

أثر نموذج تدريسي قائم على التصميم الهندسي الموجّه بالجدل العلمي على التحصيل الدراسي لطالبات المرحلة الثانوية في وحدة الضوء

The Effect of a Physics Teaching Model based on Argument-Driven Engineering Design on the Academic Achievement of Secondary School Female Students in Light Unit

Mashaeil Abdallah Aldosari⁽¹⁾

& Fahad Suliman Alshaya⁽²⁾

مشاعل بنت عبدالله الدوسري⁽¹⁾

وفهد بن سليمان الشايح⁽²⁾

قبل للنشر في 2023/11/12م

قدم للنشر في 2023/8/25م

المستخلص:

استهدف البحث الكشف عن أثر استخدام نموذج لتدريس الفيزياء، قائم على التصميم الهندسي، الموجه بالجدل العلمي على مستويات التحصيل الدراسي لدى طالبات المرحلة الثانوية في وحدة الضوء. ولتحقيق هذا الهدف؛ أُتبِع المنهج الكمي باستخدام التصميم التجريبي الحقيقي للمجموعة الضابطة البعدي. وتكونت عينة البحث من (68) طالبة، وزعن عشوائياً على مجموعتين: التجريبية (32) طالبة، والضابطة (36) طالبة، في إحدى المدارس الثانوية في مدينة الرياض. وكانت أداة البحث عبارة عن اختبار تحصيلي، يقيس عمق المعرفة، في مستويات (التذكر والتكرار، والمفاهيم والمهارات، والتفكير الإستراتيجي). وأظهرت النتائج وجود فروق ظاهرية في متوسطات درجات الطالبات لصالح طالبات المجموعة التجريبية، إلا أن تلك لم تكن ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات الطالبات بالمجموعتين التجريبية والضابطة في الدرجة الكلية للاختبار، وفي مستوى التذكر والتكرار، ومستوى المهارات والفهم، في حين وجدت فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) في مستوى التفكير الإستراتيجي (الفهم) لصالح طالبات المجموعة التجريبية، وبحجم أثر كبير.

الكلمات المفتاحية: تدريس الفيزياء، تعلم الفيزياء، تعليم STEM، عمق المعرفة، التصميم التجريبي الحقيقي.

(1) Ph.D in Science Education - King Saud University
Educational Supervisor – Riyadh District- Ministry of Education - Kingdom of Saudi Arabia

(1) دكتوراه في مناهج وتعليم العلوم - جامعة الملك سعود - مشرفة
تربوية، تعليم الرياض، وزارة التعليم، المملكة العربية السعودية.

aldosari430@gmail.com

(2) Professor of Science Education - Department of Curriculum and Instruction - College of Education - King Saud University - Riyadh - Kingdom of Saudi Arabia

(2) أستاذ المناهج وتعليم العلوم، قسم المناهج وطرق التدريس - كلية التربية - جامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية.

falshaya@ksu.edu.sa

* بحث مستل من رسالة دكتوراه غير منشورة أجريت في جامعة الملك سعود.

Abstract

The aim of the study is to reveal the effect of physics teaching model based on Argument-Driven Engineering on the academic achievement levels of secondary school female students in Light Unit. The quantitative method was followed by using the true experimental design “the post-control group”. The study sample consisted of (68) female students which randomly assigned in two groups: the experimental group (32) students, and the control group (36) students in an secondary school in Riyadh city. The study tool was an achievement test which designed to measure the depth of knowledge in the levels of (recall and reproduction, concepts-skills, strategic thinking). The results showed that there were apparent differences in the average scores of the students in favor of the experimental group students, but these differences were not statistically significant in the total score of the test, and the levels of recall and reproduction, and concepts-skills. While there were statistically significant differences ($\alpha \leq 0.05$) in the level of strategic thinking in favor of the experimental group students, with a large effect size.

Key Words: Physics Teaching, Physics Learning, STEM Education, Depth of Knowledge, True Experimental Design.

المقدمة:

الولايات المتحدة الأمريكية - Next Generation Science Standards – NGSS مؤكدة على دمج التصميم الهندسي في بنية تعليم العلوم ورفعته إلى مستوى الاستقصاء العلمي، حيث إن تزويد الطلاب بأسس التصميم الهندسي، سيساعدهم على المشاركة بشكل أفضل في حل التحديات التي يواجهها العالم (NGSS، 2013). وعلى المستوى المحلي، شهد نظام التعليم الثانوي في المملكة في عام ٢٠٢١م تحولاً إلى نظام المسارات، المشتغل على خمس مسارات رئيسة، منها مسار علوم الحاسب والهندسة، واستحدثت مادة التصميم الهندسي كمادة تخصصية مشتركة بين مساري الصحة والحياة، وعلوم الحاسب والهندسة (وزارة التعليم، 2022م). وتُعرف عملية التصميم الهندسي بأنها عملية منظمة، تكرارية، تبدأ بتحديد المشكلة ومعايير حلّها، والقيود ذات الصلة، ثم إنتاج الأفكار لطريقة حلّها، بعد ذلك تختبر الحلول عن طرق محاكاة نماذج رياضية أو فيزيائية أو تجريبية؛ للوصول إلى بيانات، تُمكن المهندسين من تحليل تلك الحلول، وتقييم جودتها؛ للتحقق من مناسبتها، ثم تقييم ما تحتاجه من تطوير، أو تقديم مقترح أفضل (Next Generation Science Standards - NGSS، 2013). يتعامل التربويون والباحثون مع التصميم الهندسي بثلاث طرق مختلفة، تعكس وجهات نظرهم في التصميم الهندسي، وهي: طريقة تدريس، أو ممارسة تخصصية، أو فكرة أساسية، وفي بعض الأحيان يتعاملون مع التصميم الهندسي كمزيج من هذه المنظورات. ارتبطت هذه المنظورات بثلاث حركات بحثية، ظهرت أول حركة بحثية في الولايات المتحدة الأمريكية في أواخر القرن العشرين، حيث تبنت التصميم كطريقة تدريس، وقُدِّم نموذج

يُعدُّ التعليم من مؤشرات القدرة التنافسية العالمية؛ لذا تسعى أنظمة التعليم إلى تقويم مخرجاتها، لتطوير مستواهم، ليكونوا منافسين عالمياً، وذلك ببناء الخطط التطويرية التي تتبنى التوجهات الحديثة في مجال التعليم. ويمثل توجه تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM إحدى هذه التوجهات التي تسهم في مساعدة الطلاب على توظيف العلم في تطوير التقنية؛ مما يؤدي إلى التنمية في الاقتصاد المعرفي، وذلك بتأهيل عناصر بشرية قادرة على المنافسة العالمية.

واكب نظام التعليم في المملكة العربية السعودية هذه التوجهات، فتضمنت مبادرات التعليم في برنامج التحول الوطني إنشاء مركز لتطوير تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM (رؤية المملكة العربية السعودية 2030م، 2015م)؛ وذلك بغرض تحسين أداء الطلاب في مجالات العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات، وزيادة تحصيلهم الدراسي (شركة تطوير للخدمات التعليمية، ٢٠١٧م)، كما يستهدف تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM إلى ترغيب الطلاب وتشويقهم إلى تعلّم العلوم، وذلك من خلال ربط المفاهيم العلمية بالتطبيقات الهندسية والتقنية، واستخدام المهارات الرياضية لحل المشكلات الحقيقية المتعلقة بتلك المفاهيم؛ وذلك بغرض تشجيع الطلاب نحو الالتحاق بالمهن العلمية التطبيقية والتقنية التي تسهم في تحسين اقتصاد الدولة (الشايح وآخرون، 2018م).

يُعدُّ التصميم الهندسي مكوناً رئيساً في تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (Na-STEM (tional Research Council, 2012؛ لذا جاءت وثيقة التربية العلمية للجيل التالي من معايير العلوم في

في مناهج STEM. وجاءت الحركة البحثية الثالثة – التصميم الهندسي فكرة أساسية- مدفوعة من قبل إطار التربية العلمية لتعليم العلوم، الذي أضاف التصميم الهندسي فكرة أساسية (Purzer, 2017).

أشارت دراسة شيري (Shirey, 2017) إلى أن تحديد عملية التصميم الهندسي أمراً صعباً؛ نظراً لتعقيد العملية. هذه الصعوبة، انعكست على صعوبة تحديد نموذج متفق عليه لعملية التصميم؛ لذا، اقترحت نماذج لتبسيط التعقيد الحقيقي لعملية التصميم الهندسي، وتوجيه الممارسات، لتكون أكثر قابلية للاستخدام في الفصول الدراسية. ويبين الجدول (1) نماذج مختلفة لخطوات عملية التصميم الهندسي للمرحلة الثانوية التي تناولتها البحوث والدراسات في التربية العلمية.

التعلم القائم على التصميم بديلاً للتعلم القائم على الاستقصاء، وأخذ أسماء مختلفة، مثل التعلم بالتصميم، والتعلم القائم على التصميم، والعلوم القائمة على التصميم (Purzer, 2017).

وأظهرت الحركة البحثية الثانية – التصميم الهندسي ممارسة تخصصية – بعد نشر تقرير «الهندسة في التعليم من الروضة حتى الصف الثاني عشر: فهم الوضع وتحسين الآفاق». ونتيجة لهذه الحركة؛ صُممت مناهج هندسية، مثل: الهندسة في الابتدائي «Engineering In Elementary» EIE، ومنهج مشروع قيادة الطريق Project Lead The Way PLTW، والهندسة في عالمك «EYW» Engineer Your World، والمرحلة الثانوية. وتسعى هذه المناهج إلى التركيز على التصميم ممارسة تخصصية، وطريقة تدريس

جدول (١): نماذج من عملية التصميم الهندسي

م	خطوات التصميم الهندسي	المؤلف وتاريخ النشر
١	طرح الأسئلة وتحديد الاحتياجات والقيود، بحث المشكلة، التخيل لتقديم حلول ممكنة، التخطيط لتحديد الحل الأمثل، الإنشاء بعمل نموذج أولي، اختبار وتقويم النموذج الأولي، التحسين بإعادة التصميم عند الحاجة.	National Science Foundation, 2003
٢	إنشاء التصميم، تقويم المخرجات، توليد الأسباب، اختبار الأفكار، تحليل النتائج، تميم النتائج، الربط بالفكرة العامة.	Apedoe et al., 2008
٣	تحديد المشكلة وتعريفها، البحث عن الحاجة أو المشكلة، تقديم الحلول الممكنة، اختيار الحل الأفضل، إنشاء نموذج أولي، اختبار الحل وتقويمه، التواصل بالحل، إعادة التصميم، الإتمام.	Hynes et al., 2011
٤	الهدف، المدخلات، العمليات، المخرجات، التغذية الراجعة.	Eisenkraft, 2011
٥	الاستقصاء، والتخطيط، والإنشاء، والتقويم.	Kersten, 2013
٦	الانخراط، الاكتشاف، الشرح، المهندس، التقييم.	Grubbs & Strimel, 2015
٧	تحديد المشكلة، استكشاف التصميم، تحسين التصميم، توصيل التصميم.	Johnson et al., 2015
٨	فهم المشكلة، العصف الذهني، التخطيط، التصميم، التقويم، التحسين.	Barry, 2018
٩	التقديم للمشكلة، توليد المفهوم، اختيار الفكرة، جلسة الجدول حول التصميم، تطوير التصميم، تقويم الحجج، مناقشة تأملية تطوير التقرير، تطوير التقرير.	Baze et al., 2018
١٠	تعرف المشكلة، تحديد المشكلة، البحث في الحلول التقنية، تخيل الحلول، توليد حجة مبدئية، جلسة الجدول الأولى، تطوير التصميم، بناء النماذج، تقويم النماذج، جلسة الجدول الثانية، اتخاذ القرار، تأمل عملية التصميم.	الدوسري والشايع (٢٠٢٣م/١)

وتقويم الإنجاز (الزغلول والمحاميد، ٢٠٠٧م). ويكون الاختبار التحصيلي جيداً، إذا كان مشتملاً على عينة ممثلة من الأسئلة، تقيس الأهداف والمحتوى حسب الأهمية والوزن، ويقاس النتائج التعليمية المشتقة من أهداف المقرر، وأن يتم تحديد نوع فقرات الاختبار، وفق المحتوى والأهداف (قطامي وآخرون، 2000م).

ومن أشهر التصنيفات المستخدمة لتصنيف الأهداف التعليمية مستويات بلوم Bloom المعدلة، التي تركز على التفاعل بين المعرفة ومستويات التفكير (تذكر، وفهم، وتطبيق، وتحليل، وتقويم، وإبداع)، ومن أبرز عيوب هذا التصنيف، أنه لا يركز على عمق المعرفة المطلوبة، بمعنى أنه لا يهتم بالربط بين مستوى التفكير وعمق المعرفة (Hess, 2006). وفي المقابل قدم ويب (Webb, 1997) تصنيفاً، يهتم بمستوى التعقيد المعرفي للمعلومات التي يتوقع أن يعرفها الطلاب، وكيفية استفادتهم من تلك المعرفة في سياقات مختلفة، وطريقة وصولهم إلى التعميمات، ومقدار المعرفة السابقة التي يجب أن يمتلكوها من أجل استيعاب الأفكار. وجاء هذا التصنيف ليتوافق مع التطور الذي شهدته مناهج العلوم، حيث تم الانتقال من ثقافة التقييم القائم على المحتوى إلى التقييم القائم على المعايير؛ وذلك من خلال الاهتمام بالتعمق في معالجة المعرفة العلمية.

حدد ويب (Webb, 2002) أربعة مستويات للعمق المعرفي، وهي مستويات رئيسة ومتميزة ومتكاملة، ومتابعة منطقياً، بحيث يبدأ كل مستوى من مستويات العمق المعرفي من حيث ينتهي الذي يسبقه، ويمهد للمستوى الذي يليه، وهي: المستوى الأول: هو التذكر والتكرار Recall and Reproduction، والمستوى الثاني: المهارة-المفهوم Skill-Concept، والمستوى الثالث: التفكير الاستراتيجي Strategic Thinking، والمستوى

يتضح من الجدول (١) أن عملية التصميم الهندسي تشترك في الطبيعة التكرارية الدورية، وتمرُّ بعدد من المراحل، تتراوح ما بين (٤) إلى (٩) مراحل، حيث تشترك في الخطوات الأساسية منها، تحديد المشكلة، والتخطيط، والإنشاء، والتحسين. وقد يعود هذا الاختلاف في عدد المراحل؛ لأن بعض النماذج دمجت بعض المراحل؛ لتبسيط استخدامها في الفصول الدراسية، كما اختلفت النماذج في معالجة التحدي الهندسي، فبعضها دمج التصميم الهندسي مع الاستقصاء العلمي، وبعضها دمجها مع توجهات أخرى، مثل الجدول العلمي. ومن هذه النماذج: (Ape-doe et al., 2008; Eisenkraft, 2011; Grubbs & Strimel, 2013; Johnson et al., 2015; Kersten, 2015; الدوسري والشايح، ٢٠٢٣م/أ). كما توجد نماذج أخرى مناسبة أكثر للمقررات الهندسية التي تركز على عملية التصميم الهندسي؛ لتعزيز تعلم المفاهيم العلمية. (Barry, 2018; Hynes et al., 2011; NSF, 2003).

يمثل التحصيل الدراسي أحد أهم المتغيرات التي تهتم الأنظمة التعليمية على تحسين قدرة طلابها على اكتسابه، وتتبنى في سبيل ذلك عدداً من المشروعات التطويرية، كما يسعى الباحثون لتقديم نماذج وإستراتيجيات تدريسية، تتبنى عدداً من التوجهات الحديثة ذات الصلة في المجال الدراسي المستهدف، كما لا يقل أهمية عن ذلك مراعاة أدوات وأساليب قياس التحصيل الدراسي. وتُعدُّ الاختبارات من أدوات قياس مستوى التحصيل الدراسي التي تستهدف تقويم مخرجات العملية التعليمية (جعفور، 2014م). والاختبار التحصيلي إجراء منظم؛ لتحديد مقدار ما تعلمه الطلاب في موضوع ما في ضوء الأهداف المحددة، ويمكن الاستفادة منه في تحسين أساليب التعلم، ويسهم في إجادة التخطيط، وضبط التنفيذ،

العلوم والرياضيات Trends in International Mathematics and Science Study TIMSS، إحدى الأساليب التي تعطي الأنظمة التعليمية مؤشرات لجودة تعليم العلوم والرياضيات فيها. وأظهرت نتائج مشاركة المملكة العربية السعودية في الدورات المتعاقبة للدراسة 2003م، و2007م، و2011م، و2015م، و2019م، ضعفًا واضحًا في التحصيل الدراسي للطلاب والطالبات في مادة العلوم (هيئة تقويم التعليم والتدريب، 2021م)، كما أظهرت -أيضًا- نتائج مشاركة المملكة العربية السعودية في البرنامج الدولي لتقييم الطلبة (Pro-gram for International Student Assessment PISA) في دورته 2018م حصول طلاب المملكة العربية السعودية على (386) نقطة في مادة العلوم، وهي تمثل المستوى المنخفض (1A) من مستويات الأداء في الاختبار، التي تدل على أن الطلاب يمتلكون معرفة علمية محدودة جدًا، ومطبقة في بضعة مواقف مألوفة فقط (إدارة قياس التحصيل المعرفي، 2022م). وأشارت الوثيقة الإعلامية لتنمية القدرات البشرية أن من التحديات التي تواجه رحلة الطالب التعليمية في المرحلة الثانوية محدودية التركيز على توجيه تعليم العلوم والهندسة والرياضيات (برنامج تنمية القدرات البشرية، 2021م).

تسهم المناهج المعدة وفق مدخل تعليم ستيـم STEM في تنمية مهارات حل المشكلات ومهارات الإبداع والتفكير المنطقي، كما أن لها تأثيرًا إيجابيًا على تحصيل الطلاب، وتنمية اهتماماتهم واتجاهاتهم ودافعيتهم نحو العلوم والرياضيات (Aldahmash et al., 2019). وقدمت هيئة تقويم التعليم والتدريب (2019م) الإطار التخصصي لمجال العلوم في عام 2019م، الذي جاء مؤكدًا على أهمية مدخل تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM. وبين جولي (Jolly, 2016) أن أنشطة تعليم STEM تتمثل

الرابع: مهارات التفكير الممتد Extend Thinking ويجدر الإشارة إلى أن الفعل المستخدم في صياغة الهدف في هذا التصنيف، يجب ألا يكون هو الأساس في تصنيف مستواه، بل لا بد من التفكير فيما يأتي بعد الفعل وهو مستوى تعقيد المحتوى.

وفي عام 2006م؛ قامت هـس وزملاؤها (Hess, 2006) بتوسيع مفهوم استخدام تصنيف ويب لعمق المعرفة؛ لتوجيه وتقييم تعلم الطلاب، من خلال دمج تصنيف عمق المعرفة مع تصنيف بلوم المعدل؛ لتحديد وقياس الدقة المعرفية في خبرات التعلم، وهي أكثر من مجرد وضع تصنيف بلوم جنبًا إلى جنب مع تصنيف ويب. تربط الدقة المعرفية مستويات التفكير في أثناء خبرات التعلم بمجموعة متنوعة من مستويات التعقيد المعرفي، بحيث يستخدمها الطلاب للتعبير عن فهمهم. وتتلخص فكرة مصفوفة الدقة المعرفية أنه يمكن تطبيق مستويات ويب لعمق المعرفة على تصنيفات بلوم المعرفية، بمعنى أن مستوى الفهم في تصنيف بلوم من الممكن أن يكون في المستوى الأول أو الثاني أو الثالث أو الرابع من عمق المعرفة، وذلك بحسب مستوى المعالجة العقلية المطلوبة في المحتوى المعرفي.

مشكلة البحث:

يأتي الاهتمام بدراسة التحصيل الدراسي؛ كونه أحد المعايير الأساسية لقبول طلبة المرحلة الثانوية في الجامعات، كما تعتمد المؤسسات التعليمية على نتائج التحصيل في اتخاذ القرارات للحكم على مدى تقدم أنظمتها التعليمية. وتمتاز مناهج العلوم بأنها مجال خصب للمعرفة التي تمثل إحدى ركائز التطورات العلمية والتقنية التي يتطلبها المجتمع؛ لذا، تحرص الكثير من دول العالم على تقويم التحصيل العلمي لدى الطلبة. وتعدُّ دراسة التوجهات الدولية للتحصيل في

المرحلة الثانوية، ودراسة الراشدية (2019م) على طالبات الصف التاسع.

إن إضافة البُعد الهندسي في تعليم العلوم، يجذب اهتمام الطلبة، ويزيد من شغفهم بدراسة موضوعات العلوم (Senider, 2012)، وكذلك يساعد التصميم الهندسي في تقديم فرص تعليمية متنوعة للطلاب؛ لتعزيز مهاراتهم المعرفية، وتسهيل الربط بين المعرفة والممارسة (Bybee, 2014)، كما بينت الدراسات وجود علاقة إيجابية بين زيادة المعرفة بمحتوى العلوم وعدد أنشطة التصميم الهندسي التي يشارك فيها الطلاب (Macalalag & Tirthali, 2010).

اقترح الدوسري والشايح (٢٠٢٣م/أ) نموذجاً لتدريس الفيزياء، قائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي، يركز على خمسة مبادئ أساسية، فهو: يستند على التعلّم القائم على التصميم، ويُظهر التصميم كمارسة هندسية، ويؤكد على دور الطلاب في اتخاذ القرار في أثناء عملية التصميم الهندسي، ويُعزز الفعالية الذاتية في التصميم الهندسي لدى الطلاب، وينمي عادات العقل الهندسية. ووجدت دراسة لاحقة للدوسري والشايح (2023م/ب) أثر للنموذج المقترح في تحسين الفعالية الذاتية للتصميم الهندسي بجميع مفاهيمه، وبمستوى دال إحصائياً، حيث ارتفعت متوسطات مفاهيم (الثقة، الدافعية، توقع النجاح)، في حين انخفض مفهوم (القلق).

ويأتي البحث الحالي؛ لاستقصاء أثر استخدام النموذج في التحصيل الدراسي في مادة الفيزياء، من خلال الإجابة عن السؤال الآتي: ما أثر نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي على مستوى التحصيل الدراسي لدى طالبات المرحلة الثانوية؟

في ربط موضوع الدرس بمشكلات واقعية حقيقية، ثم مساعدة الطلاب، باستخدام التصميم الهندسي لاختيار أفضل الحلول وتقييمها، ثم تقديم الحلول التقنية. فالتصميم الهندسي مفتاح التكامل بين العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (NRC, 2009). تعددت الدراسات التي اهتمت بدراسة تأثير مدخل تعليم ستييم STEM على التحصيل الدراسي في مادة العلوم، وأظهرت نتائجها تحسناً ملحوظاً في التحصيل الدراسي، كدراسة غولن ويمن (Gulen & Yaman, 2019)، ودراسة النجار (2017م) على الصف السادس الابتدائي، ودراسة الشايح وآخرين (2018م) على طلاب الصف الأول المتوسط (السابع)، ودراسة إيروغلو وبكتاش (Eroglu & Bektas, 2022)، ودراسة العنزي (2020م)، ودراسة العلي (2015م) على طلاب الصف الثالث المتوسط (التاسع)، ودراسة الشياح (2019م) على طلاب المرحلة المتوسطة/الإعدادية، ودراسة تشفيك (Çevik, 2018) على طالبات الصف الحادي عشر، ودراسة شعيرة وآخرين (2020م) على طلاب الصف الثالث الثانوي (الثاني عشر)، في حين توصلت دراسة جاهان (Jahan, 2018) لنتائج مختلفة؛ إذ لم يظهر تحسن في مستوى تحصيل الطلاب في مادة الفيزياء الذين درسوا وفق مدخل تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM.

يتضح مما سبق - وفي حدود استقصاء الباحثين في قواعد المعلومات - أن معظم الدراسات تناولت تأثير تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM على التحصيل الدراسي، وندرة الدراسات التي تناولت تأثير التصميم الهندسي على التحصيل الدراسي، حيث وُجدت دراستان عن مستوى استيعاب المفاهيم العلمية في العلوم، وهما دراسة هرناندز وزملائه (Hernandez et al., 2014) على

أهداف البحث:

- المفاهيم والمهارات، التفكير الإستراتيجي).
- الحدود الزمانية: العام الدراسي 1443 هـ الموافق 2021 / 2022 م.
- الحدود المكانية: الثانوية الخامسة، التابعة لمكتب المعذر بمدينة الرياض.
- الحدود البشرية: طُبق على الطالبات اللاتي يدرسن مقرر الفيزياء (3) في الثانوية الخامسة، التابعة لمكتب تعليم غرب الرياض، خلال العام الدراسي 1443 هـ.

مصطلحات البحث:

استند البحث إلى عدد من المتغيرات التي يمكن تعريفها على النحو الآتي:

نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجّه بالجدل العلمي:

يُعرف باز وزملاؤه (Baze et. al, 2018) نموذج الهندسة الموجهة بالجدل بأنه نموذج يدعم الطلاب في أثناء عملية التصميم الهندسي، حيث يمنحهم فرصة لاستخدام الأفكار المحورية في العلوم، والمفاهيم الشاملة، والممارسات العلمية والهندسية عند حل المشكلات التي تواجههم. ويتكون النموذج من ثماني مراحل، هي: التقديم للمشكلة، وتوليد المفهوم، واختيار الفكرة، وجلسة الجدل حول التصميم، ثم تطوير التصميم، وتقويم الحجج، ثم جلسة مناقشة تأملية، ثم تقديم التقرير. ويُعرف النموذج في البحث إجرائياً بأنه تمثيل افتراضي لتوجيه تدريس الفيزياء، يتكون من ثلاثة عناصر، هي: التخطيط، وعمليات وإجراءات التدريس، وتقويم نواتج التعلم، ويستند النموذج إلى التعلم القائم على التصميم، من خلال الدمج بين الاستقصاء العلمي والتصميم الهندسي،

استهدف هذا البحث الكشف عن أثر نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجّه بالجدل العلمي، المقترح من الدوسري والشايع (2023م/أ) على مستوى التحصيل الدراسي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي عند دراستهن لوحدة الضوء.

أهمية البحث:

تتمثل الأهمية النظرية، بأن هذا البحث يأتي استجابةً للتوجهات الحديثة في تعليم العلوم، التي نادت بالتكامل بين التصميم الهندسي والجدل العلمي في تعليم العلوم، وكذلك الإسهام في إبراز أثر تبني التصميم الهندسي في تدريس العلوم على التحصيل الدراسي. أما الأهمية التطبيقية، فتظهر في إعداد اختبار تحصيلي، قد يستفيد منه المعلمون في تقييم طلابهم وفق أسس موضوعية، والباحثون في بناء اختبارات ومقاييس مماثلة، كما يُؤمل أن تفيد نتائج البحث المتخصصين والمسؤولين عن تأليف مناهج العلوم بشكل عام، والفيزياء بشكل خاص في إعادة النظر فيها من حيث التصميم والتخطيط، وتوظيف نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي فيها، وقد تساعد هذه النتائج معلمي العلوم بالمرحلة الثانوية، من خلال توفيرها دليلاً يوضح خطوات التدريس، وفق هذا النموذج.

حدود البحث:

اقتصر البحث على الحدود الآتية:

الحدود الموضوعية: تمثلت في:

- مقرر الفيزياء (3)، وتحديدًا الفصول الآتية (طبيعة الضوء، انعكاس الضوء، انكسار الضوء).
- اختبار تحصيلي، يقيس ثلاثة مستويات من عمق المعرفة، وفق تصنيف ويب، وهي (التذكر والتكرار،

○ المفاهيم والمهارات: ويقصد به قدرة الطالبة على وصف أو توضيح النتيجة، أو كيف تم ذلك؟ أو لماذا حصل؟ والاستفادة من المعلومات في سياق مختلف عن السياق الذي تم تعلمه، واتخاذ بعض القرارات حول كيفية التعامل مع السؤال أو المشكلة.

○ التفكير الإستراتيجي: ويقصد به قدرة الطالبة على استخدام قصير المدى لعمليات التفكير العليا، مثل التحليل والتقييم لحل مشكلات واقعية بنتائج يمكن التوقع بها، ويعدّ توضيح التفكير علامة أساسية للمهام التي تدرج في هذا المستوى.

منهجية البحث:

يتبنى البحث المنهج الكمي، باستخدام التصميم التجريبي الحقيقي للمجموعة الضابطة البعدي، وذلك بتوزيع المشاركين عشوائياً إلى مجموعتين (ضابطة وتجريبية)، وتعرضهما للمعالجة التجريبية، ثم يُطبق اختبار بعدي، وتقارن متوسطات الدرجات بين المجموعتين؛ لتحديد فعالية المعالجة التجريبية (Gay et. al, 2012). وتم ضبط معظم مهددات الصدق الداخلي، كما يوضحها الجدول (2).

والموجه بالمنطق القائم على الأدلة، من خلال الممارسات الهندسية لتنمية مهارة اتخاذ القرار في أثناء عملية التصميم، وتعزيز الفعالية الذاتية في التصميم الهندسي، وتنمية عادات العقل الهندسية لدى طالبات المرحلة الثانوية (الدوسري والشايح، 2023م/أ).

التحصيل الدراسي:

يُعرفه شحاته والنجار (2003م، ص89) بأنه «كل ما يكتسبه الطلاب من معارف ومهارات وأنماط تفكير وقدرة على حل المشكلات؛ نتيجة لدراسة ما هو مقرر عليهم في الكتب الدراسية. ويمكن قياسه بالاختبارات التي يعدها المعلمون». ويُعرف إجرائياً في هذا البحث بأنه مقدار ما تكتسبه طالبة المرحلة الثانوية من معارف ومهارات، وفقاً لتصنيف ويب لعمق المعرفة في مستوى (التذكر والتكرار، المفاهيم والمهارات، التفكير الإستراتيجي)، نتيجة دراسة وحدة الضوء في مقرر فيزياء (3)، ويُقاس إجرائياً بالدرجة الكلية التي تحصل عليها الطالبة في الاختبار المعد لهذا الغرض، وفق مستويات عمق المعرفة الآتية:

○ التذكر والتكرار: ويقصد به قدرة الطالبة على التذكر الآلي للحقائق والمفاهيم والتعاميم، أو تقديم استجابات آلية مباشرة، دون تفكير.

جدول (2): معالجة مهددات الصدق الداخلي والخارجي في تصميم المجموعة الضابطة البعدي فقط

الخارجي		مهددات الصدق الداخلي							
التاريخ	النضج	الاختبار القبلي	دقة الأدوات	التشتت الإحصائي	اختلاف العينة	الفقد	تفاعل الاختيار مع النضج	تفاعل الاختبار القبلي مع المعالجة المتعددة	تفاعل المعالجات المتعددة
-	+	(+)	(+)	(+)	+	-	+	(+)	(+)
R تعيين عشوائياً للمجموعات. X1 المجموعة التجريبية. X2 المجموعة الضابطة. O الاختبار البعدي									
+ (متغير تم ضبطه)، (+) متغير تم ضبطه، حيث لا علاقة له بالمعالجة. متغير لم يتم ضبطه									

(Gay et. al, 2012) - ترجمة الشايح، ٢٠١٩م).

لمكتب تعليم المعذر بالرياض، خلال الفصل الدراسي الأول من العام الدراسي 1443هـ (2022/2023م)، وعددهن (95) طالبة؛ ويرجع سبب اختيار هذه المدرسة إلى تعاون إدارة المدرسة ومعلماتها، وتوافر معمل حاسب، إضافة إلى أن الباحثة الأولى تعمل مشرفة في المكتب التابع للمدرسة. ولتحقيق العشوائية في توزيع الطالبات على المجموعتين؛ اختيرت طالبة من قائمة أسماء الطالبات عشوائياً؛ لتكون نقطة البدء في العدة منها حتى الوصول إلى (48) طالبة، لتُمثل حجم المجموعة الأولى، أما باقي الأسماء (47) طالبة، فتُمثل حجم المجموعة الثانية، وحددت إحدى المجموعتين عشوائياً، لتكون ضابطة والأخرى تجريبية. وقد أخذ الإذن من الطالبات بتطبيق الدراسة، وكذلك موافقة أولياء أمورهن. ومما يجدر التنويه إليه أن عدد أفراد العينة التي خضعت للاختبار التحصيلي، تعرضت للفقد في عدد أفرادها، لتزامن تطبيق البحث مع فترة الاحترازات الصحية خلال جائحة كورونا، ويوضح جدول (3) حجم العينة الأصلي والحجم الفعلي الذي استجاب لأداة البحث.

يتضح من الجدول (2) أن التوزيع العشوائي للعينة، ساعد في ضبط مهددات الصدق الداخلي، كالاختلاف بين خصائص المشاركين في المجموعتين (الضابطة والتجريبية)، وتفاعل الاختيار مع معدلات النضج المختلفة لدى الطالبات. وبما أن مدة إجراء التجربة لم تتجاوز سبعة أسابيع -وهذه المدة تعد فترة قصيرة- فهي لا تسمح بحدوث تغييرات في نضج أفراد العينة؛ مما يضمن ضبط مهدد النضج، كما أن عدم تطبيق اختبار قبلي على المجموعتين، ضَبط تلقائياً بعض مهددات الصدق الداخلي، كتأثير الاختبار القبلي، وتغيير أدوات القياس القبلية والبعدية، والتشتت الإحصائي؛ نظراً لعدم إعادة الاختبار. أما مهدد الصدق الداخلي الذي لم يتمكن الباحثان من ضبطه، فهو الفقد في أفراد العينة عند تطبيق الاختبارات، كما وضح ذلك في مجتمع البحث وعينته.

مجتمع البحث وعينته:

يتمثل المجتمع المستهدف بالطالبات اللاتي يدرسن مقرر الفيزياء (3) في الثانوية الخامسة، التابعة

جدول (3): حجم المجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية

المجموعة	العدد الأصلي	العدد الفعلي
المجموعة الضابطة	47	32
المجموعة التجريبية	48	36

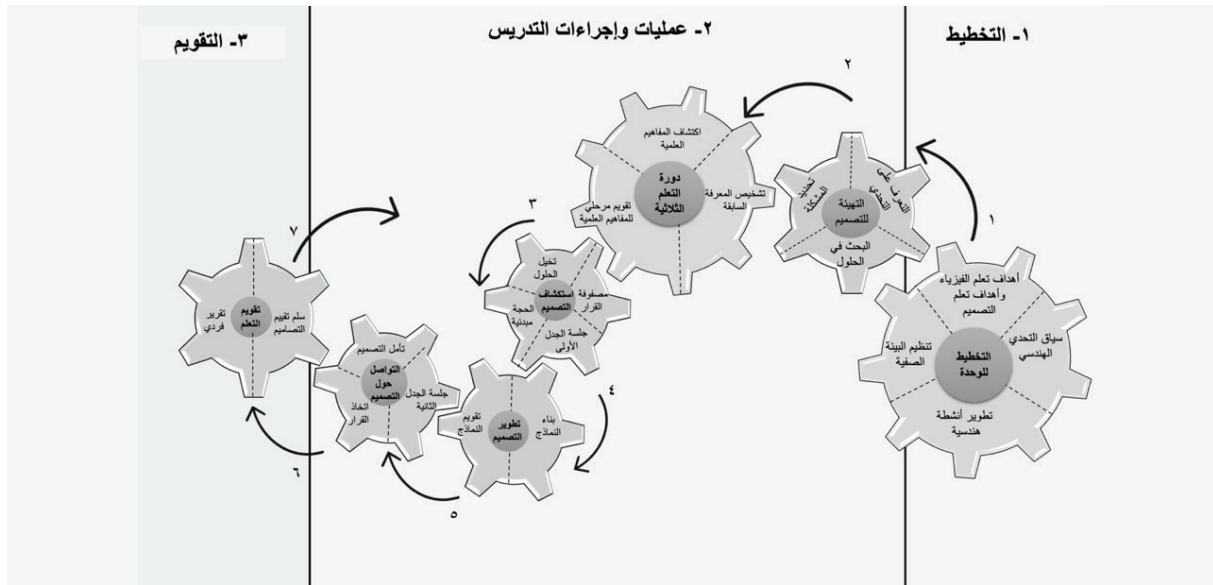
في أعداد الطالبات كان من تحديات التعليم عن بُعد التي ظهرت خلال فترة جائحة كورونا. وبهذا تكونت عينة الدراسة المعتمدة من (68) طالبة، تم توزيعهن عشوائياً إلى مجموعتين، تجريبية (32) طالبة، وضابطة (36) طالبة.

يبين الجدول (3) الحجم الأصلي للطالبات اللاتي تعرضن للمتغير المستقل، والحجم الفعلي للطالبات اللاتي خضعن للاختبارات، حيث كان عدد المتغيرات في الاختبار (10) طالبة في المجموعة الضابطة، و(12) طالبة في المجموعة التجريبية. وهذا التسرب

المعالجة التجريبية:

درست المجموعة الضابطة وفق الطريقة المعتادة وفق دليل المعلم لكتاب الفيزياء (3)، المعتمد من وزارة التعليم، في حين درست ذات المعلمة المجموعة

التجريبية باستخدام نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي والمقترح من الدوسري والشايح (2023م/أ) الموضح في الشكل (1).



شكل (1): نموذج تدريس الفيزياء، القائم على التصميم الهندسي، الموجه بالجدل العلمي (الدوسري والشايح، 2023م/أ)

يتضح من الشكل (1) أن النموذج يتكون من ثلاثة أبعاد أساسية، هي:

البعد الأول- التخطيط: يتضمن هذا البعد أربعة عناصر، هي: تحديد أهداف تعلم للتصميم الهندسي، وتصميم سياق تحد هندسي للوحدة التعليمية، وتصميم أنشطة هندسية، تدعم حلول التصميم الهندسي، وتنظيم البيئة الصفية. وفيما يأتي وصف لكل عنصر:

○ تحديد أهداف تعلم للتصميم الهندسي: عند التخطيط لتطوير وحدة تعليمية في ضوء نموذج التدريس المقترح، تُحدد الأهداف التعليمية، ثم يُحلل محتوى الوحدة؛ لتحديد المفاهيم

والمهارات العلمية المستهدفة، بعد ذلك تُحدد أهداف تعلم للتصميم الهندسي، تدعم أهداف تعلم العلوم.

○ تصميم سياق تحد هندسي للوحدة التعليمية: يُصمم سياق تحد هندسي، تتوافر فيه الشروط التالية: أن يكون مرتبطاً بالعالم الواقعي، ويلبي حاجات المجتمع، ويُحدد معايير وقيود الحلول الممكنة للمشكلة، وأن تعتمد هذه الحلول على المعرفة بالعلوم والرياضيات معاً، وأن يُحدد في التحدي الجهة المستفيدة من المنتج.

○ تصميم أنشطة هندسية تدعم حلول التصميم الهندسي: عند تطوير أو بناء الأنشطة الهندسية، يراعى أن تقوم على ثلاثة مكونات:

2. خطوة تحديد المشكلة، حيث يعرض المعلم على الطلاب مرة أخرى التحدي الهندسي، ويناقش معهم معايير وقيود التصميم. وتصوغ كل مجموعة من الطالبات المشكلة بأسلوبها الخاص، على أن تتضمن معايير وقيود الحلول.

3. البحث في الحلول التقنية: يوفر المعلم في هذه الخطوة للطلاب مواقع إلكترونية مقروءة، أو مرئية لتقنيات، ابتكرت لحل مشكلات سابقة، ذات علاقة بالتحدي الهندسي المطروح عليهم. في هذه الخطوة يركز المعلم على أن يحصل الطلاب على تصور عام فقط عن هذه التقنيات؛ لمساعدتهم على ابتكار أو تطوير الحلول. في حين يبحث الطلاب من خلال المصادر التي وفرها المعلم لتعرّف المنتجات أو الحلول الموجودة بالفعل، أو المتوافقة مع احتياجاتهم لحل المشكلة، ليكون لديهم دراية مبدئية بكيفية عملها واستخدامها. وبعد الانتهاء من مرحلة التهيئة، يخبر المعلم الطلاب بأنه سيجري التوقف عن إكمال مراحل عملية التصميم الهندسي؛ لتعلّم المفاهيم العلمية والممارسات العلمية والهندسية ذات العلاقة بالتصميم، بالاستعانة بدورة التعلّم في كتاب الطالب، وقد تستغرق هذه المرحلة عدة أسابيع. بعد ذلك يوجه المعلم الطلاب إلى مراجعة المشكلة الهندسية التي تمّ تحديدها سابقاً، لإكمال عملية التصميم الهندسي التي يتمّ فيها استكشاف بدائل التصميم، وتطوير حلول التصميم، ثم التواصل حولها.

4. دورة التعلّم الثلاثية: بعد الانتهاء من مرحلة التهيئة، يستعين المعلم بدورة التعلّم التي تجري عبر ثلاث مراحل (تشخيص المعرفة السابقة، واكتشاف المفاهيم العلمية، والتقويم) الموضحة بدليل المعلم، مع تضمين الأنشطة التي سبق تطويرها؛ لتمكين الطلاب من تعلّم المفاهيم العلمية والممارسات العلمية والهندسية ذات العلاقة بالتصميم.

المعرفة العلمية، والمعرفية الإجرائية بالممارسة الهندسية، والمعرفة بطبيعة تفكير المهندسين وتصرفاتهم عند حل المشكلات. وكذلك تُضاف أنشطة عن المهن الهندسية، توضح الأهداف التي يسعى المهندسون إلى تحقيقها، والتعرف على الأدوات والتقنيات التي يستخدمها المهندسون في أثناء أداء مهامهم.

○ تنظيم البيئة الصفية: يحتاج تطبيق هذا النموذج إلى تهيئة البيئة الصفية، بحيث يُنظم الطلاب في مجموعات، ويوضع أمامهم مخطط، يوضح دورة عملية التصميم الهندسي، وتوفير الاحتياجات المادية للتصميم، أو برامج محاكاة تقنية؛ لتنفيذ النماذج.

البُعد الثاني- عمليات وإجراءات التدريس: تمرُّ عمليات وإجراءات التدريس داخل الصف بأربع مراحل، هي: التهيئة للتحدي الهندسي، دورة التعلّم الثلاثية، ومرحلة استكشاف بدائل التصميم، وتطوير التصميم، والتواصل حول التصميم. وفيما يأتي وصف لكل مرحلة:

مرحلة التهيئة للتصميم الهندسي: يمرُّ الطلاب بثلاث خطوات، هي:

1. تعرّف التحدي الهندسي، حيث يتمثل دور المعلم بعرض التحدي الهندسي على الطلاب، ويطلب منهم تفكيك الموقف؛ من أجل صياغة المشكلة بأسلوبهم الخاص، في حين تعمل الطالبات في مجموعات؛ للإجابة عن الأسئلة الآتية: ما المشكلة المطلوب حلّها؟ وما الذي نود أن نصممه؟ ومن هم أصحاب المصلحة؟ وما هدفنا؟ ثم يتابع المعلم عمل المجموعات، ويتداخل معها في المناقشات؛ ليتأكد من فهم الطلاب، ومشاركة جميع أعضاء الفريق.

مرحلة استكشاف بدائل التصميم: تتضمن هذه المرحلة أربع خطوات هي:

1. بناء مصفوفة اتخاذ القرار: بعد الانتهاء من اكتشاف المفاهيم العلمية، يوجه المعلم الطلاب إلى مراجعة المشكلة الهندسية التي تمّ تحديدها، ثم بناء مصفوفة اتخاذ القرار التي سيستخدمها الطلاب في التقييم النهائي للتصاميم. ويقوم الطلاب بتصميم جدول مكون من صفوف وأعمدة، حيث يوضع في كل صف المنتج الخاص بكل فريق، وتوضح الأعمدة معايير تقييم المنتج، ويُعين لكل معيار قيمة عددية، بحيث تتفق المجموعات على تحديد الأهمية النسبية لمعايير وقيود الحلول.

2. تخيل الحلول: يوجه المعلم الطلاب للعودة إلى المعلومات التي سبق جمعها عن مشكلة التصميم الهندسي ومراجعتها، والتفكير في حلول للمشكلة في ضوء معايير وقيود التصميم. وتقوم كل مجموعة من الطلاب بعصف ذهني جماعي، باستخدام الكلمات، والرسومات؛ لإنشاء بدائل تصميم، والخروج بأقصى قدر ممكن من الحلول، والمفاضلة بينها، ثم يختار الفريق أحد الرسومات، بناءً على معايير وقيود التصميم.

3. توليد حجة مبدئية: يساعد المعلم الطلاب في بناء حججهم حول تصاميمهم بمناقشة الأسئلة الآتية: صف أفضل تصميم اتفق عليه الفريق؟ وكيف تثبت أن هذا هو أفضل تصميم؟ وما توقعاتك لآراء مَنْ يختلفون معك في أن تصميمك أفضل؟ وكيف سترد على آرائهم؟ ويقوم كل فريق الرسم الأولي لتصميمه الهندسي ببناء حجة مبدئية، تبرهن على أن الحل المقترح، يُمثل أفضل

حلول التصميم؛ وذلك بأن يكتب كل فريق حجته، وعرضها على الفصل، بحيث تتضمن الادعاء الذي يمثل التصميم الأولي، وتبريرهم لأفضلية هذا التصميم، بالاعتماد على المفاهيم والمبادئ العلمية، وفي إطار معايير وقيود حلول التصميم.

4. جلسة الجدل الأولى حول بدائل التصميم: يقوم المعلم بضبط الوقت عند عرض المجموعات لنماذجهم، ويدير النقاش على مستوى الفصل، ويتابع عمل المجموعات بعد حصولهم على التغذية من الفرق الأخرى، في حين تقدم الفرق حججها حول بدائل تصميمهم لزملائهم أمام الفصل، ويُمنح الطلاب الفرصة لنقد حجج زملائهم، ثم يُعطى الطلاب الوقت، ليفكروا في التغذية الراجعة التي وصلتهم، ويراجعوا عملهم؛ لتطوير رسوماتهم الأولى، وتسجيل التغييرات التي حدثت، وتبريرها؛ لتطوير حججهم المبدئية أيضاً.

مرحلة تطوير التصميم: تتضمن هذه المرحلة خطوتين، هما:

1. إنشاء النماذج: يوفر المعلم الأدوات والتقنيات التي تحتاجها الفرق، مع تحديد التكلفة المادية للمواد، أو يوفر برنامجاً افتراضياً، يستخدمه الطلاب، لإنشاء نماذجهم، ويحدد الطلاب المواد والأدوات لتنفيذ النموذج، وحساب التكلفة المادية للمواد المستخدمة، ويضع الفريق خطة عمل للتنفيذ. أما عند استخدام برامج التقنية، فيقوم الطلاب بتحويل رسوماتهم إلى نماذج افتراضية.

2. تقويم النماذج: يشجع المعلم الطلاب على التعلم من الإخفاق في أثناء تكرار الحلول، واعتبار أن

ويُشجع الطلاب على استكشاف الأفكار المرتبطة بطبيعة التصميم الهندسي، وتقوم كل مجموعة من الطلاب بالإجابة عن السؤال التالي: ماذا لو أعدنا التصميم؟

البُعد الثالث- التقويم: يعتمد تقويم نواتج التعلم في هذا النموذج التدريسي على أسلوب التقويم الجماعي، باستخدام مصفوفة اتخاذ القرار، وكذلك أسلوب التقويم الفردي، وذلك بتكليف كل طالب بكتابة تقرير، يوضح كيف تمت عملية التصميم، وتحديد المفاهيم العلمية التي قام عليها التصميم الذي قدمه الفريق، ووصف مشكلة واجهت الفريق في أثناء العمل، مع توضيح كيف تم اتخاذ القرار لحلّها.

صدق الاختبار التحصيلي وثباته:

يتكون الاختبار من (18) سؤالاً كمياً، صيغت مفرداته من نوع الاختيار من متعدد، بحيث إن كل سؤال له أربعة بدائل، وسؤالين مقالين من نوع الأسئلة المفتوحة. وللتحقق من صدق الأداة؛ فقد تبنى البحث ما ورد في الدليل الإرشادي الخامس للقياس (نظرية الصدق الحديثة)، القائمة على أعمال ميسيك Messick، الذي يُعدُّ من مؤسسي فكرة وحدة الصدق، التي تتمثل في صدق المفهوم المعني بدمج متكامل لمصادر الأدلة، التي تستهدف تفسير درجات الاختبار، وما يترتب على نتائج اتخاذ القرار في ضوء دلالة الدرجات؛ لذا على الباحث أن يلجأ إلى مصادر متعددة للأدلة، بدلاً من الاكتفاء بمصدر واحد فقط (تيغزه، 2009م). وتبنى الباحثان عدداً من مصادر الأدلة ذات الصلة بطبيعة أداة البحث الحالي، وهي:

الفشل جزء أساسي من عملية اختبار التصميم، ويؤكد للطلاب دور نتائج اختبار النماذج في توفير الأدلة التي تدعم حججهم. ويحدد الطلاب طريقة لاختبار نماذجهم، ويتم فحص واختبار نماذجهم الأولى، وتحليل البيانات، والإشارة إلى نقاط الضعف والقوة في التصميم، وإذا حصل أي تغييرات في التصميم، لا بد من تقديم المبررات.

مرحلة التواصل حول التصميم: تتضمن هذه المرحلة ثلاث خطوات وهي:

1. **جلسة الجدل الثانية حول بدائل التصميم:** يضبط المعلم الوقت عند عرض المجموعات لنماذجهم، ويدير النقاش على مستوى الفصل، ويوجه الطلاب لاستخدام نموذج تقييم التصميم؛ لتقييم عمل الفرق الأخرى. ويرشح كل فريق طالباً، يقدم نموذجهم النهائي أمام الفصل، مع عرض الصورة النهائية لحجة التصميم التي تتضمن مبررات قرارات التصميم الخاصة بهم، ووصف الأفكار التي أثرت في تصاميمهم، وتبرير أي تنازلات قاموا بها. وفي المقابل، تقوم باقي المجموعات باستخدام بطاقة تقييم النماذج، وتقييم حجج التصميم التي عرضت إما بالقبول أو الاعتراض مع التبرير، بعد ذلك تمنح المجموعة التي عرضت نموذجها فرصة للرد.

2. **اتخاذ القرار لاختيار أفضل تصميم:** يوجه المعلم الطلاب إلى استخدام مصفوفة اتخاذ القرار. ويقوم الطلاب باستخدام مصفوفة اتخاذ القرار؛ لاختيار التصميم المناسب لتقديمه للجهة المستفيدة.

3. **تأمل عملية التصميم:** يقود المعلم نقاشاً مع الطلاب حول ما تعلّموه في أثناء التصميم،

وضوحًا، واستخدام صور أكثر وضوحًا، وتم الأخذ بالملاحظات. وقدرت الفترة الزمنية للإجابة عن الاختبار، وذلك بحساب متوسط الفترة الزمنية التي استغرقتها العينة الاستطلاعية في الإجابة على الاختبار، فبلغ متوسط الزمن (50) دقيقة تقريبًا.

○ الأدلة القائمة على البنية الداخلية للاختبار التحصيلي: طبق الاختبار على عينة استطلاعية من خارج عينة البحث، بلغ حجمها (30) طالبة، وحُسبت معاملات الصعوبة، حيث تراوحت قيمتها بين (0.31-0.78)، وهي المدى المقبول من الصعوبة، وظهرت معاملات التمييز على نحو جيد، حيث تراوحت بين (0.33-0.83).

○ الأدلة القائمة على عمليات الاستجابة للاختبار التحصيلي: استخدم سلم لتقدير مستوى الإجابة لتصحيح الأسئلة المقالية، كما يظهر في الجدول (4).

○ الأدلة القائمة على محتوى الاختبار التحصيلي: بني الاختبار التحصيلي في ضوء جدول المواصفات، ووفقًا لمصفوفة الدقة المعرفية لـ هس وزملائها (Hess, 2006). وجرت صياغة مفردات الاختبار في مستوى (التذكر والتكرار، والمفاهيم والمهارات، والتفكير الاستراتيجي) لتصنيف ويب، دون المستوى الرابع (التفكير الممتد)؛ لأنه يتطلب تفكيرًا معقدًا وتصميمًا تجريبيًا وتخطيطًا، وقد يتطلب فترة طويلة من الزمن؛ من أجل الاستقصاء العلمي، لا يتناسب الزمن المتاح للاختبارات التحصيلية. وعُرض الاختبار على (24) محكمًا من أساتذة في مناهج وتعليم العلوم، وأساتذة في تخصص الفيزياء؛ لتعرف مدى وضوح فقراته، والدقة العلمية، وعدم وجود البدائل الموحية بالإجابة، ومدى مناسبتها لمستوى الطالبات. وأبدى المحكمون بعض الملاحظات والاقتراحات، كإعادة صياغة بعض الأسئلة؛ لتكون أكثر

جدول (4): سلم تقدير مستوى الإجابة عن الأسئلة المقالية في الاختبار التحصيلي

الدرجة	الإجابة	السؤال
٢	نموذج نيوتن لم يستطع تفسير الطبيعة المزدوجة للضوء؛ فلم تفسر الظواهر التي تدل على الطبيعة الموجية للضوء، كتفسير الطيف المرئي المتكون من تمرير حزمة ضوئية خلال منشور زجاجي، وظاهرة الحيود، والتداخل، والانعكاس، والانكسار.	اعتقد إسحاق نيوتن "أن الضوء عبارة عن سيل من الجسيمات متناهية الصغر". بعد دراستك لوحدة الضوء، كيف يمكن إثبات أن التفسير الذي قدمه نيوتن عن طبيعة الضوء غير مكتمل؟
١	إذا دُكر في الإجابة الطبيعة المزدوجة للضوء فقط، أو ذكر عدم قدرة النموذج على تفسير الطبيعة الموجية فقط، أو دُكرت ظاهرتان أو أكثر على الطبيعة الموجية.	
٢	التحكم في ثلاثة عوامل: توزيع المصادر الضوئية من المصابيح الكهربائية والنوافذ، والتحكم في البعد بين المصادر والأثاث، والتحكم في زوايا سقوط الضوء على الأثاث.	درست قانون التبريع العكسي في الضوء، وضح كيف يمكن التحكم في شدة الاستضاءة الواقعة على أثاث الغرفة؟
١	إذا دُكر شرطان وأقل من شروط التحكم في شدة الاستضاءة الواقعة على الأثاث.	

الطالبة في المقرر، ونقدر لك تعاونك والإجابة عن الأسئلة بجدية.

○ ثبات الاختبار التحصيلي: لحساب ثبات الاختبار؛ استُخدمت معادلة ألفا كرونباخ لدرجات طالبات العينة الاستطلاعية، ويوضح الجدول (5) معامل ثبات كل مستوى من المستويات، ومعامل الثبات الكلي للاختبار.

○ الأدلة القائمة على نتائج الاختبار التحصيلي ومرتبته: من الآثار السلبية المتوقعة أن تؤثر في نتائج الاختبار؛ هي الرهبة التي يمكن أن تحدث للطالبات من إجراء الاختبار. ولمعالجة ذلك؛ فقد دُون للطالبات على ورقة الاختبار أن الهدف من هذا الاختبار هو إجراء بحث علمي، يساعد على فهم واقع واحتياجات طلاب التعليم العام، وليس مرتبطًا بدرجات

جدول 5: معامل ألفا كرونباخ لثبات الاختبار التحصيلي

م	مستويات الاختبار	معامل الثبات
1	مستوى التذكر والتكرار	0.802
2	مستوى المهارات والفهم	0.771
3	مستوى التفكير الإستراتيجي	0.812
الثبات الكلي		0.856

حيث يُقسم الطلاب إلى مجموعات، يجري حضور طالبات كل مجموعة للمدرسة (5) أيام كل أسبوعين، مع مراعاة المدارس الالتزام بتطبيق الإجراءات الاحترازية في الفصول الدراسية، مثل: منع تبادل الأوراق والأقلام بين الطالبات، وارتداء الكمامات، واستخدام المعقمات، وتطبيق أنظمة التباعد الاجتماعي، في حين تشارك المجموعة الأخرى بشكل متزامن عن بُعد، من خلال منصة مدرستي، ولكل طالبة في المنصة ملف خاص بها، يحوي أوراق العمل والمهام المطلوبة منها، مع إمكانية تقسيم الطالبات إلى مجموعات في الفصول الافتراضية، وتطبيق الاختبارات عن بُعد عبر المنصة.

وأدى هذا الوضع القائم في المدارس إلى تطبيق أداة البحث (الاختبار التحصيلي) البعدي بشكل

يبين الجدول (5) أن معاملات الثبات للمستويات، تراوحت بين (0.771 - 0.812)، وللاختبار كله (0.856)، وهي قيم مرتفعة. ولمزيد من التحقق من ثبات الأسئلة المقالية؛ صُححت الإجابات في ضوء سلم تقدير، وبعد مرور أربعة عشر يومًا، أعيد تحليل الإجابات، ثم طُبقت معادلة كوبر؛ وذلك بقسمة عدد الطالبات في العينة الاستطلاعية المتفق على تصحيح إجاباتهم (27 طالبة) على عدد الطالبات الكلي (30 طالبة)، وبلغ معامل الثبات (90%) .

سياق تطبيق البحث ومحدداته:

طبق البحث ميدانيًا خلال فترة التعافي من جائحة كورونا، التي كان التعليم المتزامن (حضورًا وعن بُعد) هو المعتمد في المدارس التي يتجاوز فيها عدد الطلاب في الصف الواحد (20) طالبًا،

المجموعة التجريبية (حضورى وعن بُعد)؛ وهدف هذا الإجراء إلى تعرّف هل أثّر إجراء الاختبارات حضورياً أو عن بُعد على أداء الطالبات. ولنعرف ما إذا كانت هناك فروق في درجات الاختبار التحصيلي بين طالبات فرقتي المجموعة الضابطة (حضورى وعن بُعد)؛ استُخدم اختبار مان ويتني (Mann-Whitney)، ويبين الجدول (6) نتائج هذا الاختبار:

متزامن حضورياً وعن بُعد على طالبات المجموعتين التجريبية والضابطة، فأصبح لدينا فرقتان في المجموعة التجريبية (حضورى وعن بُعد)، وفرقتان في المجموعة الضابطة (حضورى وعن بُعد). وللتحقق من تكافؤ فرقتي المجموعات في الاختبار التحصيلي البعدي؛ أُجري اختبار فروق بين فرقتي المجموعة الضابطة (حضورى وعن بُعد)، وكذلك بين فرقتي

جدول (6): نتائج اختبار مان ويتني بين طالبات فرقتي المجموعة الضابطة (حضورى وعن بُعد)

المستويات	نوع الاختبار	العدد	متوسط الرتب	مجموع الرتب	قيمة (Z)	قيمة الدلالة
مستوى التذكر والتكرار (التذكر) عن بُعد	حضورى	١٩	١٤.٣٩	٢٧٣.٥٠	١.٦١	٠.١٠٧
	١٣	١٩.٥٨	٢٥٤.٥٠			
مستوى المهارات والفهم الفهم	حضورى	١٩	١٦.٥٨	٣١٥.٠٠	٠.٠٦	٠.٩٥٣
	عن بُعد	١٣	١٦.٣٨	٢١٣.٠٠		
التطبيق	حضورى	١٩	١٥.٨٧	٣٠١.٥٠	٠.٤٨	٠.٦٢٨
	عن بُعد	١٣	١٧.٤٢	٢٢٦.٥٠		
التحليل	حضورى	١٩	١٤.٥٠	٢٧٥.٥٠	١.٥٥	٠.١٢٠
	عن بُعد	١٣	١٩.٤٢	٢٥٢.٥٠		
الدرجة الكلية	حضورى	١٩	١٥.٥٨	٢٩٦.٠٠	٠.٦٨	٠.٤٩٩
	عن بُعد	١٣	١٧.٨٥	٢٣٢.٠٠		
مستوى التفكير الإستراتيجي (الفهم) عن بُعد	حضورى	١٩	١٦.٦٣	٣١٦.٠٠	٠.١٠٠	٠.٩٢٠
	١٣	١٦.٣١	٢١٢.٠٠			
الدرجة الكلية للاختبار التحصيلي عن بُعد	حضورى	١٩	١٤.٧٦	٢٨٠.٥٠	١.٢٨	٠.٢٠٢
	١٣	١٩.٠٤	٢٤٧.٥٠			

لتعرّف ما إذا كانت هناك فروق في درجات الاختبار التحصيلي البعدي بين طالبات فرقتي المجموعة التجريبية (حضورى وعن بُعد)؛ استُخدم اختبار مان ويتني (Mann-Whitney)، ويبين الجدول (7) نتائج هذا الاختبار:

جدول 7: نتائج اختبار مان ويتني بين طالبات فرقتي المجموعة التجريبية (حضورى، وعن بُعد)

المستويات	نوع الاختبار	العدد	متوسط الرتب	مجموع الرتب	قيمة (Z)	قيمة الدلالة
مستوى التذكر والتكرار عن بُعد	حضورى	٢٣	١٩.١٧	٤٤١.٠٠	٠.٥٤١	٠.٥٨٩
	١٣	١٧.٣١	٢٢٥.٠٠			
مستوى المهارات والفهم	حضورى	٢٣	٢٠.٢٨	٤٦٦.٥٠	١.٣٧٥	٠.١٦٩
	عن بُعد	١٣	١٥.٣٥	١٩٩.٥٠		
	حضورى	٢٣	١٦.٥٩	٣٨١.٥٠	١.٩٧٤	٠.١٣١
	عن بُعد	١٣	٢١.٨٨	٢٨٤.٥		
	حضورى	٢٣	١٩.٠٧	٤٣٨.٥٠	٠.٤٥٩	٠.٦٤٦
	عن بُعد	١٣	١٧.٥٠	٢٢٧.٥٠		
	حضورى	٢٣	١٨.٧٠	٤٣٠.٠	٠.١٣٤	٠.٨٨١
	عن بُعد	١٣	١٨.١٥	٢٣٦.٠		
	حضورى	٢٣	٢٠.٧٤	٤٧٧.٠٠	١.٧٢٨	٠.٠٨٤
	١٣	١٤.٥٤	١٨٩.٠٠			
	حضورى	٢٣	١٩.٨٥	٤٥.٥٠	٠.٨٤٥	٠.٣٠٥
	١٣	١٦.١٢	٢٠٩.٥٠			

الضابطة (حضورى ، وعن بُعد)، كمجموعة واحدة في الإجابة عن سؤال البحث.

النتائج:

للإجابة عن سؤال البحث الذي ينص على «ما أثر نموذج تدريس الفيزياء، القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي على مستوى التحصيل الدراسي لدى طالبات المرحلة الثانوية؟»؛ حسبت المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لدرجات الاختبار للمجموعتين التجريبية والضابطة. وللتأكد من دلالة الفرق بين المتوسطات؛ استخدم اختبار (ت) لعينتين مستقلتين (elpmas tnednepdni) (tset-t)، وظهرت النتائج الموضحة في الجدول (8).

يتضح من الجدول (7) عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين رتب درجات الاختبار التحصيلي البعدي لدى طالبات فرقتي المجموعة الضابطة (حضورى ، وعن بُعد)، وفرقتي المجموعة التجريبية (حضورى ، وعن بُعد)، سواء على مستوى الدرجة الكلية، أم على مستويات الاختبار الفرعية، المتمثلة في التذكر والتكرار (التذكر) - المهارات والفهم (الفهم، التطبيق، التحليل) - التفكير الإستراتيجي (الفهم). وهذا يدل على أن إجراء الاختبار حضورياً، أو عن بُعد لم يؤثر في درجات الطالبات؛ وعلى ذلك، جرى التعامل مع درجات فرقتي المجموعة التجريبية (حضورى ، وعن بُعد) بشكل مدمج كمجموعة واحدة، وكذلك جرى التعامل مع فرقتي المجموعة

جدول (8): نتائج اختبار (ت) لعينتين مستقلتين للفروق بين متوسطات درجات المجموعتين التجريبيّة والضابطة

المستويات	المجموعة	العدد	الدرجة العظمى	متوسط حسابي	انحراف معياري	قيمة (ت)	قيمة الدلالة *	معامل كوهين	حجم الأثر **
التذكر والتكرار (التذكر) تجريبية	ضابطة	32	3	1.44	0.98	0.02	0.60	0.13	---
	36		1.06	0.88					
المهارات والفهم	ضابطة	32	9	4.69	1.09	0.73	0.47	0.11	---
	تجريبية	36		5.00	1.06				
	ضابطة	32	4	1.19	0.93	1.79	0.08	0.10	---
	تجريبية	36		1.64	0.58				
	ضابطة	32	2	1.00	0.79	0.67	0.51	0.16	---
	تجريبية	36		1.13	0.76				
	ضابطة	32	15	7.00	0.20	1.04	0.30	0.12	---
	تجريبية	36		7.64	2.05				
	ضابطة	32	4	1.53	0.74	2.57	0.01	0.89	كبير
	36		2.39	0.70					
	ضابطة	32	22	9.97	2.56	1.78	0.07	0.18	---
	36		11.58	3.09					

* مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$).

** إذا كانت قيمة كوهين 0.2 صغيرة، 0.5 متوسطة، و0.8 كبيرة، (عفانة، 2017م).

(0.52)، وهو فرق غير دال إحصائياً عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$).

كما تُبين النتائج بالجدول (8) أنه لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات الطالبات في المجموعتين التجريبية والضابطة فيما يتعلق بمستوى المهارات والفهم (الفهم، التطبيق، التحليل)، حيث بلغت متوسطات درجات المجموعة التجريبية على التوالي (5.00)، (1.64)، (1.00)، ومتوسطات درجات المجموعة الضابطة على التوالي، (4.69)، (1.19)، (1.13) من أصل (9)، (4)، (2)، وهي الدرجات

يتضح من الجدول (8) أنه توجد فروق ظاهرية في المتوسطات لصالح المجموعة التجريبية في جميع المستويات، إلا أنها لم تكن دالة إحصائياً إلا في مستوى التفكير الإستراتيجي فقط. وبيّنت النتائج أنه لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات الطالبات في المجموعتين التجريبية والضابطة، فيما يتعلق بمستوى التذكر والتكرار (التذكر)، حيث بلغ متوسط درجات المجموعة التجريبية (1.56)، ومتوسط درجات المجموعة الضابطة (1.44) من أصل (3) درجات، وهي الدرجة العظمى لهذا المستوى، وقيمة (ت) للفروق بين المتوسطين، بلغت

يمكن تفسير سبب عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات درجات المجموعتين في الاختبار التحصيلي بشكل عام إلى أسباب، منها: أن النموذج طُبّق على وحدة تعليمية واحدة فقط (الضوء)، إضافة إلى أن تطوير الوحدة، اقتصر على معالجة خمسة مفاهيم، يقوم عليها بناء التحدي الهندسي، وهي: طبيعة الضوء، والانعكاس، وشدة الاستضاءة، والانكسار، والانعكاس الكلي الداخلي. ولم يكن من الممكن زيادة عدد التحديات الهندسية؛ نظراً للالتزام بالخطّة الزمنية المقررة، في حين تناول الاختبار التحصيلي جميع المفاهيم الواردة في وحدة الضوء بالكتاب المدرسي.

على الرغم من عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات درجات المجموعتين في الدرجة الكلية للاختبار التحصيلي الدراسي، فإن النتائج أظهرت أن هناك أثراً كبيراً جداً للنموذج المقترح على تنمية التحصيل الدراسي فيما يتعلق بمستوى التفكير الإستراتيجي (فهم) لدى طالبات المجموعة التجريبية. ويمكن أن تفسر هذه النتيجة بأنها قد تعود لطبيعة الأسئلة في هذا المستوى، فالأسئلة كانت من نوع الأسئلة المقالية التي أعطت الطالبة فرصة أكبر في التعبير عن فهمها، إضافة إلى أنها قاست مفاهيم من المفاهيم التي تناولتها الأنشطة المطورة في وحدة الضوء، هما: طبيعة الضوء، وشدة الاستضاءة. وهذا لا يعني أن طالبات المجموعة الضابطة، لم يتعرضن للخبرة نفسها التي تناولها السؤال المتعلق بشدة الاستضاءة؛ فلقد وُضِع الكتاب المدرسي في فقرة تطبيق الفيزياء تحت عنوان (العقول المستتيرة) أنه «عند اتخاذ القرارات في طريقة تحقيق الاستضاءة الصحيحة على سطوح مقاعد الطلاب، يتعين على المهندسين المعماريين أن

العظمى على التوالي للمستويات الفرعية في مستوى المهارات والفهم، وقيمة (ت) للفروق بين المتوسطات، بلغت (0.67)، (1.79)، (0.73)، وهي فروق غير دالة إحصائياً عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$).

كما يتضح من الجدول (8) أنه توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات الطالبات في المجموعتين التجريبية والضابطة في التحصيل الدراسي، فيما يتعلق بمستوى التفكير الإستراتيجي (الفهم)، لصالح المجموعة التجريبية، حيث بلغ متوسط درجات المجموعة التجريبية (2.39)، ومتوسط درجات المجموعة الضابطة (1.53) من أصل (4) وهي الدرجة العظمى لمستوى التفكير الإستراتيجي (الفهم)، وقيمة (ت) للفروق بين المتوسطين، بلغت (2.57)، وهو فرق دال إحصائياً عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$)، وأن حجم الأثر الناجم عن توظيف نموذج التدريس المقترح على مستوى التفكير الإستراتيجي في التحصيل كان كبيراً جداً على طالبات المجموعة التجريبية، حيث يرجع (0.89) من التباين الكلي في درجة مستوى التفكير الإستراتيجي في التحصيل إلى تأثير المتغير المستقل، وهو استخدام نموذج التدريس المقترح.

وبين الجدول (8) أنه لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات الطالبات في المجموعتين التجريبية والضابطة في الدرجة الكلية للتحصيل الدراسي، حيث بلغ متوسط درجات المجموعة التجريبية (11.58)، ومتوسط درجات المجموعة الضابطة (9.97) من أصل الدرجة الكلية (22)، وقيمة (ت) للفروق بين المتوسطين، بلغت (1.87)، وهو فرق غير دال عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$).

تحدّ هندسي، في حين الدراسات الأخرى، تبنت مدخل تعليم ستييم الذي يقوم على التكامل بين كل أو بعض المواد الأربعة: العلوم، والتقنية، والهندسة، والرياضيات. أيضًا يعدُّ هذا البحث الخبرة الأولى للطالبات مع التصميم الهندسي؛ مما يتطلب تعميق الخبرة لفترات أطول؛ لتتمكن الطالبات من تطبيقه، ثم يتوقع زيادة أثره على تحصيليهن مع مضي الوقت وزيادة الخبرة، كما أن النموذج طبق على مفاهيم محدودة في وحدة الضوء.

واختلفت -أيضًا- نتيجة البحث الحالي مع دراسة هرناندز وزملائه (Hernandez et al., 2014) التي طبقت على خمس مدارس ثانوية في ولاية كولورادو، وكشفت عن الأثر الإيجابي لاستخدام التحديات الهندسية على نمو فهم الطلاب للمفاهيم العلمية؛ وقد يعود السبب إلى أن الدراسة لم تعتمد على الأساليب الكمية في قياس التحصيل الدراسي، وإنما استخدمت الأدوات النوعية، كالملاحظة داخل الفصول، والمقابلات مع الطلاب.

يأخذوا بعين الاعتبار التدفق الضوئي للضوء، ويُعدّ المصادر الضوئية عن سطوح المقاعد، كما تعدُّ كفاءة المصادر الضوئية عاملاً اقتصادياً مهماً». وكان نص السؤال المطروح عن شدة الاستضاءة في الاختبار التحصيلي «درست قانون التربيع العكسي في الضوء، وضّحي كيف يمكن التحكم في شدة الاستضاءة الواقعة على اثاث الغرفة؟». فالمعرفة توافرت لدى طالبات المجموعتين التجريبية والضابطة، لكن ظهر تفوق طالبات المجموعة التجريبية في الإجابة عن السؤال؛ قد يعود ذلك إلى أن التصميم الهندسي، ساعد على تعزيز التعلم ذي المعنى، من خلال توظيف المفاهيم العلمية في حل مشكلات واقعية، تمرُّ بها الطالبة.

اتفقت نتيجة هذا البحث بعدم وجود فروق دالة إحصائية بشكل عام مع دراسة جاهان (Jahan, 2018) التي بيّنت أنه لا يوجد فرق بين درجات اختبار تحديد المستوى المتقدم AP Advanced Placement للطالب الذين درسوا دورات PLTW ونتائج اختبار AP للطلاب الذين لم يأخذوا أي دورة PLTW، ولكن اختلفت مع نتائج دراسة كل من: (Cevik, 2018; Ero-، 2019؛ Gulen & Yaman, 2019؛ glu & Bektaş, 2022)، ومع نتائج الدراسات المحلية أيضًا، كدراسة (النجار، 2017م؛ الشايع وآخرين، 2019م؛ الشايب، 2019م؛ العلي، 2015م؛ العنزي، 2020م، وشعيرة وآخرين، 2020م) التي توصلت لنتائج إيجابية على مستوى التحصيل الدراسي للطلاب؛ نتيجة لاستخدام مدخل تعليم ستييم القائم على المشروع، أو القائم على دورة التعلم، أو القائم على استخدام حجج تولين. وقد يكون سبب اختلاف نتيجة البحث الحالي عن الدراسات السابقة، هو أن هذا البحث، ركز على مبدأ التعلم القائم على التصميم، من خلال تبني

التوصيات والمقترحات:

في تقديم التحديات الهندسية لمفاهيم أخرى.

- دراسة معمقة بمنهجية طريقة (Re- Qualitative search) عن دور النموذج في تعزيز التحصيل الدراسي والتعلم العميق للطلاب، وباستخدام أدوات بحثية معمقة، مثل: الملاحظة المركزة، والمقابلات الصفية، وتحليل الحوارات الصفية بين الطلاب ومعلمهم، والطلاب فيما بينهم، وتحليل أوراق العمل والأنشطة.

- دراسة دور النموذج المقترح (نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي والمقترح من الدوسري والشايع (2023م/أ) على متغيرات أخرى، مثل: مهارات التفكير التصميمي، مهارات التفكير فوق المعرفي، المهارات الناعمة.

في ضوء ما توصلت إليه الدراسة من نتائج، فإنه

يمكن تقديم التوصيات الآتية

- تبني تعليم التصميم الهندسي بما يضمن التكامل بين المعرفة بمحتوى الفيزياء؛ مما يستوجب التركيز على عدد محدود من الأفكار الأساسية للسماح بالتعلم العميق.
- تبني وحدة الضوء التي طورتها الدراسة الحالية «الإضاءة النهارية في المباني العمرانية».

كما تقترح الدراسة مواصلة البحث في الآتي:

- إعادة تطبيق الدراسة في ظروف أفضل، بعد زوال جائحة كورونا، ومراعاة التغلب على المحددات وأوجه القصور التي صاحبت تطبيق هذا البحث، وخاصة الفقد في العينة، مع التوسع

المراجع:

قائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل في تعزيز الفعالية الذاتية للتصميم الهندسي لدى طالبات المرحلة الثانوية. بحث مقبول للنشر في مجلة دراسات العلوم التربوية، الجامعة الأردنية.

- برنامج تنمية القدرات البشرية. (2021م). الوثيقة الإعلامية لبرنامج تنمية القدرات البشرية (2021- 2025). <https://www.vision2030.gov.sa/ar/v2030/vrps/hcdp>

- تيغزة، أمحمد بوزيان (2009م، يناير-25). نظرية الصدق الحديثة ومتضمناتها التطويرية لواقع القياس. علم النفس والتنمية الفردية والمجتمعية

- إدارة قياس التحصيل المعرفي. (2022م). الدليل الفني للاختبارات الدولية والتحصيلية للعام الدراسي 1443هـ. وزارة التعليم.

- الدوسري، مشاعل عبد الله والشايع، فهد سليمان. (2023م/أ). نموذج مقترح لتدريس الفيزياء قائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي. بحث مقبول للنشر في مجلة دراسات في المناهج وطرق التدريس، الجمعية المصرية للمناهج وطرق التدريس.

- الدوسري، مشاعل عبد الله والشايع، سليمان فهد. (2023م/ب). دور نموذج تدريسي للفيزياء

(ندوة). جامعة الملك سعود، كلية التربية.

○ جعفر، ربيعة (2012م). مفهوم الصدق في الاختبارات التحصيلية: الخاصية أو المشكل. مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، ١٦، ٢١٩-٢٣٨.

○ الحربي، عبد الله بن عواد. (٢٠١٩م). نموذج مقترح لتعليم المفاهيم الكيميائية والقائم على منحنى التكامل بين العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM في تعليم الكيمياء بالمرحلة الثانوية. مجلة العلوم التربوية والنفسية، ١٣(١)، ١٩٤-٢١٢.

○ الدوسري، إبراهيم مبارك. (٢٠٠٠م). الإطار المرجعي للتقويم التربوي (ط٢). مكتب التربية العربي لدول الخليج، الرياض.

○ الراشدية، فاطمة حمد. (٢٠١٩م). أثر تدريس العلوم باستخدام التصميم الهندسي في اكتساب المفاهيم المشتركة ومهارات التصميم الهندسي لدى طالبات الصف التاسع الأساسي. [رسالة ماجستير، جامعة السلطان قابوس].

○ رؤية المملكة العربية السعودية 2030م. (2015م). برنامج التحول الوطني 2020م.

○ الزغلول، عماد عبد الرحيم، والمحاميد، شاكراً. (٢٠٠٧م). سيكولوجية التدريس الصفّي (ط١). دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.

○ الشايع، فهد بن سليمان. (٢٠١٩م، أبريل ١٦). التصميم التجريبي المحددات والمحددات (فيديو). يوتيوب. <https://www.youtube.com/watch?v=nyf-ZL9bD0Cw>

○ الشايع، فهد، الأسمرى، حسين، القحطاني، حمد. (٢٠١٨م). أثر تدريس العلوم وفق مدخل

العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (STEM) على التحصيل الدراسي والتفكير الإبداعي لطلاب الصف الأول المتوسط بمدينة الرياض. مجلة جامعة الباحة للعلوم الإنسانية، (١٥)، ٩٤-١١٧.

○ شركة تطوير للخدمات التعليمية. (٢٠١٧م). مبادرة تطوير العلوم والتقانة والهندسة والرياضيات- الإطار العام والحوكمة. إدارة المعايير والمحتوى.

○ شعيرة، سهام محمد، أحمد، أبو السعود، درويش، رضا عبدالقادر، وجاد، الشافعي عبد الخالق (٢٠٢٠م). وحدة مقترحة في الأحياء قائمة على التكامل بين العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM) لتنمية التحصيل الدراسي ومهارات الاستقصاء العلمي لدى طلاب الصف الأول الثانوي. مجلة كلية التربية ببنها. ٥(١٢٣)، ٣٠-٢.

○ الشيايب، معن قاسم. (٢٠١٩م). أثر توظيف الممارسات العلمية والهندسية في تنمية فهم طبيعة العلم وتحسين مستوى التحصيل الدراسي لدى طلبة الصف الثالث المتوسط في مادة العلوم. مجلة الجامعة الإسلامية للدراسات التربوية والنفسية، ٢٨(٢)، ٢٢٣-٢٥٠.

○ عفانه، عزو (٢٠١٧م). قياسات حجم التأثير والإحصاء الاستدلالي في البحوث التربوية والنفسية. دار خطاب للنشر والتوزيع.

○ العلي، إلهام يوسف (٢٠١٥م). أثر إستراتيجية التعلم القائم على المشروع (PBL) في تنمية مهارات التفكير الإبداعي والتحصيل الدراسي والاتجاهات نحو مادة العلوم لطالبات الصف الثالث متوسط بمنطقة تبوك [رسالة دكتوراه، الجامعة الأردنية].

- al-Tarbiyah al-‘Arabī li-Duwal al-Khalīj.. [in Arabic]. al-Rāshidīyah, Fāṭimah Ḥamad. (2019). Athar tadrīs al-‘Ulūm bi-istikhdām al-taṣmīm al-Handasī fī iktisāb al-mafāhīm al-mushtarakah wa-mahārāt al-taṣmīm al-Handasī ladā ṭālibāt al-ṣaff al-tāsi‘ al-asāsī. [Risālat mājistīr, Jāmi‘at al-Sulṭān Qābūs]. [in Arabic].
- al-‘Alī, Ilhām Yūsuf (2015). Athar istirātījīyah al-ta‘allum al-qā‘im ‘Alī al-mashrū‘ (PBL) fī Tanmiyat mahārāt al-tafkīr al-ibdā‘ī wa-al-taḥṣīl al-dirāsī wa-al-ittijāhāt Naḥwa māddat al-‘Ulūm lṭālibāt al-ṣaff al-thālith mutawassiṭ bi-Miṭṭaqat Tabūk [Risālat duktūrāh, al-Jāmi‘ah al-Urdunīyah]. Qā‘idat ma‘lūmah al-Manzūmah. [in Arabic].
 - al-‘Anzī, Amal. (2020). The Effectiveness of Proposed Science Activities Based on The STEM Approach in Developing the Achievement and Ability to Solve Scientific Problems Among Intermediate Third-Grade Female Students. Majallat Kulīyat al-Tarbiyah, Banhā, 5 (123), 383-418. [in Arabic].
 - Aldahmash, A. H., Alamri, N. M & Aljallal, M. A. (2019). Saudi Arabian science and mathematics teachers’ attitudes toward integrating STEM in teaching before and after participating in a professional development program. Cogent Education, 6, 1-21.
 - al-Najjār, Fāṭin Fu‘ād. (2017). fā‘iliyat alḥqā‘b al-Tadrībīyah al-qā‘imah ‘alā manḥā STEM bālmarākz al-‘Ilmīyah fī Tanmiyat ‘Ādāt al-‘aql wa-al-taḥṣīl al-dirāsī li-talāmīdh al-ṣaff al-sādis al-ibtidā‘ī bi-Muḥāfaẓat Jiddah [Waraqah ‘ilmīyah]. al-Mu‘tamar al-tarbawī al-dawī al-Awwal lil-Dirāsāt al-Tarbawīyah wa-al-nafsīyah : Naḥwa ru‘yah ‘aṣrīyah li-wāqī‘ al-taḥaddiyāt al-Tarbawīyah wa-al-nafsīyah, Jāmi‘at al-Madīnah al-‘āliyyat-Kulīyat al-Tarbiyah, sylānjwr, Māliziya. [in Arabic].
 - Alshaya, Fahad., Al-Asmari, Hussain., & Al-Qa-
 - العنزي، أمل فالح. (٢٠٢٠م). فاعلية أنشطة مقترحة في العلوم قائمة على منحى (STEM) في تنمية التحصيل والقدرة على حل المشكلات العلمية لدى طالبات الصف الثالث المتوسط. مجلة كلية التربية بينها. ٥ (١٢٣)، ٣٨٣ – ٤١٨.
 - النجار، فاتن فؤاد. (٢٠١٧م). فاعلية الحقائق التدريسية 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.
 - هيئة تقويم التعليم والتدريب. (٢٠١٩م). الإطار التخصصي لمجال تعلّم العلوم الطبيعية.
 - هيئة تقويم التعليم والتدريب. (2021م). تقرير تيمز ٢٠١٩م: نظرة أولية في تحصيل طلبة الصفين الرابع والثاني المتوسط في الرياضيات والعلوم بالمملكة العربية السعودية في سياق دولي.
 - وزارة التعليم (٢٠٢٢م). الأدلة الإرشادية لنظام المسارات التعليم الثانوي. الرياض: وزارة التعليم.

المراجع الأجنبية:

- Al Harbi, Abdullah Awad. (2019). A proposal model for learning Chemical Concepts based on-the trend integration between Science, Technology, Engineering and Mathematic(STEM) in secondary school. Majallat al-‘Ulūm al-Tarbawīyah wa-al-nafsīyah, 13 (1), 194-212. [in Arabic].
- al-Dawsarī, Ibrāhīm Mubārak. (2000). al-iṭār al-marji‘ī lil-taqwīm al-tarbawī (T. 2). Maktab

school science classrooms [presented paper].2018 ASEE Annual Conference & Exposition, American Society for Engineering Education, Salt Lake City, USA.

- Bybee, R. W. (2014). NGSS and the next generation of science teachers, *Journal of science teacher education*, 25 (2), 211-221.
- Çevik, M. (2018). Impacts of the project based (PBL) science, technology, engineering and mathematics (STEM) education on academic achievement and career interests of vocational high school students. *Pegem Eğitim ve Öğretim*, 8(2), 281-306.
- Eisenkraft, A. (Ed.)(2011) .. Engineering design challenges in a science curriculum. National Center for Engineering and Technology Education.
- Eroğlu, S.& Bektaş,O.(2022). The effect of 5E-based STEM education on academic achievement, scientific creativity, and views on the nature of science. *Learning and Individual Differences*, 98, 102-181.
- 'Fānh, 'Izzū (٢٠١٧). qiyāsāt ḥajm al-ta'thūr wa-al-ḥṣā' al-istidlālī fī al-Buḥūth al-Tarbawīyah wa-al-naḥṣīyah. Dār Khattāb lil-Nashr wa-al-Tawzī'. [in Arabic].
- Gay, L.R., Mills, Geoffrey E. & Airasian, Peter (2012). *Educational research: competencies for analysis and applications* (10th ed). Pearson.
- Grubbs, Michael & Strimel, Greg. (2015). Engineering Design: The Great Integrator. *Journal of STEM Teacher Education*, 50 (1), 77-90.
- Gülen, S. & Yaman, S. (2019). The Effect of Integration of STEM Disciplines into Toulmin's Argumentation Model on Students' Academic Achievement, Reflective Thinking, and Psychomotor Skills. *Journal of Turkish Science Education*, 16(2), 216-230.
- htani, Hamad. (2018). Effect of Teaching Science Using Science Technology Engineering and Mathematics STEM Approach on Academic Achievement and Creative Thinking for 7th Grade Students in Riyadh City. *Al-Baha University Scientific Journal for Humanities*, (15), 94-117. [in Arabic].
- Alshaya, Fahad. (2019, April 16). al-taṣmīm al-ta-jrībī al-Muḥaddidāt wālmhddāt [fydyw]. youtup. <https://www.youtube.com/watch?v=nyfZL9bD-0Cw> [in Arabic].
- al-Shayyāb, Ma'n . (2019). The Effect of Employing Science and Engineering Practices on the Development of Nature of Science Understanding and Improvement the Level of Achievement Among Third Intermediate Class Students. *The Islamic University Journal of Educational and Psychology Studies*, 28 (2), 223-250. [in Arabic].
- Alzghlwl, 'Imād 'Abd al-Raḥīm, wālmḥāmyd, Shākir. (2007). Saykūlūjīyat al-tadrīs al-Ṣafī (T. 1). Dār al-Masīrah lil-Nashr wa-al-Tawzī' wa-al-Ṭibā'ah. [in Arabic].
- 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.
- Barnāmaj Tanmiyat al-qudrāt al-basharīyah. (2021). al-wathīqah al-I'lāmīyah li-Barnāmaj Tanmiyat al-qudrāt al-basharīyah (2021-2025). [in Arabic].
- Barry, K. L. (2018). Acting like an engineer in high school [Doctoral dissertation, California University]. ProQuest Dissertations Publishing.
- 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

- doscope: Educator Voices and Perspectives, 1(2), 19-24.
- Jolly, A.(2016). STEM by design strategies and activities for grades 4-8. NewYork: Routlegd Taylor and Francis Group Ltd.
 - 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.
 - Macalalag, A.& Tirthali, D. (2010). Teacher professional development in elementary schools: Improving student achievement through science and engineering. p-12 Engineering and Design Education Research Summit Seaside.
 - 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.
 - Purzer, S. (2017). Engineering Approaches to Problem Solving and Design in Secondary School Science: Teachers as Design Coaches. A Paper Commissioned by the National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine Science Investigations and Engineering Design for Grades 6-12.
 - Rw'yh al-Mamlakah al-'Arabīyah al-Sa'ūdīyah 2030. (2015). Barnāmaj al-taḥawwul al-Waṭanī 2020. [in Arabic].
 - Senider, C. (2012). Core Ideas of Engineering and
 - Hay'at Taqwīm al-Ta'līm wa-al-Tadrīb. (2019). al-iṭār althkḥṣy Imjāl ta'allum al-'Ulūm al-ṭabī'īyah.
 - Hay'at Taqwīm al-Ta'līm wa-al-Tadrīb. (2021). taqrīr tymz 2019 : naẓrah awwalīyah fī taḥṣīl ṭalabat al-ṣaffayn al-rābi' wa-al-thānī al-Mutawassīṭ fī al-riyāḍīyāt wa-al-'Ulūm bi-al-Mamlakah al-'Arabīyah al-Sa'ūdīyah fī siyāq duwalī. [in Arabic].
 - Hernandez, P., Bodin, R., Elliott, J., Ibrahim, B., Rambo-Hernandez, K., Chen, T., & De Miranda, M. (2014). Connecting the STEM dots: Measuring the effect of an integrated engineering design intervention. International Journal of Technology and Design Education, 24, 107- 120.
 - Hess, K. (2006). Exploring cognitive demand in instruction and assessment. National Center for the Improvement of Educational Assessment, Dover NH.
 - Hynes, Morgan, Portsmouth, Merredith, Dare, Emily, Milto, E., Rogers, Chris, Hammer, David & Carberry, Adam. (2011). Infusing Engineering Design into High School STEM Courses.
 - Idārat Qiyās al-taḥṣīl al-ma'rifī. (2022). al-Dalīl al-Fannī llākhtbārāt al-Dawlīyah wālthṣylyh lil-'ām al-dirāsī 1443h. Wizārat al-Ta'līm. [in Arabic].
 - Ja'fūr, Rabī'ah (2014). Mafhūm al-ṣidq fī al-ikhtibārāt althṣylyh : al-Khāṣṣīyah aw al-mushkil. Majallat al-'Ulūm al-Insānīyah wa-al-Ijtīmā'īyah, 16, 219-238. [in Arabic].
 - Jahan, A. (2018). Impact of project lead the way™ engineering program on student achievement [Doctoral dissertation, Lamar University]. ProQuest Dissertations Publishing.
 - Johnson, K., Murphy, S., O'Hara, C., & Shirey, K. (2015). Four phases of the engineering design process in math and science classrooms. Kalei-

Technology. Science Teacher, 79 (1), 32-36.

- Sha'irat, Sihām Muḥammad, Aḥmad, Abū al-Sa'ūd, Darwīsh, Riḍā 'Abd-al-Qādir, wjād, al-Shāfi'ī 'Abd al-Khāliq (2020). A Suggested Unit in Biology Based on the Integration between Science, Technology, Engineering and Mathematics "STEM" For Developing the First-Grade Secondary Stage Students' Achievement and Scientific Inquiry Skills. Majallat Kullīyat al-Tarbiyah bb-nhā. 5 (123), 2-30. [in Arabic].
- Sharikat taṭwīr lil-Khidmāt al-ta'limīyah. (2017). Mubādarat taṭwīr al-'Ulūm wa-al-tiqānah wa-al-handasah wālryāḍyāt-al-īṭār al-'āmm wa-al-ḥawkamah. Idārat al-ma'āyir wālmḥtwā. [in Arabic].
- Shirey, K. L. (2017). "How do we make this happen?" teacher challenges and productive resources for integrating engineering design into high-school physics [Doctoral dissertation, Maryland University]. ProQuest Dissertations Publishing.
- Webb, N. (2002) "Depth-of-Knowledge Levels for four content areas" unpublished paper.
- Webb, Norman. (1997). Criteria for Alignment of Expectations and Assessments in Mathematics and Science Education. National Institute for Science Education University of Wisconsin-Madison. Council of Chief State School Officers Washington, DC.
- Wizārat al-Ta'lim (2022). al-adillah al-irshādīyah li-nizām al-masārāt al-Ta'lim al-thānawī. al-Riyād : Wizārat al-Ta'lim. [in Arabic].
- yghzh, Amḥammad Būziyān (2009, ynāyr-25). Nazarīyat al-ṣidq al-ḥadīthah wmtqdmnāthā al-taṭwīriyah li-wāqī' al-qiyās. 'ilm al-nafs wa-al-tanmiyah al-fardīyah wa-al-mujtama'īyah [Nadwat]. Jāmi'at al-Malik Sa'ūd, Kullīyat al-Tarbiyah. [in Arabic].