Dirasat: *Educational Sciences*, Volume 51, No. 4, 2024

Deanship of Scientific Research

The Effectiveness of Learning Based on Integrating 3D Printing Technology into Physics in Developing Scientific and Engineering Practices (SEPS) among 10th Grade Students in the Sultanate of Oman

Asma Abdullah AlShabnuti [1*], ***Sulaiman Mohammed Al-Balushi*** [2], ***Ali Mahdi Kazem*** [3], ***Abdullah Khamis Ambusaidi*** [4]

[1]Ph.D Scholar, Curriculum and Instruction, College of Education, Sultan Qaboos University, Muscat, Oman.

[2]Curriculum and Instruction Department, College of Education, Sultan Qaboos University, Muscat, Oman.

[3]Psychology Department, College of Education, Sultan Qaboos University, Muscat, Oman.

[4]Ministry of Education, Muscat, Oman.

Received: 21/7/2024
Revised: 25/8/2024
Accepted: 22/9/2024
Published: 15/12/2024

* *Corresponding author:*
A.Alshabnuti@gmail.com

Citation: AlShabnuti, A. A., Al-Balushi, S. M., Kazem, A. M., & Ambusaidi, A. K. (2024). The Effectiveness of Learning Based on Integrating 3D Printing Technology into Physics in Developing Scientific and Engineering Practices (SEPS) among 10th Grade Students in the Sultanate of Oman. *Dirasat: Educational Sciences*, *51*(4), 103–118. https://doi.org/10.35516/edu.v51i4.8343

© 2024 DSR Publishers/ The University of Jordan.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Abstract

Objectives: The current study aims to identify the effectiveness of learning based on integrating 3D printing technology into physics to enhance scientific and engineering practices (SEPs) among 10th grade students.

Methods: A quantitative approach and quasi-experimental research design were adopted, with a control and experimental group. The latter was taught by integrating 3D printing technology, whereas the control group was taught using the traditional method. The sample consisted of (131) 10th grade male and female students. A science and engineering practices test was applied to measure students' practices in these areas.

Results: Findings showed there were statistically significant differences in favor of the experimental group in overall science and engineering practices. Specifically, the results showed that these differences were manifest in six practices: Asking questions and defining the problem, using and developing models, planning and implementing surveys, constructing explanations and designing solutions, engaging in debate based on evidence, and obtaining, evaluating and exchanging information.

Conclusions: By integrating 3D printing technology into learning, students could acquire the practices of scientists and engineers, enabling them to approach problem-solving in a concrete, technical manner using cutting-edge industrial revolution technologies. The study recommends integrating these techniques into science-related school curriculum and advocates for further research to gauge their effectiveness across different variables.

Keywords: 3D Printing, scientific and engineering practices, engineering design, STEM.

فاعلية التعلم القائم على دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعلم مادة الفيزياء في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى طلبة الصف العاشر في سلطنة عمان

أسماء بنت عبدالله الشبنوتية [1*]، ***سليمان بن محمد البلوشي*** [2]، ***علي بن مهدي بن كاظم*** [3]، ***عبدالله بن خميس أمبوسعيدي*** [4]

[1]باحثة دكتوراه بقسم المناهج والتدريس، كلية التربية، جامعة السلطان قابوس، مسقط، سلطنة عمان.

[2]قسم المناهج والتدريس، كلية التربية، جامعة السلطان قابوس، مسقط، سلطنة عمان.

[3]قسم علم النفس، كلية التربية، جامعة السلطان قابوس، مسقط، سلطنة عمان.

[4]وزارة التربية والتعليم، مسقط، سلطنة عمان.

ملخّص

الأهداف: تهدف الدراسة الحالية إلى الكشف عن فاعلية التعلم القائم على دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعلم مادة الفيزياء في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى طلبة الصف العاشر في سلطنة عمان.

المنهجية: اتُّبِعَ المنهج الكمي باستخدام التصميم شبه التجريبي ذي مجموعتين: ضابطة وتجريبية، تم تدريس المجموعة التجريبية باستخدام التعلم القائم على دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، في حين درست المجموعة الضابطة بالطريقة الاعتيادية. تكونت عينة الدراسة الحالية من (131) طالبًا وطالبة من طلبة الصف العاشر، وقد تم استخدام اختبار الممارسات العلمية والهندسية لقياس الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة.

النتائج: أظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة احصائية بين متوسطي المجموعتين الضابطة والتجريبية في اختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل لصالح المجموعة التجريبية، وبحجم أثر كبير، وتحديدًا أظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية في ست ممارسات، هي (طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، استخدام النماذج وتطويرها، تخطيط وتنفيذ الاستقصاءات، بناء التفسيرات وتصميم الحلول، الاندماج في الجدل القائم على الأدلة، الحصول على المعلومات وتقييمها وتبادلها) لصالح المجموعة التجريبية.

الخلاصة: لقد وفر دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعلم فرصة للطلبة لاكتساب ممارسات العلماء والمهندسين في حل المشكلات من خلال دروس الفيزياء في منهج الصف العاشر؛ ما ساعدهم في حل المشكلات بطريقة تقنية ملموسة باستخدام إحدى تقنيات الثورة الصناعية الرابعة، لذا توصي الدراسة الحالية بدمج هذه التقنيات في تعلُّم العلوم من خلال المناهج الدراسية وإجراء المزيد من البحوث بشأن فاعليتها في متغيرات أخرى.

الكلمات الدالة: الطباعة ثلاثية الأبعاد، الممارسات العلمية والهندسية، التصميم الهندسي، العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM).

مقدمة

يشهد العالم تطورات تكنولوجية متسارعة، وتغيُّرات متلاحقة، برزت ملامحها في تقنيات الثورة الصناعية الرابعة، المتمثلة في الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والطباعة ثلاثية الأبعاد، والحوسبة، والروبوتات، وغيرها؛ ما قاد إلى تنافُسٍ صناعيٍّ عالميٍّ بين الدول، وشَكَّلَ في الوقت نفسه تحدِّيًا كبيرًا للمنظومة التربوية لمواكبة هذا التطوُّر، وبناء متعلِّم مستعد لهذه التغيُّرات، يُساهم في الإنتاج، وناجح في الحياة وسوق العمل، ومزوَّد بالمهارات اللازمة لمواجهة المستقبل؛ ليكون قادرًا على تحقيق التنمية الاقتصادية الشاملة المستدامة لوطنه.

وتكمُن أهمية الثورة الصناعية الرابعة في أنها تمثِّل عصب الاقتصاد في المستقبل؛ ما يعرِّض اقتصاد الدول النفطية لصدمة واضحة إذا لم يتم اعتماد استراتيجية سريعة للدخول بقوة في الثورة الصناعية الرابعة، وإن كانت بعض الدول العربية بدأت بالفعل التَّوَجُّه نحو اعتماد التكنولوجيا؛ إلَّا أنَّنَا لم ندخل حتى الآن مرحلة الابتكار التكنولوجي بفاعلية، وهذا يتطلب مهارات جديدة، ومناهج دراسية متطورة، وثقافة تعليمية مختلفة، لذا أصبحت المؤسسات التعليمية بحاجة إلى توظيف تقنيات الثورة الصناعية الرابعة؛ بهدف تحسين بيئة التعلُّم وتطوير أنظمتها، والتركيز على تنمية مهارات المستقبل لدى الطلبة، وقد سعت العديد من المؤسسات التعليمية إلى إعادة صياغة أساليبها التربوية بما يتماشى مع متطلبات هذه الثورة الجديدة، وتَبَنِّي توجُّهات جديدة في التعليم؛ منها تعامُل المتعلمين مع مجموعة متنوعة من المجالات المعرفية، والنظر إلى التعلُّم على أنَّه عملية مستمرة مدى الحياة، ودَعْم وتنمية العديد من عمليات المعالجة المعرفية للمعلومات بوساطة التكنولوجيا المتقدمة، وتَبَنِّي مبدأ "تَعَلَّمْ من أجلِ أَنْ تفعلَ"؛ ليتمكن المتعلم من المشاركة بشكل فعَّال في مجتمعه (عمران، 2021).

وقد انتشرت الطباعة ثلاثية الأبعاد في المؤسسات التربوية بانتشار التوجُّهات بشأن إدخال (حركة الصنع في المدارس) (maker movement) الفاعلة في حَلِّ المشكلات الحقيقية؛ فقد مَهَّدَ هذا التَّوَجُّه لمزيد من التعلُّم القائم على الاكتشاف، وشَجَّعَ الطلبة للتعلُّم لا من خلال المشاهدة فقط؛ لَكِنْ من خلال الممارسة (Scaradozzi et al., 2021)، وإنَّ هذه التِّقْنِيَّة ارتبطت بالإصلاحات التربوية التي دعت إلى تَبَنِّي دَمْج التخصُّصات المتعددة: العلوم والهندسة والتكنولوجيا والرياضيات (STEM)، فاستخدامها في فصول العلوم الدراسية يمكِن أَنْ يُوَفِّرَ طريقة واقعية في تدريس العلوم والهندسة والتكنولوجيا والرياضيات؛ بما يُساهم في توجيه الطلبة نحو فهم وحَلِّ مشكلات الحياة الواقعية، والمشاركة بفاعلية في القضايا المحلِّية والعالمية (Wisdom & Novak, 2020).

وأشارت الدراسات الحديثة إلى فوائد عديدة لاستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم، ففي دراسة لأكثر من (1000) مستجيبٍ من أنحاء العالم المختلفة؛ يُشَكِّلُ أغلبُهم متخصِّصين في التعليم والتكنولوجيا والمختبرات وأمناء المكتبات ومتخصِّصين في وسائل الإعلام، عبرَ ما نسبتُهُ (63%) منهم عن دعمهم لاستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم لتمكين طرائق تعلُّم جديدة، لِمَا تتمتَّعُ به من قدرة على نقل مستوى الدروس إلى مستوى أعلى؛ ما يجعلها أداةً فاعلةً للمعلمين والطلبة لتحقيق فَهْمٍ أعمقَ في توظيف المعرفة (MakerBot, 2021). وفي دراسة أَجْرَاها إينوما وآخرون (Inoma et al., 2020) بشأن تَصَوُّر ونشر الطباعة ثلاثية الأبعاد في القطاع التعليمي النيجيري لبرامج العلوم والهندسة؛ وقد أَكَّدَ الباحثون أن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في القطاع التعليمي يعمل على زيادة الوعي بالطباعة ثلاثية الأبعاد، وتحسين مواقف الطلبة واتجاهاتهم نحو هذه التِّقْنِيَّة، ويُحَسِّنُ استيعاب المفاهيم المكانية لدى الطلبة؛ فَهُمُ الذين يُنْتِجُون نماذج ثلاثية الأبعاد ويكتسبون فهمًا أعمقَ للطبيعة ثلاثية الأبعاد لأفكارهم وتصميماتهم، وأضاف الباحثون أن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد يساهم في سَدِّ فجوة المهارات، واللِّحَاق بركب الثورة الصناعية الرابعة على مستوى العالم في قطاع التصنيع الإضافي؛ باكتساب مهارات تِقْنِيَّة وبحثيَّة، وإنَّها تُحَسِّنُ تعلُّم الطلبة بطريقة مثيرة وتفاعلية، وتعمل على إزالة الفجوة بين المعلم والطلبة؛ لأنها تُوَفِّرُ عملية تعلُّم أكثر تفاعلية، يكتسب من خلالها الطلبة الشعور بالإنجاز، ما يزيد ثقتهم بأنفسهم ويجعلهم يشعرون أنَّهم شركاء في العملية التعليمية، وينمِّي ذلك مهارات العمل الجماعي لديهم، كما أنَّ الطباعة ثلاثية الأبعاد يمكن أن توفِّر مُعِينات ووسائل تعليمية مبتكَرة؛ ما يُتِيحُ للمعلمين ابتكار وسائل تعليمية لا تَحُدُّها قيود التكاليف والتَّوَفُّر، بشكل يُحَسِّنُ التدريس والتعلُّم.

إن الطباعة ثلاثية الأبعاد تساعد في إلهام جيل من متعلمي العلوم والهندسة والتكنولوجيا والرياضيات (STEM) من خلال الجمع بين مهارات حل المشكلات والإبداع والابتكار، فهي طريقة فاعلة لنشر التعلم التجريبي ومنح الطلبة المزيد من الخبرات العملية، كما أنها تساهم في وضع التعلم في سياقِهِ؛ ليرى الطلبة قيمة الدروس في حل مشكلات العالم الحقيقي ما يعزز العملية التعليمية، ويساعدهم في التفكير بشكل مختلف يهيئهم للمستقبل، كما أنها تنمي الخيال لدى الطلبة عندما يتم تمكينهم من تحويل تصميماتهم إلى منتجات حقيقية، وتُعَزِّزُ الذكاء المكاني لدى الطلبة، إلى جانب أنَّ دَمْجَها في التَّعلُّم يُعَدُّ نشاطًا عقليًّا مُمْتِعًا، ويُمَكِّن المعلمين اكتشاف طرائق جديدة للحفاظ على تفاعُل طلبتهم، وإضافة أهمية وقيمة لدروسهم بطريقة نَشِطَة مُحَفِّزَة (Promethean, 2017).

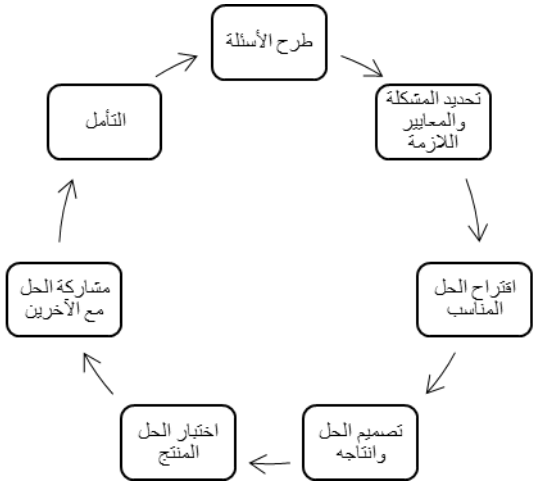
إنَّ دَمْجَ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد يتوافق مع عدد من نظريات التَّعلُّم وتوجُّهاتها ومبادئها التي تتمحور في الطالب، منها النظرية البنائية التي ترى أنَّ التَّعلُّم منهجًا يعتمد إلى مشاركة الطلبة في بناء معرفتهم الخاصة؛ ما يعني: أَنْ يكون الطالبُ نَشِطًا إيجابيًّا في عملية التَّعلُّم، ومسؤولًا عن بناء معرفتِه الخاصة من دون الاعتماد إلى الآخرين (الجوراني والمشهداني، 2018؛ عطية، 2015)، ويرى بابريبت (Papert, 1991) أَحَدُ المُنظِّرين للبنائية

الحديثة أنَّ التَّعلُّم يحدُثُ من خلالِ صُنعِ المعنى والمعرفة؛ فبناءُ المعرفة من وجهة نظرِهِ لا بُدَّ أَنْ ينتهيَ بمُنْتَج نهائي، أو نموذج مادي، قابلٍ للمشاركة مع الآخرين.

لقد تم دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعلم العلوم من خلال المنحى التكاملي للعلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM) باستخدام طرائق مختلفة منها التعلم القائم على المشاريع (Lin et al., 2021, Novak & Wisdom, 2018)، أو من خلال التصميم الهندسي (Barbosa & Isable, 2024; Chang & Yen, 2023)، وقد اعتمدت الدراسة الحالية على دمج التعلم القائم على المشاريع مع عملية التصميم الهندسي، في التعلم القائم على دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد؛ فيُمكِنُ توضيح هذه المراحل في الآتي:

- مرحلة التخطيط: ويتم خلالها (طرح الأسئلة حول المشكلة، تحديد المشكلة والمعايير اللازمة للحل).
- مرحلة التنفيذ: ويتم خلالها (اقتراح الحل المناسب، تصميم الحل وإنتاجه عبر الرسم وتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، اختبار المنتج عمليًّا وفقًا للمعايير المحددة سابقًا).
- مرحلة التقييم: ويتم خلال هذه المرحلة (مشاركة الحل مع الآخرين من خلال العرض، تأمل المنتج والمقترحات المقدمة).

ويمكن تلخيص هذه المراحل في الشكل (1):



الشكل (1): مراحل التعلم القائم على تقنية الطباعة ثلاثية

وخلال مراحل التعلم هذه تسعى الدراسة الحالية إلى تنمية الممارسات العلمية والهندسية (Science & Engineering Practices) لدى الطلبة، وتعد إحدى الممارسات التي ينبغي الاهتمام بها وتحسينها لدى الطلبة وَدَعَتْ إليها الإصلاحات التربوية في مجال تدريس العلوم، فقد جاءت ضِمْنَ أبعاد المعايير الجديدة لتعلم العلوم ((Next Generation Science Standards(NGSS)، باعتبارها حركة تطويرية لمهارات الاستقصاء وعمليات العلم؛ فقدِ اقترحَ المجلس الوطني للبحوث National Research Council (NRC) استخدام مصطلح "الممارسة" بدلاً من "المهارة" للتأكيد على أن الاندماج في البحث العلمي لا يستدعي المهارة فحسب؛ بل يتطلب أيضًا المعرفة المحدَّدة لكل ممارسة (NRC, 2013)، وهذا مايؤكد أن لهذه الممارسات جانب من العمليات العقلية، يستوجب توظيفًا للمعرفة بشكل يظهر من خلالها الطالب هذه الممارسات العلمية والهندسية.

وقد حُدِّدَتِ الممارسات العلمية والهندسية لتشملَ ثماني ممارسات تجمع بين العلوم والهندسة؛ هي: طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، وتطوير واستخدام النماذج، وتخطيط وتنفيذ الاستقصاءات، وتحليل وتفسير البيانات، والاندماج في الجدل القائم على الأدلة، وبناء التفسيرات وتصميم الحلول، والحصول على المعلومات وتقييمها وتبادلها(NRC, 2012; 2013)، ويمكن تفصيل هذه الممارسات في الآتي (Bybee, 2011):

1. طَرْح الأسئلة وتحديد المشكلة: تُعَدُّ القدرة على صياغة أسئلة قابلة للإجابة عنها تجريبًا للظواهر المختلفة هي الممارسة الأساسية للعلماء، ويُعَدُّ طَرْحُ الأسئلة لتوضيح المشكلة وتحديد معايير الحَلِّ الناجح لها، ممارسةً أساسيَّةً للمهندسين أيضًا.
2. تطوير واستخدام النماذج: ينطوي العلوم غالبًا على استخدام النماذج والمحاكاة؛ للمساعدة في تقديم تفسيرات للظواهر الطبيعية، وتُسْتَخْدَم النماذج في الهندسة لتحليل الأنظمة، وتحديد العيوب التي قد تحدُث، أو لاختبار الحلول الممكِنة للمشكلة؛ والتَّعَرُّف إلى نقاط القوة ومواضع الضعف في تصاميم الحلول المقترحة.
3. تخطيط الاستقصاءات، وتنفيذها: يمارِسُ العلماء الاستقصاء وفق منهجية مخطَّطة؛ بما يتطلب توضيح البيانات والمتغيّرات في التجارب

العلمية، وفي الهندسة فإنَّ إجراء الاستقصاء يساعد المهندسون في تحديد المتغيّرات ذات الصِّلَة، وتحديد كيفية قياسها، وجمع البيانات وتحليلها؛ لتحديد فاعليه وكفاءة التصاميم في ظروف مختلفة.

4. تحليل البيانات وتفسيرها: لأَنَّ البيانات لا تتحدث عن نفسها يستخدم العلماء مجموعة من الأدوات والرسوم والتحليل الإحصائي؛ لتحديد نَمَط البيانات ومصادر الخطأ فيها، وفي الهندسة يشمل تحليل البيانات التي تم جمعها اختبار التصميم، ومقارنة الحلول المختلفة، وفقًا لمعايير محدَّدة.
5. استخدام الرياضيات والتفكير الحاسوبي: في العلوم تُعَدُّ الرياضيات والحساب أدوات أساسية لتمثيل المتغيّرات المادية، ودراسة العلاقات الكَمِّيَّة، والتعبير عنها وتطبيقها، وتُعَدُّ التمثيلات الرياضية والحساب للعلاقات جزءًا لا يتجزأ من التصميم في الهندسة؛ ما يساهم في تصميم أو تطوير الحلول المقترحة.
6. بناء التفسيرات، وتصميم الحلول: يهدُف العلوم إلى بناء النظريات التي تقدِّم تفسيرات للعالم المادي؛ فتصبح النظرية مقبولة عندما يكون لها قوة تفسيرية، ويتَّسِع نطاق الظواهر التي تفسِّرها، كما أَنَّ التصميم الهندسي يهدُف لِحَلِّ منهجيٍّ للمشكلات يعتمد إلى المعرفة العلمية، ونماذج من العالم المادي، فلا يُوْجَدُ عادةً حَلٌّ واحدٌ أفضلُ؛ بَلْ مجموعة من الحلول وفقًا للمعايير المحدَّدة.
7. الاندماج في الجدل القائم على الأدلة: يُعَدُّ الاستدلال والحُجَّة ضروريَّيْن لتحديد أفضل تعبير لظاهرة علمية، فالعلماءُ يدافعون عن تفسيراتهم وفقًا لأساسٍ مَتِينٍ من البيانات، وفَهْمِهم للأدلة والتعليقات من الآخرين، وإنَّهما ضروريَّان في الهندسة لإيجاد أفضل حَلٍّ لمشكلة ما، فالمهندسون يستخدمون طرائقَ منهجيَّةً لمقارنة البدائل، وصياغة الأدلة وفقًا للبيانات، وتقديم الحُجَج للدفاع عن استنتاجاتهم، وإجراء تقييمٍ نقديٍّ لأفكار الآخرين.
8. الحصول على المعلومات وتقييمها وتبادلها: يتطلب العلم القدرة على استخلاص المعنى من النصوص العلمية، ودَمْج تلك المعلومات في التفسيرات المقترحة، فالعلماء يمارسون القدرةَ على توصيل نتائجهم بشكل واضح مُقْنِع، والتَّعَرُّف إلى نتائج الآخرين من خلال الاندماج في مناقشات واسعة، وهُمْ قادرون على توصيل مزايا تصاميمهم بشكل واضح مُقنِع، وتقييم المعلومات واستخلاصها وتطبيقها بشكل مفيد.

يَتَبَيَّنُ أن هذه الممارسات تختلف وتتميَّز عن مهارات الاستقصاء وعمليات العلم؛ لتضمينها أبعادًا جديدة، فضلًا عن التصميم الهندسي؛ كالاهتمام بطرح الأسئلة، وتحديد المشكلات، وبناء التفسيرات وتصميم الحلول، وتطوير واستخدام النماذج، والجدل العلمي، والحصول على المعلومات وتقييمها وتوصيلها للآخرين، علاوةً على أنها خطوات مَرِنَة، وليست متتابعة كخطوات المنهج العلمي؛ لكونها تسمح أن يختار الفرد كيف يبدأ؟ ومن أين يبدأ؛ وفقًا لطبيعة الموقف الذي يتعامل معه ولا يتطلب استخدامها كلَّها (أبو غنيمة وعبد الفتاح، 2019).

ويرى سشوارز وآخرون (Schwarz et al., 2017) أن الممارسات العلمية والهندسية هي الطريقة التي تُبْنَى بها المعرفة، ونختبرها ونصقلها، وتستخدم إمَّا للتحقيق في الأسئلة أو لِحَلِّ المشكلات؛ ما يجعل فصول العلوم أماكن يعمل فيها الطلبة معًا لصنع المعرفة والمعنى، ومشاركة الأفكار وتقييمها، ونقد أفكار بعضهم، والوصول معًا إلى بناء المعرفة ومناقشتها. ويشير الشياب (2019) إلى أن الممارسات العلمية والهندسية تُمَكِّنُ الطلبة من دراسة العلوم في سياقات تجسِّد قيمتها ومعناها في العالم الواقعي الذي يعيشونه، وتصميم حلول للمشكلات العلمية والتحديات التي تواجههم في الحياة؛ لذلك تعاملت معايير العلوم الحديثة مع مفردات تدريس العلوم أنَّها ممارسات يندمج فيها عمل العالِم المتمثِّلة بطرائق البحث العلمي، وعمل المهندس المتمثِّل في حَلِّ المشكلات وبناء التصميم الهندسي؛ ما يؤكِّد امتلاك المعرفة والمهارة في آنٍ واحدٍ، وعليه فإنَّ التَّحَوُّل الذي تتطلبه هذه الممارسات ينادي بضرورة أن يتمكَّن معلم العلوم خلال تدريسه من مكاملة النظرية والتطبيق، وتوجيهها نحو الأداءات المتوقَّعة، التي تُظْهِرُ تمكِّن الطلبة من فهم المحتوى من خلال ما يوظفونه من الممارسات العلمية والهندسية.

مشكلة الدراسة وسؤالها

تؤكِّد الأكاديمية الوطنية للعلوم والهندسة والطب في الولايات المتحدة (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019) ضرورة تعريف الطلبة وتدريبهم على العلوم والهندسة؛ من أجل فهم العالم من حولهم، والمشاركة كونهم أعضاءَ فاعلين في المجتمع، فيمكن استخدام مهارات وطرائق التفكير التي يتم تطويرها وصقلها، بالاندماج في المساعي العلمية والهندسية للتعامُل مع الأدلَّة واتخاذ القرارات، والمشاركة بشكل مسؤول في الحياة المدنية، وتحسين الحفاظ على البيئة، والتحضير لِلْمِهَن التي تستخدم العلوم والتكنولوجيا.

لذلك اهتمت العديد من الدراسات والبحوث التربوية بالتَّطَرُّق إلى مستوى إكساب الطلبة الممارسات العلمية والهندسية، ودعت إلى ضرورة الاهتمام بها، وتنميتها وإكسابها الطلبة داخل الغُرَف الصفية؛ من خلال طرائق واستراتيجيات تدريس العلوم المختلفة، كالاستقصاء، وبرامج تدريب قائمة على المعايير الجديدة لتعلم العلوم (NGSS)، واستخدام منحَى التكامل بين العلوم والهندسة والرياضيات، والتعلُّم الخبراتي، وغيرها؛ من هذه الدراسات (أبو غنيمة وعبدالفتاح، 2019؛ عفيفي، 2019؛ محمد، 2021؛ محمد وسيف، 2020؛ Brand, 2020; Gale et al., 2019; Simarro &

Couso, 2021)، وقد أوصت هذه الدراسات بضرورة الاهتمام بتنمية الممارسات العلمية والهندسية المتعلقة بمعايير تعليم العلوم لدى الطلبة، وتدريب معلِّمي العلوم على استخدام أنشطة وطرائق تدريس مناسبة لذلك.

ومن خلال خبرة الباحثين في تدريس مناهج العلوم والفيزياء في السلطنة، وتدريب المعلمين على أساليب وطرائق تدريس العلوم، لوحظ وجود ضعف لدى الطلبة في الممارسات العلمية والهندسية، وللوقوف على ذلك تم إجراء مسح استطلاعي شارك فيه 32 معلِّمًا ومعلِّمةً من معلِّمي العلوم والفيزياء من محافظات مختلفة في سلطنة عمان، أسفرت نتائجه أنَّ نسبةً (93.7%) من المعلمين أشاروا أنَّ تدريس مناهج الفيزياء لا تسمح للطلبة بممارسات علمية وهندسية وتقديم معرفتهم العلمية في صورة ذات معنًى، وقدَّموا اقتراحات لتنمية ذلك؛ كاستخدام التِّقَانَة العلمية، وإتاحة الفرصة للطلبة لإنتاج منتَجات مادية، ووضع أنشطة واستكشافات خاصة بتطبيقات هندسية، كما عَبَّرَ المعلمون عن محاولاتهم في تنمية ممارسات عمل العلماء والمهندسين لدى طلبتهم من خلال تدريس الفيزياء بأساليبَ أغلبُها نظرية؛ كتجليل دور العلماء والإشارة لهم في المنهج، وتشجيع الطلبة على التعلُّم الذاتي، وعند تحديد الممارسات العلمية والهندسية الثماني للمعلمين؛ أشار (61.6% إلى 75%) منهم أَنَّ الطلبة يمارسونها بشكل متوسط، وأَنَّ أكثر الممارسات ضعفًا بين الممارسات هي تطوير النماذج واستخدامها، مشيرين أَنَّ أهمَّ المُعَوقات التي تُوَاجِهُهم في تنميتها هي: طبيعة المنهج، وعدم تَوَفُّر الأدوات والإمكانات المناسبة وضيق الوقت، كما أَيَّدَتْ نسبةُ (93.8%) من المعلمين تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة؛ من خلال إنتاج نماذج ومجسَّمات لِمَا تتمُّ دراسته في مناهج الفيزياء باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.

لذا تسعى الدراسة الحالية إلى تنمية هذه الممارسات من خلال التعلم القائم على دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد؛ فقد بُنِيَ هذا التَّعلُّمُ في مراحلِهِ وخطواتِهِ بشكل يتداخل مع الممارسات العلمية الهندسية الثَّمانِي (طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، وتطوير واستخدام النماذج، وتخطيط وتنفيذ الاستقصاءات، وتحليل وتفسير البيانات، والاندماج في الجدل القائم على الأدلة، وبناء التفسيرات وتصميم الحلول، والحصول على المعلومات وتقييمها وتبادلها)، تأتي الدراسة الحالية للإجابة عن السؤال الرئيس الآتي:

"ما فاعلية التعلم القائم على دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعلم مادة الفيزياء في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى طلبة الصف العاشر؟"

فرضيات الدراسة

افترضت الدراسة الحالية الفرضية الآتية:

- لا يوجد فروق ذا دلالة إحصائية ($\alpha = 0.05$) بين متوسِّطَيْ درجات المجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية؛ في كل ممارسة من الممارسات العلمية والهندسية وعليها مجتمعة، في الاختبار البعدي للممارسات العلمية والهندسية يعزى لطريقة التدريس (طريقة التدريس من خلال التعلم القائم على دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، طريقة التدريس الاعتيادية).

أهداف الدراسة

هدفت الدراسة الحالية للتعرف إلى فاعلية التعلم القائم على دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعلم مادة الفيزياء في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى طالبات الصف العاشر.

أهمية الدراسة

تكمُن الأهمية النظرية للدراسة الحالية في أنها تساهم في تقديم إضافة علمية للأدب التربوي في مجال تعلم العلوم وتعليمها في تحسين الممارسات العلمية والهندسية للطلبة في السياق الهندسي لتوظيف تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعلُّم مادة الفيزياء؛ في حين تكمن الأهمية التطبيقية للدراسة في توفير أداة لقياس الممارسات العلمية والهندسية للطلبة تتمثل في اختبار الممارسات العلمية والهندسية يشمل الممارسات الثماني، يمكن استخدامهما في البيئة العربية عامَّةً، وإنَّها تُقدِّم طريقة تفيد العاملين في الميدان التربوي من معلمين ومشرفين وقائمين على المناهج في دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد سياق هندسي في تعلُّم مادة الفيزياء وتنمية الممارسات العلمية والهندسية داخل الحصص الدراسية.

مصطلحات الدراسة

تعرف الفاعلية بأنها مقدار تأثير المعالجة التجريبية المتمثلة في التعلم القائم على دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعلم مادة في الفيزياء على الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة، وتقاس إحصائيًّا باستخدم مربع إيتا وحجم الأثر.

تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد أنَّها: "تِقْنِيَّة تأخذ المعلومات من التصميم بمساعدة الكمبيوتر وتطبعها في طابعة ثلاثية الأبعاد؛ ما يؤدي إلى تكوين

منتَج صلب من خلال بناء طبقات متتالية من المواد" (Noorani, 2017, p.8).

ويُمكِن تعريف التَّعلُّم القائم على دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعلم مادة الفيزياء إجرائيًّا أنَّه: طريقة عملية منظَّمة تركِّز على تدريب الطلبة على الممارسة الحقيقة لِحَلِّ المشكلات العلمية في سياق الوحدات الدراسية من منهج الفيزياء للصف العاشر، وتنفيذ الحلول على هيئة منتَج مادي ثلاثي الأبعاد من خلال دمج عمليات تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعلم؛ يتم ذلك وَفْقَ خطوات منظَّمة يقوم بها المعلم مع طلبتِهِ بتوجيههم بَدْءًا بالتخطيط والتصميم وانتهاءً بالتنفيذ والإنتاج والتقييم.

وتعرف الممارسات العلمية والهندسية إجرائيًّا بأنها: سلوكيات العلماء لاستكشاف الظواهر الطبيعية، وحَلِّ مشكلات العالَم الحقيقي، إضافةً إلى سلوكات المهندسين في بناء النماذج وتطويرها وإيجاد الحلول للمشكلات كذلك، أَيْ أَنَّها مَزِيجٌ لِمَا يقوم به العلماء والمهندسون في تطبيق العلم والمعرفة من أجل تطوير وتحسين وحَلِّ مشكلات العالم الحقيقي، وتُقَاسُ باستخدام اختبار الممارسات العلمية والهندسية المُعَدُّ لذلك، وتتمثَّلُ في ثمانِي ممارساتٍ هي: طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، وتطوير واستخدام النماذج، وتخطيط وتنفيذ الاستقصاءات، وتحليل وتفسير البيانات، واستخدام الرياضيات، وبناء التفسيرات وتصميم الحلول، والاندماج في الجدل القائم على الأدلَّة، والحصول على المعلومات وتقييمها وتبادُلها.

الطريقة والإجراءات

منهجية الدراسة

اتَّبعتِ الدراسةُ الحالية المنهج الكمي ذا التصميم شبه التجريبي لمجموعتين: المجموعة التجريبية التي دَرَسَت وفقًا للتَّعلُّم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، والمجموعة الضابطة التي درست بالطريقة الاعتيادية؛ فقد جُمِعَتِ البيانات بالقياسين القبلي والبعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية، وقد تم اختيار هذا المنهج لِمُلاءَمتِهِ لطبيعة الدراسة الحالية وطريقة جمع البيانات.

أفراد الدراسة

بلغ عدد المشاركين في الدراسة الحالية 131 طالبا وطالبة من طلبة الصف العاشر في مدرستين بولاية السيب في محافظة مسقط خلال الفصل الدراسي الأول للعام الدراسي (2023 /2024)، وتم توزيع الطلبة على مجموعتين، المجموعة التجريبية يبلغ عددُها 66 طالبًا وطالبةً، والمجموعة الضابطة يبلغ عددُها 65 طالبًا وطالبةً. تم اختيار المدارس بشكل قصدي وذلك لاستجابة الهيئة الإدارية والتدريسية لإجراء التطبيق والتعاون لتنفيذ الدراسة الحالية، وقد تنوَّعتِ المستويات التحصيلية للطلبة في المجموعات جميعها، وتتشابَهُ البيئة الاجتماعية والظروف الاقتصادية للطلبة في المدرستين بِعَدِّهِما مدرستَيْن متجاورتَيْنِ في المنطقة نفسها؛ في حين تم اختيار الصفوف بشكل عشوائي.

مواد الدراسة التعليمية

تكوَّنت مواد الدراسة من كُتَيِّب دليل المعلم، وكُتَيِّب أنشطة الطالب، وكُتَيِّب الدليل التوجيهي لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، وجهاز حاسب آلي لكل مجموعة، وطابعة ثلاثية الأبعاد لكل مدرسة.

يحتوي **كُتَيِّب دليل المعلم** على توصيف لطريقة توظيف التَّعلُّم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد خلال دروس الوحدات الثلاث من منهج الفيزياء للصف العاشر للفصل الدراسي الأول؛ هي: وحدة تأثيرات القوى؛ وحدة عزم القوة ومركز الكتلة؛ وحدة الشغل والطاقة، وقد تم اختيار هذه الوحدات لِمُلاءمتِها لطريقةِ دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، وقد تم تصميم 10 أنشطة مُوزَّعة في دروس الوحدات الثلاث.

أمَّا **كُتَيِّب أنشطة الطالب** فيحتوي على توصيف للتَّعلُّم القائم إلى دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ودور الطالب في كل مرحلة من مراحلِهِ؛ مع الأنشطة العلمية في كل درس من دروس الوحدات الثلاث.

بينما **كُتَيِّب الدليل التوجيهي لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد**؛ فهو كُتَيِّب مُوَجَّه للطالب والمعلم، تم استخدامُهُ خلال الورشة التدريبية التي قُدِّمَت لطلبة المجموعة التجريبية (الذكور، والإناث)؛ فقد شَمَلَ طريقةَ استخدام أحد برامج التصميم ثلاثي الأبعاد (CAD designer)، الذي تم الاعتماد إليه في تصميم نماذج الحلول خلال تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد مع أنشطة تدريبية لتصميم أمثلة لمُجَسَّمات من خلال البرنامج، واحتوى الكتيب على فكرة عامة في استخدام برنامج تهيئة المُجَسَّمات للطباعة (Slicer)، وطريقة التعامل مع الطابعة ثلاثية الأبعاد.

وقد تم التحقق من صدق المواد من خلال عرض الدروس وفق نموذج التَّعلُّم القائم على تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على عددٍ من مُعلِّمي ومُشرِفي الفيزياء في الميدان التربوي البالغ عددهم 10؛ وذلك للتأكد من مدى مُلاءَمة الأنشطة مع كل درس، ومدى تسلسل المراحل التعليمية في كل نشاط وفق نموذج التَّعلُّم القائم على تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، والتحقق من صلاحية الأهداف والإجراءات، وكذلك مدى مناسبة عدد الأنشطة، والمدة الزمنية اللازمة لكل نشاط في كل درس، وتم إجراء التعديلات اللازمة بعد التحكيم والأخذ بالاقتراحات والملحوظات.

أداة الدراسة

تمثلت أداة الدراسة في اختبار الممارسات العلمية والهندسية، وفيما يلي توضيح لإجراءات بناء الأداة:

تم إعداد اختبار الممارسات العلمية والهندسيةScience and Engineering Practice Test بعد الاطِّلاع على عددٍ من الدراسات التي تناولتِ الممارسات العلمية والهندسية، والأنشطة العلمية والهندسية التي تُقَدَّم للطلبة؛ منها (Schwarz et al., 2017; Van Horne et al., 2016; Brunsell et al., 2014) ، وتوصيف مؤشرات كل ممارسة من هذه الممارسات العلمية والهندسية الثمانِي وفقًا لِمَا وَرَدَ في المعايير الجديدة لتعلم العلوم (NRC, 2012)، وقد تم بناء الاختبار وفقًا للخطوات المنهجية الآتية:

1.تحديد هدف الاختبار: المتمثل في قياس الممارسات العلمية الهندسية الثمانِي (طَرْح الأسئلة وتحديد المشكلة، وتطوير واستخدام النماذج، وتخطيط وتنفيذ الاستقصاءات، وتحليل وتفسير البيانات، واستخدام الرياضيات، وبناء التفسيرات وتصميم الحلول، والاندماج في الجدل القائم على الأدلَّة، والحصول على المعلومات وتقييمها وتبادُلها) لدى طلبة الصف العاشر.

2.تحديد محتوى الاختبار: تَضَمَّنَ محتوى الاختبار محتوًى علميًّا عامًا؛ فلم يكن محتوى الاختبار مرتبطًا بالوحدات الدراسية التي تم تنفيذ الدراسة الحالية خلالها، إنَّما تُوَزَّع في فروع العلوم المختلفة بموضوعات سَبَقَ للطالب دراستها خلال الأعوام الماضية، وترتبط بموضوعات الوحدات التعليمية الثلاث.

3.صياغة مفردات الاختبار: تمت صياغة أسئلة الاختبار في أربعة مواقف رئيسة ولكل موقف أسئلة فرعية توزعت في الثمانِي ممارسات علمية وهندسية وفقًا لمؤشرات كل ممارسة الواردة في (NRC, 2012)؛ فقد تكوَّن الاختبار في صورتِهِ النهائية من (32 مفردة)، بواقع 4 مفردات لكل ممارسة من الممارسات العلمية الهندسية الثمانِي (طَرْح الأسئلة وتحديد المشكلة، وتطوير واستخدام النماذج، وتخطيط وتنفيذ الاستقصاءات، وتحليل وتفسير البيانات، واستخدام الرياضيات، وبناء التفسيرات وتصميم الحلول، والاندماج في الجدل القائم على الأدلَّة، والحصول على المعلومات وتقييمها وتبادُلها).

4.تحديد الخصائص السيكومترية لاختبار الممارسات العلمية والهندسية:

أوَّلًا: صدق اختبار الممارسات العلمية والهندسية: وقد تم التحقق من صدق الاختبار بطرائق عدة هي:

- الصدق الظاهري: تم عرضُ الاختبار في صورتِهِ الأولية على عددٍ من المُحكِّمين من ذوي الاختصاص من أعضاء الهيئة التدريسية في كليات التربية في قسم المناهج وطرق تدريس العلوم، والمشرفين التربويّين والمعلمين، البالغ عددهم (8)؛ للحكم على مدى مُلاءَمة محتوى الفقرات لهدف الاختبار، ومدى انتماء كل مفردة للممارسة التي تندرج تحتها، فهذه الممارساتُ متداخلة جدًّا مع بعضها (Schwarz et al., 2017). وقد تم الأخذُ بملحوظات المُحكِّمين، وتمت إعادة صياغة بعض المفردات وفقًا لملحوظاتهم.
- الاتساق الداخلي: بعد الأخذِ بملحوظات المُحكِّمين تم تطبيق الاختبار على عينة استطلاعية يبلغ عددهم (50) طالبًا وطالبةً من طلبة الصف العاشر خارج عينة الدراسة الحالية وداخل مجتمعها، ثم حساب الآتي:

1.معامل الارتباط المصحح (Corrected item-total correlation) وذلك بحساب متوسط الأداء في كل ممارسة ومتوسط الأداء في الاختبار ككل، وقد تراوحت قِيَم معامل الارتباط المُصَحَّح في الممارسات الثمانِي (0.59- 0.73)، وتم حساب متوسط الأداء في كل مَهَمَّة ومتوسط الأداء في الاختبار ككل، وقد تراوحت قِيَم معامل الارتباط المُصَحَّح في المهام الأربع (0.59- 0.73)؛ وهي قِيَمٌ تُعَدُّ مقبولةً لمُلاءَمة البنية الداخلية لمفردات الاختبار (Cohen & Swerdlik, 2010).

2.معاملات الارتباط بين فقرات الاختبار وكل ممارسة تندرج تحتها من الممارسات العلمية والهندسية الثماني؛ فقد تراوحت قِيَمُ معاملات ارتباط بيرسون (0.32- 0.80)، وكذلك حساب معاملات الارتباط بين كل ممارسة والاختبار ككل، وتراوحت معاملات ارتباط بيرسون (0.63- 0.78)؛ وهي قِيَمٌ مقبولة لأهداف الدراسة الحالية.

ثانيًا: ثبات اختبار الممارسات العلمية والهندسية: تم التحقق من ثبات اختبار الممارسات العلمية والهندسية وذلك من خلال الآتي:

1.التطبيق وإعادة التطبيق على عينة استطلاعية غير عينة الدراسة الحالية البالغ عددهم (50) طالبًا وطالبةً، ثم حساب معامل ارتباط بيرسون بين التطبيقَيْن، ويوضح الجدول الآتي قِيَمَ معاملات الارتباط لكل ممارسة من الممارسات العلمية والهندسية، وللممارسات مُجْتَمِعَةً، وهي قِيَمٌ مقبولة للدراسة الحالية.

الجدول (1): معامل ارتباط بيرسون لقياس ثبات اختبار الممارسات العلمية والهندسية

الممارسة	قيمة معامل الارتباط
طرح الأسئلة وتحديد المشكلة	0.59
تطوير واستخدام النماذج	0.71
تخطيط وتنفيذ الاستقصاءات	0.52
تحليل وتفسير البيانات	0.59
استخدام الرياضيات	0.79
بناء التفسيرات وتصميم الحلول	0.79
الاندماج في الجدل المستند على الأدلة	0.54
الحصول على المعلومات وتقييمها وتبادلها	0.75
الاختبار الكلي للممارسات العلمية والهندسية	0.91

2.تم حساب ثبات المُصَحِّحِين، فقد تم تقييم 20 طالبًا وطالبةً من العينة الاستطلاعية من قبل الباحث الرئيس ومُصَحِّح آخَر؛ وذلك وفقًا لنموذج الإجابة المُعَدّ للاختبار، ثم حساب اتفاق المُصَحِّحِين (inter-evaluator reliability) من خلال معامل ألفا كريبندروف (Krippendorff's alpha)؛ وقد بلغت قيمة معامل ألفا كريبندروف (0.94) ما يدلُّ على نسبة اتفاق مناسبة بين المُصَحِّحِين وفقًا لهيوجس (Hughes, 2021).

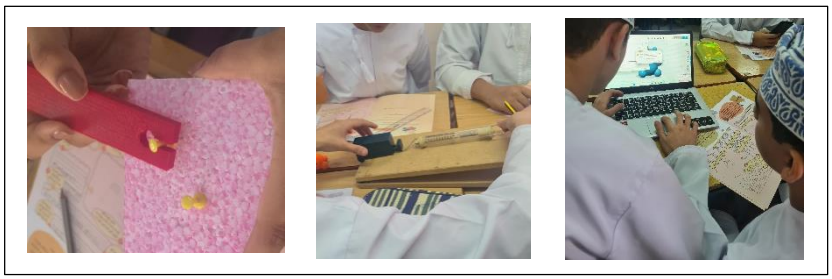
سياق تطبيق الدراسة ومحدداتها

طُبِّقَتِ الدراسةُ الحالية ميدانيًّا في مدرستَيْن: مدرسة ذكور، ومدرسة إناث؛ فقد تم تدريب الطلبة في المجموعات التجريبية في كِلتَا المَدرستَيْن خلال المدة نفسها لمدة 5 أيام، بواقع ساعتين لكل يوم تقريبًا، وتم خلال التدريب الاستعانة بمُختصّين في تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد: مُدَرِّب لمدرسة الذكور، ومُدَرِّبَة لمدرسة الإناث لهما الخبرة نفسها، وتم تدريب الطلبة وفقًا لِكُتَيِّب الدليل التوجيهي لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد الذي تم إعدادُهُ ضِمْنَ مواد الدراسة؛ وقد تم التركيز على تدريب الطلبة على تصميم المُجَسَّمات ثلاثية الأبعاد خلال برنامج التصميم الذي تم اختيارُهُ.

وتم تدريب المعلم والمعلمة المتعاونين في كل مدرسة على تنفيذ التعلم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد خلال دروس منهج الفيزياء المُحدَّدة وفقًا لِكُتَيِّب دليل المعلم؛ تدريبًا نظريًّا بواقع 3 حصص، وعمليًّا بواقع حصتين؛ مع توضيح دور كل منهما في متابعة وتنفيذ الأنشطة خلال دروس الوحدات المُستهدَفة من منهج الفيزياء للصف العاشر للفصل الدراسي الأول، وقُدِّمَت ورشة تدريبية لطلبة المجموعة التجريبية في كِلتَا المَدرستَيْن في تنفيذ التَّعلُّم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وتسلسل المراحل خلال النشاط في الحصص الدراسية، مُوضِّحًا دور الطالب في مراحل التَّعلُّم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في دروس الفيزياء.

خلال التنفيذ تم العمل بشكل تعاوني ضِمْنَ مجموعات في الحصة الدراسية؛ حيث تحتوي المجموعة التجريبية الذكور 6 مجموعات تعَلُّم في الصف، وكذلك المجموعة التجريبية الإناث؛ أيْ بواقع 12 مجموعة تعلُّم خلال التنفيذ، ولكل مجموعة جهاز حاسب آلي محمول يتم استخدامُهُ في مرحلة تصميم الحلول فقط داخل الصف الدراسي؛ ثم يقوم بعد ذلك الباحث الرئيس بتهيئة التصاميم، وإنتاج المُجَسَّمات لكل مجموعة في الصف خلال الطابعة ثلاثية الأبعاد بعد كل نشاط، على أَنْ يتم إنتاج 12 مُجَسَّمًا مُوزَّعَة لِكِلَا النوعين خلال كل نشاط تعلُّم باستخدام تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد، ويُكمِل بعد ذلك الطلبة خطوات ومراحل الأنشطة الأخرى بما فيها اختبار الحلول (النماذج التي تم إعدادُها بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد)، ومشاركة العروض ثم تأمُّل المُنْتَج وكتابة المقترحات.

ويوضح الشكل (2) بعض الصور لمراحل تنفيذ الدراسة الحالية:



الشكل (2): صور حقيقية لبعض مراحل تنفيذ الدراسة

عرض نتائج الدراسة ومناقشتها

للإجابة عن سؤال الدراسة، وهو التعرف إلى فاعلية التَّعلُّم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى طلبة الصف العاشر؛ تمت دراسة الفروق في كل ممارسة من الممارسات العلمية والهندسية، والممارسات ككل من خلال اختبار الممارسات العلمية والهندسية البعدي بين المجموعتَيْن: الضابطة، والتجريبية؛ وذلك باستخدام الأسلوب الإحصائي: تحليل التباين الأحادي المتعدد One- Way MANOVA؛ يوضح الجدول (2) الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية بين المجموعتين الضابطة والتجريبية في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية.

الجدول (2): الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية لدرجات المجموعتين الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية

المهارة	مجموعة الدراسة	العدد	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري
طرح الأسئلة وتحديد المشكلة	التجريبية	66	2.45	1.06
	الضابطة	65	2.01	0.90
تطوير واستخدام النماذج	التجريبية	66	2.67	0.87
	الضابطة	65	2.07	1.17
تخطيط وتنفيذ الاستقصاءات	التجريبية	66	2.55	0.87
	الضابطة	65	1.92	0.98
تحليل وتفسير البيانات	التجريبية	65	2.29	1.08
	الضابطة	66	2.06	1.01
استخدام الرياضيات	التجريبية	65	2.14	0.88
	الضابطة	66	1.83	1.02
بناء التفسيرات وتصميم الحلول	التجريبية	65	1.27	1.16
	الضابطة	66	0.62	0.92
الاندماج في الجدل المستند على الأدلة	التجريبية	65	1.38	0.94
	الضابطة	66	0.84	0.82
الحصول على المعلومات وتقييمها وتبادلها	التجريبية	65	2.86	0.88
	الضابطة	66	2.25	0.96
الممارسات العلمية والهندسية ككل	التجريبية	65	17.61	5.36
	الضابطة	66	13.61	5.22

يتضح من الجدول (2) وجود فروق ظاهرية بين الأوساط الحسابية في كل ممارسة من الممارسات العلمية والهندسية، وكذلك في درجات الممارسات العلمية والهندسية إجمالًا، وللتحقق إذا كانت هذه الفروق ذات دلالة إحصائية في كل ممارسة من الممارسات العلمية والهندسية وعليها مُجْتَمِعَةً؛ تم استخدام تحليل التباين الأحادي المتعدد One- Way MANOVA، وذلك بعد التحقق من التوزيع الاعتدالي للعينة وتَجَانُسها، فيوضح الجدول (3): قيمة ويليكس لمبدا (Wilks Lambda) تحليل التباين المتعدد للأداء البعدي في اختبار الممارسات العلمية والهندسية لمجموعتَيِ الدراسة الحالية.

الجدول (3): قيمة ويليكس لمبدا (Wilks Lambda) في تحليل التباين الأحادي المتعدد للأداء البعدي في اختبار الممارسات العلمية والهندسية

مصادر التباين	قيمة ويليكس لمبدا	قيمة "ف" المحسوبة	درجات حرية الفرضية	درجات حرية الخطأ	مستوى الدلالة	قيمة (η^2)	حجم الأثر*
طريقة التدريس	0.824	3.265	8	122	0.002	0.176	كبير

*يكون حجم الأثر صغيرا إذا كانت قيمة $(\eta^2 \leq 0.06)$، ويكون متوسطا إذا كانت $(0.06 < \eta^2 \leq 0.14)$، ويكون كبيرا إذا كانت $(\eta^2 > 0.14)$ (Cohen & Swerdlik, 2010).

يتضح من الجدول (3) وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha = 0.05$) في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية يُعْزَى لطريقة التدريس لصالح المجموعة التجريبية، ويُعَدُّ حجمُ أثرِ طريقة التدريس كبيرًا في تفسير التباين بين درجات الاختبار البعدي

للممارسات العلمية والهندسية. ويوضح الجدول (4) نتائج تحليل التباين الأحادي المتعدد للأداء البعدي في كل ممارسة من الممارسات العلمية والهندسية الثمانِي في اختبار الممارسات العلمية والهندسية لمجموعتَي الدراسة الحالية.

الجدول (4): نتائج تحليل التباين الأحادي المتعدد للأداء البعدي في كل ممارسة من الممارسات العلمية والهندسية في اختبار الممارسات العلمية والهندسية لمجموعتي الدراسة

مصدر التباين	الممارسة	مجموع المربعات	متوسط المربعات	ف(1, 129)	مستوى الدلالة	قيمة (η^2)	حجم الأثر*
طريقة التدريس	طرح الأسئلة وتحديد المشكلة	6.54	6.54	6.74	.011	.050	صغير
	تطوير واستخدام النماذج	11.99	11.99	11.27	.001	.080	متوسط
	تخطيط وتنفيذ الاستقصاءات	13.00	13.00	15.15	.000	.105	متوسط
	تحليل وتفسير البيانات	1.68	1.68	1.53	.218	--	--
	استخدام الرياضيات	3.06	3.06	3.36	.069	--	--
	بناء التفسيرات وتصميم الحلول	13.82	13.82	12.59	.001	.089	متوسط
	الاندماج في الجدل المستند الى الأدلة	9.56	9.56	12.39	.001	.088	متوسط
	الحصول على المعلومات وتقييمها وتبادلها	11.88	11.88	14.06	.000	.098	متوسط
	الممارسات العلمية والهندسية مجتمعة	525.53	525.53	18.78	.000	.127	متوسط
الخطأ	طرح الأسئلة وتحديد المشكلة	125.11	.97				
	تطوير واستخدام النماذج	137.19	1.06				
	تخطيط وتنفيذ الاستقصاءات	110.68	.86				
	تحليل وتفسير البيانات	141.28	1.095				
	استخدام الرياضيات	117.41	.91				
	بناء التفسيرات وتصميم الحلول	141.61	1.098				
	الاندماج في الجدل المستند الى الأدلة	99.59	.77				
	الحصول على المعلومات وتقييمها وتبادلها	108.94	.85				
	الممارسات العلمية والهندسية مجتمعة	3610.14	27.99				

توضح نتائج الجدول (4) مستويات الدلالة للممارسات العلمية والهندسية الثمانِي، وللممارسات ككل مُجْتَمِعَةً، ويظهر من نتائج الجدول وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسِّطَيْ درجات المجموعتَيْنِ التجريبية، والضابطة؛ عند مستوى دلالة ($\alpha = 0.05$) في ستة ممارسات علمية وهندسية هي: طَرْح الأسئلة وتحديد المشكلة، واستخدام وتطوير النماذج، وتخطيط وتنفيذ الاستقصاءات، وبناء التفسيرات وتصميم الحلول، والاندماج في الجَدَل القائم على الأدلة، والحصول على المعلومات وتقييمها وتبادُلها؛ لصالح المجموعة التجريبية، الذي يتضح ذلك عند المقارنة بين الأوساط الحسابية بين المجموعتَيْن المشار إليها في الجدول (2) في حين تُظْهِرُ النتائجُ عدمَ وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسِّطَيْ درجات المجموعتَيْن: التجريبية، والضابطة؛ عند مستوى ($\alpha = 0.05$) في ممارستَيْنِ هُمَا: ممارسة تحليل وتفسير البيانات، وممارسة استخدام الرياضيات.

وأشارت نتائجُ الجدول (4) إلى حجمِ أثرِ استخدام التَّعلُّم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعلُّم مادة الفيزياء في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى طلبة المجموعة التجريبية؛ فقد تم حسابُهُ من خلال إيجاد مربع إيتا (η^2)، ويتضح أنَّ حجم الأثر كان متوسِّطًا للممارسات العلمية والهندسية ككل، وكذلك لكلٍّ من: ممارسة تخطيط وتنفيذ الاستقصاءات، وممارسة تطوير واستخدام النماذج، وممارسة بناء التفسيرات وتصميم الحلول، وممارسة الاندماج في الجَدَل القائم على الأدلة، وممارسة الحصول على المعلومات وتقييمها وتبادُلها، في حين كان حجم الأثر صغيرًا في ممارسةِ طرحِ الأسئلة وتحديد المشكلة؛ وذلك وفقًا لمعيار كوهين (*Cohen & Swerdlik, 2010*).

وتتفق هذه النتائجُ مع ما تشير إليه فكرة دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بأساليب التدريس المختلفة، وهو بناء المعرفة لدى المتعلم وفقًا للنظرية البنائية الحديثة لسيمور باربيت. فيرى بابربيت وهيرل (Papert & Harel, 1991) أنَّ التَّعلُّم من خلال بناء الأشياء ومشاركتها عَلَنًا مع الآخرين بالإجراءات الواعية؛ له تأثيرٌ أكبر في التَّعلُّم لأنَّه يتمحور حول الطالب ويُوجِّهه نحو العمليات والمهارات، فيقوم الطلبة ببناء الأشياء بدلًا من استهلاك المعرفة، والمشاركة في الاستقصاءات العملية التي تُعَزِّزُ خبراتهم، ومن هذه الممارسات والعمليات الممارسات العلمية والهندسية.

وفي السِّياق ذاتِهِ، يتَّفِق ذلك مع أنَّ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تقنية ناشئة تعمل على إعداد الطلبة لعالَمٍ أكثر تقدُّمًا من الناحية التكنولوجية فهي تتمحور في صُنعِ المعنى من خلال البناء، أو بناء المعرفة خلال تجربة التَّعلُّم؛ فيتوازَى دَمْجُ نشاط تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد مع نشاط بناء المعنى في عقل الطالب، ما يُمَكِّنُ قيامَ الطلبة بدور توجيهي أكثر في أنشطة تقوم إلى التصميم (Pearson & Dubé, 2022)، وفي طريق بناء المعنى يكتسب الطلبة عمليات العلم

ومهارات الاستقصاء التي دُمِجَت في الممارسات العلمية والهندسية؛ فيَبْنُونَ المعرفة كما يقوم العلماء، ويوظفونها كما يقوم المهندسون.

فمثالًا: استطاع الطلبة توظيف معرفتهم العلمية في موضوع الاتّزان ومُحصِّلة القوى المُؤثّرة على الجسم، في تصميم حلول مادية لحل مشكلة عدم اتّزان المُجَسَّمات؛ مُستخدِمِين في ذلك تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لتحويل فكرتهم إلى نموذج مادي ثم اختبار هذا النموذج عمليًّا وفقًا لمراحل التَّعلُّم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في التَّعلُّم، وعَرْض نتائجهم على زملائهم والاندماج في جَدَل يستند إلى ما تم التوصل إليه من أدلة لإقناع الآخرين.

وقد جاءتِ النتائجُ مُتَّفِقَةً كذلك مع ما توصَّلَ إليه سين وآخرون (Şen et al., 2020) في دراستهم خلال تقديم دورة العلوم والهندسة والتكنولوجيا والرياضيات (STEM) القائمة على التصميم الهندسي بدمجِ الطابعة ثلاثية الأبعاد لإكساب الطلبة ممارسات هندسية كالتخطيط والتصميم وشرح عملية التصميم وإنشاء مُنْتَج واقعي واختبار وتقييم أداء المُنْتَج، وتتَّفِق هذه النتائج مع ما أشار إليه يولاه وآخرون (Ullah et al., 2020) في دراستِهم في أَنَّهُ يُمكِن للبرامج التعليمية القائمة على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال الهندسة أَنْ تلعبَ دورًا حيويًّا في تنمية الممارسات الهندسية للطلبة؛ منها تحديد المشكلة وصياغتها، وتطوير إجراء التجارب المناسبة، والتوصل إلى استنتاجات، والتواصل بشكل فعَّال مع الآخرين باستخدام الوسائل الشفهية والتكنولوجية.

وتتَّفِقُ النتائجُ مع ما أظهرتْهُ نتائج دراسة ريو ورودريجز (Rio & Rodríguez, 2022) في أنَّ التَّعلُّم القائم على المشاريع من خلالِ دَمْجِ تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد ساهم في تحسين كفاءات الطلبة الهندسية؛ فهو يهدُف إلى فكرة حصول الطلبة على تعلُّمٍ وفَهْمٍ أعمقَ للمفاهيم النظرية من خلال تطبيقها في مشكلات حقيقية بدلًا من مُجرَّدِ حفظِ هذه المفاهيم وتطبيقها في مشكلات تقليدية. ويُمكِن تفصيل هذه النتائج في كل ممارسة من الممارسات العلمية الهندسية؛ على النحو الآتي:

1. **ممارسة طَرْح الأسئلة وتحديد المشكلة:** أظهرتِ النتائجُ وجودَ فروق في هذه الممارسة لصالح المجموعة التجريبية، وتتَّفِق ذلك مع ما تمت ملاحظتُهُ على الطلبة أثناء التطبيق؛ فقد أظهرَ الطلبةُ تحسُّنًا في طَرْحِ الأسئلة من نشاطٍ إلى نشاطٍ آخَر أثناء تنفيذ الأنشطة لدمجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في التَّعلُّم، وذلك ضِمْنَ خطوات التَّعلُّم القائم على المشاريع والتصميم الهندسي، وقد تم تحديد المشكلة بشكل أوضح وفقًا للمعايير المُحدَّدة في الأنشطة. فمثالًا في مشكلة اتّزَان مُجَسَّم عند غمرِهِ في حوض ماء؛ طَرَحَ الطلبةُ أسئلةً عملية مُنوَّعة منها: كيف يَتَّزِنُ الجسم المغمور في حوض ماء؟ وكيف يمكن تصميم مُجَسَّم لا يَغرَق في حوض الماء؟ وحَدَّدَ الطلبة المعايير اللازمة في المُجَسَّم ليتحقَّقَ الاتزان؛ فَذَكَرَ بعضُهم أن معيارَ مُحصِّلة القوى المؤثرة في الجسم لا بُدَّ أَنْ تكون صِفْرًا، وذَكَرَ آخرون أن شكل الجسم لا بُدَّ أَنْ يُصَمَّمَ لِتَكُونَ قوة الوزن تُعادِل قوة الطَّفْوِ.

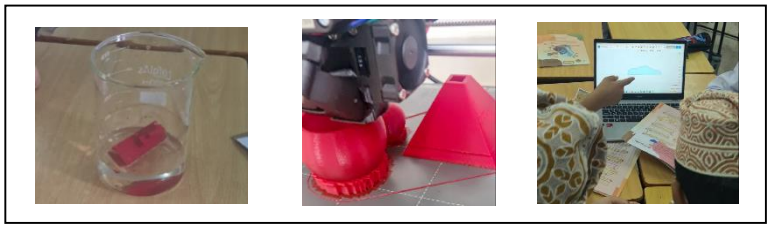
وتتَّفِق ذلك مع ما طَرَحَهُ شانج ووين (Chang & Yen, 2023) أنَّ التَّعلُّم من خلال المشاريع القائمة على عمليات التصميم الهندسي يُتيح للطلبة طَرْحَ الأسئلة التي تَقودُهم إلى الاستقصاء، وتطوير ما يتم بناؤُهُ وإنتاجُهُ، والتفكير فيما يتعلَّمونه وكيف يتعلمونه، وإنَّ ذلك يتَّفِق مع ما تستلزمُهُ عملية التصميم الهندسي في تحديد نطاق المشكلة؛ وذلك بإعادة صياغتها بشكل مُحَدَّد واضح وفقًا للقيود والمعايير في السياق المطروح (English & King, 2015). وهذه الخصائص ساهمت بشكل واضح في تنمية قدرة الطلبة على تحديد المشكلة في الموقف خلال الأنشطة؛ فمثالًا: في سياق مقاومة قوة الاحتكاك من خلال سيارة سباق (النشاط الرابع)؛ حَلَّلَ الطلبةُ المشكلة والعوامل التي قد تَعُوقُ سيارة السباق من تحديد الهدف منها، ثم طَرَحُوا أسئلة علمية تشمل المعايير المُحدَّدة لحل المشكلة.

2. **ممارسة تطوير واستخدام النماذج:** أظهرت نتائجُ الدراسة الحالية وجودَ فروق لصالح المجموعة التجريبية في ممارسة تطوير واستخدام النماذج؛ وهذا يتَّفِق مع مبدأ عمل تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تصميم وبناء النماذج والمُجَسَّمات، وقد جاء دَمْجُها من خلال عمليات التصميم الهندسي والتَّعلُّم القائم على المشاريع بما يخدم بناء المعرفة وتوظيفها لدى الطلبة؛ فهي تُتيح تحويل أفكار الطلبة ورسوماتهم الورقية والحلول إلى نماذج ثلاثية الأبعاد من خلال برامج هذه التقنية، ثم محاولة تطوير هذه التصاميم وهذه النماذج في التكرارات المستقبلية. وتتَّفِق ذلك مع ما طَرَحَهُ كُلٌّ من (Cheng et al., 2020; Wright et al., 2018) في أنَّ ذلك يسمح للطلبة بمقارنة الأفكار والرسومات السابقة بالمُنْتَج النهائي، وإنَّ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تُعَزِّزُ الوعيَ لدى الطلبة ببعض التفاصيل في مُنتجَاتهم المادية التي يمكن تحسينها وتطويرها. وتتَّفِق هذه النتائجُ مع ما أشار إليه ويكلين (Wicklein, 2006) في أنَّ مناهج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات المدعمة بالتصميم الهندسي ودَمْج التكنولوجيا بشكل متكرر تساهم بشكل فعَّال في تطوير التصاميم الهندسية لدى الطلبة ومهارات إنتاج النماذج لديهم.

ويُعَدُّ النموذجُ في الهندسة أداةً لاختبار حل المشكلة التي تم تحديدُها، وهو نسخة مُبَسَّطة للحل لإنتاجِهِ بالشكل النهائي، ويتم التركيز على تحسينِ النموذج وتطويرِهِ في الهندسة بناء على الحل الأمثل للمشكلة وفقًا للمعايير المُحدَّدة لحلِّها (Simarro & Couso, 2021)، وقد ساهم ذلك في تنمية هذه الممارسة لدى الطلبة بشكل واضح.

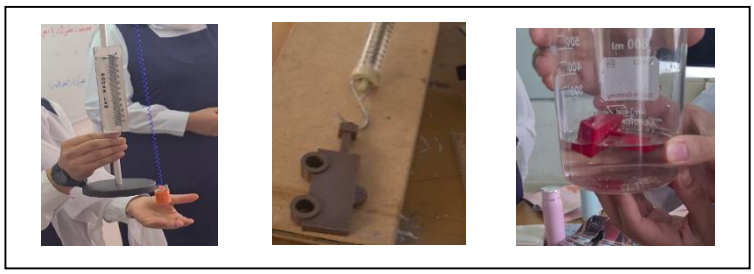
فمثالًا: عند تصميم الطلبة لنموذج سيارة سباق لِتُحَقِّقَ المعاييرَ المطلوبة لحل المشكلة كَأَنْ تكون السيارة ذات شكل تَقِلُّ من خلالِهِ قوة الاحتكاك بالهواء؛ حَرَصَ الطلبةُ على تصميم نماذج ثلاثية الأبعاد تراعي هذه المعايير وتطوير تصاميم هذه النماذج بما يُحَقِّقُ الهدف منها، وتم اختبار هذه

النماذج عمليًّا وكتابة توصيات التطوير بعد مرحلة عملية التأمل، ويوضح الشكل (3) صُوَرَ بعض مراحل تصميم النماذج وإنتاجها بتقنية الطباعة ثلاثية ثم اختبارُها عمليًّا.



الشكل (3): صورحقيقية من مراحل تصميم النماذج وتطويرها

3. **ممارسة تخطيط وتنفيذ الاستقصاءات:** أظهرتِ النتائجُ وجودَ فروق في ممارسة تخطيط وتنفيذ الاستقصاءات لصالح المجموعة التجريبية، ويُعْزَى ذلك إلى أنَّ مراحل التصميم الهندسي خلال الأنشطة تتطلب خطة مدروسة لاختبار الحل المُنْتَج عمليًّا وفقًا للمعايير ومدى تحقيقها؛ مع مراعاة المتغيرات للإجابة عنِ الأسئلة المطروحة (Simarro & Couso, 2021) وهذا يتماشى مع ما تم تنفيذُهُ؛ فقد خَطَّطَ الطلبةُ لاختبار نماذجهم المادية التي تم إنتاجُها بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد من خلال استقصاءات عملية منها: استقصاء بَذْلِ شُغْلٍ لِسَحْبِ مُجَسَّمٍ مادي على مستوى مائل وقياس الشغل المبذول، واستقصاء تصميم العارضة لتحقيق الاتِّزان، واستقصاء التأثير في زنبرك وقياس الاستطالة والوصول إلى حَدِّ التَّشَوُّه عند تعليق نموذج مادي عليه؛ يوضح الشكل (4) بعض صُوَر تنفيذ الاستقصاءات في المجموعة التجريبية.



الشكل (4): صورحقيقية من مراحل تنفيذ الاستقصاءات

ومع وجود أهداف الاستقصاءات نفسها لدى المجموعة الضابطة (الذكور، والإناث) إلَّا أنَّه تم تقديمُها للطلبة بشكل نادر إمَّا على هيئة عرض عملي داخل الغرفة الصفية أم توضيحها شفهيًّا للطلبة؛ ما ساهم في افتقار طلبة المجموعة الضابطة لهذه الممارسة وتَفَوُّق المجموعة التجريبية عليهم فيها.

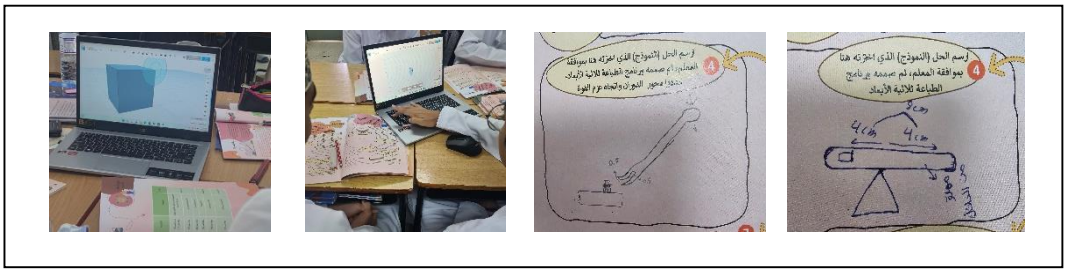
4. **ممارسة استخدام الرياضيات وتحليل وتفسير البيانات:** اتَّضَحَ في نتائج التجربة عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعتَيْن في هاتَيْنِ الممارستَيْنِ، ويتَّفِق ذلك مع ما تمت ملاحظتُهُ لدى مجموعتَيِ الدراسة الحالية؛ فقد تَطَلَّبَ تنفيذُ دروس الفيزياء في الوحدات المُستهدَفة للمجموعتَيْنِ أنْ يركز المعلم والمعلمة على حل مسائل فيزيائية؛ ما ساهم لدى المجموعتَيْن في تحليل البيانات وتفسيرها بناءً على الأنشطة الفردية في المجموعة الضابطة، وتَزَامَنَ ذلك مع استخدام الرياضيات والعمليات الرياضية والتمثيلات الرياضية للبيانات لإيجاد العلاقة بين المتغيرات خلال دروس الفيزياء.

فمثالًا: تَطَلَّبَ درسُ "الشُّغل المبذول" في كِلتَا المجموعتَيْنِ أَنْ يقوم الطلبة بعمليات رياضية لتطبيق قوانين حساب الشُّغل المبذول على جسمٍ لرفعِهِ عن سطح الأرض، وتحليل البيانات في الموقف المطروح في سياق الأنشطة؛ كتحديد وزن الجسم وطاقة الوضع اللازمة لرفعِهِ، والقوة المبذولة، وتحديد العلاقة بين الارتفاع والقوة والمبذولة وتمثيل ذلك بيانيًّا، ثم تفسير النتائج وفقًا لهذه العلاقة؛ ما ساهم في عدم وجود فروق بين المجموعتَيْن في ممارستَيِ استخدام الرياضيات، وتحليل وتفسير البيانات.

5. **ممارسة بناء التفسيرات وتصميم الحلول:** أظهرتِ النتائجُ وجودَ فروق في ممارسة بناء التفسيرات وتصميم الحلول لصالح المجموعة التجريبية، ويتَّفِق ذلك مع ما يقوم عليه التَّعلُّم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في النظرية البنائية الحديثة، فيؤكد بابربيت (Papert, 1993) أنَّ الطلبة لا يحصلون على التفسيرات والأفكار؛ إنَّمَا يتم بناء الأفكار والتفسيرات عندما يعمل الطلبة في أنشطة لبناء أداة خارجية يمكنكم التفكير فيها ومشاركتها مع الآخرين. وبناءً إلى ذلك ساهم تصميم النماذج وفقًا للمشكلة وتحديدها ثم اختبار الحلول لدى المجموعة التجريبية من

تنمية ممارسة بناء التفسيرات العلمية.

أمَّا فيما يتعلق بممارسة تصميم الحلول بِعَدِّها ممارسةً هندسية فإنَّ جوهر التَّعلُّم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد عبرَ التصميم الهندسي والتَّعلُّم القائم على المشاريع ساعدَ في تنمية هذه الممارسة لدى طلبة المجموعة التجريبية، وذلك لأنَّ جوهر هذا التَّعلُّم من خلال المراحل التي يَمُرُّ بها الطلبة في الأنشطة أتاحَ لهم تنمية هذه الممارسة؛ فيُصَمِّمُ الطلبة حلول المشكلات بشكل ثنائي الأبعاد على ورقة وقلم، ثم باستخدام برنامج تصميم النماذج ثلاثية الأبعاد في الحاسوب، ويوضح الشكل (5) صُوَرًا من تصاميم الطلبة في مرحلةِ رسمِ الحل للمشكلة ثم تصميمِهِ بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد. ويتَّفِق ذلك مع دراسة فان ويو (Fan & Yu, 2017) للتَّعلُّم القائم على التصميم الهندسي المُدَعَّم بالتكنولوجيا في أنَّ هذا السياق قد عَزَّزَ قدرات الطلبة في تحليل المشكلة وتحديدها وسهولة تصميم الحلول المناسبة لها.



الشكل (5): صور حقيقية من تصميم الطلبة حلول للمشكلات

6. ممارسة الاندماج في الجدل المستند على الأدلة وممارسة الحصول على المعلومات وتقييمها وتبادلها: لقد أظهرت نتائجُ الدراسة الحالية وجودَ فروق في هاتَيْنِ الممارستَيْن لصالح المجموعة التجريبية، فهاتَانِ الممارستَانِ كِلتَاهُمَا في سياق التواصل والتعامل مع أفكار الآخرين ومناقشتها ونَقْلها وتقييمها وتبادُلها لذا يمكن تفسيرهما معًا؛ فلقد أتاح استخدام التَّعلُّم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد عبرَ عمليات التصميم الهندسي والتَّعلُّم القائم على المشروع في هذه الدراسة فرصة لتنمية هذه الممارسة، ويتَّفِق ذلك مع النظرية البنائية والبنائية الاجتماعية بِعَدِّها إطارًا توجيهيًّا لتأسيس الدراسة الحالية. فيرى البنائيُّون الاجتماعيُّون أنَّ التَّعلُّم يحدُث من خلال التفاعل بين المتعلم والعوامل البيئية المحيطة به، ومن الضروري إنشاء أنشطة تعلُّم يتم فيها وضعُ المعرفة الجديدة في سياقها واستخدامها، وتساهم استراتيجيات التدريس التي تدمج العلوم بالهندسة في بناء تعلُّم الطلبة بنشاط (Toma et al., 2024). ويتَّفِق ذلك مع ذَكَرَهُ ليو وآخرون (Lou et al., 2011) في أنَّه استنادًا إلى البنائية يُشجِّع التَّعلُّم القائم على المشاريع في إطار حل المشكلات الهندسية إلى مراقبة الطلبة لتعلُّمهم، وحصولهم على المعلومات والبحث عنها والتعاون لتبادُل المعرفة.

ففي ممارسة الجَدَل وتبادُل الحُجَج أظهرَ الطلبة في أثناء خطوات التَّعلُّم القائم إلى دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد هذه الممارسة عند مناقشة حل المشكلة وتصميم هذا الحل بالرسم واستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد واختباره بين أفراد المجموعة الواحدة، وظهرت عند عرضِهم المُنْتَج لزملائهم الآخرين في الصف والرَّدّ على ملحوظاتهم وتأييدها أحيانًا أو إقناعهم بفكرتهم أحيانًا أخرى، في حين ظهرت ممارسة الحصول على المعلومات وتقييمها وتبادُلها مع الآخرين؛ حين حاول الطلبة اختيار الحل الأمثل استنادًا إلى المعلومات المتوفرة لديهم ثم اختبار المُنْتَج عمليًّا بعد إنتاجِهِ وتقييم ما تم الحصول عليه من معلومات، ثم عَرْض الحل (النماذج) عَرْضًا شفهيًّا تَنَوَّعَ فيه بين العرض العملي أو الكتابي باستخدام السبورة أو مشهد تمثيلي أحيانًا على مجموعات الصف الأخرى وتقييم أفكار زملائهم الآخرين التي تم حصولها عليها بِعَدِّها تغذيةً راجعة على مُنتجاتهم؛ ذلك كلُّهُ ساهم في تنمية هاتَيْنِ الممارستَيْنِ لدى طلبة المجموعة التجريبية.

وتتَّفِق هذه النتائجُ مع نتائج دراسة هيس وآخرون (Hus et al., 2019) في تعزيز قدرات الطلبة على الاندماج في الجَدَل العلمي التعاوني عند استخدم أنشطة عمليات التصميم الهندسي المُدْمَجَة باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد. وتتَّفِق كذلك مع ما ذَكَرَهُ بانتازس وبريافولو (Pantazis & Priavolou, 2017) في أنَّ دَمْجَ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم يُعَزِّزُ مشاركة الطلبة في مناقشات حل المشكلات مع أقرانهم ومُعلِّمِهم، ويُحَسِّنُ لديهم مهارات التواصل بشكل عام.

الخاتمة والتوصيات

غالبًا يُشارُ إلى الطباعة ثلاثية الأبعاد أنَّها تخدم تعلُّم العلوم والهندسة والتكنولوجيا والرياضيات (STEM)، وتؤكد الدراسة الحالية أنَّ وَضْعَ الطابعة ثلاثية الأبعاد في الفصل الدراسي وحدها كونُها أداةً لا يُؤتِي ثمارَهُ؛ إنَّما لا بُدَّ من دَمْجِها في التَّعلُّم بِعَدِّها تقنية طباعة لها مراحل متعددة مع ضرورة دمجِها بأساليب التَّعلُّم ذات المراحل التكرارية، التي تُتيح فُرَصًا لزيادة الكفاءات الهندسية والعلمية لدى الطلبة؛ بما يُمكِّنُهم من بناءِ المعرفة

العلمية وممارسة العلم وتوظيفِهِ كونُهم مهندسين، فمع التحديات التي تمت مواجهتُها في تنفيذ الدراسة الحالية إلَّا أنَّ اندماج الطلبة في أمثال هذا النوع من التَّعلُّم، وتَحَسُّنِهم واستمتاعهم به وتَطَوُّر مستوياتهم المهارية والعلمية كان ملحوظًا يومًا بعد يوم.

وتُوصِي الدراسةُ الحالية بالآتي:

1. تكييف أنشطة تعلُّم مادة الفيزياء في الصف العاشر وفق التَّعلُّم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، وإتاحة الفرصة للطلبة لحل المشكلات الفيزيائية وفق هذه التقنية عبرَ خطوات ومراحل مُنظَّمة. وتوفير مساحة لذلك في التَّعلُّم سواءٌ التَّعلُّم الرسمي أم غير الرسمي.
2. تضمين الممارسات العلمية والهندسية خلال مناهج الفيزياء خاصة ومناهج العلوم بشكل عام، وتدريب الطلبة على هذه الممارسات خلال أنشطة التَّعلُّم في المراحل الدراسية المختلفة، ابتداءً بالمراحل التعليمية المُبكِّرة وانتهاء بالتَّعلُّم الجامعي.

وتقترح الدراسةُ الحالية الآتي:

1. تدريب المعلمين ليكونوا داعمين لتنفيذ أنشطة تعلُّم تستند إلى التقنيات الناشئة بما فيها تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.
2. إجراء بحوث مستقبلية عن فاعلية التَّعلُّم القائم على دَمْجِ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في التَّعلُّم وتأثيرِهِ مع متغيرات أخرى: كالتفكير التصميمي، والتفكير الإبداعي، ومهارات المستقبل، وغيرها.
3. إجراء بحوث مستقبلية لدراسة الفروق بين الممارسات العلمية والهندسية بين الذكور والإناث، ورَبْطِها بمتغيرات أخرى منها التَّعلُّم القائم على حل المشكلات.

المصادروالمراجع

أبو غنيمة، ع. وعبدالفتاح، م. (2019). استخدام نموذج التعلم الخبراتي في تدريس العلوم لتنمية الممارسات العلمية والهندسية وبعض المهارات الاجتماعية لدى تلاميذ المرحلة الاعدادية. *مجلة البحث العلمي في التربية*، 20(3)، 517 - 558.

الجوراني، م. والمشهداني، ر. (2018). *التعلم البنائي وتنمية التفكير الناقد والابداعي*. المكتبة العصرية للنشر والتوزيع.

الشياب، م. (2019). مستوى امتلاك معلمي العلوم في المرحلة الثانوية في المملكة العربية السعودية للممارسات العلمية والهندسية في ضوء الجيل القادم من معايير العلوم NGSS. *مجلة جامعة أم القرى للعلوم التربوية والنفسية*، 10(2)، 338 - 366.

عبدالكريم، س. (2017). برنامج تدريبي قائم على معايير العلوم للجيل التالي "NGSS" لتنمية الفهم العميق ومهارات الاستقصاء العلمي والجدل العلمي لدى معلمي العلوم في المرحلة الابتدائية. *دراسات عربية في التربية وعلم النفس*، 87(1)، 21 - 111.

عطية، م. (2015). *البنائية وتطبيقاتها استراتيجيات تدريس حديثة*. دار المنهجية للنشر والتوزيع.

عفيفي، م. (2019). برنامج مقترح قائم على معايير العلوم للجيل القادم "NGSS" لتدريب معلمي العلوم بالمرحلة الإعدادية على استخدام ممارسات العلوم والهندسة "SEPs" أثناء تدريس العلوم. *المجلة التربوية*، 68(1)، 97 - 163.

عمران، خ. (2021). ثورة المناهج التعليمية لمواكبة الثورة الصناعية الرابعة: رؤى مستقبلية. *المجلة التربوية لكلية التربية بسوهاج*، 85، 1-18.

محمد، ع. وسيف، م. (2020). استخدام الأنشطة الترفيهية في تنمية المفاهيم والممارسات العلمية والهندسية لمعايير الجيل القادم في العلوم لدى ذوي الاحتياجات الخاصة بالمرحلة الابتدائية. *المجلة التربوية*، 71، 687 - 723.

محمد، ك. (2021). برنامج تدريبي قائم على مراكز التعلم لتنمية الممارسات العلمية المتعلقة معايير العلوم للجيل القادم "NGSS" والتفكير السابر لدى الطلاب معلمي العلوم بكلية التربية. *المجلة التربوية*، 87، 1501 - 1585.

REFERENCES

Anwar, S., & Menekse, M. (2021). A systematic review of observation protocols used in postsecondary STEM classrooms. *Review of Education*, 9(1), 81-120. https://doi.org/10.1002/rev3.3235

Barbosa, A., & Isable, V. (2024). The use of Tinkercad and 3D printing in interdisciplinary STEAM education: A focus on engineering design, *STEM Education*, 4(3): 222–246. DOI: 10.3934/steme.2024014

Brand, B. R. (2020). Integrating science and engineering practices: outcomes from a collaborative professional development. *International Journal of STEM Education*, 7(13), 1-13. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00210-x

Brunsell, E., Kneser, D. M., & Niemi, K. J. (2014). *Introducing teachers and administrators to the NGSS: A professional*

development facilitator's guide. NSTA Press.

Bybee, R. W. (2011). Scientific and engineering practices in K-12 classrooms: Understanding a framework for K-12 science education. *Science and Children*, 49(4), 10-16.

Chang, C. C., & Yen, W. H. (2023). The role of learning style in engineering design thinking via project-based STEM course. *Asia Pacific Journal of Education*, 43(4), 1125-1143. https://doi.org/10.1080/02188791.2021.1957776

Chang, C. C., & Yen, W. H. (2023). The role of learning style in engineering design thinking via project-based STEM course. *Asia Pacific Journal of Education*, 43(4), 1125-1143.

Chen, Y. C., & Terada, T. (2021). Development and validation of an observation-based protocol to measure the eight scientific practices of the next generation science standards in K-12 science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(10), 1489-1526. https://doi.org/10.1002/tea.21716

Cheng, L., Antonenko, P. D., Ritzhaupt, A. D., Dawson, K., Miller, D., MacFadden, B. J., ... & Ziegler, M. (2020). Exploring the influence of teachers' beliefs and 3D printing integrated STEM instruction on students' STEM motivation. *Computers & Education*, 158 (1), 1-52. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103983

Cohen, R. J., & Swerdlik, M. E. (2010). *Psychological testing and assessment: An introduction to tests and measurement,* (7th Edn.). McGraw Hill.

English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(14), 1–18. https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7

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, 107-129.

Guimarães, L. M., & Lima, R. D. S. (2021). A systematic literature review of classroom observation protocols and their adequacy for engineering education in active learning environments. *European Journal of Engineering Education*, 46(6), 908-930. https://doi.org/10.1080/03043797.2021.1937946

Hsu, P. S., Lee, E. M., Ginting, S., Smith, T. J., & Kraft, C. (2019). A case study exploring non-dominant youths' attitudes toward science through making and scientific argumentation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(1), 185-207. https://doi.org/10.1007/s10763-019-09997-w

Hughes, J. (2021). krippendorffsalpha: An R package for measuring agreement using Krippendorff's alpha coefficient. *R Journal*, 3 (1), 413-425.

Inoma, A. O., Ibhadode, O. O., & Ibhadode, A. A. (2020). The perception and deployment of 3D printing in the Nigerian educational sector for science and engineering programs. *Scientific African*, 10(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00641

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 22(1), 159-174. https://doi.org/10.2307/2529310

Lin, K. Y., Wu, Y. T., Hsu, Y. T., & Williams, P. J. (2021). Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-15. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00258-9

Lou, S.-J., Shih, R.-C., Ray Diez, C., & Tseng, K.-H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: An exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 195–215.

MakerBot. (2021). *Trends in 3D Printing and STEAM Education*. Author.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). *Science and engineering for grades 6-12: Investigation and design at the centre*. The National Academies Press.

National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices، Crosscutting Concepts ،and Core Ideas*. The National Academies Press.

National Research Council (NRC). (2013). *Next generation science standards: For states, by states.* The National Academies Press.

Noorani, R. (2017). *3D printing: technology, applications, and selection*. CRC Press.

Novak, E., & Wisdom, S. (2018). Effects of 3D printing project-based learning on preservice elementary teachers' science attitudes, science content knowledge, and anxiety about teaching science. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 412-432. https://doi.org/10.1007/s10956-018-9733-5

Pantazis, A., & Priavolou, C. (2017). 3D printing as a means of learning and communication: The 3Ducation project revisited. *Telematics and Informatics*, 34, 1465–1476.

Papert, S. (1991). Situating constructionism. In S. Papert and Is. Harel (Eds.), *Constructionism* (pp. 1-11). Ablex.

Papert, S. (1993). *The Children's machine: rethinking school in the age of the computer*. Basic Books

Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 36(1), 1–11.

Pearson, H. A., & Dubé, A. K. (2022). 3D printing as an educational technology: theoretical perspectives, learning outcomes, and recommendations for practice. *Education and Information Technologies*, 27(9), 3037–3064. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10733-7

Promethean. (2017). *How to use 3D printers in the classroom*? https://resourced.prometheanworld.com/use-3d-printers-classroom/

Rio, G. T., & Rodríguez, J. (2022). Design and assessment of a project-based learning in a laboratory for integrating knowledge and improving engineering design skills. *Education for Chemical Engineers*, 40(1), 17-28. https://doi.org/10.1016/j.ece.2022.04.002

Scaradozzi, D., Guasti, L., Di Stasio, M., Miotti, B., Monteriù, A., & Blikstein, P. (2021). *Makers at School, Educational Robotics and Innovative Learning Environments: Research and Experiences from FabLearn Italy 2019, in the Italian Schools and Beyond*. Springer Nature.

Schwarz, C. V., Passmore, C. M., & Reiser, B. J. (2017). *Helping students make sense of the world through next generation science and engineering practices*. National Science Teachers Association (NSTA Press).

Şen, C., Ay, Z. S., & Kiray, S. A. (2020). A design-oriented STEM activity for students' using and improving their engineering skills: the balance model with 3D printer. *Science Activities*, 57(2), 88-101. https://doi.org/10.1080/00368121.2020.1805581

Simarro, C., & Couso, D. (2021). Engineering practices as a framework for STEM education: a proposal based on epistemic nuances. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-12. https://doi.org/10.1186/s40594-021-00310-2

Simarro, C., & Couso, D. (2021). Engineering practices as a framework for STEM education: a proposal based on epistemic nuances. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 53.

Toma, R. B., Yánez-Pérez, I., & Meneses-Villagrá, J. Á. (2024). Towards a Socio-Constructivist Didactic Model for Integrated STEM Education. *Interchange*, 55 (1), 1-17. https://doi.org/10.1007/s10780-024-09513-2

Ullah, A. S., Tashi, Kubo, A., & Harib, K. H. (2020). Tutorials for integrating 3D printing in engineering curricula. *Education sciences*, 10(8), 194. https://doi.org/10.3390/educsci10080194

Van Horne, K. A. T. I. E., Penuel, W. R., & Bell, P. (2016). Integrating science practices into assessment tasks. *STEM Teaching Tools*, 30(2), 1-16.

Wicklein, R. C. (2006). Five good reasons for engineering as the focus for technology education. *The Technology Teacher*, 65(7), 25-29.

Wisdom, S., & Novak, E. (2019). Using 3D printing to enhance STEM teaching and learning: Recommendations for designing 3D printing projects. In M. Khine & N. Ali (Eds.), *Integrating 3D Printing into Teaching and Learning Practitioners' Perspectives* (pp. 187-205). Brill.

Wright, L., Shaw, D., Gaidos, K., Lyman, G., & Sorey, T. (2018). 3D pit stop printing: A student competition supports engineering design. *Science and Children*, 55, 55–63.