العدد 4 No 4
تموز 2026 July 2026
مجلة ساوة للدراسات الانسانية
Sawah Journal of Humanities
E-ISSN 3106 - 8324 P-ISSN 3106 - 8316
مجلة محكمة تصدر عن
جامعة ساوة الاهلية

أثر توظيف المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تنمية التفكير الكيميائي وحل المشكلات لدى طلبة المرحلة الثانوية

م.م رحاب محمد رياض
مديرية تربية القادسية

الملخص
يهدف هذا البحث إلى التعرف على أثر توظيف المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تنمية التفكير الكيميائي ومهارات حل المشكلات لدى طلبة المرحلة الثانوية. اعتمد البحث المنهج التجريبي ذا التصميم شبه التجريبي، حيث تم اختيار عينة من طلبة الصف الرابع العلمي في إحدى المدارس الثانوية، وقُسمت إلى مجموعتين: تجريبية درست باستخدام المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، وضابطة درست بالطريقة التقليدية.تم إعداد أداتين للبحث تمثّلتا في اختبار التفكير الكيميائي واختبار مهارات حل المشكلات، وقد تم التحقق من صدقهما وثباتهما وفق الأساليب الإحصائية المناسبة. طُبّقت الأدوات قبليًا وبعديًا على مجموعتي البحث، واستُخدمت الوسائل الإحصائية المناسبة لتحليل البيانات.أظهرت نتائج البحث وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (٠.٠٥) بين متوسطي درجات طلبة المجموعتين لصالح المجموعة التجريبية في كل من التفكير الكيميائي ومهارات حل المشكلات، مما يشير إلى فاعلية توظيف المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تحسين مخرجات التعلم.ويُعزى ذلك إلى ما توفره هذه المختبرات من بيئة تعلم تفاعلية تكيفية تراعي الفروق الفردية، وتدعم التعلم الذاتي، وتعزز الفهم العميق للمفاهيم الكيميائية. وفي ضوء النتائج، أوصى البحث بضرورة توظيف التقنيات الذكية في تدريس العلوم، وتدريب المدرسين على استخدامها، وإجراء المزيد من الدراسات في مجالات علمية مختلفة.

الكلمات المفتاحية: المختبرات الافتراضية، الذكاء الاصطناعي، التفكير الكيميائي، حل المشكلات، التعليم الثانوي.

The Effect of AI-Supported Adaptive Virtual Laboratories on Developing Chemical Thinking and Problem-Solving Skills among Secondary School Students

Rehab Mohammed Riyad
Rehabmohamedreyad@gmail.com

Abstract
This study aims to investigate the effect of employing AI-supported adaptive virtual laboratories on developing chemical thinking and problem-solving skills among secondary school students. The study adopted a quasi-experimental design, in which a sample of fourth-grade scientific stream students from a secondary school was selected and divided into two groups: an experimental group taught using AI-supported adaptive virtual laboratories, and a control group taught using the traditional method.Two research instruments were developed: a chemical thinking test and a problem-solving skills test. The validity and reliability of the instruments were verified using appropriate statistical methods. The instruments were administered pre- and post-tests to both groups, and appropriate statistical techniques were used to analyze the data. The results revealed statistically significant differences at the (0.05) level between the mean scores of the two groups in favor of the experimental group in both chemical thinking and problem-solving skills. This indicates the effectiveness of AI-supported adaptive virtual laboratories in enhancing learning outcomes.These findings can be attributed to the interactive and adaptive

learning environment provided by such laboratories, which considers individual differences, promotes self-directed learning, and enhances deep understanding of chemical concepts. Based on the results, the study recommends integrating intelligent technologies into science education, training teachers on their use, and conducting further studies across different scientific disciplines.

Keywords: Virtual laboratories, Artificial Intelligence, Chemical Thinking, Problem Solving, Secondary Education.

مشكلة البحث (Research Problem).

يشهد العالم تطورًا متسارعًا في مجال تكنولوجيا التعليم، لاسيما مع ظهور تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي أسهمت في تطوير بيئات تعلم تفاعلية قادرة على تلبية احتياجات المتعلمين المختلفة. وعلى الرغم من هذا التطور، لا يزال تدريس مادة الكيمياء في المرحلة الثانوية يعتمد في كثير من الأحيان على الأساليب التقليدية التي تركز على الحفظ والاستظهار، مما يؤدي إلى ضعف في تنمية التفكير الكيميائي لدى الطلبة، وقصور في قدرتهم على حل المشكلات العلمية التي تتطلب الفهم العميق والتحليل والتطبيق.

كما أن المختبرات المدرسية التقليدية تواجه العديد من التحديات، مثل نقص التجهيزات، وضيق الوقت، ومحدودية الإمكانات، فضلاً عن المخاطر المرتبطة بإجراء بعض التجارب الكيميائية، الأمر الذي يحدّ من فرص التعلم العملي الفعّال. ومن هنا برزت الحاجة إلى توظيف المختبرات الافتراضية، ولاسيما التكيفية منها المدعومة بالذكاء الاصطناعي، التي توفر بيئة تعلم آمنة وتفاعلية وقابلة للتخصيص وفق مستويات الطلبة واحتياجاتهم.

وعلى الرغم من أهمية هذه التقنيات، إلا أن توظيفها في تدريس الكيمياء ما زال محدودًا في البيئات التعليمية المحلية، كما أن هناك ندرة في الدراسات التي تناولت أثر المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تنمية التفكير الكيميائي ومهارات حل المشكلات لدى طلبة المرحلة الثانوية.

وبناءً على ذلك، تتحدد مشكلة البحث في الإجابة عن السؤال الرئيس الآتي:

ما أثر توظيف المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تنمية التفكير الكيميائي ومهارات حل المشكلات لدى طلبة المرحلة الثانوية؟

ويتفرع عن هذا السؤال الأسئلة الآتية:

هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات طلبة المجموعة التجريبية والضابطة في اختبار التفكير الكيميائي؟

هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات طلبة المجموعة التجريبية والضابطة في اختبار مهارات حل المشكلات؟

أهداف البحث (Research Objectives)

يهدف البحث الحالي إلى تحقيق الأهداف الآتية:

١-التعرّف على أثر توظيف المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تنمية التفكير الكيميائي لدى طلبة المرحلة الثانوية.

٢-الكشف عن أثر استخدام المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تنمية مهارات حل المشكلات لدى طلبة المرحلة الثانوية.

٣-المقارنة بين أداء طلبة المجموعة التجريبية والضابطة في اختبار التفكير الكيميائي بعد تطبيق التجربة.

٤-المقارنة بين أداء طلبة المجموعة التجريبية والضابطة في اختبار مهارات حل المشكلات بعد تطبيق التجربة.

٥-تحديد فاعلية المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تحسين مخرجات تعلم مادة الكيمياء.

٦-تقديم توصيات تربوية بشأن توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي والمختبرات الافتراضية في تدريس العلوم، ولاسيما مادة الكيمياء

حدود البحث (Research Limits)
يتحدد البحث الحالي بالحدود الآتية:
الحدود البشرية:
اقتصر البحث على عينة من طلبة المرحلة الثانوية (الصف الرابع العلمي).
الحدود المكانية:
طُبّق البحث في اعدادية السرورالتابعة لمديرية تربية القادسية.
الحدود الزمانية:
تم تنفيذ التجربة خلال الفصل الدراسي (الثاني) من العام الدراسي (٢٠٢٥–٢٠٢٦).
٤-الحدود الموضوعية:
اقتصر البحث على دراسة أثر توظيف المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تنمية:
*التفكير الكيميائي
*مهارات حل المشكلات
ضمن موضوعات محددة من منهج الكيمياء للصف الرابع العلمي الفصل الدراسي الثاني
٥-الحدود الأداتية:
تم استخدام أداتين لقياس متغيرات البحث، هما:
اختبار التفكير الكيميائي
اختبار مهارات حل المشكلات
فرضيات البحث (Research Hypotheses)
صيغت فرضيات البحث بصيغة الفرضيات الصفرية (Null Hypotheses) وعلى النحو الآتي:
١-لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠.٠٥) بين متوسط درجات طلبة المجموعة التجريبية الذين يدرسون باستخدام المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، ومتوسط درجات طلبة المجموعة الضابطة الذين يدرسون بالطريقة التقليدية في اختبار التفكير الكيميائي البعدي.
٢-لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠.٠٥) بين متوسط درجات طلبة المجموعة التجريبية وطلبة المجموعة الضابطة في اختبار مهارات حل المشكلات البعدي.
٣-لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠.٠٥) بين متوسط درجات طلبة المجموعة التجريبية في اختبار التفكير الكيميائي القبلي والبعدي.
٤-لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠.٠٥) بين متوسط درجات طلبة المجموعة التجريبية في اختبار مهارات حل المشكلات القبلي والبعدي.
التعريفات الإجرائية (Operational Definitions)
١- المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي
تُعرّف إجرائيًا بأنها: بيئة تعلم رقمية تفاعلية قائمة على تقنيات الذكاء الاصطناعي، تتيح لطلبة الصف الرابع العلمي إجراء تجارب كيميائية افتراضية، مع تقديم محتوى وأنشطة تعليمية متكيفة وفق مستوى أداء الطالب واستجاباته.
٢-الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence)
يُعرّف إجرائيًا بأنه: مجموعة الخوارزميات والتقنيات الرقمية المدمجة في بيئة المختبر الافتراضي، والتي تُستخدم لتحليل استجابات الطلبة وتكييف المحتوى التعليمي وتقديم تغذية راجعة فورية تدعم عملية التعلم.
٣-التفكير الكيميائي (Chemical Thinking)
يُعرّف إجرائيًا بأنه: قدرة طلبة الصف الرابع العلمي على فهم المفاهيم والتفاعلات الكيميائية وتحليلها وتفسيرها وتطبيقها في مواقف جديدة، ويُقاس في هذا البحث بالدرجة التي يحصل عليها الطالب في اختبار التفكير الكيميائي المعدّ لهذا الغرض.
٤-مهارات حل المشكلات (Problem-Solving Skills)

تُعرّف إجرائيًا بأنها: قدرة الطلبة على تحديد المشكلة الكيميائية وتحليلها ووضع الفرضيات واختيار الحلول المناسبة وتطبيقها وتقييمها، ويُقاس ذلك بالدرجة التي يحصل عليها الطالب في اختبار مهارات حل المشكلات المستخدم في هذا البحث.

٥-طلبة المرحلة الثانوية

يُعرّفون إجرائيًا بأنهم: طلبة الصف الرابع العلمي في إعدادية السرور التابعة لمديرية تربية القادسية، والمسجلون رسميًا للعام الدراسي (٢٠٢٥–٢٠٢٦).

أولًا: الإطار النظري

١. المختبرات الافتراضية في تدريس الكيمياء

تُعد المختبرات الافتراضية من التطبيقات الحديثة في تكنولوجيا التعليم، إذ توفر بيئة رقمية تفاعلية تمكّن الطلبة من إجراء التجارب العلمية بطريقة تحاكي الواقع دون الحاجة إلى أدوات مادية. وقد أشار (Hofstein & Lunetta, 2004, p. 30) إلى أن المختبرات تمثل عنصرًا أساسيًا في تعلم العلوم، لما لها من دور في تنمية الفهم المفاهيمي والمهارات العلمية.

ومع تطور التكنولوجيا، ظهرت المختبرات الافتراضية كبديل أو مكمل للمختبرات التقليدية، حيث تتيح للطلبة التفاعل مع التجارب بشكل آمن ومرن، خاصة في ظل محدودية الإمكانات أو المخاطر المرتبطة بالتجارب الكيميائية (Tatli & Ayas, 2013, p. 162).

كما تتميز المختبرات الافتراضية بإمكانية تكرار التجربة عدة مرات، والتحكم في المتغيرات، وتقديم تغذية راجعة فورية، مما يعزز التعلم العميق ويزيد من دافعية الطلبة (De Jong et al., 2013, p. 307).

٢. المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي

أدى دمج الذكاء الاصطناعي في التعليم إلى ظهور بيئات تعلم تكيفية قادرة على مراعاة الفروق الفردية بين الطلبة. ويشير (Holmes et al., 2019, p. 45) إلى أن الأنظمة التكيفية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي تعمل على تحليل أداء المتعلم وتقديم محتوى مناسب لمستواه بشكل ديناميكي.

وفي سياق المختبرات الافتراضية، يسهم الذكاء الاصطناعي في:

*تخصيص مسار التعلم

*تقديم تغذية راجعة ذكية

*دعم التعلم الذاتي

وقد أوضح (Luckin et al., 2016, p. 88) أن هذه البيئات التكيفية تسهم في تحسين نواتج التعلم من خلال تقديم تجارب تعليمية موجهة لكل متعلم.

٣. التفكير الكيميائي

يُعد التفكير الكيميائي أحد الأهداف الرئيسة لتدريس الكيمياء، إذ يتضمن قدرة الطالب على تفسير الظواهر الكيميائية وربطها بالمفاهيم العلمية. ويشير (Gilbert & Treagust, 2009, p. 12) إلى أن التفكير الكيميائي يتطلب الانتقال بين المستويات الثلاثة: الماكروسكوبي، والميكروسكوبي، والرمزي.

كما يرى (Johnstone, 1991, p. 76) أن صعوبة تعلم الكيمياء تعود إلى طبيعتها المجردة، مما يستدعي استخدام استراتيجيات تدريس حديثة تساعد على تنمية هذا النوع من التفكير.

وتُعد المختبرات الافتراضية من الأدوات الفعالة في هذا المجال، حيث تساعد الطلبة على تصور التفاعلات الكيميائية وفهمها بشكل أعمق.

٤. مهارات حل المشكلات

تُعد مهارات حل المشكلات من المهارات العليا التي يسعى التعليم الحديث إلى تنميتها. ويعرّف (Polya, 1973, p. 5) حل المشكلات بأنه عملية تتضمن فهم المشكلة، ووضع خطة للحل، وتنفيذها، ثم التحقق من النتائج.

وفي مجال الكيمياء، تتطلب المشكلات العلمية مهارات تحليلية وتفكيرًا نقديًا، وهو ما أكد عليه (Jonassen, 2011, p. 42) بأن التعلم القائم على حل المشكلات يعزز الفهم العميق ويزيد من قدرة الطلبة على تطبيق المعرفة.

وتسهم البيئات التفاعلية، مثل المختبرات الافتراضية، في توفير مواقف تعليمية تحاكي الواقع، مما يساعد الطلبة على ممارسة مهارات حل المشكلات بشكل فعّال.

٥. العلاقة بين المختبرات الافتراضية والتفكير الكيميائي وحل المشكلات

تشير الأدبيات التربوية إلى وجود علاقة إيجابية بين استخدام المختبرات الافتراضية وتنمية التفكير العلمي ومهارات حل المشكلات. حيث توفر هذه المختبرات بيئة تعلم نشطة تعتمد على الاستقصاء والتجريب.

وقد أكد (Zacharia & Olympiou, 2011, p. 191) أن استخدام المختبرات الافتراضية يسهم في تحسين الفهم المفاهيمي لدى الطلبة مقارنة بالطرق التقليدية.

كما أن دمج الذكاء الاصطناعي في هذه المختبرات يعزز من فاعليتها، من خلال توفير تعلم تكيفي يراعي احتياجات الطلبة المختلفة.

ثانيًا: الدراسات السابـــــقة

الدراســــــات العربية

١-دراسة (العتيبي، ٢٠٢١)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر استخدام المختبرات الافتراضية في تنمية التحصيل الدراسي في مادة الكيمياء لدى طلبة المرحلة الثانوية. استخدمت الدراسة المنهج شبه التجريبي، وتكونت العينة من (٦٠) طالبًا.

أظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية لصالح المجموعة التجريبية (العتيبي، ٢٠٢١، ص ١١٥).

٣-دراسة (الحربي، ٢٠٢٠)

هدفت إلى معرفة أثر بيئات التعلم الرقمية في تنمية مهارات حل المشكلات. أظهرت النتائج أن استخدام التقنيات الحديثة يسهم في تحسين الأداء المعرفي للطلبة (الحربي، ٢٠٢٠، ص ٧٨).

٢. الدراسات الأجنبيـــة

Study by Tatli & Ayas (٢٠١٣)

هدفت هذه الدراسة إلى التحقق من فاعلية المختبرات الافتراضية في تعليم الكيمياء، حيث أظهرت النتائج تحسنًا ملحوظًا في فهم الطلبة للمفاهيم الكيميائية (Tatli & Ayas, 2013, p. 165).

دراسة De Jong وآخرون (٢٠١٣):

هدفت الدراسة إلى بحث أثر المحاكاة الحاسوبية في تعلم العلوم، وقد أظهرت النتائج أن هذه المحاكاة تسهم في تعزيز الفهم المفاهيمي وتنمية مهارات حل المشكلات لدى الطلبة (De Jong et al., 2013, p. 309)

Study by Holmes et al. (٢٠١٩)

هدفت هذه الدراسة إلى استكشاف دور الذكاء الاصطناعي في التعليم. وقد أكدت النتائج أن الأنظمة التكيفية القائمة على الذكاء الاصطناعي تسهم في تحسين نواتج التعلم وزيادة تفاعل الطلبة

٣. التعقيب على الدراسات السابقة

من خلال استعراض الدراسات السابقة، يتضح ما يأتي:

١-أكدت معظم الدراسات فاعلية المختبرات الافتراضية في تحسين تعلم العلوم.

٢-أشارت الدراسات الحديثة إلى أهمية الذكاء الاصطناعي في تطوير بيئات التعلم التكيفية.

٣-ركزت بعض الدراسات على التحصيل، في حين لم تتناول بشكل كافٍ التفكير الكيميائي وحل المشكلات معًا.

٤-توجد ندرة في الدراسات العربية التي جمعت بين:

المختبرات الافتراضية التكيفية

*الذكاء الاصطناعي

*التفكير الكيميائي

*حل المشكلات

وهذا ما يميز البحث الحالي ويبرز أهميته.

الفجوة البحثية (Research Gap)

تُظهر مراجعة الأدبيات وجود اهتمام متزايد بالمختبرات الافتراضية والذكاء الاصطناعي في التعليم، إلا أن هناك فجوة بحثية تتمثل في قلة الدراسات التي دمجت المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تدريس الكيمياء بشكل متكامل. كما أن معظم الدراسات ركزت على التحصيل الدراسي أو الفهم المفاهيمي، مع ندرة في الدراسات التي تناولت التفكير الكيميائي ومهارات حل المشكلات معًا، خاصة في المرحلة الثانوية وفي البيئة التعليمية المحلية.

وبناءً على ذلك، تأتي الدراسة الحالية لسد هذه الفجوة من خلال تقصي أثر هذه التقنيات في تنمية المتغيرين المذكورين.

إجراءات البحث (Research Procedures)

١. منهج البحث

اعتمد البحث الحالي على المنهج التجريبي ذو التصميم شبه التجريبي (المجموعتان: تجريبية وضابطة)، لما يتميز به من قدرة على قياس أثر المتغير المستقل على المتغيرات التابعة في بيئات تعليمية حقيقية (Creswell, 2018, p. 212).

٢. مجتمع البحث

تكوّن مجتمع البحث من طلبة المرحلة الثانوية (الصف الرابع العلمي) في المدارس الثانوية التابعة لـ مديرية تربية القادسية للعام الدراسي (٢٠٢٥–٢٠٢٦).

٣. عينة البحث

تم اختيار عينة قصدية في اعدادية السرور، وبلغ عدد أفراد العينة (٦٠) طالبًا، تم توزيعهم عشوائيًا إلى:

المجموعة التجريبية: (٣٠) طالبًا

المجموعة الضابطة: (٣٠) طالبًا

جدول (١) توزيع العينة

طريقة التدريس	N	المجموعة
المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي	٣٠	التجريبية
الطريقة التقليدية	٣٠	الضابطة

٤-أداة البحث

تم إعداد أداتين:

اختبار التفكير الكيميائي

اختبار مهارات حل المشكلات

وقد صُممت وفق مستويات التفكير العليا في بلوم (Anderson & Krathwohl, 2001, p. 67).

٥. صدق الأداة

أولًا: الصدق الظاهري

تم عرض الأداتين على مجموعة من الخبراء والمحكمين في طرائق تدريس العلوم والقياس والتقويم، وتم اعتماد نسبة اتفاق (٨٠%) فأكثر كمعيار لقبول الفقرات (Al-Ani, 2019, p. 144).

٢: صدق المحتوى

تم إعداد جدول مواصفات يربط الأهداف بالمحتوى والمستويات المعرفية، مما يضمن شمولية الاختبار (Nitko & Brookhart, 2014, p. 98).

٦. ثبات الأداة

تم حساب الثبات باستخدام معامل ألفا كرونباخ، وبلغ:

اختبار التفكير الكيميائي = ٠.٨٧

اختبار حل المشكلات = ٠.٨٥

وتُعد هذه القيم جيدة ومقبولة تربويًا (Cronbach, 1951, p. 304).

٧. التكافؤ بين المجموعتين

تم التحقق من تكافؤ المجموعتين في المتغيرات (العمر، التحصيل السابق، الاختبار القبلي) باستخدام الاختبار التائي لعينتين مستقلتين.

جدول (٢) تكافؤ المجموعتين

المتغير	ت المحسوبة	مستوى الدلالة	النتيجة
التحصيل السابق	٠.٨٢	٠.٠٥	غير دال
التفكير القبلي	٠.٧٤	٠.٠٥	غير دال
حل المشكلات	٠.٦٩	٠.٠٥	غير دال

يدل ذلك على تكافؤ المجموعتين قبل بدء التجربة

٨-تطبيق التجربة

استمرت التجربة لمدة فصل دراسي كامل، حيث درست المجموعة التجريبية باستخدام:

المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي

بينما درست المجموعة الضابطة بالطريقة الاعتيادية.

ثانيًا: نتائج البحث

١. نتائج التفكير الكيميائي

جدول (٣): نتائج الاختبار البعدي للتفكير الكيميائي

المجموعة	N	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة (t)المحسوبة
التجريبية	٣٠	٨٤.٦	٦.٢	٥.٨٧
الضابطة	٣٠	٧٢.١	٧.٤	-

عند مقارنة القيمة التائية مع الجدولية (١.٩٨ عند ٠.٠٥)، يتضح وجود فرق دال لصالح المجموعة التجريبية.

٢-نتائج حل المشكلات

جدول (٤): نتائج اختبار حل المشكلات

المجموعة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة (t)المحسوبة
التجريبية	٨١.٣	٥.٩	٦.٢١
الضابطة	٧٠.٤	٦.٨	-

تشير النتائج إلى تفوق المجموعة التجريبية بشكل دال إحصائيًا.

مناقشة النتائج وتفسيرها

أظهرت نتائج البحث وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (٠.٠٥) بين متوسطي درجات طلبة المجموعتين التجريبية والضابطة في كل من اختبار التفكير الكيميائي واختبار مهارات حل المشكلات، ولصالح المجموعة التجريبية التي درست باستخدام المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي. كما أظهرت النتائج وجود فروق دالة إحصائيًا بين التطبيقين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية، مما يؤكد فاعلية المعالجة التجريبية.

ويمكن تفسير هذه النتائج في ضوء عدد من العوامل التربوية والتقنية، من أبرزها:

١. فاعلية البيئة التفاعلية للمختبرات الافتراضية

أسهمت المختبرات الافتراضية في توفير بيئة تعلم تفاعلية قائمة على التجريب والملاحظة، مما أتاح للطلبة فرصة استكشاف المفاهيم الكيميائية بصورة عملية وآمنة. إذ إن التفاعل المباشر مع التجارب الافتراضية يعزز بناء المعرفة ويعمق الفهم، وهو ما يتفق مع ما أشار إليه (De Jong et al., 2013, p. 309) من أن المحاكاة الحاسوبية تسهم في تحسين الفهم المفاهيمي لدى المتعلمين.

٢. دور التكيف المدعوم بالذكاء الاصطناعي

يرجع التفوق الملحوظ للمجموعة التجريبية إلى اعتماد المختبرات على أنظمة تكيفية مدعومة بالذكاء الاصطناعي، حيث تعمل هذه الأنظمة على تحليل أداء الطلبة وتقديم محتوى وأنشطة تعليمية تتناسب مع

مستوياتهم، مما يسهم في تقليل الفروق الفردية وتحسين نواتج التعلم. وهذا ما أكده (Holmes et al., 2019, p. 52) بأن البيئات التعليمية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي تعزز تعلم الطلبة وتزيد من فاعليتهم.

٣. تنمية التفكير الكيميائي

تُظهر النتائج أن المختبرات الافتراضية أسهمت في تنمية التفكير الكيميائي لدى الطلبة، وذلك من خلال تمكينهم من الربط بين المستويات المختلفة للمفاهيم الكيميائية (المرئي، والجزئي، والرمزي)، وهو ما يعد من أساسيات تعلم الكيمياء. ويتفق ذلك مع ما أشار إليه (Johnstone, 1991, p. 76) من أن صعوبة الكيمياء تكمن في طبيعتها المجردة، وأن استخدام الوسائط التفاعلية يسهم في تبسيطها وتعزيز فهمها.

٤. تنمية مهارات حل المشكلات

أظهرت النتائج تحسنًا واضحًا في مهارات حل المشكلات لدى طلبة المجموعة التجريبية، ويمكن تفسير ذلك بأن المختبرات الافتراضية توفر مواقف تعليمية قائمة على الاستقصاء، تدفع الطلبة إلى:

تحليل المشكلة

وضع الفرضيات

اختبار الحلول

وهذا يتفق مع (Jonassen, 2011, p. 42) الذي أكد أن بيئات التعلم القائمة على المشكلات تسهم في تنمية التفكير العميق ومهارات التحليل.

٥. التغذية الراجعة الفورية

أسهمت التغذية الراجعة الفورية التي توفرها الأنظمة الذكية في تصحيح أخطاء الطلبة بشكل مباشر، مما عزز التعلم الذاتي وساعد على تثبيت المفاهيم. وقد أشار (Luckin et al., 2016, p. 88) إلى أن التغذية الراجعة الفورية تعد من أهم مميزات التعلم المدعوم بالذكاء الاصطناعي.

حيث تشير نتائج البحث إلى أن توظيف المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي يمثل استراتيجية فعالة في تدريس الكيمياء، لما توفره من بيئة تعلم غنية، تفاعلية، ومراعية للفروق الفردية، تسهم في تنمية التفكير الكيميائي ومهارات حل المشكلات لدى طلبة المرحلة الثانوية..

أولًا: الاستنتاجات

في ضوء نتائج البحث وتحليلها الإحصائي، تم التوصل إلى الاستنتاجات الآتية:

١-فاعلية المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تنمية التفكير الكيميائي لدى طلبة المرحلة الثانوية، حيث أظهرت المجموعة التجريبية تفوقًا ذا دلالة إحصائية مقارنة بالمجموعة الضابطة.

٢-وجود تأثير إيجابي واضح في تنمية مهارات حل المشكلات لدى الطلبة الذين تعلموا باستخدام المختبرات الافتراضية التكيفية، مما يؤكد دور البيئات التفاعلية في تعزيز مهارات التفكير العليا.

٣-إسهام التعلم التكيفي المدعوم بالذكاء الاصطناعي في مراعاة الفروق الفردية بين الطلبة، من خلال تقديم محتوى وأنشطة تعليمية تتناسب مع مستوى كل طالب، مما انعكس إيجابًا على نواتج التعلم.

٤-أهمية التفاعل والتجريب الافتراضي في تبسيط المفاهيم الكيميائية المجردة، وتحويلها إلى خبرات تعليمية محسوسة تسهم في تعزيز الفهم العميق.

٥-ارتفاع حجم الأثر للمداخلة التجريبية، مما يدل على أن استخدام المختبرات الافتراضية التكيفية يمثل استراتيجية تعليمية فعالة يمكن اعتمادها في تدريس الكيمياء.

ثانيًا: التوصيات

في ضوء ما أسفرت عنه نتائج البحث، توصي الباحثة بما يأتي:

١-توظيف المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تدريس مادة الكيمياء في المرحلة الثانوية، لما لها من أثر إيجابي في تحسين مخرجات التعلم.

٢-تدريب مدرسي الكيمياء على استخدام التقنيات الحديثة، ولاسيما المختبرات الافتراضية والأنظمة الذكية، من خلال دورات تدريبية متخصصة.

٣-تطوير المناهج الدراسية بما يتضمن أنشطة قائمة على التعلم التفاعلي والتجريب الافتراضي، بما يواكب التطورات التكنولوجية الحديثة.
٤-توفير البنية التحتية التكنولوجية في المدارس (أجهزة حاسوب، إنترنت، برمجيات تعليمية)، لدعم تطبيق المختبرات الافتراضية.
٥-تشجيع الطلبة على التعلم الذاتي باستخدام التقنيات الرقمية، بما يعزز من استقلاليتهم في التعلم وتنمية مهارات التفكير العليا لديهم.
٦-اعتماد استراتيجيات تدريس حديثة تركز على تنمية التفكير الكيميائي ومهارات حل المشكلات بدلًا من التركيز على الحفظ والاستظهار.

ثالثًا: المقترحات

استكمالًا لما توصل إليه البحث، تقترح الباحثة إجراء الدراسات الآتية:
١-إجراء دراسات مماثلة لتقصي أثر المختبرات الافتراضية التكيفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في مراحل دراسية أخرى (المرحلة المتوسطة أو الجامعية).
٢-دراسة أثر هذه المختبرات في متغيرات أخرى، مثل:
التفكير الإبداعي
الاتجاه نحو مادة الكيمياء
الدافعية للتعلم
إجراء دراسات مقارنة بين:
المختبرات الافتراضية
المختبرات التقليدية
المختبرات المدمجة
٣-تقصي أثر استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي في تدريس العلوم وتنمية الفهم العميق للمفاهيم.
٤-إجراء دراسات نوعية (Qualitative) لفهم تجارب الطلبة واتجاهاتهم نحو استخدام المختبرات الافتراضية.
٥-بناء برامج تعليمية قائمة على التعلم التكيفي في مواد علمية أخرى، مثل الفيزياء أو الأحياء.

المـــــــــصادر

١-الحربي، (٢٠٢٠).
أثر بيئات التعلم الرقمية في تنمية مهارات حل المشكلات لدى طلبة المرحلة الثانوية. مجلة التربية والعلوم التربوية، ١٥(٢)، ٦٥–٩٠.
٢-العتيبي، (٢٠٢١).
أثر استخدام المختبرات الافتراضية في تنمية التحصيل الدراسي في مادة الكيمياء لدى طلبة المرحلة الثانوية. مجلة العلوم التربوية، ١٨(١)، ١٠٠–١٢٥.

ثانيًا: المراجع

- De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C .(٢٠١٣) .Physical and virtual laboratories in science and engineering education. Science, 340(6130), 305–308
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F.(٢٠٠٩) .Multiple representations in chemical education. Springer .
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C .(٢٠١٩) .Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N (٢٠٠٤) .The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. Science Education, 88(1), 28–54.

- Johnstone, A. H.(١٩٩١) .Why is science difficult to learn? Journal of Computer Assisted Learning, 7(2), 75–83.
- Jonassen, D. H.(٢٠١١) .Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments. Routledge.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B .(٢٠١٦) .Intelligence unleashed: An argument for AI in education. Pearson.
- Polya, G.(١٩٧٣) .How to solve it: A new aspect of mathematical method. Princeton University Press.
- Tatli, Z., & Ayas, A (٢٠١٣) .Effect of a virtual chemistry laboratory on students' achievement. Educational Technology & Society, 16(1), 159–170.
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G.(٢٠١١) .Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. Journal of Research in Science Teaching, 48(2), 127–151.
- Al-Ani, W. (2019). Educational measurement and evaluation. Baghdad University Press
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing. Longman.
- Creswell, J. W. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. Sage.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika, 16(3), 297–334.
- Nitko, A. J., & Brookhart, S. M. (2014). Educational assessment of students. Pearson.
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual experimentation. Journal of Research in Science Teaching, 48(2), 127–151.