DOI: http://dx.doi.org/10.24200/jeps.vol14iss2pp362-380

فاعلية التصميم الهندسي في تنمية عادات العقل الهندسية لدى طالبات الصف الثامن من التعليم الأساسي في سلطنة عمان

مروة بنت محمد الهنائية* وسليمان بن محمد البلوشي وعبد الله بن خميس أمبوسعيدي
وزارة التربية والتعليم، سلطنة عمان جامعة السلطان قابوس، سلطنة عمان

استُلم بتاريخ: ٢٠١٩/٩/٢٥ قُبل بتاريخ: ٢٠٢٠/٣/٤

ملخص: هدفت الدراسة الحالية إلى تقصي أثر التصميم الهندسي في تنمية عادات العقل الهندسية لدى طالبات الصف الثامن الأساسي في سلطنة عمان، وتم استخدام المنهج شبه التجريبي، وتكونت عينة الدراسة من ٤٨ طالبة توزعن على مجموعتين، تجريبية ضمت ٢٣ طالبة تم إلحاقهن ببرنامج خاص بالتصميم الهندسي، ومجموعة ضابطة لم يتم اضافة أي برنامج خاص بالتصميم الهندسي لها وتكونت من ٢٥ طالبة، وكشفت النتائج الكمية عن وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ٠,٠٥ بين متوسطات أداء طالبات المجموعتين الضابطة والتجريبية في عادات التعرف على المشكلة، والتحسين والتطوير، والتفكير المنظومي لصالح المجموعة التجريبية في مقياس عادات العقل الهندسية، بينما لم تظهر فروق دالة إحصائيا بين متوسطات أداء المجموعتين في عادات التصور، والإبداع في حل المشكلات، والقدرة على التكيف. كما أشارت البيانات النوعية إلى نتائج مشابهة إلى حد كبير، حيث توصلت إلى أن بعض عادات العقل الهندسية تمت تنميتها من خلال برنامج التصميم الهندسي بشكل واضح، كعادة التعرف على المشكلة. وفي ضوء النتائج خلصت الدراسة إلى مجموعة من التوصيات، منها: ضرورة الاهتمام بدمج التصميم الهندسي في مناهج العلوم بهدف تنمية عادات العقل الهندسية، فبعض هذه العادات يمكن تنميتها من خلال التحديات الهندسية: كعادة التعرف على المشكلة والتحسين والتطوير، كما اقترحت الدراسة إجراء بحوث مسحية حول أكثر عادات العقل الهندسية الأكثر انتشاراً لدى الطلبة.

كلمات مفتاحية: التصميم الهندسي، عادات العقل الهندسية.

The Effectiveness of Engineering Design in Developing Engineering Habits of Mind among Eight Grade Students in Sultanate of Oman

Marwa.M. Al Hinai*, Sulaiman. M. Al Balushi & Abdulla. K. Ambusaidi
Ministry of Education, Sultanate of Oman Sultan Qaboon University, Sultanate of Oman

Abstract: This research investigates the effect of engineering design on the development of the engineering habits of mind among eighth grade students in the Sultanate of Oman. The study adopted the semi-experimental research design. The study sample had two experimental groups; the first group (23 students) was enrolled in a special program of engineering design; and the second group was a control group (25 students) which had not participated in any engineering design programs. The quantitative results revealed statistically significant differences at the level of significance (0.05) between the performance of students of the two groups in identifying problem habits, optimization and development, and system thinking in favour of the experimental group in the scale of the habits of the engineering mind. However, there were no statistically significant differences between the performance of the two groups in the habits of visualizing, creativity in problem solving, and adaptation. Analysis of qualitative data reached similar findings. Taken together, these findings suggest a set of recommendations, including the integration of engineering design into science curricula for contribution to the development of engineering habits of mind. Further surveyed studies can be conducted to discover the most common engineering habits of mind among students of all stages in the study.

Keywords: Engineering design, engineering habits of mind.

*Marwa.a.z@moe.om

التعليم هو المحرك الأول للتقدم العلمي والتكنولوجي على مر العصور، لذلك تتنافس الدول لتحسينه وتطويره، بما يضمن إعداد أفراد قادرين على قيادة عجلة التقدم، وإعداد متعلم متسلح بمهارات، وكفايات تتناسب واحتياجات العمل والحياة في القرن الحادي والعشرين. فلم تعد التربية العلمية الحديثة تركز على كم المعلومات التي يجب إكسابها للمتعلم، بل تحول التركيز إلى إكسابه عادات عقلية، ومهارات تفكير تمّكنه من إنتاج المعرفة للتعامل بشكل فعّال مع القضايا والمستجدات المختلفة.

بدأت توجهات التعليم في السلطنة بالتركيز على تطوير تعليم العلوم وإعداد الطلبة لسوق العمل من خلال تنمية المهارات والقدرات العلمية، واتضح ذلك جليا من خلال تركيز كلاً من وثيقة فلسفة التعليم (مجلس التعليم، ٢٠١٧ب)، ووثيقة الاستراتيجية الوطنية للتعليم ٢٠٤٠ في سلطنة عمان (مجلس التعليم، ٢٠١٨)، والوثيقة الأولية لرؤية عمان ٢٠٤٠ (المجلس الأعلى للتخطيط، ٢٠١٩) على أهمية الابتكار العلمي، ودعم المشاريع الطلابية الابتكارية، ورفع مستوى السلطنة في مؤشر الابتكار العالمي. ويعد التعليم إحدى السبل لتنمية قدرات المتعلم وممارساته العلمية والهندسية، حيث أشار الإطار المفاهيمي لمعايير الجيل القادم في تعلم العلوم (Next Generation Science Standards [NGSS]) الذي وضعه المجلس الوطني الأمريكي للبحث (National Research Council, 2012) إلى أهمية تضمين الأسس التالية للتعليم الهندسي في معايير تعليم العلوم:

١. التأكيد على التصميم الهندسي.
٢. دمج المهارات والمعارف المرتبطة بالعلوم والرياضيات والتكنولوجيا في التعليم الهندسي.
٣. تعزيز عادات العقل الهندسية.

فالتأكيد على التصميم الهندسي، يتأتى من خلال التركيز على تنمية مهارات التصميم الهندسي لدى المتعلمين، وتدريبهم على استخدام خطوات عملية التصميم الهندسي في حل المشكلات والتحديات المختلفة. واستحوذ التصميم الهندسي اهتمّام العديد من الباحثين التربويين في منحى تكامل العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (Science, Technology, Engineering & Math [STEM])، بإعتباره جوهر التعليم الهندسي (Brophy, Klein, Portsmore & Rogers, 2008; Katehi, Pearson & Feder, 2009; Schunn, 2008) وبينت عدد من الدراسات فعاليته كاستراتيجية تدريس (Brophy, et al, 2008; Lewis, 2006; Potter, 2014; Wendell, 2011).

يشير فورتس وآخرون (Fortus et al, 2004) إلى أنّ التدريس القائم على التصميم هو استراتيجية أو منحى تربوي يكون فيه التصميم هو المحور الأساسيّ الذي يدور حوله التعليم، حيث يتقمص المتعلم دور المهندس، فيصمم منتجاً لحل مشكلة واقعية، وفي هذه الطريقة يتم تشييد مهارات التصميم والمعرفة العلمية للمتعلم بشكل متزامن. وحتى يحقق التعليم القائم على التصميم أهدافه يجب أن يكون السياق على هيئة مشكلات هادفة، وحقيقية، ومثيرة للمتعلم، ومبنية على مشكلات مفتوحة النهاية وتجري في مجموعات تعاونية (Dym, et al , 2005; Prince, 2004).

بينت عدد من الدراسات والأبحاث التربوية فعالية التّصميم الهندسي كاستراتيجية تدريس في مواد مختلفة كالعلوم، والرياضيات، بالإضافة إلى مدخل STEM (Brophy, 2008; Potter, 2014; Lewis, 2006; Wendell, 2011)، وذكر بوتر (Potter, 2014) أنّ تدريس العلوم من خلال التّصميم الهندسي يثير من دافعية التعلم، كما أنّه يعزز من التكامل بين المواد المختلفة خاصة العلوم والرياضيات، فأنشطة التّصميم الهندسي تحرك الدافعية الذاتية للمتعلم؛

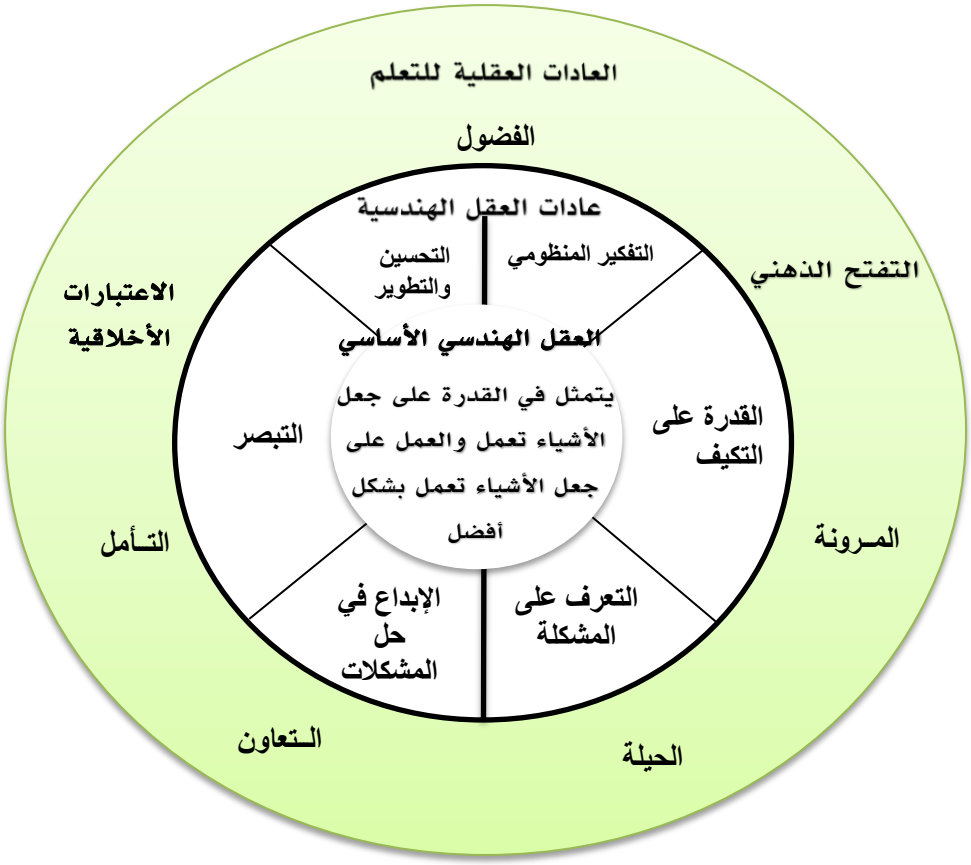
لأنها تنشط الرغبة الطبيعية للمتعلم لصنع شيء ما، كما أنّها تلبي فضول المتعلم في معرفته بكيفية عمل الأشياء (Brophy, 2008).

وبين كاتي وآخرون (Katehi et al, 2009) أنّ دمج الهندسة في العلوم والرياضيات يسهم في تحسين التعلم والإنجاز في العلوم والرياضيات، وزيادة الدافعية نحو المهن المرتبطة بالهندسة، بالإضافة إلى الإسهام في تنمية الثقافة التكنولوجية والعلمية (Cunningham & Hester, 2007)، كما أكّد هاري (Haury, 2002) أنّ تعليم العلوم من خلال التّصميم الهندسي ينمي مهارات عديدة لدى المتعلم، منها: مهارات التفكير الناقد، والإبداعي، والقدرة على حل المشكلات، واتخاذ القرارات، ويصب اهتمّام المتعلم على إنتاج حل لمشكلة علمية عوضا عن التركيز على المعرفة بها فقط.

أجرى ماروك (Marulcu, 2014) دراسة، لبحث فعالية استخدام عملية التّصميم الهندسي في تدريس علم البيئة وتصنيف الحيوانات لطلبة الصف الرابع على مستوى الفهم لديهم، مستخدما المقابلات، والاختبارات القبلية والبعدية، كما استند لأوراق العمل والملاحظات الصفية، وقد توصل إلى فعالية التّصميم الهندسي كاستراتيجية تدريس في مواضيع علوم الحياة، ولا تقتصر فعاليتها على العلوم الفيزيائية. كما أجرى لنكستر وجونز (Lancaster & Jones, 2015) دراسة لفعالية تطبيق التّصميم الهندسي في تعليم كيفية التحكم بجنس السلاحف الجلدية الظهر لطلبة الصف السابع والثامن، حيث تمّ اتباع خطوات التّصميم الهندسي؛ لتصميم حلول لمشكلة التوازن في أعداد ذكور وإناث السلاحف من خلال متابعة درجة الحرارة والرطوبة للبيض، وقد نجح المتعلمون في تصميم مجسات للحرارة والرطوبة من خلال تكوين دوائر كهربائية مختلفة. وفي دراسة لبوتر (Potter, 2014) هدفت لقياس فعالية دمج التّصميم الهندسي في الأحياء على فهم طلبة الصف العاشر للممارسات العلمية والهندسية، وعلى فهم المحتوى العلمي. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أنّ دمج التّصميم الهندسي في الأحياء له أثر إيجابي على فهم الطلبة للمحتوى العلمي وعلى فهم أساسيات التّصميم الهندسي.

أوصى الإطار المفاهيمي لمعايير الجيل القادم لتعليم العلوم الذي وضعه المجلس الوطني الأمريكي للبحث (National Research Council, 2012) بضرورة تعزيز عادات العقل الهندسية، وهي عبارة عن الممارسات، وطرق التفكير المرتبطة بالهندسة، كما يرى باحثون أنها أساسية لكل مواطن للعمل والحياة في القرن ٢١ (Katehi, Person & Feder, 2009)، فالعمل على إكساب المتعلم هذه العادات العقلية، يكفل توفير مخرجات جيدة من المهندسين مستقبلا، لديهم قدرات تمكّنهم من التعامل مع القضايا، و التحديات الهندسية المختلفة (Lucas & Hanson, 2014). وقد حددت الأكاديمية الأمريكية الوطنية للهندسة (National Academy of Engineering, [NAE]) ست عادات عقلية هندسية، تتمّثل في: التفكير المنظومي، والإبداع، والتفاؤل، والتعاون، والتواصل، والأخذ بالاعتبارات الأخلاقية (National Research Council, 2012) ، في حين وضع مركز التعلم للعالم الواقعي (Center of Real World Learning [CRL]) الموضح في لاكوس وهانسون (Lucas & Hanson, 2016) نموذجا أكثر شمولًا لعادات العقل الهندسية كما هو مبين في الشكل ١

ويوضح جدول ١ التوصيف العام لعادات العقل الهندسية كما حددها مركز التعلم للعالم الواقعي (CRL) ففي الدراسة الحالية تمّ استخدام نموذج (CRL) كونه أكثر تركيزًا على وصف العمليات العقلية التي تحدث في عقل المتعلم من جهة، ومن جهة أخرى إمكانية قياس هذه العادات في فترة زمنية قصيرة نسبيًا.



شكل ١:

نموذج CRL لعادات العقل الهندسية (Lucas & Hanson, 2016)

جدول ١

التوصيف العام لعادات العقل الهندسية كما وضحها (CRL)

العادة العقلية الهندسية	توصيفها
التعرف على المشكلة (problem – finding)	تتمثل في إمكانية تحديد المشكلة بدقة ووضوح، وتحديد الاحتياجات والمعايير اللازمة لحلها، والبحث عن المعلومات المرتبطة بها، والحلول السابقة التي تمَّ طرحها ولها علاقة بالمشكلة.
التصور (visualizing)	يتمثل في استخدام الرسوم، والنماذج، والعبارات التوضيحية، والخرائط الذهنية؛ للتعبير بشكل مفصل ودقيق عن مشكلة ما، وآلية حلها، والتصاميم المقترحة للحل.
التحسين والتطوير (improving)	يتمثل في التعبير عن الحاجة للتحسين والتطوير، ووضع خطة مفصلة لآلية تطوير التَّصميم، والتعبير عنها باستخدام المخططات، والرسوم التوضيحية، وتوضيح دور التجريب والتواصل في التحسين والتطوير.
الإبداع في حل المشكلات (creative problem solving)	يتمثل في إتباع خطوات التَّصميم الهندسي لوضع خطة مفصلة لحل المشكلة، وطرح الحلول الإبداعية لحلها، والموازنة بين الاحتياجات والمعايير؛ لاختيار الحل الأمثل، وتوضيح مبررات قوية لاختيار الحل الأمثل.
القدرة على القدرة على التكيف (adaptability)	يتمثل في القدرة على اتباع خطوات التَّصميم الهندسي لحل أي مشكلة هندسية، و تعديل التَّصميم، واختباره، وتحسينه، وفقا لتغيير ما في معطيات المشكلة.
التفكير المنظومي (systems thinking)	يتمثل في التفكير في النظام بشكل متكامل، وتحديد مكوناته والعلاقات بينها، وتحديد العمليات التي تحدث داخل النظام، وأثرها على عمل النظام.

مشكلة البحث

المتفحص لواقع تعليم العلوم في السلطنة يلحظ زيادة الاهتمّام بتطوير تعليم العلوم، وذلك من خلال تطوير سلاسل العلوم، وإقامة العديد من مراكز، وبرامج الاستكشاف العلمي، بالإضافة إلى المشاركات المختلفة في مسابقات الابتكار الدولية والاقليمية، والتي تهدف إلى تنمية مهارات المتعلم وقدراته العلمية والتكنولوجية (البلوشي، ٢٠١٩؛ مجلس التعليم، ٢٠١٧أ)، وبالرغم من ذلك لا يزال تركيز العملية التعليمية موجهاً بشكل أكبر نحو إكساب المعرفة على حساب مهارات التفكير، والعادات العقلية، ومهارات التواصل، والتعاون، وحل المشكلات (وزارة التربية والتعليم ،٢٠١٣ب؛ البحراني، ٢٠٠٢)، وهذا ما تؤكده نتائج الاختبارات الدولية في العلوم، والرياضيات (TIMSS) والتي تركز على قياس مهارات المتعلم، فقد بينت نتائج اختبارات (TIMSS) لعام ٢٠١٥ أنّ السلطنة لا تزال ضمن فئة دون المتوسط بالرغم من تحسن الأداء الكلي للطلبة عن الدورة السابقة، والتي كانت في عام ٢٠١١ (وزارة التربية والتعليم، ٢٠١٨ ب). وهذا التركيز على الجانب المعرفي يولد شعوراً بالنفور لدى المتعلم، وفي الوقت ذاته يؤثر على قدراته في الربط بين المعارف المختلفة وعلاقتها بالعالم من حوله، فيصبح معزولاً عن العالم الواقعي، وغير قادر على التفاعل مع القضايا المجتمّعية والعالمية.

تؤكد نتائج الدراسة الاستطلاعية مشكلة هذه الدراسة حيث استقصى الباحثون مدى تضمين التصميم الهندسي في مناهج العلوم الحالية (لصفوف الحلقة الثانية) في السلطنة من وجهة نظر المعلمات كان هناك شبه اجماع حول قلة الأنشطة المرتبطة بعملية التصميم الهندسي بشكل عام، كما تم استقصاء مدى استخدام المتعلم لعادات العقل الهندسية حيث أشارت نتائج مقابلة مجموعات التركيز والتي تمّ اجراؤها ضمن الدراسة الاستطلاعية مع مجموعتين كلّ منهما مكون من تسع طالبات منتسبات للنادي العلمي إلى وجود ضعف بشكل عام في بعض العادات العقلية الهندسية، كالتفكير المنظومي، وحل المشكلات، والقدرة على التكيف، والتصور.

وعليه فقد جاءت الحاجة إلى إجراء هذه الدراسة التي يمكن أن تسهم في تطوير مناهج العلوم، وممارسات المعلمين من خلال التركيز على دمج التصميم الهندسي في المناهج، واعتمّاد استراتيجيات تدريس قائمة على التصميم الهندسي، كما أنها يمكن أن تسهم في تسليط الضوء على أهمية تنمية عادات العقل الهندسية منذ المراحل المبكرة في التعليم، وتركز الدراسة الحالية على استقصاء فاعلية التصميم الهندسي على تنمية عادات العقل الهندسية لدى طالبات الصف الثامن الأساسي في سلطنة عمان.

وعليه فإن السؤال الرئيس الذي ألقى الضوء على مشكلة الدراسة هو:

ما فاعلية التصميم الهندسي في تنمية عادات العقل الهندسية لدى طالبات الصف الثامن الأساسي في سلطنة عمان؟

فرضيات الدراسة

تتحرى الدراسة الحالية اختبار الفرضيات الآتيه:

١. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى ٠,٠٥ بين متوسطات درجات المجموعتين الضابطة، والتجريبية بشكل كلي في مقياس عادات العقل الهندسية.
٢. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى ٠,٠٥ بين متوسطات درجات المجموعتين الضابطة، والتجريبية بالنسبة لكل عادة في مقياس عادات العقل الهندسية.
٣. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى ٠,٠٥ بين متوسطات الأداء

القبلي والأداء البعدي لدى طالبات المجموعة التجريبية في مقياس عادات العقل الهندسية.

مصطلحات البحث

التصميم الهندسي (Engineering Design):

"هو نهج متكرر ومنتظم لإيجاد حلول لمجموعة واسعة من المشاكل؛ بهدف تلبية حاجات ورغبات الناس، ويتضمن عملية توليد الأفكار، وتحديد المشكلات، وتصميم الرسومات، والنماذج للحلول الممكنة، واختبار وتقييم النماذج، وتصميم المنتجات والعمليات، وإعادة التصميم إن لزم الأمر" (Sneider, 2011, p21). ويعرفه الباحثون في هذه الدراسة بأنّه: إطار منهجي عام مكون من عدة خطوات تبدأ بالقدرة على تحديد المشكلة، والبحث عن المعلومات المرتبطة بها، والعصف الذهني للحلول الممكنة، وتقييم الحلول، واختيار الأفضل وفق معايير محددة وتنتهي بتصميم منتج، واختبار فعاليته، ومن ثم تعديله إن لزم الأمر.

عادات العقل الهندسية (Engineering Habits of Mind):

هي العادات العقلية التي يمارسها المهندس عند التفكير، والعمل لحل التحديات الهندسية المختلفة (Lucas & Hanson, 2014, p23) وتشمل في هذه الدراسة كلاً من: التفكير المنطومي، والتعرف على المشكلة، والتصور، والتطوير، وحل المشكلات، والقدرة على التكيف.

الطريقة والإجراءات

اتبعت هذه الدراسة المنحى شبة التجريبي حيث تمّ إجراء الدراسة على مجموعتين ضابطة وتجريبية، وتمّت المعالجة كما في جدول ٢.

أفراد الدراسة

تم تطبيق الدراسة على ٤٧ طالبة من طالبات الصف الثامن الأساسي في احدى مدارس الحلقة الثانية للتعليم الأساسي بولاية السيب في محافظة مسقط، وتم اختيار هذه المدرسة بطريقة قصديه لتطبيق البرنامج؛ نظراً لموافقة إدارة المدرسة ومعلمات العلوم بها على المساعدة في تطبيق البرنامج التدريبي الخاص بالدراسة، خاصة أن البرنامج لا يطبق ضمن منهج العلوم، ويتطلب توفير حصص إضافية للتطبيق، مع العلم أنه لا يوجد ما يميز نوعية الطالبات في المدرسة عن بقية طالبات المدارس الحكومية الأخرى، وذلك لأن الجهات المسؤولة في المديرية العامة للتربية والتعليم بمحافظة مسقط تقوم بتوزيع الطالبات في المدارس حسب قرب المنطقة السكنية من المدرسة. وتم تعيين شعبتين من الصف الثامن بشكل عشوائي وتم توزيعهن حسب مجموعتي الدراسة وتكونت المجموعة التجريبية من ٢٣ طالبة، وتكونت المجموعة الضابطة من ٢٥ طالبة.

برنامج التصميم الهندسي

تم استخدام برنامج الهندسة في كل مكان (Engineering Everywhere [EE]) وهو أحد البرامج المعدة للمتعلم من قبل متحف العلوم بمدينة بوسطن الأمريكية (Museum of Science of Boston, 2016)، حيث يتم توفير مجموعة من الخبرات التعليمية خارج وقت المدرسة للمتعلم في الفئة العمرية ١١- ١٤

جدول ٢

تصميم منهجية الدراسة

التطبيق القبلي	مجموعات الدراسة	المعالجة	التطبيق البعدي
مقياس عادات العقل الهندسية	تجريبية	تطبيق برنامج التصميم الهندسي	مقياس عادات العقل الهندسية مقابلات مجموعات التركيز لدراسة استخدام عادات العقل الهندسية
	ضابطة	بدون تطبيق البرنامج	

سنة. وتتطلب هذه الخبرات استخدام عملية التصميم الهندسي وحل المشكلات والتفكير الإبداعي في أثناء التفاعل مع مجموعة من التحديات الهندسية في جو من العمل الجماعي. وبرنامج الهندسة في كل مكان (EE) هو أحد البرامج الفرعية من برنامج الهندسة هي الأساس (Engineering is Elementary [EIE]) والذي بدأ إنتاجه في عام (٢٠٠٤)، وشمل فريق التأليف مجموعة من المتخصصين في العلوم، والرياضيات، والهندسة (Museum of Science of Boston, 2018)، وضم برنامج الهندسة هي الأساس عدة برامج فرعية منها برنامج الهندسة في كل مكان (EE).

ويهدف برنامج (EIE) إلى نشر الثقافة الهندسية والتكنولوجية لدى المتعلمين (Museum of Science of Boston, 2018). ويضم هذا البرنامج حاليا اثني عشر وحدة تعليمية متنوعة حسب التخصصات الهندسية المختلفة، مثل: هندسة العمليات، والهندسة الكيميائية، والطبيعية والهندسة الحيوية، والزراعية وغيرها، وقد تمّ اختيار وحدتين من هذه الوحدات وهما (وحدة هندسة العمليات وجاءت بمسمى هندسة الآيسكريم، ووحدة الهندسة الكيميائية بمسمى من النبات إلى البلاستيك).

ويتكون برنامج التصميم الهندسي من العناصر الأساسيّة الثلاثة: دليل المعلم، وكراس أنشطة المتعلم، وفيديو التقرير الخاص بالوحدة.

ويتكون دليل المعلم من مقدمة تتضمن تعريف بالدليل وعناصره الأساسيّة، وآلية عرض الأنشطة، حيث يبدأ بعرض الفكرة العامة للنشاط، والمفاهيم الأساسيّة المرتبطة به، بالإضافة إلى عرض للخلفية العلمية، ثم عرض دليل إجراء النشاط، ويتضمن الأهداف مع ذكر الإرشادات الخاصة بإجراء النشاط، بالإضافة إلى ذلك يتمّ عرض أسئلة للمناقشة، ونصائح وأفكار إضافية، كما يقدم الدليل إطار نظري مختصر للبرنامج وأهدافه العامة، وعملية التصميم الهندسي، وموجهات عامة للتدريس، وخطة تفصيلية لآلية سير الوحدة. وبالنسبة لكراس أنشطة المتعلم فهو يضم التحديات الهندسية التي يقوم بها المتعلم في أثناء الوحدة، بالإضافة لتوضيح بعض المفاهيم المتعلقة بالوحدة، وقد تمّ ترجمة دليل المعلم، وكراس أنشطة المتعلم، وتمّ التحقق من دقتها من خلال عرضها على أشخاص متخصصين في الترجمة.

وفي الفيديو الخاص بتقرير الوحدة الهندسية يتمّ عرض التحدي العام للوحدة من خلال خطوات التصميم الهندسي، فيتم استعراض جوانب المشكلة، وإجراء مقابلات مع عدة مختصين وعرض حلول مختلفة لها، وهذه التقارير من إنتاج متحف العلوم ببوسطن (Museum of Science of Boston, 2018).

أدوات الدراسة

مقياس عادات العقل الهندسية Engineering habits of mind:

تمّ تطبيق مقياس عادت العقل الهندسية قبليا وبعديا على المجموعتين التجريبية والضابطة، وتمّ تصميمه وفقا للتوصيف الذي وضعه مركز التعلم للعالم الواقعي Center of Real World Learning (CRL)، ويشمل ست عادات عقلية هندسية هي: التعرف على المشكلة، والتصور، والتحسين والتطوير، والإبداع في حل المشكلات، والقدرة على التكيف، والتفكير المنظومي، والذي يوضحها جدول ٣.

جدول ٣

توصيف عادات العقل الهندسية

م	العادة العقلية الهندسية	توصيفها
١	التعرف على المشكلة problem – finding	• تحديد المشكلة بوضوح ودقة. • تحديد الاحتياجات المرتبطة بالمشكلة. • تحديد المعايير اللازمة لحل المشكلة. • البحث عن المعلومات المرتبطة بالمشكلة. • تقصي الحلول التي تمَّ طرحها مسبقا لحل المشكلة.
٢	التصور visualizing	• توضيح المشكلة بشكل مفصل باستخدام الرسوم والنماذج. • وضع تصور لآلية حل المشكلة (رسوم- خرائط ذهنية ، ...). • وضع تصور تخيلي (بالعبارات أو الرسم) لتوضيح ضبط المتغيرات وأثرها على التصميم. • بناء تصميم دقيق لحل المشكلة باستخدام الرسوم أو النماذج.
٣	التحسين والتطوير improving	• يعبر عن الحاجة المستمَّرة للتطوير والتحسين. • يعبر عن دور التجريب في التحسين والتطوير. • يعبر عن دور التواصل في التحسين والتطوير. • يصف العوامل والمؤثرات التي تؤدي إلى التطوير والتحسين. • يضع خطة مفصلة لآلية تطوير التصميم ويعبر عنها باستخدام المخططات والرسوم التوضيحية.
٤	الإبداع في حل المشكلات creative problem solving	• اتباع خطوات التصميم الهندسي لوضع خطة مفصلة لحل المشكلة ولإعادة تصميم الحل. • طرح العديد من الحلول الإبداعية لحل المشكلة. • الموازنة بين الاحتياجات والمعايير لحل المشكلة لاختيار الحل الأمثل، وتوضيح مبررات قوية لاختيار الحل الأمثل بشكل علمي ودقيق.
٥	القدرة على التكيف adaptability	• القدرة على اتباع خطوات التصميم الهندسي لحل أي مشكلة هندسية جديدة. • تعديل التصميم واختباره وتحسينه وفقا لتغيير ما في معطيات المشكلة أو العوامل التي تؤثر عليها.
٦	التفكير المنظومي systems thinking	• توضيح النظام بشكل كامل مع تحديد أجزائه، ومكوناته. • توضيح العلاقات بين مكونات النظام. • تحديد العمليات التي تحدث داخل النظام وربطها بآلية عمل النظام.

وتكون المقياس من ١٧ مفردة من نوعي الاختيار من متعدد والمقالي القصير، وتوزعت هذه المفردات على عادات العقل الهندسية الستة، وخصصت درجة واحدة للإجابة الصحيحة، وصفر للإجابة غير الصحيحة، وبلغت الدرجة الكلية للمقياس ١٧ درجة.

صدق المقياس: تم التأكد من الصدق الظاهري للمقياس، وذلك بعرضه على مجموعة من المحكمين بلغ عددهم ٩محكمين من أعضاء هيئة التدريس بكلية التربية بجامعة السلطان قابوس، وقسم مناهج العلوم بدائرة تطوير مناهج العلوم التطبيقية ودائرة التقويم التربوي بالوزارة، بالإضافة إلى عدد من معلمي العلوم وتم اجراء بعض التعديلات بناءً على ملاحظات المحكمين.

ثبات المقياس: للتحقق من ثبات مقياس عادات العقل الهندسية تطبيق المقياس على ٣٠ طالبة من الصف الثامن من خارج عينة الدراسة، وتمّ حساب الثبات بطريقة معامل الاتساق الداخلي كرونباخ- ألفا (Cronbach-Alpha) وبلغ ٠,٨٤٢ وهذا يدل على أنه على درجة مناسبة من الثبات.

مقابلات مجموعات التركيز

تمّ تصميم هذه الأداة بهدف جمع بيانات نوعية عن عادات العقل الهندسية، وتمّ تطبيقها بعديا على المجموعتين التجريبية والضابطة، حيث تمّ طرح مشكلتين

هندسيتين مرتبطتين بالبيئة المحلية وليست لهما علاقة بما تمّت دراسته في برنامج التصميم الهندسي، فمثلا تمّ طرح التحدي التالي (من منطلق إحساسها بالمسؤولية الاجتماعية، عزمت شركة صناعة ساعات تصميم ساعات يد خاصة للأشخاص ضعيفي البصر لتمكّنهم من معرفة الوقت بيسر وسهوله، وقد تمّ اختيارك كمهندس متمكّن ضمن فريق العمل) وبعدها تمّ طرح مجموعة من الأسئلة مثل: (ما العمل الموكل لفريقك الهندسي؟ وما الخطوات التي ستتبعها لحل المشكلة؟ وما أفكارك لتطوير المنتج؟) وتم تحكيم البطاقة من خلال عرضها على أربعة محكمين من حملة الماجستير، والدكتوراه في مناهج وطرق تدريس العلوم وتم اجراء بعض التعديلات بناءً على ملاحظاتهم.

وقد تم إجراء مقابلات مجموعات التركيز مع مجموعة من طالبات المجموعتين الضابطة ١١طالبة والتجريبية ١٠طالبات، كما تمّ تسجيل المقابلات، ومن ثم تمّ تحليلها بناءً على تكرار ظهور العادة العقلية وللتحقق من ثبات التحليل تمّ حساب نسب اتفاق التحليل مع باحث آخر وبلغت ٨٥% وهي نسبة مقبولة تربويًا.

إجراءات الدراسة

بعد تحديد مشكلة الدراسة وأسئلتها تمّ تنفيذ الخطوات الآتية:

١. إعداد مواد وأدوات الدراسة وأخذ الموافقات الرسمية للتنفيذ، ثم تمّ تنفيذ برنامج تدريبي لمعلمتين متعاونتين في شهر سبتمبر، وتمّ اختيارهما بسبب رغبتهما وحماسهما للتطبيق، وتمّ اختيار معلمتين؛ لأن البرنامج قائم على التحديات الهندسية ودور المعلم يتمثّل في تقديم الدعم والمساندة فقط؛ ونظرا لوجود ست مجموعات رأى الباحثون أنّه من الأنسب وجود معلمتين لتقديم الدعم، وقد اشتمل على التعريف بالبرنامج، وتوضيح دور المعلمة فيه، بالإضافة إلى توضيح لعملية التصميم الهندسي، وخطواته، وأهميته في عملية التعلم، وتوضيح أهمية التحديات الهندسية، ودورها في تيسير عملية التعلم، وتمّ الرد على التساؤلات والاستفسارات المطروحة.

٢. التطبيق القبلي لمقياس عادات العقل الهندسية على مجموعتي الدراسة.

٣. حساب تكافؤ المجموعتين الضابطة والتجريبية في مقياس عادات العقل الهندسية من خلال استخدام اختبار "ت" للمجموعات المستقلة ت= ١,٨٠ ، دح = ٤٦ ، قيمة الدلالة = ٠,٨٧، وبالتالي تبين عدم وجود فروق في الأداء القبلي في عادات العقل الهندسية ككل بين المجموعتين الضابطة والتجريبية بشكل عام في جميع العادات، فيما عدا عادة القدرة على التكيف فكانت هناك فروق لصالح المجموعة التجريبية ت= ٢,٢٨، دح= ٤٦، قيمة الدلالة=٠,٠٣، لذلك لجأ الباحثون لاستخدام تحليل التغاير (ANCOVA) لتحليل بيانات مقياس عادات العقل الهندسية.

٤. التطبيق الفعلي للبرنامج لمدة ثمانية أسابيع.

٥. التطبيق البعدي لأدوات الدراسة للمجموعتين التجريبية والضابطة في منتصف شهر ديسمبر ٢٠١٧م.

٦. بعد الانتهاء من التطبيق الفعلي للدراسة تمّ إجراء مقابلات مجموعات التركيز لعينتين من المجموعتين التجريبية والضابطة في منتصف ديسمبر ٢٠١٧م.

٧. تصحيح المقياس، وجمع البيانات النوعية وإجراء المعالجات الإحصائية

المناسبة باستخدام برنامج الرزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS).

نتائج الدراسة

للإجابة عن سؤال الدراسة، واختبار فرضياتها، تمّ تطبيق مقياس عادات العقل الهندسية قبليا وبعديا على مجموعتي الدراسة، كما تمّ دعم البيانات الكمية ببيانات نوعية نتجت من مقابلات مجموعات التركيز، وفيما يلي استعراضا للبيانات الكمية ثم البيانات النوعية.

أولا: البيانات الكمية

لاختبار الفرضيتين الأولى والثانية، تمّ حساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لعادات العقل الهندسية، وذلك بعد التطبيق البعدي لمقياس عادات العقل الهندسية كما هو موضح في جدول ٤.

يتبين من جدول ٤ وجود فروق ظاهرية بين المتوسطات الحسابية لدرجات الطلبة في مجموعتي الدراسة الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لمقياس عادات العقل الهندسية، وللكشف عن دلالة هذه الفروق، تمّ استخدام تحليل التغاير (ANCOVA)؛ لعزل أثر الاختلاف بين المجموعتين في التطبيق القبلي للمقياس، وكانت النتائج كما يبينها جدول ٥.

يتضح من جدول ٥ أن قيمة ف كانت مساوية ل ٢٢,٩٤ للأداء الكلي على مقياس عادات العقل الهندسية بين المجموعتين الضابطة والتجريبية، وكانت هذه القيمة دالة إحصائيًا عند مستوى دلالة مما يؤكد وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المتوسطات الحسابية للمجموعتين م =٥,١٣، م= ٧,٤٢ لكل من الضابطة والتجريبية على الترتيب، كما يوضحها جدول٤، وكانت هذه الفروق لصالح المجموعة التجريبية.

كما يتبين من جدول ٥ أن قيمة ف لعادات التعرف على المشكلة، والتحسين والتطوير والتفكير المنظومي بلغت ٤,٣٧ ، ٦,٤٧ ، ٧,٦٧ على التوالي وهي قيم دالة إحصائيًا عند مستوى دلالة ٠,٠٥، وبالرجوع إلى جدول ٤ يتضح أن الفروق بين المتوسطات في هذه العادات كانت جميعها لصالح المجموعة التجريبية. وأما بالنسبة لعادات التصور، والإبداع في حل المشكلات، والقدرة على

جدول ٤

المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية للأداء البعدي لمجموعتي الدراسة في مقياس عادات العقل الهندسية

عادات العقل الهندسية	الدرجة	المجموعة	العدد	قبل عزل الأداء القبلي		بعد عزل الأداء القبلي	
				م	ع	م	ع
التعرف على المشكلة	٣	ضابطة	٢٥	١.٣٢	٠.٥٦	١.٣٤	٠.١٣
		تجريبية	٢٣	١.٧٤	٠.٨٦	١.٧٢	٠.١٣
التصور	٣	ضابطة	٢٥	٠.٨٨	٠.٨٣	٠.٨٠	٠.١٦
		تجريبية	٢٣	١.١٣	٠.٨٢	١.٢٢	٠.١٦
التحسين والتطوير	٣	ضابطة	٢٥	٠.٦٨	٠.٨٥	٠.٦٤	٠.١٧
		تجريبية	٢٣	١.٢٢	١.٠٠	١.٣٠	٠,١٨
الإبداع في حل المشكلات	٣	ضابطة	٢٥	١.٤٤	٠.٩٢	١.٣٨	٠.١٧
		تجريبية	٢٣	١.٤٨	٠.٩٠	١.٥٤	٠.١٨
القدرة على التكيف	٢	ضابطة	٢٥	٠,٤٨	٠,٥١	٠,٤٧	٠,١٦
		تجريبية	٢٣	٠,٤٨	٠,٥١	٠,٤٩	٠,١١
التفكير المنظومي	٣	ضابطة	٢٥	٠.٩٦	٠.٧٩	٠.٩٩	٠.١٨
		تجريبية	٢٣	١.٧٤	١.٠٥	١.٧١	٠,١٩
الكلي	١٧	ضابطة	٢٥	٥,٢٠	١.٧٦	٥,١٣	٠,٣٣
		تجريبية	٢٣	٧,٣٥	٢.٨١	٧,٤٢	٠,٣٤

التكيف فقد تراوحت قيم ف بين ٠,٠١ و٣,٤١ وهي قيم غير دالة إحصائياً عند مستوى دلالة ٠,٠٥، وبالتالي لا توجد فروق دالة إحصائياً بين المجموعتين في هذه العادات. ولاختبار الفرضية الثالثة "لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى ٠,٠٥ بين متوسطات الأداء القبلي، والأداء البعدي لدى طالبات المجموعة التجريبية في مقياس عادات العقل الهندسية" تمّ استخدام اختبار "ت" للمقارنة بين متوسطات الأداء القبلي، والأداء البعدي لدى طالبات المجموعة التجريبية كما هو موضح في جدول ٦.

يتبين من جدول ٦ أن قيمة ت للفروق بين الأداء القبلي، والأداء البعدي لمقياس عادات العقل الهندسية بشكل كلي بلغت ٣,٤٧ وهي دالة إحصائيا عند مستوى دلالة ٠,٠٥ وبالنظر للمتوسطات الحسابية يتبين أنّ هذه الفروق لصالح الأداء البعدي فقد بلغ المتوسط للأداء الكلي ٧,٣٥ مقابل ٥,٥٧ في الأداء القبلي، وبلغ حجم الأثر لهذه الفروق ٠,٣٥ ويعد هذا كبيرا، وبلغت

جدول ٥

نتائج تحليل التغاير للأداء البعدي في مقياس عادات العقل الهندسية لدى مجموعتي الدراسة

العادة العقلية	مصدر التباين	مجموع المربعات	د.ح	متوسط المربعات	النسبة الفائية	مستوى الدلالة	حجم الأثر
التعـــرف	الأداء القبلي	٦,١٣	١	٦,١٣٠	١٥,٥٤	٠,٠٠	
علـــــى	المجموعة	١,٧٢	١	١,٧٢	٤,٣٧	٠,٠٤٢	٠.٠٩
المشكلة	الخطأ	١٧,٧٥	٤٥	٠,٣٩			
	المجموع	١٣٧,٠٠	٤٧				
التصور	الأداء القبلي	٥,٠٢	١	٥,٠٢	٨,٦١	٠,٠٠٥	-
	المجموعة	١,٩٩	١	١,٩٩	٣,٤١	٠,٠٧	-
	الخطأ	٢٦,٢٣	٤٥	٠,٥٨٣			
	المجموع	٨٠,٠٠	٤٧				
التحسين	الأداء القبلي	٧,٢٥	١	٧,٢٥	١٠,١٧	٠,٠٠٣	
والتطوير	المجموعة	٤,١٧	١	٤,١٧	٦,٤٧	٠,٠١	٠.١٣
	الخطأ	٣٢,١٠	٤٥	٠,٧١			
	المجموع	٨٥,٠٠	٤٧				
الإبداع	الأداء القبلي	٦,٦٨	١	٦,٦٨	٩,٦٣	٠,٠٠٣	-
في حل	المجموعة	٠,٣٠	١	٠,٣٠	٠,٤٣	٠,٥٢	-
المشكلات	الخطأ	٣١,٢٢	٤٥	٠,٦٩			
	المجموع	١٤٠,٠٠	٤٧				
القـــــدرة	الأداء القبلي	٠,٠٣	١	٠,٠٣	٠,١١	٠,٧٥	-
علـــــى	المجموعة	٠,٠٠	١	٠,٠٠	٠,٠١	٠,٩٣	-
التكيف	الخطأ	١١,٩٥	٤٥	٠,٢٧			
	المجموع	٢٣,٠٠	٤٧				
التفكيـــر	الأداء القبلي	٢,٨٨	١	٢,٨٨	٣,٥٥	٠,٠٧	
المنظومي	المجموعة	٦,٢٢	١	٦,٢٢	٧,٦٧	٠,٠١	٠,١٥
	الخطأ	٣٦,٥١	٤٥	٠,٨١			
	المجموع	١٣٢,٠٠	٤٧				
الكلي	الأداء القبلي	١٢٤,٥٦	١	١٢٤,٥٦	٤٥,٧٠	٠,٠٠	
	المجموعة	٦٢,٥٣	١	٦٢,٥٣	٢٢,٩٤	٠,٠٠	٠,٣٤
	الخطأ	١٢٢,٦٥	٤٥	٢,٧٣			
	المجموع	٢١٦٥,٠	٧				

قيمة "ت" لعادة التعرف على المشكلة ٣,٧٦ وهي أيضا دالة إحصائيا عند مستوى دلالة ٠,٠٥ وبلغ حجم الأثر ٠,٣٩ ويعد كبيرا أيضا، وبالرجوع لجدول ٦ يتبين أن هذه الفروق لصالح الأداء البعدي فقد بلغ متوسطه ١,٧٤ مقابل ١,٠٩ للأداء القبلي، وبالنسبة لبقية عادات العقل الهندسية فقد تراوحت قيم "ت" بين ٢,٠١ و ٠,٤٥ وهي قيم غير دالة إحصائيا عند مستوى دلالة ٠,٠٥.

ثانيا: البيانات النوعية

تم جمع البيانات النوعية من خلال مقابلات مجموعات التركيز لعينة من طالبات المجموعتين الضابطة والتجريبية. وتمّ استخدام هذه البيانات لتدعيم النتائج الكمية لسؤالي الدراسة الأول والثاني. فبعد الانتهاء من تطبيق البرنامج تمّ إجراء مقابلات من النوع المفتوح لإحدى عشرة طالبة من المجموعة الضابطة وعشر طالبات من المجموعة التجريبية بهدف رصد عادات العقل الهندسية وذلك عند طرح مشكلات واقعية، ويوضح جدول ٧ تكرارات ظهور عادات العقل الهندسية في مقابلات مجموعات التركيز لعينة من طالبات المجموعتين الضابطة والتجريبية.

يتضح من جدول ٧ وجود اختلافات ظاهرية في تكرارات عادات العقل الهندسية بين طالبات المجموعتين الضابطة والتجريبية، حيث أنّ تكرارات هذه العادات كانت أعلى لدى طالبات المجموعة التجريبية، وللكشف عن دلالة هذه الفروق، تم استخدام تحليل مربع كاي الإحصائي، الذي يشير إلى أن أغلب هذه الفروق غير دالة إحصائيا عند مستوى دلالة ٠,٠٥ فيما عدا عادة الت عرف على المشكلة، حيث بلغت قيمة مربع كاي ٥,٣٠، وهذه القيمة دالة إحصائيا عند مستوى دلالة ٠,٠٥ لصالح المجموعة التجريبية، حيث كان تكرار هذه العادة ٢ للمجموعة الضابطة مقابل ١٠ تكرارات لدى المجموعة التجريبية.

جدول ٦

اختبار "ت" للمقارنة بين متوسطات الأداء القبلي والأداء البعدي في مقياس عادات العقل الهندسية لدى طالبات المجموعة التجريبية (ن= ٢٣)

العادة العقلية الهندسية	الأداء	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الفروق م	الفروق ع	قيمة ت	مستوى الدلالة	حجم الأثر
التعرف على المشكلة	قبلي	١,٠٩	٠,٩٠	٠,٦٥	٠,٨٣	٣,٧٦	٠,٠٠	٠,٣٩
	بعدي	١,٧٤	٠,٨٦					
التصور	قبلي	٠,٧٨	٠,٧٤	٠,٣٥	٠,٨٣	٢,٠١	٠,٠٦	–
	بعدي	١,١٣	٠,٨٢					
التحسين والتطوير	قبلي	١,٠٠	٠,٨٥	٠,٢٢	٠,٧٤	١,٤٢	٠,١٧	–
	بعدي	١,٢٢	٠,٩٩					
الإبداع في حل المشكلات	قبلي	١,٣٥	٠,٩٨	٠,١٣	١,٠١	٠,٦٢	٠,٥٤	–
	بعدي	١,٤٨	٠,٨٩					
القدرة على التكيف	قبلي	٠,٥٧	٠,٦٦	٠,٠٩	٠,٨٥	٠,٤٥	٠,٦٣	–
	بعدي	٠,٤٨	٠,٥١					
التفكير المنظومي	قبلي	١,٢٦	١,٠١	٠,٤٨	١,٣١	١,٧٥	٠,٠٩	–
	بعدي	١,٧٤	١,٠٥					
الكلي	قبلي	٥,٥٧	٣,٢٧	١,٧٨	٢,٤٧	٣,٤٧	٠,٠٠	٠,٣٥
	بعدي	٧,٣٥	٢,٨١					

جدول ٧

تكرارات ظهور عادات العقل الهندسية في مقابلات مجموعات التركيز لعينة من طالبات المجموعتين الضابطة (ن=١١) والتجريبية (ن=١٠)

العادة العقلية الهندسية	المجموعة	التكرار	قيمة كا^2	أمثلة
التعرف على المشكلة	ضابطة	٢	*٥,٣	• المشكلة هي خطر نقل الثمار. • نصمم ساعة للأفراد ذوي البصر الضعيف.
	تجريبية	١٠		• نحدد المشكلة ونحلها مثلا نتقصى الحلول أي نبحث عنها. • يجب أن نحدد المشكلة بالضبط حسب المعايير والقيود المحددة، ثم نستقصي الحلول عن طريق صور وفيديوات ومعلومات.
التصور	ضابطة	–	–	• لم تظهر هذه العادة لدى المجموعة الضابطة
	تجريبية	٥		• أتخيل شكل الساعة وأرسمها وأعرضها وأسمع رأي زميلاتي. • ثم نضع تخيلات للمنتج وكل واحده تصمم ثم نختار الأفضل والأنسب.
التحسين والتطوير	ضابطة	٥	١,٦٦	• نصنع ساعات ونجربها لأشخاص بصرهم ضعيف. • نطلع على عينات ساعات سابقة ونأخذ نماذج ونطورها.
	تجريبية	١٠		• نطوره من خلال اختبار المنتج أو من تجارب الآخرين . • نحدد المعايير والقيود و نختبر مدى توافق المنتج معها.
القدرة على التكيف	ضابطة	١	١,٠٠	• نطورها بحيث تنفع لضعاف السمع ونجعلها تتكلم.
	تجريبية	٣		• نضيف برنامج لإيجاد الساعة إذا فقدت. • نطور المنتج حسب حاجات العصر واحتياجات الناس لكي تسهل عليهم.
الإبداع في حل المشكلات	ضابطة	٦	١,٠٠	• نحدد الأدوات التي نحتاجها للمشروع ثم نحدد الإجراءات ثم الخطوات وبعدها نوزع الأدوات على الخطوات لتسهيل المشروع. • نذكر بعض الأفكار المقترحة ونجرب كل مرة فكرة ثم نرى رأي الآخرين.
	تجريبية	١٠		• نحدد المشكلة– ندرس الأفكار – نختار أفضلها– نختبر أفضل فكرة اذا نجحت نطبقها وإذا فشلت نختار أفضلها. • نختبر المنتج في ضوء المعايير والقيود مثلا الشركة طلبت الساعة بحجم معين و إضاءة محددة .
التفكير المنظومي	ضابطة	١	١,٨١	• نقترح الأفكار والأدوات التي نحتاجها، ثم نحسب فئة ضعاف البصر ونصمم ساعة واحدة إذا نجحت نعمم التجربة. • نحدد المشكلة ونتقصى الحلول ونخطط ونقسم الأدوات ثم نصمم ونختبر المنتج بمشاركة شخص ضعيف البصر.
	تجريبية	٤		• يجب أن نحدد المشكلة حسب المعايير والقيود المحددة، ونحدد المشكلة بالضبط، ثم نستقصي الحلول عن طريق صور وفيديوهات ومعلومات ثم نضع تخيلات للمنتج وكل طالبة تصمم ثم نختار الأفضل والأنسب، ثم نخطط للأهداف ونقسم الزمن وبعدها ننتج التصميم المتفق عليه بعدها نختبر المنتج في ضوء المعايير والقيود فمثلا لو حددت الشركة حجم معين للساعة أو حددت معايير خاصة بالإضاءة يجب أن نلتزم بالمعايير والقيود التي حددتها الشركة.

*دال عند مستوى دلالة (٠,٠٥)

المناقشة والاستنتاجات

من خلال استعراض النتائج الكمية والنوعية لعادات العقل الهندسية يتضح أن بعض عادات العقل الهندسية تمّت تنميتها من خلال برنامج التصميم الهندسي بشكل واضح كعادة التعرف على المشكلة، فقد أشارت جميع أدوات الدراسة الكمية والنوعية إلى نمو هذه العادة، وظهر تطور بعض عادات العقل الهندسية، مثل: عادات التحسين والتطوير، والتفكير المنظومي، بينما لم يظهر تطور في عادات التصور والقدرة على التكيف والإبداع في حل المشكلات، ويمكن تفسير ضعف تطور هذه العادات من خلال ما أشار إليه لامي ودنسون (Denson, 2017 & Lammi) وهو صعوبة تغيير عادات العقل الهندسية من خلال معالجة قصيرة الأمد، كما يؤكد ذلك ما توصلت له دراسة وورد وآخرين (Ward, Lyden, Fitzallen & Barra, 2015) أن دمج التصميم الهندسي لطلبة الصفوف المتوسطة كان له أثرًا ايجابيًا في تطوير بعض المهارات ولتحقيق استمّرارية نمو وتطور هذه المهارات والمعرفة المكتسبة لا بد من الاستمّرارية في تطبيق مثل هذه البرامج.

يتبين من النتائج الكمية كذلك تقدم طالبات المجموعة التجريبية على المجموعة الضابطة في عادات التعرف على المشكلة، والتحسين والتطوير والتفكير المنظومي، ويمكن تفسير تطور عادة التعرف على المشكلة من خلال ارتباطها بخطوة تحديد المشكلة في عملية التصميم الهندسي والتي كانت ركيزة البرنامج، فعند طرح أي تحدي هندسي كان يطلب من الطالبات تحديد المشكلة بدقة، وهذا يتفق أيضا مع نتائج المقارنة القبلية والبعدية في مقياس عادات العقل الهندسية لدى طالبات المجموعة التجريبية، فقد أشارت النتائج إلى وجود فروق دالة إحصائيا عند مستوى دلالة ٠,٠٥ لصالح التطبيق البعدي وبحجم أثر كبير بلغ ٠,٣٩ مما يشير إلى تطور كبير في هذه العادة، ويتبين ذلك أيضا من خلال مقابلات مجموعة التركيز أنّ طالبات المجموعة التجريبية كن أكثر دقة عند تحديد المشكلة حيث تطرق بعضهن لذكر المعايير والمحددات الخاصة بالمشكلة فذكرت الطالبة (أ) عند سؤالها عن المشكلة المطروحة :"يجب أن نحدد المشكلة بالضبط حسب المعايير والقيود المحددة، ثم نستقصي الحلول عن طريق صور وفيديوهات ومعلومات".

وبالنسبة لعادة التحسين والتطوير فقد ارتبطت بخطوة التحسين في عملية التصميم الهندسي، ويؤكد ذلك ما جاء في مقابلات مجموعة التركيز حيث أشارت جميع طالبات المجموعة التجريبية لهذه العادة مقابل تكرار بمقدار ٤٥% لدى طالبات المجموعة الضابطة، وعند طرح سؤال حول كيفية تحسين المنتج في مقابلات مجموعة التركيز ذكرت الطالبة (ب) من المجموعة التجريبية "لابد من اختبار المنتج في ضوء المعايير والقيود المحددة" وأضافت عليها الطالبة (ج): "أن التطوير والتحسين يتمّ من خلال اختبار المنتج أو من خلال التواصل مع الآخرين"، أيضا عبرت طالبات المجموعة الضابطة عن عادة التحسين والتطوير بشكل جيد فقد ذكرت الطالبة (د): "أنّه يمكن استخدام نماذج سابقة وتطويرها" وأضافت عليها أخرى: "يمكن أيضا استقصاء المشاكل في المنتج وإصلاحها" .

وأشارت النتائج الكمية إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية في عادة التفكير المنظومي بين المجموعتين الضابطة والتجريبية، وهذا يتوافق مع النتائج التي حصل عليها كل من لامي (Lammi, 2011) وجيرو ودانيو (Gero & Danino, 2016) حول فاعلية التصميم الهندسي في تنمية التفكير المنظومي، ويمكن تفسير ذلك من خلال ممارسة الطالبات للتفكير المنظومي وذلك بتطبيق عملية التصميم الهندسي، والتي تتطلب

الإلمام بجميع جوانب التحدي حيث تبدأ عملية التصميم بتحديد المشكلة وتحديد معاييرها ومحدداتها والعوامل التي تؤثر في حلها، بالإضافة إلى تقصي الحلول المرتبطة بها، كما تستلزم أيضا خطوات التصميم (التخطيط، والاختبار، والتحسين)؛ تفكير منظومي لجميع العناصر التي تؤثر في التصميم. والتفكير المنظومي يتطلب استخدام مهارات التحليل والتفكير والتنبؤ (Strong, 2013)، ويمارس المتعلم هذه المهارات خلال خطوات التصميم الهندسي، وهذا يتضح من استجابة الطالبة (هـ) عند سؤالها عن خطوات تصميم ساعة لذوي البصر الضعيف ضمن فريق هندسي وذلك في مقابلات مجموعات التركيز، فذكرت "يجب أنْ نحدد المشكلة حسب المعايير والقيود المحددة، ونحدد المشكلة بالضبط، ثم نستقصي الحلول عن طريق صور، وفيديوهات، ومعلومات، ثم نضع تخيلات للمنتج وكلّ طالبة تصمم ثم نختار الأفضل والأنسب، ثم نخطط للأهداف ونقسم الزمن وبعدها ننتج التصميم المتفق عليه، بعدها نختبر المنتج في ضوء المعايير والقيود، فمثلا لو حددت الشركة حجم معين للساعة أو حددت معايير خاصة بالإضاءة يجب أن نلتزم بالمعايير والقيود التي حددتها الشركة"؛ لذلك أكدت كل من مؤسسة الاعتمّاد الأكاديمي للهندسة والتكنولوجيا (Accreditation Board for Engineering and Technology [ABET]) والأكاديمية الوطنية للهندسة في الولايات المتحدة الأمريكية (National Academy of Engineering [NAE]) الدور الأساسيّ للتفكير المنظومي في التصميم الهندسي (ABET, 2007; National Academy of Engineering, 2004).

أما بالنسبة لعادات التصور، والإبداع في حل المشكلات، والقدرة على التكيف فلم تشر البيانات الكمية إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين طالبات المجموعتين الضابطة والتجريبية، وهذه النتيجة تتفق مع النتائج النوعية لمقابلات مجموعات التركيز فقد بينت قيمة مربع كاي عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠,٠٥) بين أداء المجموعتين في عادتي التصور والإبداع في حل المشكلات، كذلك لم يتضح وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠,٠٥) بين الأداء القبلي، والأداء البعدي لدى طالبات المجموعة التجريبية في هذه العادات، وعدم وجود اختلاف بين أداء المجموعتين، وأيضا بين الأداء القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية، قد لا يتفق مع نتائج عدد من الدراسات والبحوث التربوية، فمثلا بالنسبة لعادة الإبداع في حل المشكلات فإن نتائج الدراسة لا تتفق مع نتائج دراسة كل من رزق (٢٠١٥) وصالح (٢٠١٦) ودراسة كل من انجلش وكينج وسميد (English, King & Smeed, 2017)، حيث توصلت جميعها إلى فاعلية مدخل STEM مثلا، الذي يعتمّد في كثير من مراحله على التصميم الهندسي، في تنمية مهارة حل المشكلات لدى الطلبة، كذلك بالنسبة لعادة التصور فقد توصلت الدراسة التي قام بها تايلو وهوتن (Taylor & Hutton; 2013) إلى فاعلية برنامج قائم على تصميم الورق وفن الأوريجمي في تنمية التفكير الفراغي لدى طلبة الصف الرابع، وكذلك دراسة غانم (٢٠١٥) والتي بينت فاعلية وحدة قائمة على التصميم التكنولوجي في تنمية مهارة تكوين رؤية لنموذج التصميم، ويمكن تفسير هذا الاختلاف باختلاف الأساليب التي اعتمّدت عليها الدراسة الحالية في التصميم الهندسي، وكذلك المواضيع العلمية التي ركزت عليها، فضلا عن مقاييس رصد التطور في عادات العقل الهندسية، حيث لم تفضي هذه الدراسات إلى ظهور مقياس موحّد لعادات العقل الهندسية، ويتوقع الباحثون أنّ الدراسة الحالية قد ساهمت في الإسهام في تطوير الاتجاه البحثي نحو الوصول إلى مقياس مشترك وموحد.

تعد عادات العقل بشكل عام وعادات العقل الهندسية بشكل خاص ضرورة تربوية لا بد

من الاهتمّام بها؛ لإنتاج جيل قادر على التعامل الفّعال مع التطورات العلمية والتكنولوجية المتسارعة والتغيرات الكبرى في الصناعة (Costa & Kallick, 2000)؛ لذلك لا بد من وضع أُطر واستراتيجيات لتنميتها لدى المتعلم ابتدءً من رياض الأطفال وحتى المراحل الدراسية المتقدمة، فالتعليم الذي يركز على تطوير عادات العقل يعزز التعلم مدى الحياه (أبو زيد، ٢٠١٨)، كما يؤثر في نجاح الفرد في سوق العمل على المدى الطويل (Lucas & Hanson, 2016)، ونظرا للتغييرات الكبيرة في مستقبل الصناعات، والحاجة لإنتاج أجيال قادرة على التعامل مع المستجدات العلمية، والتكنولوجيا ومشكلاتها لا بد من التركيز على تنمية عادات العقل الهندسية لدى المتعلم؛ نظراً لدورها في إنتاج جيل قادر على المشاركة الفاعلة في هذه المستجدات، وذلك من خلال دراسة عادات العقل الهندسية ووضع أطر واضحة لتنميتها لدى المتعلم منذ مراحل التعليم المبكرة، وتقديمها للمتعلم (Beyer, 2003)، وتدريبه المستمر عليها حتى تصبح جزء من طبيعته.

التوصيات

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة تمّ وضع العديد من التوصيات منها:

١. ضرورة الاهتمّام بالتصميم الهندسي كونه ركيزة أساسية في معايير العلوم للجيل القادم (NGSS) ودمجه في مناهج العلوم في كافة المراحل التعليمية؛ لما له من دور في تنمية مهارات، وتفكير المتعلم، وتنمية بعض عادات العقل الهندسية كالتعرف على المشكلة والتحسين والتطوير والتفكير المنظومي.

٢. الاهتمام بعادات العقل الهندسية، خاصة عادات التعرف على المشكلة، والتحسين والتطوير والتفكير المنظومي، وذلك من خلال دمج التصميم الهندسي في مناهج العلوم، ووضع أطر لها في المناهج، والاهتمام بتقديمها للمتعلم وتقويمه فيها لإنتاج أجيال قادرة على إنتاج المعرفة.

٣. إجراء مزيد من الدراسات حول أثر تدريس العلوم، من خلال التصميم الهندسي على تنمية عادات العقل الهندسية على مراحل دراسية مختلفة.

٤. إجراء دراسات مسحية على عادات العقل الهندسية الأكثر انتشاراً لدى طلبة المراحل الدراسية المختلفة.

المراجع
References

أبو زيد، أماني (٢٠١٨). فاعلية نموذج دورة التقييم المستمّر والتدريس والتعلم في العلوم SAIL لتنمية مهارات الاستقصاء العلمي وبعض عادات العقل لدى طلاب المرحلة الإعدادية. **المجلة المصرية للتربية العلمية،٢١(٤)**، ١-٤٥.

البحراني، وداد (٢٠٠٢). **قدرات التفكير الابتكاري لدى تلاميذ التعليم الأساسيّ والتعليم العام في سلطنة عمان.** رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية، جامعة السلطان قابوس، سلطنة عمان.

البلوشي، سليمان محمد (٢٠١٩). **تعليم وتعلم العلوم والرياضيات في سلطنة عمان: الفرص والتحديات.** ورقة مقدمة في مؤتمّر التميّز الثالث في تعليم وتعلم العلوم والرياضيات، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية، ١٢-١٤ مارس.

رزق، فاطمة (٢٠١٥). استخدام مدخل STEM التكاملي لتعلم العلوم في تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين ومهارات اتخاذ القرار لدى طلاب الفرقة الأولى بكلية التربية .**دراسات عربية في التربية وعلم النفس: رابطة التربويين العرب،٦٢**، ٧٩-١٢٨.

صالح، آيات حسن (٢٠١٦). وحدة مقترحة في ضوء مدخل (العلوم، التكنولوجيا، الهندسة، الرياضيات) وأثرها في تنمية الاتجاه نحوه ومهارات حل المشكلات لتلاميذ المرحلة الابتدائية. **المجلة الدولية التربوية المتخصصة، ١، (٢٢)**، ١-١٩.

غانم، تفيدة. (٢٠١٥). وحدة مقترحة في التكنولوجيا الخضراء قائمة على عملية التصميم التكنولوجي وفاعليتها في تنمية مهارات تصميم النماذج التكنولوجية واتخاذ القرار في مقرر العلوم البيئية لطلاب الصف الثالث الثانوي .**المجلة المصرية للتربية العلمية: الجمعية المصرية للتربية العلمية، ١٨(١)**، ١- ٥٤.

المجلس الأعلى للتخطيط (٢٠١٩). **الوثيقة الأولية لرؤية عُمان ٢٠٤٠.** مسقط، سلطنة عمان: المؤلف.

مجلس التعليم (٢٠١٧أ). **التقرير السنوي للتعليم في سلطنة عمان.** مسقط، سلطنة عمان: المؤلف.

مجلس التعليم (٢٠١٧ب). **فلسفة التعليم في سلطنة عمان. مسقط، سلطنة عمان:** المؤلف.

مجلس التعليم (٢٠١٨). ***الاستراتيجية الوطنية للتعليم ٢٠٤٠: الملخص التنفيذي.*** مسقط، سلطنة عمان: المؤلف.

وزارة التربية والتعليم (٢٠١٨أ). **الكتاب السنوي للاحصاءات التربوية.** مسقط: وزارة التربية والتعليم.

وزارة التربية والتعليم (٢٠١٣). **الندوة الوطنية للتعليم وكفايات القرن الحادي والعشرين.** سلطنة عمان. ٢٢-٢٤ سبتمبر.

وزارة التربية والتعليم (٢٠١٨ب). **التقرير الوطني للدراسة الدولية في الرياضيات والعلوم (٢٠١٥) (الصف الثامن.** مسقط: وزارة التربية والتعليم.

ABET. (2007). *ABET 2009 Requirements*. Retrieved on 20-4-2016 from: http://www.abet.org/Linked%20DocumentsUPDATE/Criteria%20and%20PP/E001%2009-10%20EAC%20Criteria%2012-01-08.pdf

Beyer, B. (2003). Improving student thinking. *The Clearning House*, 71(5), 262 – 267.

Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in p-12 classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.

Costa, L., & Kallick, B. (2000). *Discovering & Exploring Habits of Mind. A Developmental Series, Book 1*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Cunningham, C & Hester, K. (2007). Engineering is Elementary: An Engineering and Technology Curriculum for Children. *In Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference*. Honolulu, HI.

Dym, C., Agogino, A., Eris, O., Frey, D & Leifer, L. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education, 94*(1), 103.

English, L. D., King, D., & Smeed, J. (2017). Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings. *The Journal of Educational Research*, *110*(3), 255-271.

Fortus, D., Dershimer, Ch., Krajcik, J., Marx, R & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based Science and Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (10): 1081–1110.

Gero, A & Danio, O. (2016). High-School Course on Engineering Design: Enhancement of Students' Motivation and Development of Systems Thinking Skills. *International Journal of Engineering Education, 32*(1A), 100–110.

Haury, D. (2002). *Learning science through design*. ERIC (ED478715 2002-10-00) Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education.

Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). *Engineering in K - 12 education: Understanding the status and improving the prospects.* Washington, DC: The National Academies Press.

Lammi, D. (2011). *Characterizing high school students' systems thinking in engineering design through the function-behavior-structure (FBS) framework.* Utah State University .

Lammi, M. D., & Denson, C. D. (2017). Modeling as an Engineering Habit of Mind and Practice. *Advances in Engineering Education, 6*, 1-27.

Lancaster, M & Jones, G. (2015). Science Meets Engineering. *Science Scope, 38*(9), 53-62.

Lewis, T. (2006). Design and inquiry: Base for an accommodation between science and technology education in the curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, *43*(3), 255-281.

Lucas, B & Hanson, J. (2016). Thinking Like an Engineer: using engineering habits of mind and signature pedagogies to redesign engineering education. *International Journal Of Engineering Pedagogy*, *6*(2), 4.

Lucas, B & Hanson, J. (2014). *Thinking like an engineer: using engineering habits of mind to redesign engineering education for global competitiveness.* Paper presented at the SEFI Annual Conference: The attractiveness of Engineering.

Marulcu, I (2014). Teaching habitat and animal classification to fourth graders using an engineering-design model. *Research in Science & Technological Education*, *32*(2), 135-161.

Museum of Science of Boston. (2016). *Engineering is Elementary*. Retrieved on 3rd March 2016. From: https://www.eie.org/

Museum of Science of Boston. (2018). *Engineering Everywhere*. Retrieved on 16th Jun 2018. From: http://www.eie.org/engineering-everywhere/curriculum-units.

National Academy of Engineering (2004). *The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century*. Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts and Core Idea. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education. Washington, DC: *The National Academies Press.*

Potter, S. (2014). Teaching biology with engineering practices. Unpublished master thesis. *Michigan State University*. USA.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, *93*(3), 223-231.

Schunn, C. (2008). Engineering educational design. *Educational Designer*, *1*(1), 1-23.

Sneider, C. (2011). A Possible Pathway for High School Science in a STEM World. From**:** *www.ncete.org***.** Retrieved on: 3/ 4/2015.

Strong, M. G. (2013). *Developing elementary math and science process skills through engineering design instruction* (Order No. 1537547). Available from Pro Quest Dissertations & Theses Global. (1364887346). Retrieved from: http://ezproxysrv.squ.edu.om:2131/docview/1364887346?accountid=27575

Taylor, H. A., & Hutton, A. (2013). Think3d!: Training spatial thinking fundamental to STEM education.

Cognition and Instruction, *31*(4), 434-455.

Ward, L., Lyden, S., Fitzallen, N., & León de la Barra, B. (2015). Using engineering activities to engage middle school students in physics and biology. *Australasian Journal of Engineering Education*, *20*(2), 145-156.

Wendell, K. B. (2011). *Science through engineering in elementary school: Comparing three enactments of an engineering-design-based curriculum on the science of sound*. Tufts University.