PRINT ISSN: 2537-0685 ONLINE ISSN: 2536-9407 إبداعات تربوية

بحوث محكمة: ١

المحاكاة الحيوية في تعليم العلوم: تنمية مهارات التفكير التصميمي من وحي الطبيعة "نموذج تدريسي مقترح"

أ.د/ مروة محمد الباز

أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم كلية التربية جامعة بورسعيد

• **المستخلص:**

تُعد المحاكاة الحيوية واحدًا من الأساليب الحديثة التي تستلهم من النماذج والعمليات الطبيعية حلولًا لمواجهة التحديات البشرية، وهو أيضًا اتجاه تربوي جديد ظهر لتلبية احتياجات التعليم، خاصة التعليم من أجل الإستدامة. تهدف الدراسة إلى إثراء الأدب التربوي بإضافات نوعية حول تطبيقات المحاكاة الحيوية في التعليم، وتقديم نموذج تدريسي قائم على المحاكاة الحيوية لتنمية مهارات التفكير التصميمي لدى متعلمي العلوم والتعليم متعدد التخصصات. استخدمت الدراسة المنهج النوعي تحديدًا منهجية المراجعة التكاملية للأدبيات، لتقييم وتحليل الدراسات المتعلقة بالمحاكاة الحيوية وتأثيرها على التعليم والتعلم؛ بهدف تعزيز الفهم النظري والتطبيقي للمحاكاة الحيوية في سياق التعليم. قدمت الدراسة إطارًا نظريا حول كل من: مفهوم علم المحاكاة الحيوية ومستوياته ومبادئه، كيف تناول الأدب التربوي استخدام المحاكاة الحيوية في التعليم والتدريس، العلاقة بين المحاكاة الحيوية ومهارات التصميم، وأخيرًا، قدمت إطارًا فعّالا لنموذج التدريسي باستخدام المحاكاة الحيوية يمكن تطبيقه لتنمية مهارات التفكير التصميمي لدى المتعلمين عبر المراحل التعليمية المختلفة.

الكلمات المفتاحية: المحاكاة الحيوية- تعليم العلوم- التعليم متعدد التخصصات- التفكير التصميمي- التعليم من أجل الإستدامة.

Biomimicry in Science Education: Developing Design Thinking Skills Inspired by Nature "A Proposed Teaching Model "

Prof. Marwa Mohamed Elbaz

Professor of Curriculum and Methods of Teaching Science

Faculty of Education, Port Said University, Egypt

Abstract:

Biomimicry is one of the modern approaches that draw inspiration from natural models and processes for solutions to address human challenges, and it is also a new educational trend that has emerged to meet the needs of education, especially education for sustainability. The study aims to enrich the educational literature with qualitative additions about the applications of biomimicry in education, and to present a teaching model based on biomimicry to develop design skills among learners of science and interdisciplinary education. The study used a qualitative approach, specifically an integrative literature review methodology, to evaluate and analyze studies related to biomimicry and its impact on teaching and learning; With the aim of enhancing the theoretical and applied understanding of biomimicry in the context of education. The study provided a theoretical framework on: the concept of biomimetics, its levels and principles, how educational literature addressed the use of biomimicry in education and teaching, the relationship between biomimicry and design skills, and finally, it presented an effective framework for a teaching model using biomimicry that can be applied to develop design thinking skills. For learners across different educational stages.

Keywords:Biomimicry – Science Education- Interdisciplinary Education - Design Thinking - Education for Sustainability.

- **مقدمة:**

لقد ظهرت العديد من المشكلات والتحديات البشرية مع كثرة استهلاك الإنسان لموارد الطبيعية وتفاعلها معها بدون حكمة منه، وهذا ما دعي علماء الطبيعة إلى التأمل والبحث عن السبل التي تحل بها الطبيعة والكائنات الحية المشكلات التي تواجهها وكيف تصحح نفسها بنفسها وهو ما عرف بعلم "المحاكاة الحيوية".

ظهر "علم المحاكاة الحيوية" كاستجابة للحاجة المتزايدة إلى حلول مستدامة وابتكارية مستلهمة من الطبيعة. يعود أصل هذا العلم إلى مفهوم تقليد العمليات والأشكال البيولوجية الموجودة في الطبيعة لحل المشكلات البشرية، وتُعتبر جانين بينيوس Benyus, Janine المؤسسة لعلم المحاكاة الحيوية في عام ١٩٩٧، حيث قدمت هذا المفهوم إلى العالم من خلال كتابها "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature" (المحاكاة الحيوية: الابتكار المستوحى من الطبيعة)، أوضحت فيه كيف يمكن للابتكار البشري أن يستفيد من استراتيجيات وحلول الطبيعة، التي تطورت على مدى ملايين السنين لتكون فعالة ومستدامة. وقدمت أمثلة عملية لكيفية تطبيق المحاكاة الحيوية في مجالات متعددة مثل الهندسة المعمارية، والزراعة، والطاقة، والتصميم الصناعي، مشددة على أهمية التعلم من النظم الطبيعية لحل المشكلات البيئية والتكنولوجية المعاصرة .(Benyus,2002, Biomimicry Institute,2024).

وفي سياق التعليم، يجادل علماء التربية أن المتعلمين يصبحون أكثر انفصالاً عن الطبيعة ويترددون في التفاعل المباشر مع الكائنات الحية. كما أن التحضر الواسع في العالم قلل من فرص تفاعل المتعلمين مع الطبيعة، مما يحد من فهمهم للحياة الطبيعية، وقد ظهرت بعض المبادرات مثل المدارس البيئية لمعالجة هذه المخاوف، إلا أنها لم تحقق انتشارًا واسعًا في المجتمع باستثناء مجموعة مختارة من المتعلمين المميزين. ومع ذلك، تُبذل جهود كبيرة في هذا الصدد، مع استكشاف مداخل جديدة للتنفيذ. أحد هذه المداخل هو المحاكاة الحيوية الذي يمكن أن يوفر فرصًا لتعزيز الإبداع والتفكير الناقد لدى المتعلمين، من خلال تجارب تعليمية عملية تستند إلى الملاحظة والتعلم من الطبيعة (Stevens, et al, 2021; Adıgüzel,et al, 2024).

فقد اكتسب اكتشاف المحاكاة الحيوية كمفهوم اعترافاً واهتماماً كبيراً في جميع أنحاء العالم لقدرته على مواجهة التحديات البشرية، وبشكل عام، يعزز دمج المحاكاة الحيوية في التعليم قدرة المتعلمين على فهم العالم الطبيعي بشكل أعمق، ويعزز الممارسات المستدامة، ويجهزهم لمواجهة التحديات المعقدة بطرق مختلفة.(MacKinnon, et al.2020)

ولذا تُعد المحاكاة الحيوية واحدًا من الأساليب الواعدة التي يمكنها تلبية احتياجات تعليم العلوم والتعليم متعدد التخصصات من خلال استلهام النماذج والعمليات الطبيعية. ولذا تهدف هذه الدراسة إلى تقديم نموذج تدريسي قائم على المحاكاة الحيوية لتنمية مهارات التفكير التصميمي من خلال تعليم العلوم أو التعليم متعددة التخصصات، وتوضيح كيف يمكن لهذا النموذج أن يعزز من فهم الطبيعة ومهارات التفكير التصميمي والمستدام لدى المتعلمين في ظل بيئة تعليمية متغيرة. وقد تحددت مشكلة الدراسة في الأسئلة التالية:

- ما علم المحاكاة الحيوية وما مستوياته ومبادئه؟
- كيف تناول الأدب التربوي استخدام المحاكاة الحيوية في سياق التعليم والتعلم؟
- ما العلاقة بين المحاكاة الحيوية ومهارات التصميم؟
- ما النموذج التدريسي الذي تقترحه الدراسة لاستخدام المحاكاة الحيوية في تنمية مهارات التفكير التصميمي؟

- **المنهجية :**

يعتمد البحث على المنهج النوعي وتحديدًا منهجية المراجعة التكاملية للأدبيات Integrative Literature Review Approach التي اقترحها (Snyder, 2019) لتقييم وتحليل الدراسات والأدبيات المتعلقة بالمحاكاة الحيوية (Biomimicry) وتأثيرها على التدريس والتعلم، والتي تُعد وسيلة متميزة لتجميع ودمج نتائج الأبحاث، وتقديم أدلة مقنعة، واكتشاف مجالات للاستشراف المستقبلي. فيما يلي خطوات هذه المنهجية بالتفصيل:

- جمع الأدبيات تم جمع مجموعة متنوعة من الأبحاث العلمية مثل وقائع المؤتمرات، مقالات المجلات، فصول الكتب، والكتب من خلال البحث في الدراسات المفهرسة في قاعدة بيانات Web of Science (WOS) باستخدام الكلمات المفتاحية "المحاكاة الحيوية"، "المحاكاة الحيوية في التعليم"، ثم تم اختيار الدراسات ذات الصلة عن طريق مسح قواعد بياناتERIC و Wiley و Scopus بالإضافة إلى المركز الوطني للأطروحات وقواعد بيانات ProQuest وتم تضمينها في المراجعة، (جميعها مذكورة في قائمة المراجع)، وركزت المراجعة على الدراسات التي تتناول المحاكاة الحيوية وتطبيقاتها في التعليم.
- الإطار النظري: تمت المراجعة بهدف إنشاء وتطوير أطر نظرية ومفاهيمية قوية حول استخدام المحاكاة الحيوية في التعليم متعدد التخصصات، أما بالنسبة لمتغيرات البحث التي تم مراجعتها تشمل المحاكاة الحيوية، التفكير التصميمي، التصميم الهندسي، تعليم العلوم، التعليم متعدد التخصصات.
- التحليل النوعي: تم إجراء تحليل نوعي للأبحاث التي تم جمعها بهدف تقييم الأفكار والمفاهيم المتعلقة بالموضوع، وقد نتج عن التحليل بناء نموذج تدريس باستخدام المحاكاة الحيوية لتنمية مهارات التفكير التصميمي في مناهج العلوم والمناهج متعددة التخصصات.
- التقييم :تم تقييم نتائج التحليل لإبراز الإمكانات الكامنة في المحاكاة الحيوية لدعم تعليم مهارات التفكير التصميمي.
- النتائج: خلصت المراجعة إلى أن المحاكاة الحيوية تحمل إمكانات كبيرة لدعم تعليم مهارات التفكير التصميمي وتصميم النماذج العلمية لدى الطلاب من خلال مناهج العلوم والمناهج متعددة التخصصات.

- **أهداف الدراسة :**

هدفت الدراسة لتقديم مراجعة تكاملية للأدب التربوي المتعلق بالمحاكاة الحيوية ومهارات التفكير التصميمي ومجال التصميم الهندسي كأحد المجالات الرئيسة في معايير الجيل القادم

NGSS؛ وذلك بهدف بناء نموذج تدريسي باستخدام المحاكاة الحيوية لتنمية مهارات التفكير التصميمي في مناهج العلوم والمناهج متعددة التخصصات.

- **أهمية الدراسة :**

- توجيه نظر القائمين على تطوير مناهج العلوم والمناهج متعددة التخصصات لضرورة استخدام المحاكاة الحيوية في المناهج، بما يسمح بربط التخصصات المختلفة وتنمية المهارات المختلفة لدي المتعلمين.
- إفادة معلمي العلوم من خلال تقديم نموذج تدريسي مقترح قائم على المحاكاة الحيوية لتنمية مهارات التفكير التصميمي للمتعلمين في المراحل الدراسية المختلفة.
- إفادة الباحثين من خلال تقديم نموذج تدريسي جديد يعتمد على المحاكاة الحيوية يمكن تطبيقه في بحوث أخرى حيث تقتصر الدراسة الحالية على الدراسة النظرية فقط للمحاكاة الحيوية بمراجعة الأدب التربوي.

- **نتائج الدراسة:**

تتناول الجزئية الحالية من الدراسة الإجابة عن أسئلة الدراسة من خلال مراجعة الأدبيات وطيدة الصلة بمشكلة الدراسة؛ وذلك على النحو التالي:

- **نتائج السؤال الأول :**

ينص السؤال الأول على (ما علم المحاكاة الحيوية وما مستوياته ومبادئه؟) بالرجوع إلى الأدبيات والدراسات السابقة أمكن الإجابة عن السؤال فيما يلي:

- **مفهوم علم المحاكاة الحيوية [Biomimicry Science]**

علم المحاكاة الطبيعية يعنى (bios تعنى حياة – mimesis (تعني تقليد) وهو علم جديد يدرس أفضل الأفكار الطبيعية ومن ثم يقلد هذه التصميمات والعمليات لحل المشكلات البشرية (Benyus, 2002) ، أي أنه ممارسة تطبيق الدروس المستفادة من الطبيعة لاختراع تقنيات أكثر صحة واستدامة للبشر. حيث يركز مصممو المحاكاة الحيوية على الفهم والتعلم محاكاة الاستراتيجيات التي تستخدمها الكائنات الحية، بهدف إنشاء حلول تصميمية تمزج بين علم البيولوجي والطبيعة والهندسة والتكنولوجيا ((Biomimicry Institute,2024.

- **مستويات المحاكاة الحيوية**

هناك مستويات رئيسة لمحاكاة الطبيعة أوضحها كل من (Benyus,2002; Bianciardi, et al, 2017; Fahmy,2018; Abdul-Wahab, et al, 2022) كالتالي:

- **المحاكاة الحيوية على مستوى الكائن الحي:(Organism Level Biomimicry)**

يركز على تقليد الصفات والخصائص المميزة لكائن حي معين. يمكن أن يشمل ذلك الهياكل الفيزيائية، الخصائص المادية، أو العمليات البيولوجية التي تحدث في كائن واحد. 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:(Behavioral Level Biomimicry)**

تضمن دراسة سلوكيات الكائنات الحية وتطبيقها في التكنولوجيا والأنظمة البشرية. يركز هذا المستوى على كيفية تفاعل الكائنات مع بيئتها وكيفية حلها 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:(Ecosystem Level Biomimicry)**

يهتم بتقليد الأنظمة البيئية الكاملة والتفاعلات المعقدة بين الكائنات الحية وبيئاتها. يهدف هذا المستوى إلى تطوير أنظمة مستدامة تعتمد على مبادئ التوازن البيئي والتكامل بين مكونات النظام. مثال : تصميم مدن مستدامة تعتمد على مبادئ الغابات الطبيعية، مثل استخدام الطاقة المتجددة، تدوير المياه، وتنوع البيئات الحضرية لتعزيز التنوع البيولوجي وتحسين جودة الحياة. مثال آخر: تصميم أنظمة زراعية تعتمد على مبادئ الغابات الطبيعية لتعزيز التنوع البيولوجي وتقليل الحاجة إلى المدخلات الصناعية.

وهناك تصنيف فرعي لمستويات للمحاكاة الحيوية أكثر تفصيلًا وجميعها متضمنة أيضًا داخل كل مستوى من المستويات الرئيسة الثلاثة المذكورة أعلاه وتختلف باختلاف المستوى (الكائن الحي- سلوك الكائن الحي- النظام البيئي) وهي :

- **المحاكاة الحيوية للشكل:(Form Biomimicry)**

يشمل تقليد الأشكال والأنماط الفيزيائية الموجودة في الطبيعة - سواء الشكل للكائنات الحية أو شكل مبيت الكائنات الحية أو الشكل للأنظمة البيئة- لتحسين التصميم الهندسي والجمالي. هذا يشمل تقليد الأشكال الخارجية مثل جلد القرش، أجنحة الفراشات، أو أوراق الأشجار. مثال : تصميم الطائرات مستوحى من شكل أجنحة الطيور لتحسين الديناميكا الهوائية واستخدام شكل زعانف الحوت في تصميم شفرات توربينات الرياح لتحسين كفاءتها.

- **المحاكاة الحيوية للوظيفة:(Function Biomimicry)**

يركز على تقليد الوظائف أو العمليات البيولوجية لتحسين أداء الأنظمة. يتم دراسة كيفية أداء الكائنات الحية لمهام معينة وتطبيقها في التكنولوجيا والهندسة. مثال :تطوير مواد مضادة للماء مستوحاة من وظيفة ورق اللوتس في صد الماء.

- **المحاكاة الحيوية للهيكل:(Structural Biomimicry)**

يتعلق بتقليد الهياكل الداخلية للكائنات الحية التي تمنحها القوة أو المرونة أو الخصائص الأخرى. هذا يمكن أن يشمل الهياكل المجهرية أو الإلكترونية. مثال :تصميم الجسور والهياكل الهندسية مستوحى من هياكل العظام القوية والخفيفة الوزن.

- **المحاكاة الحيوية للمواد:(Material Biomimicry)**

يركز على تطوير مواد جديدة من خلال دراسة المواد البيولوجية. يشمل ذلك تقليد التركيب الكيميائي والخواص الفيزيائية للمواد الطبيعية. مثال :إنشاء ألياف قوية ومرنة مستوحاة من حرير العنكبوت.

- **المحاكاة الحيوية للعملية:(Process Biomimicry)**

يتضمن تقليد العمليات البيولوجية والكيميائية التي تحدث في الكائنات الحية لتحسين العمليات الصناعية والتكنولوجية مثل كيفية توليد الطاقة، أو تنظيف المياه، أو إنتاج المواد مثال :استخدام مبادئ التركيب الضوئي لتطوير خلايا شمسية أكثر كفاءة.

- **مبادئ المحاكاة الحيوية**

مبادئ الطبيعة في المحاكاة الحيوية، والمعروفة أيضًا بمبادئ الحياة، هي مجموعة من الإرشادات المستوحاة من الطبيعة التي تساعد في توجيه تصميم المنتجات والأنظمة المستدامة. تم تطوير هذه المبادئ بواسطة معهد المحاكاة الحيوية ٣.٨ (Biomimicry 3.8, 2013) لتعزيز التفكير التصميمي المستدام وهي:

- تطور للبقاء ولتتناسب مع الحياة (Evolve to Survive) : ويعني تكييف وتطور الكائنات الحية باستمرار لتتناسب مع بيئاتها وتحقق البقاء. ولذا يجب أن تكون التصاميم مرنة وقابلة للتكيف مع التغيرات البيئية.
- استخدام الموارد بكفاءة(Adapt to Changing Conditions) : ويعني أن الكائنات الحية تتكيف بسرعة مع الظروف البيئية المتغيرة. لذا ينبغي أن تكون التصاميم قادرة على التكيف مع التغيرات المستمرة.
- الاحتفاء بالتنوع(Celebrate Diversity) : ويعني أن الكائنات الحية تعزز التنوع البيولوجي لتحقيق الاستقرار والمرونة. لذا ينبغي أن تدمج التصاميم عناصر متعددة ومتنوعة لتحقيق الفعالية.
- استخدام الطاقة الشمسية (Use Life-Friendly Chemistry) ويعني استخدام الكائنات الحية الكيمياء البيئية الآمنة لتحقيق الأهداف الوظيفية. لذا يجب أن تستخدم التصاميم مواد غير ضارة بيئيًا وآمنة للإنسان.
- تدوير كل شيء(Be Resource Efficient) : ويعني أن الكائنات الحية تعيد استخدام المواد والطاقة بكفاءة لتحقيق الفعالية. لذا ينبغي أن تكون التصاميم فعالة في استخدام الموارد وتعزز إعادة التدوير.
- التفاعل مع الأنظمة الأخرى (Integrate Development with Growth): ويعني أن الكائنات الحية تتعاون وتتكامل مع بعضها البعض لتحقيق التوازن البيئي. لذا يجب أن تدمج التصاميم بشكل متناغم مع البيئة الطبيعية.
- تحقيق الاستدامة (Optimize Rather than Maximize) : ويعني أن تسعى الكائنات الحية إلى تحسين العمليات بدلاً من تعظيم استهلاك الموارد. لذا ينبغي أن تركز التصاميم على التحسين المستمر لتحقيق الكفاءة والاستدامة.

(*Biomimicry3.8*, **2013**)

ومن خلال ما سبق عرضه من توضيح لمفهوم علم محاكاة الحيوية ومستوياته ومبادئه، يتضح أن المحاكاة الحيوية تهدف إلى استلهام وتقليد النماذج، الأنظمة، العمليات البيولوجية الموجودة في الطبيعة لحل المشكلات البشرية بطريقة مبتكرة ومستدامة. يتميز هذا العلم بدمج المعرفة البيولوجية مع الهندسة والتصميم لتطوير منتجات وتقنيات وأنظمة تحاكي تلك الموجودة في العالم الطبيعي. ويمكن الاستفادة من هذا العلم أيضا في تدريس العلوم والمناهج متعددة التخصصات واستخدامه كمدخل تدريسي من أجل تصميم حلول للمشكلات العلمية التي يحاول المتعلمون استكشافها وحلها في فصول العلوم وهذا ما يطرحه الجزء التالي من الدراسة.

- **نتائج السؤال الثاني:**

ينص السؤال الثاني على (كيف تناول الأدب التربوي استخدام المحاكاة الحيوية في سياق التعليم والتعلم؟) بالرجوع إلى الأدبيات والدراسات السابقة أمكن الإجابة عن السؤال فيما يلي:

- **تعليم المحاكاة الحيوية في الفصول الدراسية**

تُعد المحاكاة الحيوية كطريقة تعلم سياقية أداة قوية يمكن استخدامها في التعليم لدمج تدريب المهارات عبر العلوم. حيث تشجع المشاريع المستوحاة من المحاكاة الحيوية الطلاب على اكتساب المعرفة والمهارات المختلفة مع تعلم التفكير بطريقة مستدامة. ويمكن تطبيق هذه الطريقة على العديد من العلوم البحتة التي يمكن ان تساعد في تطبيق مهارات القرن الحادي والعشرين في مناهج التعليم متعددة التخصصات (Roobeek, 2019).

فقد اهتمت الدراسات التربوية حديثًا باستخدام المحاكاة الحيوية في التعليم، كأحد التوجهات الحديثة للتعليم متعدد التخصصات والتعليم من أجل الاستدامة، وأكدت تلك الدراسات أهمية المحاكاة الحيوية في تنمية جوانب متعددة لدى الطلاب في المراحل الدراسية المختلفة، ومن هذه الدراسات:

دراسة William, et al (2018) التي قدمت مجموعة من الأنشطة الناجحة التي استخدمت لتعليم المحاكاة الحيوية لتلاميذ الصف الأول الابتدائي، ودراسة Roobeek (2019) التي هدفت إلى تحديد الدور الذي يمكن أن تلعبه المحاكاة الحيوية في سد الفجوات التي يحددها المعلمون بين الوضع التعليمي الحالي والمأمول في هولندا. وتم تحديد هذه الفجوات من خلال إجراء تحليل للاحتياجات، واستخدام النتائج لتحديد معايير لمواد تعليمية جديدة حول المحاكاة الحيوية. تم تقييم المواد المطورة وتحليلها، مما شكل مع تحليل الاحتياجات أساس تقرير استشاري لمؤسسة المحاكاة الحيوية الهولندية BiomimicryNL. ، والذي يسعى لتضمين المحاكاة الحيوية في التعليم الثانوي. توصلت الدراسة إلى أن المحاكاة الحيوية لديها القدرة على أن تكون جزءاً فعالاً من التعليم الثانوي، وأظهرت أن المواد التعليمية المتعلقة بالمحاكاة الحيوية تضيف قيمة من خلال التوافق الوثيق مع أساليب التعليم الحديثة. يضمن النهج القائم على المحاكاة الحيوية توفير تجربة تعليمية متمركزة حول الطالب، مما يثير فضول الطلاب ويسمح بالتعلم النشط. إضافة إلى ذلك، تدمج المواد التعليمية المستندة إلى

المحاكاة الحيوية بين المشاريع البينية التي تغطي بشكل شامل المهارات الأكثر طلباً في القرن الحادي والعشرين.

كما خلصت دراسة Canbazoğlu,et al (2021) إلى أن الأنشطة القائمة على المحاكاة الحيوية تساعد الطلاب في استكشاف المفاهيم العلمية مثل تلوث الهواء والخصائص الهيكلية لمختلف الكائنات الحية. ولاحظت الدراسة أنه بعد أنشطة المحاكاة الحيوية، طور الطلاب أفكاراً متنوعة فيما يتعلق بالأدوات البيئية المستوحاة من الطبيعة. علاوة على ذلك، وجد أن فحص الأنظمة والخصائص الهيكلية للكائنات الحية في العملية المستوحاة من الطبيعة سهلت على المتعلمين اكتساب المعرفة العلمية بشكل أكثر فعالية.

وقدمت دراسة Oguntona & Aigbavboa (2023b) إطار مفاهيميًا لتطبيق مبادئ المحاكاة الحيوية في التعليم والتعلم في مرحلة التعليم العالي وتقدم أمثلة على طرق التدريس المستوحاة من الطبيعة، مثل التعلم التجريبي والتعلم التعاوني وحل المشكلات في العالم الحقيقي. كما أوضحت التحديات والفوائد المحتملة لاستخدام مبادئ المحاكاة الحيوية في التعليم العالي. وتؤكد أن استخدام مبادئ المحاكاة الحيوية يمكن أن يحدث تحولاً في ممارسات التعليم والتعلم في التعليم العالي، ويساعد في تجهيز الطلاب لمواجهة التحديات المعقدة في القرن الحادي والعشرين.

وحللت دراسة Deliman & Lott (2023) محتوى العديد من الكتب المصورة التي ركزت على موضوع البيئة الحيوية، وهي ثلاثة كتب مصورة تم نشرها مؤخرًا والتي ستكون بمثابة نقاط ارتكاز لإنشاء أنشطة قائمة على الاستقصاء لتلاميذ الصف الأول، كما وصف الفرص المتاحة لتعزيز الفهم من خلال استخدام الكتب المصورة عالية الجودة يمكن قراءتها بصوت عالٍ في الفصول الدراسية لمرحلة الطفولة المبكرة، كما قدمت أمثلة على كيفية ربط معايير العلوم للجيل القادم NGSS بمعايير القراءة والكتابة أثناء تنفيذ ارتباطات التعلم القائمة على الاستقصاء.

وقد أشار Adıgüzel, et al (2024) لمدخل المحاكاة الحيوية كممارسات تعليمية تعتمد على أنشطة علمية متعددة التخصصات وترتبط في كثير من الأحيان بمدخل STEM حيث تم تقييم تأثير مدخل المحاكاة الحيوية على عملية التعلم والتعليم، استناداً إلى نتائج الدراسات المتعلقة بممارسات التدريس باستخدام مدخل المحاكاة الحيوية. تم إجراء البحث باستخدام طريقة المراجعة المنهجية. لعدد ١٦ دراسة علمية. لبحث تأثير مدخل المحاكاة الحيوية في التعليم على مهارات الطلاب عبر مجالات متعددة، بما في ذلك المعرفية وما وراء المعرفية والوجدانية والاجتماعية، أظهرت النتائج أن دمج المحاكاة الحيوية في الأنشطة التعليمية يحسن من المهارات العلمية والمعرفية للطلاب، ويعزز التفكير الناقد والإبداعي، ويزيد من الوعي بالعلاقة بين التكنولوجيا والطبيعة. كما يشجع الطلاب على استخدام مجموعة متنوعة من المصادر التعليمية؛ مما يعزز مهارات البحث العلمي وحل المشكلات. بالإضافة إلى ذلك، تحفز المحاكاة الحيوية الدافع للتعلم وتطوير مهارات القيادة والسلوك البيئي المسؤول،

تعد هذه النتائج دليلاً على الإمكانات الكبيرة للمحاكاة الحيوية في تحسين التجربة التعليمية وتعزيز مهارات القرن الحادي والعشرين لدى الطلاب، مما يجعلها نهجاً واعداً لتحقيق تعليم شامل ومستدام.

ويضيف (Adıgüzel, et al, 2024) وصفًا للأنشطة التعليمية القائمة على المحاكاة الحيوية بأنها تلك الأنشطة التي تعتمد على استلهام الأفكار والتصاميم من الطبيعة وتطبيقها في العملية التعليمية لتعزيز فهم الطلاب وتحسين مهاراتهم في تخصصات متعددة ويتم تنفيذ هذه الأنشطة من خلال دمج مبادئ المحاكاة الحيوية في المناهج الدراسية، مما يعزز التفاعل بين الطلاب والبيئة الطبيعية والتكنولوجيا.

وبناء على العرض السابق يتضح أن هناك فهم واضح ومحدد لمفهوم المحاكاة الحيوية كعلم قائم بذاته، لكن تباينت الأدبيات والدراسات التربوية حول مفهوم للمحاكاة الحيوية في السياق التعليمي هل هي مدخل تعليمي أم أنشطة تعليمية متعددة التخصصات أم ممارسات تدريسية أم محتوى علمي يمكن دمجه بالمناهج التعليمية، فيمكن اعتبار المحاكاة الحيوية مدخلًا تعليميًا إذا استخدمت كإطار نظري ومنهجي لتصميم المناهج والبرامج التعليمية، حيث يمكن للمعلمين والطلاب اتباع أساليب واستراتيجيات مستوحاة من الطبيعة لحل المشكلات وتعزيز التعلم النشط. وعندما تُستخدم المحاكاة الحيوية كأنشطة تعليمية متعددة التخصصات، فإنها تتيح دمج المعرفة والمهارات من مجالات علمية مختلفة، مما يساعد الطلاب على تطوير فهم شامل ومتكامل للموضوعات الدراسية.أما عند استخدامها كممارسات تدريسية، فإنها تتجسد في الأساليب التعليمية التي يعتمدها المعلمون لتعزيز مهارات التفكير لدى الطلاب من خلال تطبيق مبادئ المحاكاة الحيوية في الأنشطة الصفية والتجارب العملية. ويمكن أيضًا اعتبار المحاكاة الحيوية محتوى علميًا يمكن دمجه في المناهج التعليمية من خلال تضمين مفاهيم وأساليب مستوحاة من الطبيعة في الدروس والمقررات الدراسية، مما يسهم في تنمية وعي الطلاب بالعلاقات البيئية والتطبيقات التكنولوجية المستدامة، أي أنه، تتنوع استخدامات المحاكاة الحيوية في التعليم تبعًا للسياق والأهداف التعليمية المرجوة، مما يجعلها أداة تعليمية مرنة وقيمة لتعزيز التعلم الفعال والشامل.لكن تهتم الدراسة الحالية بتعريف المحاكاة الحيوية كنموذج تدريسي يمكن الاعتماد عليه في تعليم العلوم والتعليم متعدد التخصصات من خلال تطبيق المحاكاة الحيوية لتعليم مهارات التفكير التصميمي.

ومن خلال استقراء الأدبيات التي حللتها الدراسة يمكن تعريف نموذج التدريس بالمحاكاة الحيوية بأنه "إطار تعليمي وتعلمي يستند إلى المحاكاة الحيوية ويهدف لتنمية مهارات التفكير التصميمي لدى المتعلمين عبر مراحل متكاملة وذات خطوات وإجراءات محددة؛ من خلال توظيف أنشطة علمية تعتمد على ملاحظة المتعلمين للأشكال والوظائف والهياكل والعمليات والمواد التي تطورت في الطبيعة واستخدمها كنقطة إلهام لعمل تصميماتهم الخاصة من أجل مواجهة المشكلات البشرية في سياق تعليم العلوم والتعليم متعدد التخصصات". فيمكن استخدام نموذج المحاكاة الحيوية في التدريس للدمج بين عدة تخصصات هي العلوم

والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات والفنون وغيرها من المواد التي يمكن أن تتكامل مع بعضها البعض لبحث حلول لمشكلة ما وخاصة مشكلات الإستدامة. وكذلك لا يقتصر استخدام المحاكاة الحيوية على تنمية مهارات التفكير التصميمي فحسب، بل تستخدم أيضا لتنمية العديد من المهارات مثل المهارات المعرفية والعلمية ومهارات القرن الحادي والعشرين والمهارات الناعمة والتفكير المستدام والتفكير الناقد والإبداعي وغيرها.

- **طرق تعليم المحاكاة الحيوية في الفصول الدراسية**

يمكن تطبيق المحاكاة الحيوية في التعليم والتعلم بعدة طرق (Eagle-Malone,2021; Yeter, et al, 2023; Deliman & Lott,2023; EcoRise, 2024)، وفيما يلي بعض الأمثلة:

- التعلم التعاوني ومتعدد التخصصات: تركز المحاكاة الحيوية على أهمية التعاون والترابط في النظم البيئية الطبيعية. يمكن للمعلمين تصميم مشاريع وأنشطة متعددة التخصصات من خلال تعزيز التعاون، يمكن للمتعلمين دمج مهاراتهم ووجهات نظرهم المتنوعة لتقديم حلول شاملة ومبتكرة لمشكلات في العالم الحقيقي وتحفيز المتعلمين على استكشاف كيف يمكن أن تكون الطبيعة قد حلت مشكلات مماثلة بالفعل. يحفز هذا المدخل الإبداع والبحث ويعزز التقدير لحكمة الطبيعة.
- التعلم المستدام والإستدامة: الطبيعة مستدامة بطبيعتها، حيث تتمتع العديد من النظم البيئية بقدرة على التجدد والشفاء الذاتي. يمكن للمعلمين الاستفادة من هذه المبادئ لتوجيه المتعلمين في تصميم وتطوير حلول تقلل من التأثيرات البيئية السلبية وتدعم الممارسات المتجددة بما يسهم في تعزيز الممارسات المستدامة.
- التعلم خارج الصف: يبدأ المحاكاة الحيوية غالبًا بالدهشة والفضول حول العالم الطبيعي. يمكن للمعلمين تشجيع هذه النظرة من خلال إدماج تجارب التعلم خارج الصف والمشاهدة في عملية التعلم. هذه الطريقة تثير الرغبة في التعلم مدى الحياة والتقدير العميق للبيئة الطبيعية.
- دمج تصاميم وأنماط الطبيعة: توفر الطبيعة مجموعة متنوعة من التصاميم والأنماط التي تطورت على مر السنين. يمكن للمعلمين دمج هذه التصاميم في بيئات التعليم لتحفيز الإبداع والتفكير الناقد لدى المتعلمين. على سبيل المثال، يمكن لدروس الهندسة أن تستكشف النمط السداسي الفعال الموجود في خلايا العسل أو الهيكل الديناميكي لأجنحة الطيور لفهم مبادئ الهندسة والتصميم. يُعتبر النظام البيئي الطبيعي أيضًا نموذجًا ممتازًا للأنظمة المترابطة والمتكيفة. يمكن للمعلمين الاستفادة من هذه الأمثلة لتعليم المتعلمين إدارة الموارد المستدامة.
- التعلم بالاكتشاف من خلال الكتب المصورة: ذكرت دراسة (Deliman & Lott, 2023) أن المحاكاة هي مجال الهندسة الذي يستخدم الطبيعة لتصميم حلول للمشكلات والتحديات البشرية. ولكي يفهم التلاميذ الصغار هذه الظاهرة المعقدة، فإنهم يحتاجون إلى فرص للاستكشاف وطرح الأسئلة ومناقشة الأفكار حول الحلول المستوحاة من الطبيعة. وبرغم أن التجارب العلمية المباشرة مع المحاكاة الحيوية ستكون مثالية، إلا أن هذا قد لا يكون عمليًا

دائمًا ومكلف للوقت والجهد، ولكن يمكن لمعلمي المرحلة الابتدائية جلب هذه الظاهرة إلى الصف الدراسي باستخدام الكتب المصورة. تخلق الكتب المصورة السياق الذي يطرح فيه التلاميذ الأسئلة، ويحددون المشكلات، ويطورون الحلول المحتملة باستخدام الكفاءات الأساسية الموجودة في معايير علوم للجيل القادم (NGSS). إن الكتب المصورة للأطفال جذابة ولديها القدرة على إثارة الفضول والإبداع الذي ينتشر فوق صفحات الكتاب.

- **متطلبات سابقة لتعلم المحاكاة الحيوية**

إن تنفيذ مدخل المحاكاة الحيوية بشكل فعال في البيئات التعليمية، يستلزم تعزيز فهم المعلمين وكفاءتهم من خلال برامج تطوير مهني مستهدفة، سواء أثناء تدريبهم الأولي أو من خلال التدريب المستمر أثناء الخدمة الذي يركز على التطبيق العملي. من خلال تدريب المعلمين على مبادئ ومستويات المحاكاة الحيوية، وتمكينهم من دمج تجارب التعلم المستوحاة من الطبيعة بشكل فعال في ممارساتهم التعليمية. يتيح ذلك للمعلمين إرشاد الطلاب في التعرف على براعة الطبيعة وحكمتها، واستخلاص الدروس القيمة من النظم الطبيعية، وتعزيز الروابط بين التخصصات المختلفة، وتحسين مهارات حل المشكلات الإبداعية والتفكير الناقد (Adıgüzel, et al, 2024).

كما يشير Deliman & Lott (2023) أن فهم المحاكاة الحيوية يحتاج من الطلاب فهم أساسي للاختراعات، إذا لم يكن الطلاب على دراية بالاختراعات، فيجب على المعلم تقديم المحاكاة الحيوية من خلال جعل الطلاب يتعرفون على الاختراعات من حولهم. قد يطلب المعلم من أحد الطلاب أن يأتي إلى السبورة ويكتب اسمه، لكن لا تعطه قلم مسح جاف. سوف يدرك الطالب أنه لا يمكنه الكتابة على السبورة بدون قلم مسح جاف. سيقدم المعلم بعد ذلك كلمة اختراع، وهو شيء تم صنعه ويمكنه حل المشكلة. في هذه الحالة، يعد قلم المسح الجاف اختراعًا للكتابة على السبورة البيضاء. يمكن للمعلم بعد ذلك أن يطلب من الطلاب البحث في الفصل عن اختراعات أخرى (مثل أجهزة الكمبيوتر ومبراة الأقلام وما إلى ذلك). يجب على المعلمين التأكيد على أن الاختراعات لا يجب أن تكون إلكترونية، بل يمكن أن تكون بسيطة مثل المناديل أو الضمادات.

- **خطوات تطبيق أنشطة المحاكاة الحيوية في الصف**

أن المحاكاة الحيوية مفهوم يصعب على الأطفال الصغار فهمه، لذا اقترح William, et al (2018) خطوات للأنشطة الصفية التي تعتمد على المحاكاة الحيوية في الصفوف الدراسية للمتعلمين الصغار بالمرحلة الدنيا، كالتالي:

- يبدأ النشاط بمناقشة صفية حول التمويه، وهو مفهوم اختبره العديد من التلاميذ.
- يشارك التلاميذ في نشاط يُطلب منهم فيه جمع النقاط الملونة بسرعة من قطعة من ورق البناء.
- يتم تعريف التلاميذ بفلكور Velcro من خلال قصة عن Velcro[1].

[1] في عام ١٩٤١، كان المهندس السويسري جورج دي مسترال في رحلة صيد مع كلبه في جبال الألب السويسرية. لاحظ دي مسترال أن بذور الأرقطيون (نوع من النباتات البرية) كانت تلتصق بملابسه وفراء كلبه بقوة على تطوير مادة صناعية تحاكي هذه الآلية. في النهاية، تمكن من إنتاج شريطين: أحدهما يحتوي على خطافات والآخر يحتوي على حلقات يمكن أن تتشابك معًا بإحكام. أطلق على اختراعه اسم "فلكرو (Velcro)"

- إعادة تقديم مصطلح المحاكاة الحيوية وتعريفه بشكل واضح.
- يبحث التلاميذ عن فكرة المحاكاة الحيوية الخاصة بهم حيث يُطلب من التلاميذ البحث عن ملاحظة في الطبيعة قد يكون لها بعض الاستخدامات العملية للبشر.
- إنشاء عرض تقديمي قصير يتضمن النتائج التي توصلوا إليها من خلال استخدام الموارد من موقع Ask Nature[2] التابع لمعهد المحاكاة الحيوية.
- طوال هذا النشاط، يعمل التلاميذ بشكل تعاوني في مجموعات مكونة من أربعة أفراد بشكل غير متجانس مع الاهتمام بمهارات القراءة، والإبداع، والتعبير، والتواصل.

• مثال تطبيقي لاستخدام المحاكاة الحيوية في أحد دروس مادة العلوم

تصدر مؤسسة إيكورايز بالتعاون مع معهد المحاكاة الحيوية (EcoRise Youth Innovations & Biomimicry Institute, 2016). مجموعة من دورس تبين كيفية دمج واستخدام المحاكاة الحيوية في تعليم عبر التخصصات المختلفة، نستعرض المثال التالي:

• موضوع الدرس :

دراسة التكيفات البيولوجية لخنافس صحراء في جمع بخار الماء من الهواء وتطبيقها في تصميم أجهزة اصطناعية لالتقاط الندى (الضباب).

• الهدف من الدرس:

- التعلم البيولوجي : فهم التكيفات البيولوجية التي تساعد الكائنات الحية على البقاء في البيئات القاسية.
- التفكير التصميمي : تطبيق المعرفة البيولوجية في تصميمات هندسية لحل مشكلات إنسانية.
- التجربة العملية : تطوير مهارات العمل العملي من خلال تصميم وبناء واختبار نماذج أولية.

• خطوات الدرس:

- استكشاف تكيفات الخنافس:
  - ✓ التكيفات الجسدية : يتعلم الطلاب عن البنية الجسدية الخاصة بخنافس صحراء التي تساعدها في جمع بخار الماء من الهواء.
  - ✓ الهيكل الخارجي : مثل الأسطح المجعدة والنتوءات التي تساعد في تكثيف الماء من الضباب.
  - ✓ التكيفات السلوكية : يتعرف الطلاب على السلوكيات التي تتبعها الخنافس للبقاء على قيد الحياة، مثل الوقوف بزاوية معينة لالتقاط أكبر كمية ممكنة من الندى.
  - ✓ دراسة حالات : فحص أمثلة تفصيلية لتكيفات الخنافس من خلال صور أو مقاطع فيديو توضيحية.
- أمثلة على الابتكارات البشرية:
  - ✓ ابتكارات مستوحاة من الطبيعة : دراسة عدة أمثلة للابتكارات البشرية التي تستفيد من استراتيجيات الخنافس في جمع الماء.

[2] https://asknature.org/resource/what-is-biomimicry/

- ✓ شبكات التقاط الضباب : مثل الشبكات المستخدمة في المناطق الجافة لجمع الماء من الضباب.
- ✓ تقنيات التكثيف :تطبيق تصميمات مستوحاة من سطح الخنافس في تطوير مواد وأجهزة قادرة على تكثيف وجمع الماء.

➢ تصميم وبناء نموذج جهاز التقاط الندى:

- ✓ مقدمة إلى المشروع العملي :شرح الهدف من المشروع وكيفية تطبيق المعرفة المكتسبة من دراسة الخنافس.
- ✓ مواد البناء :تقديم قائمة بالمواد والأدوات اللازمة لتصميم وبناء جهاز التقاط الندى، مثل الأقمشة الشبكية، البلاستيك، والإطارات المعدنية.
- ✓ التصميم :توجيه الطلاب لرسم مخططات وتصاميم لنماذجهم الأولية، مع مراعاة المبادئ التي تعلموها من الخنافس.
- ✓ البناء :العمل على بناء النموذج الأولي لجهاز التقاط الندى، باستخدام المواد المتاحة.
- ✓ الاختبار والتقييم :اختبار النماذج في ظروف محاكاة لجمع الندى، وتقييم فعاليتها بناءً على كمية الماء التي يتم جمعها.

يتضح من الدرس السابق الجمع بين الجانب النظري والتطبيقي؛ مما يساعد الطلاب على تطوير مهاراتهم في التحليل والتصميم، ويشجعهم على التفكير في كيفية استخدام المعرفة المستمدة من الطبيعة لتطوير حلول مبتكرة ومستدامة للتحديات التي يواجهها الإنسان.

• فوائد دمج المحاكاة الحيوية في التعليم

يوفر استخدام مدخل المحاكاة الحيوية في التعليم العديد من الفوائد (MacKinnon, et al.2020; Deliman & Lott,2023; Yeter, et al, 2023; Eagle-Malone, 2021) منها:

➢ الاستدامة: تعزز المحاكاة الحيوية الوعي بالتصاميم المستدامة الموجودة في الطبيعة. من خلال التعلم من النظم البيئية واحترام التوازن البيئي، يطور المتعلمون وعيًا أقوى بالحفاظ على البيئة وميلهم لاعتماد ممارسات مستدامة في حياتهم الشخصية والمهنية.

➢ التعليم المتعدد التخصصات: تربط المحاكاة الحيوية بين التخصصات المختلفة مثل البيولوجيا والهندسة والتصميم والتكنولوجيا والكيمياء والفيزياء والفنون. فهي تشجع على اتباع مدخل متعدد التخصصات لحل المشكلات، مما يساعد المتعلمين على التعرف على ترابط وتكامل المعرفة.

➢ حل المشكلات والتفكير الناقد: تعزز المحاكاة الحيوية مهارات حل المشكلات والتفكير الناقد. حيث يتم تشجيع المتعلمين على تحليل وتكييف استراتيجيات الطبيعة للسياقات البشرية، وتقييم كفاءة النماذج الطبيعية وتطبيقها في مجالات مختلفة مثل التكنولوجيا والهندسة والتصميم.

➢ الابتكار والإبداع: تعزز المحاكاة الحيوية الابتكار والإبداع من خلال تحفيز المتعلمين على مراقبة وفهم النظم الطبيعية، حيث يتحفز المتعلمون على التفكير بشكل إبداعي وتطوير حلول مبتكرة للتحديات الحقيقية.

- التعلم مدى الحياة: تعزز المحاكاة الحيوية الاستمرار في التعلم من خلال تعزيز الاهتمام بالمعرفة المتاحة في الطبيعة. حيث يتم تشجيع الطلاب على استكشاف والاستفادة من العالم الطبيعي بعد انتهاء التعليم الرسمي، مما يدفعهم لمواصلة التعلم.
- الصلة بالعالم الحقيقي: تؤكد المحاكاة الحيوية على التطبيق العملي للمعرفة. من خلال دراسة حلول الطبيعة وترجمتها إلى ابتكارات ملموسة، يرى الطلاب صلة تطبيقية لتعلمهم، مما يؤدي إلى تجربة تعليمية أكثر مغزى وتأثيرًا.
- التكيف والمرونة: تعلم المحاكاة الحيوية المتعلمين دروسًا قيمة حول المرونة والتكيف من خلال دراسة قدرات الكائنات الحية في التكيف مع التغيرات. يتم تجهيز المتعلمين لمواجهة التحديات بثقة ومرونة، مما يمكنهم من التكيف مع التغيرات في المستقبل.

• التحديات في دمج المحاكاة الحيوية في التعليم

يمكن استنتاج أهم التحديات التي تواجه دمج المحاكاة الحيوية في مناهج الدراسية عامة والمناهج متعددة التخصصات وكذلك مناهج العلوم من خلال ما تحليل ما ورد في دراسات كل من (Oguntona & Aigbavboa,2023a; Yeter, et al, 2023; Deliman& Lott, 2023) فيما يلي:

- نقص المناهج متعددة التخصصات: يتطلب المحاكاة الحيوية منهجًا متعدد التخصصات ومتكاملا. لا يمكن تنفيذه بشكل فعال من خلال التركيز فقط على تخصص واحد. كمت تتطلب فهمًا شاملاً للمفاهيم والمبادئ من مجالات مختلفة مثل البيولوجيا والتصميم والهندسة والاستدامة. يحتاج المعلمون إلى التعاون مع خبراء من مجالات مختلفة لتعريف الطلاب بمجموعة واسعة من الآراء والحقائق.
- المقاومة للتغيير: قد تعوق المقاومة للتغيير داخل المؤسسات التعليمية اعتماد نهج تربوي جديد مثل المحاكاة الحيوية. قد يكون بعض المسؤولين والمعلمين مترددين في التخلي عن الأساليب التعليمية التقليدية أو قد ينظرون إلى المحاكاة الحيوية على أنه اتجاه عابر بدلاً من استراتيجية تعليمية قابلة للتطبيق. يتطلب التغلب على هذه المقاومة بناء الوعي وتطوير المهارات وتغيير العقلية.
- نقص الوعي والمعرفة: يعد نقص الفهم والوعي بمبادئ المحاكاة الحيوية بين المعلمين تحديًا رئيسًا آخر. قد يكون العديد من المعلمين غير ملمين بالمفهوم أو الفوائد المحتملة لتحسين تجربة التعلم. بدون معرفة كافية وقدرة تفكير في محاكاة حيوية قوية من قبل المعلمين، يصعب دمج المحاكاة الحيوية بشكل فعال في المنهج الدراسي.
- قلة الموارد وصعوبة الوصول إلى المعلومات: يواجه تنفيذ المحاكاة الحيوية للتعليم تحديات بسبب نقص الموارد وصعوبة الوصول إلى المعلومات ذات الصلة. قد يواجه المعلمون صعوبة في العثور على مواد مناسبة ودراسات حالة وأمثلة عن المحاكاة الحيوية في العمل العملي الذي يجده الطلاب مفيدًا. وقد يكون الوصول المحدود إلى التنوع البيولوجي والبيئات الطبيعية أيضًا عائقا أمام تطبيق المحاكاة الحيوية، حيث يعتمد بشكل كبير على الملاحظات المباشرة للطبيعة وأنماطها.

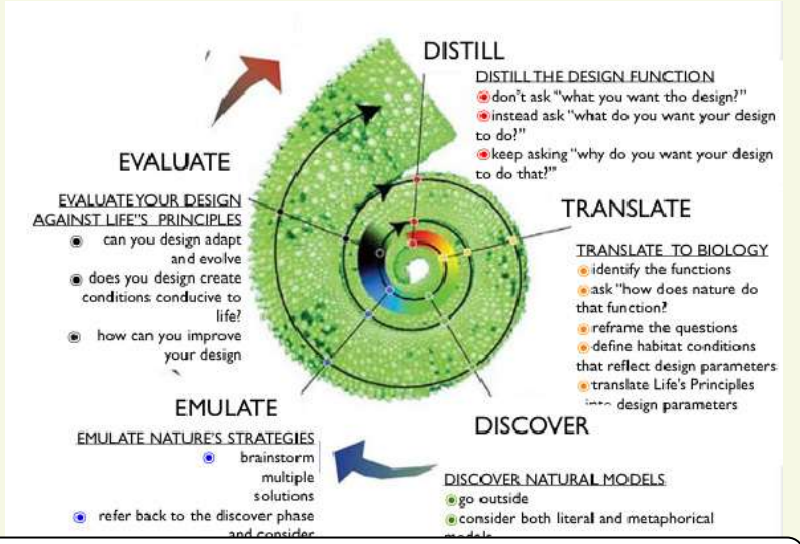
- المناهج الجامدة: تتميز العديد من المؤسسات التعليمية بهياكل مناهج جامدة ومتطلبات تقييم موحدة، مما يترك مساحة محدودة لدمج مدخل مبتكر مثل المحاكاة الحيوية. يمكن أن يكون تكامل أساليب التدريس والمحتوى الجديد في المناهج الحالية تحديًا دون إخلال الإطار التقليدي المتبع من قبل معظم المدارس والمؤسسات التعليمية.
- نقص التدريب والتطوير المهني: لتنفيذ المحاكاة الحيوية بشكل فعال في التعليم، يحتاج المعلمون إلى التدريب والمعرفة اللازمة لتطبيق مبادئ المحاكاة الحيوية في فصولهم الدراسية. ومع ذلك، فإن التدريب المتخصص وفرص التطوير المهني التي تركز على المحاكاة الحيوية غالبًا ما تكون نادرة أو غير متاحة خاصة مع حداثة هذا النهج.

• نتائج السؤال الثالث:

ينص السؤال الثالث على (ما العلاقة بين المحاكاة الحيوية ومهارات التصميم؟) بالرجوع إلى الأدبيات والدراسات السابقة أمكن الإجابة عن السؤال فيما يلي:

• العلاقة بين المحاكاة الحيوية ومهارات التصميم

قام المصمم الصناعي Hastrich (2006) بالتعاون مع معهد المحاكاة الحيوية Biomimicry Institute بتطوير المنهجية الحلزونية لاستخدام علم المحاكاة الحيوية في التصميم؛ وذلك لمساعدة المبتكرين والمصممين في استخدام الطبيعة للوصول إلى تصاميم لحل التحديات البشرية، كما يوضحها الشكل التالي:



شكل (١) خطوات استخدام المحاكاة الحيوية في عملية التصميم
المصدر (Rossin,2010) in (Hastrich, 2006)

- تحديد المشكلة: تحديد الوظيفة التصميم، ماذا تريد أن يفعل التصميم أو ما المغزى منه؟ ليس مجرد تصميم وإنما وظيفة التصميم. التفكير في تحديات التصميم من منظور مختلف إعادة صياغة البناء مع البيئة. البدء بتفكيك المشكلة من حيث الوظائف والعمليات والحلول والقيود المختلفة، ثم السؤال عن كيفية تعامل الطبيعة مع بعضها بشكل فردي؛ البدء في تنظيم هذا التحليل إلى إطار مرئي كامل، واستكشاف المفاهيم الكبيرة كنقاط بداية. حدد ما أسباب المشكلة ومن سيشارك في الحل، وأين المشكلة، أين سيتم تطبيق الحل.
- الترجمة والاستخلاص: عمل اتصال بين مشكلة التصميم والعالم الطبيعي. ترجمة التصميم إلى وظائف يمكن أن تنفذ في الطبيعة. اسأل كيف تفكر الطبيعة في هذه الوظيفة في حلول الاستدامة في المراحل الأولى من التصميم. تحديد الموائل / الموقع، الظروف المناخية، الظروف الغذائية، الظروف الاجتماعية، الظروف الزمنية. أما الاستخلاص يعني البحث عن الأنماط

والعمليات المتكررة داخل الطبيعة التي تحقق النجاح، قم بإنشاء تصنيف لمبادئ التصميم، اختر الأبطال (الكائنات والأنظمة) بأكثر الاستراتيجيات ذات الصلة لتحدي التصميم الخاص بك والحاجة إليه، الخلاصة من هذا هو الوصول لمجموعة من الانجازات والمبادئ المتكررة التي تحقق هذا النجاح. دراسة العلاقات بين المواد، والبيئة، والأداء، والتصميم.

- الاستكشاف: العثور على أفضل النماذج الطبيعية للإجابة عن الأسئلة المختصة بحل المشكلة التصميمية. عصف ذهني بتحديك مع التخصصات المختلفة مثل علماء الأحياء، والهندسة الميكانيكية لتوفرها في التصميم الخاص بك، هذا يتم من خلال موقع Ask Nature لإعطاء الحلول البيولوجية المختلفة أو المعرفة والاجتهاد الذاتي والذي يعد بالغ الصعوبة في الوصول لحلول.
- المحاكاة: محاكاة الاستراتيجية الطبيعية، عمل عصف ذهني للعديد من الحلول والعودة مرة أخرى لاكتشاف الجزء الذي في حاجة إلى الحل واعتباره التصميم النهائي ومن ثم عمل الاستنتاج والنتيجة النهائية بالتشارك مع علماء الأحياء والعودة مرة أخرى للتصميم ومحاولة اكتشاف العديد من الاستراتيجيات.
- التقييم: تقييم التصميم بالنسبة إلى مبادئ الطبيعة من حيث هل يمكن للتصميم التكييف والتأقلم؟، هل التصميم يبتدع ظروف تتكيف مع الحياة؟ وأخيرا تقييم كيفية تحسين التصميم.

ويشير كل من (Blok, & Gremmen, 2016; Stevens, et al, 2017; Bianciardi, et al. 2021) أن المحاكاة لحيوية هو مدخل في التصميم يسعى إلى إيجاد حلول من خلال محاكاة الأنماط والاستراتيجيات المجربة في الطبيعة. هناك طريقتان رئيسيتان لتطبيق المحاكاة الحيوية في التصميم هما:

- **الطريقة الأولى: من التحدي إلى البيولوجي**

هذا النهج يبدأ بتحديد مشكلة أو تحدي محدد ثم البحث في الطبيعة عن حلول. الخطوات المتبعة تشمل:

- تحديد التحدي: صياغة المشكلة بوضوح. قد يكون التحدي هندسيًا، أو مشكلة في الاستدامة، أو عدم كفاءة في التصميم.
- البحث البيولوجي: دراسة كيفية حل الطبيعة لمشاكل مشابهة. يتطلب ذلك دراسة الكائنات الحية، والنظم البيئية، والعمليات الطبيعية لفهم آلياتها واستراتيجياتها.
- استخراج المبادئ: استخراج المبادئ والاستراتيجيات الأساسية التي تستخدمها الكائنات الحية. يتطلب هذا فهمًا عميقًا للعمليات البيولوجية وترجمتها إلى مبادئ تصميمية.
- التطبيق في التصميم: تكييف وتطبيق هذه المبادئ البيولوجية لإنشاء حلول مبتكرة للتحدي الأصلي. تتضمن هذه الخطوة وضع المفاهيم، والنماذج الأولية، واختبار التصاميم للتأكد من فعاليتها في حل المشكلة.

- **مثال:**

- التحدي :تقليل استهلاك الطاقة في المباني.

- الحل البيولوجي :تحافظ تلال النمل الأبيض على درجة حرارة داخلية مستقرة من خلال التهوية الطبيعية.
- التطبيق :تصميم مباني بنظام تبريد سلبي مستوحى من هيكل تهوية تلال النمل الأبيض.

• الطريقة الثانية: من البيولوجي إلى التصميم

هذا المدخل يبدأ باكتشاف مبدأ بيولوجي أو استراتيجية في الطبيعة ثم البحث عن تطبيقات له في التصميم. الخطوات المتبعة تشمل:

- الاكتشاف البيولوجي :دراسة واكتشاف آليات الطبيعة واستراتيجياتها في الكائنات الحية والنظم البيئية.
- تحليل المبادئ: تحليل المبادئ الأساسية والاستراتيجيات المستخدمة في الكائنات الحية التي تم دراستها.
- تصور التطبيق: لتفكير في كيفية تطبيق هذه المبادئ البيولوجية في تصميمات جديدة. يشمل ذلك الإبداع في استخدام المعرفة البيولوجية لتحسين أو ابتكار تصميمات جديدة.
- تنفيذ التصميم: تطوير التصميمات وتطبيق المبادئ البيولوجية عليها. تتضمن هذه الخطوة اختبار النماذج وتحسينها بناءً على الفهم البيولوجي.

• مثال:

- الاكتشاف البيولوجي : تلتصق أقدام أبو بريص على الأسطح من خلال قوى فان دير فالز.
- تحليل المبادئ :فهم كيفية استخدام أبو بريص لشعيراته الصغيرة للتشبث بالأسطح.
- تصور التطبيقات :تطوير مواد لاصقة مستوحاة من أقدام أبو بريص.
- تنفيذ التصميم :إنتاج شريط لاصق يمكن استخدامه في التطبيقات الطبية أو الصناعية.

وفي سياق التعليم والتعلم، يشير Eagle-Malone (٢٠٢١) أن علم المحاكاة الحيوية وهو عملية استخدام الطبيعة لتوجيه وتنمية التفكير الابتكاري، وهو مفيداً في مساعدة الطلاب على فهم المفاهيم العلمية. فقد يجد المعلمون المهتمون بإدراج علم المحاكاة الحيوية في خطط الدروس أن التعلم التجريبي في المؤسسات العلمية غير الرسمية (ISIs) التي تحتوي على نماذج طبيعية ومعروضات هو أداة قيمة لمرافقة التعلم في الفصول الدراسية. حيث عند زيارة هذه المؤسسات، تتاح للطلاب فرصة مراقبة الطبيعة في الوقت الحقيقي والانغماس في الإلهام. وأثناء استكشاف الطلاب لهذه النماذج الطبيعية في البيئات والمعروضات، قد يسأل المعلمون الطلاب عن الميزات المثيرة للاهتمام التي يلاحظونها ويحثونهم على التفكير بشكل إبداعي في التصاميم الابتكارية التي يمكن أن تلهمها هذه الميزات. على سبيل المثال، قد يلهم خرطوم الفيل بفكرة ذراعًا آليًا. هذه التجارب المباشرة في المؤسسات العلمية غير الرسمية قد تستفيد من حب الطبيعة الفطري لدى الطلاب لتعلم المزيد عن الكائنات الحية وتؤدي إلى زيادة في الإبداع وإنتاج التصاميم.

كما يعرف (Bianciardi, et al, 2017) التفكير في المحاكاة الحيوية (Biomimicry Thinking) بأنه منهجية تصميمية وإبداعية تستلهم الأفكار والحلول من الطبيعة لحل المشكلات البشرية وتحسين العمليات والمنتجات والخدمات. تعتمد هذه المنهجية على ملاحظة

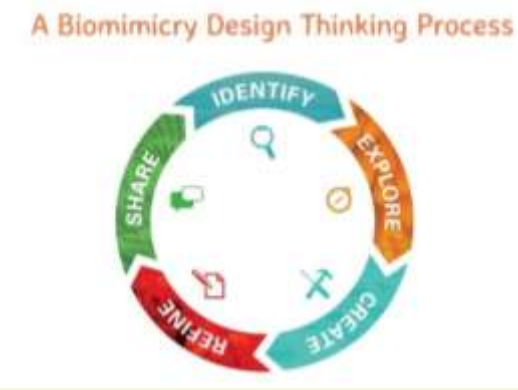
وفهم العمليات والأنظمة والهياكل الموجودة في الطبيعة ثم محاكاتها لتحقيق تحسينات مستدامة ومبتكرة.

وقد كشفت دراسة Qureshi (٢٠٢٢) عن كيفية مشاركة الطلاب في عملية المحاكاة الحيوية وأنواع التصاميم التي ينتجونها للكشف عن الأفكار التي يمكن أن تساعد المعلمين في تدريس المحاكاة الحيوية. أجريت تلك الدراسة على ٧٠ طالبًا جامعيًا تم تقسيمهم إلى ١٢ مجموعة. وباستخدام أسلوب التعلم القائم على الاستقصاء، اختار الطلاب التحدي الصحي الخاص بهم واقترحوا تصميمًا يحاكي الطبيعة. قدم الطلاب تقارير تم تحليلها من خلال التحليل الموضوعي الذي كشف عن العديد من النتائج، بما في ذلك شكلين هم الأكثر شيوعًا للمحاكاة الحيوية التي نفذها الطلاب، وقدمت الدراسة مزيد من الأفكار حول استراتيجية "محاكاة السلالات المهجنة"، وأنواع الكائنات الحية التي يحاكيها الطلاب، والنجاحات والصعوبات التي واجهها الطلاب في تطبيق المحاكاة الحيوية.

كما اهتمت دراسة Coban & Coştu (2023) بدمج المحاكاة الحيوية في تعليم العلوم من خلال اقتراح مدخل تدريسي لتلاميذ المدارس الابتدائية. استخدمت الدراسة منهج البحث الإجرائي، حيث تم تطبيق "مدخل تدريس المحاكاة الحيوية" المطور في الصف الخامس الابتدائي في مدرسةٍ عامة في تركيا، حيث يعمل أحد الباحثين كمعلم. وفقاً لهذا المدخل، تم تعريف التلاميذ أولاً بأنواع مختلفة من الكائناتِ الحية لتعزيز قدرتهم على ملاحظة الكائنات الحية وفهم العلاقة بينِ البنية والوظيفة. ثانياً، تم تعريفهم بمفهوم المحاكاة الحيوية من خلال عدة أمثلة. وأخيراً، شارك التلاميذ في "نموذج تصميم المحاكاة الحيوية". في نهاية دروس المحاكاة الحيوية، قام التلاميذ بتصميم نماذجهم من خلال الرسم والنمذجة المستوحاة من الكائنات الحية. تم تحليل آثار "مدخل تدريس المحاكاة الحيوية" على تصاميم التلاميذ. أظهرت النتائج أن تلاميذ الصف الخامس أنتجوا في الغالب أفكار تصميمية مستوحاة من الكائنات الحية التي تم تقديمها خلال دروس المحاكاة الحيوية. وأظهرت محاولات التلاميذ لإنشاء تصميمات مختلفة مستوحاة من الكائنات الحية في الطبيعة، مع مراعاة الوظيفة الكامنة وراء البنية الفيزيائية لهذه الكائنات، أن التلاميذ يمكنهم إنتاج أفكار تصميمية إبداعية وقابلة للتطبيق عندما يتم تعريفهم بمفهوم المحاكاة الحيوية من خلال "مدخل تدريس المحاكاة الحيوية".

• خطوات التفكير التصميمي بالمحاكاة الحيوية

التفكير التصميمي هو نمط من التفكير، يعود تاريخ هذا المفهوم لعقود سابقة وهو نتاج تراكم أبحاث أكاديمية وممارسة فعلية مع تطوير مستمر، ويعتمد على خليط من العلوم أهمها العمارة، الهندسة، العلوم الإنسانية، وإدارة الأعمال. وتستند منهجية التفكير التصميمي على حل القضايا من واقع الحياة وتبادل الآراء والابتكار وإنتاج



شكل (٢) خطوات التفكير التصميمي (EcoRise, 2024)

الأفكار المبدعة.

يُعرف التفكير التصميم بإنه مجموعة العمليات العقلية التي يمارسها المتعلمين، بهدف حل القضايا والمشكلات الواقعية من خلال ممارسة التخيل والقدرة على تحديد المشكلة وتوليد الأفكار الخلاقة وإنتاج النماذج الأولية واختبارها (ElBaz, 2018)

وقد ذكرت مؤسسة (EcoRise, 2024) أن الخطوات الخمس الرئيسة لعملية المحاكاة الحيوية التي تعتمد على التفكير التصميمي كما يوضحها الشكل (٢)، هي:

- يحدد: حدد التحدي الذي يجب معالجته، بما في ذلك أصحاب المصلحة والمعايير والقيود
- يستكشف: اكتشف كيف تمكنت الطبيعة من حل تحديات مماثلة
- يبتكر: تبادل الأفكار حول أفكار التصميم التي تحاكي استراتيجيات الطبيعة.
- يصقل: تقييم وتحسين أقوى فكرة التصميم.
- يشارك: قم بتطوير المواد اللازمة لمشاركة حل التصميم الخاص بك مع العالم.

وبذلك، تعد المحاكاة الحيوية طريقة مفيدة لتطوير مهارات الطلاب، مثل التفكير التصميمي والتفكير المنظومي، خاصة عند استكمالها بالتعلم القائم على الاستقصاء (Qureshi, 2022).

• العلاقة بين المحاكاة الحيوية ومدخل STEM

لقد برز علم المحاكاة الحيوية، وهو نظام مستوحى من استراتيجيات الطبيعة التي تم اختبارها عبر الزمن، كنموذج واعد للابتكار وحل المشكلات في مختلف المجالات Lurie-Luke, (2014)، فالمحاكاة الحيوية تتضمن فكرة أن الطبيعة قد حلت بالفعل العديد من التحديات التي تواجه البشرية من خلال دراسة ومحاكاة الأشكال والاستراتيجيات والعمليات والنظم البيئية الطبيعية، ويمكن للمتعلمين تطوير فهم أعمق للعالم من حولهم وتطبيق هذه المعرفة لإنشاء تصميمات وحلول مستدامة، حيث يقدم هذا النهج في التعليم نهجا متعدد التخصصات، يمزج بين علوم الحياة، ومواضيع العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات STEM وحل المشكلات بشكل إبداعي، والتصميم، والتفكير المنظومي (Yeter, et al, 2023)

ورغم أن المحاكاة الحيوية لها تاريخ طويل، إلا أنها لم تكتسب اهتمامًا واسعًا في التعليم إلا في الآونة الأخيرة. فالمحاكاة الحيوية تهدف إلى استلهام الأفكار من الطبيعة لحل المشكلات وتطوير مهارات التفكير الناقد. لذا تُعتبر نهجًا موجهًا نحو التصميم، مستندًا إلى العلوم البيولوجية والهندسة، ومطبقًا في مجالات مثل علوم المواد والهندسة المعمارية والتخطيط الحضري وقد أدى انتشار مداخل STEM و STEAM عالميًا إلى تعزيز الارتباط بينها وبين مدخل المحاكاة الحيوية. ودمج المحاكاة الحيوية أحيانًا مع هذه المداخل، حيث إن كلاهما يركز على التصميم والابتكار. وبرغم أن تعليم STEM يركز على مواد الرياضيات والعلوم، إلا أن المحاكاة الحيوية تتطلب فهما عميقا للعمليات الطبيعية والتفاعل بين الكائنات وبيئاتها، فقد أثبتت دراسة (Yıldırım, 2019) أن الطلاب معلمي العلوم لديهم آراء إيجابية حول ممارسات المحاكاة الحيوية في تعليم STEM وهذا بدوره يعزز الارتباط بين تلك المداخل.

وقد أشار كل من (Canbazoğlu-Bilici et al. 2021; Gencer et al, 2020) إلى أن استخدام مدخل المحاكاة الحيوية في الأنشطة التعليمية المرتبطة بالعلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات STEM يمكن أن يكون فعالاً في عمليات تصميم المشاريع المتكاملة التي تجمع بين مختلف التخصصات. وبالإضافة إلى ذلك، أظهرت الدراسات أن هذا النهج يمكن أن يحسن مهارات البحث العلمي لدى الطلاب. على سبيل المثال، عندما يشارك الطلاب في أنشطة المحاكاة الحيوية وأنشطة STEM، فإنهم يستخدمون مصادر متنوعة مثل الكتب والوثائق وجمع البيانات وتفسيرها وتطوير النماذج وشرح المفاهيم العلمية ومشاركة الأفكار وتحسينها من خلال المناقشة مع أقرانهم، وهذا يعزز من قدرتهم على المشاركة في عملية التعلم النشط.

- **نتائج السؤال الرابع :**

ينص السؤال الأول على (ما النموذج التدريسي الذي تقترحه الدراسة لاستخدام المحاكاة الحيوية في تنمية مهارات التفكير التصميمي؟) بالرجوع إلى الأدبيات والدراسات السابقة أمكن الإجابة عن السؤال فيما يلي:

- **النموذج التدريسي المقترح باستخدام المحاكاة الحيوية لتنمية مهارات التفكير التصميمي**

لقد ظهرت العديد من النماذج التدريسية التي تساعد المتعلم على مواجهة المواقف التعليمية، فقد جاء الاعتماد على النماذج التدريسية من منطلق أنَّ التدريس لم يُعدُّ فنا؛ فحسب كما كان يعتقد إلى وقت قريب، بل أصبح علمًا، بمعنى أنه يتطلب معرفة منظمة بأصوله، وأساليبه، واستراتيجياته، وكيفية التخطيط له، ليحقق أهدافا محددة، وكيفية الحفاظ على تفاعل نشط مع المتعلم، وقياس تقدمه نحو تحقيق أهدافه وتحديد فاعلية عملية التدريس من أجل تحسين ممارستها في المستقبل.

وكذلك تُشكل النماذج التدريسية في مجال تعليم العلوم أساسًا لفهم الظواهر العلمية بطرق علمية مبتكرة وتفاعلية. حيث تُعد النماذج أطر عمل مفهومية تعتمد على التوجهات الفلسفية الرئيسة نحو التدريس والتعلم، فهي تعمل كخطوط إرشادية تساعد المعلمين على تحديد مسؤولياتهم خلال مراحل التخطيط والتنفيذ وتقييم التدريس. وتساعد المعلمين في مساعدة المتعلمين على تعلم كيفية التعلم، وتعزيز فهمهم للعلوم وتقديم منهج تعليمي شامل يركز على بناء المعرفة بشكل تفاعلي اجتماعي متكامل. فالنماذج الفعّالة تُمكن المتعلمين من اكتساب مهارات التفكير، والبحث والتجريب والاستدلال بالأدلة، مما يُعزز قدراتهم على اتخاذ القرارات المناسبة بناءً على المعرفة العلمية؛ ويعزز الثقافة العلمية ويشجع على الابتكار والاكتشاف (Behar-Horenstein & Seabert, 2005; Joyce & Weil, Calhoun, 2000)

يُعرف إجرائيًا بأنه: "إطار تعليمي وتعلمي يستند إلى مبادئ المحاكاة الحيوية ويهدف لتنمية مهارات التفكير التصميمي لدى المتعلمين عبر مراحل متكاملة وذات خطوات وإجراءات محددة؛ من خلال توظيف أنشطة علمية تعتمد على ملاحظة المتعلمين للأشكال والوظائف والهياكل والعمليات والمواد التي تطورت في الطبيعة واستخدمها كنقطة إلهام لعمل تصميماتهم الخاصة من أجل مواجهة المشكلات البشرية في سياق تعليم العلوم والتعليم متعدد التخصصات".

- **المنطلقات النظرية للنموذج القائم على المحاكاة الحيوية:**

يستند النموذج المقترح إلى العديد من الأبحاث والنظريات المختلفة، حيث يتركز بشكل أساسي على كيفية تطور المعرفة وكيفية تبادلها بين الأفراد في مجموعة محددة، وكيفية استفادتها من عمليات التفكير والتواصل والتفاعل الاجتماعي لبناء نماذج وتصاميم لحل تحديات بيئية وعلمية تواجه المتعلمين. تم تطوير هذا النموذج في ضوء التوجهات التربوية التالية:

- النظرية البنائية:(Constructivism) : حيث تؤكد هذه النظرية على أن التعلم هو عملية بناء للمعرفة من خلال التجارب والخبرات. في سياق تعليم المحاكاة الحيوية، يمكن للمتعلمين استكشاف الأنظمة البيولوجية وتطبيقها في حل المشكلات الحقيقية، مما يعزز فهمهم للمفاهيم العلمية.
- التغيير المفاهيمي لبياجيه (Piaget's conceptual change research): نظرية بياجيه تنص على أن الأفراد يمرون بمراحل متعاقبة من التطور الإدراكي يتغير فيها تفسيرهم للعالم. يحدث تغيير المفاهيم عندما تواجه المعلومات الجديدة المفاهيم القديمة بتحديات وتناقضات تستدعي تعديل الاعتقادات، في تعليم المحاكاة الحيوية، يمكن تصميم الأنشطة التعليمية لتتناسب مع مراحل التطور الإدراكي للطلاب، مما يعزز استيعابهم للمفاهيم البيولوجية. أيضا يرى بياجيه أن التوازن عنصر أساسي في تطور تعلم المتعلمين. عند مواجهة الطلاب اضطرابات خارجية أو معلومات جديدة من خلال المحاكاة الحيوية، يتفاعلون لتحقيق الاتزان المعرفي. هذا التفاعل يشجعهم على تعديل مفاهيمهم السابقة واستيعاب المفاهيم الجديدة بشكل أعمق، ويمكن للمعلم تنظيم الأنشطة التعليمية بشكل يدعم تصحيح وتطوير المفاهيم العلمية. يشمل ذلك تشجيع دور المتعلم في بناء معرفته بناءً على خبراته السابقة، ومساعدة الطلاب في جعل أفكارهم واضحة وتوجيههم نحو الفهم الصحيح للمفاهيم الجديدة.
- نظرية فيجوتسكي (Vygotsky's Theory) "بنظرية التطور الاجتماعي": التي تركز على الدور الحيوي للتفاعل الاجتماعي في تطور الإدراك، حيث وضع فيجوتسكي ما يسمى بالمنطقة القريبة من النمو(Zone of Proximal Development - ZPD) تشير هذه الفكرة إلى الفرق بين ما يمكن أن يحققه المتعلم بمفرده وما يمكن أن يحققه بمساعدة الآخرين. في تعليم المحاكاة الحيوية، يمكن للمعلمين أن يستخدموا ZPD لتحديد الأنشطة التي تقع في حدود إمكانيات الطلاب ودعمهم لتحقيق مزيد من الفهم من خلال التفاعل والتوجيه. كما شدد فيجوتسكي على أن التعلم يحدث من خلال التفاعل مع الآخرين. ففي سياق المحاكاة الحيوية، يمكن للطلاب أن يعملوا معا في مجموعات لحل المشكلات وتصميم المشاريع، مما يعزز التعلم التعاوني وتبادل الأفكار.

- **حدود النموذج المقترح:**

- المنهج الدراسي : يمكن تطبيق النموذج في تعليم العلوم وكذلك التعليم متعدد التخصصات من خلال دمج بين عدة تخصصات هي العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات والبيئة والفنون وغيرها من المواد التي يمكن أن تتكامل مع بعضها البعض لبحث حلول لمشكلة ما وخاصة مشكلات الإستدامة من خلال نموذج التدريس بالمحاكاة الحيوية.

- المرحلة التعليمية: النموذج بمراحله المختلفة، يناسب المتعلمين في جميع المراحل التعليمية، بدءًا من المرحلة الابتدائية وحتى المرحلة الثانوية والجامعية. لكن مع مراعاة اختيار المشكلات أو التحديات بحيث تتناسب مع المستوى العمري والمعرفي للتلاميذ، مع التدرج من البسيط إلى الأكثر تعقيدًا حسب طبيعة المرحلة العمرية.

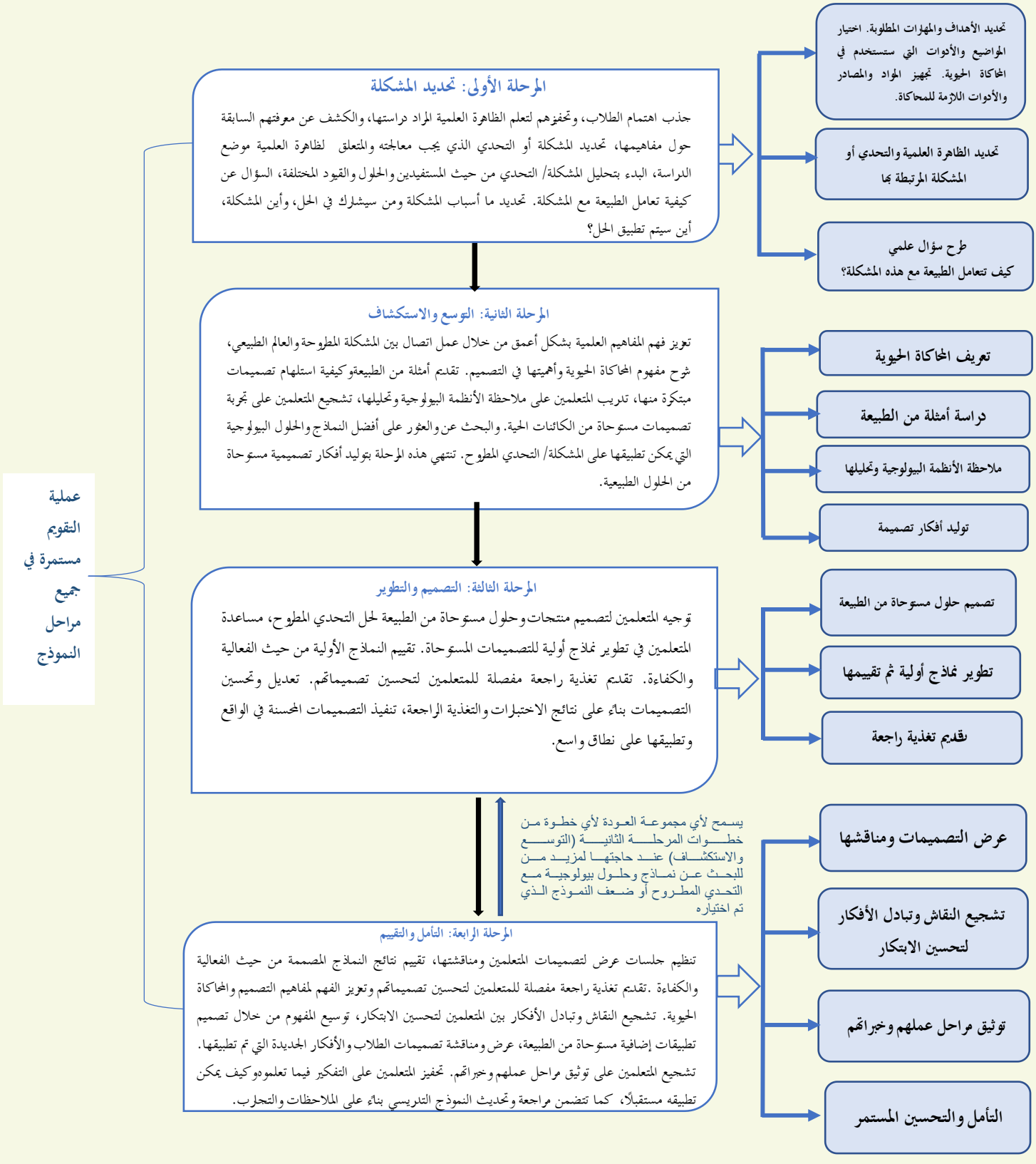
في المرحلة الابتدائية، يمكن التركيز على مشكلات بسيطة، واستخدام أمثلة مباشرة من البيئة المحيطة بالتلاميذ التي تتطلب مهارات تصميم نماذج بسيطة وشكلية. أما في المرحلة الإعدادية، فيمكن تقديم تحديات أكثر تعقيدًا، تتطلب تحليلاً أعمق وفهمًا أكبر للمفاهيم العلمية وتصميم نماذج أكثر وظيفية. في المرحلة الثانوية والجامعية، يمكن التعمق أكثر في التحديات المعقدة التي تتطلب استخدام مهارات متقدمة في التصميم. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن يتضمن النموذج التدريسي مرونة في الأساليب والأنشطة التعليمية لتلبية احتياجات وتفضيلات المتعلمين المختلفة، مع التركيز على توفير الدعم والإرشاد المستمر من قبل المعلم لضمان تقدم المتعلمين وتحقيقهم لأهداف التعلم المرجوة.

- **أهداف النموذج المقترح:**

يساهم النموذج في تحقيق الأهداف التالية:

- تسليط الضوء على التحديات التي تواجه التعليم في الوقت الحالي، والتي يأتي في مقدمتها تمكين أساليب تعليمية مبتكرة وفعالة لتحفيز اهتمام المتعلمين بالمواد العلمية وتنمية مهاراتهم العلمية ومهارات التفكير لديهم.
- توعية المتعلمون بأهمية دراسة طبيعة المحاكاة الحيوية في حياتهم اليومية وأثرها على حل التحديات البشرية، ودورها الفاعل في تحقيق الاستدامة في مجالات مختلفة مثل الطاقة والتقنية والصحة وغيرها.
- تمكين المتعلمون من بناء معرفتهم حول مفهوم المحاكاة الحيوية ومستوياتها ومبادئها وطرق توظيفهم في حل التحديات التي تواجه المجتمع، من خلال التفاعل القائم على المناقشة، والتواصل العلمي.
- توضيح أهمية دور المعلم في تنفيذ النموذج المقترح، وكيف يمكنه تحفيز المتعلمين وتوجيه نحو بناء تصاميم ونماذج تحل مشكلات وتحديات بيئية في عالمهم الواقعي.
- دعم مفهوم التغيير المفاهيمي لدى المتعلمين، عن طريق التدرج في مراحل النموذج، مع مراعاة الارشادات المتبعة لنجاح كل خطوة من خطوات النموذج.
- ممارسة المتعلمين لمهارات التصميم الهندسي المتمثلة في طرح الأسئلة، وتحديد المشكلات، استخدام الرياضيات والتفكير الحسابي، بناء تفسيرات وتصميم حلول، تطوير الحلول الممكنة، تحسين حلول التصميم.
- تنمية وتطوير مهارات التفكير التصميمي لدى المتعلمين المتمثلة في التعاطف، التعريف، توليد الأفكار، بناء النموذج، الاختبار.
- تعزيز وتطوير التواصل اللفظي بين المتعلمين من خلال استخدام اللغة كأداة مهمة من أدوات التفكير، أثناء التفاعل الاجتماعي فيما بينهم.

وفيما يلي النموذج التدريسي المقترح القائم على المحاكاة الحيوية لتنمية مهارات التصميم:



- **خطوات تطبيق النموذج التدريسي المقترح [دور المعلم في تطبيق مراحل النموذج]**

- **المرحلة الأولى: تحديد المشكلة Defining the problem**

وتتضمن تحليل الاحتياجات التعليمية :تحديد الأهداف التعليمية والمهارات المطلوبة. اختيار المواد التعليمية :اختيار المواضيع والأدوات التي ستستخدم في المحاكاة الحيوية .إعداد البيئة التعليمية :تجهيز المواد والمصادر والأدوات اللازمة للمحاكاة. جذب اهتمام الطلاب، وتحفيزهم لتعلم الظاهرة العلمية المراد دراستها، والكشف عن معرفتهم السابقة حول مفاهيمها، تحديد المشكلة أو التحدي الذي يجب معالجته والمتعلق بالظاهرة العلمية موضع الدراسة، البدء بتحليل المشكلة/ التحدي من حيث المستفيدين والحلول والقيود المختلفة، السؤال عن كيفية تعامل الطبيعة مع المشكلة. تحديد ما أسباب المشكلة ومن سيشارك في الحل، وأين المشكلة، أين سيتم تطبيق الحل؟

ويمكن توضيح دور المعلم في المرحلة الأولى (تحديد المشكلة) فيما يلي:

- يبدأ المعلم بجذب انتباه الطلاب من خلال تقديم مشكلة أو ظاهرة علمية مثيرة للاهتمام ترتبط بالمحاكاة الحيوية.
- يمكن استخدام مواد مرئية أو تجارب عملية لجعل الموضوع أكثر واقعية وملموسة.
- يشجع المعلم الطلاب على التفكير بشكل نقدي حول الظاهرة من خلال طرح أسئلة محفزة وتقديم سيناريوهات تستدعي التفكير.
- يستخدم تقنيات سرد القصص أو الأمثلة الواقعية لتوضيح أهمية المشكلة المراد حلها.
- يقوم المعلم بطرح أسئلة استقصائية لكشف ما يعرفه الطلاب مسبقا عن الظاهرة العلمية.
- يمكن استخدام جلسات العصف الذهني أو الخرائط الذهنية لتجميع أفكار الطلاب ومعرفتهم السابقة.
- يساعد المعلم الطلاب في تحديد التحدي أو المشكلة التي سيتم دراستها من خلال توجيههم إلى العناصر الرئيسية للمشكلة.
- يعرض المعلم أمثلة على كيفية معالجة المشكلات المماثلة في الطبيعة.
- يشرف المعلم على عملية تحليل المشكلة من قبل الطلاب من حيث المستفيدين المحتملين، الحلول الممكنة، والقيود المختلفة.
- يوجه المعلم النقاش نحو التفكير في كيفية تعامل الطبيعة مع هذه المشكلة وتطبيق مبادئ الطبيعة لحلها.

- **المرحلة الثانية: التوسع والاستكشاف Expansion and Exploration**

تعزيز فهم المفاهيم العلمية بشكل أعمق من خلال عمل اتصال بين المشكلة المطروحة والعالم الطبيعي، شرح مفهوم المحاكاة الحيوية وأهميتها في التصميم. تقديم أمثلة من الطبيعة وكيفية استلهام تصميمات مبتكرة منها، تدريب المتعلمين على ملاحظة الأنظمة البيولوجية وتحليلها، تشجيع المتعلمين على تجربة تصميمات مستوحاة من الكائنات الحية.

والبحث عن والعثور على أفضل النماذج والحلول البيولوجية التي يمكن تطبيقها على المشكلة/ التحدي المطروح. تنتهي هذه المرحلة بتوليد أفكار تصميمية مستوحاة من الحلول الطبيعية. ويمكن الاستعانة بموقعAsk Nature لإعطاء الحلول البيولوجية المختلفة.

ويمكن توضيح دور المعلم في المرحلة الثانية (التوسع والاستكشاف) فيما يلي:

- يقدم المعلم شرحًا شاملاً ومفصلاً للمفاهيم العلمية المرتبطة بالمشكلة المطروحة.
- يوضح العلاقة بين المشكلة والعالم الطبيعي من خلال أمثلة توضيحية ودراسات حالة.
- يشرح المعلم مفهوم المحاكاة الحيوية (Biomimicry) وكيفية استلهام الحلول من الأنظمة البيولوجية.
- يستخدم أمثلة واقعية لشرح كيف أن تصاميم مستوحاة من الطبيعة أدت إلى حلول مبتكرة وفعالة.
- يعرض أمثلة متنوعة لكيفية استلهام تصاميم مبتكرة من الطبيعة.
- يمكن أن يشمل ذلك عروضًا مرئية، فيديوهات، ونماذج توضيحية.
- ينظم أنشطة عملية وميدانية لتدريب الطلاب على ملاحظة وتحليل الأنظمة البيولوجية.
- يشجع على استخدام الأدوات العلمية وتقنيات الملاحظة الدقيقة لتوثيق الملاحظات.
- يشجع المعلم الطلاب على تجربة تصميمات مستوحاة من الكائنات الحية.
- يوفر الموارد والدعم اللازم لتجارب الطلاب ويشجعهم على الابتكار.
- يوجه الطلاب نحو البحث عن نماذج وحلول بيولوجية يمكن تطبيقها على المشكلة المطروحة.
- يشرف على عملية البحث ويوفر المصادر والمراجع العلمية اللازمة.
- يسهل جلسات توليد الأفكار التصميمية المستوحاة من الحلول الطبيعية.
- يستخدم تقنيات مثل العصف الذهني والمناقشات الجماعية لتوليد أفكار إبداعية.

- **المرحلة الثالثة: التصميم والتطوير Design and Development**

توجيه المتعلمين لتصميم منتجات وحلول مستوحاة من الطبيعة لحل التحدي المطروح، مساعدة المتعلمين في تطوير نماذج أولية للتصميمات المستوحاة. تقييم النماذج الأولية من حيث الفعالية والكفاءة. تقديم تغذية راجعة مفصلة للمتعلمين لتحسين تصميماتهم. تعديل وتحسين التصميمات بناءً على نتائج الاختبارات والتغذية الراجعة، تنفيذ التصميمات المحسنة في الواقع وتطبيقها على نطاق واسع.

ويمكن توضيح دور المعلم في المرحلة الثالثة (التصميم والتطوير) فيما يلي:

- يوجه المعلم الطلاب في عملية تحويل الأفكار إلى تصاميم عملية.
- يقدم إرشادات حول كيفية استخدام المبادئ البيولوجية في التصميمات المبتكرة.
- يوفر الموارد والأدوات اللازمة لتطوير النماذج الأولية.
- يقدم الدعم الفني والنصائح العملية خلال عملية بناء النماذج.
- يقيم النماذج الأولية مع الطلاب من حيث الفعالية والكفاءة.
- يستخدم معايير محددة لتحديد نقاط القوة والضعف في النماذج.

- يقدم ملاحظات مفصلة لكل طالب أو مجموعة على النماذج الأولية.
- يوضح الجوانب التي تحتاج إلى تحسين وكيفية تحقيق ذلك.
- يوجه الطلاب في عملية تعديل وتحسين التصميمات بناءً على نتائج الاختبارات والتغذية الراجعة.
- يشجع الطلاب على التجربة والتعديل المتكرر للوصول إلى تصميم محسن.
- يساعد في تنفيذ التصميمات المحسنة وتطبيقها على نطاق واسع.
- يشرف على العملية لضمان تنفيذها بشكل صحيح وفعال.

• المرحلة الرابعة: التأمل والتقييم Reflection and Evaluation

تنظيم جلسات عرض لتصميمات المتعلمين ومناقشتها، تقييم نتائج النماذج المصممة من حيث الفعالية والكفاءة. وباستخدام مبادئ المحاكاة الحيوية السبعة. تقديم تغذية راجعة مفصلة للمتعلمين لتحسين تصميماتهم وتعزيز الفهم لمفاهيم التصميم والمحاكاة الحيوية. تشجيع النقاش وتبادل الأفكار بين المتعلمين لتحسين الابتكار، توسيع المفهوم من خلال تصميم تطبيقات إضافية مستوحاة من الطبيعة، عرض ومناقشة تصميمات الطلاب والأفكار الجديدة التي تم تطبيقها. تشجيع المتعلمين على توثيق مراحل عملهم وخبراتهم. تحفيز المتعلمين على التفكير فيما تعلموه وكيف يمكن تطبيقه مستقبلا، مراجعة وتحديث النموذج التدريسي بناءً على الملاحظات والتجارب.

ويمكن توضيح دور المعلم في المرحلة الرابعة (التأمل والتقييم) فيما يلي:

- ينظم المعلم جلسات لعرض التصميمات التي أنشأها الطلاب.
- يوفر منصة للطلاب لعرض أعمالهم ومناقشتها مع أقرانهم.
- يقيم المعلم النماذج من حيث الفعالية والكفاءة باستخدام معايير محددة وباستخدام مبادئ المحاكاة الحيوية السبعة.
- يقدم ملاحظات شاملة حول أداء كل نموذج وتصميم.
- يقدم المعلم تغذية راجعة مفصلة حول التصميمات، بما في ذلك النقاط القوية والجوانب التي تحتاج إلى تحسين.
- يستخدم التغذية الراجعة لتعزيز الفهم العميق لمفاهيم التصميم والمحاكاة الحيوية.
- يشجع الطلاب على مناقشة تصميماتهم وتبادل الأفكار مع زملائهم.
- ينظم جلسات نقاش لتبادل الأفكار والاقتراحات لتحسين الابتكار.
- يحفز الطلاب على التفكير في تطبيقات إضافية مستوحاة من الطبيعة.
- يقدم تحديات جديدة لتطبيق المفاهيم التي تعلموها في سياقات جديدة.
- يعرض أفكار الطلاب وتصميماتهم الجديدة للنقاش والتقييم.
- يشجع الطلاب على تقديم ملاحظاتهم وآرائهم حول التصميمات المعروضة.
- يحث الطلاب على توثيق جميع مراحل عملهم وتجاربهم.
- يوفر نماذج لتوثيق العمل بطريقة منهجية ومنظمة.
- يشجع الطلاب على التفكير في كيفية تطبيق ما تعلموه في مشاريع مستقبلية.

- يطرح أسئلة توجيهية لمساعدة الطلاب على التفكير في التطبيقات المستقبلية للمعرفة التي اكتسبوها.
- يجمع المعلم ملاحظات من الطلاب حول التجربة التعليمية ككل.
- يستخدم هذه الملاحظات لتحديث وتحسين النموذج التدريسي للمستقبل.

- **التوصيات:**

- الاستعانة بالنموذج التدريسي الذي اقترحته الدراسة للتجريب من خلال دراسة تجريبية لإثبات فعاليته من عدمه في تنمية مهارات التفكير التصميمي.
- ضرورة اهتمام مطوري ومنفذي المناهج متعددة التخصصات في المرحلة الابتدائية باستخدام المحاكاة الحيوية في محاولة للربط بين عدة تخصصات مثلما تهدف هذه المناهج.
- تضمين محتوى مناج العلوم عبر المرحلة المختلفة وكذلك مناهج الأحياء والفيزياء والكيمياء بدروس المحاكاة الحيوية بما يسهم في تنمية مهارات التصميم الهندسي وتحسين الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلاب والتي تعد أحد الأبعاد الثلاثة لتعليم العلوم للجيل القادم كما ذكرتها معايير NGSS.
- ضرورة اهتمام برامج إعداد وتدريب معلمي العلوم ومعلمي المنهج متعدد التخصصات ومعلمي STEM بدراسة المحاكاة الحيوية كأحد الاتجاهات التربوية الحديثة التي يمكن استخدامها كطريقة للتدريس وأيضا كمدخل بما يعزز مهارات الطلاب المطلوبة في القرن الحادي والعشرين.

- **بحوث مقترحة:**

- فعالية نموذج تدريسي قائم على المحاكاة الحيوية في تنمية مهارات التفكير التصميمي لدى طلاب المرحلة الثانوية في مادة الأحياء/ الكيمياء/ الفيزياء/ الجيولوجيا والبيئة.
- تصور مقترح لتضمين المحاكاة الحيوية في مناهج العلوم بالمرحلة الإعدادية.
- تقويم المحتوى التعليمي المقدم في مدارس STEM في ضوء مدخل المحاكاة الحيوية.
- فعالية أنشطة تعليمية قائمة على المحاكاة الحيوية لتنمية مهارات بناء النماذج لتلاميذ المرحلة الابتدائية في منهج "اكتشف" متعدد التخصصات.
- برنامج مقترح قائم على المحاكاة الحيوية لتنمية الممارسات التدريسية المرتبطة بمجال التصميم الهندسي لدى معلمي العلوم قبل وأثناء الخدمة.

- **المراجع:**

- Abdul-Wahab, A., Bashandy, S., El-Barmelgy, H. (2022). A Systematic Framework for Activating the Definition of "Regenerative" Urban Design using "Bio-mimicry Technology" as a Sustainable Environmental Approach to the Egyptian Urbanism. Journal of Urban Research, 46(1), 24-46. doi: 10.21608/jur.2022.117530.1086
- Adıgüzel, O. C., Küçükkayhan, S., Kürüm Yapıcıoğlu, D., Atik Kara, D. (2024). The effects of Teaching Practices Based on Biomimicry Approach on Learning-Teaching Processes. Participatory Educational Research, 11(3), 109-125. https://doi.org/ 10.17275/per.24.37.11.3

- Behar-Horenstein, Linda S & Seabert, Denise M. (2005) : Educational Practice and Theory, 27 (1), 49-66.DOI: https://doi.org/10.7459/ept/27.1.04
- Benyus, Janine M., (2002). Biomimicry: Innovation Inspired by Design, 2nd Edition ,New York: Harper Perennial.
- Bianciardi, A., Credi, C., Levi, M., Rosa, F., & Zecca, (2017). A. Biomimicry thinking: methodological improvements and practical implementation. Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials, 6(2), 87-101
- Biomimicry Institute (2024) "BIOMIMICRY TOOLBOX" Your guide to applying nature's lessons to design challenges.,". https://toolbox.biomimicry.org/ introduction/
- *Biomimicry 3.8 (2013). The Biomimicry Life Principles* -, https://biomimicry.net/
- Blok, V., & Gremmen, B. (2016). Ecological innovation: Biomimicry as a new way of thinking and acting ecologically. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 29, 203-217.
- Canbazoğlu-Bilici, S., Mehmet Ali Küpeli, M. A.&S. Selcen Guzey, S. S. (2021). Inspired by nature: an engineering design-based biomimicry activity. Science Activities, 58:2,77-88, Doi:10.1080/00368121.2021.1918049
- Coban, M., & Coştu, B. (2023). Integration of biomimicry into science education: biomimicry teaching approach. Journal of Biological Education, 57(1), 145–169. https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1877783
- Deliman, A., & Lott, K. (2023). Inquiry-Based Learning on Biomimicry. Science and Children, 60(6), 20–24. https://doi.org/10.1080/00368148.2023.12315919
- Eagle-Malone, R. S. (2021). Biomimicry outside the Classroom. The American Biology Teacher, 83(2), 120-124.
- EcoRise (2024). Biomimicry and Science, https://www.ecorise.org/ portfolio/biomimicry-and-science/
- EcoRise Youth Innovations & Biomimicry Institute (2016). Biomimicry and Science: Applying Nature's Strategies. https://www.ecorise.org/wp-content/uploads/ 2020/07/2_Welcome-and-Content-Overview.pdf
- ElBaz, M .(2018).The Effectiveness of A Training Program in STEM Education to Develop the Depth of Knowledge, Teaching Practices, and Design Thinking of In-Service Science Teachers, Journal of the Faculty of Education, Assiut University 34 (12), 1-5.
- Fahmy,S. (2018).Biomimicry as an Innovation in Modern Architecture Design. Journal of Architecture, Art & Humanistic Science, 3(10-2), 84-104. DOI: 10.12816/0044834.

- Gencer, S. 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. Doi:10.19128/turje.643785
- Hastrich, Carl, (2006). "The Biomimicry Spiral," Biomimicry Newsletter, The Biomimicry Guild, Vol. 4.1 http://biomimicry.typepad.com. newsletter/files/biomimicry_newsletter_v4.pdf.
- Ilieva, L., Ursano, I., Traista, L., Hoffmann, B., & Dahy, H. Biomimicry as a sustainable design methodology—Introducing the 'Biomimicry for Sustainability frame-work. Biomimetics, 7(2), 37 (2022).
- Joyce, B. R., Weil, M., & Calhoun, E. (2000) Models of Teaching. Sixth edition. Needham Heights, MA.
- Lurie-Luke, E. (2014). Product and technology innovation: What can biomimicry in-spire? Biotechnology Advances, 32(8), 1494-1505 .
- MacKinnon, R. B., Oomen, J., & Pedersen Zari, M. (2020). Promises and presuppositions of bio-mimicry. Biomimetics, 5(3), 33 .
- Mejía-Villa, A., Torres-Guevara, L. E., Prieto-Sandoval, V., Cabra, J., & Jaca, C. Training for Sustainability through Biomimicry and Creative Problem-Solving Processes. Thinking Skills and Creativity, 101359 (2023).
- Oguntona, O. , & Aigbavboa, C. (2023a). Nature inspiration, imitation, and emulation: Bio-mimicry thinking path to sustainability in the construction industry. Frontiers in Built En-vironment, 9, 1085979 .
- Oguntona, O., & Aigbavboa, C. (2023b). Biomimicry Lessons for Teaching and Learning in Higher Education. In Proceedings of the 10th Focus Conference (TFC 2023) (pp. 172-183). Atlantis Press.
- Qureshi, S. (2022). How students engage in biomimicry. Journal of Biological Education, 56(4), 450–464. https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1841668
- Roobeek, M. (2019). Biomimicry in the classroom how biomimicry can be integrated in the Dutch curriculum. Accessed from: https://biolearn.eu/wp-content/ uploads/2019/12/Research-Report-Matthijs-Roobeek-How-Biomimicry-can-be-integrated-in-the-Dutch-curriculum.pdf on 14.11.2021
- Rossin, K.J. (2010). Biomimicry: nature's design process versus the designer's process. WIT Transactions on Ecology and the Environment. Design and Nature , 138, 559- 570.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guide-lines. Journal of Business Research, 104, 333-339 .

- Stevens, L., Kopnina, H., Mulder, K. ,De Vries. M. (2021). Biomimicry design thinking education: a base-line exercise in preconceptions of biological analogies. Int J Technol Des Educ 31, 797–814 https://doi.org/10.1007/s10798-020-09574-1
- William J. Sumrall, Kristen M. Sumrall & Hannah A. Robinson (2018) Using Biomimicry to Meet NGSS in the Lower Grades, Science Activities, 55:3-4, 115-126, DOI: 10.1080/00368121.2018.1563041
- Yeter, I. H., Tan, V. S., & Le Ferrand, H. (2023). Conceptualization of Biomimicry in Engineering Context among Undergraduate and High School Students: An International InterdisciplinaryExploration. Biomimetics, 8(1), 125. https://doi.org/10.3390/biomimetics010125.
- Yıldırım, B. (2019). The Opinions of pre-service science teachers about biomimicry practices in STEM education]. Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty, 39 (1), 63-90. Accessed from:https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/ 674310

❊ ❊ ❊ ❊ ❊