تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي لتنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري

إعداد

الدكتور
محمود محمد علي عتاقي
أستاذ تكنولوجيا التعليم المساعد
كلية التربية-جامعة الأزهر بالقاهرة

الدكتور
علاء أحمد أمين محمد عموش
مدرس المناهج وطرق تدريس العلوم
كلية التربية-جامعة الأزهر بالقاهرة

تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي لتنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري متباينى المرونة المعرفية

محمود محمد علي عتاقي، علاء أحمد أمين عموش.

قسم تكنولوجيا التعليم، كلية التربية-جامعة الأزهر بالقاهرة.

قسم المناهج وطرق التدريس، كلية التربية بنين، جامعة الأزهر بالقاهرة

البريد الإلكتروني: drmahmoudataki@gmail.com

البريد الالكتروني: dralaam100100@gmail.com

مستخلص البحث:

استهدف البحث تنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري متباينى المرونة المعرفية من خلال تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي، وتم اتباع المنهج التجريبي ذي التصميم ثنائي العامل (٢X٢)؛ حيث تكونت عينة البحث من (٧٢) تلميذ وتلميذة من معاهد إدارة الخانكة بمنطقة القليوبية الأزهرية، تم اختيارهم وتوزيعهم عشوائيًا إلى مجموعتين ضابطة وتجريبية، وتمثلت أدوات القياس في اختبار الممارسات العلمية والهندسية، وبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية، ومقياس مواقف الطلاقة الرقمية (من إعداد الباحثين)، وأسفرت النتائج عن وجود فرق دال إحصائيًا عند مستوى (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في القياس البعدي للاختبار وبطاقة الملاحظة ومقياس مواقف الطلاقة الرقمية لصالح المجموعة التجريبية، ووجود فاعلية كبيرة للبيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد في تنمية الممارسات العلمية والهندسية ومتوسطة في الطلاقة الرقمية؛ حيث بلغت قيمة حجم التأثير باستخدام مربع ايتا (η^2) على الترتيب (٠,٣٥)، (٠,٣٩)، (٠,١٢)، وأظهرت النتائج تأثيراً كبيراً لاختلاف درجة المرونة المعرفية في تنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية لصالح مرتفعي المرونة، إذ بلغ حجم التأثير على الترتيب (٠,٣٦)، (٠,٣٨)، (٠,٦٢)، كما كشفت النتائج عن عدم وجود تفاعل دال إحصائياً عند مستوى (α =٠,٠٥) بين **طريقة التدريس** ودرجة المرونة المعرفية في القياس البعدي للاختبار، وبطاقة الملاحظة للممارسات العلمية والهندسية، ومقياس الطلاقة الرقمية، وفي ضوء تلك النتائج تم تقديم بعض التوصيات والمقترحات.

الكلمات المفتاحية: بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، أدوات الذكاء الاصطناعي، الممارسات العلمية والهندسية، الطلاقة الرقمية، المرونة المعرفية.

Designing an AI-Powered 3D Learning Environment to Foster Scientific and Engineering Practices and Digital Fluency in Science for Third-Grade Al-Azhar Preparatory Students with Varying Cognitive Flexibility

Mahmoud Mohamed Ali Ataky, Alaa Ahmed Amin Amoush.

Department of Educational Technology, Faculty of Education, Al-Azhar University, Cairo.

Department of Curricula and Teaching Methods, Faculty of Education for Men, Al-Azhar University, Cairo.

Email: drmahmoudataki@gmail.com
Email: dralaam100100@gmail.com

Abstract:

The research aimed at developing scientific and engineering practices, as well as digital fluency in the science subject for third-grade Azharite preparatory students with varying cognitive flexibility, through the design of a 3D learning environment based on artificial intelligence tools. Preparatory students with varying levels of cognitive flexibility. Employing a two-factor (2x2) experimental design, the research sampled (72) male and female students from El-Khanka institutes in the Qalyubia Azhar region. These students were randomly assigned to either a control or an experimental group. Measurement instruments included a scientific and engineering practices test, an observation card for scientific and engineering practices, and a digital fluency attitudes scale (developed by the researchers). Results indicated a statistically significant difference (at $\alpha = 0.05$) favoring the experimental group in the post-measurement scores across the test, observation card, and digital fluency attitudes scale. The 3D learning environment demonstrated a large effect size in fostering scientific and engineering practices, with Eta-squared ($\eta 2$) values of (0.35) and (0.39) respectively, and a medium effect size for digital fluency ($\eta 2 = 0.12$). Furthermore, the findings revealed a significant impact of cognitive flexibility levels on the development of these skills, particularly benefiting students with higher cognitive flexibility, with effect sizes of (0.36), (0.38), and (0.62) respectively. Interestingly, no statistically significant interaction (at $\alpha = 0.05$) was found between the teaching method and cognitive flexibility level in the post-measurements of the test, observation card, or digital fluency scale. Based on these findings, the study offers several recommendations and suggestions

Keywords: 3D Learning Environment, Artificial Intelligence Tools, Scientific and Engineering Practices, Digital Fluency, Cognitive Flexibility.

مقدمة البحث وخلفيته النظرية

يشهد العالم تطورات متسارعة في شتى المجالات العلمية، مما أثر بشكل واضح على حياة الأفراد والمجتمعات، لا سيما المتعلمين الذين يمثلون نواة المستقبل؛ حيث أشار خبراء التربية على أهمية استثمار هذه التطورات في تطوير وتحسين العملية التعليمية بكافة مكوناتها، لإعداد المتعلمين لمواجهة تحديات الحياة المعاصرة وتلبية متطلبات المستقبل، الأمر الذي يُحتم إعادة النظر في كافة المناهج والبرامج التعليمية بمختلف مراحل التعليم، لتتلاءم مع المعايير العالمية، مما يسهم في تنمية مهارات القرن الواحد والعشرين، وتمكين المتعلمين من التعامل بفعالية مع التغيرات المتسارعة في بيئتهم.

ويُعد تعلم مادة العلوم أمرًا بالغ الأهمية في الحياة اليومية؛ حيث يساعد المتعلمين على فهم قضايا علمية تؤثر بشكل مباشر في مجتمعاتهم. وبما أن العلوم جزء لا يتجزأ من الأنشطة اليومية، يصبح من الضروري أن يكون الفهم العام لمفاهيمها وأساسياتها أولوية في التعليم؛ لذلك، يظل تدريس العلوم أمرًا أساسيًا في تطوير المجتمع العلمي. ومن هذا المنطلق، يُعتبر تشجيع التلاميذ على الانخراط في تعلم العلوم من خلال أنشطة عملية حافزًا مهمًا لتعميق اهتمامهم، إضافة إلى تصحيح المفاهيم الخاطئة التي قد تعيق تقدمهم. كما أن تعلم العلوم لا يقتصر على قراءة الكتب فقط، بل يتطلب تجربة عملية (Hallez, 2008, p.4) (١).

وقد ظهر الجيل التالي من معايير العلوم (Next Generation Science Standards - NGSS)، عن المجلس القومي الأمريكي للبحوث (National Research Council - NRC) في أبريل ٢٠١٣، كأحد الاتجاهات الحديثة في مجال بناء وتطوير محتوى مناهج العلوم؛ حيث اكتسبت هذه المعايير أهمية كبيرة لما توفره من مزايا تربوية، من أبرزها تعزيز فهم العلوم بشكل أفضل وتنمية مهارات القرن الواحد والعشرين بمختلف أنواعها؛ حيث شدد المجلس القومي للبحوث على أهمية الجمع بين الممارسات العلمية والهندسية والأفكار المحورية التخصصية والمفاهيم البينية، بما يساهم في تطوير معارف وخبرات ومهارات المتعلمين.

وتشير الممارسات العلمية Scientific practices إلى الممارسات التي يستخدمها العلماء في بناء النماذج والنظريات حول العالم الطبيعي؛ بينما تشير الممارسات الهندسية Engineering practices إلى الممارسات التي يستخدمها المهندسون في بناء وتصميم الأنظمة (National Research Council, 2012, p. 2)، ويتضمن الجيل التالي لمعايير العلوم ثمان ممارسات علمية وهندسية تتمثل في (NGSS Lead States, 2013 f, p.4-15؛ NRC, 2012, p.50-76):

- طرح الأسئلة وتحديد المشكلة Asking questions (for science) and defining problems (for engineering): تعني قدرة المتعلمين على صياغة استفسارات علمية قابلة للإجابة تجريبيًا لفهم الظواهر أو تطوير النماذج (مثل: "لماذا السماء زرقاء؟")، مع التفرقة بين الأسئلة العلمية وغير العلمية، وفي الهندسة، تتضمن القدرة على تحديد

(١) اتبع الباحثان توثيق جمعية علم النفس الأمريكي American Psychological Association المعروف اختصارًا باسم (APA) الإصدار السابع.

المشكلات واقتراح حلول ابداعية من خلال فهم الحاجات والمتطلبات، ومعايير النجاح، وتقييم الأدوات والتقنيات المتاحة.

- تصميم واستخدام النماذج Developing and using models: بناء تمثيلات تحاكي الظواهر الطبيعية أو المشكلات الهندسية، مثل المخططات والنماذج المادية، لتسهيل الفهم والدراسة؛ ففي العلوم، تُستخدم النماذج لشرح الأنظمة وصياغة الأسئلة وبناء التفسيرات، أما في الهندسة، فتُستخدم لتحليل الأنظمة القائمة، وتحديد العيوب، واختبار الحلول، وتحسين التصميمات مثل المباني والجسور وغيرها.
- تخطيط وإجراء الاستقصاءات Planning and carrying out investigations: تصميم وتنفيذ بحوث وتجارب منظمة لاستكشاف الظواهر والقضايا، وتتضمن تحديد المتغيرات، وصياغة البدائل، واستخدام أدوات لجمع وتحليل البيانا لوصف الظواهر أو اختبار النظريات، وفي الهندسة، تُستخدم لاختبار تصميمات وتحسين عمل الأنظمة والمنتجات.
- تحليل وتفسير البيانات Analyzing and interpreting data: تشمل تنظيم البيانات الناتجة عن الاستقصاءات باستخدام الجداول أو الرسوم البيانية وتحليلها رياضيًا لتوضيح العلاقات بين المتغيرات، وفي الهندسة، تُستخدم لمقارنة الحلول وتقييم الجدوى الاقتصادية من الأنظمة والمنتجات.
- استخدام الرياضيات والتفكير الحاسوبي Using mathematics and computational thinking: توظيف الرياضيات والعمليات والوحدات الحسابية لعرض المتغيرات، وتحليل العلاقات الكمية، والوصول إلى تنبؤات دقيقة؛ مع استخدام الكمبيوتر لتوظيف الرياضيات من خلال معالجة البيانات وتقريب الحلول المعقدة.
- بناء التفسيرات (للعلوم) وتصميم الحلول (للهندسة) Constructing explanations (for science) and designing solutions (for engineering): تعني في العلوم صياغة تفسيرات سببية مدعومة بالأدلة المنطقية، وفي الهندسة، تتضمن تصميم حلول للمشكلات وتحسينها بناءً على معايير الكفاءة، والجدوى، والجوانب الجمالية.
- الانخراط في الجدل المستند إلى الأدلة Engaging in argument from evidence: تشمل تقديم حجج مدعومة بالبيانات والدفاع عن الأفكار عبر مناقشات علمية، وفي الهندسة، تُستخدم المقارنات والنقاشات لاختيار أفضل الحلول وتصحيح التصاميم بناءً على الأدلة
- الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها Obtaining, evaluating, and communicating information: تعني القدرة على قراءة النصوص العلمية وتحليلها لتحديد المعلومات الدقيقة، وتمييز الأدلة عن التفسيرات، مع تبادل النتائج بوضوح من خلال التقارير أو المناقشات وباستخدام أدوات مرئية كالجداول والرسوم البيانية، والمخططات.

ويُسهم انخراط المتعلمين في الممارسات العلمية في تعزيز فهمهم لكيفية تطور المعرفة العلمية، إذ تمنحهم هذه المشاركة الفعّالة تقديرًا للطرائق المستخدمة في الاستقصاء والكشف عن أسباب الظواهر المختلفة. كما يُسهم التفاعل مع الممارسات الهندسية في توضيح طبيعة عمل المهندسين، وإبراز الصلة الوثيقة بين مجالي الهندسة والعلوم؛ فمن خلالها يكتسب المتعلمون فهمًا أعمق للمفاهيم المشتركة والأفكار التخصصية في العلوم والهندسة، إلى جانب تطوير مهاراتهم في التصدي لمجموعة من التحديات المعاصرة، مثل: إنتاج طاقة نظيفة وكافية، والوقاية

من الأمراض وعلاجها، والحفاظ على موارد المياه العذبة والغذاء، ومواجهة آثار التغير المناخي . (NRC, 2012, p.42-43).

وتأكيدًا لما سبق، أوضحت دراسة رولاند Rowland (2014) فاعلية دمج الممارسات العلمية والهندسية في تدريس وحدتي الوراثة والمبادئ الجزيئية والبكتيريا في رفع دافعية تلاميذ المرحلة الثانوية لتعلم البيولوجيا في مقاطعة وايمونغ بالولايات المتحدة، كما أشارت نتائج دراسة ميلانسيو Milanesio (2017) إلى فاعلية تطبيق أبعاد الجيل التالي لمعايير العلوم في تنمية مهارات التفكير الناقد والتواصل داخل الصف لدى تلاميذ الصف الثاني الثانوي، وأكدت دراسة سون Sohn (2017) فاعلية مناهج العلوم المستندة إلى هذه المعايير في تعزيز وعي التلاميذ بالبيئة المحلية وزيادة معرفتهم بمفاهيم الهواء الأساسية، كذلك، بينت دراسة طلبة (٢٠١٩) فاعلية منهج مقترح مستند إلى NGSS في تطوير مهارات الاستقصاء العلمي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية، وأظهرت نتائج دراسة خليفة وآخرون (٢٠٢١) أثر تطوير منهج العلوم وفق الممارسات العلمية والهندسية في تعزيز الفهم العميق لدى تلاميذ نفس المرحلة، فيما أكدت دراسة عموش (٢٠٢١) فاعلية محتوى منهج العلوم المبني على المعايير الحديثة، ومنها NGSS في تنمية مهارات حل المشكلات لدى تلاميذ الحلقة الأولى من التعليم الأساسي، وأخيرًا، كشفت دراسة العتيبي وحج عمر (٢٠٢٢) عن فاعلية برنامج تطوير مهني قائم على الممارسات العلمية والهندسية في تعزيز معتقدات معلمي المرحلة المتوسطة حول أبعاد طبيعة العلم.

وانطلاقاً من الأهمية المتزايدة للممارسات العلمية والهندسية، اهتمت دراسات عدة بتنميتها لدى المتعلمين؛ فقد اهتمت دراستي (عز الدين، ٢٠١٨؛ محمد وسيف، ٢٠٢٠) بتنميتها لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية من خلال استخدام أنشطة قائمة على الجيل التالي من معايير العلوم، والأنشطة الترفيهية، بينما اهتمت دراسات (خضر وآخرون، ٢٠٢٤؛ الرخاوي، ٢٠٢٣؛ أبو غنيمة وعبد الفتاح؛ ٢٠١٩؛ الشعيلي والزيدية، ٢٠٢٤؛ محمد، ٢٠٢٤؛ Whittington, 2017؛ Lesley et al., 2017) بتنميتها لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية باستخدام نموذج التعلم الخبراتي في تدريس العلوم، واستراتيجية REACT، والتدريس بمنحنى STEAM، ومنهج رقمي مقترح في العلوم قائم على النظريات المعرفية، ووحدة مصممة في العلوم في ضوء الجيل التالي لمعايير العلوم والتعلم القائم على الاستقصاء، والمحاكاة عبر الإنترنت، و نموذج الاستقصاء الثماني، أما دراسات (الباز، ٢٠١٧؛ إسماعيل، ٢٠١٨؛ Potter, 2014) فقد ركزت على تطوير منهج الكيمياء في ضوء مجال التصميم الهندسي للجيل التالي من معايير العلوم، وبناء وحدة مقترحة في الكيمياء الحرارية في ضوء الجيل التالي من معايير العلوم، ودمج تلك الممارسات في منهج الأحياء لتنميتها لدى تلاميذ المرحلة الثانوية، وقد أوصت جميع تلك الدراسات بضرورة توفير أنشطة ومهام عملية واستراتيجيات تدريسية وأساليب وأدوات تقويم لتدريب المتعلمين بمراحل لتعليم المختلفة على تلك الممارسات وتنميتها لديهم بشكل أفضل.

ومن بين الممارسات العلمية والهندسية في معايير الجيل التالي للعلوم: الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها، وهي تتطلب من المتعلم البحث في مصادر متنوعة كالمواقع الإلكترونية والكتب والمقالات العلمية. ولتحقيق ذلك بفعالية، ينبغي أن يمتلك المتعلم مهارات رقمية متعددة، مثل: استخدام الإنترنت بكفاءة، وتحليل البيانات لاستخلاص الحقائق العلمية، وتقييم موثوقية المصادر وجودتها. وتشمل هذه المهارات أيضًا التواصل الرقمي المنظم لتبادل المعلومات والأفكار، بما يعزز مشاركته الفعّالة في النقاشات العلمية والهندسية، وهذا ما دعمته

نتائج دراسات عدة؛ حيث أوضحت نتائج دراسة شو وآخرون Xu et al., (2022) التي بينت أن المناهج الرقمية طوّرت مهارات تقنية وناعمة لدى طلاب الهندسة، بما فيها التفكير النقدي والابتكار، ما يعكس التداخل بين التكنولوجيا والممارسات الهندسية، كما أظهرت نتائج دراسة أيرزا Ariza (2023) أن التعليم الإلكتروني والمهارات الرقمية يسهمان في تعزيز التصميم والممارسات الهندسية، من خلال أنشطة تطبيقية مثل المختبرات المنزلية والمحتوى الرقمي الذي يُنتجه الطلاب، كما أشارت دراسة جوفيندر Govender (2025) إلى وجود علاقة متبادلة بين الطلاقة الرقمية ومهارات STEM، حيث تسهم الطلاقة الرقمية في تعزيز التفكير النقدي، والابتكار، وبناء المعرفة، والتعاون، كما أن تعليم STEM بدوره يُنمّي الطلاقة الرقمية.

وتعد الطلاقة الرقمية Digital fluency إحدى الكفايات التي يجب أن يمتلكها المتعلمين للتكيف مع متطلبات الحياة في القرن الواحد والعشرين، ويُقصد بها مزيج من المهارات المطلوبة للتنقل بفعالية في عالم الإنترنت الذي يتسم بالمخاطر المعرفية، وتشمل مهارات التفكير النقدي التقليدية، بالإضافة إلى المعرفة التقنية الخاصة بالإنترنت والكفاءات المحددة لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات (Miller and Bartlett, 2012, p.38). كما أنها تعني القدرة على إعادة صياغة المعرفة، والحصول على المعلومات من بيئة رقمية، والتعبير عن النفس في بيئة رقمية بشكل مناسب (Wang et al., 2013, p.420). كذلك تشير إلى القدرة على استخدام التكنولوجيا، وإنشاء وتبادل الأفكار والمعلومات عبر البيئات الرقمية، وفهم التواصل الرقمي، وهي قدرة متطورة تمكّن الفرد من تفسير المعلومات بشكل فعال وأخلاقي، واكتشاف المعنى، وتصميم المحتوى، وبناء المعرفة، وتبادل الأفكار في عالم رقمي (Niessen, 2013, p.6-7). كما أشار أشفورد Ashford (2015, p.22) إلى أنها تشير إلى القدرة على استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات للبحث عن المعلومات، وتقييمها، وإنتاجها، مما يستوجب امتلاك مهارات ومعارف تناسب المتعلم في مجتمع رقمي.

من خلال ما تم ذكره، يمكن القول بأن الطلاقة الرقمية مفهوم شامل يتضمن أبعاد متعددة، فوفقًا لسبنسر Spencer (2015, p. 3) المشار إليه في عبد الرحمن (٢٠٢٢، ص. ٥٢) تتألف الطلاقة الرقمية من ثلاثة أبعاد رئيسة هي: الكفاءة الرقمية التي تشير إلى القدرة على فهم واستخدام التقنيات والأنظمة التكنولوجية، والثقافة الرقمية التي تعني القدرة على قراءة وإنشاء وتقييم وإصدار الأحكام باستخدام المهارات التقنية، والكفاءة الاجتماعية التي تعبر عن القدرة على التواصل والتعاون مع الآخرين بشكل فعال باستخدام التكنولوجيا. كما طور بيثام Beetham (2015) نموذجًا للطلاقة الرقمية؛ حيث ذكر أنها تتكون من ستة أبعاد هي الإبداع الرقمي، والابتكار والمشاركة، والتواصل والتعاون والمشاركة الرقمية، ومحو الأمية المعلوماتية، والبيانات والإعلام، والتعلم الرقمي والتحسين الذاتي، والهوية الرقمية والرفاهية والكفاءة الرقمية. بينما أشار دمير وأوداباشي Demir & Odabaşı (2016, p. 375) إلى أن الطلاقة الرقمية تتضمن عدة أبعاد تتمثل في القدرة على استخدام التكنولوجيا بشكل فعال، والتفكير النقدي حول تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والتفكير التجريدي في التعامل مع الأدوات الرقمية، كما تشمل التجربة المكتسبة من استخدام هذه الأدوات، والمرونة في التكيف مع التحول التكنولوجي، والقدرة على حل المشكلات باستخدام التكنولوجيا، كما أشارت دراسة دمير وأوداباشي Demir & Odabaşı, (2022) إلى أن الطلاقة الرقمية تتكون من ثلاثة أبعاد رئيسة هي: المهارات الرقمية التي تعني القدرة على استخدام التقنيات الرقمية بشكل فعال

ومناسب للمهام المطلوبة، مثل الوصول إلى المعلومات والتواصل والتعاون والإبداع والحلول باستخدام الأدوات الرقمية؛ والتفكير النقدي الرقمي الذي يشير إلى القدرة على تحليل وتقييم وتوليد واستخدام المعلومات الرقمية بشكل منطقي ومنهجي، ويشمل القدرة على تحديد الأهداف والاحتياجات والمصادر والمعايير والمنظورات والحجج المتعلقة بالمعلومات الرقمية؛ والثقافة والهوية الرقمية التي تعني القدرة على التعرف على الذات والآخرين والمجتمعات في العالم الرقمي، وتشمل القدرة على التعبير عن الذات والتفاعل والمشاركة والمواطنة والأخلاق والأمان في البيئات الرقمية، أما دراسة دورموس جمسيم وآخرون Durmus Çemçem, et al., (2023) فقد أشارت إلى أن الطلاقة الرقمية تتكون من ثلاثة أبعاد هي: القدرة على الوصول إلى المعلومات الرقمية، والقدرة على إنشاء المحتوى الرقمي، والقدرة على التواصل الرقمي.

وتكمن أهمية الطلاقة الرقمية في تعزيز قدرة كل من المعلمين والمتعلمين على الاستفادة من أدوات وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات المتنوعة في حياتهم اليومية، كما تسهم في تحقيق نتائج تعلم إيجابية، وتحسين مستوى التحصيل، وتعزيز الإبداع، والتفكير الناقد، وحل المشكلات، واتخاذ القرارات، بالإضافة إلى تنمية المهارات فوق المعرفية، والاستفادة من شبكات التعلم الشخصية وأدوات التعليم المتقدمة (White, 2013, p.4; Belshaw, 2011, p.13; Bologa et al., 2007, p.44).

ونظراً لأهمية امتلاك المتعلمين أبعاد الطلاقة الرقمية؛ فقد ركزت دراسات عدة على تنميتها لديهم، ومنها دراسة كيم وآخرون Kim et al., (2013) التي سعت لتحسين الطلاقة الرقمية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية العاديين والموهوبين الصغار باستخدام برنامج تدريبي لحل المشكلات الإبداعي يعتمد على البرمجة الحاسوبية، ودراسة محمد وآخرون (٢٠٢١) التي تناولت استخدام كثافة التلميحات البصرية "المرتفعة، المنخفضة" الإنفو جرافيك التفاعلي في بيئة تعلم إلكتروني عبر الويب، ودراسة عبد الرحمن (٢٠٢٢) التي استهدفت تنميتها لدى الطلبة من خلال توظيف أنماط التشارك في بيئة التعليم المدمج التشاركي.

يتضح مما سبق أن الطلاقة الرقمية تُمكّن المتعلمين من استخدام التكنولوجيا بفعالية في عالم رقمي متغير، إذ تشمل البحث عن المعلومات وتقييمها وإنتاجها عبر أدوات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وتتطلب توظيف هذه الأدوات بصورة نقدية وإبداعية لنقل الأفكار وإنتاج المعرفة. ومن ثم، تبرز أهمية امتلاك التلاميذ مهارات التفكير النقدي لحل المشكلات العلمية بطرق مبتكرة، والتكيف مع التغيرات التكنولوجية المتسارعة، والانتقال من تحليل المشكلات إلى معالجتها عبر تقنيات حديثة، مثل الحلول الهندسية المدعومة بالتكنولوجيا.

وتشير المرونة المعرفية (Cognitive flexibility) إلى القدرة على تكييف استراتيجيات المعالجة المعرفية لمواجهة المواقف والظروف الجديدة وغير المتوقعة في البيئة (Canas et al. 2003, p.482). كما تعني القدرة على التكيف المعرفي مع الحاجات والمطالب المتغيرة للبيئة التي يعيش فيها المتعلم (Laureiro-Martínez et al., 2009, p.12). وهي كذلك القدرة العقلية التي تمكن الفرد من التغيير المناسب لبنيته المعرفية بهدف إنتاج استجابات جديدة متعددة ومتنوعة وغير مألوفة للتكيف مع المتطلبات البيئية المتغيرة (الفيل، ٢٠١٤، ص.٢٦٦). وهي أيضاً القدرة الاستثنائية على إعادة تكوين الأفكار بسرعة والتبديل بين المهام المختلفة، والقدرة على التكيف مع التغيرات في السياقات البيئية أو متطلبات المهام المختلفة، مما

يسمح بتغيير استراتيجيات المعالجة المعرفية بناءً على الظروف الحالية أو المحفزات البيئية (Braem & Egner, 2018, p.470).

وتؤكد نظرية المرونة المعرفية التي طورها سبيرو وزملاؤه (Spiro) عام ١٩٨٨م على أهمية تمكين المتعلمين من بناء فهم عميق ومرن للمعرفة يتيح لهم توظيفها بفعالية في سياقات متعددة، خاصة في المجالات المعقدة وغير المنظمة. ووفقًا لما طرحه سبيرو وفلتوفيتش وكولسون وأندرسون، فإن هذه النظرية تقوم على مجموعة من المبادئ، أبرزها: تجنب التبسيط المفرط للمفاهيم الذي يؤدي إلى فهم سطحي وغير مترابط، والاعتماد على تمثيلات متعددة للمعلومة تتيح تنويع أساليب التفكير والفهم، إلى جانب التركيز على مركزية الحالات الواقعية كمداخل لفهم المفاهيم المعقدة. كما ترى النظرية أن المعرفة المجردة يجب أن تُكتسب باعتبارها معرفة قابلة للاستخدام، مما يتطلب توجيه المتعلم نحو كيفية تطبيق المفاهيم النظرية في الممارسة العملية. وتشدد أيضًا على أهمية بناء مخططات معرفية مرنة قادرة على تمثيل المفاهيم متعددة المستويات، وتعزيز الترابط بين المفاهيم بدلاً من تقديمها كأجزاء منفصلة. وتؤكد النظرية على أن المشاركة النشطة للمتعلم، مقرونة بتوجيه فعّال من المعلم، تسهم في إدارة تعقيد المعرفة وتدعم تحقيق الفهم المتقدم (Spiro et al., 2019, p.377-381).

ويحقق امتلاك المتعلم للمرونة المعرفية فوائد متعددة؛ فهي تمكنه من العمل بكفاءة للانفصال عن مهمة سابقة، وإعادة تكوين مجموعة استجابات جديدة، وتنفيذ مجموعة الاستجابات الجديدة هذه للمهمة التي بين أيديه، كما ترتبط المرونة المعرفية الأكبر بنتائج إيجابية طوال فترة الحياة مثل قدرات قراءة أفضل في مرحلة الطفولة (Engel de Abreu et al., 2014. p. 551). وزيادة المرونة في مواجهة أحداث الحياة السلبية والضغوط في مرحلة المراهقة (Genet, & Siemer, 2011, p.380). ومستويات أعلى من الإبداع في مرحلة البلوغ (Chen et al. 2014, p.474). وتحسين جودة التعلم عند البالغين، والحياة عند كبار السن (Davis et al., 2010, p.2). كما أن الافراد ذوي المرونة المعرفية العالية يتمكنون من حل المشكلات بشكل فعال، كما يتكيفون مع المتطلبات الموقفية للمشكلة، وهم قادرون على الانتقال من فكرة لأخرى بسلاسة ويسر، وينظرون إلى المشاكل من زوايا مختلفة للبحث عن الحلول البديلة، كما ويعدلون أفكارهم حسب معطيات المشكلة (Gunduz, 2013, p.1049).

كما أشارت دراسات عدة على أن المرونة المعرفية ترتبط إيجابياً بعديد من سمات الشخصية الإيجابية كدافعية الإنجاز في دراسة النجار (٢٠١٧)، والتفكير الإبداعي في دراسة مقلد (٢٠٢٠)، وفاعلية الذات الإبداعية في دراسة القاضي (٢٠٢٠)، والذكاء الوجداني في دراسة المحمدي (٢٠٢٢)، واليقظة العقلية في دراسة دسوقي (٢٠٢٢)، ودافعية الإتقان في دراسة الحجاجي (٢٠٢٢)، والتفكير المنظومي في دراسة الكفوري وآخرون (٢٠٢٣).

يتضح مما سبق أن المرونة المعرفية تتضمن القدرة على التكيف مع مواقف معرفية معقدة ومتغيرة باستخدام مهارات متعددة، وهي ضرورية في مواجهة تحديات القرن الواحد والعشرين وحل المشكلات في مجالات معرفية متنوعة، ولتنمية هذه القدرة، يجب أن يكون التعلم مرنًا ومتعدد المنظورات ومرتبطًا بالواقع، وفي هذا السياق أشار هو وسبايرو Hu & Spiro (2021, p.375-376) أن التكنولوجيا والتقنيات الرقمية تؤدي دوراً حيوياً في توفير بيئات تعلم

تدعم التعلم المرن؛ فالتكنولوجيا تمكن المتعلمين من الوصول إلى مصادر معرفية متنوعة ومحدثة وموثوقة، وتساعدهم على تنظيم وتحليل وتقييم وتطبيق المعلومات بطرق مبتكرة ونقدية.

مما سبق يمكن القول أن تنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية تُعَدّان من المهارات الأساسية التي ينبغي تنميتها لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية؛ نظرًا لأهميتهما في تعزيز التفكير الناقد، وحل المشكلات، والقدرة على الابتكار، وتمكينهم من مواكبة تطورات العصر الرقمي، ومتطلبات القرن الواحد والعشرين، كما أنها تعزز من قدرتهم على التكيف مع المعلومات المتجددة، وتوظيف التقنيات الرقمية بفاعلية في التعلم والإبداع، ومع تزايد الاعتماد على التقنيات الرقمية في جميع مجالات الحياة، برزت الحاجة إلى توظيف مداخل ونماذج وطرق تدريسية حديثة، واستراتيجيات تعليمية مبتكرة، وبرامج ومقررات تعليمية مطورة، وبيئات تعليمية تعتمد على التقنيات الرقمية المختلفة تسهم في تحقيق تكامل بين هذه المهارات، وتعزيز قدرة التلاميذ على التعلم مدى الحياة؛ حيث إن الدمج بين هذه الجوانب يسهم في إعداد التلاميذ للتعامل مع تحديات المستقبل بكفاءة وفاعلية.

وتُعد التقنيات الرقمية إحدى الاتجاهات المعاصرة والمؤثرة في مجال التعليم والتدريب، وفي هذا الصدد أشارت دراسات (Garcia, 2020b; Hussein et al., 2019; Wang et al., 2022) إلى أنه عندما تقترن التقنيات الرقمية بطرق التدريس الملائمة، يمكنها أن تقدم تجارب تفاعلية تشجع المتعلمين على المشاركة الفعالة في تعلمهم؛ فعلى سبيل المثال، قد يقوم المعلمون بدمج الألعاب الرقمية في التدريس داخل الفصل، واستخدامها مع استراتيجيات تعليمية تهدف إلى تنمية التفكير الناقد، وحل المشكلات، ومهارات ما وراء المعرفة، كما أشارت دراسات (Garcia, 2020a; Zhao et al., 2020) إلى أن التعلم الرقمي يوفر للمتعلمين فرصة للتعلم النشط؛ فدمج تقنيات الواقع الافتراضي والمعزز، مع طرق تعليمية مثل التعلم التجريبي والاستقصاء يتيح للتلاميذ تجارب تعليمية غامرة تعزز فهمًا أعمق وأكثر معنى للمادة العلمية.

ومن بين التقنيات الرقمية التي يمكن توظيفها لتنمية الممارسات العلمية والهندسية وتعزيز الطلاقة الرقمية لدى المتعلمين بمراحل التعليم المختلفة بصفة عامة والمرحلة الإعدادية بصفة خاصة البيئات التعليمية ثلاثية الأبعاد (Three-Dimensional Learning Environments) التي تشير إلى عوالم افتراضية غنية وغامرة وقابلة للتوسع بدرجة كبيرة؛ حيث يدخل الأشخاص إلى هذه العوالم عبر شخصية افتراضية (Avatar) تمثلهم في هذا الفضاء، ويتحركون بهذه الشخصية عبر المساحات كما لو كانوا يسيرون فعليًا - أو في بعض الحالات يطيرون" (New Media Consortium and EDUCAUSE Learning Initiative, 2007, p.108). كما أنها تشير إلى بيئة تكنولوجية متكاملة يعيش فيها المتعلم بمفرده، أو يعيش ضمن مجموعة من المتعلمين يتبادلون الآراء والأفكار داخل بيئة افتراضية ثلاثية الأبعاد تأخذ أشكالًا ونماذج متعددة، منها: برمجيات الواقع الافتراضى، والألعاب الافتراضية، والمدارس والفصول والمكتبات الافتراضية (عزمي، ٢٠١٥، ص.٤٥٣). وهي كذلك بيئات يتم تشكيلها برمجياً من خلال الحاسب الآلي عبر مجموعة من الأجهزة والأنظمة بالاعتماد على أسلوب المحاكاة لإنشاء تمثيل مرئي لبيئة مجردة أو حقيقية تضم مواد وكائنات وأنشطة تعليمية يتفاعل معها المتعلم ديناميكيًا، بأسلوب يخضع لقواعد تفاعلات البيئة الواقعية ويهدف لإكساب المتعلم الشعور بالوجود والحضور (Neelakantam & Pant, 2017, p.1). كما ذكر الناقة وزقوت (٢٠٢١، ص.٨٩٣) أنها منصات تعليمية متكاملة، يمكن للمعلم إدارة محتواها، وتقديم المقرر بشكل أكثر

تفاعلية من حيث إضافة عناصر ثلاثية الأبعاد، وأسئلة، وفيديوهات تفاعلية، كما ذكر سكافاريلي وآخرون Scavarelli et al., (2021, p.258) أن المراجع تُطلق مصطلح الواقع الافتراضي والبيئات الافتراضية أو الانغماسية كمصطلحات مرادفة للبيئات ثلاثية الأبعاد. في حين يعتمد هذا البحث مصطلح بيئات التعلم ثلاثية الأبعاد.

وتصنف بيئات التعلم ثلاثية الأبعاد حسب درجة الانغماس إلى (Di Natale et al., 2020, p.2007-2009):

١. **بيئات قائمة على سطح المكتب Desktop-Immersive 3D Environment: في** يُقصد بها تلك العوالم الافتراضية ثلاثية الأبعاد التي يتم إنشاؤها بواسطة الحاسوب، ويُشار إليها أيضًا بأنظمة الواقع الافتراضي المكتبي؛ حيث يتفاعل المستخدم داخل هذه البيئات من خلال جهاز حاسوب تقليدي باستخدام أدوات إدخال كالفأرة ولوحة المفاتيح، حيث تتيح هذه الوسائط للمستخدمين استكشاف البيئة الرقمية والتفاعل مع مكوناتها، دون الحاجة إلى أجهزة متخصصة للعرض أو التتبع، مما يجعلها أكثر شيوعًا وسهولة من حيث الوصول والتطبيق في السياقات التعليمية.

٢. **بيئات شبه انغماسيه Semi-Immersive 3D Environment :**تتميز هذه البيئات بأنها تُعزز من شعور المستخدم بالاندماج من خلال تحسين المدخلات الحسية، وخصوصًا المدخلات البصرية، كما تُسهم في رفع مستوى التفاعل والتجسيد داخل بيئة التعلم، ومن أبرز أمثلتها أنظمة "فولدوم" التي توفر مجال رؤية واسعًا يزيد من التركيز والإثارة، كما تشمل هذه الفئة تقنيات الواقع المعزز التي تمزج بين البيانات الرقمية والعالم الواقعي.

٣. **بيئات كاملة الانغماس Full-Immersive 3D Environment :**هذا النوع يمثل أعلى مستوى من التعمق في بيئات التعلم ثلاثية الأبعاد، حيث يحيط بالمستخدمين بشكل إدراكي ويزيد من شعورهم بالحضور، مما يجعلهم يشعرون بالتجربة وكأنها حقيقية. يشمل هذا النوع تكنولوجيا مثل العروض المرتدية على الرأس (HMD) أو كهوف الواقع الافتراضي التلقائية(CAVE) ، التي توفر بيئات ثلاثية الأبعاد محاطة بالمستخدم مع تقنيات متقدمة مثل الرؤية المجسمة والتحديث المستمر للسيناريو وفقًا لحركات الرأس والجسم.

وقد تبنى البحث الحالي نمط البيئات القائمة على سطح المكتب؛ لأن البيئات ثلاثية الأبعاد القائمة على سطح المكتب أكثر انتشارًا من البيئات الانغماسية أو شبه الانغماسية نظرًا لانخفاض تكاليفها وسهولة استخدامها، فضلاً عن عدم الحاجة إلى مساحة مادية حقيقية (Li et al., 2020, p.29)؛ فالبرغم من انخفاض درجة الانغماس، فقد أظهرت كفاءة في تعزيز الإحساس بالوجود لدى المتعلم من خلال تحسين دقة الواقعية وزيادة التفاعل، كما أن على أن البيئات الانغماسية تؤدي إلى مستويات أعلى من المعالجة العاطفية ولكن إلى مستويات أقل من المعالجة المعرفية ونتائج التعلم. (Parong & Mayer, 2021, p.1449)، كما أن الدراسات التي قارنت بين البيئات القائمة على سطح المكتب والانغماسية أظهرت عدم وجود فروق ذات دلالة في الأداء، بل أن بعض الدراسات الحديثة بينت تفوق بيئة سطح المكتب في العوائد التعليمية (Pallavicini & Pepe, 2019; Zhao et al., 2020).

وتتميز بيئات التعلم الافتراضية ثلاثية الأبعاد عن غيرها من البيئات الإلكترونية بعديد من الخصائص؛ حيث أنها تتسم بقدرتها على توفير التحكم الذاتي، والمرونة التي تدعم تطبيق

استراتيجيات تعليمية متنوعة، وإتاحة التعديل في واجهة الاستخدام لتلبية كافة احتياجات المستخدمين واختلافاتهم، والتفاعلية، والإبحار، والمعايشة والانغماس، والمحاكاة، والتجسيد من خلال الوكيل الافتراضي مع إتاحة التحكم الكامل في مظهره ، وتعددية المستخدمين، والتعاون، وإمكانية التفاعل والتواصل الاجتماعي بين المعلمين والمتعلمين على حدٍ سواء مع جميع كائنات البيئة وأدواتها، والاتاحة والاستمرارية (رمود، ٢٠١٩، ص.٢٧٣؛ المر، ٢٠٢١، ص.٢٤-٢٨؛ Girvan & Savage, 2010, p.345; Minocha & Roberts, 2008, p.187).

وتتميز بيئات التعلم ثلاثية الأبعاد بعديد من الإمكانيات التي يمكن استثمارها في التعليم، منها الأدوات التعاونية (Minocha & Roberts, 2008, p.188)، والكائنات الافتراضية والبيئات الرقمية (Dickey, 2003, p.109-110)، وتعزيز الاستقصاء العلمي وتطوير مهارات الاتصال الافتراضي (Nelson et al., 2005, p.24-25). ودعم الأنشطة الفردية والجماعية من خلال التفاعلات غير المتزامنة والمتزامنة بعدة تنسيقات (الدردشة النصية، المراسلة الفورية، البريد الإلكتروني، دردشة الصوت، الإيماءات)، ودعم وصول المتعلمين المباشر إلى مكتبات ضخمة من المحتوى والأنشطة التعليمية، وتوافر فرص للتقييم التكويني والنهائي بواسطة الذات، والأقران، والمعلمين (Minocha & Roberts, 2008, p.188). وتوفر أنشطة افتراضية يصعب ممارستها بأمان في الحياة الواقعية؛ حيث يمكن للمستخدمين الوصول إلى المحتوى الافتراضي في الوقت نفسه، ومشاركة المعلومات (PrasolovaFørland, 2008, p.186) وتعزيز التعليم التفاعلي والبحثي، سواء من خلال تكاملها مع نظم إدارة التعلم الإلكتروني أو استخدامها بشكل مستقل، وإتاحة التفاعل مع التكنولوجيا الحديثة، وبناء المحتوى، والمشاركة في أنشطة تعاونية، وتعزيز الجوانب الاجتماعية، مما يسرّع التعلم، ويزيد من الدافعية، ويخفف العبء المعرفي، مع دعم الإبداع والابتكار في التقييمات (رمود، ٢٠١٩، ص.٢٧٤-٢٧٥).

وتشكل الخصائص والمزايا المذكورة الأساس الذي استند إليه البحث الحالي في وضع مواصفات البيئة التعلمية ثلاثية الأبعاد القائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي، لا سيما تلك المواصفات المرتبطة بالجوانب الفنية للبيئة كالتحكم الذاتي للمتعلمين، والمرونة الكافية لدعم تطبيق استراتيجيات تعليمية متنوعة، مما يعزز تعلم الأنماط المعرفية المختلفة ويشجع على التعلم الذاتي، والتفاعلية، حيث سيتمكن التلاميذ من الإبحار في بيئة التعلم والتفاعل مع محاكاة التجارب العلمية والهندسية بشكل واقعي، والمحاكاة والتجسيد من خلال الوكيل الافتراضي مما يعزز الشعور بالانغماس والتفاعل النشط في التجربة التعليمية، وتعددية المستخدمين، والتواصل الاجتماعي بين المعلمين والمتعلمين، مما يعزز من التفاعل بين جميع أطراف العملية التعليمية. وأخيرًا، ستكون البيئة الافتراضية متاحة بشكل مستمر، مما يضمن استمرارية التعلم والتفاعل دون انقطاع.

وتستند بيئات التعلم ثلاثية الأبعاد على مبادئ النظرية البنائية التي تنظر إلى التعلم كعملية يقوم فيها الفرد ببناء معرفته اعتمادًا على خبراته الذاتية؛ لذلك، يُراعى في تصميم هذه البيئات تقديم تجارب تعليمية مخصصة تناسب خصوصية كل متعلم، كما تركز على طرح مواقف تعليمية تُبرز جوانب النقص في المعرفة لدى المتعلمين، مما يحفزهم على الاكتشاف والمشاركة النشطة في التعلم، وتعزز هذه البيئات أيضًا الجانب الاجتماعي في التعلم، من خلال تشجيع التفاعل والتعاون بين التلاميذ وأقرانهم، كذلك توفّر الدعم اللازم من خلال إرشاد

المعلمين أو المتخصصين، لضمان تحقيق فاعلية التعلم. وتتميّز هذه البيئات بقدرتها على التكيف مع اختلاف الحاجات التعليمية، وتوفير أنشطة تفاعلية تُنمي التفكير النقدي وتُسهم في تطوير البناء المعرفي . (Dalgarno, 2002, p.2-3).

ونظراً لما تحققه البيئات ثلاثية الأبعاد من فوائد جمة للمتعلمين؛ فقد تناولتها دراسات عدة لتعزيز جوانب التعلم المختلفة لدى المتعلمين بالمواد الدراسية المختلفة ومنها دراسات (الحنان وأحمد، ٢٠٢١؛ خليفة، ٢٠٢٣؛ السيد، ٢٠١٤؛ السيد وآخرون، ٢٠٢٣؛ عبد الحق، ٢٠١٩؛ المر، ٢٠٢٠؛ مصطفى وفرهود، ٢٠٢٣؛ والناقة وزقوت، ٢٠٢١؛ Al Amri et al., 2020; Tüzün & Özdinç, 2016; Xiao-Dong & Hong-Hui, 2020) التي وظفتها لتنمية مهارات التفكير البصري والتحصيل، وتنمية المهارات العملية بمقرر العلوم وخفض التجول العقلي لدى التلاميذ المعاقين سمعيا، وتنمية مهارات التفكير البصري في مادة العلوم والحياة لدى طالبات الصف السادس الأساسي، وتنمية بعض أبعاد التنور التاريخي لدى تلاميذ المرحلة الثانوية بمادة التاريخ، وتنمية مهارات البرمجة لدى تلاميذ تكنولوجيا التعليم، وتنمية أبعاد الحوار الحضاري العالمي والمثابرة الأكاديمية لدى تلاميذ الصف الأول الثانوي في مادة التاريخ، و تنمية مهارات إنتاج الإنفوجرافيك لدى تلاميذ الدبلوم المهني بكلية التربية، وتنمية مهارات إنتاج الرسومات الرقمية ثلاثية الأبعاد والانخراط في التعلم لدى تلاميذ برنامج إعداد معلم الحاسب الآلي، والتحصيل المعرفي في اللغة الإنجليزية، و تنمية تحصيل التلاميذ العمانيين في الصف الثامن ودافعهم تجاه تعلم الفيزياء، وتنمية المعرفة المفاهيمية لدى تلاميذ السنة الأولى في قسم تكنولوجيا التعليم والتكنولوجيا التعليمية بإحدى الجامعات التركية.

ولم تعد البيئة ثلاثية الأبعاد تقتصر على الألعاب والتصميم، بل أصبحت عنصرًا أساسيًا في التعليم، حيث توفر تجربة تفاعلية تُبسط المفاهيم المعقدة وتعزز الفهم، ومع تطور الذكاء الاصطناعي، أصبح بالإمكان إنشاء بيئات تعليمية افتراضية أكثر ذكاءً من خلال تقنيات مثل التعلم الآلي، المعامل الافتراضية، والواقع المعزز، مما يتيح تجارب تعليمية مخصصة ومحاكاة واقعية للمفاهيم العلمية. في هذا السياق، أشار ديفاجيري وآخرون,Devagiri et al., (2022 p.2-3) إلى أن الذكاء الاصطناعي ساهم في تحسين جودة بيئات التعلم الرقمية، حيث مكّن التعلم العميق والتعلم الآلي من تحليل البيانات البصرية والتفاعل في الوقت الفعلي، مما جعل بيئات التعلم أكثر تفاعلية وقابلة للتكيف مع احتياجات المتعلمين، مما يعزز تجربة التعلم الرقمي.

ويقصد بالذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence) قدرة الآلات على التكيف مع المواقف الجديدة، والتعامل مع التحديات المستجدة، وحل المشكلات، والإجابة عن الأسئلة، ووضع الخطط، وأداء العديد من المهام التي تتطلب مستوى معينًا من الذكاء المشابه للبشر (Coppin, 2004, p.4)، كما أشار صن وآخرون (Sun et al., (2021. p.1167 إلى أنه مزيج من الذكاء، أي الآلات القادرة على إظهار الذكاء البشري واتخاذ القرارات بالمهارات البشرية.

ويساعد توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي في تحقيق أهداف التعلم ونواتجه، وهو ما أشار إليه كل من إسماعيل (٢٠١٧، ص.١٧)، وعبد الصمد وأحمد (٢٠٢٠، ص. ٤٥-٤٧) حيث أوضحا أنه من خلال توظيفه في تعليم العلوم يمكن توفير محتوى علمي متنوع ومحدث ومناسب لمستوى المتعلم، وتوفير بيئات تعليمية تفاعلية ومحاكاة للظروف الواقعية، وتقديم تقييمات مستمرة وموضوعية ومخصصة، وتقديم توجهات وإرشادات وتشجيعات، وتعزيز التعاون

والتواصل بين المتعلمين والمعلمين والخبراء؛ كما أشارت نتائج بعض الدراسات إلى أن استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي يحقق نواتج تعلم العلوم المختلفة، ومنها دراسات كل من (الحسيني، ٢٠٢٤؛ الحمادي، ٢٠١٩؛ عبد اللطيف وآخرون، ٢٠٢٠؛ عموش، ٢٠٢٤؛ عموش وعمارة، ٢٠٢٤) حيث أشارت إلى فاعليتها في تنمية التنور الكيميائي والتصور البصري المكاني، ومهارات التفكير الناقد لدى التلاميذ، والفهم العميق للتفاعلات النووية والقابلية للتعلم الذاتي، وعمق المعرفة، والميل نحو استخدام التقنية في تعلم العلوم، ومهارات التفكير المستقبلي لدى المتعلمين بمراحل التعليم المختلفة.

ويعتمد الذكاء الاصطناعي في التعليم على أسس تربوية مختلفة، ويمكن تصنيفه إلى ثلاثة أنماط وفقًا لهذه النظريات؛ فالأول الذكاء الاصطناعي الموجه، الذي يستند إلى مبادئ النظرية السلوكية (Behaviorism)، حيث يعمل الذكاء الاصطناعي كمعلم يوجه المتعلمين، ويقدم لهم التعليمات والتغذية الراجعة، معتمدًا على التعزيز لقياس الأداء وضبط السلوك، أما الذكاء الاصطناعي المدعوم، فيتوافق مع مبادئ النظرية البنائية المعرفية والاجتماعية (Cognitive, Social Constructivism)، إذ يساعد المتعلمين في بناء المعرفة من خلال التفاعل والتعاون، عبر تقديم موارد وأدوات تحفيزية لتنظيم وتقييم تعلمهم، وأخيرًا، يتماشى الذكاء الاصطناعي الممكن مع مبادئ النظرية التكيفية (Connectivism, Complex Adaptive System)، حيث يتيح للمتعلمين تجربة تعلم مرنة ومستقلة، مع تمكينهم من التحكم في أسلوبهم ووتيرتهم التعليمية من خلال استراتيجيات مثل التعلم القائم على المشاريع (Ouyang & Jiao, 2021, p.3-5).

وانطلاقًا مما سبق يستند هذا البحث في فلسفته إلى البنائية التي تُعزز دور المتعلم الفاعل في بناء معارفه من خلال التفاعل مع بيئة تعلم غنية، وقد تم تجسيد ذلك في تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد تتيح فرصًا للاستكشاف والتجريب والتعاون، كما يستند إلى فلسفة تكنولوجية قائمة على توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي لدعم التعلم التكيفي وتخصيص المحتوى، بما يسهم في تحسين جودة التعلم وتحقيق مبدأ التعلم المعزز بالتكنولوجيا، أما من الناحية العلمية، فيعتمد على فلسفة التعليم العلمي المتكامل STEM، الذي يجمع بين العلوم والهندسة والتكنولوجيا، ويركز على تنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية وفقًا لتوجهات المعايير العالمية الحديثة مثل NGSS وانطلاقًا من هذه الفلسفات، يستند البحث إلى مرتكزات متعددة أبرزها توظيف بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد في تنمية تلك الممارسات والطلاقة الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي متباينى المرونة المعرفية، لما توفره من بيئات تفاعلية ومحاكاة ديناميكية تعزز البحث والاستقصاء وتبادل الخبرات. كما يراعي البحث الفروق الفردية من خلال تصميم بيئة تعلم مرنة توفر مستويات دعم متنوعة تتناسب مع قدرات التلاميذ واحتياجاتهم، مما يمكنهم من التفاعل مع المحتوى وفقًا لسرعتهم الخاصة. وتتيح البيئة فرصًا غنية للاستقصاء العلمي، وتصميم النماذج، والتفاعل مع المحاكاة الرقمية، بما يعزز من تطبيق الممارسات العلمية والهندسية في سياقات متنوعة، ويسهم في تطوير المهارات الرقمية من خلال أدوات تعليمية تدعم التحليل والتجريب والتواصل الفعّال، وبذلك يقدم البحث نموذجًا تعليميًا متطورًا يواكب التحولات الرقمية، ويوفر بيئات تعلم مبتكرة تعزز الممارسات العلمية والهندسية وتنمي الطلاقة الرقمية بطرق تفاعلية تتماشى مع خصائص المتعلمين واحتياجاتهم المتنوعة.

مشكلة البحث

بالنظر إلى واقع تدريس العلوم في المراحل التعليمية المختلفة في العالم العربي بشكل عام وفي مصر بشكل خاص، تبين أنه يركز بشكل أساسي على حفظ واسترجاع المعلومات، متجاهلًا الممارسات العلمية والهندسية التي تشجع على الاستقصاء، والاكتشاف، وحل المشكلات، وتصميم الحلول؛ حيث لوحظ أن التلاميذ غالبًا ما يركزون على تذكر المعلومات بدلاً من تطوير مهارات التفكير، مما يقلل من قدرتهم على طرح الأسئلة العلمية وتحديد المشكلات الهندسية بفعالية، كما أن غياب التركيز على تطوير واستخدام النماذج، وتحليل البيانات، واستخدام التفكير الرياضي والحاسوبي، يجعل من الصعب عليهم فهم الظواهر العلمية أو اقتراح حلول مبتكرة للمشكلات الهندسية، وإضافةً إلى ذلك، فإن ضعف الانخراط في الجدل المستند إلى الأدلة، وانخفاض القدرة على تقييم المعلومات العلمية ومشاركتها، يؤدي إلى عزوف التلاميذ عن تعلم العلوم، وشعورهم بالملل والنفور من المواد العلمية، وقد أكدت عديد من الدراسات الحديثة هذا الواقع ومنها (إبراهيم، ٢٠٢٠؛ أبو السعود وآخرون، ٢٠٢٢؛ الزعانين، ٢٠٢٠؛ السيد، ٢٠٢٠؛ عبد اللطيف وآخرون، ٢٠٢٠)، وهذه الملاحظات تتماشى مع الأدلة والشواهد التي تم رصدها في هذا المجال، وذلك على النحو التالي:

١. **نتائج البحوث والدراسات السابقة:** أوضحت نتائج دراسات وبحوث عدة الضعف الواضح في الممارسات العلمية والهندسية لدى تلاميذ المراحل التعليمية المختلفة في مصر مثل دراسات (أبو غنيمة وعبد الفتاح؛ ٢٠١٩؛ خضر، ٢٠٢٤؛ عز الدين، ٢٠١٨؛ الرخاوي، ٢٠٢٣؛ محمد وسيف، ٢٠٢؛ محمد، ٢٠٢٢؛ محمد، ٢٠٢٤) والعالم العربي ومنها دراسات (الشعيلي والزيدية، ٢٠٢٤) في حين أظهرت نتائج دراسات أخرى ضعف المهارات الرقمية لدى التلاميذ بوجه عام ومنها دراسات (أبو غنيمة، ٢٠١٩؛ إسماعيل، ٢٠٢٣؛ جاد، ٢٠٢٣؛ الخولي، ٢٠٢٣؛ الشمراني، ٢٠٢٣؛ عبد اللطيف، ٢٠١٩؛ عبد الرحمن، ٢٠٢٢؛ Songsil et al., 2019; Erdogan et al., 2017; Hasnunidah, & Maulina, 2023).

٢. **الزيارات الميدانية:** قام الباحثان بزيارات ميدانية لعدد من مدارس ومعاهد مدينة القليوبية، حيث حضرا عدة حصص لمعلمي العلوم في المرحلة الإعدادية وخلال هذه الزيارات، لاحظا أن التدريس يعتمد بشكل أساسي على النمط التقليدي؛ حيث اقتصر دور المعلمين على عرض محتوى الدرس باستخدام السبورة أو جهاز عرض البيانات، مع رسم الأشكال التوضيحية عند الحاجة، وشرح المحتوى بأسلوب الإلقاء فقط، متبوعًا بطرح بعض الأسئلة المباشرة، وفي نهاية الدرس، يتم قراءة المحتوى من الكتاب المدرسي أو تلخيصه على السبورة، وقد هيمن على هذا النهج طابع التلقين، حيث يتم التركيز على نقل المعلومات دون توظيف الممارسات العلمية التي تعزز الاستقصاء والتفكير النقدي، كما لم يُلاحظ توجيه التلاميذ نحو طرح الأسئلة العلمية القابلة للاختبار، أو تطوير واستخدام النماذج لفهم الظواهر الطبيعية، أو تصميم استقصاءات منهجية لاختبار الفرضيات، كما كان هناك ضعف في تحليل البيانات وتفسيرها، حيث لم يُطلب من التلاميذ تنظيم البيانات أو استخلاص استنتاجات قائمة على أدلة كمية، ولم يتم توظيف التفكير الرياضي والحاسوبي بالشكل المطلوب، مما أدى إلى غياب تطبيق النماذج الرياضية في تفسير العلاقات بين المتغيرات العلمية، بالإضافة إلى ذلك، لوحظ ضعف توظيف معلمي العلوم للتقنيات الرقمية في التدريس بشكل عام، وعدم الاستفادة من البيئات الرقمية ثلاثية الأبعاد المدعومة بالذكاء الاصطناعي، والتي يمكن أن توفر تجارب تفاعلية تعزز

الفهم العميق للمفاهيم العلمية، وقد انعكس ذلك سلبًا على مهارات التلاميذ الرقمية، حيث لم تُتح لهم الفرصة لاستخدام الأدوات التكنولوجية الحديثة في تحليل البيانات، أو تنفيذ عمليات المحاكاة، أو التفاعل مع النماذج الافتراضية، مما أدى إلى ضعف قدرتهم على توظيف التقنيات الرقمية في تعلم العلوم وحل المشكلات العلمية بفعالية.

٣. **شكاوى أولياء الأمورالمجتمع من مناهج العلوم بالمرحلة الإعدادية:** من خلال متابعة آراء أولياء الأمور والمعلمين والمجتمع المحلي عبر وسائل التواصل الاجتماعي، مثل منشورات "فيسبوك" والمنصات التعليمية المختلفة، برزت العديد من الشكاوى حول مناهج العلوم في المرحلة الإعدادية. تمحورت هذه الشكاوى حول افتقار المناهج الحالية لتوظيف التكنولوجيا الحديثة، على الرغم من انتشارها الواسع في حياة التلاميذ اليومية. كما أشار أولياء الأمور إلى أن المناهج ما زالت تركز على الجوانب النظرية والحفظ دون الاهتمام الكافي بالممارسات العلمية والهندسية، أو تنمية مهارات التفكير النقدي وحل المشكلات، ما أدى إلى ضعف ارتباط المحتوى العلمي بحياة المتعلمين الواقعية، وعجزه عن إثارة دافعية التلاميذ نحو الاستكشاف والمشاركة النشطة. وتعكس هذه الشكاوى فجوة واضحة بين ما تقدمه المناهج الدراسية وبين متطلبات العصر الرقمي الذي يتطلب دمج التقنيات الحديثة والبيئات التفاعلية في عملية التعلم.

٤. **.الدراسة الاستكشافية:** تم تطبيق اختبار معرفي استكشافي للممارسات العلمية والهندسية المتمثلة في (تحليل وتفسير البيانات، استخدام الرياضيات والتفكير الحاسوبي، بناء التفسيرات وتصميم الحلول، الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها) تكون من (١٢) سؤالًا من نوع الاختيار من متعدد، وبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية المتمثلة في (طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، تطوير واستخدام النماذج، وتخطيط وإجراء الاستقصاءات، والانخراط في الجدل المستند إلى الأدلة) وتكونت من (١٢) أداء فرعي، ومقياس مواقف لأبعاد الطلاقة الرقمية المتمثلة في (القدرة على استخدام التكنولوجيا بشكل فعال، التفكير النقدي الرقمي، الهوية والثقافة الرقمية، التواصل والتعاون الرقمي)، وتكون من (١٢) موقفاً من نوع الاختيار من متعدد بوحدة التفاعلات الكيميائية المتضمن بكتاب العلوم بالفصل الدراسي الثاني للعام الدراسي ٢٠٢٤-٢٠٢٥م، وتم تطبيقها على (٨٠) تلميذ وتلميذة من تلاميذ الصف الثالث الإعداداي بمعاهد إدارة الخانكة الأزهرية وهي(القلج الإعدادي الأزهري بنين، القلج الإعدادي الأزهري بنات، الخانكة الإعدادي بنين)، والجدول رقم (١) يوضح نتائج الدراسة الاستكشافية لكل منهما:

جدول (١)

المتوسطات الافتراضية والمحسوبة وانحرافاتها المعيارية وقيمة (ت) ودلالاتها الإحصائية لدرجات عينة البحث الاستكشافية حول المجموع الكلي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية وبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ومقياس مواقف الطلاقة الرقمية (ن= ٨٠)

المتغيرات	الدرجة الكلية	المتوسط الافتراضي	المتوسط المحسوب	الانحراف المعياري	قيمة (ت)	درجة الحرية	قيمة الدلالة ρ
اختبار الممارسات	١٢	٦	٣,٥١	١,٢٩٢٥	١٧,٢١٣	٧٩	٠,٠٠١
بطاقة ملاحظة الممارسات	٣٦	٢٤	١٤,٦٥	٣,٢٦١٢	٢٥,٦٤٤	٧٩	٠,٠٠١
مقياس الطلاقة	٣٦	٢٤	١٤,٥١	٣,١٢٦٠	٢٧,١٤٦	٧٩	٠,٠٠١

باستقراء النتائج المعروضة بالجدول (١) اتضح أن المتوسط المحسوب للدرجة الكلية لاختبار الممارسات العلمية والهندسية المتمثلة في (تحليل وتفسير البيانات، استخدام الرياضيات والتفكير الحاسوبي، بناء التفسيرات وتصميم الحلول، الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها) لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي بلغ (٣,٥١)، وهو أقل من المتوسط الافتراضي (٦) حيث بلغ الفارق بينهما (٢,٤٩) لصالح المتوسط الافتراضي، كما بلغت قيمة (ت) لعينة واحدة (١٧,٢١٣) وهي قيمة دالة إحصائياً؛ حيث بلغت قيمة الدلالة الإحصائية المحسوبة (٠,٠٠١) وهي أقل من مستوى الدلالة (٠,٠٥) مما يدل على وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى الدلالة (٠,٠٥) بين المتوسط المحسوب للدرجة الكلية لاختبار الممارسات العلمية والهندسية والمتوسط الافتراضي، لصالح المتوسط الأكبر وهو الافتراضي، كما بلغ المتوسط المحسوب للدرجة الكلية لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية المتمثلة في (طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، تطوير واستخدام النماذج، وتخطيط وإجراء الاستقصاءات، والانخراط في الجدل المستند إلى الأدلة) لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي (١٤,٦٥)، وهو أقل من المتوسط الافتراضي (٢٤) حيث بلغ الفارق بينهما (٩,٣٥) لصالح المتوسط الافتراضي، كما بلغت قيمة (ت) لعينة واحدة (٢٥,٦٤٤) وهي قيمة دالة إحصائياً؛ حيث بلغت قيمة الدلالة الإحصائية المحسوبة (٠,٠٠١) وهي أقل من مستوى الدلالة (٠,٠٥) مما يدل على وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى الدلالة (٠,٠٥) بين المتوسط المحسوب للدرجة الكلية لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية والمتوسط الافتراضي، لصالح المتوسط الأكبر وهو الافتراضي، كما بلغ المتوسط المحسوب للدرجة الكلية لمقياس الطلاقة الرقمية (١٤,٥١)، وهو أقل من المتوسط الافتراضي (٢٤) حيث بلغ الفارق بينهما (٩,٤٩) لصالح المتوسط الافتراضي؛ كما بلغت قيمة (ت) لعينة واحدة (٢٧,١٤٦) وهي قيمة دالة إحصائياً؛ حيث بلغت قيمة الدلالة الإحصائية المحسوبة (٠,٠٠١) وهي أقل من مستوى الدلالة (٠,٠٥) مما يدل على وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى الدلالة (٠,٠٥) بين المتوسط المحسوب للدرجة لمقياس الطلاقة الرقمية والمتوسط الافتراضي، لصالح المتوسط الأكبر وهو الافتراضي، وهذا يوضح الضعف الواضح في أبعاد الطلاقة الرقمية لدى عينة الدراسة الاستكشافية.

٥. **توصيات المؤتمرات:** عُقدت في السنوات الأخيرة عدة مؤتمرات عربية اهتمت بتوظيف التقنيات الرقمية في التعليم، وخاصة تعليم العلوم، ومنها: المؤتمر الدولي الحادي عشر "التعلم في عصر التكنولوجيا الرقمية" (٢٠١٦)، ومؤتمر التعليم والتكنولوجيا الرقمية (المغرب، ٢٠٢٣)، مؤتمر التعليم الإلكتروني والذكاء الاصطناعي (دبي، ٢٠٢٤)، مؤتمر الذكاء الاصطناعي في التعليم (دبي، ٢٠٢٤)، المؤتمر الدولي العاشر لكلية التربية - جامعة الأزهر (القاهرة، ٢٠٢٤)، والمؤتمر العلمي الثالث والعشرون للجمعية المصرية للتربية العلمية (القاهرة، ٢٠٢٣)، وناقشت هذه المؤتمرات دور الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة التدريس، وتوفير التعلم المرن، وتعزيز التعليم المدمج، بالإضافة إلى استخدام الأنظمة الذكية في تقييم التلاميذ، وتطوير بيئات تعليمية تفاعلية، واستعراض تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الفصول الدراسية، وأوصت بضرورة دمج الذكاء الاصطناعي في المناهج، والاستثمار في البنية التحتية الرقمية، وتوفير تدريب للمعلمين على التقنيات الحديثة، وتعزيز الأمن الرقمي، وضرورة تمكين الطلبة والباحثين من آليات التمكن من التكنولوجيا الرقمي، وضرورة توظيف المستحدثات التكنولوجية في مجال التعليم والتعلم المختلفة، وفي مجال تعليم العلوم، شددت التوصيات على استخدام المحاكاة الرقمية والواقع الافتراضي لتدريس المفاهيم العلمية، وتطوير مختبرات

افتراضية، ودمج البيانات الضخمة في دراسة الظواهر الطبيعية لتعزيز مهارات البحث العلمي واتخاذ القرار.

واستنادًا إلى ما سبق اتضح ضعف مستوى الممارسات العلمية والهندسية الثماني لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي وكذلك انخفاض أبعاد الطلاقة الرقمية لديهم أثناء تعلم موضوعات العلوم، وضرورة الحاجة إلى تنميتها لديهم، إلا أنه ما زال هناك ندرة في الأبحاث العربية التي تناولت تنميتها لدى المتعلمين بكافة مراحل التعليم باستخدام بيئات تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي؛ حيث اتضح من خلال اطلاع البحث على قواعد البيانات العربية والعالمية عدم وجود دراسة واحدة تسعى لتحقيق هذا الهدف، وهو ما دفع الباحثان إلى القيام بهذا البحث لتنمية الممارسات العلمية والهندسية وأبعاد الطلاقة الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي من خلال تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على بعض أدوات الذكاء الاصطناعي.

وفي ضوء ما سبق تمثلت مشكلة هذا البحث في ضعف الممارسات العلمية والهندسية، وأبعاد الطلاقة الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي متباينى المرونة المعرفية.

أسئلة البحث

أمكن التعبير عن مشكلة البحث في محاولة الإجابة عن السؤال الرئيس التالي: ما فاعلية تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على بعض أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي متباينى المرونة المعرفية؟

وقد تفرع من السؤال الرئيس السابق الأسئلة الفرعية التالية:

١. ما فاعلية تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على بعض أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي بغض النظر عن اختلاف درجة المرونة المعرفية؟
٢. ما فاعلية تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على بعض أدوات الذكاء الاصطناعي في الطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي بغض النظر عن اختلاف درجة المرونة المعرفية؟
٣. ما أثر تباين درجة المرونة المعرفية (المرتفعة والمنخفضة) لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي في الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم، بغض النظر عن طريقة التدريس؟
٤. ما أثر تباين درجة المرونة المعرفية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي في تنمية الطلاقة الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي بمادة العلوم بغض النظر عن طريقة التدريس؟
٥. ما مدى وجود تفاعل بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في تنمية الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي؟
٦. ما مدى وجود تفاعل بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في تنمية الطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي؟

فروض البحث

١. لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية (تدرس ببيئة التعلم ثلاثية الأبعاد) والمجموعة الضابطة (تدرس بالطريقة المعتادة) في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة.
٢. لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة.
٣. لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في القياس البعدي لمقياس أبعاد الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة.
٤. لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية والتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة.
٥. لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية والتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة.
٦. لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية والتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة.
٧. لا يوجد تفاعل دال إحصائياً عند مستوى (α =٠,٠٥) بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة.
٨. لا يوجد تفاعل دال إحصائياً عند مستوى (α =٠,٠٥) بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة.
٩. لا يوجد تفاعل دال إحصائياً عند مستوى (α =٠,٠٥) بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في القياس البعدي لمقياس أبعاد الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة.

أهداف البحث

استهدف البحث تنمية الممارسات العلمية والهندسية، وأبعاد الطلاقة الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي، والكشف عن فاعلية تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي في تنميتهما لدى عينة البحث، بالإضافة إلى الكشف عن أثر تباين درجة المرونة المعرفية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي في الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم، وكذلك الكشف عن مدى وجود تفاعل بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في تنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي.

أهمية البحث

قد يفيد هذا البحث **كلًا** من:

- **تلاميذ الصف الثالث الإعدادي:** من خلال تنمية الممارسات العلمية والهندسية وتعزيز أبعاد الطلاقة الرقمية لديهم، من خلال توفير بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي، مما يساعدهم على التفاعل مع المحتوى العلمي بشكل أكثر واقعية، أثناء دراسة موضوعات وحدة التفاعلات الكيميائية في مادة العلوم.
- **معلمي العلوم:** تزويدهم ببيئة تعليمية قائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي لتنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية لدى التلاميذ، مما يمكنهم من تحسين أساليب التدريس التفاعلي وتوظيف التكنولوجيا الحديثة في التعليم، كما يوفر البحث دليلًا إرشاديًا يساعد المعلمين على تنفيذ أنشطة تعليمية تفاعلية داخل بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد، كما يوفر أدوات قياس تساعدهم على قياس كل من الممارسات العلمية والهندسية وأبعاد الطلاقة الرقمية بدلاً من تركيزهم على التحصيل المعرفي فقط.
- **مخططي ومصممي المناهج:** توجيههم لإعادة صياغة مناهج العلوم وتضمين الممارسات العلمية والهندسية، وأبعاد الطلاقة الرقمية، بالإضافة إلى إرشادهم إلى أهمية توفير بيئات تعلم ثلاثية الأبعاد في تعليم موضوعات مناهج العلوم بالمرحلة الإعدادية بشكل خاص ومراحل التعليم الأخرى، وكذلك إرشادهم لضرورة الاهتمام بأدوات التقويم المتنوعة لقياس جوانب الشخصية المختلفة، وتجنب اقتصارها على قياس الجانب المعرفي ومن تلك الأدوات: اختبار الممارسات العلمية والهندسية، وبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية، ومقياس أبعاد الطلاقة الرقمية.
- **الباحثون في مجال المناهج وطرق التدريس:** توجيه أنظارهم إلى تصميم بيئات تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي كأحد الاتجاهات المعاصرة في تعليم وتعلم العلوم، وتقديم أدوات لقياس الممارسات العلمية والهندسية، وأبعاد الطلاقة الرقمية يمكنهم الاسترشاد بها في بناء أدوات مماثلة، وفتح المجال أمامهم للقيام بدراسات مماثلة في هذا المجال.

حدود البحث

اقتصر البحث على الحدود التالية:

١. **الحدود الموضوعية:**

- بالنسبة لمحتوى العلوم: تم اختيار وحدة "التفاعلات الكيميائية" من كتاب العلوم المقرر على تلاميذ الصف الثالث الإعدادي للعام الدراسي ٢٠٢٤-٢٠٢٥، استنادًا إلى تحليل احتياجات التلاميذ في ضوء خصائص المرحلة، وما تتطلبه من تنمية مهارات الملاحظة، والتفكير النقدي، والتفسير العلمي، إلى جانب نتائج استطلاع رأي معلمي العلوم حول أكثر الوحدات التي تتطلب تطبيقات عملية رقمية وتوفر فرصًا لتفعيل الممارسات العلمية والهندسية؛ حيث تمتاز هذه الوحدة بطبيعتها التجريبية التي تتيح دمج أنشطة مثل التخطيط للتجارب، وتحليل البيانات، وبناء النماذج، وهي ممارسات تتوافق مع أهداف البحث، كما تُمكن طبيعة المفاهيم الكيميائية المرتبطة بالتغيرات والتحولات من إدماج تقنيات رقمية مثل المحاكاة التفاعلية، والنماذج ثلاثية الأبعاد، وتحليل البيانات

باستخدام أدوات رقمية، بما يسهم في تعزيز الطلاقة الرقمية لدى الطلاب في سياق تعلمي واقعي وموجه بالأداء.

- بالنسبة للممارسات العلمية والهندسية: تم تناول الممارسات الثماني (طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، تطوير واستخدام النماذج، تخطيط وإجراء الاستقصاءات، تحليل وتفسير البيانات، استخدام الرياضيات والتفكير الحاسوبي، بناء التفسيرات وتصميم الحلول، الانخراط في الجدل المستند إلى الأدلة، الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها) لأنها مترابطة ومتكاملة، حيث يقود كل منها إلى الآخر في تسلسل طبيعي يعكس منهجية البحث العلمي والهندسي.
- بالنسبة لأبعاد الطلاقة الرقمية: تم الاقتصار على أبعاد هي (القدرة على استخدام التكنولوجيا بشكل فعال، التفكير النقدي الرقمي، الهوية والثقافة الرقمية، التواصل والتعاون الرقمي) لأنها الأكثر ارتباطًا بطبيعة البحث، حيث تعكس الجوانب الأساسية التي يحتاجها التلاميذ في بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد القائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي. فتوظيف التكنولوجيا بشكل فعال يعد أساسًا لاستخدام الأدوات الرقمية، بينما يساعد التفكير النقدي الرقمي في تحليل المعلومات العلمية بدقة. أما الهوية والثقافة الرقمية فتعزز الوعي الرقمي والأمان الإلكتروني أثناء التفاعل مع المحتوى، في حين أن التواصل والتعاون الرقمي يسهم في تنمية مهارات العمل الجماعي عبر البيئات الرقمية، مما يجعلها الأبعاد الأكثر ملاءمة لتحقيق أهداف البحث.
- بالنسبة لأبعاد المرونة المعرفية: تم الاقتصار على أبعاد: القدرة على التكيف مع المواقف المتغيرة، وإدراك تفسيرات بديلة، والتنوع في استراتيجيات التكيف، والتفكير التأملي والتقييم الاستراتيجي، والميل إلى التكيف مع المواقف الصعبة، نظرًا لدورها في تمكين التلاميذ من التكيف مع المفاهيم العلمية المتغيرة، والتفكير في تفسيرات متعددة، وتوظيف استراتيجيات متنوعة لحل المشكلات، مما يعزز قدرتهم على التعلم الذاتي والتفكير النقدي عند دراسة وحدة التفاعلات الكيميائية.
- بالنسبة لأدوات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في تصميم البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد: تم الاقتصار على أدوات (ChatGPT) لتقديم الدعم الذكي والإجابات التفسيرية أثناء تنفيذ المهام، والمعمل الافتراضي (UNREAL CHEMIST) لمحاكاة التجارب الكيميائية في سياق آمن وتفاعلي، وموقع (Monica) لرسم الخرائط الذهنية بهدف تنظيم المفاهيم العلمية وتعميق الفهم

٢. **الحدود البشرية:** تم الاقتصار على تلاميذ الصف الثالث الإعدادي لوجود وحدة التفاعلات الكيميائية ضمن مادة العلوم المقررة عليهم.

٣. **الحدود المكانية:** تم تطبيق التجربة الأساسية للبحث بمعهدي الخصوص الإعدادي الثانوي فتيات، والخصوص الإعدادي الثانوي بنين بمحافظة القليوبية حيث وقع الاختيار عليهما بطريقة عشوائية عنقودية.

٤. **الحدود الزمانية:** تم تطبيق التجربة الأساسية للبحث بالفصل الدراسي الثاني للعام الدراسي ٢٠٢٤-٢٠٢٥م.

المفاهيم الأساسية للبحث

بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد Three-Dimensional Learning Environments

عرف دي باوليس وآخرون De Paolis et al., (2021) بيئات التعلم ثلاثية الأبعاد بأنها: تلك العوالم الافتراضية التي يتم إنشاؤها رقمياً عبر تقنيات المحاكاة لتكوين بيئات ذات مظهر واقعي يحاكي الواقع أو الخيال، ويُمكّن المستخدمين من عزل أنفسهم جزئيا أو كليًّا عن الواقع من حولهم، ودخول عالم جديد يتفاعلون خلاله مكونات البيئة البشرية، وغير البشرية في الوقت الفعلي، بصورة تُسهم في خلق شعور الانتماء لهذا العالم الافتراضي (p. 25-27).

ويقصد بها إجرائيًّا: منظومة تعليمية افتراضية ثلاثية الأبعاد، صُمِّمت برمجيًا وفق نمط بيئات سطح المكتب الغامرة لتدريس وحدة "التفاعلات الكيميائية" بمادة العلوم لتلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري، وتُوظّف ثلاثة من أدوات الذكاء الاصطناعي، هي (ChatGPT) لتقديم الدعم التفاعلي الذكي والبحث عن المعلومات، و (UNREAL CHEMIST) لمحاكاة التجارب الكيميائية، و (Monica) لرسم الخرائط الذهنية وتنظيم المفاهيم العلمية، حيث تتيح للتلاميذ التفاعل مع مكونات رقمية مجسمة تحاكي الواقع باستخدام الحاسوب والفأرة ولوحة المفاتيح، بهدف تنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية في سياق تعليمي تفاعلي تكاملي، يدعم التعلم التعاوني والفردي، ويعزز المعايشة والمحاكاة والانخراط النشط في بيئة مرنة تستجيب للفروق الفردية بين التلاميذ متباينى المرونة المعرفية، وتقاس فاعليتها بالدرجات التي يحصل عليها التلاميذ في اختبار الممارسات العلمية والهندسية وبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ومقياس مواقف الطلاقة الرقمية.

أدوات الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence Tools

عرَّف بومبو وآخرون Pombo et al., (2018) الذكاء الاصطناعي بأنه يشير إلى قدرة الكمبيوتر أو الروبوت المدعوم بكمبيوتر متقدم على معالجة المعلومات بشكل دقيق، والوصول إلى نتائج تشبه التفكير البشري (p.7).

الممارسات العلمية والهندسية Scientific and Engineering Practices

تشير الممارسات العلمية Scientific practices إلى الممارسات التي يستخدمها العلماء في بناء النماذج والنظريات حول العالم الطبيعي؛ بينما تشير الممارسات الهندسية Engineering practices إلى الممارسات التي يستخدمها المهندسون في بناء وتصميم الأنظمة؛ حيث يشمل الجيل التالي من معايير العلوم ثمانِ ممارسات علمية وهندسية هي: طرح الأسئلة وتحديد المشكلات، وتطوير واستخدام النماذج، والتخطيط وإجراء الاستقصاءات، وتحليل وتفسير البيانات، واستخدام الرياضيات والتفكير الحسابي، وبناء تفسيرات وتصميم الحلول، والانخراط في الجدل العلمي المستند إلى الأدلة، والوصول إلى المعلومات وتقييمها، وتبادلها (National Research Council, 2012, p. 2).

ويمكن تعريفها إجرائياً في هذا البحث بأنها: قدرة تلاميذ الصف الثالث الإعدادي على طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، وتطوير واستخدام النماذج، وتخطيط وإجراء الاستقصاءات، وتحليل وتفسير البيانات، واستخدام الرياضيات والتفكير الحاسوبي، وبناء التفسيرات وتصميم الحلول، والانخراط في الجدل المستند إلى الأدلة، والحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها، وذلك من خلال التفاعل مع المحتوى الرقمي وأدوات الذكاء الاصطناعي في بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد

قائمة على توظيف بعض أدوات الذكاء الاصطناعي بوحدة التفاعلات الكيميائية، وتقاس بالدرجة التي يحصل عليها التلميذ في كل من اختبار وبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية المعدان لهذا الغرض.

الطلاقة الرقمية Digital fluency

عرف دمير وأوداباشي Demir & Odabaşı (2016) الطلاقة الرقمية على أنها الاستخدام الفعال والفعال لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والحصول على تجارب في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وحل المشكلات باستخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والتفكير النقدي حول تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وإظهار القدرة على استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والمرونة في استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والتكيف السريع مع التحول التكنولوجي باستخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والتفكير التجريدي حول تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (p. 375).

ويمكن تعريفها إجرائياً بأنه: قدرة تلاميذ الصف الثالث الإعدادي على استخدام التكنولوجيا بشكل فعال، والتفكير النقدي الرقمي، والالتزام بالهوية والثقافة الرقمية، والتواصل والتعاون الرقمي، مما يمكنهم من البحث عن المعلومات، وتحليلها، وتقييمها، والتفاعل مع الأدوات الرقمية بمرونة وأمان من خلال تعلم وحدة التفاعلات الكيميائية باستخدام بيئة تعليمية ثلاثية الأبعاد، وتُقاس بالدرجة التي يحصل عليها التلميذ في مقياس الطلاقة الرقمية المعد لهذا الغرض.

المرونة المعرفية Cognitive flexibility

عرفها بوتيلمان وكارباش Buttelmann & Karbach, (2017) بأنها: القدرة على التبديل بين المهام أو الأهداف المختلفة بشكل مرن، مما يسمح للفرد بتنظيم أفكاره وأفعاله بشكل تكيفي مع التغيرات المستمرة في البيئة، وتتضمن الانفصال عن المعلومات غير ذات الصلة والتركيز على المعلومات المهمة في المهام التالية، مما يعزز التفكير المتباين، وتغيير المنظور، والتكيف مع البيئات المتغيرة (p.1).

ويمكن تعريفها إجرائيا بأنها: قدرة تلاميذ الصف الثالث الإعدادي على التكيف مع المواقف المتغيرة، وإدراك تفسيرات بديلة للظواهر الكيميائية، واستخدام استراتيجيات متنوعة لحل المشكلات الكيميائية، إضافةً إلى التفكير التأملي والتقييم الاستراتيجي لاختيار أفضل أساليب التعلم، مع الميل إلى التكيف مع المواقف الصعبة أثناء دراسة المفاهيم الكيميائية، وتقاس بالدرجة التي يحصل عليها التلميذ في مقياس المرونة المعرفية المعد لهذا الغرض.

الإجراءات المنهجية للبحث

أولًا: منهج البحث

استخدم البحث الحالى المنهج التجريبي للكشف عن أثر المتغير المستقل (بيئة تعليمية ثلاثية الأبعاد قائمة على بعض أدوات الذكاء الاصطناعي) على المتغيرين التابعين (الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية) لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري، وكذلك للإجابة على أسئلة البحث واختبار صحة فروضه؛ حيث تم استخدام التصميم التجريبي المعروف باسم التصميم التجريبي ثنائي العامل (Factorial Experimental Design) 2x2حيث تم توظيف عاملين أحدهما مستقل وهو طريقة التدريس (بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد

مقابل الطريقة المعتادة)، و عامل تصنيفي هو درجة المرونة المعرفية (مرتفعة مقابل منخفضة). وتم توزيع أفراد العينة إلى مجموعتين رئيسيتين: مجموعة تجريبية درست باستخدام بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، ومجموعة ضابطة درست بالطريقة المعتادة، ثم تم تصنيف كل مجموعة إلى فئتين فرعيتين وفقًا لدرجة المرونة المعرفية (مرتفعة، منخفضة)، ليصبح إجمالي عدد الخلايا أربع خلايا؛ حيث يسمح هذا التصميم بدراسة الأثر الرئيس لكل من طريقة التدريس ودرجة المرونة المعرفية، وكذلك أثر التفاعل بينهما في تنمية كل من الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية في مادة العلوم.

ثانيًا: مجتمع البحث

تمثل المجتمع الأصلي لهذا البحث في جميع تلاميذ الصف الثالث الإعدادي بالمعاهد الأزهرية بإدارة الخانكة التابعة لمنطقة القليوبية الأزهرية خلال الفصل الدراسي الثاني من العام الدراسي ٢٠٢٤-٢٠٢٥م، وقد تم اختيار إدارة الخانكة الأزهرية بطريقة عشوائية (الاقتراع المباشر) من بين (٧) إدارات أزهرية بمحافظة القليوبية هي: (بنها، قليوب، الخانكة، طوخ، شبين القناطر، القناطر الخيرية، كفر شكر، طوخ)؛ حيث بلغ عدد المدارس الإعدادية بإدارة الخانكة الأزهرية (١٥) معهداً منها (٦) معاهد إعدادية و (٩) معاهد مشتركة (إعدادية وثانوية).

ثالثًا: عينة البحث

تم اختيار عينة البحث بطريقة عشوائية عنقودية ذات مرحلتين من مجتمع البحث من تلاميذ المرحلة الإعدادية بإدارة الخانكة بمنطقة القليوبية الأزهرية الموزعين على (١٥) معهداً، وقد تمثلت مراحل اختيار عينة البحث من معاهد إدارة الخانكة الأزهرية وفق المرحلتين التاليتين:

- **المرحلة الأولى:** اختيار معهدين بطريقة الاختيار العشوائي من بين المعاهد الثانوية التابعة لإدارة الخانكة؛ حيث تمَّت كتابة أسماء جميع المعاهد على أوراق صغيرة ووقع الاختيار العشوائي على معهدي (الخصوص الإعدادي الثانوي فتيات، الخصوص الإعدادي الثانوي بنين).
- **المرحلة الثانية:** تم تحديد عدد الفصول بالصف الثالث الإعدادي الأزهري بالمعهدين المذكورين وقد بلغ عددهم (٦) فصول؛ حيث ضم معهد الخصوص الإعدادي الثانوي الأزهري بنات عدد (٣) فصول، وقد تمَّت كتابة اسم كل فصل على ورقة منفصلة بحيث تضمنت الأسماء (٣-١، ٣-٢، ٣-٣،) ليقع الاختيار على فصل (٣-١) وقد بلغ عدد التلميذات به (٣٤) تلميذة، بينما ضم معهد الخصوص الإعدادي الثانوي الأزهري بنين (٣) فصول، وتمَّت كتابة أرقام مميزة لكل فصل من الفصول الأربعة ووضعها في ورقة منفصلة بحيث تضمنت الأسماء (٣-١، ٣-٢، ٣-٣)؛ وقد وقع الاختيار على العشوائي على الفصل (٣-٢)، والذين بلغ عدد التلاميذ به (٣٦) تلميذًا.

وبعد الانتهاء من الاختيار العشوائي للعناقيد (الفصول) تم توزيعها عشوائيًا على مجموعتين؛ حيث وقع اختيار المجموعة الضابطة على تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري بمعهد الخصوص الإعدادي الثانوي الأزهري بنين من فصل (٣-٢)، والذين بلغ عددهم (٣٦) تلميذًا، أما المجموعة التجريبية فقد كانت من معهد الخصوص الإعدادي الثانوي فتيات من فصل (٣-١)، والذين بلغ عددهن (٣٦) تلميذة.

رابعًا: أدوات البحث ومادة المعالجة التجريبية

وشملت إعداد البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد، واختبار الممارسات العلمية والهندسية، وبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية، ومقياس مواقف الطلاقة الرقمية،

١. تصميم البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد القائمة على بعض أدوات الذكاء الاصطناعي

تم اختيار توظيف بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد مدعومة بأدوات الذكاء الاصطناعي في ضوء تحليل خصائص تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري واحتياجاتهم المتنوعة، خاصة ما يتعلق بالتفاوت في المرونة المعرفية، وانخفاض الدافعية لتعلم العلوم، وحاجتهم إلى بيئات تعلم تفاعلية تدعم الفهم والتجريب. وقد أشارت العديد من الدراسات إلى فاعلية البيئات الرقمية القائمة على المحاكاة والنمذجة في تعزيز الممارسات العلمية والهندسية، كما أن أدوات الذكاء الاصطناعي تتيح تقديم الدعم التكيفي والتغذية الراجعة الفورية، بما يسهم في تحسين الأداء وتنمية الطلاقة الرقمية، ويتسق ذلك مع النموذج المعتمد في البحث، الذي يركز على التصميم التكيفي المراعي للفروق الفردية بين المتعلمين، وقد تبنّى الباحثان نموذج "محمد عطية خميس (٢٠٠٧)" للتصميم والتطوير التعليمي بوصفه الإطار المنهجي لبناء البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد المعتمدة على أدوات الذكاء الاصطناعي، لما يتميز به من شمولية وترابط في مراحله المتعاقبة، وقد تبنى البحث الحالي المراحل الخمس الرئيسة من هذا النموذج، وهي: مرحلة التحليل، ومرحلة التصميم، ومرحلة التطوير، ومرحلة التقويم، ومرحلة النشر والاستخدام والمتابعة، باعتبارها المراحل الأساسية اللازمة لتصميم بيئة تعليمية متكاملة تحقق أهداف البحث. وفيما يلي عرض مفصّل لتلك المراحل وما تتضمنه من خطوات إجرائية:

أولًا: مرحلة التحليل: وقد اشتملت هذه المرحلة على الخطوات التالية:

- **تحليل المشكلة وتقدير الحاجات**: قام الباحثان بتحديد المشكلة التعليمية من خلال تحليل نتائج التقويمات المدرسية من خلال الخبرة الذاتية وفحص الاختبارات والمقابلات مع المعلمين والدراسة الاستكشافية، والتي أشارت إلى ضعف أداء التلاميذ في تطبيق الممارسات العلمية والهندسية، وتدنٍ ملحوظ في مستوى الطلاقة الرقمية، بالإضافة إلى القصور في استجابة الطرق المعتادة في التدريس للفروق الفردية، وبخاصة المتعلقة بدرجة المرونة المعرفية، وعليه، تم تحديد الحاجة إلى تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد تتسم بالتفاعلية والمرونة وتدمج أدوات الذكاء الاصطناعي لتقديم محتوى علمي يراعي التنوع المعرفي ويعزز الممارسة والتفكير.
- **تحليل الأهداف التعليمية والمحتوى الدراسي:** تم تحليل نواتج التعلم المرتبطة بوحدة "التفاعلات الكيميائية" في مادة العلوم للصف الثالث الإعدادي وفقًا لما ورد في كتاب الطالب المعتمد من قطاع المعاهد الأزهرية للعام الدراسي ٢٠٢٤–٢٠٢٥، مع الاستناد إلى الجيل التالي من معايير العلوم (NGSS) في تصنيف وتحديد الممارسات العلمية والهندسية، وقد تم ذلك من خلال تحليل المحتوى الدراسي بطريقة تحليل المهام التي تربط بين المفاهيم والمخرجات التعليمية المستهدفة، وصياغة أهداف سلوكية دقيقة تضمن وضوح المهارات والمعارف والسلوكيات المتوقعة من التلاميذ، وقد تضمنت هذه الأهداف تنمية الممارسات العلمية والهندسية مثل: طرح الأسئلة وتحديد المشكلات، واستخدام الرياضيات والتفكير المنطقي، وصياغة الفرضيات، وتخطيط وتنفيذ التجارب، والمشاركة في النقاش المستند إلى الأدلة، وتفسير النتائج، وتحليل البيانات، وجمع المعلومات وتبادلها. كما شملت أهدافًا تتعلق بالطلاقة الرقمية مثل: القدرة على استخدام المصادر الرقمية للحصول على المعلومات وتفسير مخرجات التجارب الرقمية، وقد جاء هذا التحليل في ضوء العلاقة التكاملية بين العلوم والتكنولوجيا، حيث تم التركيز على أهداف العلوم باعتبارها الإطار المفاهيمي والمحتوى الأساسي للوحدة، مع تضمين أهداف تكنولوجية داعمة تُسهم في تفعيل

المحتوى العلمي داخل بيئة تعلم رقمية تفاعلية، بما يتسق مع طبيعة الوحدة وخصائص المرحلة العمرية المستهدفة ومجال البحث.

- **تحليل خصائص التلاميذ**: أجريت دراسة وصفية لعينة من تلاميذ الصف الثالث الإعدادي، وُزّعت عليهم مقياس مواقف للمرونة المعرفية لرصد خصائصهم، وتصنيفهم وفقاً لدرجات المرونة المعرفية؛ حيث أظهرت النتائج تباينًا في مستويات الأداء، واستعدادًا جيدًا للتفاعل مع أدوات رقمية عند توفر التوجيه. كما تبين أن أغلب التلاميذ يستخدمون الإنترنت بشكل منتظم لكنهم يفتقرون للمهارات التحليلية والبحث العلمي المنظم.
- **تحليل البيئة التعليمية والموارد**: شملت هذه الخطوة مراجعة البيئة التكنولوجية المتاحة في المدرسة، وتحديد التجهيزات المطلوبة لتنفيذ بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، مثل: أجهزة كمبيوتر، اتصال إنترنت، برنامج محاكاة (UNREAL CHEMIST)، منصة محادثة مدعومة بالذكاء الاصطناعي(ChatGPT) ، وبرنامج تنظيم خرائط ذهنية (Monica) كما تم تحليل التحديات المحتملة مثل انقطاعات الإنترنت أو تفاوت مستوى المهارة الرقمية بين التلاميذ.
- **تحديد أسلوب التدخل المناسب**: تم التحقق من أن أفضل استجابة لحاجات التلاميذ ومشكلاتهم تتمثل في بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد غنية بالمثيرات التفاعلية والمدعومة بأدوات الذكاء الاصطناعي، بحيث تتيح ممارسات علمية وهندسية آمنة عبر محاكاة رقمية، وتدعم تنمية الطلاقة الرقمية من خلال استخدام أدوات متعددة في التنظيم والتواصل والإنتاج.

ثانيًا: مرحلة التصميم: وقد اشتملت هذه المرحلة على الخطوات التالية:

- **صياغة الأهداف السلوكية** تمت صياغة الأهداف السلوكية للبيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد استنادًا إلى الأهداف العامة للمحتوى العلمي، بحيث تعكس مجالات التعلم الثلاثة (المعرفية، المهارية، الوجدانية) وتغطي نواتج التعلُّم المتعلقة بتنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي. ففي الجانب المعرفي، اشتملت الأهداف على تنمية قدرات التلاميذ في طرح الأسئلة القابلة للتحقق التجريبي، وتحليل البيانات التجريبية، وتصنيف المركبات والتفاعلات، واستنتاج العلاقات بين المتغيرات الكيميائية، وبناء نماذج تفسيرية للمفاهيم مثل الانحلال الحراري وتفاعلات الإحلال والأكسدة والاختزال. أما في المجال المهاري، فقد ركّزت الأهداف على تنفيذ التجارب بدقة، واستخدام أدوات القياس بفعالية، وتطبيق المحاكاة التفاعلية باستخدام برنامج UNREAL CHEMIST، وبناء الخرائط الذهنية المنظمة عبر أداة Monica، وتنظيم البيانات في جداول ورسوم بيانية وتحليلها، إلى جانب تخطيط وتصميم تجارب جديدة وتحكّم منهجي في المتغيرات. وفي المجال الوجداني، استهدفت الأهداف تنمية تقدير التلاميذ لأهمية استخدام المحاكاة والنمذجة في فهم الظواهر الكيميائية، وتقدير دور الأمان والسلامة في التعامل مع المواد، والانخراط الفعّال في المناقشات العلمية الجماعية، والوعي بالتطبيقات البيئية والصناعية للتفاعلات الكيميائية، والتفاعل الإيجابي مع أنشطة التفكير النقدي والحوسبي. وقد رُوعي في صياغة تلك الأهداف وضوح الأفعال السلوكية ودقتها وقابليتها للقياس، بما يسهم في تحقيق الأهداف التعليمية المأمولة من البيئة التعليمية المدعومة بأدوات الذكاء الاصطناعي، وتمت مراجعة هذه الأهداف من قبل لجنة تحكيم مكونة من متخصصين في تكنولوجيا التعليم والمناهج وطرائق التدريس.

- **تصميم المحتوى العلمي وتتابعه:** تم تصميم المحتوى العلمي وفق منهجية تحليل المهام التعليمية، من خلال استخراج الأهداف من كتاب الطالب المعتمد وتحليل نواتج التعلم، وربطها بالممارسات العلمية والهندسية، ثم تحويل تلك الأهداف إلى سلوكيات قابلة للقياس لتحديد المعارف والمهارات المستهدفة بدقة، وقد تم بناء المحتوى التعليمي في شكل وحدات موضوعية متدرجة تغطي المفاهيم العلمية، وتنمّي الممارسات الهندسية، وتدمج أنشطة تتطلب الطلاقة الرقمية، مع مراعاة تتابع المفاهيم ووضوح العلاقة بينها،كما صيغ المحتوى بطريقة تتيح للمتعلم التنقل التفاعلي بين مكونات بيئة التعلم؛ فمثلًا يبدأ الطالب من صفحة تعليمية تحتوي على عرض المفاهيم، ثم ينتقل إلى معمل UNREAL CHEMIST لتنفيذ التجربة افتراضيًا، ويلي ذلك الدخول إلى ChatGPT لطرح الأسئلة وجمع المعلومات العلمية المرتبطة، ثم يُطلب منه تلخيص ما تعلمه في خريطة ذهنية باستخدام أداة الذكاء الاصطناعي Monica، بما يعزز التكامل بين المحتوى والممارسات العلمية والرقمية داخل البيئة التعليمية.
- **تصميم واجهة البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد:** صممت الواجهة الرقمية بمرونة، بحيث تحتوي على مشهد افتتاحي يقدم التوجيه العام، معمل افتراضي (UNREAL CHEMIST)، زاوية "المساعدة الذكية" لطرح الأسئلة على ChatGPT ، وركن إنتاج الخرائط الذهنية باستخدام موقع الذكاء الاصطناعي Monica ، ومفكرة رقمية لتدوين الملاحظات، وقد روعي فيها الوضوح، والألوان المحفزة، وسهولة الانتقال بين الأنشطة.
- **تحديد استراتيجيات التعليم والتفاعل:** تم تبني استراتيجيات مثل: التعلم القائم على المهام، والتعلم الذاتي المدعوم، والتعلم التفاعلي بالذكاء الاصطناعي، واعتمد التفاعل في البيئة على استجابات ChatGPT للأسئلة، وتفاعل مباشر مع الأنشطة داخل UNREAL CHEMIST، وتعاون غير مباشر من خلال مشاركة مخرجات الخرائط الذهنية.
- **تصميم الأنشطة التعليمية:** شملت الأنشطة التعليمية في البيئة الرقمية ثلاثية الأبعاد مجموعة متكاملة من المهام التي دعمت الأهداف التعليمية، حيث تضمنت أنشطة جمع المعلومات باستخدام ChatGPT مثل البحث عن العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي أو نواتج الانحلال الحراري، مما نمّى مهارات الاستقصاء العلمي. كما شارك التلاميذ في تجارب افتراضية عبر UNREAL CHEMIST، مثل دراسة تأثير الحرارة على المركبات، وتصنيف الفلزات في تفاعلات الإحلال، وتحليل تفاعلات الأكسدة والاختزال، وقياس سرعة التفاعل الكيميائي، مما عزز مهارات التخطيط والتجريب. كما نفذوا أنشطة تحليل البيانات وكتابة التقارير مدعومة بأدوات الذكاء الاصطناعي لتحليل النتائج واستنتاج العلاقات. واستخدموا موقع Monicaفي أنشطة التلخيص وبناء الخرائط الذهنية لتوضيح المفاهيم الكيميائية والعلاقات بينها، مما ساعد في تنظيم المعرفة وتعميق الفهم العلمي.
- **تصميم أدوات التقييم:** تم إعداد اختبار قبلي–بعدي لقياس الممارسات العلمية والهندسية، وبطاقة ملاحظة لتسجيل سلوكيات الأداء في الممارسات العلمية والهندسية، ومقياس للطلاقة الرقمية، يتضمن مهامًا أداءية رقمية حقيقية، واعتمدت أدوات التقييم على نماذج الأداء الواقعي التي ترتبط بأنشطة البيئة.

ثالثًا: مرحلة التطوير: وقد اشتملت هذه المرحلة على الخطوات التالية:

- **إعداد المواد الرقمية:** تمت كتابة المحتوى وتسجيل الصوتيات التعليمية، وتصميم الفيديوهات القصيرة التوضيحية، كما تم إعداد ملفات التدريبات والمهام النهائية بصيغة رقمية قابلة للعرض داخل البيئة.
- **تطوير المكونات الرقمية ودمج الأدوات**: تم بناء البيئة التفاعلية باستخدام أدوات تأليف رقمية، وتم ربطها بواجهات خارجية مثل: تضمين محاكي UNREAL CHEMIST داخل وحدة المعمل، وتوصيل واجهة ChatGPT عبر نافذة محادثة داخل البيئة، وربط الأداة Monica بملف خاص لكل متعلم لإنشاء خرائطه الذهنية، كما تم تفعيل أدوات المتابعة التلقائية لتتبع التفاعل مع كل عنصر.
- **التجريب الأولي للبيئة**: تم تنفيذ التجريب الأولي على عينة محدودة من التلاميذ بلغ عددهم (١٥) تلميذًا بهدف تقييم مدى سهولة استخدام البيئة التعليمية، ووضوح التعليمات المقدمة، وفعالية الأدوات الرقمية المستخدمة. وأظهرت التجربة بعض المشكلات، مثل صعوبة بعض التلاميذ في التنقل بين مكونات البيئة الرقمية، وضعف التفاعل الأولي مع تعليمات تنفيذ الأنشطة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي. وقد تم جمع التغذية الراجعة من خلال الملاحظة المباشرة والمقابلات القصيرة، مما مكّن الباحثان من إجراء التعديلات اللازمة لتحسين الإرشادات التفاعلية، وتبسيط الوصول إلى الأدوات، وضبط تسلسل المهام بما يراعي الفروق الفردية بين التلاميذ.
- **الإخراج النهائي للبيئة:** تم الانتهاء من النسخة النهائية للبيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد، ورفعها على منصة إلكترونية مغلقة، وتجهيز دليل الاستخدام لكل من المعلم والطالب، وتوزيع حسابات الدخول على مجموعة البحث التجريبية.
- **إعداد دليل المستخدم للبيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد:** في ضوء تصميم البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد المعتمدة على أدوات الذكاء الاصطناعي، تم إعداد دليل المستخدم الموجّه لتلميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري بهدف تمكينه من التفاعل الفعّال مع البيئة الرقمية، وقد صيغ هذا الدليل بلغة مبسطة وواضحة، تُراعي الخصائص النمائية والمعرفية للتلاميذ، ويتضمن خطوات الدخول إلى البيئة باستخدام اسم المستخدم وكلمة المرور، وطريقة التنقل بين المكونات الرئيسية للبيئة، مثل معمل UNREAL CHEMIST لإجراء المحاكاة العلمية، ونافذة ChatGPT لطرح الأسئلة العلمية وجمع المعلومات، وأداة Monicaلبناء الخرائط الذهنية، كما يوضح الدليل كيفية تنفيذ الأنشطة، وتوثيق النتائج، وحفظ الأعمال المنجزة، مع تضمين صور توضيحية لكل خطوة، وإرشادات لمواجهة المشكلات الشائعة، مثل بطء الاتصال أو عدم تحميل بعض العناصر. ويهدف الدليل إلى دعم التعلم الذاتي، وتعزيز الثقة لدى التلاميذ أثناء تعاملهم مع المحتوى التفاعلي، وتمكينهم من استثمار البيئة التعليمية بشكل فعّال لتحقيق أهداف التعلم المرجوة.

رابعًا: مرحلة التقويم النهائي: في هذه المرحلة، عمل الباحثان على تنفيذ تجربة البحث الأساسية وتطبيق أدوات التقويم المُعدّة سلفًا بهدف قياس فعالية البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد المدعومة بأدوات الذكاء الاصطناعي، وقد اشتملت هذه المرحلة على الخطوات التالية:

- **بناء أدوات القياس:** شمل ذلك إعداد اختبار قبلي–بعدي لقياس تنمية الممارسات العلمية والهندسية، وبطاقة ملاحظة لتسجيل الأداء العملي للممارسات العلمية والهندسية،

بالإضافة إلى مقياس الطلاقة الرقمية الذي تم تصميمه على هيئة مهام أداء رقمية واقعية تُحاكي مواقف تعليمية داخل البيئة.

- **التحكيم والتجريب القبلي للأدوات:** تم عرض أدوات القياس على عدد من المحكّمين المتخصصين في مجالات تكنولوجيا التعليم والمناهج وطرائق التدريس، ثم جُرّبت على عينة استطلاعية للتحقق من خصائصها السيكومترية (الثبات والصدق).
- **تنفيذ التجربة الأساسية:** طُبقت أدوات القياس على مجموعتي البحث قبل تنفيذ التدخل التعليمي وبعده، وتمت معالجة البيانات إحصائيًا لاستخلاص دلالات الفروق وقياس الأثر التعليمي الناتج عن البيئة الرقمية.
- **تحليل النتائج وتفسيرها:** تم تحليل البيانات المستخرجة من أدوات القياس وفقًا للأساليب الإحصائية المناسبة، مع تفسير النتائج في ضوء أهداف البحث، ومقارنة أداء المجموعات التجريبية بالضابطة، مما أتاح للباحثين تقييم فعالية البيئة المصممة بشكل علمي ومنهجي.

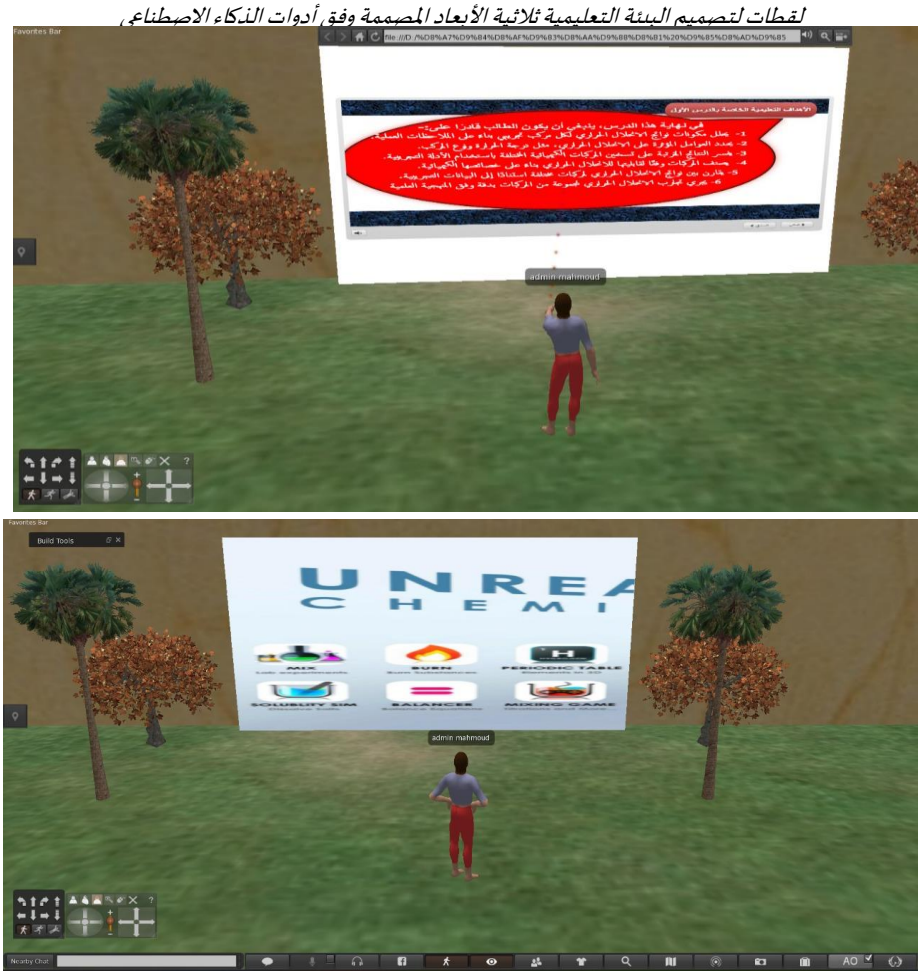
خامسًا: مرحلة النشر والاستخدام والمتابعة: تضمنت هذه المرحلة الخطوات التالية:

- **رفع البيئة التعليمية على منصة إلكترونية مغلقة:** تم رفع مكونات البيئة التعليمية –بما فيها المحتوى الرقمي، والتجارب التفاعلية، وأدوات الذكاء الاصطناعي (UNREAL CHEMIST، ChatGPT، Monica)على مجموعة مغلقة عبر منصة فيسبوك، تم إعدادها خصيصًا لأغراض البحث، لضمان سهولة الوصول والتنظيم الآمن للمحتوى.
- **توزيع التلاميذ على مجموعتين (تجريبية وضابطة):** تم تقسيم العينة إلى مجموعتين، إحداهما تجريبية تفاعلت مع البيئة التعليمية المصممة، والأخرى ضابطة تلقت المحتوى نفسه بالطريقة التقليدية دون استخدام البيئة الرقمية.
- **إتاحة الدخول للمجموعة التجريبية فقط:** تم إرسال رابط البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد إلى التلاميذ في المجموعة التجريبية، مع اعتماد طلبات الانضمام بعد التحقق من هوية كل طالب لضمان خصوصية الاستخدام وتحديد المشاركين بدقة.
- **تنظيم عرض المحتوى الرقمي:** تم ترتيب محتوى البيئة التعليمية داخل المجموعة بشكل متسلسل ومتوافق مع خطوات التصميم التعليمي، بحيث ينتقل التلميذ من المحتوى النظري إلى التجربة الافتراضية ثم إلى أداة جمع المعلومات (ChatGPT) وأداة التلخيص (Monica)، بما يحقق تكاملًا وظيفيًا بين عناصر البيئة.
- **متابعة تفاعل التلاميذ داخل البيئة:** تابع الباحثان تفاعل التلاميذ مع الأنشطة التعليمية بشكل يومي من خلال أدوات تتبّع الاستخدام، وتم تقديم التوجيهات اللازمة عند الحاجة لضمان حسن توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي واستثمارها في التعلم الذاتي.
- **توثيق الاستخدام وتحليل أنماط التفاعل:** تم توثيق سلوك التلاميذ داخل البيئة الرقمية وتحليل أنماط الاستخدام من حيث مدى التفاعل مع كل أداة، والوقت المستغرق في تنفيذ الأنشطة، والصعوبات التي واجهها التلاميذ، مما وفّر بيانات نوعية داعمة لتحليل النتائج الكمية في مرحلة التقويم النهائي.

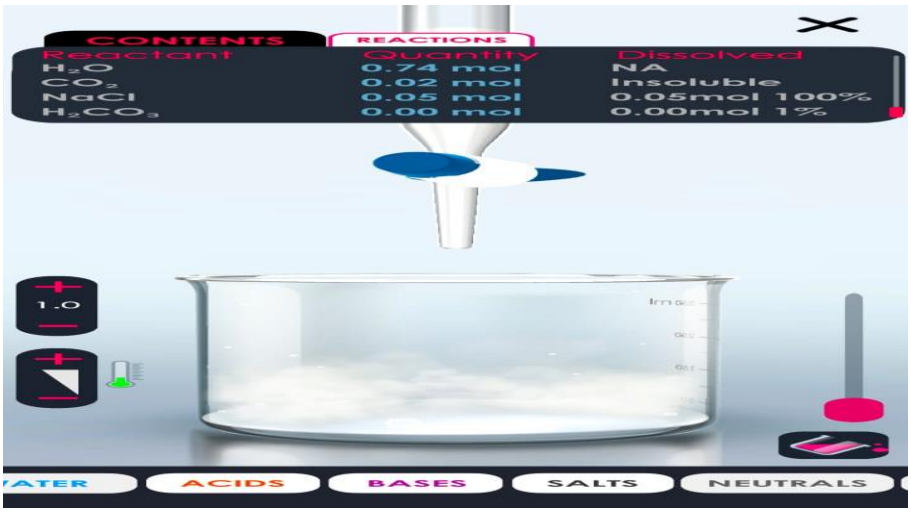
وفيما يلي مجموعة من الصور من داخل البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد:

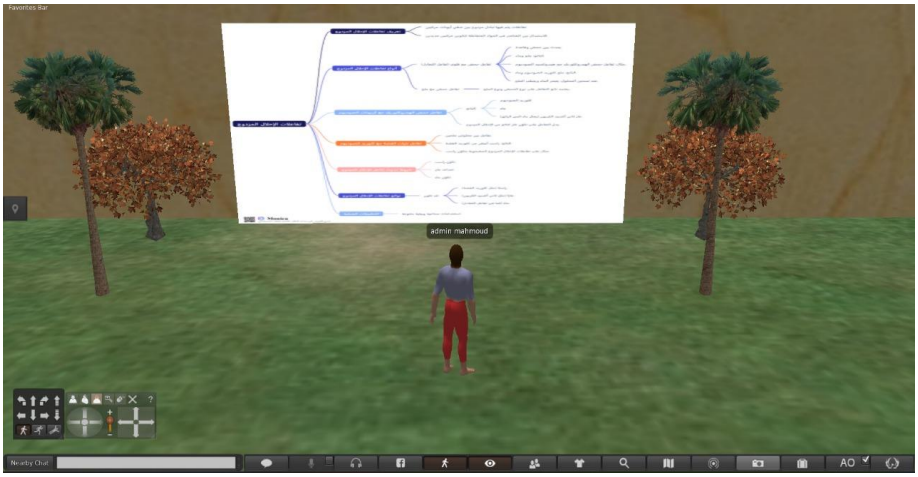
شكل (١)

لقطات لتصميم البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد المصممة وفق أدوات الذكاء الاصطناعي



admin mahmoud


CONTENTS
REACTIONS
Reactant
Quantity
Dissolved
H2O
0.74 mol
NA
CO2
0.02 mol
Insoluble
NaCl
0.05 mol
0.05mol 100%
H2CO3
0.00 mol
0.00mol 1%
1.0
ACIDS
BASES
SALTS
NEUTRALS


admin mahmoud

٢. إعداد دليل المعلم

تم إعداد هذا الدليل ليكون مرشدًا عمليًا للمعلم في توظيف البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد المعتمدة على أدوات الذكاء الاصطناعي، في تدريس وحدة "التفاعلات الكيميائية" لتلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري. ويهدف هذا التوظيف إلى دعم الممارسات العلمية والهندسية، وتعزيز الطلاقة الرقمية، وتحقيق تفاعل نشط بين التلميذ والمحتوى العلمي داخل بيئة رقمية محفزة، وقد تضمن الدليل ما يلي:

أ. **أهداف دليل المعلم**: تمثلت فيما يلي:

- تمكين المعلم من استخدام بيئة التعلم الرقمية في عرض المفاهيم والتجارب الكيميائية بطريقة تفاعلية.
- تقديم خطوات إجرائية واضحة لتيسير استخدام البيئة التعليمية المصممة وفق أدوات الذكاء الاصطناعي (Unreal Chemist – ChatGPT – Monica) ضمن الحصة الصفية.
- دعم المعلم في تقديم أنشطة صفية موجهة ترتكز على التفاعل مع البيئة الرقمية، وتراعي الفروق الفردية بين التلاميذ.
- تيسير تنفيذ ممارسات علمية وهندسية آمنة ضمن بيئة محاكاة افتراضية تدعم التعلم بالاكتشاف والتجريب.
- تعزيز الطلاقة الرقمية من خلال دمج أدوات تنظيم المحتوى وتحليل المعلومات داخل مسار التعلم.

ب. **الإجراءات التدريسية المتبعة أثناء استخدام البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد**

- التمهيد للدرس: يبدأ المعلم بعرض الهدف التعليمي للدرس من خلال شاشة العرض أو السبورة الذكية، ثم يتم الدخول إلى البيئة التعليمية من خلال الرابط أو المنصة المخصصة (تُوزع بيانات الدخول على التلاميذ مسبقًا)، كما يوجه المعلم التلاميذ لقراءة المقدمة التفاعلية داخل الواجهة الرقمية، والتي تتضمن السؤال المحفز أو الظاهرة الكيميائية المراد تفسيرها.

- تقديم المحتوى العلمي داخل البيئة: ينتقل المعلم مع التلاميذ إلى "الصفحة التعليمية الأولى" التي تحتوي على عرض المفاهيم الأساسية، ثم يقوم بشرح المفهوم العلمي مستعينًا بالعناصر التفاعلية (صور – رسوم – فيديوهات قصيرة) داخل البيئة، ويمكن استخدام ChatGPTأثناء الشرح للإجابة عن تساؤلات الطلاب أو توضيح المفاهيم المعقدة بلغة مبسطة.
- تنفيذ التجربة افتراضيًا باستخدام Unreal Chemist: يوجه المعلم التلاميذ إلى الدخول إلى معمل Unreal Chemist داخل البيئة، ويطلب منهم تنفيذ تجربة افتراضية (مثل تفاعل حمض مع قاعدة، أو تفاعل إحلال مزدوج)، ثم يناقش المعلم معهم النتائج التي تظهر، ويسأل: ما الذي لاحظته بعد إضافة المادةX ؟ أو كيف تفسر تغير اللون أو تكون الراسب؟ ويمكن تكرار التجربة مع تعديل المتغيرات (درجة الحرارة، تركيز الحمض) لفهم العلاقة بين السبب والنتيجة.
- بناء الخريطة الذهنية باستخدامMonica : يطلب المعلم من التلاميذ الدخول إلى أداة Monicaلبناء خريطة ذهنية تمثّل: خطوات التفاعل، والمفاهيم المرتبطة، وأهم المفردات الكيميائية، ويمكن للمعلم عرض نماذج من خرائط التلاميذ ومناقشتها جماعيًا على الشاشة.
- **التقويم**: في ختام الدرس، يُجري المعلم تقويمًا شاملاً يهدف إلى قياس مدى تنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية لدى التلاميذ، من خلال أسئلة تحليلية وتفسيرية تركز على فهم التفاعلات الكيميائية وتوظيف الأدوات الرقمية. يُكلف التلاميذ بتمثيل التفاعل برسم توضيحي أو معادلة مبسطة، أو تلخيص خطوات تجربة باستخدام أداة رقمية مألوفة. كما يمكن إعادة توظيف أدوات مثل Unreal Chemist لاستعراض التجربة افتراضيًا، و ChatGPT للإجابة عن استفسارات أو مراجعة المفاهيم، بما يُعزز الفهم ويدعم التفاعل الرقمي. ويُشجَّع التلاميذ على التعبير عن أبرز ما تعلموه شفهياً أو عبر تطبيق رقمي، مما يرسّخ المحتوى ويُنمّي قدرتهم على نقل المعرفة وتطبيقها.

ج. استراتيجيات المعلم داخل البيئة الرقمية

- التوجيه المستمر: يشرح المعلم المهام قبل البدء، ويوجه التلاميذ خطوة بخطوة داخل البيئة.
- التعلم الذاتي المدعوم: يشجع التلاميذ على الاستكشاف داخل الأدوات (Unreal – ChatGPT – Monica)مع إتاحة الدعم عند الحاجة.
- التغذية الراجعة الفورية: يناقش المعلم مع التلاميذ ما حصلوا عليه من إجابات أو مخرجات، ويعزز التصحيحات اللازمة.
- التفاعل الجماعي: يفتح النقاش حول الملاحظات أو التجارب أو الأسئلة التي طرحها الطلاب، بما يعزز المشاركة.

٣. إعداد اختبار الممارسات العلمية والهندسية

تم إعداد اختبار الممارسات العلمية والهندسية بوحدة (التفاعلات الكيميائية) المقررة بكتاب العلوم لتلاميذ الصف الثالث الإعدادي وفقًا للخطوات التالية:

أ. تحديد الهدف من الاختبار: صُمم الاختبار بهدف قياس الممارسات العلمية والهندسية بوحدة (التفاعلات الكيميائية) بكتاب العلوم للعام الدراسي ٢٠٢٤/ ٢٠٢٥م، بالإضافة إلى استخدام نتائج تطبيق الاختبار في اختبار صحة فروض البحث والإجابة على أسئلته.

ب. **تحديد الممارسات المتضمنة بالاختبار:** تم الاطلاع على عديد من الأدبيات والبحوث السابقة، ومنها (NRC, 2012, p.50-76؛ NGSS Lead States, 2013 f, p.4-15)، ودراسات (أبو غنيمة وعبد الفتاح؛ ٢٠١٩؛ خضر وآخرون، ٢٠٢٤؛ الرخاوي، ٢٠٢٣؛ الشعيلي والزيدية، ٢٠٢٤؛ عز الدين، ٢٠١٨؛ محمد وسيف، ٢٠٢٠؛ محمد، ٢٠٢٤؛ Whittington, 2017؛ Lesley, et al., 2017) وفي ضوئها تم الاقتصار على ٤ ممارسات علمية وهندسية وهي: (طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، تحليل وتفسير البيانات، استخدام الرياضيات والتفكير الحوسبي، بناء التفسيرات وتصميم الحلول) نظرًا لأن هذه الممارسات تتطلب مهارات عقلية وتحليلية يصعب ملاحظتها بشكل مباشر، كما أن الاختبار يتيح تقديم مواقف علمية وبيانية واقعية يمكن من خلالها تقييم الفهم العميق والقدرة على التفسير والحل، مما يوفّر أدوات تقييم أكثر دقة وشمولًا تتناسب مع طبيعة البيئة الرقمية وأهدافها التعليمية.

ج. **الصورة الأولية للاختبار:** تم إعداد الصورة الأولية للاختبار في ضوء الممارسات السابقة؛ حيث تكونت الصورة الأولية للاختبار من (٢٤) سؤالًا من نوع الاختيار من متعدد اندرجت تحت الممارسات الأربعة المذكورة؛ بحيث تضمنت كل ممارسة (٦) أسئلة، وقد رُوعِي عند صياغة الأسئلة أن تتفق مع أهداف وطبيعة الاختبار من ناحية والممارسات العلمية والهندسية المراد تقويمها من ناحية أخرى، وأن تكون مناسبة لمستوى نمو التلاميذ، كما تم وضع مجموعة من التعليمات روعي عند صياغتها أن تكون واضحة، كما تضمنت مثالًا محلولًا يوضح للتلاميذ كيفية الإجابة على الأسئلة.

د. **الصدق الظاهري للاختبار:** لضبط الاختبار بعد الانتهاء من إعداد صورته الأولية تم عرضه على مجموعة من السادة المحكمين والخبراء في التربية العلمية وطرق تدريس العلوم وعددهم (٤) محكمين، وذلك للتأكد من صلاحيته ومناسبته لتلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري، ومدى سلامة الصياغة اللغوية، ومدى مناسبة الأسئلة للممارسات التي تقيسها، وكذلك إضافة أو حذف بعض الأسئلة، أو التعديل في صياغتها، ولم يشر المحكمين إلى تعديل أيَّة صياغات، كما لم يطلبوا حذف أو أضافة أيًا من الأسئلة، ليتكون الاختبار في صورته القابلة للتطبيق الاستطلاعي من (٢٤) سؤالًا.

هـ. **أسلوب تقدير الدرجات للاختبار (طريقة تصحيح الاختبار):** تم إعطاء درجة واحدة فقط للإجابة الصحيحة على السؤال، و(صفر) للإجابة الخطأ؛ وبذلك تكون النهاية العظمى للاختبار (٢٤) درجة، والنهاية الصغرى (صفر).

و. **التجربة الاستطلاعية للاختبار:** تم تطبيق الاختبار على عينة استطلاعية بلغت (٤٨) من تلاميذ الصف الثالث الإعدادي من معهدي (القلج الإعدادي الثانوي بنين)، و (القلج الإعدادي الثانوي فتيات) من مجتمع البحث نفسه ومن غير عينة البحث الأساسية لحساب معاملات السهولة والصعوبة والتمييز، وحساب زمن الاختبار، والاتساق الداخلي لأسئلته ومستوياته، وثبات درجاته، وفيما يلي بيان ذلك:

- **حساب زمن الاختبار:** تم حساب المتوسط الزمني الذي استغرقه جميع أفراد العينة الاستطلاعية في الإجابة عن الاختبار ككل؛ حيث تم قسمة الزمن الذي استغرقه جميع تلاميذ العينة الاستطلاعية (٣٨٤٠) على عدد التلاميذ (٤٨)، وقد وجد أن الزمن المناسب لانتهاء جميع التلاميذ من الإجابة على جميع أسئلة الاختبار (٨٠) دقيقة، بما فيها زمن التعليمات.
- **حساب معاملات السهولة والصعوبة والتمييز:** تم حساب معاملات السهولة والصعوبة والتمييز؛ حيث تراوحت معاملات السهولة بين (٠,٤٨-٠,٥٨)، بينما تراوحت معاملات

الصعوبة بين (٠,٤٢-٠,٥٢)، كما تراوحت معاملات التمييز بين (٠,٥٤-٠,٨٥)، وهي معاملات سهولة وصعوبة وتمييز مقبولة.

- **حساب الاتساق الداخلي للاختبار:** لتحديد الاتساق الداخلي تم حساب معاملات ارتباط بيرسون (Pearson correlation coefficient) بين درجة كل سؤال والدرجة الكلية للاختبار وبين درجة كل سؤال والدرجة الكلية للممارسة الذي ينتمي إليها ويمكن توضيح ذلك بالجدول رقم (٢).

جدول (٢)

معاملات ارتباط بيرسون بين درجة كل سؤال وبين الدرجة الكلية للاختبار والدرجة الكلية لكل ممارسة باختبار الممارسات العلمية والهندسية (ن=٤٨)

طرح الأسئلة وتحديد المشكلة			تحليل وتفسير البيانات			استخدام الرياضيات والتفكير المنطقي			بناء التفسيرات وتصميم الحلول		
م	ر. بالمجموع	ر. بالممارسة	م	ر. بالمجموع	ر. بالممارسة	م	ر. بالمجموع	ر. بالممارسة	م	ر. بالمجموع	ر. بالممارسة
١	٠,٦١٣	٠,٦٤٨	٢	٠,٤٩٣	٠,٦٢٣	١٣	٠,٦٨٢	٠,٨٣٦	١٤	٠,٧٩٥	٠,٧٦٠
٣	٠,٦٨٣	٠,٧٧٣	٤	٠,٦١٦	٠,٦٣٩	١٥	٠,٨٠١	٠,٨١٨	١٦	٠,٧٤٥	٠,٧٨٨
٥	٠,٥١٥	٠,٥٣١	٦	٠,٥١٧	٠,٦٣٩	١٧	٠,٧١٥	٠,٧٩٠	٢٠	٠,٦٠٨	٠,٦٧٩
٧	٠,٤٩٩	٠,٥٧٢	٨	٠,٧٥١	٠,٧٤٦	١٨	٠,٦٧٥	٠,٧٣٩	٢١	٠,٧٦٨	٠,٧٩٠
٩	٠,٦٨٥	٠,٧٧٢	١٠	٠,٥١٢	٠,٥٣٣	١٩	٠,٦٩٠	٠,٦٠٦	٢٣	٠,٥٦١	٠,٧٣٣
١١	٠,٦٨١	٠,٧٣٠	١٢	٠,٧٧٣	٠,٧٤٦	٢٢	٠,٦١٩	٠,٧٠١	٢٤	٠,٥٦٤	٠,٦٩٢

يتضح من الجدول رقم (٢) أن ثمة ارتباطًا طرديًا بين أسئلة الاختبار والمجموع الكلي له؛ حيث تراوحت معاملات الارتباط بين (٠,٤٩٣ -٠,٨٠١)، وجميعها معاملات ارتباط تتراوح بين المتوسطة والكبيرة، كما تراوحت معاملات ارتباط أسئلة ممارسة طرح الأسئلة وتحديد المشكلة بدرجتها الكلية بين (٠,٥٣١-٠,٧٧٣)، كذلك تراوحت معاملات ارتباط أسئلة ممارسة تحليل وتفسير البيانات بدرجتها الكلية بين (٠,٥٣٣-٠,٧٤٦)، في حين تراوحت معاملات ارتباط أسئلة ممارسة استخدام الرياضيات والتفكير المنطقي بدرجتها الكلية بين (٠,٦٠٦-٠,٨٣٦)، بينما تراوحت معاملات ارتباط أسئلة ممارسة بناء التفسيرات وتصميم الحلول بدرجتها الكلية بين (٠,٦٧٩-٠,٧٨٨)، وجميعها معاملات ارتباط تتراوح بين المتوسطة والكبيرة.

كما تم حساب معاملات ارتباط بيرسون بين الدرجة الكلية لكل ممارسة والدرجة الكلية للاختبار؛ حيث بلغ معامل الارتباط للممارسات الأربع المتضمنة بالاختبار وهي (طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، تحليل وتفسير البيانات، استخدام الرياضيات والتفكير المنطقي، بناء التفسيرات وتصميم الحلول) على الترتيب (٠,٩١٣؛ ٠,٩٢٨؛ ٠,٩٣١؛ ٠,٩١٠) وهي معاملات ارتباط شبه تامة، وبذلك أصبح الاختبار يتمتع بدرجة عالية من الاتساق الداخلي.

- **حساب ثبات درجات اختبار الممارسات العلمية والهندسية:** تم حساب ثبات درجات الاختبار من خلال باستخدام طريقة التجزئة النصفية (Split-Half)؛ حيث تم تقسيم الاختبار إلى نصفين متساويين الأول منهما شمل الأسئلة من ١ إلى ١٢، والثاني شمل الأسئلة من ١٣-٢٤، وبالتالي يحصل التلميذ على درجتين في الاختبار وبذلك أمكن حساب معامل الارتباط بيرسون

(Pearson correlation coefficient) بين النصفين، وتعديله باستخدام معادلة سبيرمان-براون (Spearman-Brown)، حيث بلغ معامل الارتباط بين النصفين (٠,٨٦٦) مما يدل على وجود علاقة قوية بين نصفي الاختبار وتجانس الأسئلة، كما تم تعديل هذا الارتباط باستخدام معادلة سبيرمان-براون ليصل معامل الثبات للاختبار الكامل إلى (٠,٩٢٨)، وهي درجة مرتفعة تشير إلى مستوى عالٍ من الاتساق الداخلي بين أسئلة الاختبار، مما يؤكد تمتع الاختبار بدرجة عالية من الثبات والموثوقية، تجعلنا نطمئن إلى ملاءمته لقياس الممارسات العلمية والهندسية المستهدفة لدى تلاميذ هذه المرحلة.

ز. **الصورة النهائية لاختبار الممارسات العلمية والهندسية:** تكون الاختبار في صورته النهائية من (٢٤) سؤالا من نوع الاختيار من متعدد موزعة على أربع ممارسات هي (طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، تحليل وتفسير البيانات، استخدام الرياضيات والتفكير المنطقي، بناء التفسيرات وتصميم الحلول)، حيث تضمنت كل ممارسة (٦) أسئلة، كما بلغت الدرجة الصغرى للاختبار (صفر)، والدرجة العظمى (٢٦).

٢. إعداد بطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية

تم بناء بطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية وفقًا للخطوات التالية:

أ. **تحديد الهدف من بطاقة الملاحظة:** صممت البطاقة بهدف قياس درجة ممارسة تلاميذ الصف الثالث الإعدادي للممارسات العلمية والهندسية بوحدة التفاعلات الكيميائية المقررة بكتاب العلوم بالعام الدراسي ٢٠٢٤/ ٢٠٢٥م.

ب. **تحديد الممارسات المتضمنة ببطاقة الملاحظة:** تم الاطلاع على عديد من الأدبيات والبحوث السابقة، ومنها (NRC, 2012, p.50-76؛ NGSS Lead States, 2013 f, p.4-15)، ودراسات (أبو غنيمة وعبد الفتاح؛ ٢٠١٩؛ خضر وآخرون، ٢٠٢٤؛ الرخاوي، ٢٠٢٣؛ الشعيلي والزيدية، ٢٠٢٤؛ عز الدين، ٢٠١٨؛ محمد وسيف، ٢٠٢٠؛ محمد، ٢٠٢٤؛ Whittington, 2017؛ Lesley, et al., 2017) وفي ضوئها تم الاقتصار على ٤ ممارسات علمية وهندسية وهي: (تصميم واستخدام النماذج، تخطيط وإجراء الاستقصاءات، الانخراط في الجدل المستند للأدلة، الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها) نظرًا لأن هذه الممارسات نظرًا لأن هذه الممارسات ترتبط بسلوكيات أداء يمكن ملاحظتها مباشرة أثناء تنفيذ الأنشطة داخل البيئة التعليمية، مثل كيفية تخطيط التجربة، واستخدام النماذج التفسيرية، وطريقة النقاش العلمي، وتوظيف المصادر الرقمية. وتتيح بطاقة الملاحظة رصد هذه السلوكيات في سياقها الطبيعي، مما يوفر مؤشرات واقعية ودقيقة عن أداء التلاميذ في المهام التفاعلية المدعومة بالذكاء الاصطناعي.

ج. **صياغة عبارات بطاقة الملاحظة:** بعد تحديد الممارسات العلمية والهندسية، تم تحليلها إلى مجموعة من الأداءات الفرعية، كما تم صياغة بنود البطاقة في صورة عبارات سلوكية قصيرة تصف سلوكًا واحدًا في زمن المضارع؛ بحيث يمكن ملاحظتها ملاحظة مباشرة، وقد روعي عند صياغة عبارات البطاقة أن تتفق مع أهدافها وطبيعتها من ناحية والممارسة المراد تقويمها من ناحية أخرى، مع مراعاة التدرج والتتابع الخاص بالممارسات العلمية والهندسية الواردة في وثيقة الجيل التالي لمعايير العلوم بالمرحلة الإعدادية، وتكونت البطاقة في صورتها الأولية من (٢٠) عبارة سلوكية فرعية موزعة على الممارسات الأربع بحيث شملت كل ممارسة (٥) أداءات فرعية.

د. **صياغة تعليمات البطاقة وكيفية القيام بالملاحظة:** روعي عند صياغتها أن تكون واضحة؛ بحيث توضح لمستخدم البطاقة (الملاحظ) كيفية ملاحظة أداء تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري، كما وضعت تلك التعليمات في صفحة مستقلة في بداية بطاقة الملاحظة، وقد طُلب من الملاحظ كتابة البيانات الخاصة بكل تلميذ مفحوص، وقد تضمنت التعليمات: توضيح الهدف العام من البطاقة، وتوضيح كيفية التقدير الكمي لأداء التلاميذ في الأداءات الخاصة بالممارسات الأربع.

هـ. **أسلوب تقدير مستوى الأداء:** بالاطلاع على العديد من بطاقات الملاحظة التي أعدت بالدراسات السابقة، فقد تم وضع أسلوب تقدير الأداء في ضوء ثلاثة مستويات هي: يؤدي بدرجة كبيرة (تأخذ الدرجة ٢): وتشير إلى نجاح تلميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري في القيام بالممارسة بشكل صحيح ومن المرة الأولى وبدون خطأ وأكثر من ٣ مرات وبسرعة عالية، ويؤدي بدرجة متوسطة (تأخذ الدرجة ١): وتشير إلى قيام التلميذ بالممارسة مع بعض الأخطاء البسيطة وأقل من ٣ مرات وفي وقت أقل، ولا يؤدي (وتأخذ الدرجة صفر): وتشير إلى عدم أداء التلميذ للممارسة بشكل كامل، وبذلك تكون النهاية العظمى لبطاقة الملاحظة (٤٠) درجة، والنهاية الصغرى (صفر) وتحسب الدرجات لكل عبارة على حدة وبتجميع هذه الدرجات يتم الحصول على الدرجة الكلية للتلميذ، والتي من خلالها يمكن الحكم على أدائه فيما يتعلق بالممارسات المتضمنة بالبطاقة، ويقوم الملاحظ بوضع علامة (✓) في خانة درجة الأداء لكل ممارسة فرعية، وقد تم حساب الدرجة لكل تلميذ من خلال ملاحظة التلاميذ أثناء الحصص الدراسية بشكل مباشر ومنتظم، وذلك في سياق تنفيذ الأنشطة التعليمية لكل من المجموعتين التجريبية والضابطة، بهدف تتبع الأداء الفعلي للممارسات العلمية والهندسية في مواقف تعليمية طبيعية. كما تم تطبيق بطاقة الملاحظة لاحقًا في مواقف مخصصة للتقويم، بحيث راعت البطاقة بعدي "الدقة" و"السرعة" معًا؛ لضمان شمول التقدير لكل من جودة الأداء وكفاءته الزمنية. وقد تكررت الملاحظة في أكثر من مناسبة خلال فترة التطبيق، وتم احتساب متوسط درجات كل تلميذ ليُعبّر عن مستواه الحقيقي بشكل أكثر دقة واستقرارًا، وبما يعكس تطور الأداء إلى مستوى من الاعتيادية المهارية وليس مجرد استجابة وقتية.

و. **الصدق الظاهري لبطاقة الملاحظة:** بعد إعداد البطاقة في صورتها الأولية تم عرضها على مجموعة من السادة المحكمين المتخصصين في مجال المناهج وطرق التدريس وتقنيات التعليم وعددهم (٤) محكمين؛ حيث تم التعرف على آرائهم فيما يخص الشكل العام للبطاقة، وتعليماتها العامة، ومدى مناسبة عبارات البطاقة في ضوء أهدافها والغرض منها، ومدى مناسبة صياغة عبارات البطاقة للممارسات العلمية والهندسية التي تقيسها، وكذلك سلامة العبارات من الناحية العلمية، و كذلك حذف أو إضافة أو تعديل في بعض عبارات البطاقة، ووفقًا لآراء وملاحظات السادة المحكمين لم يتم إجراء أي تعديلات على عبارات البطاقة، وبالتالي أصبحت البطاقة صالحة للتطبيق على العينة الاستطلاعية.

ز. **التجربة الاستطلاعية لبطاقة الملاحظة:** تم تطبيق بطاقة الملاحظة على عينة استطلاعية من مجتمع البحث (من غير عينة البحث الأساسية) بلغت (٢٠) تلميذاً من تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري من معهدي (القلج الإعدادي الثانوي بنين)، و (القلج الإعدادي الثانوي فتيات) بعد التحقق من انتهائهم من دراسة وحدة التفاعلات الكيميائية المقررة عليهم، وذلك لحساب الاتساق الداخلي لعبارات البطاقة، وثبات درجاتها، وفيما يلي بيان ذلك:

- **حساب الاتساق الداخلي لعبارات بطاقة الملاحظة:** لتحديد الاتساق الداخلي تم حساب معاملات الارتباط بين درجة كل عبارة فرعية والدرجة الكلية لبطاقة الملاحظة، ويمكن توضيح ذلك بالجدول رقم (٣).

جدول (٣)

معاملات ارتباط بيرسون بين درجة كل عبارة فرعية وبين الدرجة الكلية لبطاقة الملاحظة والدرجة الكلية لكل ممارسة (ن= ٢٠)

تصميم واستخدام النماذج			تخطيط وإجراء الاستقصاءات			الانخراط في الجدل المستند للأدلة			الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها		
م	ر بالمجموع	ر. بالممارسة	م	ربالمجموع	ر. بالممارسة	م	ربالمجموع	ر. بالممارسة	م	ربالمجموع	ر. بالممارسة
١	٠,٧٢٥	٠,٨٠٩	٦	٠,٨٢٥	٠,٨٥٠	١١	٠,٦٤٣	٠,٧٤٨	١٦	٠,٨٨٩	٠,٨٨٦
٢	٠,٦٤٣	٠,٧٣٨	٧	٠,٧٨٤	٠,٨٧٠	١٢	٠,٧٩٣	٠,٨٨٩	١٧	٠,٨٤٥	٠,٨٧٩
٣	٠,٨٢٣	٠,٨٦٩	٨	٠,٨٨٩	٠,٩٢٠	١٣	٠,٨٧٩	٠,٩٠٢	١٨	٠,٧٧٨	٠,٧٤٨
٤	٠,٨٤٤	٠,٨٢٩	٩	٠,٨٩٩	٠,٨٣٩	١٤	٠,٨٥٢	٠,٨٣٩	١٩	٠,٨٦٦	٠,٨٤٣
٥	٠,٧٩١	٠,٨٣٦	١٠	٠,٧٩١	٠,٨٣٥	١٥	٠,٨٠٧	٠,٨٦٥	٢٠	٠,٧٧٨	٠,٨٢٣

يتضح من الجدول رقم (٣) أن ثمة ارتباطًا طرديًا بين عبارات البطاقة والمجموع الكلي لها؛ حيث تراوحت معاملات الارتباط بين (٠,٦٤٣ -٠,٨٩٩)، وجميعها معاملات ارتباط تتراوح بين المتوسطة والكبيرة، كما تراوحت معاملات ارتباط عبارات ممارسة تصميم واستخدام النماذج بدرجتها الكلية بين (٠,٧٣٨-٠,٨٦٩)، كذلك تراوحت معاملات ارتباط عبارات ممارسة تخطيط وإجراء الاستقصاءات بدرجتها الكلية بين (٠,٨٣٥-٠,٩٢٠)، في حين تراوحت معاملات ارتباط عبارات ممارسة الانخراط في الجدل المستند للأدلة بدرجتها الكلية بين (٠,٧٤٨-٠,٩٠٢)، بينما تراوحت معاملات ارتباط عبارات ممارسة الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها بدرجتها الكلية بين (٠,٧٤٨-٠,٨٨٦)، وجميعها معاملات ارتباط تتراوح بين المتوسطة والكبيرة.

كما تم حساب معاملات ارتباط بيرسون بين الدرجة الكلية لكل ممارسة والدرجة الكلية للبطاقة؛ حيث بلغ معامل الارتباط للممارسات الأربع المتضمنة ببطاقة الملاحظة وهي (تصميم واستخدام النماذج، تخطيط وإجراء الاستقصاءات، الانخراط في الجدل المستند للأدلة، الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها) على الترتيب (٠,٩٣٩؛ ٠,٩٦٨؛ ٠,٩٣٩؛ ٠,٩٨٦) وهي معاملات ارتباط شبه تامة، وبذلك أصبحت البطاقة تتمتع بدرجة عالية من الاتساق الداخلي.

- **حساب ثبات درجات بطاقة الملاحظة:** تم حساب ثبات درجات بطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية باستخدام مؤشر ألفا كريبندروف Krippendorff's Alpha(α)، وقد وقع الاختيار على هذا المؤشر: لكونه يأخذ عامل الصدفة في الاعتبار عند حساب معامل الثبات بين المحللين، بالإضافة إلى جودة هذا المؤشر وتعدد استخداماته؛ حيث يمكن استخدام هذا المؤشر مع كل أنواع القياس، سواء كانت البيانات اسمية (تصنيفية)، أم رتبية، أم فترية أم نسبية (حسن، ٢٠٢١)، ولقد عبر كريبندروف باختصار عن مجموعة من المعادلات اللازمة لحساب الثبات من أنواع مختلفة من البيانات بالمعادلة المختصرة (Alpha= 1-D_O/ D_e) ؛ حيث D_O غياب الاتفاق بين الملاحظين (الباحثان ومعلم علوم)، D_e غياب الاتفاق المتوقع، كما

تتراوح قيمة ألفا بين الصفر والواحد الصحيح (٠ ≤ ألفا ≤ ١)، ولحساب ثبات البطاقة، استخدم الباحثان برنامج (KALPHA) الذي قدمه هايز وكريبندروف (Hayes & Krippendorff, 2007) وهو عبارة عن برنامج يضاف إلى برنامج التحليل الإحصائي المعروف (SPSS)، ومن خلال ذلك تم حساب معاملات ثبات ألفا كريبندروف بين الملاحظين القائمين بعملية ملاحظة لتلميذ واحد من عينة البحث الاستطلاعية (٣ ملاحظين) بمؤشر يتراوح من صفر إلى واحد؛ حيث بلغت قيمة معامل الثبات ٠,٨٧، وهو معامل ثبات كبير يشير إلى ثبات درجات الاستمارة.

ح. **الصورة النهائية لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية:** بعد الانتهاء من خطوات إعداد بطاقة الملاحظة تكونت في صورتها النهائية من (٢٠) عبارة موزعة على أربع ممارسات هي ((تصميم واستخدام النماذج، تخطيط وإجراء الاستقصاءات، الانخراط في الجدل المستند للأدلة، الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها)، حيث تضمنت كل ممارسة (٥) عبارات، كما بلغت الدرجة الصغرى للبطاقة (صفر)، والدرجة العظمى (٤٠).

٣. **إعداد مقياس الطلاقة الرقمية**

تم إعداد مقياس الطلاقة الرقمية بوحدة (التفاعلات الكيميائية) المقررة بكتاب العلوم لتلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري وفقًا للخطوات التالية:

أ. **تحديد الهدف من المقياس:** صُمم المقياس بهدف قياس تصرفات التلاميذ الفعلية في استخدام التقنية أثناء دراسة وحدة (التفاعلات الكيميائية) بكتاب العلوم للعام الدراسي ٢٠٢٤/ ٢٠٢٥م، بالإضافة إلى استخدام نتائج تطبيق المقياس في اختبار فروض البحث والإجابة على أسئلته.

ب. **تحديد أبعاد المقياس:** في ضوء الاطلاع على بعض الأدبيات مثل (عبد الرحمن، ٢٠٢٢؛ محمد وآخرون، ٢٠٢١؛ Beetham, 2015; Demir & Odabaşı, 2016; Demir & Odabaşı, 2022; Durmus Çemçem, et al., 2023) تم تبني أربعة أبعاد للطلاقة الرقمية وهي (القدرة على استخدام التكنولوجيا بشكل فعال، التفكير النقدي الرقمي، الهوية والثقافة الرقمية).

ج. **صياغة مواقف المقياس:** بعد تحديد أبعاد المقياس، تم صياغة مجموعة من المواقف في صورة مواقف سلوكية تصف سلوكًا واحدًا يمكن أن يقوم التلميذ به، كما تم وضع ثلاثة بدائل متدرجة تلي كل موقف، بحيث يمكن أن يختار من بينها ما يمكنه القيام به إذا وضع في الموقف، وقد روعي عند صياغة المواقف والبدائل التالية لها أن تتفق مع أهدافها وطبيعتها من ناحية وأبعاد الطلاقة المراد قياسها من ناحية أخرى، وتكون المقياس في صورته الأولية من (٢٠) موقفاً اندرجت تحت أربعة أبعاد رئيسة بحيث شمل كل بعد خمسة مواقف.

د. **صياغة تعليمات المقياس:** روعي عند صياغتها أن تكون واضحة؛ بحيث توضح لتلاميذ الصف الثالث الإعدادي طريقة اختيار البديل المناسب والذي يمكنه القيام به عند استخدام التقنيات المختلفة في تعلم وحدة التفاعلات الكيميائية، كما وضعت تلك التعليمات في صفحة مستقلة في بداية المقياس، وقد تضمنت التعليمات: توضيح الهدف العام من المقياس، وتوضيح عدد المواقف بالمقياس، وزمن الإجابة على المقياس، ومثالاً يوضح طريقة الإجابة.

هـ. **أسلوب تقدير الدرجات:** تم وضع أسلوب تقدير الدرجات في ضوء ثلاثة مستويات متدرجة وهي: مستوى مرتفع ويأخذ الدرجة (٣)؛ حيث يُظهر التلميذ سلوكًا رقميًا متقدمًا في جمع المعلومات، تحليلها، التفاعل التعاوني، واستخدام المصادر الرقمية الموثوقة، ومستوى متوسط ويأخذ الدرجة (٢)؛ حيث يُظهر التلميذ سلوكًا رقميًا مقبولًا مع بعض المبادرة أو التحليل، لكنه يفتقر للتوسع أو التوثيق أو التفاعل الكامل، ومستوى منخفض ويأخذ الدرجة (١)؛ حيث يُظهر سلوكًا رقميًا محدودًا أو سلبيًا، مع تجنب التفاعل أو الاكتفاء بمصادر غير موثوقة أو تجنب الاستقصاء.

و. **الصدق الظاهري للمقياس:** بعد إعداد المقياس في صورته الأولية تم عرضه على مجموعة من السادة المحكمين المتخصصين في مجال المناهج وطرق التدريس وتكنولوجيا التعليم وعددهم (٤)؛ حيث تم التعرف على آرائهم فيما يخص الشكل العام للمقياس، وتعليماته العامة، ومدى مناسبة مواقفه للأبعاد الأربعة المتضمنة بالمقياس، ومدى مناسبة صياغة مواقفه لتلاميذ الصف الثالث الإعدادي، وكذلك سلامة المواقف من الناحية العلمية، وطلب حذف أو إضافة أو تعديل في بعض المواقف أو البدائل، ووفقًا لآراء وملاحظات السادة المحكمين تم إجراء بعض التعديلات على المواقف والبدائل دون حذف أو إضافة أي موقف للمقياس، وبالتالي أصبح المقياس صالحاً للتطبيق على العينة الاستطلاعية.

ح. **التجربة الاستطلاعية للمقياس:** تم تطبيق المقياس على عينة استطلاعية بلغت (٤٨) من تلاميذ الصف الثالث الإعدادي من معهدي (القلج الإعدادي الثانوي بنين)، و (القلج الإعدادي الثانوي فتيات) من مجتمع البحث نفسه ومن غير عينة البحث الأساسية وذلك لحساب زمن المقياس، والاتساق الداخلي لمواقفه وأبعاده، وثبات درجاته، وفيما يلي بيان ذلك:

- **حساب زمن المقياس:** تم حساب المتوسط الزمني الذي استغرقه جميع أفراد العينة الاستطلاعية في الإجابة عن المقياس ككل؛ حيث تم قسمة الزمن الذي استغرقه جميع تلاميذ العينة الاستطلاعية (١٤٤٤ دقيقة) على عدد التلاميذ (٣٦)، وقد وجد أن الزمن المناسب لانتهاء جميع التلاميذ من الإجابة على جميع مواقف المقياس (٤٠) دقيقة، بما فيها زمن التعليمات.

- **حساب الاتساق الداخلي للمقياس:** لتحديد الاتساق الداخلي تم حساب معاملات ارتباط بيرسون (Pearson correlation coefficient) بين درجة كل موقف والدرجة الكلية للمقياس وبين درجة كل موقف والدرجة الكلية للبعد الذي ينتمي إليه، ويمكن توضيح ذلك بالجدول رقم (٤).

جدول (٤)

معاملات ارتباط بيرسون بين درجة كل عبارة فرعية وبين الدرجة الكلية لمقياس الطلاقة الرقمية والدرجة الكلية لكل بعد (ن=٣٦)

القدرة على استخدام التكنولوجيا			التفكير النقدي			الهوية والثقافة الرقمية			التواصل والتعاون الرقمي		
م	الارتباط بالمجموع	الارتباط بالبعد	م	الارتباط بالمجموع	الارتباط بالبعد	م	الارتباط بالمجموع	الارتباط بالبعد	م	الارتباط بالمجموع	الارتباط بالبعد
١	٠,٨٢٨	٠,٨٧٥	٢	٠,٧٥١	٠,٨١٥	٣	٠,٧٩٣	٠,٧٧٦	٤	٠,٧٦٨	٠,٧٩٤
٥	٠,٦٧٥	٠,٧٢٦	٦	٠,٦٤٠	٠,٧٤٨	٧	٠,٧٨١	٠,٨٠٨	٨	٠,٧١٩	٠,٧٥٣
٩	٠,٧٤٦	٠,٧٧٨	١٠	٠,٧٢١	٠,٧٤٠	١١	٠,٧١٨	٠,٧٩١	١٢	٠,٨٥٥	٠,٨٣٩
١٣	٠,٨٨١	٠,٨٨٦	١٤	٠,٩٢١	٠,٩٠٨	١٥	٠,٩٥١	٠,٩٦٨	١٦	٠,٨٤٦	٠,٨٦٢
١٧	٠,٨٢٨	٠,٨٣٥	١٨	٠,٩٣٧	٠,٨٩٨	١٩	٠,٩٤٢	٠,٩٥١	٢٠	٠,٨١٠	٠,٨٧٦

يتضح من الجدول رقم (٤) أن ثمة ارتباطًا طرديًا بين مواقف المقياس والمجموع الكلي له؛ حيث تراوحت معاملات الارتباط بين (٠,٦٤٠ -٠,٩٥١)، وجميعها معاملات ارتباط تتراوح بين المتوسطة والكبيرة، كما تراوحت معاملات ارتباط مواقف بعد القدرة على استخدام التكنولوجيا بشكل فعال بدرجته الكلية بين (٠,٧٢٦-٠,٨٨٦)، كذلك تراوحت معاملات ارتباط مواقف بعد التفكير النقدي الرقمي بدرجته الكلية بين (٠,٧٤٠-٠,٩٠٨)، في حين تراوحت معاملات ارتباط مواقف بعد الهوية والثقافة الرقمية بدرجته الكلية بين (٠,٧٧٦-٠,٩٨٦)، بينما تراوحت معاملات ارتباط عبارات مواقف التواصل والتعاون الرقمي بدرجته الكلية بين (٠,٧٥٣-٠,٨٧٦)، وجميعها معاملات ارتباط تتراوح بين المتوسطة والكبيرة.

كما تم حساب معاملات ارتباط بيرسون بين الدرجة الكلية لكل بعد والدرجة الكلية للمقياس؛ حيث بلغ معامل الارتباط للأبعاد الأربعة وهي (القدرة على استخدام التكنولوجيا بشكل فعال، التفكير النقدي الرقمي، الهوية والثقافة الرقمية) على الترتيب (٠,٩٦٥؛ ٠,٩٦٣؛ ٠,٩٧٦؛ ٠,٩٧٠) وهي معاملات ارتباط شبه تامة، وبذلك أصبح المقياس يتمتع بدرجة عالية من الاتساق الداخلي.

- **حساب ثبات درجات مقياس الطلاقة الرقمية:** تم حساب ثبات درجات مقياس الطلاقة الرقمية من خلال استخدام معامل ألفا لكرونباخ (Cronbach's alpha) للمقياس ككل، وللأبعاد الأربعة؛ حيث بلغ معامل الثبات للمقياس ككل بلغ (٠,٩٧١)، بينما بلغ معامل الثبات للأبعاد الأربعة للمقياس على الترتيب (٠,٨٧٣، ٠,٨٤١ ٠,٩٤٥؛ ٠,٩٤٠)، وهي معاملات ثبات مرتفعة، وبذلك أصبح المقياس يتمتع بدرجة عالية من الثبات، وجاهزًا للتطبيق في صورته النهائية على عينة البحث الأساسية متكوناً من (٢٠) موقفاً في الأبعاد الأربعة المذكورة.

٤. إعداد مقياس المرونة المعرفية

تم إعداد مقياس المرونة المعرفية لتلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري وفقًا للخطوات التالية:

أ. **تحديد الهدف من المقياس:** صُمم المقياس بهدف تعرف درجة المرونة المعرفية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الزهري أثناء دراسة وحدة (التفاعلات الكيميائية) بكتاب العلوم للعام الدراسي ٢٠٢٤/ ٢٠٢٥م، بالإضافة إلى استخدام نتائج تطبيق المقياس في اختبار فروض البحث والإجابة على أسئلته.

ب. **تحديد أبعاد المقياس:** في ضوء الاطلاع على بعض الأدبيات مثل (Canas et al., 2003; Laureiro-Martínez et al., 2009; Braem & Egner, 2018) تم تبني خمسة أبعاد للمرونة المعرفية وهي (القدرة على التكيف مع المواقف المتغيرة، إدراك تفسيرات بديلة، التنوع في استراتيجيات التكيف، التفكير التأملي والتقييم الاستراتيجي، الميل إلى التكيف مع المواقف الصعبة).

ج. **صياغة عبارات المقياس:** بعد تحديد أبعاد المقياس، تم صياغة مجموعة من العبارة في صورة عبارات سلوكية تصف سلوكًا واحدًا يمكن أن يعبر عن تصرف التلميذ، كما تم وضع ثلاثة استجابات متدرجة أمام كل عبارة، بحيث يمكن أن يختار من بينها ما يناسب تصرفه أو ما يرى أنه قد يعبر عن سلوكه إذا وضع في الموقف، وقد روعي عند صياغة العبارات أن تتفق مع أهداف المقياس وطبيعته من ناحية، وأبعاد المرونة المراد قياسها من ناحية أخرى، وتكون المقياس في صورته الأولية من (٢٠) عبارة اندرجت تحت خمسة أبعاد رئيسة بحيث شمل كل بعد (٤) عبارات.

د. **صياغة تعليمات المقياس:** روعي عند صياغتها أن تكون واضحة؛ بحيث توضح لتلاميذ الصف الثالث الإعدادي طريقة اختيار مستوى الاستجابة على كل عبارة المناسب، حيث وضعت تلك التعليمات في صفحة مستقلة في بداية المقياس، وقد تضمنت التعليمات: توضيح الهدف العام من المقياس، وتوضيح عدد العبارات بالمقياس، وزمن الإجابة على المقياس، ومثالاً يوضح طريقة الإجابة.

هـ. **أسلوب تقدير الدرجات:** تم وضع أسلوب تقدير الدرجات في ضوء ثلاثة مستويات متدرجة وهي: مستوى مرتفع، ويأخذ الدرجة (٣)؛ ومستوى متوسط ويأخذ الدرجة (٢)؛ ومستوى منخفض ويأخذ الدرجة (١).

و. **الصدق الظاهري للمقياس:** بعد إعداد المقياس في صورته الأولية تم عرضه على مجموعة من السادة المحكمين المتخصصين في مجال المناهج وطرق التدريس وتكنولوجيا التعليم وعددهم (٤)؛ حيث تم التعرف على آرائهم فيما يخص الشكل العام للمقياس، وتعليماته العامة، ومدى مناسبة العبارات للأبعاد الخمسة المتضمنة بالمقياس، ومدى مناسبة صياغة العبارات لتلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري، وكذلك سلامة العبارات من الناحية العلمية، وطلب حذف أو إضافة أو تعديل في بعض المواقف أو البدائل، ووفقًا لآراء وملاحظات السادة المحكمين تم إجراء بعض التعديلات على المواقف والبدائل دون حذف أو إضافة أي عبارة للمقياس، وبالتالي أصبح المقياس صالحاً للتطبيق على العينة الاستطلاعية.

ز. **التجربة الاستطلاعية للمقياس:** تم تطبيق المقياس على عينة استطلاعية بلغت (٣٦) من تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري من معهدي (القلج الإعدادي الثانوي بنين)، و (القلج الإعدادي الثانوي فتيات) من مجتمع البحث نفسه ومن غير عينة البحث الأساسية وذلك لحساب زمن المقياس، والاتساق الداخلي لعبارته وأبعاده، وثبات درجاته، وفيما يلي بيان ذلك:

- **حساب زمن المقياس:** تم حساب المتوسط الزمني الذي استغرقه جميع تلاميذ العينة الاستطلاعية في الإجابة عن المقياس ككل؛ حيث تم قسمة الزمن الذي استغرقه جميع تلاميذ العينة الاستطلاعية (٣٦٠ دقيقة) على عدد التلاميذ (٣٦)، وقد وجد أن الزمن المناسب لانتهاء جميع التلاميذ من الإجابة على جميع مواقف المقياس (١٠) دقائق، بما فيها زمن التعليمات.

- **حساب الاتساق الداخلي للمقياس:** لتحديد الاتساق الداخلي تم حساب معاملات ارتباط بيرسون (Pearson correlation coefficient) بين درجة كل عبارة والدرجة الكلية للمقياس وبين الدرجة الكلية للبعد والدرجة الكلية للمقياس؛ حيث تراوحت معاملات الارتباط بين درجة كل عبارة وبين الدرجة الكلية للمقياس بين (٠,٥٧٧ -٠,٩٠٤)، وجميعها معاملات ارتباط تتراوح بين المتوسطة والكبيرة، كما بلغ معامل الارتباط للأبعاد الخمسة بالدرجة الكلية للمقياس وهي (القدرة على التكيف مع المواقف المتغيرة، إدراك تفسيرات بديلة، التنوع في استراتيجيات التكيف، التفكير التأملي والتقييم الاستراتيجي، الميل إلى التكيف مع المواقف الصعبة) على الترتيب (٠,٩٣١؛ ٠,٨٦٦؛ ٠,٩٢١؛ ٠,٩٥٣؛ ٩٤٩) وهي معاملات ارتباط شبه تامة، وبذلك أصبح المقياس يتمتع بدرجة عالية من الاتساق الداخلي.

- **حساب ثبات درجات مقياس الطلاقة الرقمية:** تم حساب ثبات درجات مقياس المرونة المعرفية من خلال استخدام معامل ألفا لكرونباخ (Cronbach's alpha) للمقياس ككل، وللأبعاد الخمية؛ حيث بلغ معامل الثبات للمقياس ككل بلغ (٠,٩٦٥)، بينما بلغ معامل الثبات للأبعاد الخمسة للمقياس على الترتيب (٠,٨٥٢، ٠,٧٥٢ ٠,٨٦١؛ ٠,٨٩٧؛ ٠,٩٣١)، وهي معاملات ثبات مرتفعة، وبذلك أصبح المقياس يتمتع بدرجة عالية من الثبات، وجاهزًا للتطبيق في صورته النهائية على عينة البحث الأساسية.

ح. **الصورة النهائية لمقياس المرونة المعرفية واستخدامه في تصنيف التلاميذ:** تكون مقياس المرونة في صورته النهائية من (٢٠) عبارة في الأبعاد الخمسة المذكورة، ولتحديد ما إذا كان الطالب مرتفعًا أو منخفضًا في المرونة المعرفية بناءً على الدرجة الكلية التي حصل عليها في المقياس (والتي تتراوح بين ٢٠ إلى ٦٠ درجة)، يمكن استخدام الطريقة الإحصائية المعروفة بالتقسيم النظري للنطاق، حيث يُحسب مدى الدرجات (٦٠ - ٢٠ = ٤٠ درجة) ثم يُقسَّم إلى ثلاث فئات متساوية تمثل مستويات المرونة المعرفية، فتكون الدرجة من ٢٠ إلى أقل من ٣٣,٣ دالة على مرونة معرفية منخفضة، ومن ٣٣,٣ إلى أقل من ٤٦,٦ تمثل مرونة متوسطة، ومن ٤٦,٦ إلى ٦٠ تشير إلى مرونة معرفية مرتفعة؛ فعلى سبيل المثال، إذا حصل الطالب على درجة ٤٨، فإنه يقع ضمن الفئة الثالثة، مما يدل على أنه يتمتع بمرونة معرفية مرتفعة.

خامساً: الإجراءات التنفيذية للتجربة الميدانية للبحث

سارت تلك الإجراءات وفق المراحل التالية:

١. التطبيق القبلي لأدوات البحث

بدأت تلك المرحلة بتطبيق أدوات البحث قبليًا للتأكد من تكافؤ المجموعتين، حيث تم رصد وتصحيح درجات أدوات البحث (اختبار الممارسات العلمية والهندسية، وبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية، ومقياس الطلاقة الرقمية) بغرض التأكد من تكافؤ مجموعتي

البحث؛ وذلك بالاتفاق مع معلمي العلوم بالمدارس المحددة، وقد تم التطبيق القبلي لأدوات البحث بالفصل الدراسي الثاني لعام ٢٠٢٤/ ٢٠٢٥ يومي الإثنين والثلاثاء ١٠-١١ / ٢ / ٢٠٢٥م بمعهد الخصوص الإعدادي الثانوي فتيات، ومعهد الخصوص الإعدادي الثانوي بنين كما تم تصحيح الاختبارين، ومعالجة نتائجهما إحصائيًا باستخدام المتوسطات، والانحرافات المعيارية، واختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد One-way Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) نظرًا لتعدد المتغيرات التابعة وتعدد الممارسات العلمية والهندسية في كل من الاختبار والبطاقة، وتعدد أبعاد الطلاقة الرقمية، ومن ثم فهو يسهم في التغلب على خطأ النوع الأول (تضخم مستوى الدلالة الإحصائية ورفض الفرض الصفري وهو صحيح)، وبعد التأكد من توافر شروط استخدامه وهي:

- **العشوائية**: حيث تم اختيار عينة البحث من مجتمع تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري بطريقة عشوائية عنقودية.
- **الاستقلالية**: تم تقسيم عينة البحث إلى مجموعتين مستقلتين عن بعضها ومن معهدين مختلفتين، حتى لا تتأثر إحداها بالأخرى.
- **البيانات الكمية**: البيانات المتحصل عليها من تطبيق أداتي البحث عبارة عن بيانات كمية متصلة.
- **الاعتدالية**: حيث تتبع درجات التلاميذ في مجموعتي البحث التوزيع الاعتدالي في القياس القبلي لأدوات البحث، وهذا ما أكدته قيم اختبار كولموجروف – سيمرنوف (Kolmogorov-Smirnov)، ودلالاتها الإحصائية؛ حيث بلغت قيمة اختبار كولموجرف-سيمنروف لدرجات تلاميذ للمجموعتين الضابطة والتجريبية لاختبار الممارسات العلمية والهندسية على الترتيب (٠,١٤٠؛ ٠,١٣٧) وبدلالة إحصائية بلغت على الترتيب (٠,٠٧٤؛ ٠,٠٨٧)، وهي أعلى من مستوى الدلالة (٠,٠٥)، بينما بلغت قيمة اختبار كولموجرف-سيمرنوف لدرجات التلاميذ في للمجموعتين لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية على الترتيب (٠,٠٩٩؛ ٠,٠٩٣) وبدلالة إحصائية بلغت (٠,٢) للمجموعتين، وهي أعلى من مستوى الدلالة (٠,٠٥)،)، بينما بلغت قيمة اختبار كولموجرف-سيمرنوف لدرجات التلاميذ في للمجموعتين لمقياس مواقف الطلاقة الرقمية على الترتيب (٠,١٤٣؛ ٠,١٤٤) وبدلالة إحصائية بلغت (٠,٠٦١؛ ٠,٠٥٦) للمجموعتين، وهي أعلى من مستوى الدلالة (٠,٠٥).

ومن ثم أصبح من المناسب استخدام اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد لدلالة الفروق بين متوسطي درجات تلاميذ مجموعتي البحث؛ والجداول التالية توضح النتائج التي تم التوصل إليها:

جدول (٥)

المتوسطات الحسابية وانحرافاتها المعيارية، وقيم (ف) الناتجة عن اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد لدرجات تلاميذ المجموعتين الضابطة والتجريبية في القياس القبلي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية (ن=٧٢)

المتغيرات	المجموعة	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	مجموع المربعات	اختبار ليفين لتجانس التباين		درجة الحرية (df)	قيمة ف (F)	الدلالة المحسوبة p
						قيمة ف	الدلالة			
طرح الأسئلة	الضابطة	٣٦	٢,٣٣	١,٥٤٩	١,٦٨١	٢,٤٣	٠,١٢٤	١	٠,٨٤٦	٠,٣٦١ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٢,٠٢	١,٢٥٣						
تحليل وتفسير البيانات	الضابطة	٣٦	٢,٥	١,٦٤٧	٠,١٢٥	٠,٠٣٠	٠,٨٦٣	١	٠,٠٤٨	٠,٨٣٧ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٢,٤١	١,٥٧٤						
استخدام الرياضيات	الضابطة	٣٦	٢,٧٧	١,٥١٣	٢	٠,١٧٩	٠,٦٧٤	١	٠,٨٨٠	٠,٣٥١ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٢,٤٤	١,٥٠١						
بناء التفسيرات	الضابطة	٣٦	٢,٧٧	١,٦٤٠	٠,٢٢٢	٠,٢٨٠	٠,٥٩٩	١	٠,٠٧٧	٠,٧٨٢ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٢,٦٦	١,٧٥٦						
الاختبار ككل	الضابطة	٣٦	١٠,٣٨	٤,٣٢٤	١٢,٥	٠,١٢٧	٠,٧٢٢	١	٠,٧١١	٠,٤٠٢ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٩,٥٥	٤,٠٥٩						

باستقراء النتائج الواردة بالجدول (٥) اتضح عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (α=٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية في القياس القبلي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل، وللممارسات الأربع؛ حيث بلغت قيمة (ف) للاختبار ككل (٠,٧١١)، بينما بلغت للمهارات الأربع (طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، تحليل وتفسير البيانات، استخدام الرياضيات والتفكير الحوسبي، بناء التفسيرات وتصميم الحلول) على الترتيب (٠,٨٤٦؛ ٠,٠٤٨؛ ٠,٨٨٠؛ ٠,٠٧٧) بدلالة إحصائية محسوبة (p) للاختبار ككل (٠,٤٠٢)، بينما بلغت للممارسات الأربع على الترتيب (٠,٣٦١؛ ٠,٨٢٧؛ ٠,٣٥١؛ ٠,٧٨٢) وجميعها أكبر من مستوى الدلالة المفروضة (α=٠,٠٥)، ويؤكد تلك النتيجة قيم اختبار ليفين لتجانس التباين؛ حيث بلغت قيمة (ف) للاختبار ككل (٠,١٢٧)، وللممارسات الأربع على الترتيب (٢,٤٣٠؛ ٠,٠٣٠؛ ٠,١٧٩؛ ٠,٢٨٠) بدلالة إحصائية محسوبة بلغت للاختبار ككل (٠,٧٢٢)، وللممارسات الأربع على الترتيب (٠,١٢٤؛ ٠,٨٦٣؛ ٠,٦٧٤؛ ٠,٥٩٩) وهي أكبر من مستوى الدلالة (٠,٠٥)، مما يؤكد تجانس التباين بين درجات تلاميذ مجموعتي البحث وتقاربها في القياس القبلي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية، وهو ما يؤكد تكافؤ تلاميذ مجموعتي البحث في اختبار الممارسات العلمية والهندسية قبل بدء التجربة الميدانية للبحث.

جدول (٦)

المتوسطات الحسابية وانحرافاتها المعيارية، وقيم (ف) الناتجة عن اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد لدرجات تلاميذ المجموعتين الضابطة والتجريبية في القياس القبلي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية (ن=٧٢)

المتغيرات	المجموعة	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	مجموع المربعات	اختبار ليفين لتجانس التباين		درجة الحرية (df)	قيمة (F) ف	الدلالة المحسوبة p
						قيمة ف	الدلالة			
تصميم واستخدام النماذج	الضابطة	٣٦	٤,١٩	١,٨٤٨	٤,٠١٤	٠,٤٩٩	٠,٤٨٢	١	١,٠٦٩	٠,٣٠٥ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٣,٧٢	٢,٠٢٢						
إجراء الاستقصاءات	الضابطة	٣٦	٣,٨٨	١,٧٦٩	٤,٠١٤	١,٢١٦	٠,٢٧٤	١	١,١٧٩	٠,٢٨١ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٣,٤١	١,٩٣٩						
الانخراط في الجدل	الضابطة	٣٦	٣,٨	١,٩٣	٦,١٢٥	٠,٢٧٣	٠,٦٠٣	١	١,٥٦٦	٠,٢١٥ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٣,٢٢	٢,٠١٥						
الحصول على المعلومات	الضابطة	٣٦	٣,٨	١,٩٠٩	٣,٥٥٦	٠,٠٨٥	٠,٧٧١	١	٠,٩٠٩	٠,٣٤٤ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٣,٥٨	٢,٠٤٤						
البطاقة ككل	الضابطة	٣٦	١٥,٦٩	٦,٨٨٦	٧٠,٠١٤	٠,٠٠٢	٠,٩٦٢	١	١,٤٧٣	٠,٢٢٩ غير دالة
	التجريبية	٣٦	١٣,٧٢	٦,٩٠١						

باستقراء النتائج الواردة بالجدول (٦) اتضح عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (α=٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية في القياس القبلي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل، وللممارسات الأربع كل على حدة؛ حيث بلغت قيمة (ف) للبطاقة ككل (١,٤٧٣)، بينما بلغت للممارسات الأربع (تصميم واستخدام النماذج، تخطيط وإجراء الاستقصاءات، الانخراط في الجدل المستند للأدلة، الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها) على الترتيب (١,٠٦٩؛ ١,١٧٩؛ ١,٥٦٦؛ ٠,٩٠٩) بدلالة إحصائية محسوبة (p) للبطاقة ككل بلغت (٠,٢٢٩)، بينما بلغت للممارسات الأربع على الترتيب (٠,٣٠٥؛ ٠,٢٨١؛ ٠,٢١٥؛ ٠,٣٤٤)، وجميعها أكبر من مستوى الدلالة المفروضة (α=٠,٠٥)، ويؤكد تلك النتيجة قيم اختبار ليفين لتجانس التباين؛ حيث بلغت قيمة (ف) للبطاقة ككل (٠,٠٠٢)، وللممارسات الأربع على الترتيب (٠,٤٩٩؛ ١,٢١٦؛ ٠,٢٧٣؛ ٠,٠٨٥) بدلالة إحصائية محسوبة بلغت للبطاقة ككل (٠,٩٦٢)، وللممارسات الأربع على الترتيب (٠,٤٨٢؛ ٠,٢٧٤؛ ٠,٦٠٣؛ ٠,٧٧١) وهي أكبر من مستوى الدلالة (٠,٠٥)، مما يؤكد تجانس التباين بين درجات تلاميذ مجموعتي البحث وتقاربها في القياس القبلي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية، وهو ما يؤكد تكافؤ تلاميذ مجموعتي البحث في بطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية قبل بدء التجربة الميدانية للبحث.

جدول (٧)

المتوسطات الحسابية وانحرافاتها المعيارية، وقيم (ف) الناتجة عن اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد لدرجات تلاميذ المجموعتين الضابطة والتجريبية في القياس القبلي لمقياس الطلاقة الرقمية (ن=٧٢)

المتغيرات	المجموعة	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	مجموع المربعات	اختبار ليفين لتجانس التباين		درجة الحرية (df)	قيمة ف (F)	الدلالة المحسوبة p
						قيمة ف	الدلالة			
استخدام التكنولوجيا	الضابطة	٣٦	٨,٨٣	٢,١٧١	١,٦٨١	٠,٠٥٩	٠,٨٠٨	١	٠,٣٥٢	٠,٥٥٥ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٨,٥٢	٢,١٩٧						
التفكير النقدي	الضابطة	٣٦	٨,٧٢	٢,٢٧٥	٠,٨٨٩	٠,٠٠٦	٠,٩٣٩	١	٠,١٧٢	٠,٦٨٠ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٨,٥	٢,٢٧٤						
الهوية الرقمية	الضابطة	٣٦	٨,٦٣	٢,٢١٨	٠,٦٨١	٠,٠٠٥	٠,٩٤٣	١	٠,١٤١	٠,٧٠٨ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٨,٤٤	٢,١٧٠						
التواصل الرقمي	الضابطة	٣٦	٨,٨٣	٢,٢٤٨	١,١٢٥	٠,١١١	٠,٧٤٠	١	٠,٢٣٧	٠,٦٢٨ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٨,٥٨	٢,١٠٢						
المقياس ككل	الضابطة	٣٦	٣٥,٠٢	٨,١٢٥	١٧,٠١٤	٠,٠٠٨	٠,٩٣٠	١	٠,٢٦٣	٠,٦١٠ غير دالة
	التجريبية	٣٦	٣٤,٠٥	٧,٩٦٠						

باستقراء النتائج الواردة بالجدول (٧) اتضح عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (α=٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية في القياس القبلي لمقياس الطلاقة الرقمية ككل، وللأبعاد الأربعة كل على حدة؛ حيث بلغت قيمة (ف) للمقياس ككل (٠,٢٦٣)، بينما بلغت للأبعاد الأربعة (القدرة على استخدام التكنولوجيا بشكل فعال، التفكير النقدي الرقمي، الهوية والثقافة الرقمية) على الترتيب (٠,٣٥٢؛ ٠,١٧٢؛ ٠,١٤١؛ ٠,٢٣٧) بدلالة إحصائية محسوبة (p) للمقياس ككل (٠,٦١٠)، بينما بلغت للأبعاد الأربعة على الترتيب (٠,٥٥٥؛ ٠,٦٨٠؛ ٠,٧٠٨؛ ٠,٦٢٨)، وجميعها أكبر من مستوى الدلالة المفروضة (α=٠,٠٥)، ويؤكد تلك النتيجة قيم اختبار ليفين لتجانس التباين؛ حيث بلغت قيمة (ف) للبطاقة ككل (٠,٠٠٨)، وللأبعاد الأربعة على الترتيب (٠,٠٥٩؛ ٠,٠٠٦؛ ٠,٠٠٥؛ ٠,١١١) بدلالة إحصائية محسوبة بلغت للمقياس ككل (٠,٩٣٠)، وللأبعاد الأربعة على الترتيب (٠,٨٠٨؛ ٠,٩٣٩؛ ٠,٩٤٣؛ ٠,٧٤٠) وهي أكبر من مستوى الدلالة (٠,٠٥)، مما يؤكد تجانس التباين بين درجات تلاميذ مجموعتي البحث وتقاربها في القياس القبلي لمقياس الطلاقة الرقمية، وهو ما يؤكد تكافؤ تلاميذ مجموعتي البحث في مقياس الطلاقة الرقمية قبل بدء التجربة الميدانية للبحث.

٢. ضبط مستوى التكافؤ بين معلمي المجموعتين الضابطة والتجريبية

تم ضبط مستوى التكافؤ بين معلمي المجموعتين من خلال اختيار معلمين متقاربين في المؤهلات الأكاديمية والخبرة التربوية، حيث اشترط أن يكون جميعهم حاصلون على مؤهل جامعي تربوي في التخصص ذاته، ويتمتعون بخبرة تدريسية لا تقل عن خمس سنوات في التدريس. كما تم إخضاعهم لنفس برنامج التهيئة والتدريب على آليات تنفيذ الحصص وفقًا للخطة المعدة في كل مجموعة. وتم التأكد من عدم وجود فروق جوهرية بينهم في الأداء التدريسي بناءً على تقييم

موجهي المادة، بما يضمن أن الفروق في النتائج تُعزى إلى أثر المتغير التجريبي وليس إلى اختلاف قدرات المعلمين.

٣. استبعاد أثر نوع التلاميذ (بنين وبنات) في التجربة

تم استبعاد أثر النوع (الجنس) في هذا البحث من خلال القياس القبلي لأدوات البحث (اختبار الممارسات العلمية والهندسية، بطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية، مقياس الطلاقة الرقمية)؛ حيث تم إجراء تحليل إحصائي لدرجات البنين والبنات في القياس القبلي، وأظهرت النتائج عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية تُعزى إلى متغير النوع بين مجموعتي البنين والبنات في كل من المجموعتين التجريبية والضابطة، مما يشير إلى تكافؤ الجنسين قبليًا في متغيرات البحث، وبذلك تم ضبط هذا المتغير واستبعاده كعامل مؤثر في نتائج القياس البعدي، لضمان أن الفروق المحتملة تعود إلى استخدام البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد.

٤. تنفيذ التجربة الميدانية للبحث (تطبيق مادة المعالجة التجريبية)

قبل البدء في تنفيذ التجربة الأساسية للبحث، عقد أحد الباحثان جلستين تدريبيتين مع معلمة مادة العلوم بمعهد الخصوص الإعدادي الثانوي الأزهري فتيات؛ حيث استغرقت كل جلسة ساعتين، تم خلالهما شرح طريقة استخدام البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد القائمة على بعض أدوات الذكاء الاصطناعي، وآلية الدخول إليها، وكيفية توظيفها داخل موضوعات الوحدة الدراسية، كما أُتيحت الفرصة للمعلمة لتجريب شرح إحدى الحصص باستخدام هذه البيئة التعليمية، ورافق أحد الباحثين المعلمة داخل الفصل أثناء تنفيذ بعض الحصص دعماً ومتابعة.

وقد بدأ تطبيق التجربة الأساسية من البحث، حيث تم تدريس محتوى فصل "الطاقة المتجددة وغير المتجددة" للمجموعة الضابطة بالطريقة المعتادة، في حين دُرِّست نفس الوحدة للمجموعة التجريبية باستخدام البيئة التعليمية المصممة وفق أدوات الذكاء الاصطناعي؛ حيث قام بالتدريس في كلا المجموعتين معلمو العلوم بالمعهدين المذكورين، مع التأكيد على أن البيئة المستخدمة لم تكن مجرد استراتيجية تدريس، بل بيئة تعليمية رقمية ثلاثية الأبعاد تعتمد على أدوات الذكاء الاصطناعي، وقد بدأ تطبيق التجربة للمجموعتين بتاريخ ١/ ٣/ ٢٠٢٥م، واستمرت فترة التطبيق (٣) أسابيع، وقد انتهى التطبيق للمجموعتين بتاريخ الخميس ٢٠/ ٣/ ٢٠٢٥م.

٥. التطبيق البعدي لأداتي البحث

تم تطبيق أداتي البحث بعديًا بهدف التعرف على فاعلية البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري عينة البحث مقارنة بالطريقة المعتادة، وقد كان ذلك يوم الإثنين ١٠/ ٣/ ٢٠٢٥م بمعهد الخصوص الإعدادي الثانوي الأزهري فتيات، والثلاثاء ١١/ ٣/ ٢٠٢٥م بمعهد الخصوص الإعدادي الثانوي الأزهري بنين.

نتائج البحث: عرضها وتفسيرها ومناقشتها

أولًا: عرض وتفسير ومناقشة النتائج المرتبطة بالسؤال الأول للبحث، ونصه: ما فاعلية تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على بعض أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي بغض النظر عن اختلاف درجة المرونة المعرفية؟ وارتبطت هذه النتائج بالفرضين الصفري الأول والثاني للبحث وفيما يلي توضيح ذلك:

أ) عرض نتائج اختبار الممارسات العلمية والهندسية

ارتبطت النتائج المعروضة بالفرض الصفري الأول للبحث ونصه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية (تدرس ببيئة التعلم ثلاثية الأبعاد) والمجموعة الضابطة (تدرس بالطريقة المعتادة) في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة.

ولاختبار صحة الفرض الصفري الأول، تم استخدام اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد One-way Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) نظرًا لتعدد المتغيرات التابعة وتعدد الممارسات العلمية والهندسية التي يعد كلٌّ منها متغيرًا تابعًا، فهو يُسهم في التغلب على خطأ النوع الأول (تضخم مستوى الدلالة الإحصائية ورفض الفرض الصفري وهو صحيح)، وبعد التأكد من توافر شروط استخدامه (عشوائية اختيار وتوزيع العينة على المعالجات، البيانات الكمية، الاستقلالية، تجانس التباين)؛ كما تبعت درجات المجموعتين الضابطة والتجريبية في القياس البعدي للاختبار التوزيع الاعتدالي؛ حيث بلغت قيم اختبار كولموجروف-سيمرنوف للمجموعتين على الترتيب (٠,١٤٣؛ ٠,١٣٤) وبدلالة محسوبة بلغت (٠,٠٦٢؛ ٠,٠٩٩) للمجموعتين، كما تم حساب حجم التأثير للبيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد في تنمية الممارسات العلمية والهندسية (المتضمنة بالاختبار) ككل، ولكل ممارسة على حدة من خلال استخدام مؤشر قوة العلاقة بين المتغيرات (r) ومنه مربع ايتا (η^2) في حالة استخدام اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد والتي أشار الشريفين (٢٠١٧، ص.١٤١) إلى أنها تعطى من المعادلة $\eta^2 = \frac{SS_{Treatment}}{SS_{Traetment} + SS_{Error}}$؛ حيث $SS_{Treatment}$ تشير إلى مجموع المربعات للمعالجة، SS_{Error} مجموع المربعات للخطأ، كما تم تحويل حجم التأثير (r) إلى مؤشر الفرق المعياري للمتوسطات (d) لسهولة تحويله إلى نسبة مئوية وذلك باستخدام المعادلة المشار إليها في (عبد الرحيم، ٢٠١٩، ص.٦٣) وصيغتها: $d = \frac{2r}{\sqrt{1-r^2}}$، حيث $r=\sqrt{\eta^2}$ ، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (٨)

المتوسطات الحسابية وانحرافاتها المعيارية، وقيم (ف) الناتجة عن اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد لدرجات تلاميذ المجموعتين الضابطة والتجريبية في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية (ن=٧٢)

المتغيرات	المجموعة	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	مجموع المربعات	درجة الحرية (df)	قيمة ف (F)	الدلالة المحسوبة p	حجم التأثير ومستواه (η^2)		
									(η^2)		d
طرح الأسئلة	الضابطة	٣٦	٣,٠٢	١,٥٧٦	٣٩,٠١	١	١٦,٦٥٥	٠,٠٠١	٠,١٩		٠,٩٦
	التجريبية	٣٦	٤,٥	١,٤٨٣				دالة	كبير		كبير
تحليل وتفسير البيانات	الضابطة	٣٦	٣,٢٢	١,٧٥٨	٢٩,٣٨	١	١٠,٦٤٧	٠,٠٠١	٠,١٣		٠,٧٧
	التجريبية	٣٦	٤,٥	١,٥٥٨				دالة	متوسط		متوسط
استخدام الرياضيات	الضابطة	٣٦	٣,٥٢	١,٤٢٤	٤٠,٥	١	٢٢,٨٧٣	٠,٠٠١	٠,٢٥		١,١٥
	التجريبية	٣٦	٥,٠٢	١,٢٣٠				دالة	كبير		كبير
بناء	الضابطة	٣٦	٣,٥٨	١,٨٤١	٣٧,٥٥	١	١٤,٣٠٩	٠,٠٠١	٠,١٧		٠,٩١

المتغيرات	المجموعة	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	مجموع المربعات	درجة الحرية (df)	قيمة ف (F)	الدلالة المحسوبة p	حجم التأثير ومستواه	
									(η^2)	d
التفسيرات	التجريبية	٣٦	٥,٠٢	١,٣٦٢				دالة	كبير	كبير
الاختبار ككل	الضابطة	٣٦	١٣,٣٦	٤,٢٨٣	٥٨٣,٦٨١	١	٣٨,١٧٨	٠,٠٠١	٠,٣٥	١,٤٦
	التجريبية	٣٦	١٩,٠٥	٣,٤٩٦				دالة	كبير	كبير

باستقراء النتائج الواردة بالجدول (٨) اتضح وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (α=٠,٠٥) بين متوسطي درجات المجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل، وللممارسات العلمية والهندسية الأربع المتضمنة بالاختبار؛ حيث بلغت قيمة (ف) للاختبار ككل (٣٨,١٧٨)، بينما بلغت للممارسات العلمية والهندسية (طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، تحليل وتفسير البيانات، استخدام الرياضيات والتفكير الحوسبي، بناء التفسيرات وتصميم الحلول) على الترتيب (١٦,٦٥٥؛ ١٠,٦٤٧؛ ٢٢,٨٧٣؛ ١٤,٣٠٩)، بدلالة إحصائية محسوبة (p) للاختبار ككل، وللممارسات العلمية والهندسية (٠,٠٠١)، وهي أقل من مستوى الدلالة المفروضة (α=٠,٠٥)، وهذه الفروق جاءت لصالح المجموعة الأعلى في المتوسط الحسابي وهي المجموعة التجريبية التي بلغ متوسطها الحسابي في الاختبار ككل (١٩,٠٥)، وللممارسات العلمية والهندسية الأربع المتضمنة في الاختبار على الترتيب (٤,٥؛ ٤,٥؛ ٥,٠٢؛ ٥,٠٢) وهي متوسطات حسابية أعلى من المتوسطات الحسابية للمجموعة الضابطة التي بلغ المتوسط الحسابي لها للاختبار ككل (١٣,٣٦)، بينما بلغت متوسطات الممارسات العلمية والهندسية الأربع المتضمنة بالاختبار على الترتيب (٣,٠٢؛ ٣,٢٢؛ ٣,٥٢؛ ٣,٥٨)، مما يعني أن استخدام البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد كان لها تأثير إيجابي في تنمية الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالاختبار ككل، ولكل ممارسة من الممارسات الأربعة على حدة.

كما يتضح من الجدول (٨) أن قيمة حجم التأثير باستخدام قوة العلاقة بين المتغيرات (η^2) بالنسبة للبيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد في تنمية الممارسات العلمية والهندسية ككل بلغت (٠,٣٥) بينما بلغ حجم التأثير في الممارسات الأربع على الترتيب (٠,١٩؛ ٠,١٣؛ ٠,٢٥؛ ٠,١٧) وجميعها حجوم أثر كبيرة ومتوسطة طبقًا لمستويات حجم التأثير وفقًا لقوة العلاقة بين المتغيرات؛ حيث أشار كل من أبو حطب وصادق (٢٠١٠، ص.٤٤٤-٤٤٥) بأن قيم مربع ايتا ($\acute{\eta}^2$) تأخذ المستويات (٠,٠١: صغير؛ ٠,٠٦: كبير؛ ٠,١٤)، وهذا يعني أن نسبة التباين المفسر الحادثة في الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالاختبار ككل بلغت (٣٥٪) بينما بلغت للممارسات الأربع (١٩٪؛ ١٣٪؛ ٢٥٪؛ ١٧٪)، ويؤكد ذلك قيم حجم التأثير باستخدام مؤشر الفرق المعياري بين المتوسطات (d) الذي بلغ للاختبار ككل (١,٤٦)، وللممارسات الأربع على الترتيب (٠,٦٩؛ ٠,٧٧؛ ١,١٥؛ ٠,٩٢) وجميعها أعلى من الحد الأعلى لحجم التأثير (d) وهو (٠,٨).

وقد بلغ الحد الأدنى لفترة الثقة لحجم الأثر المحسوب (١,٤٦) وفقًا للفرق المعياري بين متوسطين(d) بالنسبة لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل (٠,٩٣٦)، بينما بلغ الحد الأعلى (١,٩٧٥)، وذلك عند مستوى ثقة ٩٥٪؛ وهذا يعنى أن متوسط الأداء في تنمية الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالاختبار ككل لدى تلاميذ المجموعة التجريبية الذين تعرضوا للمعالجة التجريبية (البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد) في القياس البعدي أفضل من متوسط أداء تلاميذ المجموعة الضابطة الذين تعرضوا للطريقة المعتادة بمقدار (١,٤٦) انحراف معياري.

ونظرًا لأن نتائج البحث توجه لصانعي القرار؛ فإنه من المفيد مخاطبتهم بلغة واضحة بدلًا من استخدام حجم التأثير الذي قد لا يكون مألوفاً لديهم؛ لذا يصبح ضروريًا تحويل حجم التأثير لنسبة مئوية لتحقيق هذا الغرض، وباستخدام جدول التحويلات الذي وضعه كوهين Cohen (1988, p.22) والمستخدم لتحويل قيمة حجم التأثير (U_3) المقابلة لقيمة (d) والتي تستخدم كمؤشر لتحويل حجم الأثر لنسبة مئوية تساوي (٩٣,٣٪)، وهذا يعني أيضًا أن متوسط أداء تلاميذ المجموعة التجريبية بالقياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل أفضل بنسبة قدرها (٤٣,٣٪) تقريباً من متوسط أداء تلاميذ المجموعة الضابطة في القياس ذاته، فإذا كان أداء تلاميذ المجموعة الضابطة بالقياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل على سبيل المثال (٥٠٪)، فإن تلاميذ المجموعة التجريبية سيحققون متوسط أداء نسبته (٩٣,٣٪)، وبفارق(٤٣,٣٪) عن متوسط أداء تلاميذ المجموعة الضابطة.

وفي ضوء ما تم عرضه من نتائج تم رفض الفرض الصفري الأول ونصُّه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية (تدرس ببيئة التعلم ثلاثية الأبعاد) والمجموعة الضابطة (تدرس بالطريقة المعتادة) في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة، وقبول الفرض البديل ونصه: يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية (تدرس ببيئة التعلم ثلاثية الأبعاد) والمجموعة الضابطة (تدرس بالطريقة المعتادة) في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة لصالح المجموعة التجريبية، وهذا يشير إلى فاعلية بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد في تنمية الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالاختبار ككل، وللممارسات الأربعة كل على حدة.

ب) عرض نتائج بطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية

ارتبطت النتائج المعروضة بالفرض الصفري الثاني للبحث ونصه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة.

ولاختبار صحة الفرض الصفري الثاني، تم استخدام اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد بعد التأكد من شروط استخدامه المذكورة سابقاً؛ حيث تبعت درجات المجموعتين الضابطة والتجريبية في القياس البعدي لبطاقة الملاحظة التوزيع الاعتدالي؛ حيث بلغت قيم اختبار كولموجروف-سيمرنوف للمجموعتين على الترتيب (٠,٠٩٩؛ ٠,١٠١) وبدلالة محسوبة بلغت (٠,٢) للمجموعتين، كما تم حساب حجم التأثير للبيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد في تنمية الممارسات العلمية والهندسية (المتضمنة بالبطاقة) ككل، ولكل ممارسة على حدة، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (٩)

المتوسطات الحسابية وانحرافاتها المعيارية، وقيم (ف) الناتجة عن اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد لدرجات تلاميذ المجموعتين الضابطة والتجريبية في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية (ن=٧٢)

المتغيرات	المجموعة	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	مجموع المربعات	درجة الحرية (df)	قيمة ف (F)	الدلالة المحسوبة p	حجم التأثير ومستواه	
									(η^2)	d
تصميم واستخدام النماذج	الضابطة	٣٦	٤,٨٨	٢,٠٣٩	١١٥,٠١	١	٢٠,٢١٣	٠,٠٠١	٠,٢٢	١,٠٧
	التجريبية	٣٦	٧,١٤	٢,٦٨٧				دالة	كبير	كبير
تنفيذ الاستقصاءات	الضابطة	٣٦	٤,٨٣	٢,٠٤٩	١١٧,٥٥	١	٢٠,٢٩	٠,٠٠١	٠,٢٢	١,٠٧
	التجريبية	٣٦	٧,٣٨	٢,٧١٧				دالة	كبير	كبير
الانخراط في الجدل	الضابطة	٣٦	٤,٥٥	٢,٢٦٠	١٢٢,٧٢	١	١٨,٢٠٥	٠,٠٠١	٠,٢١	١,٠٣
	التجريبية	٣٦	٧,١٦	٢,٨٩٣				دالة	كبير	كبير
الحصول على المعلومات	الضابطة	٣٦	٤,٤١	٢,٢٩٧	١٣٨,٨٨	١	١٨,١٢٥	٠,٠٠١	٠,٢١	١,٠٣
	التجريبية	٣٦	٧,١٩	٣,١٦٩				دالة	كبير	كبير
البطاقة ككل	الضابطة	٣٦	١٨,٦٩	٦,٣١٧	١٩٧٤,٠١	١	٤٥,٢٠٧	٠,٠٠١	٠,٣٩	١,٦
	التجريبية	٣٦	٢٩,١٦	٨,٤١٧				دالة	كبير	كبير

باستقراء النتائج الواردة بالجدول (٩) اتضح وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (α=٠,٠٥) بين متوسطي درجات المجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل، وللممارسات العلمية والهندسية كل على حد؛ حيث بلغت قيمة (ف) للبطاقة ككل (٤٥,٢٠٧)، بينما بلغت للممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالبطاقة (تصميم واستخدام النماذج، تخطيط وإجراء الاستقصاءات، الانخراط في الجدل المستند للأدلة، الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها) على الترتيب (٢٠,٢١؛ ٢٠,٢٩؛ ١٨,٢٠٥؛ ١٨,١٢)، بدلالة إحصائية محسوبة (p) بلغت للبطاقة ككل، وللممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بها (٠,٠٠١)، وهي أقل من مستوى الدلالة المفروضة (α=٠,٠٥)، وهذه الفروق جاءت لصالح المجموعة الأعلى في المتوسط الحسابي وهي المجموعة التجريبية التي بلغ متوسطها الحسابي في بطاقة الملاحظة ككل (٢٩,١٦)، وللممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالبطاقة على الترتيب (٧,٤١؛ ٧,٣٨؛ ٧,١٦؛ ٧,١٩) وهي متوسطات حسابية أعلى من المتوسطات الحسابية للمجموعة الضابطة الذي بلغ المتوسط الحسابي لها لبطاقة الملاحظة ككل (١٨,٦٩)، بينما بلغت متوسطات الممارسات الأربعة المتضمنة في البطاقة على الترتيب (٤,٨٨؛ ٤,٨٣؛ ٤,٥٥؛ ٤,٤١) مما يعني أن استخدام البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد كان لها تأثير إيجابي في تنمية الممارسات العلمية المتضمنة ببطاقة الملاحظة ككل، ولكل ممارسة من الممارسات الأربعة كل على حدة.

كما يتضح من الجدول (٩) أن قيمة حجم التأثير باستخدام قوة العلاقة بين المتغيرات (η^2) بالنسبة للبيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد في تنمية الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة ببطاقة الملاحظة ككل بلغت (٠,٣٩) بينما بلغ حجم التأثير في الممارسات الأربع على الترتيب (٠,٢٢؛

٠,٢٢؛ ٠,٢١؛ ٠,٢١) وجميعها حجوم أثر كبيرة، وهذا يعني أن نسبة التباين المفسر الحادثة في الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة ببطاقة الملاحظة ككل بلغت (٣٩٪) بينما بلغت للممارسات الأربع (٢٢٪؛ ٢٢٪؛ ٢١٪؛ ٢١٪)، ويؤكد ذلك قيم حجم التأثير باستخدام مؤشر الفرق المعياري بين المتوسطات (d) الذي بلغ للبطاقة ككل (١,٦)، وللممارسات الأربع على الترتيب (١,٠٧؛ ١,٠٧؛ ١,٠٣؛ ١,٠٣) وجميعها أعلى من الحد الأعلى لحجم التأثير (d) وهو (٠,٨).

وقد بلغ الحد الأدنى لفترة الثقة لحجم الأثر المحسوب (١,٦) وفقًا للفرق المعياري بين متوسطين(d) بالنسبة لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل (٠,٨٩١)، بينما بلغ الحد الأعلى (١,٩٢٣)، وذلك عند مستوى ثقة ٩٥٪؛ وهذا يعنى أن متوسط الأداء في تنمية الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة ببطاقة الملاحظة ككل لدى تلاميذ المجموعة التجريبية الذين تعرضوا للمعالجة التجريبية (البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد) في القياس البعدي أفضل من متوسط أداء تلاميذ المجموعة الضابطة الذين تعرضوا للطريقة المعتادة بمقدار (١,٦) انحراف معياري.

ونظرًا لأن نتائج البحث توجه لصانعي القرار؛ فإنه من المفيد مخاطبتهم بلغة واضحة بدلًا من استخدام حجم التأثير الذي قد لا يكون مألوفاً لديهم؛ لذا يصبح ضروريًا تحويل حجم التأثير لنسبة مئوية لتحقيق هذا الغرض، وباستخدام جدول التحويلات الذي وضعه كوهين Cohen (1988, p.22) والمستخدم لتحويل قيمة حجم التأثير (U_3) المقابلة لقيمة (d) والتي تستخدم كمؤشر لتحويل حجم الأثر لنسبة مئوية تساوي (٩٤,٥٪)، وهذا يعني أيضًا أن متوسط أداء تلاميذ المجموعة التجريبية بالقياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل أفضل بنسبة قدرها (٤٤,٥٪) تقريباً من متوسط أداء تلاميذ المجموعة الضابطة في القياس ذاته.

وفي ضوء ما تم عرضه من نتائج تم رفض الفرض الصفري الثاني ونصُّه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة، وقبول الفرض البديل ونصه: يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة لصالح المجموعة التجريبية، كما أمكن الإجابة عن السؤال الأول للبحث ونصه: ما فاعلية تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على بعض أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي بغض النظر عن اختلاف درجة المرونة المعرفية؟ بأنه توجد فاعلية كبيرة لبيئة التعلم ثلاثية الأبعاد المصممة وفقاً لبعض أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي متباينى المرونة المعرفية.

وقد تُعزى النتيجة السابقة للعديد من الأسباب أبرزها:

- **فاعلية أدوات الذكاء الاصطناعي في دعم التفاعلية الفردية والتعاون الجماعي**: لوحظ أثناء التطبيق أن التلاميذ بالمجموعة التجريبية أبدوا قدرًا أعلى من التفاعل والمبادرة الذاتية في تنفيذ الأنشطة، وهو ما يمكن تفسيره بأن الدمج بين أدوات الذكاء الاصطناعي مثل ChatGPT و UNREAL CHEMIST وموقع Monica وفّر بيئة تعلم مرنة تسمح بالتنقل بين مصادر متعددة والحصول على تغذية راجعة فورية، مما مكّن التلاميذ

من توظيف ممارسات مثل البحث، وتخطيط الاستقصاءات، وبناء التفسيرات. ويؤكد ذلك ما أشار إليه Devagiri et al. (2022, p.2-3) من أن الذكاء الاصطناعي يعزز بيئات التعلم التفاعلية والمرنة بما يتلاءم مع احتياجات المتعلمين.

- **ارتباط المحاكاة ثلاثية الأبعاد بالسياق الواقعي عزز ممارسة التفسير العلمي**: ساعد تجسيد المواقف داخل بيئة المحاكاة على تقريب المفاهيم العلمية للتلاميذ، حيث رُصد تمكنهم من تحليل البيانات وتفسيرها بصورة أدق عند مواجهة مواقف حياتية افتراضية مشابهة للواقع. يتفق هذا مع Dalgarno (2002, p.2-3) الذي أشار إلى أن البيئات الرقمية الغنية بالتفاعل تتيح بناء المعرفة من خلال التجريب الواقعي.
- **التعلم النشط ضمن بيئات آمنة شجع الممارسات المعملية والفكر الحوسبي**: أظهرت الملاحظات أن التلاميذ بالمجموعة التجريبية كانوا أكثر اندماجًا في أنشطة المحاكاة، خاصةً عند تنفيذ تجارب افتراضية يصعب تطبيقها داخل الفصل الواقعي، مما يعكس تحسنًا في قدرتهم على تحليل النتائج وتصميم الحلول. وهذا ما دعمه Prasolova-Førland (2008, p.186)من أن البيئات الافتراضية تتيح أنشطة يصعب ممارستها في الواقع مع مشاركة المحتوى في وقت واحد.
- الطابع التشاركي للبيئة التعليمية عزز الجدل العلمي الجماعي: ظهرت قدرة التلاميذ على التعاون العلمي وبناء التفسيرات المشتركة عند العمل الجماعي داخل البيئة التعليمية، مما يشير إلى أن التفاعلات التعاونية المدعومة رقميًا ساعدت على ممارسة مهارات مثل تقييم الحلول والانخراط في الجدل العلمي. ويرتبط ذلك بما ذكره Dalgarno (2002, p.2-3) عن أثر البيئات البنائية الاجتماعية في تعزيز التعلم الجماعي.
- **وجود آليات تغذية راجعة مباشرة شجع طرح الأسئلة والتفكير الاستقصائي**: أظهرت الملاحظات أن التلاميذ كانوا أكثر استعدادًا لطرح أسئلة علمية وتحديد مشكلات أثناء استخدامهم الأدوات الذكية، مما يشير إلى أن الطبيعة التفاعلية للبيئة خلقت مساحة آمنة للتجريب والتفكير المنطقي. ويعزز ذلك ما أشار إليه Nelson et al. (2005, p.24-25)من أن البيئات الرقمية ثلاثية الأبعاد تُنمّي مهارات الاستقصاء والتفكير العلمي.
- **الانغماس الحسي عبر الشخصيات الافتراضية حفز على خوض التجريب العلمي**: تبين أن استخدام الشخصيات الافتراضية (Avatars) زاد من اندماج التلاميذ في الأنشطة، حيث أبدوا رغبة عالية في المشاركة عند تمثيل أدوار علمية داخل البيئة، ما ساعدهم في تنفيذ استقصاءات واختبار فرضيات بشكل نشط. ويتفق ذلك مع Parong & Mayer (2021, p.1449)الذين أشاروا إلى أن الإحساس بالوجود داخل البيئات الرقمية يُعزز التفاعل والمشاركة.
- **قدرة البيئة على تغيير المتغيرات وتنويع السيناريوهات نمّت التفكير المنطقي والتحليل**: ساعدت إمكانية تعديل المتغيرات داخل التجارب على تعزيز ممارسات تحليل البيانات وتفسيرها، حيث لوحظ أن التلاميذ صاروا أكثر قدرة على ربط الأسباب بالنتائج واتخاذ قرارات علمية مدروسة، كما أكد Nelson et al. (2005, p.24-25) في سياق تنمية التفكير التحليلي عبر البيئات التفاعلية.

- **تنوع المصادر الرقمية عزز استقلالية التلاميذ في البحث والمقارنة:** أظهرت الملاحظات أن تلاميذ المجموعة التجريبية اعتمدوا على أدوات البحث الرقمي بشكل أكبر، مما يعكس نمو ممارسات الاستقصاء والتحليل المبني على الأدلة، وهو ما يتسق مع Ouyang & Jiao (2021, p.3-5)من أن أدوات الذكاء الاصطناعي تمكّن المتعلمين من تنظيم تعلمهم الذاتي ضمن نماذج قائمة على المشروعات.
- **الاستمرارية خارج الفصل ساهمت في تعميق الفهم وتعزيز الطلاقة الرقمية:** استفاد التلاميذ من إمكانية الوصول للبيئة التعليمية بعد الحصة، مما عزز مراجعة العمليات العلمية وربطها بسياقات الحياة، وهو ما انعكس على تحسن الطلاقة الرقمية، كما أشار Sun et al. (2021) إلى أن الذكاء الاصطناعي يوسّع فرص التعلم المستقل والممتد.
- **التقييمات الرقمية المستمرة ساعدت التلاميذ على تحسين الأداء الذاتي:** أوضحت الملاحظات أن وجود تقييمات رقمية داخل البيئة ساعد التلاميذ على تتبع تقدمهم وتعديل استراتيجياتهم العلمية، مما أدى إلى تحسن واضح في أدائهم، كما أكد إسماعيل (٢٠١٧، ص.١٧) أهمية الذكاء الاصطناعي في توفير تقييمات دقيقة وتخصيص التعلم.

وتشير النتيجة سالفة الذكر إلى فاعلية البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد القائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى التلاميذ، وهي نتيجة تتسق مع عديد من الدراسات التي أكدت جدوى استخدام البيئات ثلاثية الأبعاد والذكاء الاصطناعي في تعزيز جوانب متعددة من التعلم، فقد أظهرت دراسات مثل (الحنان وأحمد، ٢٠٢١؛ خليفة، ٢٠٢٣؛ السيد، ٢٠١٤؛ السيد وآخرون، ٢٠٢٣؛ عبد الحق، ٢٠١٩؛ المر، ٢٠٢٠؛ مصطفى وفرهود، ٢٠٢٣؛ والناقة وزقوت، ٢٠٢١؛ Al Amri et al., 2020; Tüzün & Özdinç, 2016; Xiao-Dong & Hong-Hui, 2020) التي وظفتها لتنمية مهارات التفكير البصري والتحصيل في مقررات العلوم، وتنمية المهارات العملية، وخفض التجول العقلي لدى التلاميذ المعاقين سمعيًا، وتنمية مهارات التفكير في موضوعات "العلوم والحياة"، وتنمية تحصيل التلاميذ في الفيزياء، إضافة إلى تنمية المعرفة المفاهيمية في الأحياء والكيمياء لدى تلاميذ التعليم الجامعي. كما أشارت إلى فاعليتها في تنمية مهارات أخرى متنوعة مثل البرمجة، والإنفوجرافيك، والرسومات ثلاثية الأبعاد، والانخراط في التعلم، وبعض أبعاد التنور التاريخي، والمثابرة الأكاديمية، ودافعية التعلم، لدى تلاميذ من مراحل وتخصصات مختلفة.

كذلك، فإن البيئة المستخدمة في البحث الحالي التي اعتمدت على أدوات الذكاء الاصطناعي مثل المعمل الافتراضي (UNREAL CHEMIST)، وتطبيق (ChatGPT)، وموقع (Monica) لرسم الخرائط الذهنية، تتوافق مع ما أشارت إليه دراسات (إسماعيل، ٢٠١٧؛ عبد الصمد وأحمد، ٢٠٢٠) التي أكدت أهمية توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي في تهيئة بيئات تعلم تفاعلية، تقدم محتوى علميًا محدثًا، وتتيح محاكاة للمواقف التعليمية، وتوفر تقييمات ذاتية وأخرى من قبل المعلمين والأقران، وكلها عوامل تسهم في تنمية الممارسات العلمية والهندسية.

كذلك اتفقت هذه النتيجة مع دراسات (الحسيني، ٢٠٢٤؛ عبد اللطيف وآخرون، ٢٠٢٠؛ عموش، ٢٠٢٤) التي بينت أثر الذكاء الاصطناعي في تعزيز التفكير الناقد، والفهم العميق، والتعلم الذاتي، وهي مكونات معرفية تمثل جوهر الممارسات العلمية والهندسية في ضوء الإطار المفاهيمي (NGSS)، الذي يركز على البحث، والتحليل، والتفسير، والتواصل العلمي، كما أن استخدام

بيئة سطح المكتب ثلاثية الأبعاد – رغم انخفاض درجة الانغماس – يظل فعالًا كما بينت دراسات (Pallavicini & Pepe, 2019; Zhao et al., 2020) التي أكدت أن هذا النمط من البيئات يحقق مخرجات تعلم متميزة دون الحاجة إلى تكلفة عالية أو تجهيزات معقدة، وهو ما يدعم تبني هذا النمط في البحث الحالي.

ثانيًا: عرض وتفسيرومناقشة النتائج المرتبطة بالسؤال الثاني للبحث، ونصُّه: ما فاعلية تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على بعض أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية الطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي بغض النظر عن اختلاف درجة المرونة المعرفية؟ وارتبطت هذه النتائج بالفرض الصفري الثالث للبحث ونصُّه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في القياس البعدي لمقياس أبعاد الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة.

ولاختبار صحة الفرض السابق، تم استخدام اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد بعد التأكد من توافر شروط استخدامه التي تم ذكرها مسبقًا؛ كما تبعت درجات المجموعتين الضابطة والتجريبية في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية التوزيع الاعتدالي؛ حيث بلغت قيم اختبار كولموجروف-سيمرنوف للمجموعتين على الترتيب (٠,١٤١؛ ٠,١٤٤) وبدلالة محسوبة بلغت (٠,٠٦٨؛ ٠,٠٥٦) على الترتيب للمجموعتين، كما تم حساب حجم التأثير للبيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد في تنمية الطلاقة الرقمية ككل، ولكل بعد من أبعادها على حدة، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (١٠)

المتوسطات الحسابية وانحرافاتها المعيارية، وقيم (ف) الناتجة عن اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد لدرجات تلاميذ المجموعتين الضابطة والتجريبية في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية (ن=٧٢)

المتغيرات	المجموعة	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	مجموع المربعات	درجة الحرية (df)	قيمة ف (F)	الدلالة المحسوبة p	حجم التأثير ومستواه (η^2)		
									(η^2)		d
استخدام التكنولوجيا	الضابطة	٣٦	٩,٣	٢,٣٠٣	٤٣,٥٥٦	١	٨,٨٦٤	٠,٠٠٤	٠,١١		٠,٧
	التجريبية	٣٦	١٠,٨٦	٢,١٢٦				دالة	متوسط		متوسط
التفكير النقدي	الضابطة	٣٦	٩,٦٣	٢,١٥٣	٣٧,٥٥٦	١	٧,٨٩٣	٠,٠٠٦	٠,١٠		٠,٦٦
	التجريبية	٣٦	١١,٠٨	٢,٢٠٨				دالة	متوسط		متوسط
الهوية الرقمية	الضابطة	٣٦	٩,٦٩	٢,٢٩٠	٣٢	١	٦,٧٣٥	٠,٠١٢	٠,٠٩		٠,٦٣
	التجريبية	٣٦	١١,٠٢	٢,٠٦٣				دالة	متوسط		متوسط
التواصل الرقمي	الضابطة	٣٦	٩,٤١	٢,٢٣٤	٥٠	١	١٠,١٣	٠,٠٠٢	٠,١٣		٠,٧٧
	التجريبية	٣٦	١١,٠٨	٢,٢٠٨				دالة	متوسط		متوسط
المقياس ككل	الضابطة	٣٦	٣٨,٠٥	٨,١٥١	٦٤٨	١	٩,٩٨٣	٠,٠٠٢	٠,١٢		٠,٧٤
	التجريبية	٣٦	٤٤,٠٥	٧,٩٦٠				دالة	متوسط		متوسط

باستقراء النتائج الواردة بالجدول (١٠) اتضح وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (α=٠,٠٥) بين متوسطي درجات المجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية في القياس

البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية ككل ولأبعاده الأربعة؛ حيث بلغت قيمة (ف) للمقياس ككل (٩,٩٨٣)، بينما بلغت للأبعاد الأربعة (القدرة على استخدام التكنولوجيا بشكل فعال، التفكير النقدي الرقمي، الهوية والثقافة الرقمية) على الترتيب (٨,٨٦٤؛ ٧,٨٩٣؛ ٦,٧٣٥؛ ١٠,١٣)؛ بدلالة إحصائية محسوبة (p) بلغت للمقياس ككل (٠,٠٠٢)، وللممارسات الأربعة الثلاث (٠,٠٠٤؛ ٠,٠٠٦؛ ٠,٠١٢؛ ٠,٠٠٢)، وهي أقل من مستوى الدلالة المفروضة (α=٠,٠٥)، وهذه الفروق جاءت لصالح المجموعة الأعلى في المتوسط الحسابي وهي المجموعة التجريبية التي بلغ متوسطها الحسابي في المقياس ككل (٤٤,٠٥)، وللأبعاد الأربعة للطلاقة الرقمية على الترتيب (١٠,٨٦؛ ١١,٠٨؛ ١١,٠٢؛ ١١,٠٨)، وهي متوسطات حسابية أعلى من المتوسطات الحسابية للمجموعة الضابطة الذي بلغ المتوسط الحسابي لها للمقياس ككل (٣٨,٠٥)، بينما بلغت متوسطات الأبعاد الأربعة على الترتيب (٩,٣؛ ٩,٦٣؛ ٩,٦٩؛ ٩,٤١) مما يعني أن البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد كان لها تأثير إيجابي في تنمية الطلاقة الرقمية ككل، ولكل بعد من الأبعاد الأربعة كل على حدة.

كما يتضح من الجدول (١٠) أن قيمة حجم التأثير باستخدام قوة العلاقة بين المتغيرات (η^2) بالنسبة للبيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد في تنمية الطلاقة الرقمية ككل بلغت (٠,١٢) بينما بلغ حجم التأثير في الأبعاد الأربعة للطلاقة الرقمية على الترتيب (٠,١١؛ ٠,١٠؛ ٠,٠٩؛ ٠,١٣)، وجميعها حجوم أثر متوسطة طبقًا لمستويات حجم التأثير وفقًا لقوة العلاقة بين المتغيرات، وهذا يعني أن نسبة التباين المفسر الحادثة في الطلاقة الرقمية ككل نتيجة استخدام البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد بلغت (١٢٪) بينما بلغت للأبعاد الأربعة على الترتيب (١١٪؛ ١٠٪؛ ٩٪؛ ١٣٪) ويؤكد ذلك قيم حجم التأثير باستخدام مؤشر الفرق المعياري بين المتوسطات (d) الذي بلغ للطلاقة الرقمية ككل (٠,٧٤)، وللأبعاد الأربعة على الترتيب (٠,٧؛ ٠,٦٦؛ ٠,٦٣؛ ٠,٧٧) وجميعها حجوم أثر متوسطة وفقاً لمؤشرات تفسير حجم التأثير (d).

وقد بلغ الحد الأدنى لفترة الثقة لحجم الأثر المحسوب (٠,٧٤) وفقًا للفرق المعياري بين متوسطين(d) بالنسبة لمقياس الطلاقة الرقمية ككل (٠,٢٦٧)، بينما بلغ الحد الأعلى (١,٢٢٣)، وذلك عند مستوى ثقة ٩٥٪؛ وهذا يعنى أن متوسط الأداء في مقياس الطلاقة الرقمية ككل لدى تلاميذ المجموعة التجريبية الذين تعرضوا للمعالجة التجريبية (البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد) في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية أفضل من متوسط أداء تلاميذ المجموعة الضابطة الذين تعرضوا للطريقة المعتادة بمقدار (٠,٧٤) انحراف معياري.

ونظرًا لأن نتائج البحث توجَّه لصانعي القرار؛ فإنه من المفيد مخاطبتهم بلغة واضحة وبسيطة بدلًا من استخدام حجم التأثير الذي قد لا يكون مألوفاً لدى بعضهم؛ لذا يصبح ضروريًا تحويل حجم التأثير لنسبة مئوية لتحقيق هذا الغرض، وباستخدام جدول التحويلات الذي وضعه كوهين Cohen (1988, p.22) والمستخدم لتحويل قيمة حجم التأثير (U_3) المقابلة لقيمة (d) والتي تستخدم كمؤشر لتحويل حجم الأثر لنسبة مئوية تساوي (٧٥,٨٪)، وهذا يعني أيضًا أن متوسط أداء تلاميذ المجموعة التجريبية بالقياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية ككل أفضل بنسبة قدرها (٢٥,٨٪) تقريبًا من متوسط أداء تلاميذ المجموعة الضابطة في القياس ذاته.

وفي ضوء ما تم عرضه من نتائج تَمَّ رفْض الفرْض الصِّفْرِيّ الثالث للبحث ونصه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α=٠,٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في القياس البعدي لمقياس أبعاد الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة، وقبول الفرض البديل ونصه: يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α=٠,٠٥)

بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في القياس البعدي لمقياس أبعاد الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة لصالح المجموعة التجريبية، وبذلك تم الإجابة على السؤال الثاني من أسئلة البحث ونصه: ما فاعلية تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على بعض أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية الطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي بغض النظر عن اختلاف درجة المرونة المعرفية؟ بأنه توجد فاعلية متوسطة لبيئة التعلم ثلاثية الأبعاد القائمة على بعض أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية الطلاقة الرقمية بمادة العلوم ككل ولأبعادها الأربعة لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي متباينى المرونة المعرفية.

وتُعزى النتيجة السابقة للعديد من الأسباب أبرزها:

- **التفاعل المتعدد الوسائط يعزز القدرة على استخدام التكنولوجيا بفعالية: حيث** ساهمت البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد في إتاحة مجموعة متنوعة من الأدوات التفاعلية، مثل المحاكاة، ومقاطع الفيديو، والرسوم التوضيحية، والنصوص الديناميكية، مما مكّن التلاميذ من استخدام التكنولوجيا بشكل فعال في الوصول إلى المعرفة وتنظيمها ومعالجتها. وقد مكّنهم هذا التنوع الوسائطي من توظيف التقنية في التعلم بصورة وظيفية، وليس لمجرد العرض أو التصفح، وهو ما يتسق مع ما أشار إليه مينوتشا وروبرتس Minocha & Roberts (2008, p.188) بأن البيئات الرقمية ثلاثية الأبعاد تُكسب المتعلم مهارات التنقل والاستخدام النشط للتقنية، بما يعزز من فاعلية الأداء الرقمي.
- **التعلم الذاتي في بيئة مرنة يعزز التفكير النقدي الرقمي:** نظراً لأن البيئة ثلاثية الأبعاد تُمكن التلاميذ من التفاعل مع المحتوى بشكل غير خطي، فإنها وفرت فرصًا متقدمة لتطبيق مهارات التفكير النقدي الرقمي، مثل التقييم، والتحقق من صحة المعلومات، واختيار البدائل الأفضل لحل المشكلات. وقد ساعدت هذه الحرية على بناء وعي نقدي تجاه المحتوى الرقمي، وهو ما يتوافق مع رؤية دالغارنو Dalgarno (2002, p.3) بأن البيئات الغنية بالمحاكاة والتحديات تعزز مهارات التحليل والاستدلال الرقمي، وتدعم التفكير التأملي المستقل.
- **التجسيد الرقمي عبر الشخصيات الافتراضية يعزز الهوية والثقافة الرقمية:** فمن خلال تمثيل المتعلم في البيئة بشخصية افتراضية (Avatar) أصبح التفاعل مع الآخرين داخل الفضاء الرقمي أكثر واقعية، مما ساهم في بناء الوعي بالسلوك الرقمي، وقيم المشاركة، واحترام الآخرين، وهي من محددات الهوية والثقافة الرقمية. وهذا يتسق مع ما أورده نيلاكانتام وبانت Neelakantam & Pant (2017, p.1) من أن التجسيد الرقمي يوفر بيئة تعزز الإحساس بالهوية الرقمية والانخراط في المجتمع الرقمي بأسلوب مسؤول وآمن.
- **المواقف التعليمية المحاكية تعزز التفكير النقدي الرقمي**: فقد أتاحت البيئة الرقمية محاكاة تجارب فعلية تتطلب اتخاذ قرارات، وتحليل معلومات، وربط نتائج، مما شجع التلاميذ على استخدام التفكير النقدي الرقمي لتحليل البيانات ومقارنة السيناريوهات واتخاذ قرارات مبنية على أدلة، وقد دعمت هذه المواقف تنمية عمليات التفكير العليا، كما أشار صن وآخرون Sun et al. (2021, p.1167) إلى أن أدوات الذكاء الاصطناعي تتيح سيناريوهات تعلم مفتوحة تعزز التفكير التأملي والنقدي داخل بيئات التعلم الذكية.
- **التفاعل الرقمي الجماعي يعزز الهوية والثقافة الرقمية:** فقد ساهمت أدوات التواصل داخل البيئة التعليمية (كالرسائل النصية، والدردشة، ومشاركة الموارد) في غرس مفاهيم احترام الخصوصية، وأدب الحوار، وتبادل المعرفة الرقمية، وهي من أبرز ملامح الثقافة

الرقمية الحديثة، وهذا ما أكده عزمي (٢٠١٥، ص.٤٥٣) من أنها بيئات تسمح للمتعلم أن يعيش فيها بمفرده، أو يعيش ضمن مجموعة من المتعلمين يتبادلون الآراء والأفكار داخل بيئة افتراضية ثلاثية الأبعاد تأخذ أشكالًا ونماذج متعددة، منها: برمجيات الواقع الافتراضي، والألعاب الافتراضية، والمدارس والفصول والمكتبات الافتراضية.

- **التغذية الراجعة والتقييم المستمر يعززان الاستخدام الواعي للتكنولوجيا**: حيث أتاحت البيئة التعليمية فرصًا للتقييم التكويني الفوري، مما حفّز التلاميذ على تعديل سلوكهم التعليمي، وتحسين مهاراتهم في استخدام التكنولوجيا بشكل فعال وفقًا للتغذية الراجعة المستلمة. وقد ساهم ذلك في بناء توجهات إيجابية نحو استخدام التقنية لأغراض معرفية منتجة، وهو ما أشار إليه إسماعيل (٢٠١٧، ص.١٧) من أن أدوات الذكاء الاصطناعي تدعم التقييم المستمر، وتساعد المتعلم على الوعي بمدى تقدمه في الأداء التكنولوجي.

وقد اتفقت النتيجة السابقة التي أظهرت فاعلية متوسطة للبيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد القائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية أبعاد الطلاقة الرقمية (القدرة على استخدام التكنولوجيا بفعالية، التفكير النقدي الرقمي، الهوية والثقافة الرقمية، والتواصل والتعاون الرقمي)، مع ما أسفرت عنه بعض الدراسات السابقة مثل دراسة إسماعيل (٢٠١٧)، وعبد الصمد وأحمد (٢٠٢٠) بشأن قدرة الذكاء الاصطناعي على توفير بيئات تفاعلية غنية تدعم المحتوى العلمي وتقدم تقييمات مخصصة وتوجيهات فردية، مما يعزز استخدام التكنولوجيا بفاعلية. كما تتوافق النتائج مع دراسات الحسيني (٢٠٢٤) والحمادي (٢٠١٩) في دور الذكاء الاصطناعي في تنمية التفكير النقدي والتصور البصري، وهو ما انعكس في تنمية التفكير النقدي الرقمي لدى التلاميذ. كذلك، جاءت النتائج متسقة مع ما توصل إليه عبد اللطيف وآخرون (٢٠٢٠)، وعموش (٢٠٢٤)، وعموش وعمارة (٢٠٢٤) من أثر هذه الأدوات في تعزيز التعلم الذاتي والوعي الرقمي والميل لاستخدام التقنية، وهي مكونات أساسية في تنمية الهوية والثقافة الرقمية. وعليه، تؤكد هذه النتائج فاعلية الدمج بين الذكاء الاصطناعي والبيئات الافتراضية في دعم الطلاقة الرقمية الشاملة لدى المتعلمين.

ثالثاً: عرض وتفسير ومناقشة النتائج المرتبطة بالسؤال الثالث للبحث، ونصه: ما أثر تباين درجة المرونة المعرفية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي في الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم بغض النظر عن طريقة التدريس؟ وارتبطت هذه النتائج بالفرضين الصفريين الرابع والخامس للبحث وفيما يلي توضيح ذلك:

أ) عرض نتائج اختبار الممارسات العلمية والهندسية

ارتبطت النتائج المعروضة بالفرض الصفري الرابع للبحث ونصه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية والتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة.

ولاختبار صحة الفرض الصفري الرابع للبحث، تم استخدام اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد، بعد التأكد من توافر شروط استخدامه المذكورة سابقاً، كما تبعت درجات التلاميذ مرتفعي المرونة والتلاميذ منخفضي المرونة في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية التوزيع الاعتدالي؛ حيث بلغت قيم اختبار كولموجروف-سيمرنوف للمجموعتين على الترتيب (٠,١٢٣؛ ٠,١٤٢) وبدلالة محسوبة بلغت (٠,٠٥٢؛ ٠,٠٥٢) للمجموعتين، كما تم حساب

حجم التأثير لدرجة المرونة المعرفية في تنمية الممارسات العلمية والهندسية (المتضمنة بالاختبار ككل، ولكل ممارسة على حدة، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (١١)

المتوسطات الحسابية وانحرافاتها المعيارية، وقيم (ف) الناتجة عن اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد لدرجات التلاميذ مرتفعي ومنخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية (ن=٧٢)

المتغيرات	المجموعة (المرونة)	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	مجموع المربعات	درجة الحرية (df)	قيمة ف (F)	الدلالة المحسوبة p	حجم التأثير ومستواه	
									(η^2)	d
طرح الأسئلة	مرتفعة	٣٤	٤,٥	١,٥٦١	٣٤,٩٠٧	١	١٤,٥٣	٠,٠٠١ دالة	٠,١٧ كبير	٠,٩٠ كبير
	منخفضة	٣٨	٣,١	١,٥٣٨						
تحليل وتفسير البيانات	مرتفعة	٣٤	٤,٧	١,٥٠٨	٤٥,٩٧٣	١	١٨,٢١	٠,٠٠١ دالة	٠,٢١ كبير	١,٠٣ كبير
	منخفضة	٣٨	٣,١	١,٦٥٦						
استخدام الرياضيات	مرتفعة	٣٤	٤,٩٤	١,٠٧١	٢٨,٣٥٢	١	١٤,٥٨	٠,٠٠١ دالة	٠,١٧ كبير	٠,٩٠ كبير
	منخفضة	٣٨	٣,٦٨	١,٦٢٩						
بناء التفسيرات	مرتفعة	٣٤	٥,١١	١,١٧٤	٤٢,٤٨٥	١	١٦,٦٣	٠,٠٠١ دالة	٠,١٩ كبير	٠,٩٧ كبير
	منخفضة	٣٨	٣,٥٧	١,٨٩٧						
الاختبار ككل	مرتفعة	٣٤	١٩,٢٦	٣,١١٧	٦٠١,٧٨	١	٤٠,٠٣	٠,٠٠١ دالة	٠,٣٦ كبير	١,٥ كبير
	منخفضة	٣٨	١٣,٤٧	٤,٤٤٦						

باستقراء النتائج الواردة بالجدول (١١) اتضح وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (α=٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية ومنخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل، وللممارسات العلمية والهندسية الأربع؛ حيث بلغت قيمة (ف) للاختبار ككل (٤٠,٠٣)، بينما بلغت للممارسات العلمية والهندسية (طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، تحليل وتفسير البيانات، استخدام الرياضيات والتفكير الحوسبي، بناء التفسيرات وتصميم الحلول) على الترتيب (١٤,٥٣؛ ١٨,٢١؛ ١٤,٥٨؛ ١٦,٦٣)، بدلالة إحصائية محسوبة (p) بلغت للاختبار ككل، وللممارسات العلمية والهندسية (٠,٠٠١)، وهي أقل من مستوى الدلالة المفروضة (α=٠,٠٥)، وهذه الفروق جاءت لصالح المجموعة الأعلى في المتوسط الحسابي وهي التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية التي بلغ متوسطها الحسابي في الاختبار ككل (١٩,٢٦)، وللممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالاختبار على الترتيب (٤,٥؛ ٤,٧؛ ٤,٩٤؛ ٥,١١) وهي متوسطات حسابية أعلى من المتوسطات الحسابية للتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية التي بلغ المتوسط الحسابي لها في الاختبار ككل (١٣,٤٧)، بينما بلغت المتوسطات الحسابية للممارسات العلمية والهندسية الأربع المتضمنة بالاختبار على الترتيب (٣,١؛ ٣,١؛ ٣,٦٨؛ ٣,٥٧)، مما يعني أن درجة المرونة المعرفية تؤثر بشكل إيجابي في تنمية الممارسات العلمية ككل، ولكل ممارسة من الممارسات الأربع المتضمنة بالاختبار على حدة.

كما يتضح من الجدول (١١) أن قيمة حجم التأثير باستخدام قوة العلاقة بين المتغيرات (η^2) بالنسبة لدرجة المرونة المعرفية في تنمية الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالاختبار

ككل بلغت (٠,٣٦) بينما بلغ حجم التأثير في الممارسات العلمية والهندسية الأربع المتضمنة بالاختبار على الترتيب (٠,١٧؛ ٠,٢١؛ ٠,١٧؛ ٠,١٩) وجميعها حجوم أثر كبيرة، وهذا يعني أن نسبة التباين المفسر الحادثة في الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالاختبار ككل بلغت (٣٦٪) بينما بلغت للممارسات العلمية والهندسية الأربع المتضمنة بالاختبار (١٧٪؛ ٢١٪؛ ١٧٪؛ ١٩٪)، ويؤكد ذلك قيم حجم التأثير باستخدام مؤشر الفرق المعياري بين المتوسطات (d) الذي بلغ للاختبار ككل (١,٥)، وللممارسات العلمية والهندسية الأربع المتضمنة بالاختبار على الترتيب (١,٠٣؛ ٠,٩٠؛ ٠,٩٠؛ ٠,٩٧) وجميعها أعلى من الحد الأعلى لحجم التأثير (d) وهو (٠,٨).

وقد بلغ الحد الأدنى لفترة الثقة لحجم الأثر المحسوب (١,٥) وفقًا للفرق المعياري بين متوسطين(d) بالنسبة لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل (٠,٩٨٤)، بينما بلغ الحد الأعلى (٢,٠٣٢)، وذلك عند مستوى ثقة ٩٥٪؛ وهذا يعنى أن متوسط الأداء في تنمية الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالاختبار ككل لدى التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية في القياس البعدي أفضل من متوسط أداء التلاميذ منخفضي المرونة المعرفية من المجموعتين الضابطة والتجريبية بمقدار (١,٥) انحراف معياري.

ونظرًا لأن نتائج البحث توجه لصانعي القرار؛ فإنه من المفيد مخاطبتهم بلغة واضحة بدلًا من استخدام حجم التأثير الذي قد لا يكون مألوفاً لديهم؛ لذا يصبح ضروريًا تحويل حجم التأثير لنسبة مئوية لتحقيق هذا الغرض، وباستخدام جدول التحويلات الذي وضعه كوهين Cohen (1988, p.22) والمستخدم لتحويل قيمة حجم التأثير (U_3) المقابلة لقيمة (d) والتي تستخدم كمؤشر لتحويل حجم الأثر لنسبة مئوية تساوي (٩٣,٣٪)، وهذا يعني أيضًا أن متوسط أداء التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية بالقياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل أفضل بنسبة قدرها (٤٣,٣٪) تقريباً من متوسط أداء التلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس ذاته.

وفي ضوء ما تم عرضه من نتائج تم رفض الفرض الصفري الرابع ونصُّه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية و التلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة، وقبول الفرض البديل ونصه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية و التلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة لصالح التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية، وهذا يشير إلى أن درجة المرونة المعرفية لها تأثير كبير في الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالاختبار ككل، وللممارسات الأربع كل على حدة.

ب) عرض نتائج بطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية

ارتبطت النتائج المعروضة بالفرض الصفري الخامس للبحث ونصه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية والتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة.

ولاختبار صحة الفرض الصفري الخامس للبحث، تم استخدام اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد بعد التأكد من شروط استخدامه المذكورة سابقاً؛ حيث تبعت درجات

المجموعتين الضابطة والتجريبية في القياس البعدي لبطاقة الملاحظة التوزيع الاعتدالي؛ حيث بلغت قيم اختبار كولموجروف-سيمرنوف للمجموعتين على الترتيب (٠,٠٩٩؛ ٠,٠٩٠) وبدلالة محسوبة بلغت (٠,٢) للمجموعتين، كما تم حساب حجم التأثير لدرجة المرونة المعرفية في تنمية الممارسات العلمية والهندسية (المتضمنة بالبطاقة) ككل، ولكل ممارسة على حدة، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (١٢)

المتوسطات الحسابية وانحرافاتها المعيارية، وقيم (ف) الناتجة عن اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد لدرجات التلاميذ مرتفعي ومنخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية (ن=٧٢)

المتغيرات	المجموعة (المرونة)	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	مجموع المربعات	درجة الحرية (df)	قيمة ف (F)	الدلالة المحسوبة p	حجم التأثير ومستواه	
									(η^2)	d
تصميم واستخدام النماذج	مرتفعة	٣٤	٧,٨٥	١,٦٣٥	١٨٦,٢١	١	٣٩,٨٤	٠,٠٠١ دالة	٠,٣٦ كبير	١,٥ كبير
	منخفضة	٣٨	٤,٦٣	٢,٥٤٠						
تنفيذ الاستقصاءات	مرتفعة	٣٤	٧,٨٢	٢,٠٩٥	١٨٨,٩٠	١	٣٩,٥٦	٠,٠٠١ دالة	٠,٣٦ كبير	١,٥ كبير
	منخفضة	٣٨	٤,٥٧	٢,٢٦١						
الانخراط في الجدل	مرتفعة	٣٤	٧,٠٨	٢,٤٧٨	٩٧,٠٠٧	١	١٣,٦٤	٠,٠٠١ دالة	٠,١٦ كبير	٠,٨٧ كبير
	منخفضة	٣٨	٤,٧٦	٢,٨٢٣						
الحصول على المعلومات	مرتفعة	٣٤	٦,٦١	٢,٧٧٤	٤٢,٤٨	١	٤,٧	٠,٠٠١ دالة	٠,٠٦ متوسط	٠,٥ متوسط
	منخفضة	٣٨	٥,٠٧	٣,١٩٩						
البطاقة ككل	مرتفعة	٣٤	٢٩,٣٨	٦,٧٣٣	١٩١٤,٧٢	١	٤٣,٠١	٠,٠٠١ دالة	٠,٣٨ كبير	١,٥٦ كبير
	منخفضة	٣٨	١٩,٠٥	٦,٦١٦						

باستقراء النتائج الواردة بالجدول (١٢) اتضح وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (α=٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية والتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل، وللممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالبطاقة كل على حدة؛ حيث بلغت قيمة (ف) للبطاقة ككل (٤٣,٠١٥)، بينما بلغت للممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالبطاقة (تصميم واستخدام النماذج، تخطيط وإجراء الاستقصاءات، الانخراط في الجدل المستند للأدلة، الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها) على الترتيب (٣٩,٨٤؛ ٣٩,٥٦؛ ١٣,٦٤؛ ٤,٧)، بدلالة إحصائية محسوبة (p) بلغت للبطاقة ككل (٠,٠٠١)، وللممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بها على الترتيب (٠,٠٠١؛ ٠,٠٠١؛ ٠,٠٠١؛ ٠,٠٣٤)، وهي أقل من مستوى الدلالة المفروضة (α=٠,٠٥)، وهذه الفروق جاءت لصالح المجموعة الأعلى في المتوسط الحسابي وهم التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية التي بلغ متوسطها الحسابي في بطاقة الملاحظة ككل (٢٩,٣٨)، وللممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالبطاقة على الترتيب (٧,٨٥؛ ٧,٨٢؛ ٧,٠٨؛ ٦,٦١) وهي متوسطات حسابية أعلى من المتوسطات الحسابية للتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية؛ حيث بلغ المتوسط الحسابي لهم في القياس البعدي لبطاقة الملاحظة ككل (١٩,٠٥)، بينما بلغت المتوسطات

الحسابية للممارسات الأربع المتضمنة في البطاقة على الترتيب (٤,٦٣؛ ٤,٥٧؛ ٤,٧٦؛ ٥,٠٧) مما يعني أن درجة المرونة المعرفية كان لها تأثير إيجابي في تنمية الممارسات العلمية المتضمنة ببطاقة الملاحظة ككل، ولكل ممارسة من الممارسات العلمية والهندسية الأربع كل على حدة.

كما يتضح من الجدول (١٢) أن قيمة حجم التأثير باستخدام قوة العلاقة بين المتغيرات (η^2) بالنسبة لدرجة المرونة المعرفية في تنمية الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة ببطاقة الملاحظة ككل بلغت (٠,٣٨) بينما بلغ حجم التأثير في الممارسات الأربع على الترتيب (٠,٣٦؛ ٠,٣٦؛ ٠,١٦؛ ٠,٠٦)، وهذا يعني أن نسبة التباين المفسر الحادثة في الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة ببطاقة الملاحظة ككل بلغت (٣٨٪) بينما بلغت للممارسات الأربع (٣٦٪؛ ٣٦٪؛ ١٦٪؛ ٦٪)، ويؤكد ذلك قيم حجم التأثير باستخدام مؤشر الفرق المعياري بين المتوسطات (d) الذي بلغ للبطاقة ككل (١,٦)، وللممارسات الأربع على الترتيب (١,٥؛ ١,٥؛ ٠,٨٧؛ ٠,٥) وهي أعلى من الحد الأعلى لحجم التأثير (d) وهو (٠,٨)، عدا بعد (الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها) الذي بلغ جاء حجم التأثير له متوسطاً (٠,٥).

وقد بلغ الحد الأدنى لفترة الثقة لحجم الأثر المحسوب (١,٥٦) وفقًا للفرق المعياري بين متوسطين(d) بالنسبة لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل (١,٠٢١)، بينما بلغ الحد الأعلى (٢,٠٧٤)، وذلك عند مستوى ثقة ٩٥٪؛ وهذا يعنى أن متوسط الأداء في تنمية الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة ببطاقة الملاحظة ككل لدى التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية في القياس البعدي أفضل من متوسط أداء التلاميذ منخفضي المرونة المعرفية بمقدار (١,٥٦) انحراف معياري.

ونظرًا لأن نتائج البحث توجه لصانعي القرار؛ فإنه من المفيد مخاطبتهم بلغة واضحة بدلًا من استخدام حجم التأثير الذي قد لا يكون مألوفاً لديهم؛ لذا يصبح ضروريًا تحويل حجم التأثير لنسبة مئوية لتحقيق هذا الغرض، وباستخدام جدول التحويلات الذي وضعه كوهين Cohen (1988, p.22) والمستخدم لتحويل قيمة حجم التأثير (U_3) المقابلة لقيمة (d) والتي تستخدم كمؤشر لتحويل حجم الأثر لنسبة مئوية تساوي (٩٣,٣٪)، وهذا يعني أيضًا أن متوسط أداء التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية بالقياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل أفضل بنسبة قدرها (٤٣,٣٪) تقريباً من متوسط أداء التلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس ذاته.

وفي ضوء ما تم عرضه من نتائج تم رفض الفرض الصفري الخامس ونصُّه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية والتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة، وقبول الفرض البديل ونصه: يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية والتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة لصالح التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية، كما أمكن الإجابة عن السؤال الثالث للبحث ونصه: ما أثر تباين درجة المرونة المعرفية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي في الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم بغض النظر عن طريقة التدريس؟ بأنه يوجد أثر كبير لدرجة المرونة المعرفية في الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي؛ حيث أن ارتفاع درجة المرونة المعرفية لدى تلاميذ الصف الثالث

الإعدادي يؤدي إلى زيادة قدرة التلاميذ على اداء الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم وبدرجة كبيرة.

وقد تُعزى النتيجة السابقة للعديد من الأسباب أبرزها:

- **التكيف مع تعددية المهام يعزز ممارسة تخطيط وتنفيذ الاستقصاءات:** حيث تمكّن التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية من التبديل السلس بين مراحل التفكير العلمي المختلفة، مثل طرح الأسئلة، وتحديد الفرضيات، وجمع البيانات وتحليلها، وتعديل الخطط أثناء التنفيذ، وهو ما انعكس إيجابًا على أدائهم في مهارة تخطيط وإجراء الاستقصاءات. ويُعزى ذلك لقدرتهم على التكيف مع التغيرات المفاجئة في طبيعة البيانات أو الأدوات، حيث أشار برايم وإجنر Braem & Egner (2018, p.470) إلى أن الأفراد ذوي المرونة المعرفية يتمتعون بقدرة عالية على إعادة تكوين الأفكار وتغيير استراتيجيات المعالجة استجابةً للمثيرات المتغيرة داخل المواقف المعرفية.
- **تنوع البدائل الفكرية يعزز ممارسة بناء التفسيرات وتصميم الحلول:** حيث تُمكن المرونة المعرفية التلاميذ من التفكير في الحلول من أكثر من زاوية، وإعادة صياغة التفسيرات عند ظهور معلومات جديدة، وهو ما دعم قدرتهم على بناء تفسيرات علمية وتصميم حلول هندسية متعددة ومبتكرة. ويتفق ذلك مع ما أورده غوندوز Gunduz (2013, p.1049) من أن مرونة التفكير تسهم في التباين الفكري والقدرة على تعديل الأفكار، مما يسمح بإنتاج استجابات متنوعة وغير تقليدية لحل المشكلات العلمية والهندسية.
- **القدرة على التقييم متعدد الأبعاد دعّمت مهارة تحليل وتفسير البيانات:** فقد أظهر التلاميذ مرتفعي المرونة قدرة على استخدام استراتيجيات متعددة لفهم النتائج وتفسيرها من زوايا مختلفة، مما مكّنهم من تحليل وتفسير البيانات العلمية بطريقة أعمق وأكثر دقة. ويرجع هذا إلى قدرتهم على الربط بين المتغيرات، وإعادة النظر في أنماط البيانات بشكل مرن، وهذا يتسق مع ما ذكرته جراسة هو وسبيرو Hu & Spiro (2021, p.376) التي أوضحت أن المتعلمين ذوي التفكير المرن يستطيعون تنظيم وتقييم المعلومات من خلال منظور نقدي وابتكاري.
- **الوعي بالمواقف الجديدة يعزز تصميم النماذج العلمية:** فقد أتاحت المرونة المعرفية للتلاميذ القدرة على فهم العلاقات المجردة بين الظواهر، وتصورها بصريًا بشكل نماذج علمية ملموسة، حيث تمكنوا من تصميم واستخدام النماذج بما يتوافق مع المعطيات الجديدة باستمرار، ويعزى ذلك إلى أن المرونة تسهم في الانفصال المعرفي عن النموذج الأولي والقدرة على ابتكار نموذج بديل عند الحاجة (الفيل، ٢٠١٤، ص.٢٦٦).
- **التبديل المعرفي السريع عزز من مهارة استخدام الرياضيات والتفكير الحوسبي:** حيث أظهر التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية قدرة أفضل في استخدام المفاهيم الرياضية والمنطق الحوسبي ضمن الأنشطة العلمية، إذ يتمكنون من الانتقال بين المعادلات، والرسوم البيانية، والتحليل الإحصائي دون تعثر، ويتسق هذا مع ما أشار إليه كانس وآخرون Canas et al., (2003, p.482) من أن المرونة المعرفية تشمل القدرة على تكييف الاستراتيجيات الذهنية لمواجهة المهام المختلفة ذات الطبيعة غير المتوقعة والمعقدة.
- **المرونة الفكرية تعزز الانخراط في الجدل المستند إلى الأدلة:** استفاد التلاميذ مرتفعي المرونة من قدرتهم على تكوين وتعديل قناعاتهم بناءً على الأدلة، مما عزز من قدرتهم على الانخراط في الجدل العلمي بطريقة عقلانية وهادفة؛ حيث ساعدهم ذلك على تقديم تفسيرات مقنعة،

والاستجابة للآراء المعارضة بشكل هادئ ومرن، وهو ما أكدته دراسة لوريرو مارتينيز Laureiro-Martínez et al. (2009, p.12)بأن الأفراد ذوي المرونة العالية يتمتعون بقدرة على التكيف الفكري مع المطالب المعرفية والبيئية المتغيرة بما يعزز التواصل المعرفي العميق.

وأظهرت نتائج البحث الحالي أن التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية تفوقوا في تنمية الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم، وهو ما يتفق مع ما أشارت إليه الدراسات السابقة من فوائد عديدة للمرونة المعرفية، فقد ارتبطت المرونة المعرفية بتحسن قدرات القراءة في مرحلة الطفولة كما في دراسة(2014) Engel de Abreu et al. ، وزيادة القدرة على التكيف مع الضغوط الحياتية كما في دراسة Genet & Siemer (2011)، وارتفاع مستويات الإبداع كما في دراسة Chen et al., (2014)، وتحسين جودة التعلم كما في دراسة Davis et al., (2010) كما أظهرت دراسة Gunduz (2013) أن الأفراد ذوي المرونة المعرفية العالية يتميزون بالقدرة على حل المشكلات والتكيف مع المواقف المتغيرة، وهي قدرات انعكست بوضوح في أداء التلاميذ في ممارسات مثل تحليل البيانات وتصميم الحلول.

كما اتفقت النتيجة السابقة مع ما أكدته دراسات عربية عدة حول هذه العلاقة الإيجابية؛ حيث ارتبطت المرونة المعرفية بدافعية الإنجاز كما في دراسة النجار (٢٠١٧)، وبالتفكير الإبداعي كما في دراسة مقلد (٢٠٢٠)، وبفاعلية الذات الإبداعية كما في دراسة القاضي (٢٠٢٠)، وبالذكاء الوجداني كما في دراسة المحمدي (٢٠٢٢)، وباليقظة العقلية كما في دراسة دسوقي (٢٠٢٢)، وبفاعلية الإتقان كما في دراسة الحجاجي (٢٠٢٢)، وبالتفكير المنظومي كما في دراسة الكفوري وآخرون (٢٠٢٣)، وبذلك يؤكد هذا البحث هذه الاتجاهات، مضيفةً بُعدًا جديدًا يتمثل في تأثير المرونة المعرفية على ممارسات علمية وهندسية محددة داخل بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد مدعومة بالذكاء الاصطناعي.

رابعاً: عرض وتفسيرومناقشة النتائج المرتبطة بالسؤال الرابع للبحث، ونصُّه: ما أثر تباين درجة المرونة المعرفية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي في الطلاقة الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي بمادة العلوم بغض النظر عن طريقة التدريس؟ وارتبطت هذه النتائج بالفرض الصفري السادس للبحث ونصُّه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية والتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة.

ولاختبار صحة الفرض السابق، تم استخدام اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد بعد التأكد من توافر شروط استخدامه التي تم ذكرها مسبقًا؛ كما تبعت درجات التلاميذ مرتفعي المرونة والتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية التوزيع الاعتدالي؛ حيث بلغت قيم اختبار كولموجروف-سيمرنوف للمجموعتين على الترتيب (٠,١٠٥؛ ٠,١٤٠) وبدلالة محسوبة بلغت (٠,٢؛ ٠,٠٥٧) على الترتيب للمجموعتين، كما تم حساب حجم التأثير لدرجة المرونة المعرفية في تنمية الطلاقة الرقمية ككل، ولكل بعد من أبعادها على حدة، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (١٣)

المتوسطات الحسابية وانحرافاتها المعيارية، وقيم (ف) الناتجة عن اختبار تحليل التباين المتعدد في اتجاه واحد لدرجات تلاميذ المجموعتين الضابطة والتجريبية في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية (ن=٧٢)

المتغيرات	المجموعة (المرونة)	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	مجموع المربعات	درجة الحرية (df)	قيمة ف (F)	الدلالة المحسوبة p	حجم التأثير ومستواه	
									(η^2)	d
استخدام التكنولوجيا	مرتفعة	٣٤	١١,٩٤	١,٣٤٧	٢٢٢,٣٥٤	١	٩٤,٢٤	٠,٠٠١ دالة	٠,٥٧ كبير	٢,٣ كبير
	منخفضة	٣٨	٨,٤٢	١,٦٨٦						
التفكير النقدي	مرتفعة	٣٤	١٢,٠٢	١,٣٣٦	١٧٩,٢٩٨	١	٦٥,٦	٠,٠٠١ دالة	٠,٤٨ كبير	١,٩٢ كبير
	منخفضة	٣٨	٨,٨٦	١,٨٩١						
الهوية الرقمية	مرتفعة	٣٤	١٢,٢٣	١,٠١٦	٢٢٦,٢٨٣	١	١١٤,٥	٠,٠٠١ دالة	٠,٦٢ كبير	٢,٥٥ كبير
	منخفضة	٣٨	٨,٦٨	١,٦٧٨						
التواصل الرقمي	مرتفعة	٣٤	١١,٩١	١,٧٤٧	١٧٧,٨٩٦	١	٥٧,٢٢	٠,٠٠١ دالة	٠,٤٥ كبير	١,٨١ كبير
	منخفضة	٣٨	٨,٧٦	١,٧٧٧						
المقياس ككل	مرتفعة	٣٤	٤٨,١١	٤,٣٨٨	٣٢١٢,٨٨	١	١١٣,٦٥	٠,٠٠١ دالة	٠,٦٢ كبير	٢,٥٥ كبير
	منخفضة	٣٨	٣٤,٧٣	٦,٠٢٥						

باستقراء النتائج الواردة بالجدول (١٣) اتضح وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (α=٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي ومنخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية ككل ولأبعاده الأربعة؛ حيث بلغت قيمة (ف) للمقياس ككل (١١٣,٦٥)، بينما بلغت للأبعاد الأربعة (القدرة على استخدام التكنولوجيا بشكل فعال، التفكير النقدي الرقمي، الهوية والثقافة الرقمية) على الترتيب (٩٤,٢٤؛ ٦٥,٦؛ ١١٤,٥؛ ٥٧,٢٢) بدلالة إحصائية محسوبة (p) بلغت للمقياس ككل (٠,٠٠١)، وللممارسات الأربعة على الترتيب (٠,٠٠١) وهي أقل من مستوى الدلالة المفروضة (α=٠,٠٥)، وهذه الفروق جاءت لصالح المجموعة الأعلى في المتوسط الحسابي وهم التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية؛ حيث بلغ المتوسط الحسابي لهم في المقياس ككل (٤٨,١١)، بينما بلغ المتوسط الحسابي للأبعاد الأربعة للطلاقة الرقمية على الترتيب (١١,٩٤؛ ١٢,٠٢؛ ١٢,٢٣؛ ١١,٩١) وهي متوسطات حسابية أعلى من المتوسطات الحسابية للتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية؛ حيث بلغ المتوسط الحسابي لهم في المقياس ككل (٣٤,٧٣)، بينما بلغت متوسطات الأبعاد الأربعة على الترتيب (٨,٤٢؛ ٨,٨٦؛ ٨,٦٨؛ ٨,٧٦) مما يعني أن درجة المرونة المعرفية كان لها تأثير إيجابي في الطلاقة الرقمية ككل، ولكل بعد من الأبعاد الأربعة كل على حدة.

كما يتضح من الجدول (١٣) أن قيمة حجم التأثير باستخدام قوة العلاقة بين المتغيرات (η^2) بالنسبة لدرجة المرونة المعرفية في الطلاقة الرقمية ككل بلغت (٠,٦٢) بينما بلغ حجم التأثير في الأبعاد الأربعة للطلاقة الرقمية على الترتيب (٠,٥٧؛ ٠,٤٨؛ ٠,٦٢؛ ٠,٤٥)، وجميعها حجوم أثر كبيرة، وهذا يعني أن نسبة التباين المفسر الحادثة في الطلاقة الرقمية ككل نتيجة اختلاف درجة المرونة المعرفية الأبعاد بلغت (٦٢٪) بينما بلغت للأبعاد الأربعة على الترتيب (٥٧٪؛ ٤٨٪؛ ٦٢٪؛ ٤٥٪) ويؤكد ذلك قيم حجم التأثير باستخدام مؤشر الفرق المعياري بين المتوسطات

(d) الذي بلغ للطلاقة الرقمية ككل (٢,٥٥) وللأبعاد الأربعة على الترتيب (٢,٣؛ ١,٩٢؛ ٢,٥٥؛ ١,٨١) وجميعها حجوم أثر كبيرة وفقاً لمؤشرات تفسير حجم التأثير (d).

وقد بلغ الحد الأدنى لفترة الثقة لحجم الأثر المحسوب (٢,٥٥) وفقًا للفرق المعياري بين متوسطين(d) بالنسبة لمقياس الطلاقة الرقمية ككل (١,٩١٨)، بينما بلغ الحد الأعلى (٣,١٥٩)، وذلك عند مستوى ثقة ٩٥٪؛ وهذا يعنى أن متوسط الأداء في مقياس الطلاقة الرقمية ككل لدى التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية أفضل من متوسط أداء التلاميذ منخفضي المرونة المعرفية بمقدار (٢,٥٥) انحراف معياري.

ونظرًا لأن نتائج البحث توجَّه لصانعي القرار؛ فإنه من المفيد مخاطبتهم بلغة واضحة وبسيطة بدلًا من استخدام حجم التأثير الذي قد لا يكون مألوفاً لدى بعضهم؛ لذا يصبح ضروريًا تحويل حجم التأثير لنسبة مئوية لتحقيق هذا الغرض، وباستخدام جدول التحويلات الذي وضعه كوهين Cohen (1988, p.22) والمستخدم لتحويل قيمة حجم التأثير (U_3) المقابلة لقيمة (d) والتي تستخدم كمؤشر لتحويل حجم الأثر لنسبة مئوية تساوي (٩٩,٢٪)، وهذا يعني أيضًا أن متوسط أداء التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية بالقياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية ككل أفضل بنسبة قدرها (٤٤,٢٪) تقريبًا من متوسط أداء التلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس ذاته.

وفي ضوء ما تم عرضه من نتائج تَمَّ رفْض الفرْض الصِّفْرِيّ السادس للبحث ونصه: لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية والتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة، وقبول الفرض البديل ونصه: يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى الدلالة (α =٠,٠٥) بين متوسطي درجات التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية والتلاميذ منخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة لصالح التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية، وبذلك تم الإجابة على السؤال الرابع من أسئلة البحث ونصه: ما أثر تباين درجة المرونة المعرفية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي في تنمية الطلاقة الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي بمادة العلوم بغض النظر عن طريقة التدريس؟ بأنه يوجد أثر كبير لدرجة المرونة المعرفية في الطلاقة الرقمية ككل لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي؛ حيث أن ارتفاع درجة المرونة المعرفية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي يؤدي إلى ارتفاع مستوى الطلاقة الرقمية بمادة العلوم وبدرجة كبيرة.

وتُعزى النتيجة السابقة للعديد من الأسباب أبرزها:

- **التكيف السريع مع الأدوات والتطبيقات الرقمية يعزز القدرة على استخدام التكنولوجيا بفعالية:** فالتلاميذ ذوي المرونة المعرفية المرتفعة يمتلكون القدرة على تعديل استراتيجياتهم المعرفية بما يتناسب مع الأدوات التكنولوجية المتاحة، فيستخدمون التطبيقات الرقمية بمرونة وفاعلية وفقاً لمتطلبات النشاط أو المهمة، وقد أتاحت لهم هذه المهارة الوصول إلى المعلومات، وتنظيمها، وتوظيف التقنية بصورة منتجة وليس استهلاكية، وهو ما ينسجم مع ما أشار إليه Canas et al., (2003) حول قدرة الأفراد مرني التفكير على التكيف مع بيئات رقمية متغيرة ومعقدة، ومع ما أوضحه الفيل (٢٠١٤) بأن المرونة المعرفية تمكّن المتعلم من تعديل بنيته المعرفية بما يضمن استجابات جديدة وفعالة تجاه تحديات التقنية.
- **القدرة على تبديل استراتيجيات التفكير تسهم في تنمية التفكير النقدي الرقمي:** فالتلاميذ

مرتفعي المرونة المعرفية أكثر قدرة على فحص وتقييم وتفسير المعلومات الرقمية، والتمييز بين المصادر الموثوقة والمضللة، وتبني استراتيجيات تفكير نقدي في التعامل مع المعطيات التقنية، وتغيير أسلوب المعالجة المعرفية وفقًا للموقف، مما يساعدهم على التحليل والتفسير بعمق، وهو ما أكده Braem & Egner (2018) في وصفهم للمرونة المعرفية كقدرة استثنائية على تعديل طرق التفكير تبعاً للسياق، وهو عنصر جوهري في ممارسة التفكير النقدي الرقمي.

- **المرونة في تعديل أنماط التفاعل تعزز الهوية الرقمية والانخراط في الثقافة الرقمية**: فالتلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية أظهروا قدرة أكبر على تعديل سلوكهم الرقمي بما يتماشى مع معايير التفاعل الرقمي المسؤول، مثل احترام الخصوصية، وحسن إدارة الهوية الرقمية، والانخراط الفعال في المجتمعات الرقمية، ويرتبط هذا بما أشار إليه Laureiro-Martínez et al., (2009) من أن الأفراد ذوي المرونة المعرفية يستطيعون تكييف استجاباتهم لتلبية متطلبات البيئات الاجتماعية المتغيرة، وهي سمة أساسية لبناء ثقافة رقمية واعية.
- **التعامل الإيجابي مع التحديات التقنية يسهم في الاستخدام المنتج للتكنولوجيا**: فالتلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية يتمتعون بقدرة أكبر على مواجهة المشكلات التقنية وتجاوزها بفاعلية، من خلال تعديل نهجهم العقلي، والبحث عن حلول بديلة، واختيار أدوات تكنولوجية ملائمة، وهذا ما يدعمه Gunduz (2013) الذي أكد أن المرونة المعرفية تساعد على الانتقال من فكرة لأخرى بسلاسة واختيار الحلول الأفضل في ضوء التحديات، وهي مهارة تعزز الأداء الرقمي الفعال لدى المتعلمين.
- **التفاعل متعدد الأبعاد مع البيئة الرقمية يدعم التفكير النقدي الرقمي**: فالتلاميذ ذوي المرونة العالية يتعاملون مع البيئات الرقمية بطريقة تحليلية وتأملية، حيث يُعيدون النظر في المعلومات المعروضة، ويقارنون بين البدائل الرقمية، ويقيّمون مدى ملاءمتها لحل المشكلات العلمية. وقد ساعدهم ذلك على ممارسة التفكير النقدي ضمن أنشطة العلوم الرقمية، وهو ما يتسق مع ما أشار إليه Hu & Spiro (2021) من أن التقنيات الحديثة توفر بيئات تعلم مرنة تُشجع التفكير التأملي وتحليل البيانات.
- **التكيف المعرفي يعزز مهارات التواصل والتعاون الرقمي**: فالتلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية يتمتعون بقدرة أعلى على استخدام الوسائط الرقمية للتفاعل الفعال مع الآخرين، وتبادل المعرفة، والعمل الجماعي داخل البيئات الرقمية. فمرونتهم المعرفية تساعدهم على تعديل أسلوب التواصل بحسب السياق، وفهم وجهات النظر المختلفة، واختيار الوسيط الرقمي الأنسب للموقف، مما يؤدي إلى تواصل رقمي فعّال وتعاون مثمر. ويؤكد ذلك ما أشار إليه Gunduz (2013, p.1049) بأن الأفراد ذوي المرونة المعرفية العالية قادرون على النظر للمواقف من زوايا مختلفة، وتكييف ردودهم بما يناسب الآخرين، كما يدعم Braem & Egner (2018) هذه الرؤية، موضحين أن القدرة على تبديل استراتيجيات المعالجة تساعد في تنمية مهارات التفاعل الاجتماعي في البيئات الرقمية المتغيرة، ولهذا أسهمت المرونة المعرفية في تعزيز الكفاءة في العمل الجماعي الرقمي، وتبادل الأفكار بشكل محترف وآمن، وهي مكونات محورية في بناء "الطلاقة الرقمية" المتكاملة.

وأظهرت نتائج البحث الحالي أن التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية تفوقوا في تنمية الطلاقة الرقمية بأبعادها الأربعة (القدرة على استخدام التكنولوجيا، التفكير النقدي الرقمي، الهوية

والثقافة الرقمية، التواصل والتعاون الرقمي)، وهو ما يتفق مع ما أشارت إليه الدراسات السابقة من فوائد عديدة للمرونة المعرفية، فقد ارتبطت بتحسن قدرات القراءة في مرحلة الطفولة كما في دراسة Engel de Abreu et al., (2014)، وزيادة القدرة على التكيف مع الضغوط الحياتية كما في دراسة Genet & Siemer (2011)، وارتفاع مستويات الإبداع كما في دراسة Chen et al., (2014)، وتحسين جودة التعلم كما في دراسة Davis et al., (2010) كما أظهرت دراسة Gunduz (2013) أن الأفراد ذوي المرونة المعرفية العالية يتميزون بالقدرة على حل المشكلات والتكيف الإيجابي مع المواقف المتغيرة، وهي قدرات انعكست بوضوح في الأداء الرقمي للتلاميذ في مجالات مثل التعامل الفعّال مع التكنولوجيا، وتحليل المعلومات الرقمية، وبناء الهوية الرقمية، والتعاون الافتراضي.

كما اتفقت هذه النتائج مع دراسات محلية حديثة بيّنت أن المرونة المعرفية ترتبط إيجابياً بدافعية الإنجاز كما في دراسة النجار (٢٠١٧)، والتفكير الإبداعي كما في دراسة مقلد (٢٠٢٠)، وفاعلية الذات كما في القاضي (٢٠٢٠)، والذكاء الوجداني كما في المحمدي (٢٠٢٢)، واليقظة العقلية كما في دسوقي (٢٠٢٢)، ودافعية الإتقان كما في الحجاجي (٢٠٢٢)، والتفكير المنظومي كما في الكفوري وآخرين (٢٠٢٣)، وهي سمات نفسية ومعرفية شكلت أساسًا في تنمية الطلاقة الرقمية لدى التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية.

خامساً: عرض وتفسير ومناقشة النتائج المرتبطة بالسؤال الخامس للبحث، ونصه: ما مدى وجود تفاعل بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في تنمية الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي؟ وارتبطت هذه النتائج بالفرضين الصفريين السابع والثامن للبحث وفيما يلي توضيح ذلك:

أ) عرض نتائج اختبار الممارسات العلمية والهندسية

ارتبطت النتائج المعروضة بالفرض الصفري السابع للبحث ونصه: لا يوجد تفاعل دال إحصائياً عند مستوى (α =٠,٠٥) بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة.

ولاختبار صحة الفرض الصفري السابع للبحث، تم استخدام اختبار تحليل التباين المتعدد الثنائي Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) with Two Factors، نظرا لوجود متغيرين مستقلين (طريقة التدريس، درجة المرونة المعرفية)، ومتغيرين تابعين (الممارسات العلمية والهندسية، الطلاقة الرقمية) مع تعدد مستويات المتغيرات التابعة، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (١٤)

قيم (ف) الناتجة عن اختبار تحليل التباين المتعدد الثنائي لدرجات تلاميذ المجموعتين الضابطة والتجريبية مرتفعي ومنخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة (ن=٧٢)

المتغيرات	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	قيمة ف	الدلالة p
طرح الأسئلة	طريقة التدريس	٣٨,٨٨	١	١٣,٥٤٩	٠,٠٠١. دالة
	المرونة المعرفية	٣٤,٩٠	١	١٨,٣٩١	٠,٠٠١. دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	٤,٣٠٠	١	٠,٠٠١	٠,٩٩٦. غير دالة
	الخطأ	١٢٩,٠٦٥	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٢٠٢,٩٨	٧١		
تحليل وتفسير البيانات	طريقة التدريس	٢٩,٣٣	١	١٣,٥٤	٠,٠٠١. دالة
	المرونة المعرفية	٤٥,٩٧	١	٢١,٢٣	٠,٠٠١. دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	٠,٠٠٤	١	٠,٠٠٢	٠,٩٦٥. غير دالة
	الخطأ	١٤٧,٢٤	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٢٢٢,٦١	٧١		
استخدام الرياضيات	طريقة التدريس	٣٩,١٣	١	٢٨,٧٨	٠,٠٠١. دالة
	المرونة المعرفية	٢٨,٣٥	١	٢٠,٨٥	٠,٠٠١. دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	٣,١٣٥	١	٢,٣١	٠,١٣٤. غير دالة
	الخطأ	٩٢,٤٥	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	١٦٤,٤٤	٧١		
بناء التفسيرات	طريقة التدريس	٣٦,٧١	١	١٧,٨٢	٠,٠٠١. دالة
	المرونة المعرفية	٤٢,٤٨	١	٢٠,٦٢	٠,٠٠١. دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	١,١٥٧	١	٠,٥٦١	٠,٤٥٦. غير دالة
	الخطأ	١٤٠,٠٨	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٢٢١,٢٧	٧١		
اختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل	طريقة التدريس	٥٧٤,٤٤	٧١	٨٤,٧٩	٠,٠٠١. دالة
	المرونة المعرفية	٦٠١,٧٨	١	٨٨,٨٣	٠,٠٠١. دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	٧,٧٨٧	١	١,١٤	٠,٢٨٨. غير دالة
	الخطأ	٤٦٠,٦٤	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	١٦٥٣,٨٧	٧١		

باستقراء النتائج الواردة بالجدول (١٤) اتضح أن نتائج تحليل التباين المتعدد الثنائي تشير إلى وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى (α=٠,٠٥) في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة من الممارسات الأربع المتضمنة بالاختبار (طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، تحليل وتفسير البيانات، استخدام الرياضيات والتفكير المنطقي، بناء التفسيرات وتصميم الحلول)؛ حيث تعزى هذه الفروق لمتغير طريقة التدريس؛ حيث جاءت قيمة (ف) للاختبار ككل (٨٤,٧٩)، وللممارسات الأربع على الترتيب (٢٠,٤٨؛ ١٣,٥٤؛ ٢٨,٧٨؛ ١٧,٨٢) بدلالة إحصائية بلغت للاختبار ككل وللممارسات الأربع (٠,٠٠١)، ومتغير المرونة المعرفية، حيث جاءت قيمة (ف) للاختبار ككل (٨٨,٨٣)، وللممارسات الأربع على الترتيب (١٨,٣٩؛ ٢١,٢٣؛ ٢٠,٨٥؛ ٢٠,٦٢) بدلالة إحصائية بلغت للاختبار ككل وللممارسات الأربع (٠,٠٠١) مما يدل على أن كلًا من البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد ودرجة المرونة المعرفية أثرتا بشكل مستقل ومباشر على تنمية الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالاختبار لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي.

كما يتضح من الجدول (١٤) عدم وجود دلالة إحصائية عند مستوى (α=٠,٠٥) للتفاعل بين طريقة التدريس (البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة

المعرفية في أي من الممارسات أو في الدرجة الكلية للاختبار؛ حيث بلغت قيمة (ف) للتفاعل بين طريقة التدريس والمرونة المعرفية في الدرجة الكلية للاختبار (١,١٤٧) بدلالة إحصائية بلغت (٠,٢٨٨)، كما بلغت قيم (ف) للتفاعل بين طريقة التدريس والمرونة المعرفية في الممارسات العلمية والهندسية الأربع المتضمنة بالاختبار (٠,٠٠١؛ ٠,٠٠٢؛ ٢,٣٠٥؛ ٠,٥٦١) بدلالة إحصائية بلغت على الترتيب (٠,٩٩٦؛ ٠,٩٦٥؛ ٠,١٣٤؛ ٠,٤٥٦) وجميعها أكبر من مستوى (٠,٠٥)، وهو ما يعني أن أثر طريقة التدريس لا يختلف باختلاف درجة المرونة المعرفية، والعكس صحيح، مما يعزز فكرة أن كل متغير منهما يساهم بشكل منفصل في تحسين الأداء في الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة بالاختبار.

وفي ضوء ما تم عرضه من نتائج تم قبول الفرض الصفري السابع للبحث ونصُّه: لا يوجد تفاعل دال إحصائياً عند مستوى (α=٠,٠٥) بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في القياس البعدي لاختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة، وهذا يشير إلى أن أثر طريقة التدريس على تنمية الممارسات العلمية والهندسية لا يختلف باختلاف درجة المرونة المعرفية لدى التلاميذ، والعكس صحيح. أي أن كلا المتغيرين (طريقة التدريس، والمرونة المعرفية) يعملان بشكل مستقل دون وجود تأثير مركب بينهما.

ب) عرض نتائج بطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية

ارتبطت النتائج المعروضة بالفرض الصفري الثامن للبحث ونصه: لا يوجد تفاعل دال إحصائياً عند مستوى (α=٠,٠٥) بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة.

ولاختبار صحة الفرض الصفري الثامن للبحث، تم استخدام اختبار تحليل التباين المتعدد الثنائي Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) with Two Factors، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (١٥)

قيم (ف) الناتجة عن اختبار تحليل التباين المتعدد الثنائي لدرجات تلاميذ المجموعتين الضابطة والتجريبية مرتفعي ومنخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة (ن=٧٢)

المتغيرات	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	قيمة ف	الدلالة p
تصميم واستخدام النماذج	طريقة التدريس	١١٢,٩٨	١	٣٦,٦٥	٠,٠٠١ دالة
	المرونة المعرفية	١٨٦,٢١	١	٦٠,٢٦	٠,٠٠١ دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	١,٩٨٨	١	٠,٦٤٣	٠,٤٢٥ غير دالة
	الخطأ	٢١٠,١٠٥	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٥١٣,٣١٩	٧١		
تنفيذ الاستقصاءات	طريقة التدريس	١١٨,٤٩	١	٣٧,٣٩	٠,٠٠١ دالة
	المرونة المعرفية	١٨٨,٩١	١	٥٩,٦١	٠,٠٠١ دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	١,١٥٧	١	٠,٣٦٥	٠,٥٤٨ غير دالة
	الخطأ	٢١٥,٤٩	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٥٢٣,١١	٧١		

المتغيرات	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	قيمة ف	الدلالة p
الانخراط في الجدل	طريقة التدريس	١٢١,٩٤	١	٢٢,١٢	٠,٠٠١. دالة
	المرونة المعرفية	٩٧,٠٠٧	١	١٧,٦	٠,٠٠١. دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	٠,١٠٧	١	٠,٠٢٠.	٠,٨٨٩ غير دالة
	الخطأ	٣٧٤,٧٧	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٥٩٤,٦١	٧١		
الحصول على المعلومات	طريقة التدريس	١٣٦,٥٤	١	١٨,٨٨	٠,٠٠١. دالة
	المرونة المعرفية	٤٢,٤٨	١	٥,٨٧٥	٠,٠١٨. دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	٢,١٥٨	١	٠,٢٩٨.	٠,٥٨٧ غير دالة
	الخطأ المعياري	٤٩١,٧٤	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٦٧٥,٢٧	٧١		
اختبار الممارسات العلمية والهندسية ككل	طريقة التدريس	١٩٥٧,٤٣	١	١١٧,٠٢	٠,٠٠١. دالة
	المرونة المعرفية	١٩١٤,٧٢	١	١١٤,٤٧	٠,٠٠١. دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	٤,٥٤٢	١	٠,٢٧٢.	٠,٦٠٤ غير دالة
	الخطأ	١١٣٧,٣٦	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٥٠٣٠,٦٥	٧١		

باستقراء النتائج الواردة بالجدول (١٥) اتضح أن نتائج تحليل التباين المتعدد الثنائي تشير إلى وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى (α =٠,٠٥) في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة من الممارسات الأربع المتضمنة ببطاقة الملاحظة (تصميم واستخدام النماذج، تخطيط وإجراء الاستقصاءات، الانخراط في الجدل المستند للأدلة، الحصول على المعلومات وتقييمها ومشاركتها)؛ حيث تعزى هذه الفروق لمتغير طريقة التدريس؛ حيث جاءت قيمة (ف) للبطاقة ككل (١١٧,٠٢)، وللممارسات الأربع على الترتيب (٣٦,٥٦؛ ٣٧,٣٩؛ ٢٢,١٢؛ ١٨,٨٨) بدلالة إحصائية بلغت للبطاقة ككل وللممارسات الأربع (٠,٠٠١)، ومتغير المرونة المعرفية، حيث جاءت قيمة (ف) للبطاقة ككل (١١٤,٤٧٦)، وللممارسات الأربع على الترتيب (٦٠,٢٦٧؛ ٥٩,٦١؛ ١٧,٦؛ ٥,٨٧٥) بدلالة إحصائية بلغت للبطاقة ككل (٠,٠٠١) وللممارسات الأربع (٠,٠٠١؛ ٠,٠٠١؛ ٠,٠٠١؛ ٠,٠١٨) وهي أقل من مستوى الدلالة(α =٠,٠٥)، مما يدل على أن كلًا من البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد ودرجة المرونة المعرفية أثرتا بشكل مستقل ومباشر على تنمية الممارسات العلمية والهندسية المتضمنة ببطاقة الملاحظة لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي.

كما يتضح من الجدول (١٥) عدم وجود دلالة إحصائية عند مستوى (α =٠,٠٥) للتفاعل بين طريقة التدريس (البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية في أي من الممارسات أو في الدرجة الكلية للبطاقة؛ حيث بلغت قيمة (ف) للتفاعل بين طريقة التدريس والمرونة المعرفية في الدرجة الكلية للبطاقة (٠,٢٧٢) بدلالة إحصائية بلغت (٠,٦٠٤)، كما بلغت قيم (ف) للتفاعل بين طريقة التدريس والمرونة المعرفية في الممارسات العلمية والهندسية الأربع المتضمنة بالبطاقة (٠,٦٤٣؛ ٠,٣٦٥؛ ٠,٠٢٠؛ ٠,٢٩٨) بدلالة إحصائية بلغت على الترتيب (٠,٤٢٥؛ ٠,٥٤٨؛ ٠,٨٨٩؛ ٠,٥٨٧) وجميعها أكبر من مستوى (٠,٠٥)، وهو ما يعني أن أثر طريقة التدريس لا يختلف باختلاف درجة المرونة المعرفية، والعكس صحيح.

وفي ضوء ما تم عرضه من نتائج تم قبول الفرض الصفري الثامن للبحث ونصُّه: لا يوجد تفاعل دال إحصائياً عند مستوى (α =٠,٠٥) بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في القياس البعدي لبطاقة ملاحظة

الممارسات العلمية والهندسية ككل ولكل ممارسة على حدة، وبذلك أمكن الإجابة عن السؤال الخامس للبحث ونصه: ما أثر التفاعل بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في تنمية الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي؟ بأنه لا يوجد تفاعل بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في تنمية الممارسات العلمية والهندسية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي، أي أن كلا المتغيرين (طريقة التدريس، والمرونة المعرفية) يعملان بشكل مستقل دون وجود تأثير مركب بينهما.

وقد تُعزى النتيجة السابقة للعديد من الأسباب أبرزها:

- **استقلال أثر كل متغير عن الآخر:** تُشير النتيجة إلى أن كلاً من طريقة التدريس (بيئة ثلاثية الأبعاد أو معتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة أو مرتفعة) يؤثران بشكل مستقل على تنمية الممارسات العلمية والهندسية دون تفاعل مشترك بينهما. ويعني ذلك أن البيئة التعليمية يمكن أن تكون فعّالة في تحسين هذه الممارسات بغض النظر عن درجة مرونة التلميذ، وأن التلميذ مرتفع المرونة يمكنه تحسين أدائه بغض النظر عن نوع البيئة التي يتعلم فيها. ويتسق ذلك مع ما أشار إليه Canas et al. (2003) من أن المرونة المعرفية هي قدرة داخلية تُتيح للفرد تكييف استراتيجياته الذهنية للتعامل مع المواقف الجديدة، مما يجعل تأثيرها فاعلًا بمعزل عن العوامل البيئية.
- **قدرة بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد على تلبية احتياجات جميع التلاميذ:** توفّر البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد فرص تعلم متعددة المسارات والتفاعل مع المحتوى من خلال محاكاة، ونماذج، وتجارب افتراضية، ونصوص ديناميكية، مما يجعلها بيئة محفّزة لجميع التلاميذ، سواء كانوا من أصحاب المرونة المعرفية العالية أو المنخفضة؛ فهذه البيئة تتيح التفاعل الفردي الذي يُمكّن كل تلميذ من التحكم في إيقاع تعلمه، واختيار المسار الأنسب له، والعودة للمعلومة عند الحاجة، وبالتالي لا تحتاج بالضرورة إلى تفعيل خاص للمرونة المعرفية لتكون فعّالة، وهذا ما ينسجم مع ما أشار إليه Dalgarno (2002) بأن بيئات المحاكاة الغنية تسمح للمتعلم ببناء مسارات تعلمه بشكل مستقل، ما يقلل من الاعتماد على خصائصه الشخصية.
- **تحفيز كل متغير لمسارات معرفية مختلفة:** المرونة المعرفية تعمل على تنشيط آليات داخلية مثل التبديل بين المهام، والتفكير من زوايا متعددة، والانتقال السلس بين الاستراتيجيات، وهي عمليات تعتمد على البنية المعرفية للفرد، بينما تعمل طريقة التدريس، كاستخدام بيئة ثلاثية الأبعاد، على تحفيز سلوكيات تعلمية خارجية مثل الاستكشاف، والتفاعل مع المحتوى، واستخدام الأدوات الرقمية. ونظرًا لأن كل متغير يحفز بعدًا مختلفًا من أبعاد التعلم، فقد يكون من الطبيعي ألا يظهر تفاعل بينهما، وهو ما يتفق مع ما أشار إليه Braem & Egner (2018) بأن المرونة المعرفية تُعد قدرة على إعادة تشكيل المعرفة، لا تُقيد بطريقة تقديم المحتوى، بل تعمل على استثمار أي بيئة تعليمية متاحة.
- **طبيعة الممارسات العلمية والهندسية كمهارات مستقلة نسبياً:** فالممارسات العلمية والهندسية – مثل: طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، وتخطيط وتنفيذ الاستقصاءات، وتحليل وتفسير البيانات، بناء التفسيرات وتصميم الحلول، واستخدام الرياضيات والتفكير المنطقي، والمشاركة في الجدل المستند للأدلة ممارسات إجرائية تعتمد بشكل كبير على التدريب والممارسة، ويمكن تطويرها إما من خلال بيئة تعليمية ثرية أو من خلال امتلاك المتعلم لمهارات ذهنية عالية كالمرونة المعرفية. لكن تطوير هذه المهارات لا يتطلب بالضرورة اجتماع

هذين العاملين، بل قد يكفي وجود أحدهما. بمعنى أن التلميذ مرتفع المرونة يستطيع، حتى في بيئة تقليدية، تطوير تلك المهارات بمجهوده الذاتي، والتلميذ منخفض المرونة قد يستفيد بشدة من البيئة التفاعلية لدعم ممارساته، مما يبرر عدم وجود تفاعل بين المتغيرين.

- **التوازن في توزيع العينة على المعالجات**: فأحد العوامل الإحصائية التي قد تفسّر عدم ظهور تفاعل دال هو وجود توازن في عدد التلاميذ ذوي المرونة المرتفعة والمنخفضة في كل من البيئتين (الثلاثية الأبعاد والمعتادة)، وهذا التوزيع المتكافئ الحادث نتيجة العشوائية في التوزيع على المعالجات قد يكون قد ساعد في تقليل فرص ظهور أثر مشترك بين المتغيرين، مما أضعف فرصة الكشف عن تفاعل دال. وهذا ما يتسق مع القاعدة الإحصائية التي تشير إلى أن التفاعل لا يظهر بقوة إلا إذا كان هناك تباين واضح في الاستجابات بين المجموعات المتقاطعة.
- **وصول الأثر إلى درجة تشبع في كل متغير على حدة**: قد يكون كلاً من متغيري البحث (طريقة التدريس والمرونة المعرفية) قد حقق أعلى أثر ممكن على الممارسات العلمية والهندسية لدى التلاميذ، بحيث لم يَعُد بالإمكان أن يُنتج التفاعل بينهما أثرًا إضافيًا دالًا إحصائيًا؛ ففي مثل هذه الحالات، يشبّه بعض التربويين الأثر بـ"التشبع التربوي"، بمعنى أن كل متغير أعطى أقصى ما يمكنه تقديمه بشكل مستقل، ولم يُترك مجال لإظهار تفاعل مشترك، ويُشير Cohen (1988) في تفسيره لحجم الأثر إلى أنه عند وصول حجم الأثر إلى مستوى كبير جدًا لدى متغيرين مستقلين، فإن إمكانية ظهور تفاعل إضافي تقل تدريجيًا، وهو ما يبدو أنه حدث في هذا البحث.

وبناءً عليه، فإن عدم وجود تفاعل بين طريقة التدريس والمرونة المعرفية لا يُعد ضعفًا في أحد المتغيرين، بل يعكس فاعلية كل منهما على حدة، ويُبرز أهمية تصميم بيئات تعليمية تستجيب للخصائص الفردية للمتعلمين دون أن تكون مرهونة بها.

وبالنظر إلى النتيجة المتعلقة بأثر التفاعل بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد والطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (مرتفعة، منخفضة) في تنمية الممارسات العلمية والهندسية، ولأنه لا توجد – بحسب علم الباحثان – دراسات سابقة تناولت هذا التفاعل تحديدًا بين متغيري طريقة التدريس والمرونة المعرفية في مادة العلوم أو غيرها من المواد الدراسية؛ فقد تمَّت مناقشة النتيجة في ضوء فاعلية كل متغير على حدة؛ حيث اتفقت مع عديد من الدراسات التي تناولت أثر بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد في تحسين نواتج تعلم العلوم، مثل تنمية المهارات العملية، والتفكير البصري، والتحصيل، والانخراط في التعلم، ومنها دراسات: السيد (٢٠١٤)، وعبد الحق (٢٠١٩)، والمر (٢٠٢٠)، والناقة وزقوت (٢٠٢١)، والحنان وأحمد (٢٠٢١)، وخليفة (٢٠٢٣)، Al Amri et al., (2020); Xiao-Dong & Hong-Hui (2020)، Tüzün & Özdinç (2016);

كما اتفقت هذه النتيجة مع عدد من الدراسات التي أثبتت أثر المرونة المعرفية بوصفها متغيرًا معرفيًا داخليًا يرتبط بنواتج تعلم متعددة، مثل تحسين جودة التعلم كما في دراسة Davis et al. (2010)، والقدرة على التكيف مع الضغوط كما في Genet & Siemer (2011)، ورفع مستوى الإبداع كما في دراسة Chen et al., (2014)، وحل المشكلات كما في دراسة Gunduz (2013) وتدعمه أيضًا دراسات أكدت ارتباط المرونة المعرفية بسمات إيجابية مؤثرة في الأداء الأكاديمي، مثل دافعية الإنجاز كما في دراسة النجار (٢٠١٧)، والتفكير الإبداعي كما في

دراسة مقلد (٢٠٢٠)، والذكاء الوجداني كما في دراسة المحمدي (٢٠٢٢)، والتفكير المنظومي كما في دراسة الكفوري وآخرون (٢٠٢٣)، وبذلك جاءت نتائج البحث الحالي لتعكس تأثيرًا مستقلاً لكل من بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد والمرونة المعرفية، دون أن يكون بينهما تفاعل مشترك، وهو ما لم تتعرض له الأدبيات بشكل مباشر، مما يعكس إسهامًا بحثيًا جديدًا يمكن البناء عليه في دراسات لاحقة.

سادساً: عرض وتفسير ومناقشة النتائج المرتبطة بالسؤال السادس للبحث، ونصه: ما مدى وجود تفاعل بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في تنمية الطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي؟ وارتبطت هذه النتائج بالفرضين الصفري التاسع للبحث ونصه: لا يوجد تفاعل دال إحصائياً عند مستوى (α =٠,٠٥) بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في القياس البعدي لمقياس أبعاد الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة.

ولاختبار صحة الفرض الصفري السابع للبحث، تم استخدام اختبار تحليل التباين المتعدد الثنائي Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) with Two Factors، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (١٦)

قيم (ف) الناتجة عن اختبار تحليل التباين المتعدد الثنائي لدرجات تلاميذ المجموعتين الضابطة والتجريبية مرتفعي ومنخفضي المرونة المعرفية في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة (ن=٧٢)

المتغيرات	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	قيمة ف	الدلالة p
استخدام التكنولوجيا بفعالية	طريقة التدريس	٤٣	١	١٦,٥٩	٠,٠٠١ دالة
	المرونة المعرفية	٢٢٢,٣٥	١	١٢٤,٦٩	٠,٠٠١ دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	٠,٣٣٣	١	٠,١٨٧	٠,٦٦٧ غير دالة
	الخطأ	١٢١,٢٥	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٣٨٧,٥	٧١		
التفكير النقدي الرقمي	طريقة التدريس	٣٧,٥١	١	١٦,٥٩	٠,٠٠١ دالة
	المرونة المعرفية	١٧٩,٢٩٨	١	٧٩,٣	٠,٠٠١ دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	٠,٠١١	١	٠,٠٠٥	٠,٩٤٥ غير دالة
	الخطأ	١٥٣,٧٤	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٣٧٠,٦١	٧١		
الهوية الرقمية	طريقة التدريس	٣١,٢١	١	٢٠,١٩	٠,٠٠١ دالة
	المرونة المعرفية	٢٢٦,٢٨٣	١	١٤٦,٣٨	٠,٠٠١ دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	١,٢١٤	١	٠,٧٨٥	٠,٣٧٩ غير دالة
	الخطأ	١٠٥,١١	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٣٦٤,٦١	٧١		
التواصل والتعاون الرقمي	طريقة التدريس	٥٠,٧١	١	٢٠,٧٢	٠,٠٠١ دالة
	المرونة المعرفية	١٧٧,٨٩	١	٧٢,٧	٠,٠٠١ دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	١,٢١٤	١	٠,٤٩٦	٠,٤٨٤ غير دالة
	الخطأ	١٦٦,٣٩	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٣٩٥,٥	٧١		
مقياس الطلاقة الرقمية ككل	طريقة التدريس	٦٤٤,٦٦	٧١	٣٢,٩٤	٠,٠٠١ دالة
	المرونة المعرفية	٣٢١٢,٨٨	١	١٦٤,١٨	٠,٠٠١ دالة
	طريقة التدريس X المرونة المعرفية	٠,٢٢٣	١	٠,٠١١	٠,٩١٥ غير دالة

المتغيرات	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	قيمة ف	الدلالة p
	الخطأ	١٣٣٠,٦٧	٦٨		
	المجموع الكلي المصحح	٥١٩١,٧٧	٧١		

باستقراء النتائج الواردة بالجدول (١٦) اتضح أن نتائج تحليل التباين المتعدد الثنائي تشير إلى وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى (α =٠,٠٥) في القياس البعدي لمقياس الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة وهي (القدرة على استخدام التكنولوجيا بشكل فعال، التفكير النقدي الرقمي، الهوية والثقافة الرقمية)؛ حيث تعزى هذه الفروق لمتغير طريقة التدريس؛ فقد جاءت قيمة (ف) للمقياس ككل (٣٢,٩٤)، وللأبعاد الأربعة على الترتيب (٢٤,١١؛ ١٦,٥٩؛ ٢٠,١٩؛ ٢٠,٧٢) بدلالة إحصائية بلغت للمقياس ككل وللأبعاد الأربعة على الترتيب (٠,٠٠١)، ومتغير المرونة المعرفية، حيث جاءت قيمة (ف) للمقياس ككل (١٦٤,١٨)، وللأبعاد الأربعة على الترتيب (١٢٤,٦٩؛ ٧٩,٣؛ ١٤٦,٣٨؛ ٧٢,٧) بدلالة إحصائية بلغت للمقياس ككل وللأبعاد الأربعة (٠,٠٠١) مما يدل على أن كلًا من البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد ودرجة المرونة المعرفية أثرتا بشكل مستقل ومباشر على تنمية الطلاقة الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي.

كما يتضح من الجدول (١٦) عدم وجود دلالة إحصائية عند مستوى (α =٠,٠٥) للتفاعل بين طريقة التدريس (البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية في أي من الأبعاد الأربعة أو في الدرجة الكلية لمقياس الطلاقة الرقمية؛ حيث بلغت قيمة (ف) للتفاعل بين طريقة التدريس والمرونة المعرفية في الدرجة الكلية للمقياس (٠,٠١١) بدلالة إحصائية بلغت (٠,٩١٥)، كما بلغت قيم (ف) للتفاعل بين طريقة التدريس والمرونة المعرفية في الأبعاد الأربعة المتضمنة بالمقياس (٠,١٨٧؛ ٠,٠٠٥؛ ٠,٧٨٥؛ ٠,٤٩٦) بدلالة إحصائية بلغت على الترتيب (٠,٦٦٧؛ ٠,٩٤٥؛ ٠,٣٧٩؛ ٠,٤٨٤) وجميعها أكبر من مستوى (٠,٠٥)، وهو ما يعني أن أثر طريقة التدريس لا يختلف باختلاف درجة المرونة المعرفية، والعكس صحيح، مما يعزز فكرة أن كل متغير منهما يساهم بشكل منفصل في تحسين الأداء في أبعاد الطلاقة الرقمية المتضمنة بالمقياس.

وفي ضوء ما تم عرضه من نتائج تم قبول الفرض الصفري التاسع للبحث ونصُّه: لا يوجد تفاعل دال إحصائياً عند مستوى (α =٠,٠٥) بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في القياس البعدي لمقياس أبعاد الطلاقة الرقمية ككل ولكل بعد على حدة، وبذلك أمكن الإجابة عن السؤال السادس للبحث ونصه: ما أثر التفاعل بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في تنمية الطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي؟ بأنه لا يوجد تفاعل بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في تنمية الطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي، أي أن كلا المتغيرين (طريقة التدريس، والمرونة المعرفية) يعملان بشكل مستقل دون وجود تأثير مركب بينهما.

وتُفسر النتيجة الدالة على عدم وجود تفاعل بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد، الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة) في تنمية الطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي، من خلال الأسباب التالية:

- **استقلال تأثيركل من طريقة التدريس والمرونة المعرفية:** حيث تشير النتيجة إلى أن كلًا من بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد والمرونة المعرفية أسهما بشكل منفصل في تحسين الطلاقة الرقمية دون أن يتفاعلا؛ وهذا يتسق مع ما أشار إليه Braem & Egner (2018) من أن المرونة المعرفية تعمل كقدرة عقلية داخلية مستقلة تُمكِّن المتعلم من التكيف مع المواقف المستجدة، بينما تمثل بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد مثيرًا خارجيًا غنيًا يوفر مواقف تفاعلية ومحاكاة واقعية تُنمّي المهارات الرقمية. وبالتالي، فإن كل متغير يستهدف مسارًا مغايرًا من مسارات التعلم، مما يعزز من استقلالية أثره.
- **طبيعة المهارات الرقمية واستجابتها لعوامل مستقلة:** تتسم أبعاد الطلاقة الرقمية - مثل استخدام التكنولوجيا بفعالية، والتفكير النقدي الرقمي، والهوية الرقمية، والتواصل والتعاون الرقمي - بكونها تجمع بين البُعدين المعرفي والمهاري، ما يجعل استجابتها مرنة لمحفزات بيئية أو معرفية بشكل منفصل؛ فالبيئة ثلاثية الأبعاد تتيح فرصًا واقعية للتدريب العملي على المهارات الرقمية، في حين أن المرونة المعرفية كما عرّفها Canas et al., (2003) تمكّن المتعلم من التبديل السلس بين المهام والتكيف المعرفي، مما يسمح له بتحقيق نتائج متقدمة حتى في غياب البيئة التكنولوجية المتقدمة.
- **تماثل الاستفادة داخل كل فئة من التلاميذ:** أظهرت النتائج أن التلاميذ مرتفعي المرونة المعرفية أظهروا أداءً عاليًا في الطلاقة الرقمية سواء دُرِّسوا بالبيئة المعتادة أو الثلاثية الأبعاد، في حين استفاد منخفضو المرونة بشكل ملحوظ عند التدريس بالبيئة الثلاثية الأبعاد، مما يشير إلى أن كفاءة كل طريقة تدريس قد عوضت الفروقات في المرونة داخل الفئات، وهو ما يؤكد ما ذكره Gunduz (2013) بأن المرونة المعرفية تدعم التكيف الإيجابي مع متطلبات الموقف، لكنها لا تشترط بيئة تدريسية محددة كي تُمارَس بفاعلية.
- **قوة تأثيركل متغيركافية لإحداث تحسين مستقل:** كشفت النتائج أن كلًا من طريقة التدريس والمرونة المعرفية كان له أثر قوي ودال إحصائيًا في جميع الأبعاد، في حين كانت قيم ف للتفاعل بينهما منخفضة وغير دالة، مما يعني أن كل متغير يمتلك "طاقة تأثير" كافية لإحداث أثر بمفرده، ويدعم هذا التوجه ما ذكره Laureiro-Martínez et al.. (2009) من أن التكيف المعرفي هو عامل مستقل وفعال في الأداء، وأن بيئة التعلم الرقمية التي تتسم بالمرونة والاندماج، كما أشار رمود (٢٠١٩) إلى أنها تُعد عاملاً فعالاً في تنمية نواتج التعلم دون الحاجة إلى تفاعل مركب.
- **ثبات العلاقة بين المتغيرين عبر أبعاد الطلاقة الرقمية:** غياب التفاعل لم يقتصر على الدرجة الكلية، بل ظهر أيضًا في كل بُعد من الأبعاد الأربعة للطلاقة الرقمية، مما يشير إلى نمط ثابت للعلاقة بين المتغيرين، وهذا الثبات يعكس ما أشار إليه Hu & Spiro (2021) من أن بيئات التعلم التكنولوجي تمنح المتعلم أدوات متعددة تسمح له بإعادة تنظيم المعرفة وفقًا لخصائصه الشخصية، وبالتالي تقل الحاجة إلى دعم خارجي متغير بحسب قدرات المتعلم.
- **شمولية تصميم بيئة التعلم الثلاثية الأبعاد:** تم تصميم البيئة التعليمية في هذا البحث بناءً على خصائص مرنة وتفاعلية (كالتحكم الذاتي، والتجسيد، والتواصل متعدد الوسائط، والمشاركة الجماعية)، ما جعلها بيئة شاملة تستوعب الفروق الفردية في أنماط التفكير والمعالجة المعرفية، وهو ما أشار إليه Dalgarno (2002) و Minocha & Roberts (2008) بأن تصميمات هذه البيئات تُسهم في رفع التحصيل لدى فئات متنوعة من المتعلمين

دون الحاجة لتعديل استراتيجيات التعلم حسب السمات المعرفية، مما يضعف احتمالية ظهور التفاعل بين المتغيرات الشخصية والبيئية.

وبالنظر إلى النتيجة المتعلقة بأثر التفاعل بين طريقة التدريس (بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد والطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (مرتفعة، منخفضة) في تنمية الطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي، ولأنه لا توجد – بحسب علم الباحثان – دراسات سابقة تناولت هذا التفاعل تحديدًا بين متغيري طريقة التدريس والمرونة المعرفية في تنمية الطلاقة الرقمية بمادة العلوم أو غيرها من المواد الدراسية؛ فقد تمت مناقشة النتيجة في ضوء فاعلية كل متغير على حدة. إذ اتفقت هذه النتيجة مع عدد من الدراسات التي أكدت فاعلية بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد في تحسين نواتج تعلم العلوم الرقمية، مثل تنمية مهارات استخدام التكنولوجيا، والتحصيل الرقمي، والانخراط في التعلم التكنولوجي، والتفاعل مع الوسائط المتعددة، كما في دراسات: السيد (٢٠١٤)، وعبد الحق (٢٠١٩)، والمر (٢٠٢٠)، والناقة وزقوت (٢٠٢١)، والحنان وأحمد (٢٠٢١)، وخليفة (٢٠٢٣)، Tüzün & Özdinç (2016); Al Amri et al., (2020); Xiao-Dong & Hong-Hui (2020)

كما اتفقت هذه النتيجة مع دراسات متعددة أثبتت فاعلية المرونة المعرفية بوصفها متغيرًا معرفيًا داخليًا في تنمية نواتج تعلم متنوعة، مثل Davis et al., (2010) في تحسين جودة التعلم، و Genet & Siemer (2011) في تعزيز القدرة على التكيف مع التحديات الرقمية، و Chen et al. (2014) في رفع مستويات الإبداع، و Gunduz (2013) في تنمية القدرة على حل المشكلات، كما أكدت دراسات أخرى ارتباط المرونة المعرفية بسمات مؤثرة في الأداء الرقمي كدافعية الإنجاز كما في دراسة النجار(٢٠١٧)، والتفكير الإبداعي كما في دراسة مقلد (٢٠٢٠)، والذكاء الوجداني كما في دراسة المحمدي (٢٠٢٠)، والتفكير المنظومي كما في دراسة الكفوري وآخرون (٢٠٢٣). وبذلك تعكس نتائج البحث الحالي تأثيرًا مستقلًا لكل من بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد والمرونة المعرفية في تنمية الطلاقة الرقمية، دون أن يكون بينهما تفاعل مشترك، وهو ما لم تتعرض له الأدبيات بشكل مباشر، مما يمثل إسهامًا علميًا يمكن البناء عليه في دراسات لاحقة تهدف إلى فهم طبيعة العلاقة بين الاستعدادات المعرفية للمتعلمين وتصميمات البيئات التعليمية الرقمية.

محددات البحث

في ضوء ما توصل إليه البحث من نتائج حول فاعلية بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد المصممة وفق أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية بمادة العلوم لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري متباينى المرونة المعرفية، أمكن تحديد عدد من المحددات التي ينبغي أخذها في الاعتبار عند محاولة تعميم نتائج هذا البحث، وذلك على النحو التالي:

أ) التحديات التي واجهت تطبيق بيئة التعلم

- التفاوت في التعامل مع البيئة الرقمية: لاحظ الباحثان تفاوتًا في قدرة التلاميذ على التفاعل مع عناصر البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد، خاصة لدى ذوي المرونة المعرفية المنخفضة؛ حيث احتاج بعضهم إلى وقت أطول لفهم آليات العمل داخل هذه البيئة.

- ضعف البنية التحتية التقنية: واجه تطبيق البيئة تحديات في بعض المعاهد الأزهرية تمثلت في محدودية الأجهزة، أو ضعف الإنترنت، أو عدم توافر المعامل المزودة بالأدوات اللازمة لتطبيق الأنشطة العلمية داخل البيئة المصممة.
- نقص الخبرة في توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي: لم يتمكن بعض المعلمين من استثمار أدوات مثلChatGPT ، وUNREAL CHEMIST، و Monica بكفاءة عالية، نظرًا لحداثة هذه الأدوات، مما أثر على جودة تنفيذ الأنشطة التعليمية داخل البيئة.
- القصور في الدعم الفني المستمر: تطلب تنفيذ الأنشطة بعض التدخلات التقنية التي لم تكن متاحة بشكل مباشر، مما سبب تأخيرًا أو تعثرًا مؤقتًا في الأداء داخل بعض الجلسات التعليمية.
- عدم إشراك الأسرة في الدعم المنزلي للتعلم الرقمي: على الرغم من الطابع التفاعلي للبيئة المصممة، لم يتم تعزيز دور أولياء الأمور في دعم التلاميذ خارج ساعات الدوام، وهو ما يمكن أن يُحسن نتائج البيئة مستقبلًا.
- محدودية تطبيق البيئة في سياقات أخرى: اقتصر البحث على تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري، دون التحقق من مدى فاعلية البيئة المصممة في مراحل دراسية أو تخصصات تعليمية أخرى.

ب) متطلبات تعميم البيئة التعليمية ثلاثية الأبعاد

- توفير تدريب شامل ومخصص للمعلمين حول كيفية توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي داخل بيئة ثلاثية الأبعاد، مع مراعاة تفاوت مستوياتهم في المعرفة التكنولوجية.
- توفير بنية تحتية داعمة بالمعاهد الأزهرية من حيث الأجهزة والمرافق والتقنيات اللازمة لتنفيذ البيئة المصممة بفاعلية، إلى جانب ضمان وجود فريق دعم تقني لتسهيل الاستخدام.
- تكييف البيئة لمراحل تعليمية أخرى لتناسب خصائص المتعلمين بما يراعي الفروق العمرية والمعرفية والمهارية.
- تعديل مكونات البيئة التعليمية من حيث المحتوى والأنشطة لتتلاءم مع أهداف المواد الدراسية المختلفة، وليس فقط مادة العلوم.
- تعزيز تواصل الأسرة مع المدرسة لدعم التلاميذ عند استخدامهم للبيئة التعليمية في المنزل، وخاصة في ظل تزايد الاعتماد على التعليم الرقمي.

ج) حدود تعميم النتائج

- ركز البحث على متغيري طريقة التدريس (بيئة ثلاثية الأبعاد مقابل الطريقة المعتادة) ودرجة المرونة المعرفية (منخفضة، مرتفعة)، وأظهرت النتائج أن لكل منهما أثرًا مستقلًا في تنمية نواتج التعلم دون تفاعل مشترك، مما يشير إلى أهمية معالجة كل متغير في دراسات مستقبلية ضمن سياقات متنوعة.
- لم تتعرض الدراسات السابقة بشكل مباشر لأثر التفاعل بين بيئات التعلم ثلاثية الأبعاد والمرونة المعرفية، مما يُعد إسهامًا بحثيًا جديدًا لهذا البحث، ويستدعي إجراء مزيد من البحوث التجريبية في هذا السياق.

وفي النهاية، وبالنظر إلى النتائج التي أظهرها البحث الحالي حول فاعلية بيئة التعلم ثلاثية الأبعاد المصممة وفق أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة

الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري، تبرز الحاجة إلى مزيد من الدراسات المستقبلية لاستكشاف العوامل التي قد تؤثر في فاعلية هذه البيئة عند تطبيقها على نطاق أوسع وفي سياقات تعليمية مختلفة. كما أن معالجة التحديات التطبيقية التي برزت أثناء تنفيذ البيئة تمثل خطوة ضرورية لتطوير تصميمها وتحسين قابليتها للتكيف مع الظروف المتنوعة للمعاهد الأزهرية، وتعزيز قدرتها على التوسع والاعتماد المستدام ضمن منظومة التعليم الأزهري.

توصيات البحث

في ضوء نتائج البحث التي تم التوصل إليها أمكن صياغة التوصيات التالية:

١. **لكليات التربية وبرامج إعداد معلمي العلوم بالأزهر الشريف:** ضرورة تضمين مقررات الإعداد وحدات تدريبية تُعنى بتصميم بيئات تعلم تفاعلية **تُنمّي الممارسات العلمية والهندسية لدى المتعلمين**، وتُوظّف أدوات الذكاء الاصطناعي بوصفها وسائل مساندة، مع توفير تدريب عملي يُمكّن الطلاب المعلمين من دمج تلك البيئات في مواقف تدريسية تُحفّز التفكير العلمي والبحث والاستقصاء.

٢. **لمطوري مناهج العلوم في التعليم الأزهري:** مراجعة محتوى مناهج العلوم لتضمين أنشطة ومهام تعليمية تُركّز على ممارسة التفكير العلمي والهندسي بصورة واقعية، مع توظيف الوسائط الرقمية والتقنيات الحديثة بشكل يخدم هذه الممارسات، ويعزز من بناء الفهم العلمي العميق عبر تجارب تفاعلية رقمية.

٣. **لمسؤولي التنمية المهنية لمعلمي العلوم بالمعاهد الأزهرية:** تنفيذ برامج تدريبية مهنية تُمكّن المعلمين من تخطيط دروس تُركّز على تنمية الممارسات العلمية والهندسية باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي، مع إعداد أدلة تطبيقية تُبيّن كيفية توظيف البيئة التكنولوجية لتسهيل هذه الممارسات، وخلق تجارب تعلم واقعية ترتكز على الاستقصاء والتجريب والتفسير العلمي.

٤. **لمعلمي العلوم بالمرحلة الإعدادية الأزهرية:** الاستفادة من نتائج البحث في تبنّي نماذج تدريسية قائمة على الممارسة العملية للعلوم من خلال بيئات رقمية محفزة، وتوظيف أدوات الذكاء الاصطناعي بوصفها وسائط داعمة لتعزيز الممارسات العلمية والهندسية، وتنمية مهارات التفكير النقدي والتفسير العلمي لدى التلاميذ، مع مراعاة الفروق الفردية وتهيئة تعلم مرن ومحفّز.

٥. **لإدارات المعاهد الأزهرية:** تهيئة البيئة المدرسية لتيسير تطبيق بيئات التعلم الرقمية بما يخدم تنمية الممارسات العلمية والهندسية كمكون جوهري في تعلم العلوم، وتقديم الدعم الفني والمعنوي لمعلمي العلوم لتصميم دروس قائمة على التفاعل والتجريب، وتعزيز التكامل بين أقسام المواد العلمية والدعم التقني لضمان فعالية التنفيذ.

٦. **للباحثين في مجال تكنولوجيا التعليم والمناهج وطرق التدريس:** تشجيع إجراء دراسات علمية تُعنى بتحليل أثر البيئات الرقمية في تطوير الممارسات العلمية والهندسية بشكل مباشر، واستكشاف أدوات جديدة للذكاء الاصطناعي يمكن أن تُوظّف لتعميق تلك الممارسات، مع التوسع في استهداف متغيرات مثل التفكير النقدي، والبحث العلمي، واتخاذ القرار المستند إلى الأدلة.

المقترحات

في ضوء نتائج البحث وتوصياته يقترح القيام بالدراسات الآتية مستقبلًا:

١. تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على الذكاء الاصطناعي لتنمية المفاهيم العلمية والوعي بالمخاطر الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي.
٢. أثر استخدام استراتيجية التعلم القائم على المشروعات في تنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.
٣. فاعلية نموذج التعلم القائم على التصميم الهندسي في تنمية الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي.
٤. أثر تطبيق نموذج STEAM في تنمية التكامل بين الممارسات العلمية والهندسية والطلاقة الرقمية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.
٥. أثر توظيف نموذج التعلم القائم على حل المشكلات الرقمية في تعزيز الممارسات العلمية والطلاقة الرقمية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.
٦. فاعلية الواقع المعزز في تنمية الممارسات الهندسية والطلاقة الرقمية في دروس العلوم لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.
٧. فاعلية بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على أدوات الذكاء الاصطناعي في تنمية الاستيعاب المفاهيمي والكفاءة الرقمية لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي الأزهري.
٨. تصميم بيئة تعلم ثلاثية الأبعاد قائمة على الذكاء الاصطناعي لتنمية التفكير التحليلي في القضايا العلمية والوعي بالخصوصية الرقمية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية

إبراهيم، ابتسام علي أحمد. (٢٠٢٠). فاعلية تنظيم محتوى وحدة في العلوم وفق نموذج (VARK) في تنميَّة مستويات عمق المعرفة (DOK) والتصور الخيالي لدى تلاميذ الابتدائيَّة ذوي أنماط التعلم المختلفة. *المجلة التربويَّة-جامعة سوهاج*، (٧٤)، ١٢٢١-١٢٧٦.

أبو السعود، هاني إسماعيل موسى، الأسطل، إبراهيم حامد حسين والناقة، صلاح أحمد عبد الهادي. (٢٠٢٢). فعالية توظيف أنموذج نيدهام البنائي في تدريس العلوم لتنمية عمق المعرفة العلمية لدى طلبة الصف التاسع في غزة. *مجلة الجامعة الإسلامية للدراسات التربوية والنفسية، ٣٠* (٤)، ١ – ٢٥.

أبو غنيمة، عيد محمد عبد العزيز وعبد الفتاح، محمد عبد الرازق. (٢٠١٩). استخدام نموذج التعلم الخبراتي في تدريس العلوم لتنمية الممارسات العلمية والهندسية وبعض المهارات الاجتماعية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة البحث العلمي في التربية*، (٢٠)، ٥١٧-٥٥٨.

إسماعيل، دعاء سعيد محمود. (٢٠١٨). وحدة مقترحة في الكيمياء الحرارية في ضوء معايير العلوم للجيل القادم NGSS لتنمية فهم الأفكار الأساسية Core Idia وتطبيق الممارسات العلمية والهندسية لدى تلاميذ الصف الأول الثانوي. *مجلة كلية التربية-جامعة طنطا، ٧١* (٣)، ٨٦-١٤٨.

إسماعيل، عبد الرؤوف محمد محمد. (٢٠١٧). *تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في التعليم*. عالم الكتب.

الباز، مروة محمد محمد. (٢٠١٧). تطوير منهج الكيمياء للصف الأول الثانوي في ضوء مجال التصميم الهندسي لمعايير العلوم للجيل القادم NGSS وأثره في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى التلاميذ. *مجلة كلية التربية-جامعة بورسعيد*، (٢٢)، ١١٦١-١٢٠٦.

الجمعية المصرية للتربية العلمية. (٢٠٢٣؛ ٢٣ سبتمبر). *المؤتمر العلمي الثالث والعشرون: التربية العلمية وتطبيقات الذكاء الاصطناعي*. القاهرة، مصر. الجمعية المصرية للتربية العلمية، دار ضباط الإشارة قاعة الفيروز ألماظة، القاهرة https://bit.ly/42O1g0i

الحجاجي، سلمان خالد علي. (٢٠٢٢). المرونة المعرفية وعلاقتها بدافعية الاتقان لدى تلاميذ جامعة أم القرى. *مجلة عالم التربية*، (٧٢)، ١٣٤ – ١٧٧.

الحسيني، دعاء مجدي محمد، عطيفة، حمدي أبو الفتوح ومطاوع، ضياء الدين محمد عطية. (٢٠٢٤). خرائط التفكير المدعومة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي لتنمية التنور الكيميائي والتصور البصري المكاني لدى تلاميذ المرحلة الثانوية. *مجلة تطوير الأداء الجامعي، جامعة المنصورة، ٢٥* (١)، ١٦٤ – ١٨٧.

الحمادي، عبد الله. (٢٠١٩). الذكاء الاصطناعي في التعليم: التحديات والفرص. *مجلة البحوث التربوية والنفسية*، ٢٠ (١)، ١-٢٠.

الحنان، طاهر محمود محمد محمد وأحمد، محمد سعد الدين محمد. (٢٠٢١). أثر بيئة تعليمية إلكترونية ثلاثية الأبعاد في تدرس التاريخ لتنمية أبعاد الحوار الحضاري العالمي والمثابرة الأكاديمية لدى تلاميذ الصف الأول الثانوي. *مجلة البحث العلمي في التربية*، (٢٢)، ٥٤٧-٥٩٢.

خضر، سيد محمد سيد، إسماعيل، مجدي رجب وحسن، ياسر سيد. (٢٠٢٤). منهج رقمي مقترح في العلوم قائم على النظريات المعرفية لتنمية الممارسات العلمية والهندسية والمرونة المعرفية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *دراسات في المناهج وطرق التدريس*، (٢٦٢)، ١٦٩ – ١٩٨.

خليفة، غادة ربيع محمد. (٢٠٢٣). مستويان للاستغراق في بيئة تعلم إلكتروني افتراضية ثلاثية الأبعاد وأثرهما على تنمية مهارات إنتاج الرسومات الرقمية ثلاثية الأبعاد والانخراط في التعلم لدى تلاميذ برنامج إعداد معلم الحاسب الآلي. *تكنولوجيا التعليم-الجمعية المصرية لتكنولوجيا التعليم*، ٣٣ (١١)، ٣١٩-٤٦٨.

خليفة، محمد عبد الموجود علي، شهاب، منى عبد الصبور محمد، عبد الكريم، سحر محمد وصالح، آيات حسن. (٢٠٢١). تطوير منهج العلوم في ضوء الممارسات العلمية والهندسية وأثره في تنمية الفهم العميق لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة بحوث-جامعة عين شمس*، (١)، ٢٤٥-٢٩١.

خميس، محمد عطية. (٢٠٠٧). *الكمبيوتر التعليمى وتكنولوجيا الوسائط المتعددة*. مكتبه دار السحاب للنشر والتوزيع.

دسوقي، شيرين محمد أحمد. (٢٠٢٢). اليقظة العقلية وعلاقتها بالمرونة المعرفية لدى تلاميذ جامعة بورسعيد. مجلة كلية التربية-جامعة بورسعيد، (٤٠)، ٦١٤ – ٦٥٤.

الرخاوي، طلعت السعيد علي. (٢٠٢٣). *أثر التدريس بمنحنى STEAM في تنمية الدافعية نحو تعلم العلوم والممارسات العلمية والهندسية لدى طلبة الصف الثامن الأساسي* (رسالة ماجستير، جامعة السلطان قابوس). قاعدة بيانات دار المنظومة.

رمود، ربيع عبد العظيم. (٢٠١٩). اختلاف نمط الدعم الإلكتروني (شخصي، اجتماعي) ببيئة الحياة الثانية ثلاثية الأبعاد ومستوى دافعية التعلم (مرتفعة، منخفضة) لتنمية مهارات إنتاج الانفوجرافيك التعليمي لدى تلاميذ تقنيات التعليم. *المجلة التربوية-جامعة سوهاج*، (٦١)، ٢٥٣ - ٣٤٩.

الزعانين، جمال عبد ربه. (٢٠٢٠). أثر استراتيجيَّة البناء الدائري في تدريس وحدة الحركة الموجيَّة والصوت على مستويات العمق المعرفي لتحصيل العلوم، وتفسير الأحداث والظواهر العلميَّة، لتلاميذ الصَّفِّ الثامن بمحافظات غزة. *المجلة التربويَّة-جامعة الكويت*، ٣٤ (١٣٦)، ٢٨١-٣٢٠.

السيد، علياء على عيسى على. (٢٠٢٠). تصميم مواد تعليمية تعاونية قائمة على المدخل العلمي لتنمية عمق المعرفة الفيزيائية ومهارات الكتابة العلمية لدى تلميذات المرحلة الإعدادية. *المجلة التربوية-جامعة سوهاج*، (٧٨)، ٢٢٦٥ – ٢٣٣٤.

السيد، فايزة أحمد أحمد، معبد، علي كمال علي وأحمد، جيهان محمود محمد. (٢٠٢٣). بيئة افتراضية ثلاثية الأبعاد في تدريس التاريخ لتنمية بعض أبعاد التنور التاريخي لدى تلاميذ المرحلة الثانوية. *المجلة التربوية لتعليم الكبار*، ٥ (٤)، ١٢٤-١٤٨.

السيد، محمد حمدي أحمد. (٢٠١٤). أثر اختلاف تصميم بيئات القصص الرقمية التعليمية (ثنائية / ثلاثية) الأبعاد لتنمية مهارات التفكير البصري والتحصيل لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي. *مجلة التربية-جامعة الأزهر*، (١٦١)، ٢٠٩-٢٥٦.

الشريفين، نضال كمال محمد. (٢٠١٧). ما وراء التحليل للأبحاث المنشورة في المجلة الأردنية في العلوم التربوية: الدلالة العملية وقوة الاختبار. *مجلة اتحاد الجامعات العربية للتربية وعلم النفس*، ١٥ (٣)، ١٣٠ -١٧٠.

الشعيلي، علي بن هويشل بن علي والزيدية، زينب بنت إبراهيم بن زاهر. (٢٠٢٤). فاعلية تدريس العلوم باستخدام استراتيجية REACT في الممارسات العلمية والهندسية والتحصيل الدراسي لدى الطالبات العمانيات. *المجلة الدولية للدراسات التربوية والنفسية*، ١٣ (٣)، ٣٧١ – ٣٨٧.

طلبة، إيمان محمد السعيد. (٢٠١٩). منهج مقترح في ضوء الجيل التالي لمعايير العلوم NGSS وفاعليته في تنمية مهارات الاستقصاء العلمي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة البحث العلمي في التربية*، ٢٠ ، ٩٣٧-٩٥٢.

عبد الحق، هبة محمد حسن. (٢٠١٩). فاعلية بيئة افتراضية تعليمية ثلاثية الأبعاد لتنمية مهارات البرمجة لدى تلاميذ تكنولوجيا التعليم. *مجلة كلية التربية –جامعة بورسعيد*، (٢٥)، ١٠١١-١٠٣٠.

عبد الرحمن، عبد الرحمن فهمي محمد. (٢٠٢٢). *أثر اختلاف أنماط التشارك في بيئة التعليم المدمج التشاركي على تنمية مهارة الطلاقة الرقمية والكفاءة الذاتية الأكاديمية لدى تلاميذ المرحلة الثانوية* (رسالة ماجستير، جامعة جنوب الوادي). قاعدة بيانات دار المنظومة.

عبد الرحيم، عبد المنعم أحمد حسن. (٢٠١٩). *اتجاهات حديثة في تحليل نتائج البحوث* (ملف وورد). محاضرات غير منشورة، (ج١)، كلية التربية بنين بالقاهرة، جامعة الأزهر.

عبد الصمد، أسماء السيد محمد وأحمد كريمة محمود محمد. (٢٠٢٠). *تطبيقات الذكاء الاصطناعي ومستقبل تكنولوجيا التعليم*. المجموعة العربية للتدريب والنشر.

عبد اللطيف، أسامة جبريل أحمد، مهدى، ياسر سيد حسن وعبد الفتاح، سالي كمال إبراهيم. (٢٠٢٠). فاعلية نظام تدريس قائم على الذكاء الاصطناعي لتنمية الفهم العميق للتفاعلات النووية والقابلية للتعلم الذاتي لدى تلاميذ المرحلة الثانوية. *مجلة البحث العلمي في التربية*، (٢١)، ٣٠٧-٣٤٩.

العتيبي، عبد الله حشر مسفر وحج عمر، سوزان بنت حسين. (٢٠٢٢). أثر برنامج تطوير مهني مقترح قائم على الممارسات العلمية والهندسية في تنمية معتقدات معلمي العلوم بالمرحلة المتوسطة لأبعاد طبيعة العلم. *المجلة العربية للعلوم التربوية والنفسية*، (٢٩)، ٤٥٣-٤٩٢.

عز الدين، سحر محمد يوسف. (٢٠١٨). أنشطة قائمة على معايير العلوم للجيل القادم" NGSS" لتنمية الممارسات العلمية والهندسية والتفكير الناقد والميول العلمية لدى طالبات المرحلة الابتدائية بالسعودية. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢١ (١٠)، ٥٩-١٠٦.

عزمي، نبيل جاد. (٢٠١٥). *بيئات التعلم التفاعلية*. دار الفكر العربي.

عموش، علاء أحمد أمين محمد. (٢٠٢١). *تطوير محتوى منهج العلوم وفق المعايير المعاصرة وفاعليته في تنمية مهارات حل المشكلات لدى تلاميذ الحلقة الأولى من التعليم الأساسي* (رسالة ماجستير، جامعة الأزهر). قاعدة بيانات دار المنظومة.

عموش، علاء أحمد أمين محمد. (٢٠٢٤). فاعلية التدريس باستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تنمية عمق المعرفة والميل نحو استخدامها في تعلم العلوم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، *٢٧* (٤)، ٤٥-٩٧.

عموش، علاء أحمد أمين وعمارة، محمد طه فهمي. (٢٠٢٤). برنامج تدريبي مدمج لتنمية مهارات توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التدريس لدى تلاميذ شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية وأثره على مهارات التفكير المستقبلي لتلاميذهم. *مجلة البحث العلمي في التربية*، ٢٥ (٥)، ٢١١-٢٧٣.

الفيل، حلمي محمد حلمي. (٢٠١٤). *الإسهام النسبي لاستراتيجيات التعلم العميق والسطحي في التنبؤ بالمرونة المعرفية والاندماج النفسي والمعرفي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية* (عرض ورقة). المؤتمر السنوي الثلاثون لعلم النفس: كلية التربية بالغردقة.

القاضي، محمد سعد الدين أحمد. (٢٠٢٠). فاعلية الذات الإبداعية والمرونة المعرفية وعلاقتهما ببعض المتغيرات الديموغرافية. *مجلة العلوم التربوية-جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية*، (٢٣)، ٤٤٣-٥٢٦.

الكفوري، صبحي عبد الفتاح، السماحي، فريدة عبد الغني وعبد العال، انجي النادي أحمد. (٢٠٢٣). التفكير المنظومي وعلاقته بالمرونة المعرفية لدى المراهقين الموهوبين. مجلة كلية التربية-جامعة كفر الشيخ، (١١١)، ١٨٥ – ٢٠٥.

كلية التربية، جامعة الأزهر. (٢٠٢٤). *المؤتمر الدولي العاشر: الذكاء الاصطناعي ومنظومة التربية - الطموحات والمخاطر*. القاهرة، مصر. جامعة الأزهر.

محمد، سماح أحمد حسين. (٢٠٢٢). استخدام التعليم القائم على الظواهر في تدريس العلوم لتنمية مستويات عمق المعرفة العلمية والممارسات العلمية والهندسية لتلاميذ المرحلة الابتدائية. *مجلة كلية التربية، جامعة أسيوط*، ٣٨ (٩)، ١-٥٠.

محمد، شعبان حمدي طلب، منصور، نيفين منصور محمد السيد وخميس، محمد عطية. (٢٠٢١). كثافة التلميحات البصرية "المرتفعة، المنخفضة" الإنفوجرافيك التفاعلي في بيئة تعلم إلكتروني عبر الويب وأثرها على الطلاقة الرقمية وجودة إنتاج صفحات الويب التعليمية. *مجلة بحوث-جامعة عين شمس*، (١)، ٢٨٤-٣٣٢.

محمد، عبد الله علي وسيف، منى علي. (٢٠٢٠). استخدام الأنشطة الترفيهية في تنمية المفاهيم والممارسات العلمية والهندسية لمعايير الجيل القادم في العلوم لدى ذوي الاحتياجات الخاصة بالمرحلة الابتدائية. *المجلة التربوية-جامعة سوهاج*، (٧١)، ٧١٥-٧٤٦.

محمد، نجلاء إسماعيل السيد. (٢٠٢٤). فعالية نموذج الاستقصاء الثماني W'S٨ في تنمية الفهم العميق والممارسات العلمية والهندسية والاندماج الأكاديمي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة التربية، جامعة الأزهر*، (٢٠٤)، ١٨١-٢٥٧.

المحمدي، عفاف سالم. (٢٠٢٢). المرونة المعرفية وعلاقتها بالذكاء الوجداني لدى طالبات المرحلتين الثانوية والجامعية. *دراسات عربية في التربية وعلم النفس*، (١٤٢)، ٢٠١ – ٢٣٠.

المر، أماني نبيه. (٢٠٢٠). تصميم بيئة افتراضية انغماسيه ثلاثية الأبعاد لتنمية مهارات إنتاج الإنفو جرافيك لدى تلاميذ الدبلوم المهني بكلية التربية. *مجلة كلية التربية-جامعة طنطا، ٧٩* (٣)، ٩٣-١٢٠.

مركز جيل البحث العلمي وجامعة تيبازة. (٢٠١٦). *البيان الختامي للمؤتمر الدولي الحادي عشر حول التعلم في عصر التكنولوجيا الرقمية*. طرابلس، لبنان.

مصطفى، بشرى عبد الباقي أبو زيد وفرهود، منى عبد المنعم حسين. (٢٠٢٣). نمطا الإنفوجرافيك ثلاثي الأبعاد "المتحرك / التفاعلي" في بيئة تعلم افتراضية وأثرهما على تنمية المهارات العملية وخفض التجول العقلي لدى التلاميذ المعاقين سمعيا. *تكنولوجيا التعليم-الجمعية المصرية لتكنولوجيا التعليم، ٣٣* (٣)، ٢٣٣-٣٦٦.

مقلد، هالة كمال الدين حسن. (٢٠٢٠). اليقظة الذهنية والمرونة المعرفية كمنبئات بالتفكير الإبداعي لدى تلاميذ الجامعة. *مجلة كلية التربية-جامعة بنها، ٣١* (١٢٣)، ١ – ٤٢.

مؤتمر التعليم الإلكتروني والذكاء الاصطناعي. (٢٠٢٥، ٢-٤ يناير). دبي، الإمارات العربية المتحدة. *المؤتمر الدولي للتعليم الإلكتروني والذكاء الاصطناعي*. https://bit.ly/4hWTfKQ

مؤتمر التعليم والتكنولوجيا الرقمية. (٢٠٢٣، ٢٧-٢٩ يوليو). جامعة ابن زهر، أكادير، المغرب. *المؤتمر الدولي للتعليم والتكنولوجيا الرقمية*. https://bit.ly/3WXc9ZK

مؤتمر الذكاء الاصطناعي في التعليم. (٢٠٢٤، ٥-٧ يناير). دبي، الإمارات العربية المتحدة. *المؤتمر الدولي للذكاء الاصطناعي في التعليم*. https://bit.ly/3X335Th

الناقة، صلاح أحمد عبد الهادي وزقوت، ياسمين جمال محمود. (٢٠٢١). فاعلية بيئة تعليمية ثلاثية الأبعاد في تنمية مهارات التفكير البصري في مادة العلوم والحياة لدى طالبات الصف السادس الأساسي. *مجلة الجامعة الإسلامية للدراسات التربوية والنفسية*، ٢٩ (٣)، ٨٨٨-٩٠٤.

النجار، محمد أحمد السعيد. (٢٠١٧). علاقة المرونة المعرفية بدافعية الإنجاز لدي طلبة الصف الثاني الثانوي العام. *مجلة كلية التربية جامعة كفر الشيخ، ١٧* (١)، ٥٩٣-٦٢١.

ثانياً: رومنة المراجع العربية

Abdul Haq, Heba Mohammed Hassan (2019). The Effectiveness of A Three-Dimensional Virtual Learning Environment to Develop Programming Skills Among Education Technology Students (in Arabic). *Journal of the Faculty of Education, Port Said University*, (25), 1011–1030.

Abdul Latif, Osama Jibril Ahmed, Mahdi, Yasser Sayed Hassan, and Abdel Fattah, Sally Kamal Ibrahim. (2020). The Effect of Difference Collaboration Style in Collaborative Blended Learning on Developing the Skill of Digital Fluency and Academic Self-Efficacy for Secondary Stage Students (in Arabic). *Journal of Scientific Research in Education*, (21), 307-349.

Abdul Rahman, Abdul Rahman Fahmy Mohammed (2022). *The Effect of Difference Collaboration Style in Collaborative Blended Learning on Developing the Skill of Digital Fluency and Academic Self-Efficacy for Secondary Stage Students* (in Arabic) (Master's Thesis, South Valley University). Dar Al-Manzuma Database.

Abu Al-Saud, Hani Ismail Musa, Al-Astal, Ibrahim Hamid Hussein and Al-Naqah, Salah Ahmed Abdel-Hadi. (2022). The Effectiveness of Employing the Needham Constructive Model in Teaching Science to Develop the Depth of Scientific Knowledge among Ninth Grade Students in Gaza (in Arabic). *Journal of the Islamic University for Educational and Psychological Studies*, *30*(4), 1–25.

Abu Ghanima, Eid Muhammad Abd Al-Aziz and Abd Al-Fattah, Muhammad Abd Al-Raziq. (2019). Use of the Experiential Learning Model in the Teaching of Science to Develop Science and Engineering Practices and Some Social Skills among Primary School Students (in Arabic). *Journal of Scientific Research in Education,* (20), 517–558.

Al-Baz, Marwa Mohamed Mohamed. (2017). Development of Chemistry Curriculum for The 1st Grade Secondary in The Light of The Field of Engineering Design for The Next Generation Science Standards (ngss) and Its Impact on The Development of Students' Scientific and Engineering Practices (in Arabic). *Journal of the Faculty of Education, Port Said University*, (22), 1161-1206.

Al-Hajjaji, Salman Khaled Ali. (2022). Cognitive Flexibility and Its Relationship to Mastery Motivation among Umm Al-Qura University Students. *Journal of the World of Education*, (72), 134-177.

Al-Hamadi, Abdullah. (2019). Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities. *Journal of Educational and Psychological Research, 20*(1), 1-20.

Al-Hanan, Taher Mahmoud Mohamed Mohamed and Ahmed, Mohamed Saad El-Din Mohamed. (2021). The Impact of 3D E-Learning Environment in Teaching History for Developing the Dimensions of Global Civilizational Dialogue and Academic Perseverance Among First Grade Secondary Students (in Arabic). *Journal of Scientific Research in Education*, (22), 547-592.

Al-Husseini, Doaa Magdy Mohamed, Atifa, Hamdy Abu Al-Fotouh and Motawea, Diaa El-Din Mohamed Attia. (2024). Mind Maps Supported by Artificial Intelligence Applications to Develop Chemical Literacy and Visual-Spatial Visualization among Secondary School Students. *Journal of University Performance Development, Mansoura University, 25*(1), 164-187.

Al-Kafouri, Sobhi Abdel Fattah, Al-Samahi, Farida Abdel Ghani and Abdel-Aal, Angie El-Nadi Ahmad. (2023). Systematic Thinking and its Relationship with Cognitive Flexibility among Gifted Adolescents (in Arabic). *Journal of the Faculty of Education - Kafrelsheikh University*, (111), 185-205.

Al-Mar, Amani Nabih. (2020). Designing a Three-Dimensional Immersive Virtual Environment to Develop Infographic Production Skills among Professional Diploma Students at the Faculty of Education. *Journal of the Faculty of Education, Tanta University, 79*(3), 93–120.

Al-Najjar, Muhammad Ahmed Al-Saeed. (2017). The relationship between cognitive flexibility and achievement motivation among second-year secondary school students. *Journal of the Faculty of Education, Kafrelsheikh University, 17*(1), 593-621.

Al-Naqa, Salah Ahmed Abdel-Hadi and Zaqout, Yasmine Gamal Mahmoud. (2021). The Effectiveness of a Three-Dimensional Learning Environment for the Development of Visual Thinking Skills in Science and Life among Sixth-Grade Students in Gaza (in Arabic). J*ournal of the Islamic University for Educational and Psychological Studies, 29*(3), 888-904.

Al-Otaibi, Abdullah Hashr Misfer, and Hajj Omar, Susan Bint Hussein. (2022). The Impact of a Proposed Professional Development Program Based on Scientific and Engineering Practices in Developing the Beliefs of Science Teachers at the Intermediate Stage in the Dimensions of the Nature of

Science (in Arabic). *Arab Journal of Educational and Psychological Sciences*, (29), 453-492.

Al-Qadi, Muhammad Saad Al-Din Ahmad. (2020). The Creative Self and Cognitive Flexibility and their Relationship to some Demographic Variables (in Arabic). *Journal of Educational Sciences - Imam Muhammad ibn Saud Islamic University, (23), 443-526.*

Al-Rakhawi, Talaat Al-Saeed Ali. (2023). The Impact Of Teaching with A STEAM Approach On The Development Of Scientific, Engineering Practices, And Motivation Towards Learning Science Among Eighth-Grade Students (in Arabic) (Master's Thesis, Sultan Qaboos University). Dar Al-Manzomah Database.

Al-Sayed, Alia Ali Issa Ali. (2020). Designing a Cooperative Educational Materials Based on Scientific Approach to Develop Depth of Physical Knowledge and Scientific Writing Skills for Preparatory Stage Students (in Arabic). *Educational Journal - Sohag University,* (78), 2265–2334.

Al-Sayed, Faiza Ahmed Ahmed, Maabad, Ali Kamal Ali, and Ahmed, Jihan Mahmoud Mohammed. (2023). A three-dimensional virtual environment in teaching history to develop some dimensions of historical literacy among secondary school students. *Educational Journal for Adult Education, 5*(4), 124-148.

Al-Sayed, Mohammed Hamdi Ahmed. (2014). The effect of different designs of educational digital story environments (two-dimensional/three-dimensional) on developing visual thinking skills and achievement among first-year middle school students. *Journal of Education - Al-Azhar University*, (161), 209-256.

Al-Sharifin, Nidal Kamal Mohamed. (2017). Meta- Analysis of the Studies Published in the Jordan Journal of Educational Sciences: practical significance, and test power (in Arabic). *Arab Union of Universities Journal of Education and Psychology, 15*(3), 130–170.

Al-Shuaili, Ali bin Howishel bin Ali and Al-Zaidia, Zainab bint Ibrahim bin Zaher. (2024). The efficacy of using (REACT) strategy in enhancing science and engineering practices in science and academic achievement among female Omani student (in Arabic). *International Journal of Educational and Psychological Studies, 13*(3), 371-387.

Al-Za'anin, Gamal Abd Rabbo. (2020). The effect of the Circular construction Strategy in Teaching the unit "Wave Motion and Sound" on the levels of Cognitive Depth in Science Achievement and the Interpretation of Scientific events and

Phenomena among eighth-grade students in the Gaza Strip. *Educational Journal - Kuwait University, 34*(136), 281-320.

Amoush, Alaa Ahmed Amin and Amara, Mohamed Taha Fahmy. (2024). A Hybrid Training Progr am for Developing the Employment of the Artificial Intelligence Applications Skills in Teaching among the Biological and Geological Sciences Department Students and Its Impact on Their Future Thinking Skills (in Arabic). *Journal of Scientific Research in Education, 25*(5), 211-273.

Amoush, Alaa Ahmed Amin Mohamed. (2021). *Developing Science Curriculum Content Based on Contemporary Standards and its Effectiveness in Developing Problem-solving Skills among Primary School Pupils* (in Arabic) (Master's Thesis, Al-Azhar University). Dar Almanzoma Database.

Amoush, Alaa Ahmed Amin Mohamed. (2024). The Effectiveness of Teaching Using Artificial Intelligence Applications in Developing Knowledge Depth and Inclination towards their Use in Science Learning among First-Year Preparatory School Students (in Arabic). *Egyptian Journal of Science Education, 27*(4), 45-97.

Desouky, Sherine Mohamed Ahmed. (2022). Mindfulness and its Relation with Cognitive Flexibility among Students of Port Said University (in Arabic). *Journal of the Faculty of Education - Port Said University,* (40), 614-654.

Ebrahim, Ibtisam Ali. (2020). The effectiveness of organizing the content of a unit in science according to the VARK model in developing the depth of knowledge "DOK" and imagination imagery among primary school students with different learning styles (in Arabic). *Educational Journal, Sohag University,* (74), 1221-1276.

El-Mohammadi, Afaf Salem. (2022). Cognitive Flexibility and its Relationship to Emotional Intelligence among High School and University Female Students (in Arabic). Arab Studies in Education and Psychology, (142), 201–230.

Ezz El-Din, Sahar Mohamed Youssef. (2018). Activities Based on The Next Generation Science Standards (NGSS) to Develop Scientific and Engineering Practices, Critical Thinking and Scientific Tendencies in Science Among Female Students of Primary Stage in Saudi Arabia (in Arabic). *Egyptian Journal of Science Education, 21*(10), 59-106.

Ismail, Doaa Saeed Mahmoud. (2018). A Proposed Unit in Thermochemistry in Light of Next Generation Science Standards (NGSS) to Develop the Understanding of Core Ideas and The Application of Scientific and Engineering Practices Among First-Year Secondary Students (in Arabic).

Journal of the Faculty of Education, Tanta University, 71(3), 86–148.

Khalifa, Ghada Rabie Mohamed. (2023). Two levels of immersion in a three-dimensional virtual e-learning environment and their impact on the development of three-dimensional digital graphics production skills and engagement in learning among students in the computer teacher preparation program. *Educational Technology - Egyptian Society for Educational Technology, 33*(11), 319-468.

Khalifa, Mohamed Abdel Mawgoud Ali, Shihab, Mona Abdel Sabour Mohamed, Abdel Karim, Sahar Mohamed and Saleh, Ayat Hassan. (2021). Engineering Practices and its Impact on Developing Deep Understanding Skills for Preparatory School Students (in Arabic). *Research Journal - Ain Shams University*, (1), 245-291.

Khedr, Sayed Mohamed Sayed, Ismail, Magdy Ragab and Hassan, Yasser Sayed. (2024). A Proposed Digital Science Curriculum Based on Cognitive Theories to Develop Scientific and Engineering Practices and Cognitive Flexibility among Preparatory Stage Students (in Arabic). *Studies in Curricula and Teaching Methods*, (262), 169-198.

Mohamed, Abdullah Ali and Saif, Mona Ali. (2020). The Use of Recreation in The Development of Scientific and Geometric Concepts and Practices of Next-Generation Standards in Science with Special Needs in The Elementary Stage (in Arabic). *Educational Journal - Sohag University*, (71), 715-746.

Mohamed, Naglaa Ismail El-Sayed. (2024). The Effectiveness of 8W'S Model Inquiry in Developing Deep Understanding, Science and Engineering Practices and Academic Engagement for Preparatory School Students (in Arabic). *Journal of Education, Al-Azhar University*, (204), 181-257.

Mohamed, Samah Ahmed Hussein. (2022). Using phenomena-based learning in science teaching to develop the depth of scientific knowledge and scientific and engineering practices of primary school students (in Arabic). *Journal of the Faculty of Education, Assiut University, 38*(9), 1-50.

Mohamed, Shaaban Hamdy Talab, Mansour, Nevin Mansour Mohamed El-Sayed and Khamis, Mohamed Attia. (2021). Density of visual cues (high, low) with interactive infographics in a web-based e-learning environment and its impact on digital fluency and quality of educational webpage production (in Arabic). *Research Journal - Ain Shams University*, (1), 284-332.

Moqalled, Hala Kamal El-Din Hassan. (2020). Mindfulness and Cognitive Flexibility as Predictors of Creative Thinking in

University Students (in Arabic). *Journal of the Faculty of Education - Benha University, 31*(123), 1-42.

Mustafa, Bushra Abdel-Baqi Abu Zeid and Farhoud, Mona Abdel-Moneim Hussein. (2023). Two three-dimensional (animated/ interactive) infographic patterns in a virtual learning environment and their impact on developing practical skills and reducing wandering of hearing impaired students (in Arabic) . *Educational Technology - Egyptian Society for Educational Technology, 33*(3), 233-366.

Ramoud, Rabie Abdel Azim. (2019). The Difference in The Pattern of Electronic Support "Personal and Social" in The Three-Dimensional Second Life Environment and The Level of Learning Motivation "High or Low" for The Development of Educational Infographic Production Skills Among Students of Educational Technolog (in Arabic). E*ducational Journal - Sohag University,* (61), 253-349.

Talaba, Iman Mohammed Al-Saeed (2019). A suggested approach in light of the next generation of science standards ngss and its effectiveness in developing scientific investigation skills for prep students (in Arabic). *Journal of Scientific Research in Education, 20,* 937–952.

ثالثاً: المراجع الأجنبية

Al Amri, A. Y., Osman, M. E., & Al Musawi, A. S. (2020). The effectiveness of a 3D-virtual reality learning environment (3D-VRLE) on the Omani eighth grade students' achievement and motivation towards physics learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (Online), 15*(5), 4-16.

Ariza, J. Á. (2023). Bringing active learning, experimentation, and student-created videos in engineering: A study about teaching electronics and physical computing integrating online and mobile learning. *Computer Applications in Engineering Education, 31*(6), 1723-1749.

Ashford, R. (2015). *Guiding Learners Toward Digital Fluency. s*. Paper 6. https://bit.ly/4c0n1uK

Beetham, H. (2015, June 11). *Revisiting digital capability for 2015. Jisc Building Digital Capability Blog*. https://bit.ly/3C9AUuQ

Belshaw, D. (2012). *What is' digital literacy'? A Pragmatic investigation* (Doctoral dissertation, Durham University). https://bit.ly/3Yjn01K

Bologa, R., Lupu, A. R., Sabau, G., & Bologa, A. (2007, September). Digital fluency and its importance in educating young students for the knowledge age. *In Proceedings of the 7th*

WSEAS Int. Conf. on Distance Learning and Web Engineering (pp. 354-457).

Braem, S., & Egner, T. (2018). Getting a grip on cognitive flexibility. *Current directions in psychological science*, *27*(6), 470-476.

Buttelmann, F., & Karbach, J. (2017). Development and plasticity of cognitive flexibility in early and middle childhood. *Frontiers in psychology*, *8*, 1-6.

Canas, J., Quesada, J., Antoli, A., & Fajardo, I. (2003). Cognitive flexibility and adaptability to environmental changes in dynamic complex problem-solving tasks. *Ergonomics*, *46*(5), 482-501.

Chen, Q., Yang, W., Li, W., Wei, D., Li, H., Lei, Q., ... & Qiu, J. (2014). Association of creative achievement with cognitive flexibility by a combined voxel-based morphometry and resting-state functional connectivity study. *Neuroimage*, *102*, 474-483.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Second Edition). Lawrence Erlbaum Associates.

Coppin, B. (2004). *Artificial intelligence illuminated*. Jones & Bartlett Learning.

Dalgarno, B. (2002). The potential of 3D virtual learning environments: A constructivist analysis. Electronic *Journal of Instructional Science and Technology*, *5*(2), 3-6.

Davis, J. C., Marra, C. A., Najafzadeh, M., & Liu-Ambrose, T. (2010). The independent contribution of executive functions to health related quality of life in older women. *BMC geriatrics*, *10*, 1-8.

De Paolis, L. T., Arpaia, P., & Bourdot, P. (Eds.). (2021). *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics: 8th International Conference, AVR 2021, Virtual Event, September 7–10, 2021, Proceedings* (Vol. 12980). Springer Nature.

Demir, K., & Odabaşı, H. F. (2016). Dijital akıcılık kavramına eleştirel bir bakış. 4. *Uluslararası Öğretim Teknolojileri ve Öğretmen Eğitimi Sempozyumu*, *6*(8), 373-376.

Demir, K., & Odabaşı, H. F. (2022). Development of digital fluency scale: Validity and reliability study. *Themes in eLearning*, *15*, 1-20.

Devagiri, J. S., Paheding, S., Niyaz, Q., Yang, X., & Smith, S. (2022). Augmented Reality and Artificial Intelligence in industry: Trends, tools, and future challenges. *Expert Systems with Applications*, *207*, 118002.

Di Natale, A. F., Repetto, C., Riva, G., & Villani, D. (2020). Immersive virtual reality in K-12 and higher education: A 10-year systematic review of empirical research. *British Journal of Educational Technology*, *51*(6), 2006-2033.

Dickey, M. D. (2003). Teaching in 3D: Pedagogical affordances and constraints of 3D virtual worlds for synchronous distance learning. *Distance education*, *24*(1), 105-121.

Durmus Çemçem, G., Korkmaz, Ö., & Cakir, R. (2023). Investigation of Pre-Service Teachers' Levels of Digital Citizenship, Digital Wisdom, and Digital Fluency. *International Journal of Technology in Education*, *6*(3), 364-384.

Engel de Abreu, P. M., Abreu, N., Nikaedo, C. C., Puglisi, M. L., Tourinho, C. J., Miranda, M. C., ... & Martin, R. (2014). Executive functioning and reading achievement in school: a study of Brazilian children assessed by their teachers as "poor readers". *Frontiers in psychology*, *5*, 550.

Garcia, M. B. (2020a). Augmented Reality in History Education: An Immersive Storytelling of American Colonisation Period in the Philippines. *International Journal of Learning Technology*, *15*(3), 234-254.

Garcia, M. B. (2020b). Kinder Learns: An Educational Visual Novel Game as Knowledge Enhancement Tool for Early Childhood Education. The *International Journal of Technologies in Learning*, *27*(1), 13-34.

Genet, J. J., & Siemer, M. (2011). Flexible control in processing affective and non-affective material predicts individual differences in trait resilience. *Cognition and emotion*, *25*(2), 380-388.

Girvan, C., & Savage, T. (2010). Identifying an appropriate pedagogy for virtual worlds: A Communal Constructivism case study. *Computers & Education*, *55*(1), 342-349.

Govender, I. (2025). Digital Literacy and STEM Skills–What is the Connection? A Systematic Review. *Technology, Knowledge and Learning*, 1-22.

Gunduz, B. (2013). Emotional intelligence, cognitive flexibility and psychological symptoms in pre-service teachers. *Educational research and reviews*, 8(13), 1048-1056.

Hallez, J. E. (2008). The importance of science in the classroom and implications for teaching science effectively (Master's thesis, Regis University). https://bit.ly/40bzVlQ

Hu, Y., & Spiro, R. J. (2021). Design for now, but with the future in mind: a "cognitive flexibility theory" perspective on online learning through the lens of MOOCs. *Educational Technology Research and Development*, *69*, 373-378.

Hussein, M. H., Ow, S. H., Cheong, L. S., & Thong, M. K. (2019). A digital game-based learning method to improve students' critical thinking skills in elementary science. *Ieee Access, 7*, 96309-96318.

Kim, S., Chung, K., & Yu, H. (2013). Enhancing digital fluency through a training program for creative problem solving using computer programming. *The Journal of Creative Behavior*, *47*(3), 171-199.

Laureiro-Martínez, D., Brusoni, S., & Zollo, M. (2009). Cognitive flexibility in decision-making: A neurological model of learning and change. *CROMA-Center for Research in Organization and Management-Bocconi University, 1*, 1-43.

Lesley, G., Loren, N., & Kambria, E. (2017). *Using Online Simulations to Support the NGSS in Middle School Classrooms*. https://bit.ly/4h8tczO

Li, P., Legault, J., Klippel, A., & Zhao, J. (2020). Virtual reality for student learning: Understanding individual differences. *Human Behaviour and Brain*, *1*(1), 28-36.

Milanesio, G., C. (2017*). The Next Generation Science Standards (NGSS), as defined by the National Research Council (NRC) and its impact on student's critical thinking and communication skills* [Doctoral dissetertation, Concordia University]. ProQuest Dissertations Publishing.

Miller, C., & Bartlett, J. (2012). 'Digital fluency': towards young people's critical use of the internet. *Journal of Information Literacy*, *6*(2), 35-55.

Minocha, S., & Roberts, D. (2008). Laying the groundwork for socialisation and knowledge construction within 3D virtual worlds. *ALT-J*, *16*(3), 181-196.

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13165.

Neelakantam, S., & Pant, T. (2017). *Learning web-based virtual reality: build and deploy web-based virtual reality technology*. Apress.

Nelson, B., Ketelhut, D. J., Clarke, J., Bowman, C., & Dede, C. (2005). Design-based research strategies for developing a scientific inquiry curriculum in a multi-user virtual environment. *Educational Technology*, 21-28.

New Media Consortium and EDUCAUSE Learning Initiativ. (2007). *2007 Horizon Report*. https://bit.ly/40BLoML

Next Generation Science Standard Lead States. (2013f). *Next Generation Science Standards: For States, By States:*

Appendix F-Science and Engineering Practices in the NGSS. http://www.nextgenscience.org.

Niessen, S. (2013). *What is digital fluency. Inquiry Paper*, EC&I, 830.

Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *2*, 1-6.

Pallavicini, F., & Pepe, A. (2019, October). Comparing player experience in video games played in virtual reality or on desktop displays: Immersion, flow, and positive emotions. In Extended abstracts of the annual symposium on computer-human interaction in play companion extended abstracts (pp. 195-210).

Parong, J., & Mayer, R. E. (2021). Learning about history in immersive virtual reality: does immersion facilitate learning?. *Educational Technology Research and Development*, *69*(3), 1433-1451.

Pombo, C., Gupta, R., & Stankovic, M. (2018). *Social services for digital citizens: Opportunities for Latin America and the Caribbean*. Inter-American Development Bank.

Potter, S. (2014). *Teaching biology with engineering practices* [Master's thesis, Michigan State University]. ProQuest Dissertations Publishing.

Prasolova-Førland, E. (2008). Analyzing place metaphors in 3D educational collaborative virtual environments. *Computers in Human Behavior*, *24*(2), 185-204.

Rowland, R. Z. (2014). *Effects of incorporating selected next generation science standard practices on student motivation and understanding of biology content* [Master's thesis, Montana State University], Montana. https://bit.ly/40stw75

Spiro, R. J., Coulson, R. L., Feltovich, P. J., & Anderson, D. K. (2019, October). Cognitive flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. In *10th Annual Conference Cognitive Science Society Pod* (pp. 375-383). Psychology Press.

Scavarelli, A., Arya, A., & Teather, R. J. (2021). Virtual reality and augmented reality in social learning spaces: a literature review. *Virtual Reality*, *25*(1), 257-277.

Shon, G. H. (2017). *The Effects of Next Generation Science Standards (NGSS)-Aligned Curriculum on Fostering Environmental Literacy* [Master's thesis, California State University]. ProQuest Dissertations Publishing.

Sun, Z., Anbarasan, M., & Praveen Kumar, D. J. C. I. (2021). Design of online intelligent English teaching platform based on

artificial intelligence techniques. *Computational Intelligence*, *37*(3), 1166-1180.

Tüzün, H., & Özdinç, F. (2016). The effects of 3D multi-user virtual environments on freshmen university students' conceptual and spatial learning and presence in departmental orientation. *Computers & Education*, *94*, 228-240.

Wang, L. H., Chen, B., Hwang, G. J., Guan, J. Q., & Wang, Y. Q. (2022). Effects of digital game-based STEM education on students' learning achievement: a meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, *9*(26), 1-13.

Wang, Q., Myers, M. D., & Sundaram, D. (2013). Digital natives and digital immigrants: Towards a model of digital fluency. *Wirtschaftsinformatik, 55*, 409-420.

White, G. K. (2013). *Digital fluency: skills necessary for learning in the digital age*.1-12. https://bit.ly/3YmnVyv

Whittington, K. L. (2017). *How does a Next Generation Science Standard Aligned, Inquiry Based, Science Unit Impact Student Achievement of Science Practices and Student Science Efficacy in an Elementary Classroom*?[Master's thesis, Portland State University]. ProQuest Dissertations Publishing.

Xiao-Dong, L., & Hong-Hui, C. (2020). Research on VR-supported flipped classroom based on blended learning-a case study in learning English through news. *International Journal of Information and Education Technology*, *10*(2), 104-109.

Xu, L., Zhang, J., Ding, Y., Sun, G., Zhang, W., Philbin, S. P., & Guo, B. H. (2022). Assessing the impact of digital education and the role of the big data analytics course to enhance the skills and employability of engineering students. *Frontiers in Psychology*, *13*, 974574.

Zhao, J., Xu, X., Jiang, H., & Ding, Y. (2020). The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: a meta-analysis of randomized controlled studies. *BMC medical education*, *20*, 1-10.