مجلة العلوم التربوية والنفسية
JOURANL OF EDUCATIONAL AND PSYCHOLOGICAL SCIENCES

برنامج تطور مهني قائم على النمذجة البيئية ودوره في تعزيز تصورات معلمي العلوم نحو منهجية STEAM: دراسة نوعية

د. يوسف بن فراج بن محمد الفراج

أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد

قسم المناهج وطرق التدريس، كلية التربية، جامعة الملك سعود

البريد الإلكتروني للباحث

yalfarraj@ksu.edu.sa

تاريخ استلام البحث: ١ / ١ / ٢٠٢٤م

تاريخ قبول النشر: ١٥ / ٢ / ٢٠٢٤م

برنامج تطور مهني قائم على النمذجة البيئية ودوره في تعزيز تصورات معلمي العلوم نحو منهجية STEAM: دراسة نوعية

د. يوسف بن فراج الفراج

أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد، قسم المناهج وطرق التدريس، كلية التربية، جامعة الملك سعود

المستخلص:

هدفت الدراسة لاستكشاف دور برنامج تطور مهني قائم على نمذجة النظام البيئي في تعزيز تصورات معلمي العلوم حول منهجية (STEAM). استخدم أسلوب دراسة الحالة لتحقيق أغراض البحث، وتم جمع البيانات عبر الملاحظة، والمقابلة الفردية ومجموعات التركيز، وتحليل التقارير والمواد البصرية. شارك في الدراسة (١٧) معلما ومعلمة ممن يحملون درجة البكالوريوس والماجستير في التربية العلمية خلال الفصلين الدراسيين الأول والثاني لعام ٢٠٢٢/ ٢٠٢٣م. توصلت نتائج الدراسة القبلية إلى محدودية معرفة المعلمين بمنهجية (STEAM) وكيفية توظيفها في تعليم العلوم وتعلمها؛ في حين دلت النتائج بعد تطبيق برنامج التطور المهني على استيعاب ماهية التكامل، ومستوياته، ومفهوم المنهجية، وفوائدها المتمثلة في تعزيز مهارات القرن الحادي والعشرين كالإبداع والابتكار، والتفكير الناقد، وحل المشكلات، وتنمية التعاون والعمل الجماعي، إضافة إلى تعزيز الاستيعاب المفاهيمي والاحتفاظ بالتعلم، كما أظهرت الدراسة تحديات تواجه معلم العلوم أثناء تنفيذ الأنشطة المعتمدة على منهجية (STEAM)، وكان أكثرها تكرارا انخفاض مستوى تأهيل المعلم، وضعف اتساق المنهج الدراسي مع الأنشطة المعتمدة على المنهجية. أوصت الدراسة بتقديم برامج تدريبية تتسق مع منهجية (STEAM)، وتطوير المناهج الحالية بما يتسق مع معايير العلوم للجيل القادم (NGSS)، واستثمار حصص الإتقان ومشاريع التخرج بما يتسق مع مشاريع منهجية (STEAM)، كما اقترحت الدراسة إجراء دراسات تعنى باستكشاف أثر استخدام منهجية (STEAM) على بعض المتغيرات التابعة كالتحصيل العلمي، والإبداع، والابتكار.

الكلمات المفتاحية: منهجية STEAM، النمذجة، النظام البيئي، معلم العلوم، المرحلة الثانوية، برنامج تطور مهني

The Role of an Environmentally–Modeled Professional Development Program in Enhancing Science Teachers' Perceptions of STEAM Approach: A Qualitative Study

Dr. Yousef Farraj Alfarraj

Assistant Professor of STEM Education, College of Education, King Saud University

Abstract:

The study aimed to explore the role of a professional development program based on ecosystem modeling in enhancing science teachers' perceptions of STEAM Approach. The research followed a case study design, and data was collected through observation, interviews, focus groups, document and visual material analysis. Seventeen male and female teachers with bachelor's and master's degrees in science education participated in the study. the results indicated that teachers recognized the importance of the STEAM approach. However, they expressed they had limited knowledge and skills associated with STEAM approach, and its application in science teaching and learning. After participating in a five-week professional development program, teachers demonstrated a better understanding of integration levels, STEAM concepts, and the benefits of STEAM approach, such as promoting creativity, critical thinking, problem-solving, cooperation, and conceptual understanding. Challenges included low teacher qualifications in STEAM and a lack of alignment between science curricula and STEAM approach were mentioned as the most. The study recommended providing continuous professional development programs, aligning science curricula with NGSS, and employing Mastery Courses and Graduation Project to enhance STEAM goals. It also suggested further research on the impact of STEAM approach on educational achievement, long-term learning retention, and innovation.

Keywords: STEAM Approach, Modeling, Ecosystem, Science Teacher, Secondary School, Professional Development Program

المقدمة:

يشهد العصر الحالي تغيرات متسارعة في جميع المجالات، ويعد التعليم أحد تلك المجالات التي تأثرت بتلك المتغيرات، وقد نتج عنها ضرورة ملحة لمواكبتها وسباق مع الزمن لإعداد الأجيال القادمة بما يتسق مع متطلبات العصر. وفي سياق التطورات التي تعيشها المملكة العربية السعودية، وجدت مبادرات متعددة لتطوير التعليم في جميع مراحله، حيث تؤكد رؤية المملكة 2030 (٢٠١٦) و برنامج تنمية القدرات البشرية (٢٠٢٠) على أهمية سد الفجوة بين مخرجات التعليم العالي ومتطلبات سوق العمل، وتطوير التعليم العام وتوجيه الطلاب نحو وظائف المستقبل التي تتسق مع التوجهات العالمية، وتدريب المعلمين، وتطوير المناهج الدراسية، وتحسين كفاءة خريجي التعليم، وإعداد الطلبة لوظائف المستقبل، وتنمية المساهمة في الفنون، وتعزيز القدرات الأساسية اللازمة لمهن المستقبل كمهارات التفكير العليا، والمهارات العاطفية، والمهارات العلمية. تؤكد تلك الأهداف أهمية التركيز على العلوم والتقنية والهندسة والفنون والرياضيات باعتبارها المحرك الأساسي لاقتصاد المعرفة، ويمكن تحقيقها عبر توظيف منهجية (STEAM) التي تركز على المعرفة وطرق الحصول عليها (Kelly & Burr, 2021).

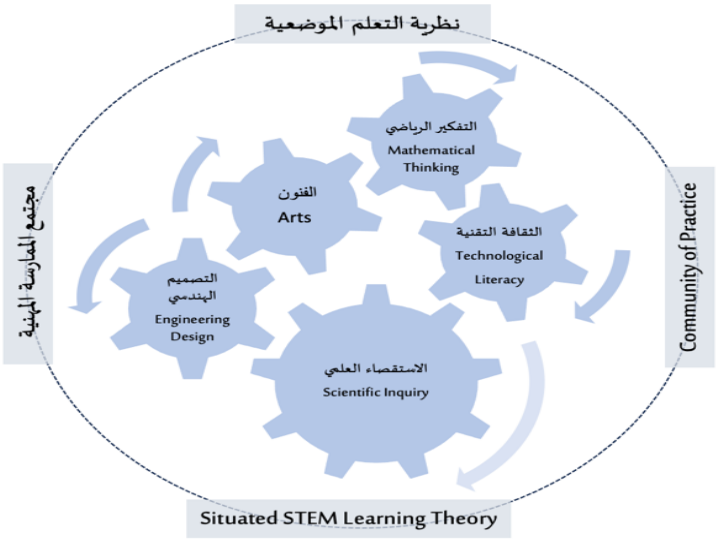
وتؤكد الأدبيات التربوية الحديثة على ضرورة بناء مناهج دراسية تسهم في تحقيق التكامل الحقيقي بين مختلف التخصصات (Roehrig et al., 2021). وفي هذا السياق يؤكد إنجلش (English, 2017) أهمية توظيف منهجية تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (Science, Technology, Engineering and Mathematics- STEM) وفق سيناريوهات تتسق مع الحياة الواقعية المرتبطة بالمتعلم. ويوضح الشكل (١) مستويات التكامل في المناهج الدراسية (Boon, 2020) التي تبدأ من النهج التخصصي المعتمد على التخصصات المنفصلة وصولاً لمستوى النهج الابتكاري الذي يستهدف إشراك المتعلم في مهام واقعية تؤدي لاكتساب مهارات علمية وأخرى وظيفية تسهم في إعداد المتعلم لوظائف المستقبل المرتبطة بتعليم (STEM)، وفي هذا السيناريو يطبق الطلبة مفاهيم ومهارات تزيل الفواصل بين تلك المجالات؛ لإحداث التعلم ذي المعنى.

شكل ١: *مستويات التكامل في تعليم العلوم، والتقنية، والهندسة، والرياضيات* (Vasquuez et al., 2013; *Delaforce, 2016*)

وبالرغم من عدم وجود اتفاق بين الباحثين في مجال تعليم (STEM) حول مفهومه وطرق تضمينه في المناهج الدراسية، إلا أن هنالك محاولات جادة من بعض الباحثين حول تقديم إطار مفاهيمي يعنى بدمج مكونات (STEM) الرئيسة؛ لإحداث المستويات العليا في التكامل. وفي هذا السياق اقترح كالي ونولز(2016, P.4) Kalley & Knowleإطارا مفاهيما لتعليم (STEM) يهدف لتطوير مناهج المرحلة الثانوية. ويتكون الإطار من ستة مكونات؛ حيث ينطلق الإطار من نظرية التعلم الموضعية (Situated STEM Learning theory) عبر توظيف التصميم الهندسي (Engineering Design)، والتفكير الرياضي (Mathematical Thinking) والمهارات التقنية (Technological Literacy) وتوظيف الاستقصاء العلمي (Scientific Inquiry) في بيئة تعنى بتعزيز العمل التعاوني والتشاركي عبر مجتمع الممارسة المهنية (Community of Practice). وقد طور الباحث الإطار المفاهيمي المقترح من كالي ونولز Kalley & Knowles بحيث يتم تضمين الفنون كمكون أساسي من الإطار وفق الشكل (٢).

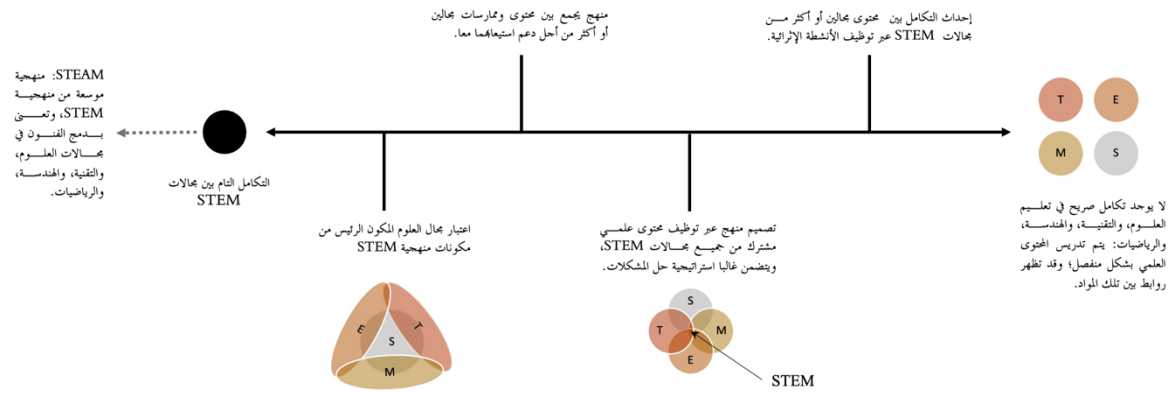
وتعنى منهجية (STEM) بالتركيز على التخصصات التي تتطلبها وظائف المستقبل التنافسية كالعلوم بفروعها المختلفة، والتقنية، والهندسة، والرياضيات، ولذا فإن هذا المنحى لا يركز على تقديم معلومات ومعارف منفصلة عن بعضها البعض، بل يؤكد اتباع منحى متعدد التخصصات؛ لإحداث التكامل الحقيقي؛ للمساهمة في حل مشكلات المجتمع وازدهاره. وبالرغم من انتشار الأكاديميات التي تدعم منهجية (STEM) في عدد الدول كأمريكا، وأوروبا، ودول شرق آسيا، وبعض الدول العربية، إلا أن هنالك من يرى تطوير هذه المنهجية لتشمل تضمين الفنون (Arts). فقد نادى بوي Boy (2013) بأهمية تضمين الفنون ليشكل منهجية العلوم والتقنية والهندسة والفنون الرياضيات (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics-STEAM) للإسهام في تعزيز الإبداع والابتكار في تصميم منتجات تسهم في حلول لمشكلات واقعية، فالتحول من (STEM) إلى (STEAM) في مراحل التعليم المختلفة يسهم في تعزيز التكامل بين فروع المعرفة ويعزز من عمليات التفكير الإبداعي الذي يعد متطلبا لحل المشكلات (Henriksen, 2017; Conradty & Bogner, 2019)،كما تسهم في تكوين تمثيلات بصرية (Visual Representations) التي تساعد في إظهار العلاقات بين مكونات الظاهرة العلمية الواحدة والظواهر المرتبطة بها (Radloff & Guzey, 2016)، كما يمكنها تعزيز التواصل (Segarra et al., 2018). ويتسق هذا التوجه مع مستهدفات رؤية المملكة 2030 التي تركز على الانتقال من الاعتماد على النفط كمصدر أساسي للدخل إلى مصادر أخرى بديلة تحقق الاستدامة. إن إضافة الفنون (A) لتعليم (STEM) يسهم في وصول الطلبة لمرحلة الابتكار وفق تصنيف بلوم المعدل Anderson). (Krathwohl, 2001 & ويتضمن مكون الفنون جوانب متعددة كالفنون البصرية، والأدائية، والدراما، والموسيقى وغيرها.

شكل ٢: *الإطار المفاهيمي المقترح لمنهجية (STEAM)*



إن التكامل وفق منهجية (STEAM) يتضمن نماذج متعددة، حيث يبدأ من النموذج الأول المتمثل في انعدام التكامل الصريح بين التخصصات، وانتهاء بالتوجه نحو تحقيق التكامل التام عبر المجالات الدراسية ذات العلاقة، حيث يتم دمج الفنون مع تخصصات العلوم، والتقنية، والهندسة والرياضيات. ويشير الشكل (٣) إلى نماذج متعددة من التكامل بين مجالات العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (Barakos et el., 2012, p.8)، وهذا بدوره يزيد من التحديات التي تواجه الممارسين التربويين أثناء تنفيذ الأنشطة المرتبطة بمنهجية (STEAM).

شكل ٣: *نماذج التكامل وفق منهجية (STEM)*



تنطلق فلسفة الأنشطة المعتمدة على منهجية (STEAM) من مبادئ نظرية الإدراك الموقفية (الموضعية)، وتؤكد النظرية أن تطبيق المعرفة والمهارات لا يقل أهمية عن المعرفة ذاتها، فالعلم مادة وطريقة في الوقت ذاته، كما تؤكد النظرية أيضا على أن السياق (Context)، سواء السياق المادي أو الاجتماعي مكونان أساسيان لإحداث التعلم، فالمتعلم حينما يبني معرفته العلمية ومهاراته العملية عبر خبرة مباشرة، فإن السياق الذي يؤدى خلاله النشاط يعد أمرا ضروريا، وخصوصا إذا كان النشاط يطبق عبر تجربة حقيقية مرتبطة بواقع حياة الطالب. وفي سياق التعلم

المعتمد على منهجية (STEAM) فإن التعلم الحقيقي ليس اكتساب المعرفة المجردة فحسب، بل يتعدى ذلك النوع من التعلم إلى تطبيق أنشطة في سياق واقعي يهدف لاستكشاف ظواهر علمية أو إيجاد حلول لمشكلات واقعية، أو تطوير منتجات جديدة. إضافة إلى توظيف الخبرة المباشرة، فإن الفلسفة المعتمدة على منهجية (STEAM) تعنى بالتفاعل الاجتماعي؛ فالطلاب يتفاعلون مع بعضهم البعض ويتبادلون الأفكار؛ للوصول إلى حلول إبداعية، ويتضح من خلال هذا المزيج بين السياق الحقيقي والتفاعل الاجتماعي تأكيد المنهجية على بناء المهارات وخصوصا مهارات القرن الحادي والعشرين التي تتطلبها وظائف المستقبل كتشاركية التفكير (Thinking is distributed) بين المتعلمين (Putnam and Borko, 2000).

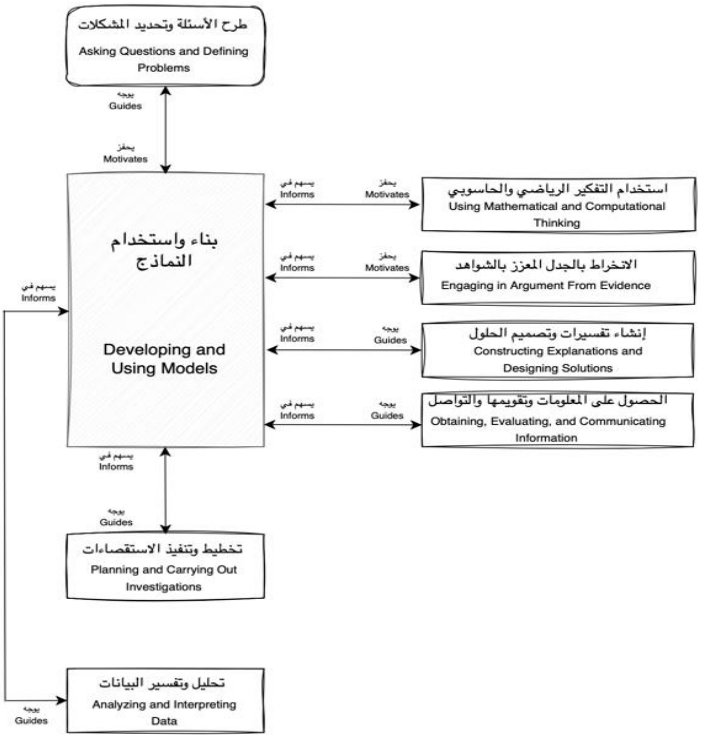
يتميز التعلم التكاملي المعتمد على منهجية (STEAM) بسمات تميزه عن غيره، وتشمل تلك السمات تعزيز مهارات القرن الحادي والعشرين وتعريف الطالب بوظائف المستقبل المتعلقة بتخصصات (STEAM)، وتفعيل دور المرأة في التخصصات المرتبطة بالمنهجية؛ حيث تؤكد منطلقات تعليم (STEM) أهمية تعزيز دور المرأة في التخصصات المرتبطة بالعلوم والرياضيات عن طريق تضمين الفنون والتقنية والتصميم الهندسي في تعليم العلوم والرياضيات. ومع التقدم في مجالات التقنية والعولمة (Globalization)، فإن الحاجة ملحة لتضمين مهارات القرن الحادي والعشرين التي تشمل التفكير الناقد، والإبداعي، وحل المشكلات، والعمل الجماعي، والتواصل الفعال. ويمكن اعتبار مهارات التواصل، والتعاون، والإبداع، والتفكير الناقد أكثر المهارات اللازمة للتعليم الفعال وتحقيق النجاح في وظائف المستقبل التي بدورها ستنعكس إيجابا على تطور المجتمع وازدهاره، وتعد تلك المهارات ضرورية خاصة في بيئات الإبداع والتصميم، فهي تحفز الطالب على البحث والتعلم وتطبيق المعرفة لحل المشكلات المرتبطة بالمجتمع، وهذا بدوره يعزز دور العلوم والتقنية (Mansour, 2009) في المساهمة في إيجاد حلول فعالة لمشكلات المجتمع (Science, Technology, and Society Movement- STS).وفي السياق العربي، فقد أجرى الطنطاوي وسليم (2017) دراسة استهدفت دراسة أثر مدخل العلوم المتكاملة (STEAM) على مهارات التفكير عالي الرتبة لطلبة شعبة الكيمياء، وتوصلت الدراسة إلى أن منهجية (STEAM) تسهم في تعزيز مهارات التفكير عالي الرتبة: كالتفسير، والاستنتاج، والتنبؤ، والتمثيل، والطلاقة، والمرونة، والأصالة، والتفاصيل. ومع أهمية تلك المهارات إلا أن تصورات المعلمين حول تضمينها الأنشطة المرتبطة بتعليم العلوم لا يزال محدودا (Varas et al., 2023). وعليه، فإن تضمين مهارات القرن الحادي والعشرين في سياق التعلم التكاملي يساعد الطالب في تعزيز الممارسات التي يستخدمها المهنيون في وظائف المستقبل، وتعد هذه المنهجية إحدى المنهجيات التي تساعد الطلبة في التعرف على الوظائف المتعلقة بالعلوم والتقنية والهندسة والفنون والرياضيات، كما تسهم في تعزيز التنوع والتكامل بين فروعها المختلفة، إضافة إلى ذلك فإن توظيف المنهجية يساعد على تحقيق التنوع (Diversity) الذي يعد أحد منطلقات التعلم التكاملي؛ فزيادة التنوع يسهم في زيادة نسبة مشاركة جميع الفئات كالنساء مثلا في الوظائف المتعلقة بالعلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (Ceci & Williams, 2011).

وتؤكد معايير العلوم للجيل القادم على أهمية توظيف النمذجة في تعليم العلوم وتعلمها (NGSS Lead the States, 2013). وتختلف أنواع النمذجة التي يمكن توظيفها في تعليم العلوم؛ حيث تتدرج تلك النماذج بين نماذج تحاكي العالم كنموذج النظام الشمسي، والنماذج التي توضح العلاقات المتنوعة بين مكونات ظاهرة معينة بحيث تشمل التركيب والوظيفة كنموذج تركيب الخلية ووظائفها المختلفة. ويمكن تصنيف النماذج إلى ثلاثة أقسام: ١) النموذج الفيزيائي (Physical Model)، وتتميز بأنها تعبر عن الظاهرة بشكل واقعي، وقد تم توظيفه في برنامج التطور المهني المقترح باستخدام نموذج الزجاجة الحيوية المكون من طبقتين: إحداهما تمثل بيئة اليابسة والأخرى البيئة المائية؛ للتعبير عن النظم البيئية، ٢) النموذج الرمزي (Symbolic Models)، وهو عبارة عن رموز ورسوم توضيحية تستخدم لتمثيل العلاقات بين العناصر المختلفة لظاهرة محددة، وتتمثل في البحث الحالي بالأشكال والرسوم الممثلة للنظم البيئية؛ و٣) النماذج الحسابية (Computational Models)، وتعرف بأنها نماذج تستخدم الحسابات الرياضية والحاسوبية لتمثيل المفاهيم والأنظمة (Petrosino, 2003)، واستخدمت النماذج الحسابية في فهم العلاقات الداخلية للأنظمة البيئية: كالتبادل الغازي، وانتقال الطاقة، والتمثيل الضوئي والتنفس الخلوي، وتعد النماذج الحسابية أكثر تجريدا من النماذج الفيزيائية والرمزية، ويوضح الشكل (٤) أنواع النماذج المستخدمة في البحث الحالي.

شكل ٤: *أنماط النمذجة المستخدمة في منهجية STEAM*

تعد النمذجة والمتمثلة بالممارسات العلمية والهندسية جزءا لا يتجزأ من معايير العلوم للجيل القادم؛ حيث تسهم النمذجة بتنوع أشكالها في تحفيز المتعلم على الربط بين الممارسات العلمية والهندسية، كما تسهم النمذجة في طرح الأسئلة، والتنبؤ بالإجابات الممكنة، وتحفز الطلبة نحو الاستقصاء والاستكشاف العلمي، وتساعد في تفسير البيانات، وتحفز الطالب على التأمل، والمراجعة للإجابات المتعلقة بالأسئلة حول التفسير، والتوقع، وحل المشكلات، وتساعد في توظيف النماذج الحسابية، والاستدلال الرياضي، وتقويم فعالية النموذج، كما تسهم النمذجة أثناء بناء وتقويم النماذج على استخدام الجدل العلمي المعزز بالأدلة، كما تعزز النمذجة ترتيب وتنظيم المعلومات والمعارف وبالتالي تعزز التواصل الفعال، ويشير الشكل (5) إلى العلاقة الوثيقة بين النمذجة والممارسات العلمية والهندسية (Schwarz et al., 2017, p. 120).

شكل ٥: *العلاقة بين النمذجة والممارسات الأخرى المرتبطة بـ (NGSS)*



ولإعداد برنامج تطور مهني قائم على منهجية (STEAM) وموجه نحو تحقيق معايير العلوم للجيل القادم، فقد تم تبني معايير الأداء المرتبطة بالنظام البيئي، وتوظيف النمذجة بأنواعها المتعددة باستخدام منهجية (STEAM)، ويوضح الجدول (١) المعيار وتوقعات الأداء والربط بالمجالات الأخرى؛ لتحقيق التكامل الفعلي بين المجالات ذات العلاقة.

جدول١

الربط بمعايير العلوم للجيل القادم والمعايير المرتبطة بمنهجية (STEAM)

الربط بمعايير العلوم للجيل القادم (NGSS Lead States, 2013)		
المعيار		Standard
MS-LS2 Ecosystems: Interactions, Energy, and Dynamics الأنظمة البيئية: التفاعلات، والطاقة، والديناميكا		
توقعات الأداء		Performance Expectation
MS-Ll2-3 Develop a model to describe the cycling of matter and flow of energy among living and nonliving parts of an ecosystem. تطوير نموذج لوصف دورة المواد وتدفق الطاقة بين الأجزاء الحية وغير الحية في نظم بيئية متعددة		
البعد	المعيار	المهام المنفذة من المتعلم أو الأسئلة المتعلقة بالنشاط
الممارسات العلمية والهندسية	الممارسات العلمية الممارسات الهندسية	**طرح الأسئلة وتعريف المشكلة:** يقوم الطلاب بطرح الأسئلة في منتدى النقاش المعد لهذا الغرض؛ للوصول لإجابات علمية، كما يتم تحديد وتعريف المشكلة وقيودها للوصول لحلول قابلة للتطبيق ضمن محددات تم اختيارها. **تطوير واستخدام النماذج:** يطور المتعلم نموذج لنظام بيئي مائي وآخر بري، ويلاحظ

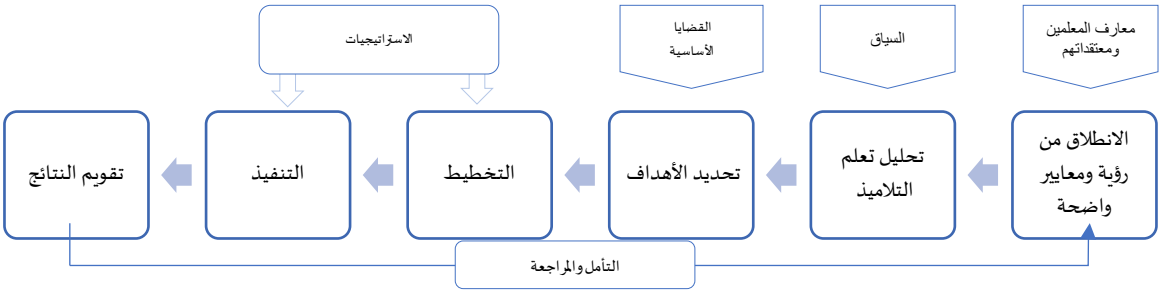
الربط بمعايير العلوم للجيل القادم (NGSS Lead States, 2013)		
المعيار		Standard
		التفاعلات بين العوامل الحيوية وغير الحيوية باستخدام خطوات التصميم الهندسي. **تحليل البيانات وتفسيرها:** يقوم الطلاب بتحليل وتفسير البيانات الكمية المتعلقة بالأنظمة البيئية. **بناء التفسيرات وتصميم الحلول:** يقوم الطلاب بتفسير النتائج وتصميم الحلول المناسبة أثناء بناء نموذج النظام البيئي. **الانخراط في الجدل العلمي المبني على الشواهد:** يقوم الطلاب من خلال المناقشة بتقديم الشواهد العلمية التي تدعم تفسيراتهم للظاهرة العلمية. **الحصول على المعلومات، وتقويمها، ومشاركتها مع الآخرين:** يقوم الطلبة بالبحث عن المعلومات من مصادر المعرفة، وتحليلها، وتقويمها، ومن ثم مشاركتها في المعارض والملتقيات.
الأفكار الرئيسية التخصصية	**المعيار LS2.B** : تدفق المادة والطاقة في النظم البيئية. تمثل الشبكات الغذائية نماذج توضح كيفية تدفق المادة والطاقة بين المنتجات والمستهلكات والمحللات، حيث تتفاعل المكونات الثلاثة مع بعضها داخل النظام البيئي، ويحدث انتقال للمواد في كل مستوى. تعيد المتحللات المواد الغذائية من المواد النباتية أو الحيوانية الميتة مرة أخرى إلى التربة في البيئات البرية أو إلى الماء في البيئات المائية. يتم تدوير المواد بشكل متكرر بين الأجزاء الحية وغير الحية في النظام البيئي؛ لتحقيق الاستدامة.	يقوم الطلاب برسم سلسلة غذائية أو شبكة غذائية تمثل النظام البيئي ذو المستويين (البري والمائي)، كما يجيب الطلاب عن أسئلة حول الطاقة المتعلقة بالنظام البيئي، مثل: • هل لديك أدلة على حصول النظام البيئي على الطاقة؟ اذكرها • ما الجزء من النبات الذي يجمع الطاقة؟ • ما الاختلافات بين النظام البيئي ذو المستويين (البري والمائي) في النهار مقارنةً بالليل؟
المفاهيم المشتركة	السبب والنتيجة	ما أثر حجب أشعة الشمس عن النظام البيئي؟ ما أثر استخدام مصباح كهربائي بديلا عن أشعة الشمس؟
	الأنماط	لاحظ الأنماط المختلفة المتعلقة بنمو النبات كعدد الأوراق، وكمية الماء، والغازات في النظام البيئي. فسر مشاهداتك.
	التغير والثبات	هل يتغير لون الأوراق إلى ألوان مختلفة؟ ماذا تلاحظ على عدد الأوراق وطول النبتة؟
	المادة والطاقة	ما مصدر الطاقة في النظام البيئي؟ وكيف تتحول الطاقة إلى مادة؟ وهل يمكن تحويل المادة إلى طاقة؟ فسر إجابتك!
	التركيب والوظيفة	ما العلاقة بين تراكيب الكائنات الحية ووظائفهما؟ اذكر 5 تراكيب ووظيفة كل منها.
	المقياس والنسبة والكمية	ما الكمية المناسبة للماء؟ ما درجة الملوحة المناسبة؟ قارن بين عدد الأوراق مع الزمن باستخدام النسبة، والكسر، والنسبة المئوية.
	الأنظمة ونماذج الأنظمة	كيف يتشابه النظام البيئي ذي المستويين عن النظام البيئي الطبيعي؟ كيف يختلف النظام البيئي ذي المستويين عن النظام البيئي الطبيعي؟ ما المزايا المترتبة على دراسة النظام البيئي ذو المستويين كنموذج بدلاً من دراسة النظام البيئي الطبيعي مثل المستنقع؟ ما العيوب المترتبة على دراسة النظام البيئي ذو المستويين بدلاً من دراسة النظام البيئي الطبيعي مثل البركة؟
الربط بالمعايير الأساسية المشتركة لمادة الرياضيات (2010, CCSSM) ١. تحليل العلاقات النسبية وتوظيفها في حل مسائل رياضية مرتبطة بواقع حياة المتعلم. ٢. تفسير البيانات للمتغيرات الكمية. ٣. اختيار الدقة المناسبة عند تحديد الكميات.		**الربط بمعايير مجال الفنون: (هيئة تقويم التعليم والتدريب، 2023)** ١. تطوير رموز بصرية باستخدام مهارات التفكير (الناقد، الإبداعي، البصري...) وتوظيفها للتعبير عن واقع الحياة من خلال أعمال التصميم والإنتاج الفني. ٢. إنتاج أفكار إبداعية متنوعة الأساليب في التصميم والإنتاج الفني مرتبطة بواقع حياة الطالب. ٣. اختيار مجموعة من الأعمال الفنية لعرضها في معرض فني. ٤. تعزيز التواصل عبر استخدام الأعمال الفنية.

تسهم برامج التطور المهني في تعزيز مهارات ومعارف المعلمين، وخصوصا حينما ترتبط بشكل مباشر في أنشطة تحقق التكامل بين فروع تخصصات مختلقة، حيث تتطلب الأنشطة الفعالة المعتمدة على منهجية (STEAM) تحقيق التكيف لدى المتعلمين بما يتسق واحتياجات المتعلمين الحقيقية، ويتميز المعلم الفعال بقدراته على التكيف مع احتياجات الطلبة عبر اختيار وتنفيذ الأنشطة والممارسات التعليمية التي تناسب الموقف التعليمي

(Vaughn & Parsons, 2013)، ويتطلب التعلم التكيفي توفر عمق معرفي، ومعرفة بطرائق التدريس واستراتيجياته المناسبة، كما يتميز التعليم التكيفي باعتماده على نظرية التعلم الموقفي التي تتطلب تطبيق المعرفة العلمية في سياق حقيقي مرتبط بواقع حياة الطالب (Putnam & Borko, 2000).

وقد تبنى الباحث إطار تصميم برامج التطور المهني (شكل 6) المطور من قبل لوكس- هورسلي وآخرين Loucks-Horsley et al. (2010). يبدأ الإطار برؤية ومعايير واضحة؛ حيث تم الانطلاق من معايير العلوم للجيل القادم وإطار (STEAM) التكاملي، مع الأخذ بعين الاعتبار معارف المعلمين ومعتقداتهم السابقة التي تشكل منطلقا أساسيا لبرامج التطور المهني، وتعد خطوة تحليل تعلم التلاميذ وسياق التعلم الخطوة الثانية؛ حيث أجرى الباحث تحليلا لمحتوى علم البيئة وتصميمَ أنشطة تحقق معايير العلوم للجيل القادم و منهجية (STEAM) عبر تحقيق التكامل الحقيقي بين الفروع المكونة للمنهجية (جدول ٢) ، وتلى تلك الخطوات خطوة تحديد الأهداف، والتخطيط، والتنفيذ، وتقويم الأثر الذي يسهم في تطوير البرنامج عبر عمليتي التأمل والمراجعة الدورية؛ للتأكد من فعالية برنامج التطور المهني. الجدير بالذكر أن برنامج التطور المهني لم يتوقف تطبيقه على المعلمين، بل تجاوز هذه المرحلة لتنفيذ النشاط في ثلاث مدارس؛ لتطبيق مشروع التعلم بالخدمة الذي تم بالتعاون بين جامعة الملك سعود ووزارة الموارد البشرية؛ لنشر ثقافة التعلم الخدمي، وقد اقتصرت الحالية على دارسة تصورات المعلمين فقط دون الطلاب.

شكل ٦: *الإطار المفاهيمي لتصميم ببرنامج التطور المهني*



مشكلة وأسئلة الدراسة:

تعد منهجية (STEAM) إحدى المنهجيات التي تستهدف تعزيز مهارات متنوعة: كمهارات القرن الحادي والعشرين؛ حيث توصلت دراسات (Yakman & Lee, 2012; Jho et al., 2016) إلى وجود اتجاهات إيجابية لدى المعلمين حول استخدام المنهجية، إضافة إلى وجود مبررات علمية وتربوية لتطوير مناهج العلوم وفق منهجية (STEAM)، كما أظهرت نتائج دراسات (Mater et al., 2023; Miller & Knezek, 2013) أن منهجية (STEAM) تعزز الدافعية، وتسهم في تحسين نواتج التعلم. وبالرغم من شيوع هذه المنهجية في أوساط الممارسين والباحثين، إلا أن الكثير منهم قد يواجه بعض التحديات، وقد ينتج عن تلك التحديات تصورات بديلة،

حيث أكدت الدراسات وجود فجوة بين تصورات المعلمين حول منهجية (STEAM) والممارسات الفعلية، فرغم وجود تصورات إيجابية حول منهجية (STEAM)، إلا أن نسبة منخفضة من المعلمين توظفها بفاعلية (Park et al., 2016)، وقد يعود السبب إلى انخفاض مستوى إعداد المعلم (Herro et al., 2019).

وعلى الرغم من وجود دراسات عالمية استهدفت استكشاف تصورات المعلمين حول منهجية (STEAM) والتحديات التي تواجه المعلمين أثناء الأنشطة المعتمدة على منهجية (STEAM) إلا أن هنالك حاجة ملحة لتدريب المعلمين (المحارف، ٢٠٢١؛ العتيبي وحج عمر، ٢٠٢٢) والتعرف على تصوراتهم والتحديات التي تواجههم – وفق إطار مفاهيمي يحقق فعالية برنامج التطور المهني (شكل 5)– وخصوصا في ظل ندرة الدراسات العربية التي تركز على هذا الجانب الحيوي، علاوة على ذلك، فقد أظهرت نتائج الدراسات الدولية وجود انخفاض في مستويات طلبة المملكة العربية السعودية في مواد العلوم والرياضيات؛ حيث تشير النتائج إلى أن متوسط درجات الطلبة في مادتي العلوم والرياضيات للصفين الرابع والثامن الابتدائي وفق نتائج التوجهات في الدراسة الدولية للعلوم والرياضيات لعام 2019 بلغت أقل من المتوسط العالمي (TIMSS & PIRLS, 2019).

وتأسيسا على تلك المنطلقات المتعلقة بالتصورات المختلفة حول توظيف منهجية (STEAM) في تعليم العلوم وتعلمها؛ حيث تشكل تصورات المعلمين دورا محوريا في الممارسات التدريسية، وانخفاض مستوى الكفاءة الذاتية لمعلمي العلوم بالمنهجية (El-Deghaidy & Mansour, 2015; Kartini and Widodo, 2020) إضافة إلى انخفاض مستويات الطلبة في مادتي العلوم والرياضيات– فإن الحاجة ملحة لاستكشاف تصورات المعلمين والمعلمات حول التوظيف الأمثل لمنهجية (STEAM) بعد الالتحاق ببرنامج تطو مهني يركز على تضمين جميع مكونات المنهجية في مشروع يستهدف توظيف النمذجة بما يحقق الاستدامة للنظام البيئي ضمن مفردات مادة علم البيئة للصف الأول الثانوي، وعليه فإن الدراسة الحالية تهدف للإجابة عن السؤال الرئيس الآتي:

ما دور برنامج تطور مهني قائم على النمذجة في تعزيز تصورات معلمي العلوم نحو منهجية (STEAM) التكاملية؟

ويتفرع من السؤال الرئيس الأسئلة التالية:

١. ما تصورات معلمي العلوم القبلية حول منهجية (STEAM)؟
٢. ما تصورات معلمي العلوم حول منهجية (STEAM) بعد تنفيذ برنامج التطور المهني؟
٣. ما التحديات التي تواجه معلمي العلوم أثناء تنفيذ الأنشطة المعتمدة على منهجية (STEAM)؟

أهداف الدراسة:

هدفت الدراسة لتحقيق الآتي:

١. التعرف على تصورات معلمي العلوم حول منهجية (STEAM).

٢. استكشاف دور برنامج تطور مهني قائم على النمذجة في تعزيز تصورات معلمي العلوم حول منهجية (STEAM).

٣. التعرف التحديات التي تواجه معلمي العلوم أثناء تنفيذ الأنشطة المعتمدة على منهجية (STEAM).

أهمية الدراسة:

تتضمن أهمية الدراسة في:

١. تقديم إطار مفاهيمي لبرامج التطور المهني المتمركزة حول الطالب (Student-Centered Learning Professional Development Programs) في ضوء منهجية (STEAM).

٢. تقديم مثال واقعي لنشاط معتمد على منهجية (STEAM) التكاملية والمتمثل بالنمذجة البيئية.

٣. مساعدة المعلمين والمشرفين التربويين في التعرف على المناهج المتكاملة وتوظيفها في الأنشطة المعتمدة على منهجية (STEAM).

٤. قد تسهم في تطوير المناهج الحالية بما يتسق مع مستهدفات منهجية (STEAM).

حدود الدراسة:

الحدود الموضوعية: اقتصرت الدراسة على استكشاف تصورات معلمي العلوم حول منهجية (STEAM) بعد الالتحاق ببرنامج تطور مهني يهدف لتوظيف النمذجة في بناء نظام بيئي مستدام، وفق المحتوى العلمي لمقرر علم البيئة للصف الأول الثانوي (1-1)، طبعة (2021).

الحدود الزمانية: طبقت الدراسة خلال الفصل الدراسي الأول والثاني للعام الدراسي 2023/2022.

مصطلحات الدراسة:

منهجية (STEAM): تمثل المنهجية اختصارا لمجالات العلوم، والتقنية، والهندسة، والفنون، والرياضيات. وتهدف للتحول من التعليم المعتمد على المناهج المنفصلة للتعلم المعتمد على إحداث التكامل بين مجالات المنهجية الخمسة (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019).

ويعرف إجرائيا في الدراسة الحالية بأنه منهجية تعنى بتعزيز التكامل الحقيقي بين العلوم والتقنية والهندسة والفنون والرياضيات من خلال بناء نموذج للنظام البيئي ذي المستويين (البري والمائي) في مادة علم البيئة للصف الأول الثانوي.

النمذجة: تمثل النمذجة إحدى الممارسات العلمية والهندسية، وتهدف لتمثيل الأنظمة والظواهر العلمية عبر التركيز على مكونات الظاهرة وتفاعلاتها مع بعضها البعض، ويمكن توظيف النماذج لتحقيق عمليات العلم المختلفة

كالوصف والتفسير والتنبؤ وفرض الفرضيات؛ وذلك لتحقيق الاستيعاب المفاهيمي للظاهرة موضع الدراسة (National Research Council, 2012).

وتعرف **النمذجة** إجرائيا في الدراسة الحالية بأنها بناء وتطوير تمثيلات فيزيائية ورياضية ورمزية لنظام بيئي ذي مستويين (البري والمائي) للمحتوى العلمي المتعلق بالأنظمة البيئية في مقرر علم البيئة للصف الأول الثانوي، وذلك لدراسة المكونات الرئيسة للأنظمة البيئية والعلاقات التبادلية بينها وسبل تحقيق الاستدامة.

وتعرف **النمذجة البيئية** بأنها: تصميم نظام بيئي مصغر ذي مستويين (بري ومائي)، باستخدام علب شفافة محكمة الإغلاق، وتحوي عادة تربة وماء وبعض الكائنات الحية كالأسماك والحشرات؛ لاستكشاف كيفية تفاعل العوامل الحيوية وغي الحيوية مع بعضها البعض ودراسة العوامل التي تحقق الاستدامة، وذلك عبر توظيف استراتيجيات مفعلة لدور المتعلم كالممارسات العلمية والهندسية، وتمر خطوات النمذجة البيئية بالملاحظة، وتصميم النموذج، واستكشاف وتطبيق القواعد اللازمة لتحقيق الاستدامة، وأخيرا استكشاف أوجه التشابه والاختلاف بين النموذج البيئي والأنظمة البيئة الطبيعية.

تصميم الدراسة وإجراءاته:

تصميم الدراسة:

استخدم في البحث الحالي المنهج النوعي عبر توظيف تصميم دراسة الحالة باعتباره دراسة متعمقة لحالة محددة في فترات زمنية متعددة، وتم جمع البيانات عبر الملاحظة، والمقابلة الفردية، ومجموعات التركيز، وتحليل التقارير، وكذلك المواد البصرية، وتعد تصاميم البحوث النوعية مناسبة لفهم الظواهر التي تتطلب دراسة الأفكار والتصورات حول ظاهرة ما (Creswell, 2014)، إضافة إلى استكشاف النظرية بدلا من البدء بها باعتبار ندرة البحوث التي تناولت المنهجية بشكل تكاملي(Videla et el., 2021).

السياق والمشاركون في الدراسة:

تحقيقا للشراكة بين جامعة الملك سعود ووزارة الموارد البشرية في تنظيم مشروع التعلم بالخدمة، فقد قُدِّم برنامج تطور مهني لمعلمي العلوم الذين يدرسون برنامجي الماجستير والدكتورة بجامعة الملك سعود خلال الفصلين الدراسيين الأول والثاني للعام الدراسي 2022-2023، استمر برنامج التطور المهني لمدة خمسة أسابيع، وتكون البرنامج من مكونات رئيسة تعنى بتعليم (STEAM):وفق الجدول (2)، وبعد الانتهاء من برنامج التطور المهني، نفذت الأنشطة المعتمدة على (STEAM) في ثلاث مدارس بمدينة الرياض وفق إطار يضمن تحقيق التكامل بين مجالات (STEAM)، وذلك لدراسة تصورات المعلمين المنبثقة من برنامج التطور المهني؛ للخروج بنظرة عميقة حول استخدام المنهجية في تعليم وتعلم العلوم بوجه عام، وتعليم الأنظمة البيئية عبر توظيف النمذجة بوجه خاص،

وتركز الدراسة الحالية على استكشاف تصورات أفراد العينة قبل وبعد تنفيذ برنامج التطور المهني، وكذلك أثناء تنفيذ الأنشطة المرتبطة بالمنهجية في المدارس المحددة؛ للوصول لتصورات حقيقية ومتكاملة حول المنهجية.

جدول ٢

الجدول الزمني لمحتوى برنامج التطور ر المهني

الأسبوع	المحتوى	المهام
الأول	التعرف على التصورات القبلية لأفراد العينة حول مفهوم (STEAM) مقدمة حول مدخل (STEAM) في تعليم العلوم وتعلمها الأبحاث والدراسات التي تدعم تعليم (STEAM)	يقوم المتدربون ببناء نموذج حول فهمهم لمنهجية (STEAM)، وكيفية تطبيقه في تعليم العلوم وتعلمها، وفق خبراتهم السابقة. يكتب المتدربون مقالات تأملية حول منهجية (STEAM) باستخدام مصادر البحث المتنوعة.
الثاني	الأبعاد الثلاثة الرئيسة لمعايير العلوم للجيل القادم (الأفكار الرئيسة، الممارسات العلمية والهندسية، المفاهيم الشاملة) تضمين السياق في تعليم (STEAM) مهارات القرن الحادي والعشرين	يقترح المتدربون أنشطة تتسق مع النموذج المقترح في الأسبوع الأول عبر توظيف الأبعاد الثلاثة لمعايير العلوم للجيل القادم، واقتراح السياق المادي والثقافي المرتبط ببيئة الطالب.
الثالث	تضمين الفنون والتقنية والهندسة في الأنشطة التعليمية المعتمدة على منهجية (STEAM)	يتعرف المتدربون على ماهية الفنون (A) والتقنية (T) والهندسة (E) في ضوء منهجية (STEAM)، ويقترحون كيفية تضمينها في سياق المنهجية.
الرابع	تطبيق ومناقشة المشروع المعتمد على منهجية (STEAM) (النظام البيئي)	يكمل المتدربون نموذج النظام البيئ، ويتم مناقشة تصوراتهم والتحديات التي تواجههم، ويستمر التطبيق لمدة أربعة أسابيع، يتم عبرها توظيف عمليات العلم كالملاحظة والاستنتاج والتنبؤ، وحل المشكلات، وصياغة الفرضيات والتحقق منها.
الخامس	بدء التطبيق في المدارس المختارة (ثلاث مدارس للبنات بمدينة الرياض)	يطبق المتدربون نموذج النظام البيئي في المدارس المختارة لمدة ثلاثة أسابيع في مدارس مختارة، وذلك للتعرف على التصورات المرتبطة بالتطبيق الميداني والتحديات التي تواجهم أثناء وبعد التطبيق العملي، وتهدف المرحلة الخامسة تطبيق النمذجة البيئية في سياق حقيقي مع الطلاب.

وقد قدم برنامج التطور المهني في سياقات متعددة عبر أساليب متعددة لضمان دراسة تطبيق المدخل التكاملي في سياقات ضمن أنماط متعددة للتعلم وفق جدول (٣). وقد بلغت عينة الدراسة (١٧) مشاركاً على النحو الآتي:

جدول ٣

عينة الدراسة المشاركة في تنفيذ المنهجية

م	الجنس	التخصص	الخبرة	المؤهل	الرمز	نوع التعلم
١	ذكر	أحياء	٧	بكالوريوس	B1	حضوري
٢	ذكر	فيزياء	٦	بكالوريوس	B2	حضوري
٣	ذكر	علوم	٧	بكالوريوس	B3	حضوري
٤	ذكر	كيمياء	٧	بكالوريوس	B4	حضوري

م	الجنس	التخصص	الخبرة	المؤهل	الرمز	نوع التعلم
٥	ذكر	علوم	٨	بكالوريوس	B5	حضوري
٦	ذكر	علوم	٩	بكالوريوس	B6	حضوري
٧	أنثى	فيزياء	١٢	بكالوريوس	G1	الاستديو التعليمي
٨	أنثى	أحياء	١٦	بكالوريوس	G2	الاستديو التعليمي
٩	أنثى	كيمياء	٥	بكالوريوس	G3	الاستديو التعليمي
١٠	أنثى	فيزياء	٣	بكالوريوس	G4	الاستديو التعليمي
١١	أنثى	أحياء	١٠	بكالوريوس	G5	الاستديو التعليمي
١٢	أنثى	فيزياء	٥	ماجستير	G6	عن بعد
١٣	أنثى	فيزياء	١٢	ماجستير	G7	عن بعد
١٤	أنثى	فيزياء	١٠	ماجستير	G8	عن بعد
١٥	أنثى	أحياء	١٢	ماجستير	G9	عن بعد
١٦	أنثى	أحياء	١٥	ماجستير	G10	عن بعد
١٧	أنثى	أحياء	١٤	ماجستير	G11	عن بعد

ماهية برنامج التطور المهني:

يركز برنامج التطور المهني على تعزيز معارف واتجاهات ومهارات المعلمين بمنهجية (STEAM) عبر توظيف معايير العلوم للجيل القادم بأبعادها الثلاثة: الأفكار الرئيسة (Disciplinary core ideas)، والممارسات العلمية والهندسية (Scientific and Engineering Practices) ، والمفاهيم الشاملة (Crosscutting concepts)، مع التركيز على نمذجة النظام البيئي ذي المستويين (بري ومائي)، وتضمين التقنية والفنون لتشكيل تصورات متكاملة حول منهجية العلوم، والتقنية، والهندسة، والفنون، والرياضيات (STEAM) وفق الإطار المحدد في الجدول (١).

جمع البيانات:

تم جمع البيانات عبر استخدام عدة أدوات شملت: المقابلة المباشرة، وغير المباشرة باستخدام برنامج (ZOOM)، سواء مقابلة فردية (٥ مقابلات) أو عبر مجموعات التركيز (٣ مجموعات تركيز: ١٢ متدربا)، إضافة إلى ذلك فقد استخدمت الملاحظة المباشرة من خلال المدرب لتقويم المشاريع، وتحليل التقارير والمواد البصرية (١٢٣٣ صفحة). واتبع الباحث بروتوكول شبه منظم؛ لضمان الاتساق خلال إجراء المقابلات، وقد تم تحسين وتطوير البروتوكول قبل تنفيذ الدراسة عبر تطبيق دراسة استطلاعية، واشتملت أسئلة المقابلة الآتي:

١. ما مفهوم منهجية (STEAM) من وجهة نظرك؟ وكيف يمكن تطبيقه في دروس تعليم وتعلم العلوم؟
٢. بعد التحاقك في برنامج التطور المهني المتعلق بمنهجية (STEAM)، هل تغير مفهومك السابق؟ كيف؟
٣. ما فوائد منهجية (STEAM) للمتعلم؟ وما خطوات تنفيذها؟

٤. ما التحديات المرتبطة بمنهجية (STEAM) بعد تطبيق النشاط العملي مع طالبات الصف الأول الثانوي؟

تحليل البيانات:

تم تدوين وتحرير إجابات المشاركين والتأكد من دقتها لإجراء خطوات التحليل النوعي؛ حيث قرأت النصوص و التقارير والمواد البصرية عدة مرات؛ للتعرف على البيانات، ثم تنظيم تلك البيانات وترميزها، ثم تسجيل الملاحظات، ثم تحديد الأنساق والأنماط، ثم صياغة النتائج والتحقق منها، وقد اعتمد الباحث التحليل الاستقرائي للبيانات (Inductive Analysis) للوصول للنظرية حول تصورات معلمي العلوم المتعلقة باستخدام النمذجة في ضوء منهجية (STEAM)، وقد استخدم الباحث النموذج التكراري لتحليل البيانات النوعية (Miles et al., 2020)، ويتضمن هذا النموذج دورات متكررة من جمع البيانات وتحليلها وتفسيرها حتى يتم الوصول إلى نقطة التشبع (Saturation Level)، وذلك حينما تتكرر المعلومات التي حصل عليها الباحث من العينة ويمكن من خلالها رواية قصة متكاملة (Chenail, 2012).

تعد الدورة التكرارية جزءًا مهمًا من البحث النوعي؛ لأنها تسمح بتحسين أسئلة البحث واستكشاف موضوعات جديدة وتطوير فهم أكثر عمقا للظاهرة موضع الدراسة، وتتضمن الدورة التكرارية –عادة– الخطوات التالية: جمع البيانات، وتحليل البيانات وتفسيرها، وتطوير أسئلة البحث، وإعادة جمع البيانات، وإعادة تحليل البيانات، وإعادة التفسير، ويتم تكرار هذه الخطوات حتى يتم الوصول إلى نقطة التشبع، حينها يطمئن الباحث على تحقيق خاصيتي الشمول والعمق، ويؤكد العبدالكريم (٢٠١٩) أن مؤشر رواية قصة متكاملة يدل على انتهاء التحليل. بشكل عام، فإن النموذج التكراري لتحليل البيانات النوعية يعد مكونا أساسيا للبحث النوعي؛ لأنه يسمح للباحث بتكييف وتعديل الأسئلة وفق الموضوعات، والأفكار الناشئة، وتطوير فهم أكثر دقة للظاهرة موضع الدراسة.

المصداقية والموثوقية:

لتحقيق المصداقية والموثوقية فقد تم تحقيق التعددية عبر تنوع الأدوات والباحثين ومصادر جمع البيانات، وأماكن جمع البيانات وتعددية تفسير البيانات، والتعرف على ثقافة المشاركين، والتأكد من تشبع البيانات سواء التشبع النظري أو المفهومي، علاوة على ذلك فقد اتبع الباحث إجراءات تضمن تحقيق المصداقية والموثوقية عبر تسجيل المقابلات بعد موافقة بعض المشاركين، وتدوين الملاحظات مباشرة عبر منصة (ZOOM)، وبناء العلاقات الودية مع المبحوثين؛ لضمان الحصول على بيانات تصف الظاهرة بدقة.

نتائج الدراسة ومناقشتها:

تم تصنيف نتائج البحث المتعلقة بأسئلته وفق الموضوعات التالية: تصورات معلمي العلوم حول منهجية (STEAM) قبل إجراء برنامج التطور المهني، تصورات معلمي العلوم حول منهجية (STEAM) بعد إجراء برنامج التطور المهني، والتحديات التي تواجه معلمي العلوم أثناء تنفذ الأنشطة المعتمدة على منهجية (STEAM).

أولاً: تصورات معلمي العلوم حول المنهجية قبل إجراء برنامج التطور المهني:

بعد إجراء التحليل الاستقرائي (Inductive Analysis) للبيانات، تم تصنيف تصورات معلمي العلوم حول منهجية (STEAM) وفق الآتي:

١- أهمية مجالات العلوم، والتقنية، والهندسة، والفنون، والرياضيات (STEAM):

تدرك جميع أفراد العينة أهمية مجالات العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات في الحياة اليومية ووظائف المستقبل التي تتطلب مهارات علمية ورياضية وتقنية وهندسية. الجدير بالذكر أن تصورات أفراد العينة حول أهمية العلوم والرياضيات كانت واضحة، إلا أن أهمية التقنية اقتصر –من وجهة نظر أفراد العينة– على توظيف الوسائل التعليمية وعروض الفيديو والعروض التقديمية، مما يظهر تصورات بديلة حول توظيفها في منهجية (STEAM). حيث أشار (B3) إلى أنه "يستخدم العروض التقديمية في حصص العلوم، ومقاطع الفيديو في منصة مدرستي". علاوة على ذلك فإن تصورات أفراد العينة حول أهمية الهندسة والفنون لم تكن بعيدة عن تصوراتهم حول التقنية، حيث تؤكد (G3) أن تخصص المعلمة "يركز حول تخصص معين، فليس لمعلمة العلوم المعرفة بالتخصصات الأخرى مثل الهندسة والفنون مثلا". هذه النتيجة تتفق مع دراسة كارتيني وويدودو Kartini and Widod (2020) التي توصلت إلى أن المعلمين يدركون أهمية منهجية (STEAM)، وأن لديهم تصورات إيجابية، لكن العوامل التي يمكن أن تحفز تطبيق المنهجية لا تزال دون المأمول، وقد يعود السبب إلى انخفاض مستوى معرفة المعلمين بأساليب التخطيط والتنفيذ والتقويم المرتبطة بالمنهجية.

٢- مفهوم منهجية العلوم، والتقنية، والهندسة، والفنون، والرياضيات (STEAM):

لتحديد التصورات الأولية والبناء عليها ضمن برنامج التطور المهني فقد وظفت الأسئلة السابرة أثناء إجراء المقابلات، وتحليل المستندات للتعرف على مفهوم منهجية (STEAM)، وأظهرت النتائج وجود تفاوت في تصورات أفراد العينة حول المفهوم، وتتفق أفراد العينة على وجود غموض (Ambguity)حول المفهوم وكيفية تطبيقه، وتراوح الغموض بين انعدام المعرفة الكلية، أو توافر جزء منها، أو وجود مفاهيم بديلة. وقد أظهرت (G7) معرفة عامة حول منهجية (STEM)، إلا أنها ذكرت (أنني ليس لدي خلفية عن

(STEAM)، حيث التحقت بدورات تدريبية قدمت من شركة أرامكو في مسار هوس العلوم تستهدف الكشف عن الأحماض والقواعد من مواد متوفرة في المنزل، إضافة إلى تجربة المصعد الهيدروليكي، وتصميم سفينة، واستكشاف قوانين الطفو)، ولم تُظهِر المشاركة كيفية إحداث التكامل بين فروع منهجية (STEAM). وفي المقابل فقد أشارت (G12) إلى أن منهجية (STEAM) هي " ببساطة منهج أصوله ومنطلقاته هي نفسها أصول ومنطلقات المنهج التكاملي للعلوم الذي كان يتم الحديث عنه عام ١٩٨٠، ومنهجية (STEM)كتوجه جديد ومشروع علمي متمثل في منهج تكاملي يجمع بين أربعة مجالات (تخصصات): العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات، وجاء استجابة لاحتياجات سوق العمل الأمريكي فقط، ولا يمكن تحقيقه من خلال مدخلات التعليم العام ولذلك ظهر بشكل مبادرات، وقد أوضح المعلمون أنه لا يمكن تطبيقه، لذا وضع بشكل مشاريع"، وأشارت المشاركة نفسها أنه "لا يمكن تنفيذه بصورة منهج؛ لأن المنهج التكاملي أصعب بكثير مما نتصور لعدة مبررات".

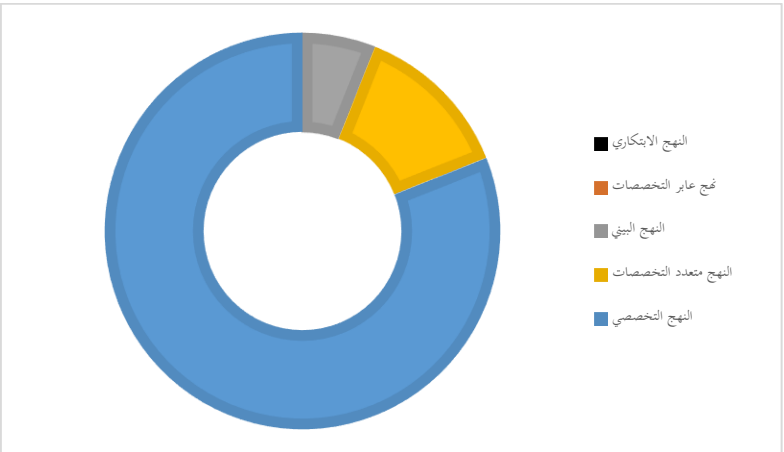
وفي السياق ذاته، أشارت (G14) إلى أن " (STEAM) يتضمن إضافة الفنون، بينما (STREAM) يتضمن القراءة إضافة للعلوم والتقنية والهندسة والرياضيات... ومن وجهة نظر شخصية وخبرة سابقة لم أتمكن حقيقة من إدراك هذه المفاهيم، كما أعتقد أن لها علاقة بسوق العمل بشكل كبير أكثر من تجويد عملية التعلم ورفع التحصيل الدراسي، بالإضافة إلى أن العلوم وخاصة مقرر الفيزياء يتميز بأنه أساس جميع العلوم فهو بطبيعته تكاملي منذ القدم لذلك لا أعلم سببَ الاهتمام بهذه الاتجاهات رغم تطبيقها غير الواضح رغم الدورات التدريبية المقامة له ومناداة المهتمين له". ويشير (B2) أن "منهجية (STEAM) هي نسخة مطورة من (STEM) تهدف لدمج الفنون، ولكن هذا التعريف نظري، وعمليا قد لا أستطيع تنفيذ أنشطة وفق (STEM) أو (STEAM)، فأغلب الدورات التدريبية تقدم مفاهيم نظرية فقط، دون المرور بأنشطة حقيقية توضح ماهية (الطريقة)". ويستخلص من تصورات أفراد العينة القبلية وجود غموض (Vagueness) حول المفهوم والآلية رغم الالتحاق بدورات تدريبية موجهه للتعليم المعتمد على (STEM). وتتفق هذه النتيجة مع دراسة كارتيني وويدودو Kartini and Widodo (2020) التي أظهرت محدودية معرفة المعلمين بمفاهيم ومبادئ منهجية (STEAM)، وبالتالي انخفاض مستوى الكفاءة الذاتية في مهاراتهم المتعلقة بها. وفي السياق المحلي أشارت دراسة الدغيدي ومنصور (El-Deghaidy & Mansour, 2015) إلى أن جميع معلمي العلوم أشاروا إلى أنهم لم يحصلوا على التأهيل المناسب لتنفيذ منهجية (STEM). ويؤكد دوتري Daugherty (2009) وجود غموض في مفهوم المنهجية، حيث اشار إلى وجود بعض التصورات البديلة حول دلالة التقنية (T) التي تتضمن استخدام الحاسب الآلي أو تكنولوجيا التعليم، ولكن تشير التقنية في (STEM) إلى مجموعة واسعة من التطبيقات، حيث

تشمل التقنيات الرقمية، إضافة إلى التقنيات المستخدمة لتحسين وتطوير تلك الأدوات والآلات؛ مما يسهم في حلول لمشكلات حياتية. وفي السياق ذاته، فإن التقنية ضمن سياق (STEM) تركز على إجراء التعديلات على البيئة الطبيعية عبر تصميم منتجات وأنظمة، وعمليات تلبي رغبات الإنسان واحتياجاته، مثل تقنية المياه المالحة، وتدوير النفايات مثلا (International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA), 2020). ويشير دير وآخرون Dare et al. (2019) إلى أن المعلمين يظهرون فهما محدودا لمنهجية (STEM)، حيث لا يوجد رؤية موحدة حول المنهجية.

٣- مستوى التكامل بين فروع المعرفة المتعلقة بمنهجية (STEAM):

توضح نتائج المقابلات القبلية مع أفراد العينة أن إعداد معلم العلوم الأكاديمي يركز على جوانب محددة من المعرفة العلمية؛ حيث تركز برامج إعداد المعلم على النهج التخصصي(Disciplinary Approach) ، وفي هذا السياق يشير (B3) إلى إن "إعدادي المهني أثناء الدراسة الجامعية يركز على تعليم العلوم للمرحلة الابتدائية، ولذا فإنه قد يصعب إحداث التكامل بين المواد وخصوصا الفنون والهندسة". كما أشارت (G4) إلى "صعوبة التكامل بين التخصصات خصوصا لمعلمة الفيزياء التي تحتاج لمعلومات ومهارات مرتبطة بالأحياء والكيمياء، في واقع الأمر أنا كمعلمة فيزياء أستخدم الرياضيات في حل المسائل الفيزيائية". من خلال المقابلات لم تظهر فلسفة التكامل بين فروع المعرفة المتعلقة بمنهجية (STEAM). ويوضح الشكل (٧) تصورات عينة الدراسة حول مستويات التكامل في المناهج، حيث تؤكد تصورات أغلب أفراد العينة على النهج التخصصي المرتبط بكل تخصص على حده، وتشكل نسبة ٨١%، في حين تركز التصورات الأخرى على النهج البيني ومتعدد التخصصات، ولكن التكامل من وجهة نظر المشاركين يعتمد على أبسط صوره، وهو التكامل الذي يركز فقط على المعارف دون توظيف التعلم المعتمد على المشروع، حيث أشارت (G17) إلى "أن توظيف الرياضيات في حل المسائل المتعلقة بقوانين نيوتن يعتبر نشاط يعتمد على منهجية (STEAM)"، ويتضح من الشكل عدم ظهور النهج عابر التخصصات والنهج الابتكاري لدى أفراد العينة.

شكل ٧: *التصورات القبلية لأفراد العينة حول مستوى التكامل وفق منهجية* (STEAM)



ثانيا: تصورات معلمي العلوم حول منهجية (STEAM)بعد تنفيذ برنامج التطور المهني:

تحددت تصورات المشاركين بعد تنفيذ برنامج التطور المهني حول منهجية (STEAM) في المحاور الآتية: مفهوم منهجية (STEAM)، وإحداث التكامل الحقيقي بين مكونات منهجية (STEAM)، والمهارات المرتبطة بمنهجية (STEAM)، والتحديات التي تواجه المعلم أثناء تنفيذ الأنشطة والمشاريع المرتبطة بمنهجية (STEAM).

١- مفهوم منهجية (STEAM) بعد تنفيذ برنامج التطور المهني:

أظهرت نتائج المقابلات ومنتجات المشاركين (الأنشطة، والواجبات، و التقارير) أثناء تنفيذ برنامج التطور المهني وبعده تغيرا واضحا حول تصوراتهم المتعلقة بمنهجية (STEAM). وقد تناولت المشاركة (G5) مفهوم (STEAM) بأنه " نهج تكاملي قائم على حل مشكلة معينة ومرتبطة بواقع حياة الطالب، ويحدث التكامل ضمنيا أثناء حل المشكلة"، ويؤكد هذا التصور المكونات الرئيسة لمنهجية (STEAM): منهجية تكاملية، وتستهدف حل مشكلة، والمشكلة مرتبطة بواقع حياة الطالب، وضمنية التكامل، وهذا يؤكد الانتقال من التخصصية إلى مستويات أعلى في تحقيق التكامل. وتؤكد (G4) أن منهجية (STEAM) "تعتمد على إحداث التكامل بين فروع (STEAM) عبر توظيف التصميم الهندسي الذي يتطلب تنفيذ الطلبة لمشروع أو تجربة علمية؛ لإنتاج منتج يخدم المجتمع"، ويتضح من هذا المفهوم بروز التصميم الهندسي (Engineering Design) كمكون أساسي من مكونات منهجية (STEAM) ، كما يظهر بوضوح أن منهجية (STEAM) تعنى بالجوانب التطبيقية التي تستلزم إنتاج منتج يسهم في حل مشكلة ما أو تطوير أو استكشاف ظاهرة علمية. وفي المقابل، تشير المشاركة (G3) بأن مفهوم (STEAM) "اختلف (عن تصوراتي السابقة) حيث يشترط إحداث التكامل بين المكونات الخمسة بواسطة استراتيجية التعلم القائم على المشروع، وهذا لن يحدث في حصة واحدة، فقد يتطلب أسابيع متعددة "، ويظهر من هذا التصور ظهور التعلم المعتمد على المشروع الذي يستلزم أسابيع لإنجازه. وتشير (G1) إلى أن منهجية (STEAM) "متكاملة ولا تركز على جوانب معرفية فقط، بل تسهم في تعزيز مهارات متعددة، مثل: مهارات التعاون والتواصل وحل المشكلات"، ويبرز في هذه المفهوم أهداف منهجية (STEAM) في إعداد الجيل الحالي لوظائف المستقبل التي تستلزم مهارات ناعمة، مثل: التواصل والتعاون وحل المشكلات وإدارة الوقت. وفي هذا السياق يؤكد بورغهارت Burghardt (2013) أنه قد ينظر لمكون الهندسة في سياق تعليم (STEAM) على تدريس فروع الهندسة المختلفة، ولكن الهندسة في واقع الأمر تسهم وبشكل متكامل بربط الرياضيات والعلوم والتقنية، عبر توظيف عمليات التصميم الهندسي. فالهندسة هي طريقة لاستيعاب الظواهر العلمية، وكيفية حدوثها، وكيفية إجراء تعديلات بما يتسق واحتياجات الإنسان، ويمكن تعريف الهندسة بأنها استخدام المباديء العلمية والاستدلال الرياضي في توظيف التقنيات المختلفة لتلبية احتياجات الإنسان. كما يؤكد هيرو وكويجلي Herro

Quigley (2017) & على أهمية توظيف طرائق التدريس التي تتسق مع المناهج المتكاملة، كالتعلم القائم على المشكلة والمشروع.

٢- إحداث التكامل الحقيقي بين مكونات منهجية (STEAM):

ساهم برنامج التطور المهني في تعزيز تصورات المشاركين عن المناهج المتكاملة، وخصوصا نهج عبر التخصصات والنهج الابتكاري؛ حيث استطاع الطلبة دمج تلك المكونات بشكل ضمني لتحقيق الهدف الأساسي وهو بناء نموذج فيزيائي لنظام بيئي يتكون من مكونين: مائي وأرضي، وتوضح (G10, G9, G8, G7, G6) أن مشروع (STEAM) المعتمد على بناء نظام بيئي أرضي ومائي مستدام " ساهم في تعزيز التكامل الحقيقي بين العلوم والتقنية والهندسة والفنون والرياضيات؛ لتحقيق الاستيعاب المفاهيمي لظواهر علمية مختلفة كالطاقة والأنظمة البيئية والعوامل الحيوية و غير الحيوية والشبكة الغذائية والتنفس الخلوي والبناء الضوئي والبلاستيدات الخضراء، والتوازن الغازي، وفوائد الرياح، والاتزان البيئي"، وتم تحقيق تلك المفاهيم عبر "توظيف التصميم الهندسي بخطواتها الثمانية التي تبدأ بتحديد المشكلة وتنتهي بمشاركة المعلومات وتقويمها". وتوصل المشاركون إلى استنتاج مجالات التكامل ضمن منهجية (STEAM) في تجربة النظام البيئي وفق الجدول (4)

جدول ٤

وصف مجالات التكامل وفق منهجية (STEAM)

م	المجال	الوصف
1	العلوم Science	يتضمن العلوم الدراسة المنهجية للعالم الحقيقي الذي يشمل الحقائق والمبادئ والقوانين والنظريات التي تشمل مجالات متنوعة من العلوم كالفيزياء، والكيمياء، والأحياء، وعلم الأرض والفضاء، وعلم الفلك وغيرها عبر إجراء الاستقصاءات والتجارب العلمية بما يطور مهارات التفكير العلمي الأساسية لدى الطالب كالملاحظة، والوصف، والاستنتاج، والتفسير ومقارنة النتائج وطرح الأسئلة والتنبؤ وغيرها. ويشمل مجال العلوم في مشروع النظام البيئي موضوعات تتعلق بالأنظمة البيئية المختلفة، والعوامل الحيوية واللاحيوية، والبناء الضوئي وغيرها.
2	التقنية Technology	تشير التقنية إلى توظيف الأدوات والأجهزة والتقنيات المختلفة في تنفيذ الاستقصاءات وتفسيرها، وتصميم حلول لمشكلات ترتبط بواقع حياة المتعلم. ويشمل مجال التقنية في مشروع النظام البيئي استخدام بعض الأدوات كعلب مياه فارغة (سعة ٢ لتر)، وشريط لاصق، ومستشعر لقياس غاز ثاني أكسيد الكربون، وتقنية المايكروبت.
3	الهندسة Engineering	تشير الهندسة وفق منهجية (STEAM) إلى تحسين الأنظمة والعمليات والمنتجات عبر توظيف عمليات التصميم الهندسي التي تبدأ بتعريف وتحديد المشكلة، ثم تطوير واستخدام النماذج، وتخطيط وتنفيذ الاستقصاءات، وتحليل وتفسير البيانات، واستخدام الرياضيات والتفكير الحسابي، وتصميم الحلول، والانخراط في الجدل المعتمد على الأدلة، وأخيرا الحصول على المعلومات وتقويمها ومشاركتها. وتضمن مجال الهندسة في مشروع النظام البيئي في تحديد المشكلة التالية: كيف يمكن بناء نموذج بيئي مغلق يماثل النظام البيئي في حياتنا الواقعية؟
4	الفنون Arts	تشمل الفنون مجموعة واسعة من المجالات الإبداعية كالفنون البصرية، والأدائية، والموسيقى، والأدب، والتصميم. وتسهم الفنون في تعزيز الإبداع، والابتكار، والتعبير الذاتي، والتقدير الجمالي. وتم تضمين الفنون عبر تصميم نظام بيئي مكون

م	المجال	الوصف
		من أدوات ومكونات متناسقة، إضافة إلى استخدام الفنون البصرية: كالرسومات والأشكال التوضيحية، أو الفنون الرقمية، أو الدراما والموسيقى.
5	الرياضيات Mathematics	تعد الرياضيات لغة الأرقام والأنماط والكميات، والعلاقات، وتسهم الرياضيات في تعزيز الاستدلال المنطقي، والتفكير التحليلي، ووظفت الرياضيات عبر التعرف على الكميات كالحجوم، والكتل، ونسب التغيرات خلال الزمن.

ويتضح من تحليل المشاركات وفق الجدول (4) وجود الفهم العميق لمكونات منهجية (STEAM)، والتكامل الحقيقي بين مكونات المنهجية، ولقد تبين هذا العمق عبر توضيح العلاقات التبادلية بين مكونات المنهجية. وفي السياق ذاته، فإن معايير الثقافة التكنولوجية والهندسية: دور التكنولوجيا والهندسة في تعليمSTEAM (ITEEA, 2020) أكدت العلاقة التبادلية بين التقنية والهندسة ضمن سياق منهجية (STEM)، حيث تعبر المعرفة التقنية والهندسية عن قدرة المتعلم على فهم واستخدام وإنتاج وتقويم المنتجات التي صممها المتعلم التي بدورها تعد نتاج المعرفة التقنية والهندسية. وقد أشار لي وآخرون Li et al. (2020) إلى ضرورة استيعاب المعلمين لطبيعة المنهجية التكاملية لمختلف مجالات (STEAM)، بحيث تتجاوز مفهوم المناهج المنفصلة للمناهج المتكاملة، حيث أشارت الدراسات (Johnson et. al., 2020; Ortiz-Revilla et. al., 2023) أن المعلمين الأكثر استخداما للمناهج المتكاملة -ذات مستوى التكامل المرتفع كعابر التخصصات- أكثر حماسا وثقة أثناء تنفيذ الدروس التي تعتمد على منهجية (STEAM).

٣- فوائد منهجية (STEAM)

برزت فوائد منهجية (STEAM) التي تشكلت من خلال المقابلات ومنتجات أفراد العينة المتنوعة في محاور خمسة: تعزيز الإبداع والابتكار، تعزيز التفكير الناقد وحل المشكلات، وتنمية التعاون والعمل الجماعي، وتعزيز الاستيعاب المفاهيمي، وتهيئة الطلبة لمهن المستقبل المرتبطة بتخصصات (STEAM). وتشير (G11) أن منهجية (STEAM) "تستهدف إحداث التكامل الحقيقي بين المكونات الخمسة؛ مما يسهم في استيعاب المتعلم للظاهرة العلمية؛ حيث ظهرت الطاقة في النظام البيئي المتمثلة بالشمس كمصدر أساسي للطاقة المتوفرة في النباتات التي يتناولها الإنسان والحيوان، كما أسهمت التجربة في التعرف على آليات انتقال الطاقة وأهميتها للبيئة بوجه عام، كما ساعدت في استيعاب الشبكة الغذائية". وتضيف (G7) بعد تنفيذ التجربة مع طالبات الصف الأول الثانوي: "بعد الاطلاع على نتائج الطالبات في الاختبار القبلي والبعدي قبل استخدام التجربة وبعدها لوحظ تقدم في متوسط درجات الطالبات حيث إن متوسط درجات الاختبار القبلي هي ١٥,٣١ ومتوسط درجات الاختبار البعدي هي ٢٢,٤، مما يدل على أن التجربة باستخدام النمذجة كان لها أثر كبير على تعزيز التحصيل العلمي للطالبات". وفي سياق مهارات التفكير، أشار (B3) إلى التأمل في "الطاقة المتوفرة في الشمس"، وتساءل "هل تتوفر تلك الطاقة في المصابيح العادية؟" مما حفزه على البحث والتقصي؛ للوصول إلى ماهية الشمس وسر الطاقة الموجودة في الشمس التي تميزها عن غيرها. وفي مجال الإبداع والابتكار، طرحت

(G11) تساؤلا حول التأكد من التبادل الغازي في النظام المغلق؛ حيث ذكرت أن "استخدام المستشعرات وتقنية المايكروبت يسهم في التعرف على نسب ثاني أكسيد الكربون داخل العبوة البلاستيكية". وتحقيقا لتطبيق الفكرة الإبداعية، قامت (G9) بالتعاون مع فريقها في بناء النموذج واستخدام جهاز المايكروبت للتعرف على نسب ثاني أكسيد الكربون أثناء الليل والنهار (شكل ٩)، مما أثار تساؤلا جديدا: إذا كان النبات والإنسان ينتج ثاني أكسيد الكربون ليلا، فما مصادر الأكسجين بعد غروب الشمس؟ هذه الأسئلة المعتمدة على أنشطة (STEAM) ساهمت في تعزيز البحث والاستكشاف كأحد الممارسات العلمية والهندسة؛ حيث توصل المشاركون إلى تحديد ماهية التنفس والبناء الضوئي لدى النبات؛ حيث ذكر (B4) أن النبات يقوم " بعملية البناء الضوئي في النهار، إذ تحوّل النّباتات طاقة الضّوء باستخدام ثاني أكسيد الكربون والماء إلى طاقة مخزّنة في الرّوابط الكيميائيّة، وينتج عن عملية البناء الضّوئي الأكسجين الذي ينتشر في الجو، أما في اللّيل فتحدث العمليّة العكسيّة وهي عملية التّنفس الخلوي، فتستخدم النّباتات نسبة محدودة من الأكسجين الذي تنتجه لأكسدة الكربوهيدرات وتكسير الرّوابط بين جزيئاتها لتحرير الطّاقة المخزّنة فيها، وينتج عن تنفس النّباتات ثاني أكسيد الكربون وماء". ولتعزيز التكامل بين فروع الكيمياء والرياضيات والحيوان والنبات فقد توصل المشاركون إلى معادلتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي حسب المعادلتين التاليتين:

البناء الضوئي Photosynthesis

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{Energy} \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

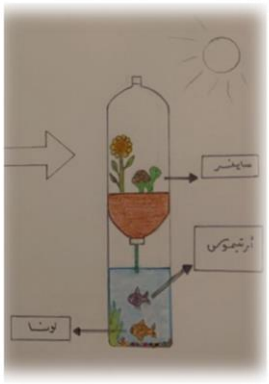
التنفس الخلوي Cellular Respiration

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + \mathbf{6}H_2O + \text{Energy}$$

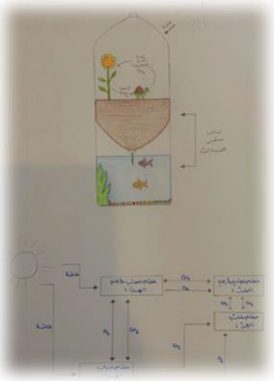
ويتضح من منهجية (STEAM) أنها تستهدف تحقيق التكامل الحقيقي؛ حيث يظهر من خلال النشاط ظهور معايير الممارسات الرياضية، كالاستدلال التجريدي والكمي (Reasoning abstractly and quantitatively)، والنمذجة باستخدام الرياضيات (Model with mathematics)، والالتزام بالدقة الرياضية (Attending to precision)، المتمثل بوزن المعادلات الكيميائية. وفي مجال الفنون أظهر المشاركون مهارات تمثلت في الفنون البصرية والنمذجة الفيزيائية، حيث أظهرت نتاجات المشاركين عبر توظيف أداة الملاحظة وجود قدرات فنية كالرسوم والتصميم الفني، حسب الأشكال (٨) (أ، ب، ج). ويظهر من خلال الأشكال (٨) ارتباط المشروع بواقع حياة المتعلم من خلال إعطاء أسماء لكل مكون من مكونات النظام البيئي، مما يعطي تصورا بالأثر الإيجابي لمنهجية (STEAM) في تعزيز العلاقات التبادلية بين مكونات البيئة المختلفة، وهذا يسهم في نشر الوعي بالدور الأساسي للمكونات الحيوية وغير الحيوية في حياة الإنسان.

شكل ٨: *أنماط النمذجة المستخدمة في الدراسة*

شكل ٨ (أ) : النمذجة الفيزيائية



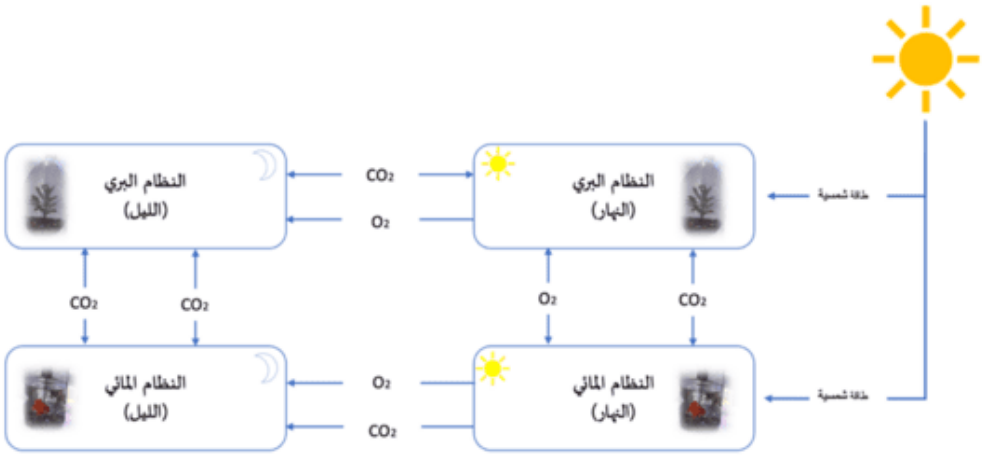
شكل ٨(ب): النمذجة الرمزية



شكل ٨ (ج): النمذجة الرمزية والحسابية

كما تم دمج التفكير الحسابي (Computational Thinking) ضمنا لتوضيح تدفق الغازات والطاقة بين النظامين خلال الليل والنهار، حيث تساعد المنهجية في تعزيز الاستدلال العلمي لدى الطلبة عبر التعرف على الوجود وطبيعته (Ontology) من خلال التعرف على طبيعة المفاهيم، وكيف يتصور الطلبة الواقع المحيط بهم؛ إضافة إلى كيفية اكتساب المعرفة (Epistemology) من خلال إعادة تشكيل البنية المعرفية للطلبة عبر استخدام الأدلة التي تدعم أو تتعارض مع أفكارهم السابقة (Kang, 2007) .ويعد التناغم بين علم الوجود ونظرية المعرفة أمرا بالغ الأهمية في تكوين المفاهيم العلمية وتوجيه جهود البحث العلمي نحو استكشاف الظواهر العلمية، حيث يسهم علم الوجود في تشكيل إطار مفاهيمي لتنظيم البيانات العلمية وتفسيرها، في حين تسهم نظرية المعرفة في اتباع منهجية علمية قابلة للتقويم. وفي البحث الحالي أظهر المشاركون تنوعا في تمثيل تدفق الطاقة والمادة في الأنظمة البيئية المختلفة يظهر جليا في التأمل في الشكل (٩).

شكل ٩: *النموذج الحسابي لتدفق غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون*



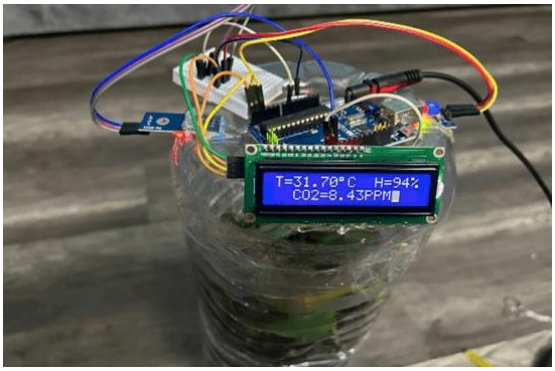
ولتضمين الفنون والتقنية ضمن منهجية (STEAM) ، فبواسطة إحدى برمجيات الذكاء الاصطناعي، استطاعت (G17) أن تعبر عن عمليتي البناء الضوئي، والتنفس الخلوي باستخدام الفنون الرقمية عبر تضمين معادلتي التنفس الخلوي، والبناء الضوئي الذي يسهم في تعزيز التواصل من خلال إنتاج أفكار إبداعية تحقق الاستيعاب المفاهيمي للظاهرة العلمية (شكل ١٠).

شكل ١٠: *تضمين الفنون الرقمية ضمن منهجية STEAM*

وفي مجال تهيئة الطلبة لوظائف المستقبل المتعلقة بمجالات (STEAM)، يشير (B1) إلى أن "انغماس الطلبة في الأنشطة المعتمدة على المنهجية يسهم في تعزيز اتجاهاتهم نحو العلوم، والرياضيات، والتقنية، والفنون، والهندسة؛ حيث تتحول المواد الدراسية من معلومات، ومعارف جامدة منفصلة عن بعضها البعض إلى ممارسات تفتح أذهانهم حول وظائف المستقبل". وفي ذات السياق تشير (G1) إلى دور التقنية المحوري في تعليم (STEAM) والمتمثل باستخدام تقنية الميكروبت (شكل ١١) للكشف عن نسب الغازات " حيث تسهم في تعزيز اتجاهات الطلبة نحو وظائف المستقبل المتعلقة بالبرمجة وإنترنت الأشياء، والذكاء الاصطناعي". علاوة على ذلك فقد انطلق التدريس من التدريس المعتمد على التلقين إلى التعلم المعتمد على الممارسات العلمية والهندسية، حيث يتم في نهاية المطاف عرض المنتجات، وتقويمها، والتواصل مع الآخرين (شكل 12) الذي يعد أحد المكونات الأساسية للممارسات العلمية والهندسية. وتتسق هذه النتيجة مع دراسة الطنطاوي وسليم (2017) التي توصلت إلى أن استخدام منهجية (STEAM) التكاملية تسهم في تعزيز مهارات التفكير عالي الرتبة (الطلاقة، والمرونة، والأصالة، والتنبؤ...) عبر توفير بيئة تعليمية تركز على تنمية المعارف والمهارات والاتجاهات من خلال توظيف استراتيجيات تدريسية مفعلة لدور المتعلم وأنشطة تنمي المهارات العقلية واليدوية (Hands-on & Minds-on Activities). كما يؤكد يؤكد هيرو وكويجلي Herro & Quigley (2017) على أن منهجية (STEAM)

تعزز الإبداع والابتكار وتزود المتعلمين بفهم شامل وإعداد متكامل للتحديات المتعلقة بمتطلبات القرن الحادي والعشرين.

شكل ١١: *استخدام الميكروبت في منهجية EAM ST*



شكل ١٢: *عرض أعمال المتدربين ضمن مشروع التعلم بالخدمة*

٤- التغير في تصورات أفراد العينة حول منهجية (STEAM).

بعد استقراء آراء المشاركين حول التغير في تصوراتهم بعد الالتحاق ببرنامج التطور المهني والممارسة العملية في ثلاث مدارس بمدينة الرياض، أظهر أفراد العينة تغيرات حول منهجية (STEAM) وكيفية إعدادها وتطبيقها وتقويمها، وتشير (G7) أن تصوراتها القبلية عن منهجية (STEAM) أنها "صعبة، ولتحقيق المتعة فقط، ويتناول فقط موضوعات محددة، ولكنه في واقع الأمر يتعدى تلك الأهداف إلى تحقيق التكامل الحقيقي بين التخصصات؛ (لإحداث التعلم ذي المعنى)، كما يمكن تنفيذه كمشروع بين المقررات". كما تؤكد (G9) أن صورة التكامل "بين مجالات (STEAM)لم تكن واضحة، وكنت أعتقد أنه يمكن تنفيذه في حصة واحدة، كما كنت أعتقد أنه يجب أن يشاركني متخصصين في جميع المجالات، كما كنت أعتقد أن المشروع يجب أن يكون معروف البداية والنهاية (نتائج المشروع) ولكن بعد البرنامج التدريبي (برنامج التطور المهني) اتضحت لي معالم التكامل الحقيقي بين المجالات، ولا بد من وجود منتج من أعمال الطلبة، وقد يستمر تنفيذ المشروع أكثر من حصة واحدة، فقد يستمر لأسابيع، كما اتضح لي أهمية تعزيز المحتوى العلمي والحصول على الحد الأدنى من المعرفة العلمية المتعلقة بالتخصصات الأخرى ذات الارتباط، كما اتضح لي أهمية التعاون، والاستعانة بالزميلات في التخصصات الأخرى (مجتمع الممارسة المهنية)، كما توصلت أن للمشاريع نتائج مختلفة، وهذا يحقق التنوع والإبداع، والابتكار".

وتؤيد (G10) وجود تغيرات جوهرية في تصوراتها حول منهجية (STEAM)، حيث أشارت إلى أن "اعتقادي السابق حول منهجية (STEAM) بأنها استراتيجية تدريس حيث كنت أعتقد أن صياغة سؤال يحقق تلك الاستراتيجية، كما كانت اعتقاداتي سلبية، ولكن تصوراتي تغيرت بشكل جذري، أدركت أن منهجية (STEAM) تبنى على مشكلة وتتطلب حلول، كما يتطلب وحدة دراسية على الأقل، وليس حصة دراسية واحدة

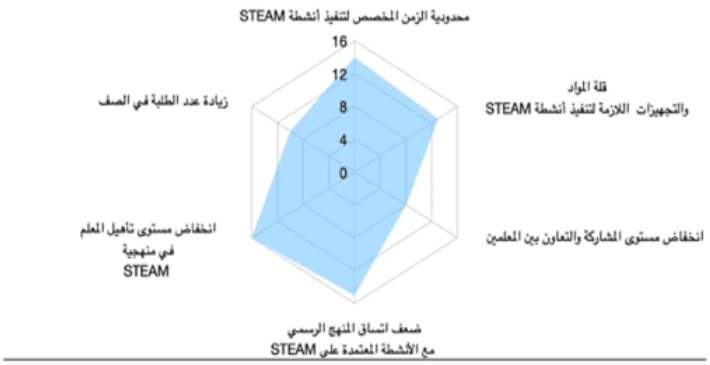
فقط، ويتطلب وقتاً لتحقيق نتائج واضحة ذات معنى، كما يتطلب عملًا جماعيًا؛ لتحقيق نتائج أفضل. باختصار، اتجاهاتي إيجابية".

وفي سياق إمكانية التطبيق في مدارس التعليم العام، أشارت (G6) إلى أن "نظرتي الأولى تركزت حول عدم إمكانية تطبيقه في مدارس المملكة، ولن ينجح تطبيقه رغم التحاقي بدورة لمدة يومين (قبل التحاقي بهذه الدورة)، ولكن لم أقتنع بتنفيذه، وبعد البرنامج التدريبي الحالي وصلت لاقتناع جزئي بأهمية مدخل (STEAM)، سأعمل مستقبلا على تصميم وحدة دراسية قائمة على (STEAM) عبر توظيف معايير العلوم للجيل القادم ضمن سياق حقيقي يساعد في تحقيق مستهدفات التعلم". وتشير المشاركة بوضوح إلى اقتناع جزئي حول المنهجية، وتؤكد على أهمية ربط المنهجية بمعايير العلوم للجيل القادم ضمن سياق حقيقي مرتبط بواقع حياة المتعلم، وهذا يعد تطورا واضحا في تعديل التصورات السابقة حول منهجية ((STEAM. وتتفق هذه النتيجة مع دراسة كونرادتي وبوغنر Conradty and Bogner (2021) التي توصلت إلى أن الأنشطة المعتمدة على منهجية (STEAM) تسهم في تحقيق الإبداع والكفاءة الذاتية. وقد أظهرت دراسة لاند(Land (2019 أن تضمين الفنون في برامج (STEAM) يساعد الطلبة على تحقيق الفهم العميق للمفاهيم العلمية، كما يسهم في حل المشكلات وتعزيز مهارات القرن الحادي والعشرين كمهارات الإبداع والابتكار التي تعد أعلى مستويات تصنيف بلوم للأهداف المعرفية، وفيما يتعلق بمجال الهندسة فإن دور الهندسة محوري كأداة ربط لجميع تلك المجالات: العلوم، والتقنية، والرياضيات عبر توظيف ممارسات التصميم الهندسي (Engineering Design Practices)، حيث تسهم في تعزيز المعرفة المفاهيمية (Conceptual Knowledge)، ومهارات التفكير العليا، وتصميم أنشطة المشروع (Fan & Yu, 2017).

ثالثاً: التحديات التي تواجه المعلم أثناء تنفيذ الأنشطة والمشاريع المرتبطة بمنهجية (STEAM):

تعددت التحديات التي تواجه أفراد العينة حول تنفيذ منهجية (STEAM) في مراحل التعليم العام، وتم تصنيف تلك التحديات (مرتبة حسب تكرارها) في تحديات تتعلق بـ ١) انخفاض مستوى تأهيل المعلم بمنهجية (STEAM)، ٢) ضعف اتساق المنهج الرسمي مع الأنشطة المعتمدة على (STEAM)، ٣) محدودية المواد والتجهيزات المتوفرة في المدرسة لتنفذ الأنشطة، ٤) تتطلب منهجية (STEAM) وقتا طويلا مقارنة بالطرائق التقليدية، ٥) انخفاض مستوى المشاركة والتعاون بين المعلمين، ٦) زيادة عدد الطلبة في الصف. ويوضح الشكل (١٣) تكرارات تلك التحديات وفق تصورات المشاركين.

شكل ١٣: *التحديات التي تواجه المعلمين أثناء تنفيذ منهجية (STEAM)*



وتتسق هذه النتيجة مع نتائج دراسة جونغ Jong (2016) التي توصلت إلى وجود انخفاض في كفاءة برامج التطوير المهني المقدمة للمعلمين. إن برامج التطور المهني المبنية وفق أطر مفاهيمية أثبتت فاعليتها (شكل ٥) يمكن أن تسهم في تعديل تصورات المعلمين، وبالتالي ممارساتهم التدريسية؛ فالطريق المباشر لتطوير الممارسات هو تعديل التصورات، وفي هذا السياق يؤكد كونرادتي وبوغنر Conradty & Bogner (2020) الحاجة للمزيد من فرص التطوير المهني عالي الجودة لمعلمي (STEAM)، كما تتسق -محليا- مع دراسة الغامدي (٢٠٢٢) التي توصلت إلى أن درجة ممارسة معلمي التربية الفنية لكفايات تعليم (STEAM) تراوح من متوسط إلى منخفض، وعزت الباحثة إلى أن منهجية (STEAM) تتطلب معرفة متعمقة، واستراتيجيات تدريس مفعلة لدور المتعلم، وبيئة تعلم مناسبة، وأدوات تقويم الأنشطة والمشاريع المعتمدة على منهجية (STEAM).

الخاتمة والتوصيات والمقترحات:

أظهرت نتائج الدراسة القبلية محدودية معرفة المعلمين بمنهجية ((STEAM وآلية تنفيذها في تعليم العلوم وتعلمها، ولكن برنامج التطور المهني ساهم في استيعاب المعلمين لمنهجية (STEAM) وإدراك أهميتها في تعزيز مخرجات التعلم بمختلف مستوياتها، كما أثبتت دور منهجية (STEAM) في تعزيز مهارات القرن الحادي والعشرين المتمثلة بالتعاون، والتواصل، وحل المشكلات عبر توفير بيئة تعليمية محفزة من خلال توظيف استراتيجيات تدريس مفعلة لدور المتعلم. وفي المقابل فقد أظهرت الدراسة وجود تحديات تواجه معلم العلوم أثناء تنفيذ الأنشطة المعتمد على منهجية (STEAM)، وقد تمثل التحدين الرئيسين بانخفاض مستوى تأهيل المعلم في منهجية (STEAM)، وضعف الاتساق بين محتوى المنهج الدراسي ومتطلبات منهجية (STEAM).

إن التأمل في منهجية (STEAM) يجد القواسم المشتركة واضحة بينها وبين معايير العلوم للجيل القادم التي تركز على أهمية تعزيز التكامل بين فروع المعرفة عبر توظيف النمذجة بأنواعها المختلفة، كما تتسق المنهجية مع الأطر الدولية المعتمدة في تقويم تعلم الطلبة لمواد العلوم وفق الجدول (٥)، فهل يمكن للطرائق التقليدية تحقيق كفايات مستهدفات الاختبارات الدولية؟

جدول ٥

الكفاءات المستهدفة في (TIMSS)و (PISA)

دراسة التوجهات الدولية في الرياضيات والعلوم (TIMSS)، مجال العلوم (Mullis et al., 202, p. 41-43)		
المحتوى العلمي		الأحياء، الكيمياء، الفيزياء، علم الأرض
مجال المهارات العقلية Cognitive Domain	المعرفة (Knowing)	التعرف، الوصف، إعطاء أمثلة
	التطبيق (Applying)	المقارنة والتصنيف، الربط، تفسير النماذج، تفسير المعلومات، الشرح
	الاستدلال (Reasoning)	التنبؤ، التصميم، التقويم، التوصل للنتائج، التحليل، التركيب، التعميم،
	الممارسات العلمية (Sceince Practices)	١. طرح الأسئلة بناء على الملاحظات والنظريات. ٢. تصميم الاستقصاءات وبناء الأدلة. ٣. التعامل مع البيانات. ٤. إجابة أسئلة البحث. ٥. بناء الحجج المعتمدة على الشواهد.
البرنامج الدولي لتقييم الطلبة (PISA)، مجال المعرفة العلمية (OECD, 2023)		
السياقات (Contexts)		شخصي، محلي/وطني، عالمي
المعرفة (Knowldge)		المحتوى، إجرائي، طبيعة المعرفة
الكفاءات (Competencies)		
أولا: شرح الظواهر علميا، وتشمل إظهار القدرة على: ١. استدعاء المعرفة العلمية وتطبيقها بطريقة مناسبة. ٢. استخدام أشكال متعددة من التمثيلات وإبراز العلاقات بينها. ٣. اقتراح التنبؤات والحلول العلمية المناسبة وتبريرها. ٤. تحديد النماذج وبنائها وتقييمها. ٥. تحديد وتطوير الفرضيات التفسيرية للظواهر العلمية. ٦. شرح الآثار المحتملة للمعرفة العلمية على المجتمع.		**ثانياً: تطوير تصاميم البحث العلمي وتقييمها، وتفسير البيانات العلمية بشكل نقدي، وتشمل إظهار القدرة على:** ١. تحديد السؤال في دراسة علمية معينة ٢. اقتراح تصميم تجريبي مناسب ٣. تقييم ما إذا كان التصميم التجريبي هو الأنسب للإجابة على السؤال ٤. تفسير البيانات المقدمة في تمثيلات مختلفة، واستخلاص النتائج المناسبة من البيانات وتقييم مزاياها النسبية
ثالثا: البحث عن المعلومات العلمية وتقييمها واستخدامها فيي اتخاذ القرار والعمل، وتشمل إظهار القدرة على: ١. البحث عن المزايا النسبية لمصادر المعلومات المختلفة (العلمية والاجتماعية والاقتصادية والأخلاقية). ٢. التمييز بين الادعاءات المستندة إلى أدلة علمية قوية صادرة عن خبير، مقابل المعلومة الصادرة عمن ليس خبيرًا، وتقديم أسباب الاختلاف بناء حجة تدعم استنتاجا علميا مناسبا من خلال مجموعة من البيانات. ٣. تعريض الحجج المتعلقة بالعلوم للنقد والتمحيص مثل:(الافتراضات والتفسيرات الخاطئة، والعلاقة السببية مقابل العلاقة الارتباطية، والتعميمات المبنية على بيانات محدودة ٤. تبرير القرارات باستخدام الحجج العلمية: الفردية أو الجماعية، التي تسهم في حل القضايا المعاصرة أو التنمية المستدامة.		

وبناء على ما توصلت له الدراسة من نتائج، فيوصي الباحث بالآتي:

- تقديم برامج تطور مهني مستمرة (Continous Professional Develiopemt Programs-CPDs) تلبي احتياجات المعلمين عبر توظيف الإطار المفاهيمي لتصميم برامج التطور المهني (شكل5)، مع أهمية مراعاة الجانب التطبيقي للمنهجية، والفترة الزمنية اللازمة لتحقيق الأهداف، مع الأخذ بعين الاعتبار التوجهات الحديثة في التطوير المهني التي تهدف لتقديم برامج متمركزة حول الطالب (Student-Centered Learning Professional Development Programs).
- تعزيز التعاون بين معلمي العلوم ومعلمي التخصصات الأخرى المرتبطة بمنهجية (STEAM)سيسهم في تعزيز المعرفة المرتبطة بالمحتوى عبر إحداث التكامل بين مجالات (STEAM)، وقد ينصح بالبدء بالمراحل الأولية من التكامل وصولا لمرحلة التكامل الإبداعي.
- تحفيز المعلمين على توظيف استراتيجية التعلم القائم على المشروع، وحل المشكلات، والعمل التشاركي؛ للإسهام في تحقيق أهداف منهجية (STEAM).
- يستلزم تضمين الفنون (Arts)مشاركة معلمي الفنون وممارسيها في الأنشطة المعتمدة على منهجية (STEAM)؛ لتحقيق الجانب الجمالي والإبداعي للمنهجية.
- تطوير مناهج العلوم الحالية بما يتسق مع معايير العلوم للجيل القادم التي تركز على جوانب رئيسية تتقاطع مع منهجية (STEAM): كالممارسات العلمية، والهندسية، والمفاهيم الشاملة.
- استثمار حصص الإتقان، ومشروع التخرج بما يحقق الاستفادة القصوى من الزمن المخصص لهما عبر تزويد الطلبة بأنشطة ومشاريع تسهم في تحقيق مستهدفات (STEAM)، حيث يشكل زمن الحصة الدراسية أحد التحديات التي تواجه المعلمين أثناء تنفيذ الأنشطة المعتمدة على منهجية (STEAM).

وبناء على النتائج والتوصيات السابقة، يمكن تقديم المقترحات الآتية:

- إجراء دراسات أخرى في موضوعات ومواد دراسية مختلفة كالرياضيات والهندسة والتقنية الرقمية والعلوم الصحية.
- إجراء دراسات تستكشف أثر منهجية (STEAM)في مخرجات التعلم، وبقاء أثر التعلم، والإبداع والابتكار.
- إجراء دراسة تستهدف التعرف على مدى تضمين الأنشطة المعتمدة على منهجية (STEAM)في مناهج العلوم للتعليم العام.
- إجراء دراسة تستهدف التعرف على فاعلية النمذجة الحاسوبية في موضوعات متعلقة بأنظمة البيئة المختلفة، مثل: استخدام بعض البرمجيات (Model-It, agent-based modeling such as NetLogo, spreadsheet models).

المراجع

المراجع العربية

برنامج تنمية القدرات البشرية. (٢٠٢٠). *الوثيقة الإعلامية: برنامج تنمية القدرات البشرية 2021-2025*. برنامج تنمية القدرات البشرية.

رؤية المملكة العربية السعودية 2030. (٢٠١٦). *رؤية المملكة العربية السعودية 2030*. https://www.vision2030.gov.sa/media/5ptbkbxn/saudi_vision2030_ar.pdf

العبدالكريم، راشد. (٢٠١٩). *البحث النوعي في التربية*. مكتبة الرشد ناشرون.

العتيبي، عبدالله وحج عمر، سوزان (٢٠٢٢). أثر برنامج تطور مهني قائم على الممارسات العلمية والهندسية في تنمية معتقدات معلمي علوم المرحلة المتوسطة لأبعاد العلم. *المجلة العربية للعلوم التربوية والنفسية*، ٦ (٢٩)، ٤٥٣-٤٩٢.

الغامدي، فاطمة. (2022). درجة ممارسة معلمي التربية الفنية ومعلماتها لكفايات تعليم STEAM بمدينة مكة المكرمة. مجلة جامعة الملك خالد للعلوم التربوية، 9(2)، 116-150. https://search.mandumah.com/Record/1297387

المحارف، أحمد. (٢٠٢١). الاحتياجات التدريبية لمعلمي العلوم في المرحلة المتوسطة في محافظة الأحساء في ضوء برامج التطوير المهني القائمة على التعلم النشط من وجهة نظرهم. *مجلة العلوم التربوية*، ٤ (٤)، ١٢٨-١٧٢.

هيئة تقويم التعليم والتدريب (٢٠٢٣). *وثيقة معايير مجال تعلم التربية الفنية*. هيئة تقويم التعليم والتدريب.

الطنطاوي، محمد و عبدالسلام، شيماء. (٢٠١٧). استخدام مدخل العلوم المتكاملة STEAM لتنمية مهارات التفكير عاليي الرتبة لدى الطلاب المعلمين بكليتيي التربية والتربية النوعية. مجلة كلية التربية ببنها، *28* (111)، 347-426. https://search.mandumah.com/Record/861671

المراجع الإنجليزية:

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives: complete edition*. Addison Wesley Longman, Inc.

Barakos, L., Lujan, V., & Strang, C. (2012). Science, technology, engineering, mathematics (STEM): Catalyzing change amid the confusion. Portsmouth, NH: RMC Research Corporation, Center on Instruction.

Boon, N. S. (2020). Developing curriculum design for the 21st century–Balancing the need of character building and meeting other emerging needs of the future. *Asia Pacific Journal on Curriculum Studies*, *3*(2). 1-10. https://doi.org/10.53420/apjcs.2020.4

Boy, G. A. (2013). From STEM to STEAM: toward a human-centred education, creativity & learning thinking. In Proceedings of the 31st European conference on cognitive ergonomics. 1-7. https://doi.org/10.1145/2501907.2501934

Burghardt, M. D. (2013). Interconnected STEM with engineering design pedagogy. In 2013 ASEE Annual Conference & Exposition http://monolith.asee.org/public/conferences/20/papers/6395/download

Ceci, S. J., & Williams, W. M. (2011). Why aren't more women in science? Top scientists debate the evidence. American Psychological Association. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/11546-000

Chenail, R. J. (2012). Conducting qualitative data analysis: Qualitative data analysis as a metaphoric process. The Qualitative Report, 17(2), 248-253. DOI: 10.46743/2160-3715/2012.1818

Common Core State Standards Initiative. (2010). Common Core State Standards for Mathematics (CCSSM). Washington, DC: National Governors Association Center for Best Practices and the Council of Chief State School Officers.

Conradty, C., & Bogner, F. X. (2019). From STEM to STEAM: Cracking the code? How creativity & motivation interacts with inquiry-based learning. *Creativity Research Journal*, *31*(3), 284-295. . https://doi.org/10.1080/10400419.2019.1641678

Conradty, C., & Bogner, F. X. (2020). STEAM teaching professional development works: effects on students' creativity and motivation. *Smart Learning Environments, 7*(1), 26. https://doi.org/10.1186/s40561-020-00132-9

Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.)*. Sage. https://doi.org/10.5539/elt.v12n5p40

Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A., & Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K-12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, *41*(12), 1701-1720. https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1638531

Daugherty, M. K. (2009). The "T" and "E" in STEM. In ITEEA (Ed.), The overlooked STEM imperatives: Technology and engineering (pp. 18–25). ITEEA: Reston.

Delaforce.(2016). The new incline plane of inquiry-based/PBL/STEM integration. https://delaforceservices.net/wp-content/uploads/2016/10/Neodisciplinary-1.png

El-Deghaidy, H., & Mansour, N. (2015). Science teachers' perceptions of STEM education: Possibilities and challenges. International Journal of Learning and Teaching, 1(1), 1-16. DOI: 10.18178/ijlt.1.1.51-54

English, L. D. (2017). Advancing elementary and middle school STEM education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, **15**(1), 5–24. https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x

Fan, S. C., & Yu, K. C. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, *27*(1), 107–129. https://doi.org/10.1007/s10798-015-9328-x.

Henriksen, D. (2017). Creating STEAM with design thinking: Beyond STEM and arts integration. *The STEAM Journal*, 3(1), 1-11. DOI: 10.5642/steam.20170301.11

Henriksen, D. (2017). Creating STEAM with design thinking: Beyond STEM and arts integration. *The STEAM Journal*, *3*(1), 1–11.

Herro, D. & Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher educators. *Professional Development in Education, 43*(3), 416–438. https://doi.org/10.1080/19415257.2016.1205507.

Herro, D., Quigley, C., & Cian, H. (2019). The Challenges of STEAM Instruction: Lessons from the Field. *Action in Teacher Education*, *41*(2), 172-190. https://doi.org/10.1080/01626620.2018.1551159

International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA). (2020). *Standards for technological and engineering literacy: The role of technology and engineering in STEM education*. https://www.iteea.org/stel

Jho, H., Hong, O., & Song, J. (2016). An analysis of STEM/STEAM teacher education in Korea with a case study of two schools from a community of practice perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *12*(7), 1843-1862. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1538a

Johnson, T. M., Byrd, K. O., & Allison, E. R. (2020). The impact of integrated STEM modeling on elementary preservice teachers' self-efficacy for integrated STEM instruction: A co-teaching approach. *School Science and Mathematics*, 121(1), 25–35. https://doi.org/10.1111/ssm.12443

Jong, M. S. Y. (2016). Teachers' concerns about adopting constructivist online game-based learning in formal curriculum teaching: The VISOLE experience. *British Journal of Educational Technology*, 47(4), 601–617. https://doi.org/10.1111/bjet.12247

Kang, N. H. (2007). Elementary teachers' epistemological and ontological understanding of teaching for conceptual learning. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(9), 1292-1317.

Kartini, D., & Widodo, A. (2020). Exploring Elementary Teachers', Students' Beliefs and Readiness toward STEAM Education. *Mimbar Sekolah Dasar*, 7(1), 54–65. https://doi.org/10.17509/mimbar-sd.v7i1.22453

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM education*, 3, 1-11.

Kelly, K., Burr, B. (2021). Emphasizing Transdisciplinary Prowess in the Evaluation of STEAM Program. in *Converting STEM into STEAM programs: Methods and examples from and for education*, eds A. J.

Stewart, M. P. Mueller, and D. J. Tippins (Cham: Springer Nature Switzerland AG), 259–284. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25101-7

Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia Computer Scienc*e, 20, 547-552. https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.317

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education, 7*, 11. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6

Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2010). *Designing professional development for teachers of science and mathematics* (3rd ed.). Corwin Press.

Mansour, N. (2009). Science-technology-society (STS) a new paradigm in science education. *Bulletin of science, technology & society*, 29(4), 287-297.

Mater, N., Daher, W., & Mahamid, F. (2023). The Effect of STEAM Activities Based on Experiential Learning on Ninth Graders' Mental Motivation. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 13(7), 1229-1244. https://doi.org/10.3390/ejihpe13070091

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2020). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook (4th ed.)*. SAGE Publications.

Miller, J., & Knezek, G. (2013). STEAM for student engagement. *Proceedings of the SITE 2013—Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, New Orleans, LA, 25–29. pp. 3288–3298. https://tinyurl.com/9d2eprt2

Mullis, I. V. S., Martin, M. O. & Von Davier, M. (Eds.) (2021). *TIMSS 2023 Assessment Frameworks*. TIMSS & PIRLS International Study Center. Lynch School of Education, Boston College. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED618559.pdf

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.

NGSS Lead the States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, by States.* The National Academies Press.

OECD. (2023). *PISA 2025 Science Framework* (Draft). https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf

OECD. (2023). *PISA 2025 Science Framework* (Draft). https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf

Ortiz-Revilla, J., Ruiz-Martín, Á., & Greca, I. M. (2023). Conceptions and Attitudes of Pre-School and Primary School Teachers towards STEAM.

Education in Spain. Education Sciences, 13(4), 1-2. https://doi.org/10.3390/educsci13040377

Park, H., Byun, S.-Y., Sim, J., Han, H., & Baek, Y. S. (2016). Teachers' perceptions and practices of STEAM education in South Korea. Eurasia *Journal of Mathematics, Science, and Technology Education*, 12(7), 1739–1753. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1531a

Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity, 31*, 31–43. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002

Petrosino, A. (2003). Commentary: A framework for supporting learning and teaching about mathematical and scientific models.*Contemporary Issues in Technology and Teacher Education 3*(3), 288–299. https://www.learntechlib.org/primary/p/19912/

Putnam, R. T., & Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? Educational Researcher, 29, 4–15. https://doi.org/10.3102/0013189X029001004

Radloff, J., & Guzey, S. (2016). Investigating preservice STEM teacher conceptions of STEM education. Journal of Science Education and Technology, 25, 759-774. DOI:10.1007/s10956-016-9633-5

Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ring-Whalen, E., & Wieselmann, J. R. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education*, *8*(2). https://doi.org/10.1186/s40594-020-00259-8.

Schwarz, C. V., Passmore, C., & Reiser, B. J. (2017). Helping students make sense of the world using next generation science and engineering practices. NSTA Press.

Segarra, V. A., Natalizio, B., Falkenberg, C. V., Pulford, S., & Holmes, R. M. (2018). STEAM: using the arts to train well-rounded and creative scientists. *Journal of Microbiology and Biology Education*, *19*(1), 1–7 https://doi.org/10.1128/jmbe.v19i1.1360.

Varas, D., Santana, M., Nussbaum, M., Claro, S., & Imbarack, P. (2023). Teachers' strategies and challenges in teaching 21st century skills: little common understanding. *Thinking Skills and Creativity*, 101289. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101289

Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8 : integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann.

Vaughn, M., & Parsons, S. A. (2013). Adaptive teachers as innovators: Instructional adaptations opening spaces for enhanced literacy learning. *Language Arts*, 91(2), 81-93.

Videla R., Aguayo C., Veloz T. (2021). From STEM to STEAM: An enactive and ecological continuum. *Frontiers in Education*, 6, 6. https://doi.org/10.3389/feduc.2021.709560

Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 32(6), 1072–1086. https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072