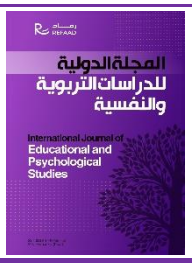
رفاد REFAAD
www.refaad.com

International Journal of Educational and Psychological Studies (EPS)
المجلة الدولية للدراسات التربوية والنفسية
Journal Homepage: https://www.refaad.com/Journal/Index/3
E-ISSN 2520-4149 | P-ISSN 2520-4130
Vol. 14, Issue 6, 2025, pp. 934 - 948



The Role of Practicing Engineering Design when Learning Physics in Developing Engineering Habits of Mind Among Female High School Students

Mashaeil Abdallah Aldosari[1*], Fahad Suliman Alshaya[2]

[1] Ph.D in Science Education, KSU, Educational Supervisor, Ministry of Education, Saudi Arabia.

[2] Science Education Professor, Curriculum and Instruction Dep., College of Education, King Saud University, Saudi Arabia.

[*] Corresponding Author: Mashaeil Aldosari (aldosari430@gmail.com)

دور ممارسة التصميم الهندسي عند تعلم الفيزياء في تنمية عادات العقل الهندسية لدى طالبات المرحلة الثانوية[1]

مشاعل بنت عبدالله الدوسري[1*]، فهد بن سليمان الشايع[2]

[1] دكتوراة في مناهج وتعليم العلوم -جامعة الملك سعود، مشرفة تربوية- تعليم الرياض- وزارة التعليم- السعودية.

[2] أستاذ المناهج وتعليم العلوم- قسم المناهج وطرق التدريس- كلية التربية- جامعة الملك سعود- السعودية.

*الباحث المراسل: مشاعل الدوسري (aldosari430@gmail.com)

This file is licensed under a
Creative Commons Attribution 4.0 International

Received استلام البحث	Revised مراجعة البحث	Accepted قبول البحث
2025/8/10	2025/8/27	2025/10/1

DOI: https://doi.org/10.31559/EPS2025.14.6.3

Abstract:

Objectives: This research aims to explore the role of practicing female high school students engineering design when learning physics, through an engineering challenge to design of an educational center based on daylighting, in developing students' engineering habits of mind.

Methods: The qualitative method "case study approach" was employed, by using topological analysis of data collected through classroom dialogue recordings during the implementation of a physics teaching model based on engineering design, guided by scientific argumentation, and students' semi-structured interviews.

Results: The findings revealed that practicing engineering design help student to develop the following engineering habits of mind: (Problem Identification, Visualization, Creativity in Problem-Solving, Adaptability, System Thinking), which enabled the students to control the accompanying variables and influencing factors.

Conclusions: The study recommends focusing on engineering design guided by scientific argumentation by integrating it into physics curricula, as it plays a role in developing engineering habits of mind.

Keywords: *Engineering Design; Engineering Design guided by Scientific Argumentation; Engineering Habits of Mind; Problem finding; visualizing; Creativity in Problem Solving, Adaptability; Systems Thinking.*

الملخص:

الأهداف: هدفت الدراسة إلى الكشف عن دور ممارسة طالبات المرحلة الثانوية عمليات التصميم الهندسي في تعلم الفيزياء في تنمية عادات العقل الهندسية لدى طالبات المرحلة الثانوية، وذلك في سياق تحدي هندسي تثمل في تصميم مركز تعليمي يعتمد على الإضاءة النهارية.

المنهجية: اتُبع المنهج النوعي (الكيفي)، وتحديدًا دراسة الحالة، باستخدام التحليل الطوبولوجي (النمطي) للبيانات التي جمعت من خلال تسجيل الحوارات الصفية أثناء تطبيق نموذج لتدريس الفيزياء قائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي، وكذلك عن المقابلات شبه المقننة مع الطالبات.

النتائج: توصل البحث إلى أن ممارسة الطالبات للتصميم الهندسي عند تعلمهم للفيزياء ساعد في تنمية عادات العقل الهندسية الآتية: (التعرف على المشكلة، التصور، الإبداع في حل المشكلات، القدرة على التكيف، التفكير المنظومي) مما مكن الطالبات من التحكم بالمتغيرات والمؤثرات المصاحبة.

الخلاصة: توصي الدراسة بالاهتمام بالتصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي بدمجه في مناهج الفيزياء لما له دور في تنمية عادات العقل الهندسية.

الكلمات المفتاحية: *التصميم الهندسي؛ التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي؛عادات العقل الهندسية؛ التعرف على المشكلة؛ التصور؛ الإبداع في حل المشكلات؛ القدرة على التكيف؛ التفكير المنظومي.*

الاستشهاد

Citation

الدوسري، مشاعل، الشايع، فهد. (2025). دور ممارسة التصميم الهندسي عند تعلم الفيزياء في تنمية عادات العقل الهندسية لدى طالبات المرحلة الثانوية. *المجلة الدولية للدراسات التربوية والنفسية*، 14 (6). 934- 948.

Aldosari, M. A., & Alshaya, F. S. (2025). The Role of Practicing Engineering Design when Learning Physics in Developing Engineering Habits of Mind Among Female High School Students. *International Journal of Educational and Psychological Studies*, 14(6), 934-948. https://doi.org/10.31559/EPS2025.14.6.3 [In Arabic]

[1] بحث مستل من رسالة دكتوراه غير منشورة أجريت في جامعة الملك سعود.

المقدمة:

إن تحول الاقتصاد العالمي من اقتصاد مبني على الصناعات والثروات الطبيعية إلى اقتصاد مبني على المعرفة أحدث تغيرًا وتطورًا نوعيًا في مجال التعليم، فأصبح التعليم مسؤولًا عن تهيئة المتعلمين للمشاركة في معالجة التحديات العالمية، وتجلى ذلك في الاهتمام بإتقان المتعلمين للمهارات واكتسابهم للعادات العقلية التي تساعدهم على توظيف المعرفة في حياتهم الواقعية. وصاحب ذلك جهد كبير من العلماء والباحثين التربويين لتحويل تركيز التدريس من التعليم القائم على الحقائق والحفظ إلى دعم العمليات المعرفية المعقدة الهادفة إلى تطوير مهارات تطبيق المعرفة (Kaldaras et al., 2020).

شهدت الساحة التربوية سلسلة من برامج ومشاريع على المستوى العالمي والمحلي لإصلاح وتطوير تعليم العلوم، ومن أبرزها وثيقة الجيل القادم من معايير العلوم Next Generation Science Standards (NGSS) التي جعلت من أهم أهداف تدريس العلوم أن يكون الطلاب قادرين جعل الطلاب يتصرفون ويمارسون بطريقة علمية لاكتساب مهارات التصميم الهندسي التي تمكنهم بدورها من إجراء البحوث وحل المشاكل التي يواجهونها أثناء دراسة العلوم أو في الحياة الواقعية (NGSS, 2013).

وحظي التصميم الهندسي بأهمية بالغة في وثيقة الجيل القادم من معايير العلوم (NGSS) جنبًا إلى جنب مع الاستقصاء والبحث العلمي، من خلال تقديم التعلم للطلاب في صورة مشكلات واقعية تحتاج إلى تصميم حلول عملية للتغلب عليها، مما يسهم في تطوير مهارات الطلاب في حل المشكلات، بالإضافة إلى تنمية مهارات الاتصال والعمل الجماعي والتأكيد على العلاقة بين الاستقصاءات العلمية والتصاميم الهندسية في حل مشكلات واستنباط الأفكار (Brenda, 2020). وعرّف إطار التربية العلمية للجيل القادم من معايير العلوم عملية التصميم الهندسي بأنها عملية منظمة تتكون من عدد من الخطوات، وتتميز بأسلوب التكرار، حيث تبدأ الخطوة الأولى بتحديد المشكلة ومعايير حلها، والقيود ذات الصلة، وتتمثل الخطوة الثانية بإنتاج الأفكار لكيفية حل المشكلة. في حين تختبر الحلول في الخطوة الثالثة عن طرق محاكاة نماذج رياضية أو فيزيائية أو تجريبية، للوصول إلى بيانات تُمكن المهندسون من تحليل تلك الحلول، وتقييم جودتها للتحقق من مناسبتها، ومن ثم تقييم ما تحتاجه من تطوير أو تقديم مقترح أفضل (NGSS, 2013).

وفي هذا الصدد قامت آتمان (Atman, 2019) بتحديد تعريف لعملية التصميم الهندسي بعد أن حللت بيانات من 177 فردًا حلوا 401 مشكلة تصميم هندسي منفصلة، وتوصلت إلى أن عملية التصميم الهندسي تتمثل في: تحديد الاحتياجات، وتعريف المشكلة، وجمع المعلومات، وتوليد الأفكار، والنمذجة، وتحليل الجدوى، والتقييم، واتخاذ القرارات، والتواصل، والتنفيذ. كما أنه من الضروري توضيح العمليات التصميمية التكرارية التي يتبعها الطلاب على مختلف مراحل عملية التصميم، فضلاً عن تصحيح المفاهيم الخاطئة والعادات العقلية غير الفعّالة لديهم (Atman et al., 2007).

وحدد المجلس الوطني الامريكي للبحوث (NRC) فوائد التعليم الهندسي في صفوف التعليم العام من الروضة حتى الصف الثاني عشر في أنه يسهم في تنمية قدرة المتعلم على الانخراط في التصميم الهندسي، وتحسين التعلم وتحصيل العلوم والرياضيات، ومحو الأمية التقنية وزيادة إقبال المتعلمين على مهنة الهندسة (NCR, 2009)، وكذلك تطوير تفكيرهم، وإثارة اهتمامهم بالهندسة، وتعزيز الفعّالية الذاتية لحل المشكلات الهندسية، وتعلُّم عادات العقل الهندسية (Householder & Hailey, 2012)، بذلك فإن ممارسة المتعلمين للتصميم الهندسي يطور عادات العقل الهندسية (Lucas & Hanson, 2014).

وصِفت فصول الهندسة الناجحة؛ بأنها الفصول التي يسمح فيها سياق التصميم الهندسي بمشاركة الطلاب في حل المشكلات بطرق عدة، ويمكن رؤية الطلاب مع المعلّم يشتركون في تحديد أهم المعايير والقيود الخاصة بالتحدي وبالمفاضلات التي يقومون بها لتصاميمهم، ويطرح الطلاب أسئلة للتأكيد على فهمهم للسياق، وقيود المشكلة، ويعمل الطلاب على فهم المبادئ والقوانين العلمية المبنية على المشكلة مع تطبيق تلك المبادئ عند توليد الأفكار، ويصنعون نماذج، ثم يجمعون البيانات للمقارنة بين حلول التصميم المختلفة، ويستخدمون تلك البيانات لتحسين التصميم، ويستخدم الطلاب مفاهيم العلوم والرياضيات بشكل صريح في أثناء تواصلهم، ويقدمون الدليل داعمين به قرارات التصميم الخاصة بهم (Purzer et al., 2014) . لذا يمكن تعزيز عملية التصميم الهندسي من خلال الجدل الذي يُتيح للطلاب فرصًا متنوعة لتقديم واستقبال التغذية الراجعة، مما يسهم في تحسين النماذج الأولية للتصميم وصياغة حجج تدعم اختيار أفضل البدائل التصميمية (Baze et al., 2018).

اقترح الباحثون مجموعة من النماذج التدريسية التي تدمج بين التصميم الهندسي والاستقصاء العلمي، مثل: نموذج التعلم القائم على التصميم (Design-Based Learning-DBL)الذي قدمه أبدو وزملاؤه (Apedoe et al., 2008)، ونموذج آيزنكرافت (Eisenkraft, 2011)، ونموذج جروبس وستريميل (Grubbs & Strimel, 2015)، ونموذج التصميم الهندسي الذي طوره باري(Barry, 2018) ، ونموذج مؤسسة نولز لتدريس العلوم (Knowles Science Teaching Foundation-KSTF) وفقًا لجونسون وزملائه (Johnson et al., 2015)، بالإضافة إلى دورة التصميم من برنامج البكالوريا الدولية (Design Cycle from International Baccalaureate-IB) وفقًا لكيرستن (Kersten, 2013)، وأيضًا نموذج عملية التصميم الهندسي للمرحلة الثانوية في مناهج ولاية ماساتشوستس (Hynes et al., 2011). وعلى المستوى المحلي؛ اقترحت دراسة الدوسري والشايع (2023) نموذجًا لتدريس الفيزياء قائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي.

ومن جانب آخر؛ يتطلب إجراءات حل المشكلات الهندسية التفكير المتقدم وعادات عقلية متخصصة، تُعرف في هذا السياق بعادات العقل الهندسية Engineering Habits of Mind (EHoM)، وهي مجموعة من القيم والاتجاهات ومهارات التفكير المرتبطة بالهندسة (NAE & NRC, 2009)، يمارسها المهندس عند التفكير، والعمل لحل التحديات الهندسية المختلفة (Lucas & Hanson, 2014). وعرف المنير (2018) عادات العقل بأنها السلوكيات التي تُمارس حتى تصبح طريقة معتادة للعمل بشكل أكثر عمقًا وذكاءً. تساعد عادات العقل على تنمية السلوكيات الذكية عند بناء المعرفة

وتدرب المتعلم على تحمل المسؤولية وأداء المهام وامتلاك الإرادة تجاه استخدام القدرات والمهارات، وتؤكد على المواقف والعادات وصفات الشخصية فضلًا عن المهارات المعرفية (عبد العال، 2019). كما أنها تمكن المتعلم من كيفية استخدام عمليات التفكير في التعلم واكتساب المعلومات وفهمها والاستفادة منها للوصول إلى تعلم ذي معنى (مصطفى، 2020).

وحُددت عادات العقل الهندسية في ست عادات، وهي: التفكير المنظومي، والتفاؤل، والتواصل، والتعاون، والإبداع، والاهتمام بالاعتبارات الأخلاقية (Meeteren, 2018). ويتعلق التفكير المنظومي بتحديد واستكشاف العلاقات بين المواد وأجزاء الأنظمة، والتفاؤل يعكس وجهة نظر يمكن من خلالها العثور على الفرص والإمكانات في كل صعوبة، ويشمل الاعتراف بأن كل تقنية لديها مجال للتحسين، والتواصل هو مهارة أساسية لحل المشكلات والتعلم والنجاح الأكاديمي، والتعاون هو عملية دمج مهارات وقوى كل عضو في المجموعة في إجراء حل المشكلة لتحقيق نتيجة أفضل، والإبداع هو استخدام الخيال لحل المشكلات الهندسي (Erol & Erol, 2024). ويوجد نموذج آخر لعادات العقلية الهندسية تتمثل في ست عادات؛ التعرف على المشكلة، والتصور، والتحسين والتطوير، والإبداع في حل المشكلات، والقدرة على التكيف، والتفكير المنظومي، وهي تمثل المهارات الأساسية التي يمارسها المهندسون عند حل المشكلات (Lucas & Hanson, 2014).

ولتنمية عادات العقل الهندسية في الفصول الدراسية؛ لابد من تطوير فهم العادة وذلك من خلال تقسيمها إلى مكوناتها وتوضيح وشرح معناها للمتعلمين، وخلق مناخ يشجع ويعزز هذه العادة لكي تزداد داخل المتعلم، فيمكن إنشاء هذا المناخ من خلال إتاحة فرصة لتكرار المهمات، حتى وأن تكررت مرات الفشل للوصول إلى النجاح مع التعزيز المستمر، واختيار طرق التدريس التي تسهل ممارستها ونقلها، ومن المهم التزام المتعلم بهذه العادة من خلال ممارسة الأنشطة المختلفة (Lucas & Hanson, 2016). كما أوصت دراسة الشرمان وآخرون (2023) بتضمين عادات العقل في جميع كتب العلوم.

وتوصلت العديد من الدراسات إلى إمكانية تنمية عادات العقل لدى الطلاب؛ فأشارت دراسة عيد (2021) إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية في مقياس عادات العقل الهندسية لصالح المجموعة التجريبية من طلاب الصف الثاني الإعدادي نتيجة لتعريضهم لبرنامج مقترح في علوم الأرض والفضاء قائم على معايير العلوم للجيل القادم. وكشفت دراسة النهائية وآخرون (2020) عن الأثر الإيجابي لتضمين التصميم الهندسي في مناهج العلوم، على تنمية عادات العقل الهندسية: التعرف على المشكلة، والتحسين، والتطوير، والتفكير المنظومي، لدى طالبات الصف الثامن الأساسي بسلطنة عمان. وكذلك كشفت الدراسات القائمة على مدخل تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات "تعليم STEM" أن له أثر على عادات العقل، فتوصلت دراسة ياكوب وآخرون (Yakob et al., 2021) إلى أن تعلم العلوم القائم على تعليم STEM ساعد على تحسين عادات العقل لطلاب المرحلة الثانوية في المدارس الإندونيسية، وكشفت دراسة المقبل (2020) عن أثر مدخل تعليم STEM في تدريس العلوم على تنمية عادات العقل المنتجة لدى طالبات الصف الثالث المتوسط في مدينة الرياض. في حين توصلت دراسة الداود (2017) إلى أثر برنامج تدريسي للعلوم قائم على مدخل تعليم STEM على تنمية أربعة من عادات العقل التي صنّفها كوستا وكاليك وهي: المثابرة، المرونة في التفكير، التفكير التبادلي، التفكير في التفكير لدى طالبات الصف الثالث المتوسط في مدينة الرياض. وكشفت دراسة النجار (2017) عن فاعلية الحقائب التدريبية القائمة على تعليم STEM بالمراكز العلمية في تنمية عادات العقل: التساؤل وطرح المشكلات، والتفكير والتواصل بوضوح ودقة، والتفكير التبادلي لدى طالبات الصف السادس الابتدائي بمدينة جدة.

مشكلة الدراسة:

يعد الغرض من دمج الهندسة في تعليم العلوم ليس تخريج مزيد من المهندسين فقط، ولكن أن يكون الطلاب مع نهاية المرحلة الثانوية قد اكتسبوا معرفة في العلوم والهندسة تمكنهم من المشاركة في مناقشة القضايا المتصلة بالعلوم، وجعلهم منتجين للمعرفة، ومتعلّمين مدى الحياة (NRC, 2012). ووفقًا لتلك الرؤية؛ سعت هيئة تقويم التعليم والتدريب بالتعاون مع وزارة التعليم لبناء معايير مناهج التعليم العام؛ بهدف تثقيف جميع المتعلمين عبر تقديم المعارف التأسيسية في فروع العلوم المختلفة، وتمكينهم من الممارسات العلمية والهندسية، وتطبيقاتها المرتبطة بالقضايا المتعلقة بالإنسان والمجتمع والبيئة؛ لإعداد علماء ومهندسين وتقنيين (هيئة تقويم التعليم والتدريب، 2018).

ويُعد تعليم الهندسة نهجًا ثلاثي الأبعاد يتطلب أن تتيح تجارب التعلم فيه الفرص لجميع الطلاب لتنمية عادات العقل الهندسية لديهم، وتعزيز كفاءتهم في الممارسات الهندسية، وفهم الهندسة وتقدير أهميتها والاستفادة منها (Santana et al., 2022). إن الالتزام بعادات العقل الهندسية في الفصول الدراسية، يمكن المتعلمين من تطوير قدراتهم ليصبحوا مواطنين منتجين يمتلكون المهارات التي تؤهلهم للمنافسة في سوق عمل عالمي بالغ التعقيد، لأن هذه العادات الهندسية تتيح لهم تصميم وبناء هياكل وأجهزة حيوية تُسهم في تقديم حلول للتحديات البيئة والاقتصادية (Brown, 2022). وعلى ذلك تزايد الاهتمام بتفعيل التعليم الهندسي في مراحل التعليم قبل الجامعي وتم التأكيد على أهمية تدريب المتعلم على عادات العقل الهندسية والتي تشير إلى طرق التفكير والعمل ذات العلاقة بالهندسة (Lippard et al., 2018).

إن طلاب المدارس الثانوية لم يكونوا مختلفين كثيرًا عن طلاب الجامعات من حيث ممارسات عملية التصميم الهندسي مما يعني أن طلاب المدارس الثانوية قادرون على تعلم تصميم الهندسة مثل طلاب الجامعات، وبالتالي يجب علينا استثمار تعليم تصميم الهندسة لطلاب المدارس الثانوية (Chien, 2023). يمكن أن تُنمذَج عادات العقل الهندسية من خلال ممارسات تدريسية محددة في الفصول، فاستخدموا في دراستهم على طلاب المرحلة الثانوية برنامج حاسوبي يُعرف بـ"علاء الدين" يهدف إلى تعليم الطلاب كيفية تصميم المباني الموفرة للطاقة وحلول الطاقة المتجددة، وتوصلوا إلى أن الطلاب تمكنوا من تعلّم التفكير المنظومي من خلال تصميم نماذج المباني، الذي ساعدهم على فهم أن تصميم المبنى يتطلب تحديد المكونات الأساسية لنظام المبنى؛ مثل الموقع، الحجم، والطاقة، وقياس كيفية تفاعل هذه المكونات مع بعضها البعض (Perera et al., 2021).

إن تصميم الوحدات الدراسية لابد أن تكون في سياق مشاريع تتمحور حول القضايا الاجتماعية، لكن نادر ما يتم التطرق في المناهج الدراسية إلى تطبيقات وظيفية واقعية تسلط الضوء على المفاهيم وعادات العقل الهندسية (Santana et al., 2022). فمن الضرورة توجيه أنظار المعلمين إلى أهمية تنمية عادات العقل الهندسي لدى المتعلمين من خلال تدريس العلوم (عيد، 2021). وعلى المستوى المحلي؛ أوصت دراسة الغامدي (2023) التي هدفت للكشف عن عادات العقل الهندسية لدى الطلبة الموهوبين والعاديين إلى استخدام طرق تدريس مناسبة تمكن الطلاب من تنمية عادات العقل الهندسية.

واستجابة لدعوات الإصلاح التربوي وفي ظل قلة الأبحاث التي تقدم نماذج تدريسية قائمة على التصميم الهندسي في مقررات الفيزياء في المملكة العربية السعودية؛ اقترحت دراسة الدوسري والشايع (2023) نموذجًا لتدريس الفيزياء قائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي يرتكز على خمسة مبادئ أساسية فهو: يستند على التعلم القائم على التصميم، ويُظهر التصميم كممارسة هندسية، ويؤكد على دور الطلاب في اتخاذ القرار أثناء عملية التصميم الهندسي، ويُعزز الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي لدى الطلاب، كما ينمي عادات العقل الهندسية. وتأتي هذه الدراسة لتقصي دور تطبيق هذا النموذج على عادات العقل الهندسية لدى طالبات الصف الثالث الثانوي عند دراستهن لوحدة الضوء في مادة الفيزياء، وذلك في سياق تحدي هندسي تثمل في تصميم مركز تعليمي يعتمد على الإضاءة النهارية.

سؤال الدراسة:

يتمثل السؤال الرئيس بالآتي: **ما دور ممارسة طالبات المرحلة الثانوية لعمليات التصميم الهندسي عند دراستهن لوحدة الضوء في مادة الفيزياء في تنمية عادات العقل الهندسية (التعرف على المشكلة، التصور، الإبداع في حل المشكلات، القدرة على التكيف، والتفكير المنظومي)؟**

هدف الدراسة:

هدفت الدراسة إلى الكشف عن دور ممارسة طالبات المرحلة الثانوية لعمليات التصميم الهندسي عند دراستهن لوحدة الضوء في مادة الفيزياء في تنمية عادات العقل الهندسية (التعرف على المشكلة، التصور، الإبداع في حل المشكلات، القدرة على التكيف، والتفكير المنظومي).

أهمية الدراسة:

تتمثل الأهمية النظرية للدراسة في أنه يُسهم في تقديم إضافة معرفية توضح كيفية استخدام السياق الهندسي في تعليم الفيزياء لتنمية عادات العقل الهندسية. أما الأهمية التطبيقية للدراسة؛ فتظهر في أن التصميم الهندسي يمثل اتجاه حديث في تعليم العلوم يُفيد مصممي مناهج العلوم عند صياغة وتطوير المناهج، وكذلك معلمات العلوم على وجه العموم ومعلمات الفيزياء على وجه الخصوص لما يقدمه من تطوير لقدرات الطالبات في عدد من المهارات والقدرات مثل عادات العقل الهندسية.

مصطلحات الدراسة:

- **ممارسة التصميم الهندسي عن دراسة الفيزياء:** يُعرف إجرائيًا بأنه نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي المقترح من الدوسري والشايع (2023)، وهو تمثيل افتراضي لتوجيه تدريس الفيزياء، يتكون من ثلاثة عناصر هي: التخطيط، وعمليات وإجراءات التدريس، وتقويم نواتج التعلم.
- **عادات العقل الهندسية:** تُعرف إجرائيًا بأنها الأنماط الفكرية التي تمارسها الطالبات عند حل التحديات الهندسية وتشمل: التعرف على المشكلة، والتصور، والإبداع في حل المشكلات، والقدرة على التكيف، والتفكير المنظومي، وقيست من خلال تحليل الحوارات الصفية والمقابلات شبه المقننة مع الطالبات.

منهجية الدراسة:

استخدم المنهج النوعي (الكيفي)؛ وتحديدًا دراسة الحالة لجمع بيانات وصفية عميقة مع التركيز على الخصائص المحددة للنموذج والسياق والأحداث التي تنطوي عليها الحالة (Lodico et al., 2010). تمثلت الحالة المستهدفة في هذا البحث في دراسة دور التصميم الهندسي في تنمية عادات العقل الهندسية. وتبنى البحث التحليل النمطي Typological Analysis الذي يهدف إلى تحليل وتصنيف البيانات إلى فئات بناءً على معالم مستمدة من أهداف البحث أو النظرية التي يقوم عليها البحث أو حس الباحث (Hatch, 2002).

المشاركون في الدراسة:

شارك في البحث (35) طالبة من الطالبات اللاتي يدرسن مقرر الفيزياء (3) في الثانوية الخامسة التابعة لمكتب تعليم المعذر بالرياض، خلال الفصل الدراسي الأول من العام الدراسي (2023/2022). وعند إجراء المقابلات شبه مقننة اختير منهن (10) طالبات تنوعت مستوياتهن الدراسية وتحصيلهن العلمي بين (مرتفع، متوسط، منخفض).

سياق الدراسة:

تبنت الدراسة النموذج التدريسي المعتمد في دراسة الدوسري والشايع (2023)، والذي يتكون من ثلاث عناصر هي: التخطيط، وعمليات واجراءات التدريس، والتقويم، كما يظهر في جدول (1).

جدول (1): نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي (الدوسري والشايع، 2023)

1- التخطيط:	
تحديد أهداف تعلم الفيزياء، وأهداف تعلم للتصميم الهندسي، وصياغة سياق تحدي هندسي يحقق الشروط التالية: مرتبط بالعالم الواقعي ويلبي حاجات المجتمع، ويُحدد معايير وقيود الحلول، وتحديد الجهة المستفيدة من المنتج، ويعتمد الحل على محتوى الفيزياء والرياضيات معًا، يتضمن مخطط لعملية التصميم الهندسي، مع توفير الاحتياجات المادية للتصميم أو برنامج محاكاة تقني لتنفيذ النماذج.	
2- عمليات وإجراءات التدريس:	
(2-1) التهيئة للتحدي الهندسي وتحديد المشكلة:	
(2-1-1) التعريف بالتحدي	
دور المعلم: يعرض تقرير يظهر التحدي الهندسي الذي يواجهه المستفيد. ويقسم الطلاب على مجموعات، ويطلب منهم تفكيك الموقف من أجل صياغة المشكلة بأسلوبهم الخاص على أن تتضمن معايير وقيود الحل، ثم يتابعهم ليتأكد من فهمهم.	دور الطالب: يعمل مع مجموعته للإجابة على الأسئلة التالية: ما هي المشكلة المطلوب حلها؟ وما الذي نود أن نصممه؟ ومن هم أصحاب المصلحة؟ وما هو هدفنا؟.
(2-1-2) البحث في الحلول التقنيّة:	
دور المعلم: يوفر للطلاب مواقع الكترونية لتقنيات تم ابتكارها لحل مشكلات سابقة ذات علاقة بالتحدي.	دور الطالب: يتعرف على المنتجات، ليكون لديه دراية مبدئية بكيفية عملها واستخدامها.
(2-2) دورة التعلم:	
بعد الانتهاء من مرحلة التهيئة يستعين المعلم باستراتيجية دورة التعلم لتمكين الطلاب من تعلم المفاهيم العلمية والممارسات العلمية والهندسية ذات العلاقة بالتصميم.	
(2-3) عملية التصميم الهندسي:	
(2-3-1) استكشاف بدائل التصميم	
(2-3-1-1) بناء مصفوفة اتخاذ القرار	
دور المعلم: يوجه الطلاب إلى بناء مصفوفة اتخاذ القرار التي سيستخدمها الطلاب في التقييم النهائي للتصاميم.	دور الطالب: تتفق المجموعات على تحديد الأهمية النسبية لمعايير وقيود الحلول.
(2-3-1-2) تخيل الحلول	
دور المعلم: يوجه الطلاب للتفكير في حلول للمشكلة في ضوء معايير وقيود التصميم.	دور الطالب: يقوم مع مجموعته بعصف ذهني باستخدام الكلمات، والرسومات لإنشاء بدائل تصميم والخروج بأقصى قدر ممكن من الحلول والمفاضلة بينها.
(2-3-1-3) توليد حجة مبدئية	
دور المعلم: يطرح الأسئلة على المجموعات: ما أفضل تصميم، وكيف تثبت أن هذا هو أفضل تصميم؟ كيف سترد على من يختلفون معكم في أن تصميمك أفضل؟	دور الطالب: يقدم مع مجموعته الرسم الأولي لتصميمه الهندسي مع الحجة المبدئية.
(2-3-1-4) جلسة الجدل الأولى حول بدائل التصميم	
دور المعلم: يضبط المعلم الوقت عند عرض المجموعات لنماذجهم، وإدارة المناقشة على مستوى الفصل.	دور الطالب: تقدم المجموعات حججهم حول بدائل تصميمهم لزملائهم، مع منح الفرصة لزملائهم لنقد التصميم.
(2-3-2) تطوير التصميم	
(2-3-2-1) إنشاء النماذج	
دور المعلم: يوفر الأدوات والتقنيات التي تحتاجها المجموعات مع تحديد التكلفة المادية للمواد، أو يوفر برنامجًا افتراضيا لإنشاء النماذج.	دور الطالب: تحدد المجموعات المواد والأدوات والتكلفة لتنفيذ نموذجهم. وعند استخدم البرامج التقنية، يقوم الطلاب بتحويل رسوماتهم إلى نماذج افتراضية.
(2-3-2-2) تقويم النماذج	
دور المعلم: يُشجع الطلاب على التعلم من الإخفاق، واعتبار أن الفشل جزء أساسي من عملية اختبار التصميم. ويؤكد على دور نتائج اختبار النماذج في توفير الأدلة التي تدعم حججهم.	دور الطالب: يقمون بفحص واختبار نماذجهم الأولية، وتحليل البيانات، والإشارة إلى نقاط الضعف والقوة في التصميم، وإذا حصل أي تغييرات في التصميم لابد من تقديم المبررات.
(2-3-3) التواصل حول التصميم	
(2-3-3-1) جلسة الجدل الثانية حول بدائل التصميم	
دور المعلم: يضبط الوقت عند عرض المجموعات لنماذجهم، ويوجههم لاستخدام نموذج تقييم التصميم لتقييم عمل الفرق الأخرى، ويدير المعلم المناقشة على مستوى الفصل.	دور الطالب: تُرشح كل مجموعة من يُقدم نموذجهم النهائي أمام الفصل مع عرض الصورة النهائية لحجة التصميم التي تتضمن مبررات قرارات التصميم، ووصف الأفكار التي أثرت في تصاميمهم، وتبرير أي تنازلات قاموا بها.
(2-33-2) اتخاذ القرار لاختيار أفضل تصميم	
دور المعلم: يوجه الطلاب إلى استخدام مصفوفة اتخاذ القرار.	دور الطالب: اختيار التصميم المناسب لتقديمه للجهة المستفيدة.
(2-3-3-3) تأمل عملية التصميم	
دور المعلم: يهيأ المعلم نقاش مع الطلاب حول ما تعلموه أثناء التصميم، ويُشجع الطلاب على استكشاف الأفكار المرتبطة بطبيعة التصميم الهندسي.	دور الطالب: كل مجموعة تُجيب عن السؤال التالي: ماذا لو أعدنا التصميم؟.
3- التقويم	
يتم التقييم باستخدام سلم تقييم التصاميم، وكتابة تقرير فردي يُلخص فيه؛ كيف تمت عملية التصميم، مع تحديد المفاهيم العلمية التي يقوم عليها التصميم، ووصف مشكلة واجهت المجموعة أثناء العمل، مع توضيح كيف تم اتخاذ القرار لحلها.	

طُبق نموذج التدريس على وحدة الضوء. ويعود سبب اختيار هذه الوحدة لسببين رئيسين هما: الأول طبيعة محتوى الوحدة مناسب لتعليم التصميم الهندسي؛ فالمفاهيم العلمية للضوء لها العديد من التقنيات البسيطة والمتوفرة في بيئة الطالبة. أما السبب الثاني يعود إلى أن التصميم الهندسي خبرة حديثة على الطالبات، فتم اختيار مفاهيم الضوء لأنها تميل للسهولة مقارنة بالمفاهيم الفيزيائية الأخرى. وصُمم تحدي هندسي يؤطر وحدة الضوء، بناء على الشروط بناء التحدي السابق ذكرها بالشكل (1)، وفق الآتي:

- المشكلة مرتبطة بالعالم الواقعي وتلبي حاجات المجتمع: التحدي هو تصميم مركز تعليمي لوزارة التعليم يعتمد على الإضاءة النهارية (Daylighting)، لخفض استهلاك الكهرباء، وتُعد الاستفادة من الإضاءة الطبيعية في المباني هدف استراتيجي تعتمد عليه العمارة الحديثة للوصول إلى عمارة مستدامة وتكون ملائمة لمدن المستقبل.
- تكون المشكلة جيدة التنظيم يُحدد فيها معايير وقيود الحلول من المعايير المطلوب تحقيقها في التصميم مناسبة واجهة المبنى للموقع الجغرافي، وتوزيع الغرف بحسب طبيعة النشاط، ومناسبة موقع وحجم النوافذ، توظيف تقنيات الإضاءة الطبيعية، أما قيود التصميم فهي الالتزام بموقع ومساحة الأرض التي حددتها الوزارة، ومراعاة الجانب الجمالي والإبداعي، ويتم تقديم التصميم في الوقت المحدد.
- يعتمد حل مشكلة التصميم الهندسي على محتوى الفيزياء والرياضيات معًا: حلول تصاميم الإضاءة النهارية في لمركز التعليمي تعتمد على الطبيعة الموجية للضوء، وعلى مفاهيم انعكاس وانكسار الضوء.

أدوات الدراسة:

اعتمدت الدراسة على جمع بيانات نوعية تفصيلية، عن طريق:

- الحوارات الصفية: سجلت الحصص الدراسية صوتيًا باستخدام تطبيق Record Voice Memo، ثم فُرغت الحوارات الصفية حسب تسلسل الحصص إلى نصوص مكتوبة. وجمعت البيانات خلال (22) حصة دراسية لمدة (7) أسابيع.
- بطاقة مقابلة شبه مقننة للطالبات: شملت على أسئلة رئيسة وأخرى تتبعية وسابرة وفق طبيعة البيانات النوعية. وعُرضت على مجموعة من المحكمين لمعرفة مدى مناسبة الأسئلة ووضوحها وشموليتها. وهي كالتالي:
  - ما رأيك في التحدي الهندسي من حيث: هل كان محفز لتعلم موضوعات الوحدة؟ إذا نعم. وضحي ما الذي أثار انتباهك؟ إذا لا. وضحي ما الذي أزعجك؟
  - هل التوجيهات التي حصلت عليها من المعلمة لتحديد المشكلة في التحدي الهندسي كافية؟ إذا نعم. وضحي ما التوجيهات التي ساعدتك؟ إذا لا. وضحي ما الذي كنتِ بحاجة إليه لفهم المشكلة؟
  - عند مشاركتك مع معلمتك في بناء سلم تقييم التصميم الهندسي، ما الفائدة من سلم التقييم؟
  - هل الطريقة التي اتبعتها المعلمة بتدريسك للمفاهيم العلمية ذات العلاقة بالتصميم الهندسي ثم العودة لإكمال عملية التصميم مناسبة؟ إذا نعم. لماذا؟ إذا لا. برأيك ما الطريقة الأفضل لإتمام عملية التصميم الهندسي؟
  - في خطوة تخيل الحلول، هل ساعدك بناء الحجة حول أفضل تصـــميم في استيعاب الحلول المقترحة للمشكلة؟ إذا نعم؟ وضحي بمثال. إذا لا. برأيك ما الطريقة التي يمكن أن تساعدك لاستيعاب الحلول؟

المصداقية والاعتمادية:

لتحقيق الموثوقية في نتائج الدراسة؛ اتخذت عدد من الأساليب والإجراءات المتبعة في جمع البيانات النوعية وتحليلها. بمحاولة الالتزام بالمصداقية والاعتمادية، ومن ذلك:

- من أجل التحقيق من الالتزام بالمصداقية؛ اتخذت عدة خطوات:
  - قبل بدء بإجراء المقابلات؛ حصل الباحثان على موافقة لجنة أخلاقيات البحث في جامعة الملك سعود على تطبيق الأدوات، وموافقة الطالبات وأولياء أمورهن بالمشاركة البحث، وإبلاغهم بأن المقابلات مسجلة صوتيًا مع التأكيد على حقهن في الانسحاب في أي وقت.
  - أثناء إجراء المقابلات؛ تم توضيح الهدف منها للطالبات، وخصصت مدة زمنية كافية لجمع البيانات المطلوبة، واتسمت المقابلات بالمرونة، حيث تم تعديل الأسئلة بناءً على استجابات الطالبات مع الحرص على عدم الخروج عن أهداف المقابلة.
  - بعد إجراء المقابلات؛ حرص على تجنب إصدار أي أحكام على آراء أو معتقدات الطالبات من خلال الحفاظ على حيادية تامة من قبل القائم بالمقابلة.
  - استخدام أدوات متنوعة (حوارات صفية، ومقابلات شبه مقننة) لجمع البيانات.
- لضمان تحقيق الاعتمادية؛ شُرح تصميم البحث بشكل مفصل -ما أمكن-، مع توضيح إجراءات التطبيق والمحددات التي واجهها. كما فُصلت منهجية جمع البيانات وتحليلها، بالإضافة إلى تقديم وصف دقيق للمشاركات بالبحث، والسياق الذي أُجريت فيه التجربة، مع توضيح دور الباحثين في العملية.

- لضمان موثوقية تدوين البيانات؛ تم تفريغ البيانات كتابيًا فور الانتهاء من كل مقابلة، مع الحفاظ على اللغة التي استخدمها الطالبات للتعبير عن أفكارهن، حتى وإن كانت تميل إلى العامية. كما تم الحرص على توثيق الأفكار المخالفة للأنماط السائدة. وأُخذ في الاعتبار أن تحليل البيانات في البحث النوعي يعتمد على عملية استقرائية، حيث تُجمع بيانات محدودة وتُدمج تدريجيًا لتكوين أوصاف واستنتاجات أوسع وأكثر شمولية، بهدف الوصول إلى تفسير ذي معنى. بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام برنامج MAXQDA لتسهيل عملية ترميز البيانات وتنظيمها، مما ساهم في تقليل الوقت والجهد مقارنة بالتحليل اليدوي، مع الحفاظ على دقة النتائج.
- لضمان موثوقية تحليل البيانات؛ اتخذت عدة خطوات:
  - ترميز البيانات من خلال تجزئة النصوص وفق عملية استقرائية بهدف تقليصها إلى موضوعات محدودة (Creswell, 2012).
  - تقسيم البيانات إلى أجزاء صغيرة، مع منحها تسميات تعبر عن مضمونها، بحيث تكون هذه التسميات مستمدة من كلمات المشاركين أنفسهم لتعكس أصالة البيانات، أو بصياغة الباحثين، أو باستخدام مصطلحات تربوية مناسبة وفق رؤية الباحثين.
  - اعتمد البحث على الترميز المغلق باستخدام منهجية التحليل النمطي (Typological Analysis)، الذي يهدف إلى تصنيف البيانات ضمن فئات مستندة إلى معالم مستمدة من أهداف البحث أو الإطار النظري الذي يقوم عليه.
  - تنفيذ هذا التحليل وفق الخطوات التالية: 1) تحديد المعالم التي سيتم التحليل بناءً عليها، وكانت عادات العقل الهندسية التي حددها لوكاس وهانسون (Lucas & Hanson, 2014) وهي: التعرف على المشكلة، التصور، والإبداع في حل المشكلات، والقدرة على التكيف، والتفكير المنظومي. 2) قراءة البيانات وتحديد البيانات المرتبطة بكل معْلم على حدة. 3) قراءة البيانات لكل معْلَم، وتسجيل الأفكار الرئيسة للمعْلم في ملخصات. 4) البحث عن الأنماط والعلاقات والموضوعات داخل كل معلم. 5) قراءة البيانات الخام وترميزها وفقًا للأنماط المحددة سابقًا، وعمل قائمة بالفئات وما يتناسب معها من الأنماط. 6) تحدد ما إذا كانت الأنماط مدعومة بالبيانات، والبحث في البيانات عن أمثلة مناقضة للأنماط. 7) البحث عن علاقات بين الأنماط المحددة. 8) كتابة الأنماط في تعميم جملة واحدة. 9) اختيار اقتباسات من البيانات تعزز تعميم النتائج.
  - استبعدت الاستجابات التي لم تقع ضمن عادات العقل الهندسية.

النتائج:

للإجابة عن سؤال الدراسة الرئيس؛ جُمعت البيانات بواسطة أدوات الدراسة، ثم حللت البيانات وفق منهجية التحليل الموضحة مسبقا. ويوضح جدول (2) ملخصًا لنتائج البيانات النوعية للحوارات الصفية، وبطاقات المقابلات للطالبات.

جدول (2): عادات العقل الهندسية خلال مراحل عملية التصميم الهندسي

مراحل عملية التصميم الهندسي	عادات العقل الهندسية	تكرار الترميز
التهيئة للتحدي الهندسي	التعرف على المشكلة	43
استكشاف بدائل التصميم	التصور	31
	الإبداع في حل المشكلات	25
تطوير التصميم	القدرة على التكيف	31
	التفكير المنظومي	19
التواصل حول التصميم	الإبداع في حل المشكلات	4
	التكيف	8
	التفكير المنظومي	10

يبين جدول (2) أن ممارسة الطالبات للتصميم الهندسي ساعدهن في تنمية عادات العقل الهندسية، حيث بينت النتائج أن مرحلة التهيئة للتحدي الهندسي ساهمت في تنمية عادة التعرف على المشكلة. وساعدت مرحلة استكشاف بدائل التصميم في تنمية عادتي التصور والإبداع في حل المشكلات. ومكنت مرحلة تطوير حلول التصميم في تنمية عادة القدوة على التكيف، والتفكير المنظومي. وساهمت مرحلة التواصل حول التصميم في تنمية عادة الإبداع في حل المشكلات، والقدرة على التكيف، والتفكير المنظومي.

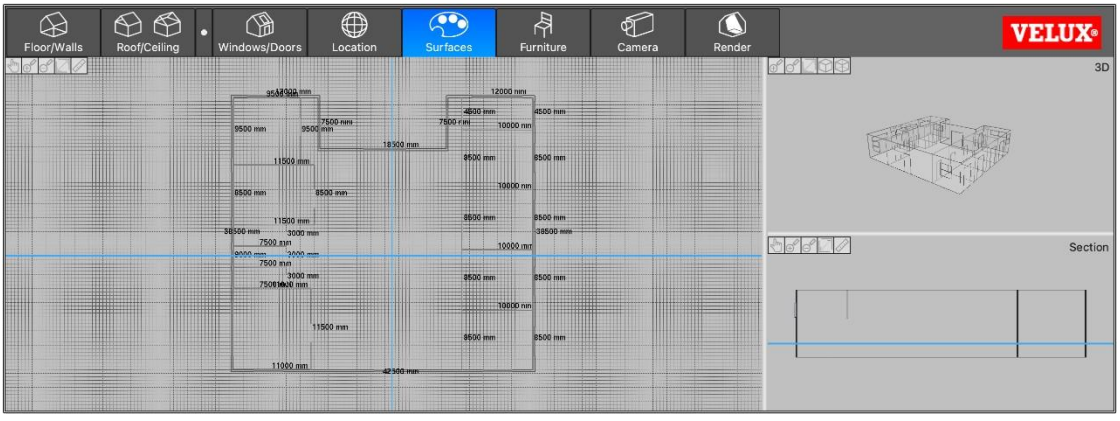
وفيما يلي استعراض لتلك النتائج بشكل مفصل بناء على تحليل نتائج كل عادة من عادات العقل الهندسية، مع إيراد بعض الاستشهادات ذات الصلة بها.

1. **عادة "التعرف على المشكلة":** توضح النتائج في جدول (2) تكرر هذه العادة (43) مرة في مرحلة التهيئة للتحدي الهندسي، من خلال إجابات الطالبات، وهذا يدل على أن الطالبات طبقن هذه العادة الهندسية بشكل متكرر وكبير. وتتضمن هذه العادة تحديد المشكلة بدقة ووضوح، وتحديد الاحتياجات والمعايير اللازمة لحلها، والبحث عن المعلومات المرتبطة بها، والحلول السابقة التي تم طرحها ولها علاقة بالمشكلة، ومن تتبع البيانات؛ اتضح أنه في بداية عرض المشكلة لم تتمكن الطالبات من تحديد المشكلة، ولكن بعد المناقشة على مستوى المجموعات تطور مستوى الطالبات في صياغة المشكلة.

شكل (1): ورقة عمل تحديد المشكلة لإحدى المجموعات

يظهر شكل (1) تمكن الطالبات من تحديد المشكلة، فذكرت إحدى المجموعات أن *"المركز لا يُصنف من المباني المستدامة لتوفير استهلاك الكهرباء، فواجهة المبنى غير مناسبة لموقعه الجغرافي، وتوزيع الغرف غير مناسب للأنشطة، وعدم الاستفادة من العناصر المعمارية أثر على الإضاءة داخل الغرف، ويجب مراعاة الجانب الجمالي والإبداعي، والتكلفة، والتسليم في الوقت المحدد"*. يظهر من الإجابة أن الطالبات تمكّنَّ من تحديد المشكلة بدقة من خلال تحديد معايير وقيود الحلول. أشارت الطالبات أثناء المقابلة عند سؤالهن عن مدى مناسبة التوجيهات التي تم تلقيها من المعلّمة أثناء تحديد المشكلة، عبّرت (70%) من الطالبات عن مناسبة التوجيهات. فذكرت طالبة أنه في بداية عرض التحدي كان الموضوع صعب، ولكن مع الشرح والتوضيح أصبح سهلًا: *"في البداية كان شوي صعب علينا بعدين فهمنا"*. وصرحت طالبة أخرى بأن *"طريقة الشرح خلت الموضوع واضح وتوصيل المعلومة واضحة"*. ووضحت بعض الطالبات أن التنوع في أوراق العمل أثناء تحديد المشكلة أسهم في فهم المشكلة فهمًا أفضل، حيث تم تصميم ورقة عمل فردية فيها أسئلة متدرجة تساعد الطالبة في تحديد المشكلة. فذكرت طالبة: *"الأوراق الفردية ارتحت معها أكثر من الجماعية لأنه أنا بنفسي أقدر اعبر عن الأشياء الي أشوفها أنا، وأقول رأيي وأحدد الأشياء اللي أبي [التي أرغب في] اتعلمها"*. وكذلك تم تصميم ورقة عمل جماعية يتم فيها تلخيص المشكلة بأسلوب الطالبات. فذكرت طالبة: *"التعليمات اللي [التي] اعطيتينا كانت واضحة ولما قرأنا المشكلة مع بعض أكثر من مرة وتناقشنا فيها. وبعدين رجعنا نتناقش كمجموعات فصارت واضحة المشكلة"*.

2. **عادة "التصور"**: تكررت هذه العادة (31) مرة في مرحلة استكشاف بدائل التصميم، وهذا يدل على ممارسة عالية للطالبات لهذه العادة الهندسية. وتتمثل في التصور في استخدام الرسوم، والنماذج، والعبارات التوضيحية، والخرائط الذهنية؛ للتعبير بشكل مفصل ودقيق عن مشكلة ما، وآلية حلها، والتصاميم المقترحة للحل (Lucas & Hanson, 2014). استخدمت الطالبات البرنامج الافتراضي velux daylight visualizer أنظر شكل (2)، وهو من برامج المحاكاة الرقمية ثلاثية الأبعاد يستخدمه المهندسون لتصميم واختبار نماذجهم لحلول الإضاءة الطبيعية. حاولت معظم المجموعات توضيح كيف ستعمل كل تقنية من تقنيات الإضاءة في النموذج، بالاعتماد على العلاقة بين التركيب والوظيفة، وكيف سيؤثر ذلك على الإضاءة النهارية في المركز التعليمي.



شكل (2): النموذج النهائي لتصميم المركز التعليمي لإحدى المجموعات

وكمثال على ذلك؛ نستعرض وصفًا لكيفية استطاعة إحدى المجموعة (ج) توظيف تقنيات الإضاءة النهارية في نموذجها، حيث ذكروا:

"وضعنا الفصول والمكتبة في الشرق، والنوافذ تطل على الممرات الداخلية وأرفف ضوئية لتوزع الضوء، دورات المياه بيكون فيها نوافذ علوية جانبية وأنابيب ضوئية، والساحة الداخلية مغطاة بالسكاي لايت مائلة بزاوية حتى لا تكون الأشعة مسلطة عليها بشكل مباشر. في الغرب غرفة المعلمين والإدارة، وفيها كواسر أفقية. وحرصنا أنه الكواسر مائلة بزاوية حتى تسمح بانعكاس الضوء إلى عمق أكثر داخل الغرف".

يتضح من خلال عرض هذه المجموعة أعلاه، أنها قدمت نظام إضاءة نهارية للمركز، حددت فيه نوع التقنية، وكيفية استخدامها، وتأثيرها على المركز التعليمي. ولم يتوقف استخدام الطالبات للنماذج الافتراضية فقط، بل استخدمن المعادلات الرياضية أيضًا. كان من ضمن معايير تصميم الإضاءة النهارية في الفصول الدراسية هو ألا تتجاوز مساحة النوافذ 20% من مساحة الفصل، وبذلك كان على كل مجموعة بعد أن تصمم الفصول الدراسية في نموذجها أن تحدد مساحة النوافذ فيها. ولقد شكّل هذا المعيار صعوبة عند بعض الطالبات في تحديد مساحة النوافذ بالنسبة لمساحة الفصل. وضّحت إحدى الطالبات أثناء المقابلة أنه من الصعوبات التي واجهتها أثناء التصميم هي *"في مرحلة اقتراح الحلول تعبت مثل تحديد حجم النوافذ بالنسبة للغرفة كانت صعبة"*.

وأثناء المناقشات الصفية أيضًا ظهر عدم تمكن بعض الطالبات من إيجاد المساحة المناسبة للنوافذ؛ وفيما يلي الحوار الصفي:

طالبة: موقع نوافذ الفصول علوية وسفلية في الجهة الشرقية وأرفف ضوئية لنشر الضوء في الفصل، ونوافذ، ومساحة الفصل 50 متر مربع، ومساحة النوافذ ٢٥ متر مربع.

المعلّمة: نصف الخمسين...كم؟

طالبة: 25

المعلّمة: المفروض النوافذ...كم مساحتها؟

طالبة: 20%

المعلّمة: إذن مساحة النوافذ تحتاج تعديل.

3. **عادة "الإبداع في حل المشكلات":** تكررت هذه العادة (25) مرة في مرحلة استكشاف بدائل التصميم، و(4) مرات في مرحلة التواصل حول التصميم، وهذا يدل على ممارسة جيدة لهذه العادة. يتمثل الإبداع في حل المشكلات في اتباع خطوات التصميم الهندسي لوضع خطة مفصلة لحل المشكلة، وطرح الحلول الإبداعية لحلها، والموازنة بين الاحتياجات والمعايير، لاختيار الحل الأمثل، وتوضيح مبررات قوية لاختيار الحل الأمثل (Lucas & Hanson, 2014). مارست الطالبات الجدل بشكل صريح على مدى جلستين؛ في الجلسة الأولى لتطوير النماذج الأولية، وفي الجلسة الثانية لتقييم التصاميم واختيار الأنسب منها.

فيما يلي وصف لكيفية تطوير النموذج من الصورة الأولية إلى الصورة النهائية لإحدى المجموعات (مجموعة، أ)، عبر جلسات الجدل العلمي:

- جلسة الجدل الأولى التي تم فيها عرض وتقييم النموذج الأولي: طالبة من مجموعة (أ) تعرض النموذج الأولي وحجج التصميم، وفق الآتي:

"بأعرض عليكم المخطط أفضل علشان [لأجل] يكون كلامي واضح لكم، وضعنا المكتبة في الشمال، واستخدمنا كواسر لجميع واجهات المبنى لتعزل الحرارة وضوء الشمس، وفي بعض الأماكن بتكون الكواسر متحركة أفقية أو عمودية حسب حركة الشمس بالنسبة للمبنى. وهذا صورة لشكل الكواسر اللي [التي] ستغطي المبنى".

شكل (3): أشكال الكواسر في النموذج المبدئي للمجموعة (أ)

يوضح شكل (3)، شكل الكواسر التي اقترحته المجموعة. وفي يلي حوار بين المجموعات حيال التصميم الذي اقرحته المجموعة (أ):

طالبة من مجموعة (ب) تُقيم حجة التصميم: "أنتم بالغتوا في استخدام الكواسر بتغطية المبنى كامل بالكواسر، وهذه تكلفة عالية.

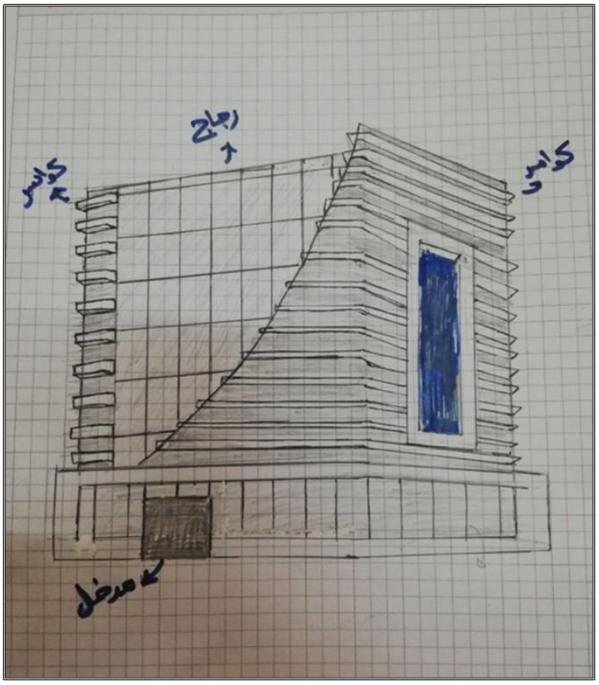
طالبة من مجموعة (أ): الكاسرات تقوم بوظيفتين شكل جمالي وتحجب الأشعة المباشرة.

طالبة من مجموعة (ب): اللي [الذي] يعمل كاسرات في جميع جهات المبنى تكون شركات عالمية وبالتالي ما يؤثر عليها التكلفة مثل الوزارة التي تعمل أكثر من مركز تعليمي.

طالبة من مجموعة (ج): فيه مشكلة ثانية أنتم وضعتم المكتبة في الجهة الشمالية وهذه الجهة كلها ظل وأضفتم عليها كواسر يعني المكتبة ظلام بزيادة.

طالبة من مجموعة (أ): تمام بنغير ونشيل [نزيل] الكواسر من الجهة الشمالية.

- جلسة الجدل الثانية التي تم فيها عرض وتقييم النموذج النهائي: وفيما يلي نستعرض مقطع لحوار صفي التي تم فيها عرض وتقييم النموذج النهائي للمجموعة (أ) الصورة (4).



شكل (4): شكل الكواسر في النموذج النهائي للمجموعة (أ)

تعرض طالبة من المجموعة (أ) النموذج النهائي، وفق الحوار الآتي:

طالبة من المجموعة (أ): "استفدنا من التغذية الراجعة من زميلاتنا وغيرنا موقع المكتبة نقلناها من الشمال إلى الجنوب وعالجنا توهج الضوء بالأرفف. واستخدمنا الكواسر في جهتين فقط الجنوبية والغربية، أما الجهة الشمالية والشرقية استخدمنا فيه زجاج. وبأعرض عليكم صورة المبنى".

المعلّمة: مكان المكتبة صار أفضل. لكن أنتم الآن وضعتم الواجهة الشمالية والشرقية بالكامل زجاج بدل الكواسر. وهذا يُشكل تكلفة أيضًا. وهذا مركز تعليمي مثل ما ذكروا زميلاتكم سابقًا، هل بالإمكان تخفيف التكلفة بتقليل كمية الزجاج المستخدمة؟

طالبة أخرى من المجموعة (أ): ممكن نقلل من مساحة الزجاج على الواجهة ونستخدم نوافذ علوية وسفلية جانبية.

يتضح من الحوار السابق كيف أن استخدام الجدل العلمي ساعد الطالبات في معالجة نماذجهن حتى تحقق معايير وقيود التصميم المطلوب. وعند رصد درجات التقييم في مصفوفة اتخاذ القرار للمفاضلة بين التصاميم؛ ظهر أن المجموعات متقاربة في درجات التقييم، وتم الاتفاق مع الطالبات على أخذ الفكرة المميزة من كل تصميم ودمجها في تصميم واحد. وما سبق؛ يؤكد قدرة جميع المجموعات على تنمية هذه العادة.

4. **عادة "القدرة على التكيف":** تكررت هذه العادة (31) مرة في مرحلة تطوير التصميم، و(8) مرات في مرحلة التواصل حول التصميم، ويؤكد هذا التكرار قدرة عالية لدى الطالبات في ممارسة هذه العادة الهندسية. وتتمثل في القدرة على اتباع خطوات التصميم الهندسي لحل أي مشكلة، وتعديل التصميم، واختباره وتحسينه، وفقًا لتغيير لمعطيات المشكلة (Lucas & Hanson, 2014). وعند عرض التحدي الهندسي على الطالبات تم تحديد معايير وقيود الحلول للإضاءة النهارية في المركز التعليمي. ووضحت النتائج أن الطالبات أصبح لديهن تصور بأن المهندسين يصلون لرضا المستفيدين عن المنتج، بتحقيق معايير وقيود الحلول في تصاميمهم. أظهر الحوار التالي كيف تدرجت المعلّمة مع المجموعة لتوضيح طبيعة تفكير المهندسين عند حل المشكلات، التي تأخذ بعين الاعتبار المعايير والقيود في الحلول المقترحة.

الطالبة: "يا أستاذة كل البنات وضعوا الفصول في الشرق أنا أشوف الصح أني اضعه في الجنوب وأضع كواسر.

المعلّمة: أنتِ كلامك صحيح أنه فيه حل للجنوب باستخدام الكواسر، لكن أنتِ عندك ثلاث فصول. لاحظي أن الكواسر ستضيف تكلفة مادية. يعني لما أضع مكتبة فقط وأعالج سقوط أشعة مباشرة عليها أقل تكلفة من أني أعالج نفس المشكلة لثلاث فصول. المشكلة الثانية التي ستظهر عندك أن الكواسر تعمل ظلال على المبنى وأنا أحتاج الضوء لإنارة الفصول.

الطالبة: بس يا أستاذة لازم نشتغل على الجهة الجنوبية لأن مساحته كبيرة ونستغلها، من المستحيل أني أضحي بهذا الجهة علشان [لأجل] الميزانية بس.

المعلمة: صحيح ممكن أضع في هذه الجهة مرافق ما تستخدم فترة طويلة مثل المقصف أو المكتبة، استخدام هذه المرافق في المدرسة أقل بكثير من الفصول الدراسية.

الطالبة: يا أستاذة أنا غير مقتنعة أني أتنازل عن جهة الجنوب ولا أحط فيها الفصول.

المعلمة: خلينا [دعينا] نفكر بالمنطق كل ما قللت استخدام عناصر معمارية قلت التكلفة.

الطالبة: صح.

المعلمة: يصير هذه قاعدة اعتمدها عند اقتراح الحلول للمبنى، لنفرض مثلاً لو قلت يا أستاذة أنا ما راح استخدم كواسر في الجهة الجنوبية حتى أقلل التكلفة وباستخدام أشجار طبيعية تقوم مقام الكواسر. هذا الاقتراح صحيح لكن عليك مراعاة نوعية الأشجار وحجمها وكيفية المحافظة عليها. الذي أحب أوصله لكم أن الهندسة هي مجال للإبداع.

الطالبة: يا أستاذة أنا كنت أفكر كيف نحصل على إضاءة كبيرة داخل الفصل بس ما كنت أفكر في الحرارة.

المعلّمة: فعلاً. هذا كان واضح في الحل الذي قدمتوه، لاحظوا كيف المهندسين عند اقتراح الحلول؛ يكون عندهم حلول كثيرة لكن الاختيار بينها يتوقف على حسب قيود الحل مثل الميزانية.

من الحوارات السابقة يتضح أن الطالبات أصبح لديهن تصور بأن المهندسين يصلون لرضا المستفيدين عن المنتج، بتحقيق معايير وقيود الحلول في تصاميمهم. ولا يتوقف عمل المهندسين على ابتكار أو تطوير التقنيات فقط؛ وإنما على دراسة الآثار المترتبة من استخدامها على المجتمع، لأن الغاية من عمل المهندسين هو حل المشكلات التقنيّة التي تواجه العالم.

ظهر في مناقشات الطالبات عن عرض المجموعات لنماذجها أنهن قدمن حلولًا مبنية على مبررات علمية بالإضافة لمراعاة أثر هذه الحلول على المستفيدين من المركز التعليمي. فعلى سبيل المثال؛ ذكرت طالبة: *"المدخل في الجهة الجنوبية وضعنا كواسر لتكوين ظل يحمي أولياء الأمور من الشمس لما يجي الظهر يأخذون بناتهم من المدرسة"*. ووضحت طالبة أخرى: *"سيتم فصل الهو بسور حتى نوفر خصوصية للطلاب لأنه مكان فيه حريه لهم"*. وذكرت طالبة ثالثة: *"أنتم وضعتوا المكتبة جنب الملعب وهي المفروض في مكان هادئ، كان من الممكن تكون جنب المدخل او غرفة المعلمين"*. وبررت طالبة أخرى سبب اختيارها للكواسر في المبنى: *"سنضع كواسر للملعب وابغى الطلاب يستفيدون من فيتامين دال"*. يتضح من العرض السابق أن الطالبات تجاوزن التفكير في تحقيق معايير التصميم إلى الأخذ بالاعتبار توفير الهدوء والخصوصية والراحة في المركز التعليمي.

5. **التفكير المنظومي:** تكررت هذه العادة (19) مرة في مرحلة تطوير التصميم، و(10) مرة في مرحلة التواصل حول التصميم، وهذا يؤكد اهتمام الطالبات بممارسة هذه العادة الهندسية. وهذا يتفق مع ما أشار المجلس الأمريكي لتعليم التقنية والهندسة NCETE ومؤسسة العلوم الأمريكية NSF إلى أن مفهوم النظم أحد المفاهيم الهندسية الملائمة لمستوى تعليم العلوم بالمرحلة الثانوية، فالأنظمة هي مجموعة من المكونات المتداخلة والمصممة بشكل مجمع لتحقيق هدف مرجو، وإن تدريس هذا المفهوم بطريقة مجردة يُسيء لتمثيل طبيعة الهندسة؛ ومن ثم يجب أن يكون مفهوم الأنظمة جزءًا لا يتجزأ من تحديات التصميم الهندسي (Daugherty, 2012). لذا، عمد الباحثان إلى إعداد تحدٍ هندسي معقد وهو تصميم الإضاءة النهارية في مركز تعليمي، وإيجاد الحلول لهذا لنظام؛ يتطلب تحليله إلى مشكلات أبسط يعتمد حلها على مفاهيم وقوانين ذات علاقة بطبيعة الضوء. حيث طورت أنشطة عن تقنيات الإضاءة النهارية، بحيث إن التكامل بين هذه التقنيات الأربعة يمثل نظام الإضاءة النهارية في المركز التعليمي. توصلت الطالبات لأكثر من طريقة للتحكم في شدة الاستضاءة داخل المبنى، فعبّرت الطالبات أثناء المقابلات أن الأنشطة ساعدتهن في إيجاد الحلول للمشكلة الهندسية في المركز التعليمي.

وفيما يلي نص لحوار صفي يهدف لتوضيح مفهوم التفكير المنظومي للطالبات:

المعلّمة: بعد أن تعرفنا على مكونات الأنابيب الضوئية وآلية عملها. اليوم سنتعرف على طريقة أساسية في تفكير المهندسين تستخدم عند تصميم أي تقنية. أن كل جزء بالجهاز له وظيفة، ارجعوا للسؤال في ورقة العمل" حددي أجزاء الأنبوب الضوئي؟ وما وظيفة كل جزء؟

طريقة التفكير تعرف بالتفكير المنظومي كل جزء في التصميم له هدف ودور.

مثلًا الطاولة أمامك كم جزء؟

طالبة: سطح، وأربعة أرجل.

المعلّمة: ما دور السطح؟ ما دور الأرجل؟

طالبة: الأرجل لتثبيت الطاولة، والسطح نكتب عليه.

المعلّمة: النظام عبارة عن مجموعة أجزاء كل جزء له دور. وفي التحدي الهندسي كان المطلوب منكم إعادة تصميم الإضاءة النهارية في المركز التعليمي، وهذا يعني أن الحلول التي تقدمونها تعتمد على تقنيات الإضاءة النهارية مثل النوافذ والكواسر والأرفف، وكل تقنية من هذه التقنيات بيكون لها دور في تصميم في نظام الإضاءة النهارية للمبنى. وإذا فكرتوا بهذه الطريقة تساعدكم لتبرير خياراتكم وحلولكم.

ومن المواقف الصفية التي تظهر كيف تطور التفكير المنظومي لدى الطالبات؛ ما ذكرته إحدى الطالبات بقولها:

"أول ما شفت التحدي قلت ما راح أقدر أقدم حلول، لكن الأنشطة بسطت الموضوع. أكثر شيء فهمته كيف أوزع الإضاءة مثلاً قانون شدة الاستضاءة صار أوضح، وزوايا سقوط أشعة الشمس على المبنى صرت فاهمتها". وعبّرت طالبة "أوراق العمل ساعدتنا نتشارك فيها وكل وحدة تقول الي فهمته من الحصة".

ومن الخبرات التي أظهرت ممارسة الطالبات للتفكير المنظومي كان من أساليب التقويم في نموذج التدريس أن تقدم كل طالبة تقريرًا فرديًا يتكون من عدة محاور أحدها؛ تحديد التقنيات المستخدمة في تصميمها وتفسير آلية عملها. تمكنت الطالبات من تفسير كيف تعمل تقنيات الإضاءة النهارية معًا في تصاميمهن الهندسية. يتضح مما سبق أن الطالبات أصبح لديهن تصور عن التفكير المنظومي، وكيف يمكن تطبيقه عند إيجاد حلول التصميم.

مناقشة النتائج:

يُمكن دمج التصميم الهندسي في تعلم الطلاب للعلوم من المشاركة بفعالية في مناقشة القضايا العلمية، وتطوير قدراتهم ليصبحوا مواطنين منتجين يمتلكون المهارات التي تؤهلهم للمنافسة في سوق العمل العالمي. وهذا يتطلب توفير تجارب تعليمية تمنح جميع الطلاب الفرص لتنمية الممارسات الهندسية باستخدام التصميم الهندسي، وهذا يؤدي إلى امتلاك الطلاب عادات عقلية متخصصة، تُعرف بعادات العقل الهندسية.

مكّن استخدام التصميم الهندسي عند تعلم الفيزياء الطالبات من ممارسة العادات العقلية التي يُفضلها المهندسون عند مواجهة التحديات الهندسية، حيث عزز العادات الآتية: التعرف على المشكلة، والتصور، والإبداع في حل المشكلات، والقدرة على التكيف، والتفكير المنظومي. يمكن تفسير تطور عادة التعرف على المشكلة من خلال ارتباطها بمرحلة التهيئة للتحدي الهندسي والتي تتضمن خطوة التعريف بالتحدي والتي يقوم فيها الطالبات بصياغة المشكلة وتحديد معايير وقيود الحلول. ويعود تطور عادتي التصور والإبداع في حل المشكلات لدى الطالبات لارتباطها بمرحلة استكشاف التصميم والتي تقوم فيها الطالبات ببناء مصفوفة اتخاذ القرار لاختيار أفضل تصميم، ثم تخيل الحلول الممكنة للمشكلة، وتقديم الحجج المبدئية في جلسة الجدل الأولى حول بدائل التصميم. كما مكنت مرحلة التواصل حول التصميم من تعزيز عادة الإبداع في حل المشكلات حيث يقوم الطالبات بعقد جلسة الجدل الثانية حول بدائل التصميم لعرض النموذج النهائي مع تقديم مبررات التطوير. ساعدت مرحلتي تطوير التصميم والتواصل حول التصميم في تنمية عادتي القدرة على التكيف والتفكير المنظومي.

ويمكن أن يعزى ذلك لفاعلية النموذج المطبق بهذه الدراسة، وهو نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي، المقترح في دراسة الدوسري والشايع (2023). كما يمكن تفسير ذلك من خلال قيام الطالبات ببناء وتقويم نماذج التصميم، ثم المشاركة في جلسة الجدل الثانية لتقييم النماذج ثم اتخاذ القرار لاختيار أفضل تصميم.

تتفق نتائج هذه الدراسة جزئيًا مع نتائج دراسة الهنائية والبلوشي (2020) التي توصلت إلى تأثير التصميم الهندسي على بعض تنمية عادات العقل الهندسية كالتعرف على المشكلة، والتفكير المنظومي، ولم يظهر الأثر على عادة التصور، والابداع في حل المشكلات، والقدرة على التكيف. كما تتفق نتائج هذه الدراسة مع كلًا من؛ دراسة ياكوب وآخرون (Yakob et al., 2021)، ودراسة الداود (2017) التي كشفت عن فاعلية تعلم العلوم القائم على تعليم STEM في تنمية عادات العقل، ودراسة المقبل (2020) التي توصلت إلى فاعلية مدخل العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات في تنمية عادات العقل المنتجة وتحديدًا عادة؛ التساؤل وطرح المشكلات، والابداع والتصور والتجديد، والتفكير بمرونة. كما تتفق مع دراسة النجار (2017) التي توصلت إلى فاعلية الحقائب التدريبية القائمة على منحى ستيم بالمراكز العلمية في تنمية عادة التساؤل وطرح المشكلات، وكذلك دراسة بيريرا وزملاؤه التي توصلوا فيها إلى أن الطلاب تمكنوا من تعلّم عادة العقل الهندسية التفكير المنظومي من خلال برنامج حاسوبي لتصميم نماذج المباني (Perera et al., 2021)، ودراسة بروان التي توصلت إلى أن الممارسات الهندسية في وثيقة الجيل القادم من معايير العلوم تنمي عادات العقل الهندسية لدى الطلاب (Brown, 2022).

توصيات الدراسة ومقترحاتها:

يمكن إيجاز التوصيات التطبيقية لهذه الدراسة فيما يلي:

- الاهتمام بالتصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي بدمجه في مناهج الفيزياء لما له دور في تنمية عادات العقل الهندسية.
- استخدام نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي، لما له من أثر في تنمية عادات العقل الهندسية لدى الطالبات.
- ضرورة تهيئة مواقف تعليمية للطالبات يمارسن فيها التصميم الهندسي عند تعلمهن الفيزياء من خلال تصميم تحديات هندسية ذات مشكلات جيدة التنظيم، ومعقدة التركيب.
- تعريض الطالبات لأنشطة صفية يمارسن فيها الجدل العلمي لحل تحديات التصميم الهندسي، يمكّن الطالبات من ممارسة عادة التعرف على المشكلة، وعادة القدرة على التكييف في حلها، وعادة التفكير المنظومي.
- استخدام البرامج الافتراضية لإيجاد الحلول الهندسية يساعد الطالبات على ممارسة عادة التصور.

ويمكن إيجاز المقترحات البحثية المستقبلية فيما يلي:

- تطبيق هذا البحث على بيئات تعلم أخرى تستهدف طالبات وطلاب المرحلة الثانوية.
- تطبيق النموذج المستخدم في هذا البحث في موضوعات أخرى، وفق تصميم تحديات هندسية مختلفة، لدراسة دورها في تنمية عادات العقل الهندسية.
- تقديم استراتيجيات تدريس تقوم على التدريس المباشر لعادات العقل الهندسية ومقارنة نتائجها بطريقة تدريس تقوم على التدريس الضمني لعادات العقل الهندسية، مثل استخدام التصميم الهندسي.

المراجع:

أولًا: المراجع العربية

الداود، حصة بنت محمد. (2017). *برنامج تدريسي مقترح قائم على مدخل "STEM في التعليم" في مقرر العلوم وفاعليته في تنمية عادات العقل ومهارات اتخاذ القرار لدى طالبات الصف الثالث المتوسط* [رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية]. قاعدة معلومات دار المنظومة.

الدوسري، مشاعل عبد الله والشايع، فهد سليمان. (2023). نموذج مقترح لتدريس الفيزياء قائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي. *مجلة دراسات في المناهج وطرق التدريس، الجمعية المصرية للمناهج وطرق التدريس،261، 68 -116.*

الشرمان، سميرة وملكاوي، آمال والعمري، إبراهيم.(2024). درجة تضمين عادات العقل فيكتب الفيزياء للمرحلة الثانوية في قطر والأردن وفلسطين. *مجلة العلوم التربوية، جامعة قطر، 24* (2)، ص151- 174.

عبد العال، سمية لبيب السيد. (2019). فاعلية أنشطة إثرائية قائمة على مدخل الدراما التربوية في تنمية عادات العقل في مادة الكيمياء لطلاب الصف الأول الثانوي .*دراسات تربوية واجتماعية، 25*(9) 103- 131.

عيد، سماح محمد أحمد محمد. (2021). برنامج مقترح في علوم الأرض والفضاء قائم على معايير العلوم للجيل القادم "NGSS" لتنمية التفكير التصميمي وبعض عادات العقل الهندسية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية .*المجلة التربوية، 88*، 1575- 1692.

الغامدي، نوف علي عبدالله محمد. (2023). *عادات العقل الهندسية لدى الطلبة الموهوبين والعاديين في المرحلة المتوسطة*. (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة الباحة، الباحة.

مصطفى، أمل محمد محمد أمين. (2020). فعالية استخدام بعض عادات العقل في تدريس الهندسة على اكتساب المفاهيم والعلاقات وخفض القلق الهندسي لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي. *مجلة كلية التربية، 36*(1) 111- 126.

المقبل، نوره بنت صالح. (2020). أثر مدخل العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات في تدريس العلوم على تنمية عادات العقل المنتجة لدى طالبات الصف الثالث المتوسط. *مجلة أم القرى للعلوم التربوية والنفسية*، 12(1)، 115-150.

المنير، راندا عبد العليم أحمد. (2018). استراتيجية مقترحة قائمة على عملية التصميم الهندسي EDP لتنمية بعض عادات العقل الهندسية EHoM لدى أطفال الروضة. *دراسات عربية في التربية وعلم النفس*، (104)، 41-104.

النجار، فاتن فؤاد. (2017). *فاعلية الحقائب التدريبية القائمة على منحى STEM بالمراكز العلمية في تنمية عادات العقل والتحصيل الدراسي لتلاميذ الصف السادس الابتدائي بمحافظة جدة* [ورقة علمية]. المؤتمر التربوي الدولي الأول للدراسات التربوية والنفسية: نحو رؤية عصرية لواقع التحديات التربوية والنفسية، جامعة المدينة العالمية- كلية التربية، سيلانجور، ماليزيا.

الهنائية، مروة بنت محمد، البلوشي، سليمان بن محمد، وأمبوسعيدي، عبد الله بن خميس (2020). فاعلية التصميم الهندسي في تنمية عادات العقل الهندسية لدى طالبات الصف الثامن من التعليم الأساسي في سلطنة عمان. *مجلة الدراسات التربوية والنفسية- جامعة السلطان قابوس، 14* (2)، 362-380.

هيئة تقويم التعليم والتدريب. (2018). *الإطار التخصصي لمجال تعلم العلوم الطبيعية*. المملكة العربية السعودية.

ثانيًا: المراجع الأجنبية

Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The Heating/Cooling unit. *Journal of Science Education and Technology, 17*(5), 454- 465. [CrossRef]

Atman, C. J. (2019). Design timelines: Concrete and sticky representations of design process expertise. *Design Studies, 65*, 125–151. [CrossRef]

Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S., & Saleem, J. (2007). Engineering design processes: A comparison of students and expert practitioners. *Journal of Engineering Education, 96*(4), 359–379. [CrossRef]

Barry, K. L. (2018). *Acting like an engineer in high school* [Doctoral dissertation, California University].

Baze, C. L., Hutner, T. L., Crawford, R. H., Sampson, V., Chu, L., Rivale, S., & Hannah, S. B. (2018, June 24-27*). An instructional framework for the integration of engineering into middle school science classrooms* [presented paper].2018 ASEE Annual Conference & Exposition, American Society for Engineering Education, Salt Lake City, USA.

Brenda, R. (2020). Integrating science and engineering practices: outcomes from a collaborative professional development. *International Journal of STEM Education, 7*, 1- 13. [CrossRef]

Brown, M. D. (2020). *A phenomenological study of the implementation of engineering standards in the secondary science classroom*. Doctoral dissertation, San Diego State University.

Chien, Y., Liu, C., Chan, S., & Chang, Y. (2023). Engineering design learning for high school and college first-year students in a STEM battlebot design project. *International Journal of STEM Education, 10*(1), 1-10. [CrossRef]

Creswell, J. W. (2018). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). Sage Publications.

Eisenkraft, A. (Ed.). (2011). *Engineering design challenges in a science curriculum.* National Center for Engineering and Technology Education.

Erol, A., & Erol, M. (2024). Devising an early childhood engineering habits of mind scale. *Journal of Turkish Science Education, 21*(2), 196-211. [CrossRef]

Grubbs, Michael & Strimel, Greg (2015). Engineering Design: The Great Integrator. *Journal of STEM Teacher Education*, 50 (1), 77- 90. [CrossRef]

Hatch, J. Amos. (2002). *Doing Qualitative Research in Education Settings*. State University of New York Press.

Householder, Daniel L., Hailey, Christine E. (Eds.) (2012*). Incorporating engineering design challenges into STEM courses*. National Center for Engineering and Technology Education.

Hynes, Morgan, Portsmore, Merredith, Dare, Emily, Milto, E., Rogers, Chris, Hammer, David & Carberry, Adam. (2011). *Infusing Engineering Design into High School STEM Courses*. & National Center for Engineering and Technology Education (NCETE) Publications.

Johnson, K., Murphy, S., O'Hara, C., & Shirey, K. (2015). Four phases of the engineering design process in math and science classrooms. *Kaleidoscope: Educator Voices and Perspectives*, *1*(2), 19-24.

Kaldaras Leonora, Hope Akaeze, Joseph K. (2020). *Developing and Validating NGSS-Aligned 3D Learning Progression for Eletrical Interactions in the context of 9TH grade Physical Science Curriculum.* Dissertation Doctor of Philosophy, Michigan State University.

Kersten, J. A. (2013). *Integration of engineering education by high school teachers to meet standards in the physics classroom* [Doctoral dissertation, Minnesota University]. ProQuest Dissertations Publishing.

Lippard, C. N., Riley, K. L., & Lamm, M. H. (2018). *Encouraging the development of engineering habits of mind in prekindergarten learners*. In L. English & T. Moore (Eds.), Early engineering learning (pp. 19-36). Singapore: Springer.

Lodico, Marguerite G., Spaulding, Dean T. & Voegtle, Katherine H. (2010). *Methods in educational research: from theory to practice* (2nd ed). Jossey-Bass

Lucas, B., & Hanson, J. (2014, sep 15- 19). *Thinking like an engineer: Using engineering habits of mind to redesign engineering education for global competitiveness* [presented paper]. 42nd Annual Conference, SEFI Annual Conference 2014, Birmingham, UK.

Meeteren, B. D. (2018). The importance of developing engineering habits of mind in early engineering education. In: English, L., Moore, T. (eds) *Early engineering learning. early mathematics learning and development.* Springer, Singapore.

National Research Council [NRC]. (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. 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.

Next Generation Science Standards [NGSS]. (2013*). Next generation science standards: For states, by states*. National Academies Press.

Perera, V., Strimel, G. J., & Magana, A. J. (2021). Using aladdin as a tool to empower engineering learning. *Technology and Engineering Teacher, 81*(2), 36-41.

Purzer, S., Moore, T., Baker, D., & Berland, L. (2014). *Supporting the implementation of the Next Generation Science Standards (NGSS) through research: Engineering*. NARST.https://www.narst.org/blog/ngss-engineering.

Santana, V., Galyan, K., Krebs, S., & Strimel, G. J. (2022). The hydrate mate: Teaching engineering practices and habits through health tech. *The Elementary STEM Journal, 26*(3), 6-13.

Yakob, M., Hamdani, H., Sari, R. P., Haji, A. G., & Nahadi, N. (2021). Implementation of performance assessment in STEM-based science learning to improve students' habits of mind. *international Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE), 10*(2), 624-631. [CrossRef]

ثالثًا: ترجمة المراجع العربية

Abd Al-Aal, S. L. S. (2019). The effectiveness of enrichment activities based on educational drama in developing habits of mind in chemistry among first-year secondary students. *Educational and Social Studies*, **25**(9), 103–131. [In Arabic]

Aldaoud, H. M. (2017). *A proposed instructional program based on the STEM approach in science and its effectiveness in developing habits of mind and decision-making skills among third-grade intermediate female students* (Unpublished doctoral dissertation). Imam Muhammad ibn Saud Islamic University. Dar Almandumah Database. [In Arabic]

Aldosari, M. A., & Alshaya, F. S. (2023). A proposed model for teaching physics based on engineering design guided by scientific argumentation. *Journal of Studies in Curricula and Teaching Methods*, 261, 68–116. [In Arabic]

Al-Ghamdi, N. A. A. M. (2023). *Engineering habits of mind among gifted and regular middle school students* (Unpublished master's thesis). University of Al-Baha. [In Arabic]

Al-Hanaei, M. M., Al-Balushi, S. M., & Ambusaidi, A. K. (2020). The effectiveness of engineering design in developing engineering habits of mind among eighth-grade female students in basic education in Oman. *Journal of Educational and Psychological Studies*, Sultan Qaboos University, 14(2), 362–380. [In Arabic]

Al-Munir, R. A. A. (2018). A proposed strategy based on the Engineering Design Process (EDP) to develop some engineering habits of mind (EHoM) among kindergarten children. *Arab Studies in Education and Psychology*, 104, 41–104. [In Arabic]

Al-Muqbil, N. S. (2020). The effect of the STEM approach in teaching science on developing productive habits of mind among third-grade intermediate female students. *Umm Al-Qura University Journal for Educational and Psychological Sciences*, 12(1), 115–150. [In Arabic]

Al-Najjar, F. F. (2017). *The effectiveness of training kits based on the STEM approach in scientific centers in developing habits of mind and academic achievement among sixth-grade elementary students in Jeddah* [Conference paper]. International Educational Conference for Educational and Psychological Studies: A Contemporary Vision of Educational and Psychological Challenges, Al-Madinah International University, Faculty of Education, Selangor, Malaysia. [In Arabic]

Al-Sharman, S., Malkawi, A., & Al-Omari, I. (2024). The degree of inclusion of habits of mind in high school physics textbooks in Qatar, Jordan, and Palestine. *Journal of Educational Sciences*, 24(2), 151–174. Qatar University. [In Arabic]

Education and Training Evaluation Commission. (2018). *Specialized framework for natural sciences learning*. Kingdom of Saudi Arabia. [In Arabic]

Eid, S. M. A. M. (2021). *A proposed program in Earth and Space Sciences based on NGSS to develop design thinking and some engineering habits of mind among middle school students*. *The Educational Journal*, 88, 1575–1692. [In Arabic]

Mostafa, A. M. M. A. (2020). The effectiveness of using some habits of mind in teaching geometry on acquiring concepts and relationships and reducing math anxiety among first-year preparatory students. *Journal of the Faculty of Education*, 36(1), 111–126. [In Arabic]