر	٠,٧٦٣	٠,٨٢٢	٠,٨٢٢	**٠,٧٤٥
٢- التعاطف مع المستخدم	٠,٧٤٥	٠,٨١١	٠,٨٠٨	**٠,٨٣٦
٣- اليقظة والوعي بالعملية	٠,٧٦٣	٠,٧٩٣	٠,٧٩٢	**٠,٨٨٨
٤- العمل التعاوني مع التنوع	٠,٨٨٥	٠,٩٠٧	٠,٩٠٢	**٠,٨٣٣
٥- التوجه نحو التعلم	٠,٨٦٥	٠,٨٩١	٠,٨٨٩	**٠,٩٣٦
٦- الثقة الإبداعية	٠,٨٦٨	٠,٩٠٠	٠,٩٠٠	**٠,٨٤٥
الثبات الكلي للمقياس	٠,٩٥٧	٠,٩٦٦	٠,٩٦٥	

[٧] ملحق (٧) الجداول الإحصائية لصدق وثبات أدوات البحث.

** دال عند مستوى ٠,٠١، ويتضح من جدول (٣) أن معاملات الثبات عالية مما يدل على ثبات المقياس وأبعاده.

٦-المقياس في صورته النهائية[٨]: مرورًا بالخطوات السابقة، أصبح المقياس مكونًا من (٦٨) مفردة تقيس عقلية التفكير التصميمي، كما هو موضح بجدول (٤) التالي:

جدول (٤)

توزيع مفردات مقياس عقلية التفكير التصميمي على الأبعاد الست

أبعاد مقياس عقلية التفكير التصميمي	عدد المفردات	توزيع المفردات	الدرجة العظمى	الدرجة الصغرى	الوزن النسبي
الشعور بالراحة مع المشكلات والمخاطر	١٢	١-١٢	٤٨	١٢	٪١٧,٧
التعاطف مع المستخدم	١٠	١٣-٢٢	٤٠	١٠	٪١٤,٧
اليقظة والوعي بالعملية	١١	٢٣-٣٣	٤٤	١١	٪١٦,١
العمل التعاوني مع التنوع	١١	٣٤-٤٤	٤٤	١١	٪١٦,١
التوجه نحو التعلم	١٢	٤٥-٥٦	٤٨	١٢	٪١٧,٧
الثقة الإبداعية	١٢	٥٧-٦٨	٤٨	١٢	٪١٧,٧
المجموع	٦٨		٢٧٢	٦٨	٪١٠٠

خامسًا: اختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها:

تم اتباع الخطوات التالية من أجل إعداد الاختبار:

١- تحديد الهدف من الاختبار: يهدف هذا الاختبار إلى قياس مستوى تحصيل الطلاب معلمي العلوم للمعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها.

٢- إعداد مفردات الاختبار في صورتها الأولية:

أ- تحديد المستويات المعرفية للاختبار: تضمن الاختبار المستويات المعرفية الستة لبلوم Bloom المتمثلة في (التذكر – الفهم – التطبيق – التحليل – التركيب – التقويم).

ب- صياغة مفردات الاختبار: تمت صياغتها في صورة أسئلة اختيار من متعدد في المستويات المعرفية الستة؛ حيث تكون كل سؤال/ مفردة من مقدمة يليها أربعة بدائل منها بديل واحد صحيح فقط والباقي خطأ، وقد تكون الاختبار في صورته الأولية من (٦٠) سؤال بواقع (١٠) أسئلة لكل مستوى معرفي على حدة.

ج- صياغة تعليمات الاختبار: تم صياغة مجموعة من التعليمات للاختبار لكي يسترشد بها الطلاب عند الإجابة عن أسئلة الاختبار، كما تم إعداد مفتاح لتصحيح الاختبار.

٣- نظام التصحيح وتقدير الدرجات: تم تقدير درجات الاختبار عن طريق إعطاء كل مفردة من مفردات الاختيار من متعدد درجة واحدة في حالة الإجابة الصحيحة وصفر في حالة الإجابة الخطأ، لتكون بذلك الدرجة الكلية للاختبار (٦٠) درجة.

[٨] ملحق (٨) الصورة النهائية لمقياس عقلية التفكير التصميمي.

٤- عرض الاختبار على مجموعة من المحكمين ثم مراجعته وتعديله: تم عرض الاختبار في صورته الأولية على مجموعة من الأساتذة المحكمين، وطُلب منهم إبداء رأيهم حول مدى ارتباط كل مفردة بالمستوى الذي تندرج تحته، ومدى الصحة العلمية لمفردات الاختبار، ومدى دقة الصياغة اللغوية للمفردات، وتم إجراء التعديلات اللازمة في ضوء آراءهم.

٥- التجربة الاستطلاعية للاختبار: للتأكد من صلاحية الاختبار للتطبيق تم تجريبه على عينة استطلاعية (وهي غير عينة البحث الأصلية) قوامها (١٦٠) طالبًا وطالبةً من الطلاب معلمي العلوم بالشعب العلمية بكلية التربية، للعام الدراسي ٢٠٢٤-٢٠٢٥م وذلك بهدف تحديد ما يلي:

أ- زمن الاختبار: تم حساب الزمن المناسب للإجابة عن مفردات الاختبار وبلغ (٦٥) دقيقة، وتم الالتزام به عند التطبيقين القبلي والبعدي على مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم.

ب- حساب الصدق: تم حساب صدق الاختبار بإتباع الطرق التالية:

(١) صدق المحتوى:

تبين من خلال عرض الاختبار على الأساتذة المحكمين، وقد أقروا صدقه وصلاحيته لقياس ما وضع لقياسه.

(٢) صدق المفردات:

تم حساب صدق مفردات الاختبار (باستخدام برنامج SPSS. Ver. 27) عن طريق: حساب معامل الارتباط (Corrected item-total correlation)، واتضح أن جميع معاملات الارتباط بين كل مفردة من المفردات والدرجة الكلية للاختبار دالة إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) ما عدا المفردات (٢١، ٢٩، ٥٠) غير دالة إحصائيًا.

ج- حساب الثبات:

١. ثبات المفردات: تم حساب ثبات مفردات الاختبار (باستخدام برنامج SPSS. Ver. 27) بطريقتين: الأولى هي حساب معامل ألفا كرونباخ Cronbach's Alpha لمفردات الاختبار، والثانية هي حساب معاملات الارتباط (Pearson Correlation) بين درجة المفردة والدرجة الكلية للاختبار (الاتساق الداخلي)، واتضح أن معامل ألفا لكل مفردة أقل من أو يساوي معامل ألفا للاختبار ما عدا المفردات (٢١، ٢٩، ٥٠) حيث أن معامل ألفا لها أكبر من معامل ألفا للاختبار ككل، كما أن معاملات الارتباط بين درجة كل مفردة والدرجة الكلية للاختبار دالة إحصائياً عند مستوى (٠,٠١) و (٠,٠٥) ما عدا المفردتين (٢١، ٥٠)، مما يدل على الاتساق الداخلي لباقي مفردات الاختبار.

٢. ثبات المستويات الفرعية والثبات الكلي لاختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها بعد حذف المفردات غير الثابتة (٢١، ٢٩، ٥٠):

جدول (٥)
معاملات ثبات المستويات والثبات الكلي لاختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها

مستويات اختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها	معامل الثبات بطريقة ألفا كرونباخ	معامل الثبات بطريقة التجزئة النصفية		الاتساق الداخلي (معامل الارتباط)
		سبيرمان وبراون	جتمان	
١. التذكر	٠,٧٤٣	٠,٧٧٢	٠,٧٦٧	**٠,٨٢٠
٢. الفهم	٠,٨٢٥	٠,٨٣١	٠,٨٢٨	**٠,٩٣٥
٣. التطبيق	٠,٧٨٧	٠,٨٣٩	٠,٨٣٨	**٠,٨٦٣
٤. التحليل	٠,٨٧٦	٠,٨٨٩	٠,٨٨٩	**٠,٩٣٦
٥. التركيب	٠,٨٨٥	٠,٩٠٦	٠,٩٠٢	**٠,٩١٩
٦. التقويم	٠,٨٦٨	٠,٩٢٨	٠,٩٢٣	**٠,٩٠٤
الثبات الكلي للاختبار	٠,٩٦٥	٠,٩٦٧	٠,٩٦٥	

** دال عند مستوى ٠,٠١، ويتضح من جدول (٥) أن معاملات الثبات ومعاملات الارتباط عالية مما يدل على ثبات الاختبار ومستوياته.

٦- الاختبار في صورته النهائية[٩]: مرورًا بالخطوات السابقة، أصبح الاختبار مكونًا من (٥٧) مفردة موزعة على المستويات المعرفية الستة للمعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها وفقًا لتصنيف "بلوم Bloom" كما هو موضح بجدول (٦) التالي:

جدول (٦)
توزيع مفردات اختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها

مستويات اختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها	توزيع المفردات	مجموع المفردات	الدرجة العظمى	الوزن النسبي
التذكر	١-١٠	١٠	١٠	٪١٧,٥٤
الفهم	١١-٢٠	١٠	١٠	٪١٧,٥٤
التطبيق	٢٢-٢٣-٢٤-٢٥-٢٦-٢٧-٢٨-٣٠	٨	٨	٪١٤,٠٤
التحليل	٣١-٤٠	١٠	١٠	٪١٧,٥٤
التركيب	٤١-٤٩	٩	٩	٪١٥,٨
التقويم	٥١-٦٠	١٠	١٠	٪١٧,٥٤
المجموع		٥٧	٥٧	٪١٠٠

سادسًا: إعداد اختبار مهارات التفكير المستدام:

تم اتباع الخطوات التالية من أجل إعداد الاختبار:

١- تحديد الهدف من الاختبار: هدف الاختبار إلى قياس مستوى مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي.

[٩] ملحق (٩) الصورة النهائية لاختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها.

٢- إعداد مفردات الاختبار في صورتها الأولية:

أ. تحديد مهارات الاختبار: في ضوء الاطلاع على أدبيات البحوث السابقة التي اهتمت بدراسة مهارات التفكير المستدام، تم تحديد مهارات التفكير المستدام في مهارات (تفكير النظم – التفكير القيمي – التفكير الاستراتيجي – التفكير المستقبلي).

ب- صياغة مفردات الاختبار: تمت صياغتها في صورة:

- أسئلة الاختيار من متعدد: وذلك لمهارات (تفكير النظم والتفكير القيمي)؛ حيث تم صياغة أسئلة تفكير النظم بحيث تتضمن مخطط بصري يتطلب من المتعلم رؤية العلاقات وتحليلها، وتم صياغة أسئلة التفكير القيمي في صورة مواقف ومشكلات بيئية تتطلب إجابة أخلاقية من المتعلم عند التعامل معها، ولكل سؤال من أسئلة الاختيار من متعدد أربعة بدائل منها بديل واحد صحيح فقط والباقي خطأ، وقد بلغ عدد الأسئلة لمهارات تفكير النظم والتفكير القيمي (١٨) سؤال.
- الأسئلة المقالية مفتوحة النهاية المدعمة بالصور: وذلك لمهارات (التفكير الاستراتيجي والتفكير المستقبلي)، وتم صياغتها في صورة مواقف حياتية ومشكلات بيئية تتطلب من المتعلم في التفكير الاستراتيجي تقديم قرارات مستنيرة ومستدامة لمواجهة هذه المشكلات، وتتطلب منه في التفكير المستقبلي تقديم حلول مستقبلية مبتكرة ومستدامة للتعامل معها من أجل بناء مستقبل مستدام، وتم ترك مكان مخصص مع كل سؤال ليجيب فيه التلميذ/ التلميذة، وقد بلغ عدد الأسئلة لمهارات التفكير الاستراتيجي والمستقبلي (٩) أسئلة.
- وبذلك بلغ عدد مفردات الاختبار في صورته الأولية وفق المهارات الأربعة (٢٧) مفردة.

ج- صياغة تعليمات الاختبار: تمت صياغة مجموعة من التعليمات لكي يسترشد بها التلاميذ عند الإجابة عن مفردات/أسئلة الاختبار.

٣- نظام التصحيح وتقدير الدرجات: تم تقدير درجات الاختبار عن طريق إعطاء كل مفردة من مفردات الاختيار من متعدد (درجة واحدة) في حالة الإجابة الصحيحة و(صفر) في حالة الإجابة الخطأ، لتكون درجة هذا الجزء (١٨) درجة، وبالنسبة للأسئلة المقالية مفتوحة النهاية تم إعطاء درجة واحدة على كل إجابة صحيحة ومنطقية بحد أقصى (٨ درجات) لثماني إجابات صحيحة، لتكون درجة هذا الجزء (٧٢) درجة، وبذلك تكون الدرجة الكلية للاختبار (٩٠) درجة.

٤- عرض الاختبار على مجموعة من المحكمين ثم مراجعته وتعديله: تم عرض الاختبار في صورته الأولية على مجموعة من الأساتذة المحكمين، وطُلب منهم إبداء رأيهم حول مدى ارتباط كل مفردة بالمهارة التي تندرج تحتها، ومدى الصحة العلمية لمفردات الاختبار، ومدى دقة الصياغة اللغوية للمفردات، وتم إجراء التعديلات اللازمة في ضوء آراءهم.

٥- التجربة الاستطلاعية للاختبار: للتأكد من صلاحية الاختبار للتطبيق تم تجريبه على عينة استطلاعية (وهي غير عينة البحث الأصلية) قوامها (٧٨) تلميذًا

وتلميذةً من تلاميذ الصف الأول الإعدادي للعام الدراسي ٢٠٢٤-٢٠٢٥م وذلك بهدف تحديد:

أ- زمن الاختبار: تم حساب الزمن المناسب للإجابة عن مفردات الاختبار وبلغ (٥٠) دقيقة، وتم الالتزام به عند التطبيقين القبلي والبعدي على مجموعتي البحث.

ب- حساب الصدق: تم حساب صدق الاختبار بإتباع الطرق التالية:

(١) صدق المحتوى: تبين من خلال عرض الاختبار على الأساتذة المحكمين، وقد أقروا صدقه وصلاحيته لقياس ما وضع لقياسه.

(٢) صدق المفردات: تم حساب صدق مفردات اختبار مهارات التفكير المستدام باستخدام برنامج SPSS. Ver. 27 عن طريق حساب معامل الارتباط (Corrected item-total correlation)، واتضح أن جميع معاملات الارتباط بين كل مفردة من المفردات والدرجة الكلية للاختبار دالة إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) و (٠,٠٥)، مما يدل على صدق جميع مفردات الاختبار.

ج- حساب الثبات:

١. ثبات المفردات:

تم حساب ثبات مفردات اختبار مهارات التفكير المستدام باستخدام برنامج SPSS. Ver. 27 بطريقتين، الأولى هي حساب معامل ألفا كرونباخ Cronbach's Alpha لمفردات الاختبار، والثانية هي حساب معاملات الارتباط (Pearson Correlation) بين درجة المفردة والدرجة الكلية للاختبار (الاتساق الداخلي)، واتضح أن معامل ألفا لكل مفردة أقل من أو يساوي معامل ألفا للاختبار، مما يدل على أن جميع المفردات لا تؤدي إلى خفض معامل الثبات الكلي للاختبار، وأن معاملات الارتباط بين درجة كل مفردة والدرجة الكلية للاختبار دالة إحصائيًا عند مستوى (٠,٠١) و (٠,٠٥)، مما يدل على الاتساق الداخلي لمفردات اختبار مهارات التفكير المستدام.

٢. ثبات المهارات والثبات الكلي لاختبار مهارات التفكير المستدام:

جدول (٧)

معاملات ثبات المهارات والثبات الكلي لاختبار مهارات التفكير المستدام

مهارات اختبار مهارات التفكير المستدام	معامل الثبات بطريقة ألفا كرونباخ	معامل الثبات بطريقة التجزئة النصفية		الاتساق الداخلي (معامل الارتباط)
		سبيرمان وبراون	جتمان	
تفكير النظم	٠,٧٠٩	٠,٨١٢	٠,٨٠٨	٠,٧٤٠**
التفكير القيمي	٠,٧٨٠	٠,٨٥٨	٠,٨٥٥	٠,٧٦٦**
التفكير الاستراتيجي	٠,٨١٤	٠,٨٧٤	٠,٨٥٣	٠,٩٢٩**
التفكير المستقبلي	٠,٧٥٧	٠,٧٨٦	٠,٧٨٢	٠,٩٠٦**
الثبات الكلي للاختبار	٠,٨٩٧	٠,٩٣١	٠,٩٢٨	

** دال عند مستوى ٠,٠١، ويتضح من جدول (٧) أن معاملات الثبات ومعاملات الارتباط عالية مما يدل على ثبات الاختبار ومهاراته.

٦- الاختبار في صـورته النهائية[١٠]: مرورًا بالخطوات السـابقة، أصـبح الاختبار مكونًا من (٢٧) مفردة تقيس مهارات التفكير المستدام كما هو موضح بجدول (٨) الذي يحدد مواصفات الاختبار:

جدول (٨)

مواصفات اختبار مهارات التفكير المستدام في العلوم

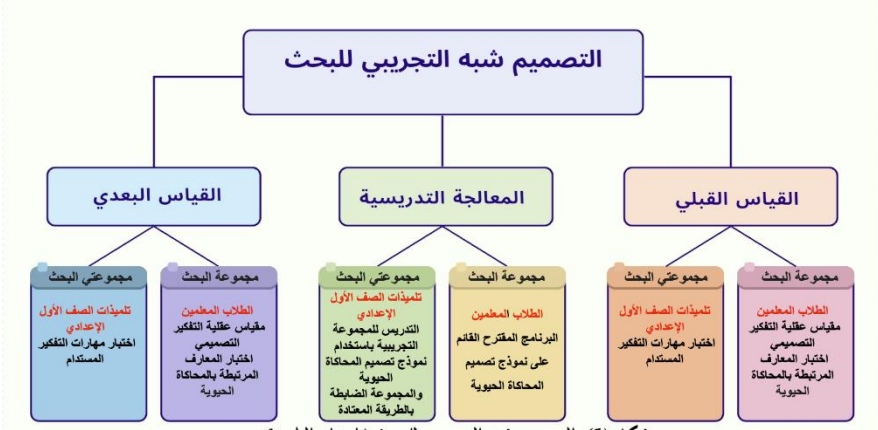
مهارات التفكير المستدام	توزيع المفردات			مجموع المفردات	الدرجة العظمى	الوزن النسبي
	الدرس الأول	الدرس الثاني	الدرس الثالث			
تفكير النظم	١-٢-٣	٤-٥-٦	٧-٨-٩	٩	٩	٣٣,٣٣٪
التفكير القيمي	١٠-١١	١٢-١٣-١٤-١٥	١٦-١٧-١٨	٩	٩	٣٣,٣٣٪
التفكير الاستراتيجي	١٩	٢٠-٢١	٢٢-٢٣	٥	٤٠	١٨,٥٢٪
التفكير المستقبلي	٢٤	٢٥	٢٦-٢٧	٤	٣٢	١٤,٨٢٪
المجموع	٧	١٠	١٠	٢٧	٩٠	
الوزن النسبي	٢٥,٩٢٪	٣٧,٠٤٪	٣٧,٠٤٪			١٠٠٪

التطبيق الميداني لتجربة البحث:

١- **تحديد الهدف من التجربة**: هدفت تجربة البحث الحالي إلى تنمية عقلية التفكير التصميمي والمعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها لدى الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني بشعب (بيولوجي-كيمياء-فيزياء) بالفرقة الثالثة بكلية التربية، من خلال برنامج مقترح في المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم قائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية، كما هدفت لقياس فاعليته في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية أثناء تدريس وحدة "الكائنات الحية تركيبها وعملياتها" في العلوم.

٢- **تحديد التصميم شبه التجريبي للبحث:** اقتضت طبيعة البحث الحالي استخدام مجموعة البحث الواحدة من طلاب الشعب العلمية، حيث طبقت عليها أداتا البحث قبليًا (مقياس عقلية التفكير التصميمي-اختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها) ثم تم التدريس للمجموعة، وبعد الانتهاء تم تطبيق أداتي البحث بعديًا، كما تم استخدام مجموعتين من تلاميذ الصف الأول الإعدادي إحداهما (تجريبية) تدرس وحدة العلوم باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية، والأخرى (ضابطة) تدرس بالطريقة المعتادة، وطُبق عليهما أداة البحث قبليًا (اختبار مهارات التفكير المستدام)، ثم تم التدريس للمجموعتين، وبعد الانتهاء منه تم تطبيق أداة البحث بعديًا، كما يتضح بشكل (١).

[١٠] ملحق (١٠) الصورة النهائية لاختبار مهارات التفكير المستدام.



شكل (1) التصميم شبه التجريبي للبحث (إعداد الباحثة)

٣- **اختيار عينة البحث:** تم اختيار مجموعة بحث من طلاب الفرقة الثالثة الشعب العلمية (بيولوجي-كيمياء-فيزياء) بكلية التربية-جامعة الزقازيق، المقيدين بالعام الجامعي ٢٠٢٤-٢٠٢٥م، تكونت من (٨٥) طالبًا وطالبةً، كما تم اختيار مجموعتي بحث من تلميذات الصف الأول الإعدادي، المقيدات بالفصل الدراسي الأول بالعام الدراسي ٢٠٢٤-٢٠٢٥م، وتم تقسيمها إلى مجموعتين: مجموعة تجريبية تكونت من (٣٤) تلميذةً فصل (١/١) من مدرسة أم الأبطال الإعدادية بنات، ومجموعة ضابطة تكونت من (٣٤) تلميذةً فصل (١/١) من مدرسة الشهيد أحمد رفعت الإعدادية، وبعد التأكد من ضبط كافة العوامل المؤثرة في المتغيرات تم تنفيذ التجربة كما يلي:

أ- **التطبيق القبلي لأدوات البحث:** تم تطبيق مقياس عقلية التفكير التصميمي واختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها (على مجموعة البحث من طلاب الشعب العلمية) بشكل إلكتروني باستخدام نماذج جوجل Google Forms يوم السبت الموافق ٢٠٢٤/١٠/٥م، واختبار مهارات التفكير المستدام على مجموعتي البحث التجريبية والضابطة من تلميذات الصف الأول الإعدادي يوم الإثنين الموافق ٢٠٢٤/١١/١٨م بالمدرسة، وتم التصحيح ورصد الدرجات تمهيدًا للمعالجة الإحصائية، ويتضح من جدول (٩) التالي تكافؤ المجموعتين التجريبية والضابطة وعدم وجود فروق دالة إحصائيًا بينهما في مهارات التفكير المستدام:

جدول (٩)
نتائج اختبار (ت) لدلالة الفروق بين متوسطي درجات تلميذات المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق القبلي لاختبار مهارات التفكير المستدام ككل ومهاراته الفرعية

مهارات التفكير المستدام	المجموعة	عدد العينة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة (ت)	الدلالة الإحصائية
تفكير النظم	الضابطة	٣٤	١,٤١	٠,٧٨٣	١,٥٦٢	غير دالة إحصائيًا
	التجريبية	٣٤	١,١٢	٠,٧٦٩		
التفكير القيمي	الضابطة	٣٤	١,٢٤	١,٠١٧	٠,١٣٧	غير دالة إحصائيًا
	التجريبية	٣٤	١,٢١	٠,٧٢٩		
التفكير الاستراتيجي	الضابطة	٣٤	٨,٧٦	١,٦٨٩	٠,٢٢١	غير دالة إحصائيًا
	التجريبية	٣٤	٨,٨٥	١,٥٩٨		
التفكير المستقبلي	الضابطة	٣٤	٦,٠٩	١,٦٩٤	٠,٦٦٩	غير دالة إحصائيًا
	التجريبية	٣٤	٥,٨٢	١,٥٦٦		
الاختبار ككل	الضابطة	٣٤	١٧,٥٠	٢,٧٧٧	٠,٧٤٩	غير دالة إحصائيًا
	التجريبية	٣٤	١٧,٠٠	٢,٧٣٠		

ب- تم تقديم البرنامج المقترح لمجموعة البحث من طلاب الشعب العلمية من خلال الباحثة بدءًا من يوم الأحد الموافق ٢٠٢٤/١٠/١٣م وحتى يوم الأحد الموافق ٢٠٢٤/١١/١٧م، كما تم تدريس وحدة العلوم لتلميذات المجموعة التجريبية باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية، وذلك بواسطة معلمة الفصل وطلاب التدريب الميداني الذين تم تعريفهم بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم، وتم تدريس نفس الوحدة لتلميذات المجموعة الضابطة بالطريقة المعتادة بواسطة معلمة أخرى، وقد تمت المعالجة التجريبية بدءًا من يوم الإثنين الموافق ٢٠٢٤/١١/٢٥م وحتى يوم الاثنين الموافق ٢٠٢٤/١٢/١٦م.

ج- التطبيق البعدي لأدوات البحث: بعد الانتهاء من التدريس تم تطبيق أداتي البحث بعديًا (مقياس عقلية التفكير التصميمي-اختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها) على مجموعة البحث من طلاب الشعب العلمية بشكل إلكتروني يوم الخميس الموافق ٢٠٢٤/١٢/١٩م، كما تم تطبيق أداة البحث بعديًا (اختبار مهارات التفكير المستدام) على مجموعتي البحث من تلميذات الصف الأول الإعدادي في المدرسة يوم الأربعاء الموافق ٢٠٢٤/١٢/١٨م، وتم التصحيح ورصد الدرجات ومعالجتها إحصائيًا للوصول إلى النتائج وتفسيرها.

نتائج البحث وتفسيرها:

❖ للإجابة عن السؤال الثاني من أسئلة البحث، تم اختبار صحة الفرض الأول.

- للتحقق من صحة الفرض الأول، تم حساب متوسطي درجات مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس عقلية التفكير التصميمي

ككل وأبعاده الفرعية كل على حدة وحساب الانحراف المعياري وقيمة (ت) وحجم التأثير (d) وقوة التأثير (ω^2)، كما هو موضح بجدول (١٠) التالي:

جدول (١٠)

قيمة (ت) وحجم وقوة التأثير ودلالتهم لنتائج مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم (ن=٨٥) في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس عقلية التفكير التصميمي

أبعاد المقياس	التطبيق	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الحرية (df)	قيمة (ت) ومستوى دلالتها	قيمة وحجم التأثير (d)	قيمة وقوة التأثير (ω^2)
البعد الأول	القبلي	١٥,٤٠	٢,٧٥٢	٨٤	**٩٥,٢١٤	٢٠,٧٨ كبير	٠,٩٨١ كبيرة
	البعدي	٤٦,٥١	١,٠٩٨				
البعد الثاني	القبلي	١٣,٩١	٢,١٠٨	٨٤	**٧٦,٤١٨	١٦,٦٨ كبير	٠,٩٧٢ كبيرة
	البعدي	٣٧,٨٠	١,٩٣٨				
البعد الثالث	القبلي	١٣,٩٤	١,٤٠٠	٨٤	**١٠٠,٣٩٩	٢١,٩١ كبير	٠,٩٨٣ كبيرة
	البعدي	٤٢,١٢	١,٩٠٥				
البعد الرابع	القبلي	١٣,٧٣	١,٦٨٦	٨٤	**١٠٢,١٧٨	٢٢,٣ كبير	٠,٩٨٤ كبيرة
	البعدي	٤٢,٨٩	٢,٠١٨				
البعد الخامس	القبلي	١٥,٢٩	٢,٠٩٨	٨٤	**١٠٧,٣٣٣	٢٣,٤٢ كبير	٠,٩٨٥ كبيرة
	البعدي	٤٦,٦٦	١,٩٤٩				
البعد السادس	القبلي	١٥,٥٣	٢,٢٥٠	٨٤	**٩٧,٦٧٢	٢١,٣ كبير	٠,٩٨٢ كبيرة
	البعدي	٤٥,٩٥	٢,٠٨٧				
المقياس ككل	القبلي	٨٧,٨٠	٥,٢٨٧	٨٤	**٢٣٧,٦٤٠	٥١,٩ كبير	٠,٩٩٧ كبيرة
	البعدي	٢٦١,٩٣	٤,٧٠٣				

** تعني أن القيمة دالة عند مستوى دلالة ٠,٠١

ويتضح من جدول (١٠) وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (٠,٠١) بين متوسطي درجات مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس عقلية التفكير التصميمي ككل وفي أبعاده الفرعية كل على حدة لصالح التطبيق البعدي، كما يتضح ارتفاع قيم حجم التأثير (d) للأبعاد كل على حدة وللمقياس ككل، كما يتضح ارتفاع قيمة قوة التأثير (ω^2) مما يشير إلى قوة المعالجة التجريبية، مما يدل على فاعلية البرنامج المقترح في المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم القائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية عقلية التفكير التصميمي لدى الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني.

- ووفقًا لذلك يتم رفض الفرض الأول، وقبول الفرض البديل التالي:

** يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ٠,٠١ بين متوسطي درجات مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس عقلية التفكير التصميمي ككل وفي أبعاده الفرعية كلًا على حدة لصالح التطبيق البعدي.

مناقشة وتفسير النتائج المرتبطة بمقياس عقلية التفكير التصميمي:

أظهرت نتائج البحث تفوق أداء مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم في التطبيق البعدي لمقياس عقلية التفكير التصميمي، ككل وفي أبعاده الفرعية كل على

حدة، مقارنة بأدائهم في التطبيق القبلي. وتعزو الباحثة هذه النتيجة إلى البرنامج المقترح القائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية، مما أسهم في تنمية عقلية التفكير التصميمي لديهم. ويمكن تفسير ذلك كالتالي:

- **بالنسبة للشعور بالراحة مع المشكلات والمخاطر**: أسهم استخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تدريب الطلاب المعلمين على التعامل مع المشكلات والتحديات المعقدة، مما عزز لديهم القدرة على تحمل الغموض والمخاطر المرتبطة بعملية التصميم، وعدم الخوف من الفشل، وجعلهم أكثر مرونة في استكشاف الحلول المختلفة.
- **بالنسبة للتعاطف مع المستخدم**: من خلال دراسة النماذج البيولوجية وتطبيقاتها على مشكلات واقعية، تمكن الطلاب المعلمين من تطوير فهم أعمق لاحتياجات المستخدمين النهائيين، فقد ساعدتهم المحاكاة الحيوية في إدراك كيفية استلهام الطبيعة لحلول تتكيف مع بيئتها، مما عزز لديهم مهارة تصميم حلول تراعي احتياجات الإنسان ومتطلبات المجتمع.
- **بالنسبة لليقظة والوعي بالعملية**: أسهمت طبيعة نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في رفع مستوى إدراك الطلاب المعلمين لأهمية المراحل المختلفة لعملية التصميم، حيث أصبحوا أكثر انتباهًا لتأثير قراراتهم التصميمية على البيئة والمستخدمين، وأكثر قدرة على تقييم وتعديل أفكارهم بناءً على التغذية الراجعة المستمرة.
- **بالنسبة للعمل التعاوني مع التنوع**: شجع البرنامج المقترح القائم على النموذج الطلاب المعلمين على العمل ضمن فرق متنوعة، حيث تبادلوا وجهات النظر المختلفة حول كيفية استلهام الطبيعة لحلول التصميم، مما عزز لديهم مهارات التعاون، والتواصل الفعّال، والاستفادة من تنوع الخبرات والخلفيات الفكرية داخل الفريق.
- **بالنسبة للتوجه نحو التعلم**: عزز البرنامج المقترح القائم على النموذج رغبة الطلاب المعلمين في التعلم من خلال التجريب والاكتشاف، حيث اعتمدت العملية التعليمية على البحث والاستقصاء والتعلم بالممارسة بدلًا من الحفظ والاسترجاع، مما جعلهم أكثر انفتاحًا على اكتساب معارف ومهارات جديدة أثناء استكشاف الحلول التصميمية المستوحاة من الطبيعة، وأكثر اهتمامًا بتطوير معارفهم ومهاراتهم لمواكبة تطورات مجالهم.
- **بالنسبة للثقة الإبداعية**: وفرت لهم تجربة التصميم المستوحى من الطبيعة بيئة داعمة للإبداع، حيث أصبح لديهم ثقة أكبر في قدرتهم على إنتاج أفكار جديدة ومبتكرة، كما أن تفاعلهم مع أنظمة بيولوجية متطورة ألهمهم بتطبيق حلول إبداعية في مواقف تعليمية مختلفة، مما عزز لديهم الثقة في قدراتهم التصميمية.

وتتفق نتائج البحث الحالي مع ما توصلت إليه دراسات وبحوث: (2019) Groeger et al؛ (2020) Gencer et al؛ (2021) Ladachart et al، (2022a) Noh & Abdul Karim (2021)، Elsayary (2022)،

Ladachart et al (2022b)، Ladachart et al (2023)، Lavrsen et al (2023)، Phothong et al (2023)، Huyen (2024)، التي أكدت جميعها على أهمية دمج عقلية التفكير التصميمي في المناهج الدراسية وبرامج إعداد المعلمين قبل الخدمة؛ بهدف تنمية الإبداع والابتكار وتعزيز مهارات حل المشكلات والتفكير التصميمي لديهم، بالإضافة إلى توظيف البرامج والنماذج التدريسية الحديثة للعمل على تنميتها.

❖ للإجابة عن السؤال الثالث من أسئلة البحث، تم اختبار صحة الفرض الثاني.

- للتحقق من صحة الفرض الثاني، تم حساب متوسطي درجات مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها ككل وفي مستوياته المعرفية كلًا على حدة وحساب الانحراف المعياري وقيمة (ت) وحجم التأثير (d) وقوة التأثير (ω^2)، كما هو موضح بجدول (١١) التالي:

جدول (١١)

قيمة (ت) وحجم وقوة التأثير ودلالتهم لنتائج مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم (ن=٨٥) في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها

مستويات الاختبار	التطبيق	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الحرية (df)	قيمة (ت) ومستوى دلالتها	قيمة وحجم التأثير (d)	قيمة وقوة التأثير (ω^2)
التذكر	القبلي	١,٦٢	٠,٩٣٨	٨٤	**٦٤,٤٧٦	١٤,٠٧ كبير	٠,٩٦١ كبيرة
	البعدي	٩,٦٦	٠,٧٣٣				
الفهم	القبلي	١,٤٧	٠,٧٩٦	٨٤	**٧٦,٤٤١	١٦,٦٨ كبير	٠,٩٧١ كبيرة
	البعدي	٩,٨٠	٠,٥٧٣				
التطبيق	القبلي	١,١٩	٠,٨٨٠	٨٤	**٥٠,٨٠٢	١١,٠٩ كبير	٠,٩٣٨ كبيرة
	البعدي	٨,٨٦	٠,٨٧٥				
التحليل	القبلي	٢,٠٤	٠,٧٦٣	٨٤	**٨٢,١٤١	١٧,٩٢ كبير	٠,٩٧٥ كبيرة
	البعدي	٩,٨٢	٠,٥٦٠				
التركيب	القبلي	١,٤٥	١,٠٤١	٨٤	**٦١,٨٢٥	١٣,٤٩ كبير	٠,٩٥٧ كبيرة
	البعدي	٩,٠١	٠,٣٩٣				
التقويم	القبلي	١,٣٥	٠,٨١٢	٨٤	**٨٧,٣٢٨	١٩,٠٦ كبير	٠,٩٧٨ كبيرة
	البعدي	٩,٨٢	٠,٤٦٧				
الاختبار ككل	القبلي	٩,١٢	٢,٦٠٧	٨٤	**١٣٣,١٦٠	٢٩,٠٦ كبير	٠,٩٩ كبيرة
	البعدي	٥٦,٩٨	١,٩٥٢				

** تعني أن القيمة دالة عند مستوى دلالة ٠,٠١

ويتضح من جدول (١١) وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (٠,٠١) بين متوسطي درجات مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها ككل وفي مستوياته المعرفية كلًا على حدة لصالح التطبيق البعدي، كما يتضح ارتفاع قيم حجم التأثير

(d) للمستويات كل على حدة وللاختبار ككل، كما يتضح ارتفاع قيمة قوة التأثير (ω^2) مما يشير إلى قوة المعالجة التجريبية، مما يدل على فاعلية البرنامج المقترح في المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم القائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها لدى الطلاب معلمي العلوم بالتدريب الميداني.

- ووفقًا لذلك يتم رفض الفرض الثاني، وقبول الفرض البديل التالي:

** يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ٠,٠١ بين متوسطي درجات مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها ككل وفي مستوياته المعرفية كلًا على حدة لصالح التطبيق البعدي.

مناقشة وتفسير النتائج المرتبطة باختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية:

أظهرت نتائج البحث تفوق أداء مجموعة البحث من الطلاب معلمي العلوم في التطبيق البعدي لاختبار المعارف المرتبطة بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها ككل وفي مستوياته المعرفية كلًا على حدة، مقارنة بأدائهم في التطبيق القبلي. وتعزو الباحثة هذه النتيجة إلى البرنامج المقترح القائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية، مما أسهم في تطوير معارفهم في هذا المجال. ويمكن تفسير ذلك كالتالي:

- **بالنسبة لمستوى التذكر:** ساعد البرنامج المقترح القائم على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية الطلاب المعلمين على استرجاع المفاهيم والمصطلحات الأساسية المتعلقة بالمحاكاة الحيوية، حيث عززت الأنشطة المقدمة قدرتهم على حفظ واستدعاء المعلومات بسهولة عند الحاجة.
- **بالنسبة لمستوى الفهم:** أسهم البرنامج المقترح في تحسين قدرة الطلاب المعلمين على تفسير المفاهيم المرتبطة بالمحاكاة الحيوية، حيث أتاح لهم الفرصة لمناقشة الأفكار البيولوجية والتصميمية وربطها بالسياقات التعليمية المختلفة، مما عزز فهمهم العميق لهذه المفاهيم، كما أسهم إعدادهم لأبحاث حول المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم، وتصميم خرائط ذهنية مرتبطة بها، في تعزيز معارفهم وفهمهم العميق لهذا المجال.
- **بالنسبة لمستوى التطبيق:** وفّر نموذج تصميم المحاكاة الحيوية بيئة تعلم تفاعلية مكّنت الطلاب المعلمين من توظيف معارفهم في مواقف جديدة، حيث طُلب منهم تطبيق المبادئ البيولوجية في تصميم حلول لمشكلات واقعية، مما ساعدهم على ربط المعرفة النظرية بالتجارب العملية.
- **بالنسبة لمستوى التحليل:** ساعدت الأنشطة المعتمدة على نموذج تصميم المحاكاة الحيوية الطلاب على تفكيك المشكلات إلى مكوناتها الأساسية، وتحليل كيفية عمل النماذج الطبيعية وإمكانية توظيفها في التصميم، مما عزز لديهم القدرة على التمييز بين المكونات المختلفة للأنظمة البيولوجية والتصميمية.
- **بالنسبة لمستوى التركيب:** أسهم النموذج في تنمية قدرة الطلاب المعلمين على الجمع بين عناصر متعددة من المعرفة لإنشاء حلول جديدة، حيث دفعهم إلى

دمج المفاهيم البيولوجية مع مبادئ التصميم لتطوير ابتكارات أصلية قائمة على استلهام الطبيعة.

- **بالنسبة لمستوى التقويم:** عزز البرنامج المقترح مهارة التقويم لدى الطلاب المعلمين من خلال تشجيعهم على تقييم فعالية الحلول التصميمية المستوحاة من الطبيعة، وإجراء تعديلات بناءً على معايير علمية وتقنية، مما نمّى لديهم القدرة على التفكير الناقد واتخاذ قرارات مستنيرة.

وتتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه دراسات وبحوث: Fried et al (2020)، Mejía-Villa et al (2023)، Yeter et al (2023)، Adıgüzel et al (2024)، التي أكدت على أهمية تزويد الطلاب المعلمين بالمعرفة والمهارات اللازمة لتطبيق مبادئ المحاكاة الحيوية داخل الفصول الدراسية من خلال البرامج التعليمية، بما يسهم في إعداد جيل من المعلمين المستقبليين القادرين على توظيف المحاكاة الحيوية في التعليم بأساليب مبتكرة ومستدامة.

❖ للإجابة عن السؤال الرابع من أسئلة البحث، تم اختبار صحة الفرضين الثالث والرابع.

- للتحقق من صحة الفرض الثالث، تم حساب متوسطي درجات تلميذات المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير المستدام ككل وفي مهاراته الفرعية كلًا على حدة وحساب الانحراف المعياري وقيمة (ت) وحجم التأثير (d) وقوة التأثير (ω^2)، كما هو موضح بجدول (١٢) التالي:

جدول (١٢)

قيمة (ت) وحجم وقوة التأثير ودلالتهم لنتائج تلميذات المجموعتين التجريبية (ن=٣٤) والضابطة (ن=٣٤) في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير المستدام

مهارات التفكير المستدام	المجموعة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الحرية (df)	قيمة (ت) ومستوى دلالتها	قيمة وحجم التأثير (d)	قيمة وقوة التأثير (ω^2)
تفكير النظم	الضابطة	٣,٦٥	٠,٦٩١	٦٦	**٣٦,٠٢٦	٨,٨٧ كبير	٠,٩٥٠ كبيرة
	التجريبية	٨,٧٤	٠,٤٤٨				
التفكير القيمي	الضابطة	٣,٢٤	١,٢٨١	٦٦	**٢٢,٥٥٦	٥,٥٥ كبير	٠,٨٨٢ كبيرة
	التجريبية	٨,٥٦	٠,٥٠٤				
التفكير الاستراتيجي	الضابطة	٩,٧٤	٢,٨١٠	٦٦	**٥٣,٠٣٢	١٣,٠٦ كبير	٠,٩٧٦ كبيرة
	التجريبية	٣٨,٣٢	١,٤٠٨				
التفكير المستقبلي	الضابطة	٨,١٢	٢,٧٠٥	٦٦	**٤٦,٠٩٤	١١,٣٥ كبير	٠,٩٦٩ كبيرة
	التجريبية	٣٠,٧٤	٠,٩٣١				
الاختبار ككل	الضابطة	٢٤,٧٤	٥,٤٢٣	٦٦	**٦٣,٠٨٦	١٥,٥٣ كبير	٠,٩٨٣ كبيرة
	التجريبية	٨٦,٣٥	١,٧٣٩				

** تعني أن القيمة دالة عند مستوى دلالة ٠,٠١

ويتضح من جدول (١٢) وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (٠,٠١) بين متوسطي درجات تلميذات المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي

لاختبار مهارات التفكير المستدام ككل وفي مهاراته الفرعية كلًا على حدة لصالح المجموعة التجريبية، كما يتضح ارتفاع قيم حجم التأثير (d) للأبعاد كل على حدة وللمقياس ككل، كما يتضح ارتفاع قيمة قوة التأثير (ω^2) مما يشير إلى قوة المعالجة التجريبية، مما يدل على فاعلية تدريس العلوم باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى تلميذات الصف الأول الإعدادي.

- ووفقاً لذلك يتم رفض الفرض الثالث، وقبول الفرض البديل التالي:

** يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ٠,٠١ بين متوسطي درجات تلميذات الصف الأول الإعدادي بالمجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير المستدام ككل وفي مهاراته الفرعية كلًا على حدة لصالح المجموعة التجريبية.

- للتحقق من صحة الفرض الرابع، تم حساب متوسطي درجات تلميذات المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير المستدام ككل وفي مهاراته الفرعية كلًا على حدة وحساب الانحراف المعياري وقيمة (ت) وحجم التأثير (d) وقوة التأثير (ω^2)، كما هو موضح بجدول (١٣) التالي:

جدول (١٣)

قيمة (ت) وحجم وقوة التأثير ودلالتهم لنتائج تلميذات المجموعة التجريبية (ن=٣٤) في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير المستدام

مهارات التفكير المستدام	التطبيق	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الحرية (df)	قيمة (ت) ومستوى دلالتها	قيمة وحجم التأثير (d)	قيمة وقوة التأثير (ω^2)
تفكير النظم	القبلي	١,١٢	٠,٧٦٩	٣٣	**٥٢,٠٥٣	١٨,١٢ كبير	٠,٩٧٦ كبيرة
	البعدي	٨,٧٤	٠,٤٤٨				
التفكير القيمي	القبلي	١,٢١	٠,٧٢٩	٣٣	**٤٦,٧٤٢	١٦,٢٧ كبير	٠,٩٦٩ كبيرة
	البعدي	٨,٥٦	٠,٥٠٤				
التفكير الاستراتيجي	القبلي	٨,٨٥	١,٥٩٨	٣٣	**٧٥,١٦٧	٢٦,١٧ كبير	٠,٩٨٨ كبيرة
	البعدي	٣٨,٣٢	١,٤٠٨				
التفكير المستقبلي	القبلي	٥,٨٢	١,٥٦٦	٣٣	**٧٧,٩٠٣	٢٧,١٢ كبير	٠,٩٨٩ كبيرة
	البعدي	٣٠,٧٤	٠,٩٣١				
الاختبار ككل	القبلي	١٧,٠٠	٢,٧٣٠	٣٣	**١١١,٢٨٥	٣٨,٧٤ كبير	٠,٩٩٥ كبيرة
	البعدي	٨٦,٣٥	١,٧٣٩				

** تعني أن القيمة دالة عند مستوى دلالة ٠,٠١

ويتضح من جدول (١٣) وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (٠,٠١) بين متوسطي درجات تلميذات المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير المستدام ككل وفي مهاراته الفرعية كلًا على حدة لصالح التطبيق البعدي، كما يتضح ارتفاع قيم حجم التأثير (d) للمهارات كل على حدة وللاختبار ككل، كما يتضح ارتفاع قيمة قوة التأثير (ω^2) مما يشير إلى قوة المعالجة التجريبية، مما يدل على فاعلية تدريس العلوم باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى تلميذات الصف الأول الإعدادي.

- ووفقًا لذلك يتم رفض الفرض الرابع، وقبول الفرض البديل التالي:
** يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ٠,٠١ بين متوسطي درجات تلميذات الصف الأول الإعدادي بالمجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير المستدام ككل وفي مهاراته الفرعية كلًا على حدة لصالح التطبيق البعدي.

مناقشة وتفسير النتائج المرتبطة باختبار مهارات التفكير المستدام:

أظهرت نتائج البحث تفوق تلميذات المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير المستدام، ككل وفي مهاراته الفرعية كلًا على حدة، مقارنة بأدائهن في التطبيق القبلي وأداء تلميذات المجموعة الضـــابطة. وتعزو الباحثة هذه النتيجة إلى تدريس العلوم للمجموعة التجريبية باستخدام نموذج تصـميم المحاكاة الحيوية، مما أسهم في تنمية مهارات التفكير المستدام لديهن. ويمكن تفسير ذلك كالتالي:

- **بالنسبة لتفكير النظم:** ساعد تدريس الوحدة باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية قدرة التلميذات على إدراك العلاقات بين الكائنات الحية المختلفة، مثل كيفية تأثير البكتيريا النافعة على التربة والنباتات، وكيف تؤدي بعض الكائنات المجهرية إلى انتشار الأمراض، كما ساعد في توعية التلميذات بكيفية تأثير الممارسات البشرية غير الصحية على صحة الإنسان، مما عزّز وعيهن بأهمية التعامل المسؤول مع البيئة، كما عزز الفهم العميق للترابط بين الكائنات الحية في الأنظمة البيئية، وفهم العلاقات بين الأنواع المختلفة.
- **بالنسبة للتفكير القيمي:** ساهم تدريس الوحدة باستخدام النموذج في تشجيع التلميذات على احترام الطبيعة والحفاظ على الموارد البيئية والحد من استهلاكها وتقليل النفايات، كما أسهم استخدام النموذج في تعزيز وعي التلميذات بالقيم البيئية والأخلاقية حيث أصبح لديهن إدراك أعمق لأهمية الاستدامة والمسؤولية البيئية في اتخاذ القرارات، كما ساهمت الأنشطة التطبيقية في تعزيز الإحساس بالمسؤولية تجاه الحد من الممارسات التي تؤدي إلى تدهور البيئة وانتشار الأمراض، كما طوّرت التلميذات اتجاهات إيجابية نحو السلوكيات الصحية المسؤولة، مثل أهمية التطعيم، غسل اليدين، لتجنب الإصابة بالأمراض، كما أسهم في تعزيز الاتجاهات الإيجابية نحو السلوك المستدام، حيث طوّرت التلميذات موقفًا أكثر وعيًا بأهمية الحد من التأثيرات البيئية السلبية.
- **بالنسبة للتفكير الاستراتيجي:** أتاح تدريس الوحدة باستخدام النموذج فرصًا للتخطيط لحلول بيئية مستدامة من خلال تحليل المشكلات البيئية، والتوصل إلى استراتيجيات قائمة على آليات الطبيعة الفعالة، كما شجع التعلم التعاوني في هذا النموذج على تطوير خطط عمل جماعية لمواجهة التحديات البيئية، كما أتاح النموذج الفرصة لتطبيق المفاهيم العلمية على تحديات بيئية واقعية، مما عزّز دافعية التلميذات نحو التفكير في حلول عملية ومستدامة لمشكلات البيئة، كما أدى استخدام النموذج إلى تهيئة بيئة تعلم هادفة ومنتجة، أدت إلى زيادة التفاعل

الإيجابي والمشاركة الفعالة بين التلميذات، وسمحت لهن بممارسة الملاحظة وجمع البيانات وتدوين الملاحظات وإعمال عقولهن لاتخاذ القرارات المناسبة.

- **بالنسبة للتفكير المستقبلي:** ساعد استخدام النموذج في تمكين التلميذات من استشراف المستقبل من خلال التعرف على الحلول المستدامة المستوحاة من الطبيعة، كما عزز قدرتهن على التنبؤ بالآثار المستقبلية للقضايا البيئية، كما ساعد التلميذات على تصوّر سيناريوهات مستقبلية حول كيفية تأثير الممارسات البشرية على البيئة، وتوجيههن للتفكير في كيفية تبني استراتيجيات أكثر استدامة للحفاظ على الموارد للأجيال القادمة.

تتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه العديد من الدراسات والبحوث، مثل: مروة الباز (٢٠١٩)، محمد محمد وسامية أحمد (٢٠٢٢)، أميرة فتح الله (٢٠٢٣)، إيمان أبو دهب (٢٠٢٣)، Al-Dosari & Abdellatif (2024)، التي أكدت على أهمية تضمين مهارات التفكير المستدام في مناهج العلوم، وضرورة توظيف النماذج التدريسية الحديثة التي تعتمد على إيجابية المتعلم ومشاركته النشطة في الموقف التعليمي لتعزيز تنمية هذه المهارات بشكل فعّال لديه.

التوصيات:

في ضوء ما توصل إليه البحث الحالي من نتائج، توصي الباحثة بما يلي:

١- إعادة النظر في برامج إعداد الطلاب معلمي العلوم لتتضمن معارف ومهارات حول المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم.
٢- ضرورة اهتمام مطوري مناهج العلوم بتضمين المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في محتوى مناهج العلوم بالمراحل التعليمية المختلفة.
٣- عقد دورات تدريبية لمعلمي العلوم لتعريفهم بالمحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في تعليم العلوم.
٤- تضمين مناهج العلوم بأنشطة تعزز مهارات التفكير المستدام لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية، والاستفادة من الأنشطة المقدمة في البحث الحالي في دليل المعلم.
٥- التركيز على استخدام النماذج التدريسية الحديثة لتدريس العلوم من أجل تنمية مهارات التفكير المستدام وعقلية التفكير التصميمي لدى المتعلمين.

المقترحات:

في ضوء ما أشارت إليه نتائج البحث، تقترح الباحثة تطبيق البحوث التالية:

١- فاعلية تدريس العلوم باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية مهارات التفكير التنسيقي والمرونة العقلية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.
٢- فاعلية تدريس العلوم باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية القدرة على الحل الإبداعي للمشكلات واليقظة العقلية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.
٣- برنامج مقترح في المحاكاة الحيوية لتنمية الاتجاهات المستدامة والقدرة على اتخاذ القرار لدى طلاب المرحلة الابتدائية.

٤- فاعلية تدريس العلوم باستخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تنمية مهارات التفكير الريادي والدافعية العقلية لدى طلاب المرحلة الثانوية.
٥- استخدام نموذج تصميم المحاكاة الحيوية في تدريس العلوم لتنمية الاستيعاب المفاهيمي والتذوق الجمالي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.

مراجع البحث:

أميرة محمد زكي فتح الله. (٢٠٢٣). استخدام مدخل القضايا العلمية الاجتماعية المدعم بالواقع الافتراضي في تدريس علوم الأرض والكون لتنمية مهارات التفكير المستدام والخيال العلمي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة كلية التربية-بني سويف*، ٢٠ (١١٩)، ٢٦١-٣٢٢.

أميرة محمد زكي فتح الله. (٢٠٢٤). استخدام التعلم القائم على التصميم لتنمية التفكير الكيميائي والمسئولية البيئية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢٧ (٢)، ١-٥٤.

إيمان وفقي أحمد أبو دهب. (٢٠٢٣). فاعلية استخدام نموذج مكارثي في تدريس العلوم لتلاميذ الصف الخامس الابتدائي في تنمية مهارات التفكير المستدام والمدافعة البيئية. *مجلة كلية التربية بالمنوفية*، ٣٨ (١)، ٣٢١-٤١٠.

رشا أحمد محمد عيسى. (٢٠٢٢). تطوير منهج الأحياء للصف الأول الثانوي في ضوء مفاهيم الاقتصاد الأخضر وأثره في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى الطلاب. *مجلة كلية التربية-بنها*، ٣٣ (١٣١)، ١٧٧-٢١٨.

سماح بنت حسين بن صالح الجفري. (٢٠٢٢). تصور مقترح لتضمين أنشطة تعليمية قائمة على التفكير الأخضر المستدام في مقررات العلوم للصفوف العليا بالمرحلة الابتدائية في المملكة العربية السعودية. *مجلة كلية التربية-بنها*، ٣٣ (١٣١)، ١٤٣-١٩٢.

سهام محمد أبو الفتوح شعيرة. (٢٠٢٢). فاعلية التعلم القائم على التصميم في تعليم الأحياء لتنمية مهارات الفهم العميق والتنظيم الذاتي لدى طلاب الصف الثاني الثانوي. *مجلة جامعة الفيوم للعلوم التربوية والنفسية*، ١٦ (١١)، ٢٤٤-٣١٨.

عصام محمد سيد أحمد. (٢٠٢٠). فاعلية وحدة في العلوم متضمنة لأبعاد التعليم للتنمية المستدامة في تنمية التفكير المستدام والمسئولية البيئية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة كلية التربية-بنها*، ٣١ (١٢٤)، ١-٦٢.

محمد جمال صالح محمد وسامية جمال حسين أحمد. (٢٠٢٢). برنامج مقترح في التربية البيئية قائم على القضايا العامة المعاصرة باستخدام التعليم المتمايز لتنمية مفاهيم الاقتصاد الأخضر والتفكير المستدام والمدافعة البيئية لدى طالبات كلية التربية جامعة أسوان. المجلة العربية للعلوم التربوية والنفسية، (٢٩)، ٣٥١-٣٩٦.

مروة محمد محمد الباز. (٢٠١٩). برنامج مقترح في الأهداف الأممية للتنمية المستدامة ٢٠٣٠ وأثره في تنمية التفكير المستدام والتوازن المعرفي لدى الطلاب معلمي العلوم بكليات التربية. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢٢ (٧)، ١٠٩-١٥١.

مروة محمد محمد الباز. (٢٠٢٤). المحاكاة الحيوية في تعليم العلوم: تنمية مهارات التفكير التصميمي من وحي الطبيعة: نموذج تدريسي مقترح. *مجلة إبداعات تربوية*، (٣٠)، ١٥-٤٤.

Adıgüzel, O., Küçükkayhan, S., Yapıcıoğlu, D., & Kara, D. (2024). The effects of Teaching Practices Based on Biomimicry

Approach on Learning-Teaching Processes. *Participatory Educational Research*, *11*(3), 109-125.

Aguilar-Planet, T., & Peralta, E. (2024). Innovation Inspired by Nature: Applications of Biomimicry in Engineering Design. *Biomimetics*, *9*(9), 1-30.

Al-Dosari, M., & Abdellatif, M. (2024). The Environmental Awareness Level Among Saudi Women and its Relationship to Sustainable Thinking. *Acta Innovations*, *52*, 28-42.

Araque, K., Palacios, P., Mora, D., & Austin, M. (2021). Evaluation of Biomimicry-based Strategies to Improve Exterior Environmental parameters: A numerical Study at Urban Scale in a tropical Climate. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 312, p.p 1-9). EDP Sciences.

Azizan, S. & Abu Shamsi, N. (2022). Design-based learning as a pedagogical approach in an online learning environment for science undergraduate students. In *Frontiers in Education, 7*, 1-7.

Bayah, D., Jackson, A., Mentzer, N., Bartholomew, S., & Lee, W. (2023). Assessing the Development of Design Thinking Mindset in Secondary Students. 109th Meeting of the 1909 Conference and the 60th Southeastern Technology Education Conference, November 16-17, 1-28.

Brown, J., Dinning, T., & Wall, T. (2024). Developing Entrepreneurial Sustainability Thinking and Action at 'The World Café'. In *Sustainability in Business Education, Research and Practices* (pp. 303-322). Cham: Springer Nature Switzerland.

Chorna, V. (2024). Sustainable Thinking Development in Religious Education (RE) as a Part of Primary School Socially Oriented Learning as Teachers' Professional Development Potential in Stockholm. *Religion & Education*, *51*(4), 328-341.

Çoban, M. (2019). *Integration of biomimicry into science education*. [Master Thesis], Graduate School of Natural and Applied Sciences, Yıldız Technical University, Istanbul.

Cohen, Y., & Reich, Y. (2016). *Biomimetic design method for innovation and sustainability* (Vol. 10). Berlin, Germany: Springer.

Davies, T., Manzin, J., Meraw, M., & Munro, D. (2023). Understanding the development of a design thinking mindset

during a biomedical engineering third-year course. *Biomedical Engineering Education*, *3*(2), 123-132.

Deniz, D. (2016). Sustainable Thinking and Environmental Awareness through Design Education. *Procedia Environmental Sciences, 34,* 70-79.

Diederen, L., Veelenturf, T., Taconis, R., & Bekker, T. (2024). Tools to empower learners in Challenge-Based and Design-Based Learning projects. In *Proceedings of the Symposium on Learning, Design and Technology*, June, 1-8.

Dosi, C., Rosati, F., & Vignoli, M. (2018). Measuring design thinking mindset. In *Proceedings of the 15th International Design Conference- Design 2018,* 1991-2002. Dubrovnik: Croatia.

Elsayary, A. (2022). Developing Pre-service Teachers' Design Thinking Mindset. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, *20*(2), 13-16.

Fichera, D. (2022). *Design Thinking Mindsets: Reconstituting Failure to Increase Students' Problem-Solving Skills*. [Doctoral Thesis], Faculty of Education, Wilmington University.

Fried, E. (2019). Design Based Learning For A Sustainable Future: An Undergraduate Evolution Curricula. [Master Thesis], Faculty of the Graduate School of the University of Colorado.

Fried, E., Martin, A., Esler, A., Tran, A., & Corwin, L. (2020). Design-based learning for a sustainable future: student outcomes resulting from a biomimicry curriculum in an evolution course. *Evolution: Education and Outreach*, *13*, 1-22.

Gencer, A., Doğan, H., & Bilen, K. (2020). Developing biomimicry STEM activity by querying the relationship between structure and function in organisms. *Turkish Journal of Education*, *9*(1), 64-105.

Groeger, L., & Schweitzer, J. (2020). Developing a design thinking mindset: Encouraging designerly ways in postgraduate business education. *Design Thinking in Higher Education: Interdisciplinary Encounters*, 41-72.

Groeger, L., Schweitzer, J., Sobel, L., & Malcom, B. (2019). Design thinking mindset: Developing creative confidence. In *Conference of the Academy for Design Innovation Management: Research Perspectives In the era of Transformations* (1401-1413). Academy for Design Innovation Management.

Hayes, S., Desha, C., & Baumeister, D. (2020). Learning from nature–Biomimicry innovation to support infrastructure sustainability and resilience. *Technological Forecasting and Social Change*, *161*, 1-11.

Hinkelman, K. (2023). *Modelica Modeling and Ecosystem Biomimicry of District Energy Systems*. [Doctoral Dessertation], The Pennsylvania State University.

Huyen, N. (2024). Fostering Design Thinking mindset for university students with NPCs in the metaverse. *Heliyon, 10*(15), 1-12.

Inzerillo, B. (2024). Biomimicry: Nature as a Model for Design. In *For Nature/With Nature: New Sustainable Design Scenarios* (pp. 279-296). Cham: Springer Nature Switzerland.

Ladachart, L., Cholsin, J., Kwanpet, S., Teerapanpong, R., Dessi, A., Phuangsuwan, L., & Phothong, W. (2022a). Ninth-grade students' perceptions on the design-thinking mindset in the context of reverse engineering. *International Journal of Technology and Design Education*, *32*(5), 2445-2465.

Ladachart, L., Ladachart, L., Phothong, W., & Suaklay, N. (2021). Validation of a design thinking mindset questionnaire with Thai elementary teachers. *Journal of Physics: Conference Series, 1835*(1), 1-7.

Ladachart, L., Radchanet, V., & Phothong, W. (2022b). Design-Thinking Mindsets Facilitating Students' Learning of Scientific Concepts in Design-Based Activities. *Journal of Turkish Science Education*, *19*(1), 1-16.

Lavrsen, J., Daalhuizen, J., & Carbon, C. (2023). The Design Mindset Inventory (D-Mindset0): A Preliminary Instrument for Measuring Design Mindset. In *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED23),* Bordeaux, France, 24-28 July, 3355-3364.

Mayer, L., Stasewitsch, E., & Kauffeld, S. (2020). Innovative Teaching and Learning Climates-Is Germany Indeed Ahead of India? How Do These Relate to Sustainable Thinking?. In *Enhancing Future Skills and Entrepreneurship: 3rd Indo-German Conference on Sustainability in Engineering* (pp. 223-231). Springer International Publishing.

Mejía-Villa, A., Torres-Guevara, L., Prieto-Sandoval, V., Cabra, J., & Jaca, C. (2023). Training for sustainability through

biomimicry and creative problem-solving processes. *Thinking Skills and Creativity*, *49*, 1-17.

Moldavanova, A. (2016). Two narratives of intergenerational sustainability: A framework for sustainable thinking. *The American Review of Public Administration*, *46*(5), 526-545.

Noh, S., & Abdul Karim, A. (2021). Design thinking mindset to enhance education 4.0 competitiveness in Malaysia. *International journal of evaluation and research in education*, *10*(2), 494-501.

Oguntona, O., & Aigbavboa, C. (2023). Biomimicry Lessons for Teaching and Learning in Higher Education. In *The 10th Focus Conference (TFC 2023)* (pp. 172-183). Atlantis Press.

Oo, T., Kadyirov, T., Kadyjrova, L., & Józsa, K. (2024). Design-based learning in higher education: Its effects on students' motivation, creativity and design skills. *Thinking Skills and Creativity*, *53*, 1-16.

Phothong, W., Chaimongkol, J., & Ladachart, L. (2023). Changes in students' design-thinking mindsets after design-based learning with respect to gender and prior experiences in design. *Journal of Technology Education*, *34*(2), 4-21.

Pietroni, L., Mascitti, J., Paciotti, D., & Di Stefano, A. (2024). New Scenarios for Sustainable Design Toward an Integrated Approach Between Bio-Inspired Design, Biomimetic Materials, Generative Parametric Modelling, Additive Manufacturing. In *For Nature/With Nature: New Sustainable Design Scenarios* (pp. 615-635). Cham: Springer Nature Switzerland.

Raman, R., Sreenivasan, A., Suresh, M., & Nedungadi, P. (2024). Mapping biomimicry research to sustainable development goals. *Scientific Reports*, *14*(1), 1-21.

Reiser, M., Binder, M., & Weitzel, H. (2024). Effects of Design-Based Learning Arrangements in Cross-Domain, Integrated STEM Lessons on the Intrinsic Motivation of Lower Secondary Pupils. *Education Sciences*, *14*(6), 1-14.

Repanovici, A., Rotaru, C., & Murzea, C. (2021). Development of sustainable thinking by information literacy. Sustainability, 13(3), 1-21.

Runganurak, W., Bunterm, T., Uopasai, S., & Tang, K. (2022). The Effect of Design-Based Learning Integrated with Educational Neuroscience Instructional Model on Students' Learning

Outcomes, Executive Functions, and Learning Stress. *Pertanika Journal of Social Sciences & Humanities*, *30*(2), 813-834.

Sá, A., & Viana, D. (2023). Design and biomimicry: a Review of interconnections and creative potentials. *Biomimetics*, *8*(1), 1-16.

Saritepeci, M., & Yildiz Durak, H. (2024). Effectiveness of artificial intelligence integration in design-based learning on design thinking mindset, creative and reflective thinking skills: An experimental study. *Education and Information Technologies*, 1-35.

Shavrovskaya, M., Pesha, A., & Nikolaeva, M. (2021). Development of university students ethical and sustainable thinking for the implementation of sustainable development goals. In *E3S Web of Conferences, 29*. EDP Sciences.

Sobel, L., Schweitzer, J., Malcom, B., & Groeger, L. (2019). Design Thinking Mindset: Exploring the role of mindsets in building design consulting capability. In *Conference of the Academy for Design Innovation Management: Research Perspectives In the era of Transformations,* 1695-1701. Academy of Design Innovation Management.

Stammes, H., Henze, I., Barendsen, E., & de Vries, M. (2023). Characterizing conceptual understanding during design-based learning: Analyzing students' design talk and drawings using the chemical thinking framework. *Journal of Research in Science Teaching*, *60*(3), 643-674.

Starker, U., Heilmann, A., & Wilhelm, D. (2019). Training Competencies for Sustainable Thinking Through an Educational Nature Trail Supported by a Location-Based Smartphone Game. *Universities as Living Labs for Sustainable Development: Supporting the Implementation of the Sustainable Development Goals* (pp. 357-370). Springer.

Stevens, L., De Vries, M., Bos, M., & Kopnina, H. (2019). Biomimicry Design Education Essentials. In *Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19),* Delft, The Netherlands, 5-8 August, 459-468.

Stevens, L., Fehler, M., Bidwell, D., Singhal, A., & Baumeister, D. (2022). Building from the bottom up: A closer look into the teaching and learning of life's principles in biomimicry design thinking courses. Biomimetics, 7(1), 1-21.

Stevens, L., Kopnina, H., Mulder, K., & De Vries, M. (2021). Biomimicry design thinking education: A base-line exercise in preconceptions of biological analogies. *International Journal of Technology and Design Education*, *31*, 797-814.

Tamborini, M. (2024). From biomimicry to robotic co-creation: rethinking the boundaries between nature and technology. *Bioinspiration & Biomimetics*, *19*(2), 1-6.

Turner, A., Logan, M., & Wilks, J. (2022). Planting food sustainability thinking and practice through STEM in the garden. *International Journal of Technology and Design Education*, *32*(3), 1413-1439.

Weng, C., Chen, C., & Ai, X. (2023). A pedagogical study on promoting students' deep learning through design-based learning. *International journal of technology and design education*, *33*(4), 1653-1674.

Yeter, I., Tan, V., & Le Ferrand, H. (2023). Conceptualization of biomimicry in engineering context among undergraduate and high school students: An international interdisciplinary exploration. *Biomimetics*, *8*(1), 1-21.

Zhang, Z., Bekker, T., Markopoulos, P., & Skovbjerg, H. (2024). Supporting and understanding students' collaborative reflection-in-action during design-based learning. *International Journal of Technology and Design Education*, *34*(1), 307-343.

Zoller, U. (2015). Research-based transformative science/STEM/STES/STESEP education for "sustainability thinking": From teaching to "know" to learning to "think". *Sustainability*, *7*(4), 4474-4491.