المختبرات الذكية Smart lab في تدريس العلوم: الأهمية والمعوقات من وجهة نظر المعلمات

د. نورة بنت مطلق بن محمد الجعيدي
قسم المناهج وطرق التدريس – كلية التربية
جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية – المملكة العربية السعودية

المختبرات الذكية Smart lab في تدريس العلوم: الأهمية والمعوقات من وجهة نظر المعلمات

د. نورة بنت مطلق بن محمد الجعيدي

قسم المناهج وطرق التدريس – كلية التربية
جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية - المملكة العربية السعودية

تاريخ تقديم البحث: ١٤٤٦/٠٣/٠٧ هـ **تاريخ قبول البحث:** ١٤٤٧/٠٥/١٣ هـ

ملخص الدراسة:

هدفت الدراسة إلى التعرف على أهمية المختبرات الذكية Smart lab ومعوقات استخدامها في تدريس العلوم من وجهة نظر المعلمات. واتبعت الدراسة المنهج الوصفي (الأسلوب المسحي)، وتكوّنت عينة الدراسة من (٢١٨) معلمة علوم بمدارس المرحلة المتوسطة الحكومية بمدينة الرياض. وتمثلت أداة الدراسة في (استبانة) تكوَّنت من (٢٤) فقرة موزعة على ثلاثة أجزاء رئيسة، الأول يتعلق بالبيانات العامة لأفراد العينة، أما الجزءان الثاني والثالث، فتم تخصيصهما لعبارات أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم، وعبارات معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم على التوالي، وتوصلت النتائج إلى أن درجة الموافقة على أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم (عالية جدًا)، حيث بلغ المتوسط الحسابي العام لمحور (أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم) (٤,٣٣) بانحراف معياري (٠,٦٣)، كما جاءت درجة الموافقة على معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم (عالية)، وبلغ المتوسط الحسابي العام لمحور (معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم) (٤,٠٩) بانحراف معياري (٠,٦٠). وفي ضوء هذه النتائج قدمت الباحثة عدد من التوصيات.

الكلمات المفتاحية: مختبر العلوم، المختبرات الذكية، معوقات، معلمات العلوم، المرحلة المتوسطة.

Smart Labs in Teaching Science: Importance and Obstacles from Teachers' Perspectives

Dr. Nora Mutlaq Mohammed Aljaedi
Department Curriculums and Teaching Methods – Faculty Education
Imam Mohammad Ibn Saud Islamic University - Saudi Arabia

Abstract:

The study aimed to identify the importance of smart labs and the obstacles to their use in teaching science from the teachers' point of view. The study adopted the descriptive survey method. The study sample consisted of 218 science teachers in government intermediate schools in Riyadh. The study instrument was a questionnaire consisting of 24 items distributed across three main parts. The first part was related to the general data of the study sample. The second and third parts were devoted to items addressing the importance of smart labs in teaching science and the obstacles to using smart labs in teaching science, respectively. The results showed that the degree of agreement on the importance of smart labs in teaching science was very high, with an overall mean score of 4.33 and a standard deviation of 0.63. The degree of agreement on the obstacles to using smart labs in teaching science was high, with an overall mean score of 4.09 and a standard deviation of 0.60. In light of these results, the researcher presented a number of recommendations.

key words: science laboratory; smart laboratories; obstacles; science teachers; intermediate stage.

المقدمة:

يُعد تدريس العلوم أحد المرتكزات الأساسية في منظومة التعليم، لما له من دور محوري في تنمية التفكير العلمي وتعزيز مهارات الاستقصاء والتجريب لدى الطلاب، إلى جانب ترسيخ الفهم العميق للمفاهيم العلمية. وتسهم مناهج العلوم، بمحتواها وأساليب تدريسها، في إعداد جيل يمتلك الكفايات العلمية والمهارية التي تؤهله لمواكبة التغيرات المتسارعة في مختلف مجالات الحياة، من خلال تنمية قدراتهم التحليلية والتطبيقية.

وتتطلب مناهج العلوم إجراء التجارب المعملية كجزء أساسي من عملية التعليم، لما لها من دور في دعم فهم المفاهيم الصعبة وتقريب المعاني المجردة للطلاب، إلى جانب الإسهام في تجاوز بعض التحديات المرتبطة بنقص الأدوات والمواد التعليمية في الصفوف التقليدية (العبودي والسعدون، ٢٠١٩).

وفي ظل التطور المستمر في مجالات التقنية، ظهرت الحاجة إلى تطوير أساليب تدريس العلوم بما يتوافق مع متطلبات القرن الحادي والعشرين، إذ لم تعد الطرق التقليدية في المختبرات الاعتيادية كافية لتحقيق الفاعلية التعليمية المرجوة (Algorashi, 2024).

وأظهرت نتائج دراسات كل من الحسيني (٢٠٢٣أ)، والشريقي (٢٠١٩)، و Abulwahed and Nagy (2009) أن المختبرات التقليدية تركز على الجانب العملي دون تفعيل المراحل التأملية والمفاهيمية، مما يحدّ من فعالية التعلم، الأمر الذي يستدعي تطويرها بما يتوافق مع المناهج المطوّرة.

ومع تطور التقنية وظهور المختبرات الافتراضية، أسهمت المختبرات في تحسين التحصيل وفهم المفاهيم لدى الطلاب، وتجاوز محدودية الموارد وخطورة تنفيذ التجارب (Makransky, et al., 2019).

كما أفادت نتائج دراستي كل من أبو ربع وآخرين (٢٠٢٤) والظفيري (٢٠٢٠) بفعالية المختبرات الافتراضية في التغلب على الصعوبات والقصور التي تزامنت مع المختبرات التقليدية، والتي تمثلت في نقص الأجهزة والمعدات وكذلك صعوبة إجراء التجارب بالغة الخطورة، ومع ذلك لا تحقق دائمًا نفس مستوى تنمية المهارات الحسية والمهارات العملية المرتبطة بالتجريب الواقعي (Potkonjak, et al., 2016). وتشير دراسة الحربي (٢٠٢٣) إلى الحاجة الماسة لتحسين واقع المعامل الافتراضية في عمليتي التعلم والتعليم.

وفي هذا السياق برزت المختبرات الذكية (Smart Labs) بوصفها بيئة تعليمية رقمية متقدمة توظّف تقنيات الذكاء الاصطناعي والمحاكاة التفاعلية والواقع الافتراضي والمعزز، بما يتيح للطلاب إجراء التجارب العلمية في بيئة رقمية آمنة وتفاعلية، تتسم بالدقة، وتُعزز من فرص الفهم العميق، وتقلل من الهدر في الوقت والموارد (Lenk & Beutel, 2022).

وعلى الرغم من اهتمام بعض الدراسات مثل دراستي: إبراهيم (٢٠٢٣)، والعتيبي والجبر (٢٠٢٥) بدراسة تصورات المعلمين حول استخدام الذكاء الاصطناعي في تدريس العلوم، فإن وجهة نظر المعلمات حول الأهمية العملية للمختبرات الذكية والمعوقات التي قد تواجههن في تطبيقها ما زالت مجالًا يحتاج إلى الكشف عنها؛ خاصة في ضوء توجه وزارة التعليم لتحقيق مستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠ في التحول نحو التعليم الرقمي.

مشكلة الدراسة:

تتضح أهمية المختبرات الذكية بشكل خاص في تدريس العلوم، لما توفره من بيئة مثالية للتعلم القائم على التجريب والملاحظة والاستقصاء، وتُنمّي الفضول العلمي، وتُعزز مهارات العمل الفردي والجماعي، وتدعم بناء المعرفة العلمية من خلال الملاحظة، وجمع البيانات، وتحليلها، وتفسيرها استنادًا إلى الأدلة، وهذا ما أوضحته عدد من الدراسات، مثل دراسة Adhav, et al., (2019)، ودراسة Banagar and Khattar (2020)، ودراسة Knight, et al., (2020).

كما جاءت في نتائج عدد من الدراسات، مثل دراسة إسماعيل (٢٠٢٣)، ودراسة خليل وآخرين (٢٠٢٤)، ودراسة عتيم (٢٠٢٤)، ودراسة Radianti, et al., (2020)، ودراسة Selvam (2024) أنظمة التعلم المدعومة بالذكاء الاصطناعي يُسهم في تحسين التحصيل المعرفي، ورفع مستوى التفاعل، وتطوير الكفايات العلمية للطلاب، كما أن هناك توجهًا متزايدًا نحو دمج الواقع الافتراضي مع تقنيات أخرى مثل الذكاء الاصطناعي.

وبناءً على ما تقدم، تتضح ضرورة إعادة النظر في تصميم بيئات المختبرات التعليمية، بما يضمن الدمج الفعّال للتقنيات الذكية في عملية التعلم ، إلا أنه بالرجوع إلى الأدبيات والدراسات السابقة في السياق المحلي والعربي، يلاحظ أن معظمها ركز على استقصاء توجهات المعلمات وآرائهن نحو توظيف تقنيات تعليمية أخرى، مثل تطبيقات الذكاء الاصطناعي والواقع الافتراضي والمعزز في التعليم؛ وحتى تاريخ إعداد هذه الدراسة، لم ترصد الباحثة –بحسب اطلاعها– دراسات محلية أو عربية تناولت بشكل مباشر أهمية ومعوقات توظيف المختبرات الذكية في تدريس العلوم؛ وعليه، تبرز مشكلة الدراسة الحالية في الحاجة إلى استقصاء أهمية المختبرات الذكية في

تدريس العلوم، ومعرفة أبرز المعوقات التي تحد من توظيفها بفاعلية من وجهة نظر المعلمات؛ وذلك لكونهن العنصر الرئيس في تفعيل المختبرات الذكية في تدريس العلوم.

أسئلة الدراسة:

- ما أهمية المختبرات الذكية Smart lab في تدريس العلوم للمرحلة المتوسطة من وجهة نظر المعلمات؟
- ما معوقات المختبرات الذكية Smart lab في تدريس العلوم للمرحلة المتوسطة من وجهة نظر المعلمات؟
- هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية في استجابات عينة الدراسة وفق لمتغيرات (المؤهل العلمي، سنوات الخبرة في تدريس العلوم، عدد الدورات التدريبية عن الذكاء الاصطناعي)؟

أهداف الدراسة:

- التعرف على أهمية المختبرات الذكية Smart lab في تدريس العلوم للمرحلة المتوسطة من وجهة نظر المعلمات.
- تحديد أبرز معوقات المختبرات الذكية Smart lab في تدريس العلوم للمرحلة المتوسطة من وجهة نظر المعلمات.
- الكشف عن الفروق ذات الدلالة الإحصائية بين استجابات عينة الدراسة وفقاً لمتغيرات (المؤهل العلمي، سنوات الخبرة في تدريس العلوم، عدد الدورات التدريبية عن الذكاء الاصطناعي).

أهمية الدراسة:

الأهمية النظرية:

- تناولت هذه الدراسة مجالًا مهمًّا وهو المختبرات الذكية باعتبارها إحدى الأدوات التقنية الحديثة الداعمة لتطوير تدريس العلوم.
- أهمية المختبرات الذكية في مجال تدريس العلوم في فهم المفاهيم العلمية المعقدة والتفاعل معها ومحاكاة التجارب الخطيرة وتنمية المهارات البحثية والابتكارية.
- الأهمية التطبيقية:
- تُسهم نتائج هذه الدراسة في الكشف عن أبرز المعوقات التي تحد من توظيف المختبرات الذكية في تدريس العلوم بالمرحلة المتوسطة، بما يتيح الاستفادة منها في وضع حلول واستراتيجيات عملية لتعزيز استخدامها بفاعلية.
- تتيح نتائج هذه الدراسة آفاقًا بحثية جديدة أمام الباحثيين في مجال مناهج وطرق تدريس العلوم، بما يعزز التوجه نحو دراسات تطبيقية متعمقة حول المختبرات الذكية ودورها في تطوير تدريس العلوم.
- تُبيّن نتائج الدراسة لصانعي القرار والمعلمات أهمية المختبرات الذكية ومعوقاتها، بما يمكّن من توظيف النتائج في في تصميم برامج تدريبية للمعلمات وتحسين التجهيزات وفق متطلبات التحوّل الرقمي لرؤية المملكة ٢٠٣٠.

حدود الدراسة:

الحدود الموضوعية: اقتصرت الدراسة الحالية على التعرف على المختبرات الذكية Smart lab في تدريس العلوم للمرحلة المتوسطة أهميتها ومعوقات استخدامها، إذ تُعد هذه المرحلة أكثر ملاءمة لتطبيق التجارب العلمية الرقمية.

الحدود الزمانية: أُجريت هذه الدراسة في الفصل الدراسي الثالث من العام الدراسي ١٤٤٦هـ.

الحدود المكانية: طبقت هذا الدراسة في مدارس المرحلة المتوسطة بنات في مدينة الرياض.

الحدود البشرية: معلمات العلوم للمرحلة المتوسطة بمدينة الرياض، كونهن الفئة الأكثر ارتباطًا بتطبيق المختبرات الذكية في العملية التعليمية.

مصطلحات الدراسة:

المختبر Laboratory: يُعرِّفه شحاتة والنجار (٢٠٠٣)، على أنه موقع في المدرسة تتم فيه النشاطات العملية الهادفة إلى تنمية قدرات الطلاب العقلية واليدوية، بالاستفادة من مدرسيهم، ومما يتوافر لهم من أدوات وأجهزة ووسائل تعليمية.

المختبرات الذكية Smart lab: تُعرف بأنها بيئات مخبرية ذكية متصلة رقميًا؛ حيث تُدار التجارب وتحلل البيانات تلقائيًا باستخدام أنظمة حاسوبية متطورة، مما يُحول المختبرات التقليدية إلى أنظمة ذاتية التعلم وقادرة على اتخاذ القرارات (Lenk & Beutel, 2022).

وتُعرف الباحثة المختبرات الذكية تعريفًا إجرائيًا بأنها: أنظمة تعليمية تعتمد على تقنيات رقمية، وهي (المحاكاة التفاعلية، الواقع الافتراضي والمعزز، أنظمة وتطبيقات الذكاء الاصطناعي) المطبقة في تدريس مناهج العلوم للمرحلة المتوسطة، بهدف تحسين الفهم العملي للمفاهيم العلمية، ويتم قياسها من خلال استجابات معلمات العلوم المقدمة في استبانة الدراسة.

الإطار النظري للدراسة

أولًا: المرحلة المتوسطة، ومقرر العلوم:

المرحلة المتوسطة:

تُعرف المرحلة المتوسطة بأنّها المرحلة الانتقالية ما بين المدرسة الابتدائية والثانوية، وتمثل المرحلة الثانية من مراحل التعليم العام، ويمر الطلاب بهذه المرحلة بتغيّرات جسدية، وعاطفية، واجتماعية، وعقلية؛ بحيث يمكنهم التفكير فيما قد يكون صحيحًا، وليس مجرد ما يرونه صحيحًا بالفعل، كما أنّهم قادرون على التعامل مع اختبار الفرضيات، والأفكار المجردة، ورؤية الاحتمالات اللانهائية، وأيضًا قدرة متزايدة على التفكير المنظم والتحليلي والاستدلال (خضر، ٢٠٢١؛ الفيفي، ٢٠٢٤).

ويجدر بالذكر أنَّ الطلاب يفكرون بأنّ ما يفعلوه في المرحلة المتوسطة يمكن أن يكون له آثار طويلة المدى، ولذلك ينبغي أن يتم توجيه تفكيرهم من خلال المناهج الدراسية ومنها مقررات العلوم التي يدرسونها للارتقاء بأفكارهم، وسلوكهم، وتوجيههم في حياتهم الوجهة الصحيحة النافعة لهم ولمجتمعهم بما يتوافق مع متطلبات القرن الحادي والعشرين (الشهراني وآل محفوظ، ٢٠٢٠).

مقرر العلوم:

تولي وزارة التعليم بالمملكة العربية السعودية اهتمامًا خاصًا بتطوير مقررات العلوم بما يحقق مستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠ (وزارة التعليم، ٢٠٢٣) حيث يُعنى مقرر العلوم بدراسة الظواهر الطبيعية المختلفة الموجودة في بيئته ليستطيع التكيف الإيجابي معها ومع مجتمعه، بهدف تفسيرها والتحكم بها والتنبؤ بالتغيرات التي تطرأ عليها (الحريصي والنفيسه، ٢٠٢٢؛ السبيعي، ٢٠١٨) مما يحتم ضرورة تحديث مقررات

العلوم لتواكب هذا التطور المستمر في المجالات العلمية والمعرفية والتقنية، واستثمارها لتحسين تجربة التعلم للطلاب؛ مما يمكنهم من تلبية متطلبات القرن الحادي والعشرين والمهارات العلمية ومهارات العلوم المختلفة التي ينبغي أن يتم تنميتها في هذا العصر (البقمي والقرني، ٢٠٢٥؛ الظفيري، ٢٠٢٠).

مما سبق؛ يعتبر مقرر العلوم من المقررات المهمة كونه يسهم في مجال الابتكارات وبراءات الاختراع، ويعد من المقررات الثرية بالمعارف والمصطلحات والمفاهيم العلمية التي لا يستطيع الطالب تقبلها أو فهمها بالطرق التقليدية مع دوره السلبي داخل الفصل الدراسي وقلة تفاعله مع المعلم ومع زملاؤه (الحجرية، ٢٠٢٤) بل ينبغي تعليم الطلاب كيف يفكرون لا كيف يحفظون، وكيف يمكن أن يكتشفوا المعرفة بأنفسهم، وتطبيق تلك المعرفة واستخدامها في التغلب على ما يواجههم من مشكلات في حياتهم اليومية (خليفة والدبسي، ٢٠١١) لذلك ينبغي تدريس العلوم كعملية استقصائية تحقق الفهم، وتزود الطلاب بمهارات التفكير اللازم لاكتشاف المعرفة وابتكارها، ويحقق تكامل الخبرات المختلفة على أساس وحدة المعرفة وتكاملها، وينشط الابتكار لدى الطالب، ويعمق قدراته على التفكير العلمي والناقد ويتحقق ذلك من خلال استخدام أساليب تدريس تعين الطلاب على فهم المفاهيم العلمية وتحليلها والوصول إلى استنتاجات العلمية، ومن هذه الأساليب الأساسية هي القيام بالتجارب العملية في تدريس العلوم (الرويلي والمطيري، ٢٠٢٥؛ النجدي وآخرون، ٢٠٠٥).

ثانيًا: المختبرات، والمختبرات الذكية:

المختبرات:

تعد مختبرات العلوم كما ذكرتها دراسات كل من التوبي والوهيبي (٢٠٢٤)، و الرويلي والمطيري (٢٠٢٥)، وزيتون (٢٠١٠) مرفقًا مدرسيًا مهمًا جدًا من أجل التطبيق العملي لمواد العلوم؛ بل يعد من الخصائص المميزة لمناهج العلوم وتدريسها؛ ذلك لأن الخبرات التي يكونها الطالب بنفسه أثناء إجراء التجارب العملية هي خبرات عملية مباشرة تتيح له اكتساب مهارات ما وراء المعرفة، ومهارات التفكير النقدي، ومهارات العمل التعاوني، ومهارات التواصل، بالإضافة إلى إتاحة فرصة تعلم العلوم من خلال الممارسة، وينمي كذلك مواهب الابتكار والاستكشاف، ويواجه الطالب أثناء دراسته للعلوم عددًا من الحقائق والمفاهيم والنظريات التي لا يمكن التثبت من صحتها إلا بواسطة التجارب العملية.

ويوضح مسلم (٢٠٢١) أن التجربة العملية بحد ذاتها هي نشاط عملي مضبوط يقوم به الطالب لدراسة ظاهرة معينة تحت ظروف محددة بإشراف المعلم، وباستخدام أدوات ومواد وأجهزة خاصة بكل ظاهرة.

ويضيف McDonald (2013) أن المختبر يُعد بيئة مثالية للتدريس القائم على الاستقصاء المفتوح الذي يتطلب مهام عديدة من الطلاب بداية من صياغة أسئلة بحثية، وتحديد طرق العمل، وجمع وتحليل البيانات، والتعامل مع غموض البيانات أثناء التحليل، وصولاً لعرض الاستنتاجات.

وقد حرصت وزارة التعليم بالمملكة العربية السعودية على إبراز اهتمامها بهذا الجانب، إدراكًا منها بأهميته ودورة في تجويد العمل التربوي، وذلك من خلال سياسة التعليم (١٩٩٥) فقد جاء في الفقرة (أ) من المادة التاسعة والخمسين في الباب الثاني

"تكوين المهارات العلمية والعناية بالنواحي التطبيقية في المدرسة؛ حيث يتاح للطالب الفرصة للقيام بالأعمال اليدوية والإسهام في الإنتاج، وإجراء التجارب في المختبرات".

وزاد الاهتمام بالمختبرات المدرسية في وزارة التعليم؛ حيث أصبحت ضمن مهام عدة جهات داخل الوزارة، فبعض الجهات معنية بالتصميم والإشراف على تصنيع وفق الشروط والمواصفات العالمية والحديثة، وجهة معنية بالتطوير كمًا ونوعًا باستخدام أفضل التقنيات الحديثة، وجهة معنية بتأمين الأجهزة والمواد والأدوات (الغامدي والمنتشري، ٢٠٢١).

المختبرات الذكية:

في عصر يشهد تطورًا تقنيًا متسارعًا، تولي المملكة العربية السعودية اهتمامًا كبيرًا لتعزيز قدراتها في مجال الذكاء الاصطناعي في جميع القطاعات؛ حيث أصبح الذكاء الاصطناعي التوليدي أحد أبرز وأحدث مجالات الابتكار في مجال التقنية؛ ومن هذا المنطلق تسعى وزارة التعليم إلى الاستفادة من التقنيات الحديثة وفي مقدمتها الذكاء الاصطناعي لرفع جودة التعليم وتحسين مخرجاته بشكل أخلاقي ومسؤول يحافظ على دور المعلم المحوري ويدعم العملية التعليمية للطلاب ويسهم في تحقيق مستهدفات التعليم في رؤية المملكة ٢٠٣٠ (وزارة التعليم، ٢٠٢٥).

ويعد الذكاء الاصطناعي من المجالات الحديثة المستخدمة في العملية التعليمية لتنمية قدرات كل من المعلم والطالب في الحصول على المعرفة والمهارة العلمية، ولأن الذكاء الاصطناعي يعد علم وتكنولوجيا حيث إنه علم يجمع بين العديد من العلوم المختلفة مثل الحاسوب والعلوم والهندسة واللغات، وتكنولوجيا لأنه يعتمد على تطوير التفكير العلمي والذكاء البشري من خلال الحاسوب (الحسيني، ٢٠٢٣ب).

ويقوم الذكاء الاصطناعي على أساس صنع آلات ذكية تتصرف كما يتصرف الإنسان، ويستخدم أسلوب مقارب للأسلوب البشري في حل المشكلات، إضافة إلى أنه يتعامل مع الفرضيات بشكل متزامن وبدقة وسرعة عالية، وتكمن أهمية الذكاء الاصطناعي في مساعدة الإنسان، وتسهيل عمله في جميع المجالات، فهو عامل مهم في تخزين البيانات، والقدرة على التعامل مع المشكلات في مختلف الظروف ومعالجتها في الوقت المناسب، وقد أصبح الاعتماد عليه في مجال العملية التعليمية، فهو قادر على تنظيم عملية التعلم متكاملة تحقق غاياتها، إذا وُظف الذكاء الاصطناعي بشكل صحيح (العنزي والشيخ، ٢٠٢٤).

ومقرر العلوم من أهم المقررات التي ينبغي توظيف التقنية في تدريسها من الجانب التطبيقي؛ لأنها تشجع على التفكير والإبداع، مما ينشئ جيلاً قادرًا على الابتكار والتكيف مع متغيرات العصر الحديث (الحجرية، ٢٠٢٤؛ السديري، ٢٠٢٤).

حيث يشهد مجال تعليم العلوم تحولًا ملحوظًا مع التوسع المتسارع في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي؛ حيث أصبح الذكاء الاصطناعي أداة رئيسة لتحسين طرق التدريس والتعلم والتقويم، مثل: التخطيط للدروس، وتقديم تغذية راجعة مخصصة للمتعلمين، وأتمتة التقويمات، وتجارب تعليمية غنية قائمة على البيانات (Lee, et al., 2025).

وأحدث الابتكار المستمر في التقنيات الحديثة في مختلف قطاعات المجتمع تحولًا في الحياة اليومية، وأصبح من الضروري للمجتمع التعليمي أن يزود جيل المستقبل بالمهارات الرقمية؛ وذلك لمواجهة المستقبل وهذا يحتم على التربويين أن يغيروا من الطرق التقليدية لتدريس العلوم عن طريق تغيير بيئات التعلم، والنهوض بأساليب التدريس؛ وذلك لتهيئة طلاب المستقبل وتزويدهم بمهارات التفكير النقدي وجمع

البيانات والتجارب، مما يسمح للطلاب بالانخراط في تحقيقات حقيقية بدلاً من تجارب موصوفة ولها نتائج محددة مسبقًا (Saddiqa, et al., 2021).

وكانت إحدى هذه الابتكارات هي مختبرات العلوم الافتراضية القائمة على الذكاء الاصطناعي، التي توفر بيئة تعليمية لمحاكاة تجارب العلوم بشكل افتراضي وساهمت كثيرًا في التغلب على الصعوبات التي تواجهها المختبرات داخل المدارس (حافظ وآخرون، ٢٠٢٤؛ العتيبي وعكيري، ٢٠٢٤).

المختبرات الافتراضية تُحسن بشكل كبير تدريس العلوم، وتتيح منصة لتذليل العقبات التي قد تنشأ أثناء إجراء التجارب في المختبرات الحقيقية، مما يتيح للطلاب رؤية كيفية استخدام المعلومات في العالم الواقعي، كما تمكن المختبرات الافتراضية الطلاب من دراسة الظواهر، وربط المفاهيم المجردة بالمعرفة السابقة، ومن شأن اعتماد هذه الممارسة المبتكرة في التعلم والتعليم أن يُحسن كفاءات الطلاب من خلال التجارب العملية، ويُحسن نتائج تعلمهم معرفيًا ونفسيًا وحركيًا وعاطفيًا (Rosli & Ishak, 2024).

وذلك من خلال استخدام نماذج ثلاثية الأبعاد وبرمجيات تفاعلية، يمكن للطلاب فهم المفاهيم المعقدة بصورة أسهل وأكثر واقعية، مما يعزز من قدرتهم على التطبيق العملي لهذه المفاهيم، وفي هذه المختبرات، يمكن للطلاب تنفيذ التجارب والتفاعل مع المحتوى التعليمي والمواد العلمية بشكل نشط وتعتبر المختبرات الافتراضية وسيلة فعالة لتعزيز التعلم التفاعلي وتوفير فرص تجريبية آمنة وممتعة في مجالات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات وغيرها (الرويلي والمطيري، ٢٠٢٥).

وفي ضوء ما سبق يظهر جليًا أن منظومات التعليم حول العالم خاصة في الدول المتقدمة قد أفادت من أنظمة وتقنيات الذكاء الاصطناعي في زيادة معدلات التعلم

والارتقاء بجودة التعليم، وتخصيص تجارب التعلم، ويمكن تلخيص أهم نتائج الدراسة كما أوردها بوكاري وداود (٢٠٢٤) فيما يلي:

- تساعد أنظمة وتقنيات الذكاء الاصطناعي في تخصيص التعلم حسب حاجات الطلاب، وقدراتهم، وأهدافهم.
- تعزز نظم التعليم الذكية، وبيئاته التكيفية خاصية التفاعل بين الطلاب أنفسهم، وبين الطلاب والمعلمين، فهي تشارك في تحقيق هدف من أهداف العملية التعليمية.
- يمكن الإفادة من تطبيقات الذكاء الاصطناعي في عمليات التقييم، وتحليل أداء الطلاب وتقدمهم، والتنبؤ بفشلهم، وتقديم تغذية راجعة فورية، وفي مراقبة الاختبارات وضمان مصداقيتها.
- يمكن استثمار الذكاء الاصطناعي في بناء مناهج تعليمية تسهم في مواكبة العصر، وتشارك في التنمية.
- يمكن استخدام قدرات الذكاء الاصطناعي في تجاوز الحدود الزمانية والمكانية لمحاكاة العوالم الحقيقة بطريقة افتراضية، تقلل من الإنفاق والجهد المادي.
- لا يزال انتشار تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، وأنظمته الذكية، واستثمارها في مجال التعليم، يواجه تحديات كبيرة تتعلق بما يلي:
  - ارتفاع تكلفة توظيف تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي في مجال التعليم.
  - المخاوف المتعلقة بالخصوصية والأمان.
  - نقص المعلمين المدربين على استخدام هذه التكنولوجيا المتقدمة، والكفاءات المدربة على صيانتها.

- عدم القدرة على تحقيق الوصول المتساوي إلى هذه التكنولوجيا لجميع الطلاب في أنحاء العالم.

مما سبق، يتضح أن توظّيف تقنيات الذكاء الاصطناعي والمحاكاة التفاعلية والواقع الافتراضي والمعزز، دورًا محوريًا في تعزيز العملية التعليمية؛ حيث يمكن تحسين فعالية التعليم من خلال توفير أدوات تدريس متقدمة تسهم في جعل التعلم أكثر تفاعلًا وشمولاً، وتتجلى خصائص وسمات الذكاء الاصطناعي في التدريس في تحسين تجربة التعليم وتخصيصها لتناسب احتياجات كل طالب، من خلال استخدام الخوارزميات الذكية حيث يمكن تحليل أنماط التعلم الفردية وتقديم توصيات مخصصة لتعزيز فهم الطالب، ومن المتفق عليه أن دور المعلم يبقى حاسمًا في ظل وجود واستخدام تقنيات وأدوات الذكاء الاصطناعي في التدريس، فلم يقتصر دوره على نقل المعارف للطلاب فحسب؛ بل أصبح على عاتقه مجموعة من المهام والمهارات التي تدمج بين الخبرة البشرية والتقنيات المتقدمة وإعداد الطلاب بطريقة ملائمة وتنمية قدراتهم العقلية والاجتماعية وتطوير مهاراتهم الشخصية، ويعتمد النجاح في هذا الدور المتنوع على قدرة المعلم على التكيف مع التقنيات الجديدة والاستفادة منها لتحسين جودة التعليم وتوفير بيئات تعليمية تفاعلية ومتقدمة تعزز المشاركة وتحفز على التعلم المستمر (بسيوني، ٢٠٢٤؛ المزيدي والمحروقية، ٢٠٢٤).

وبناءً على ما عرض في المحاور السابقة حول خصائص المرحلة المتوسطة ومقررات العلوم، ودور المختبرات، والمختبرات والذكية، يمكن النظر إلى المختبرات الذكية كأحد الاتجاهات التربوية الحديثة التي قد تسهم في تطوير تدريس العلوم، مع مراعاة تنوع خصائص الطلاب في هذه المرحلة وحاجتهم إلى بيئات تعليمية محفزة تراعي الفروق الفردية وتدعم التفكير العلمي؛ إلا أن هذا التوظيف ما زال يواجه تحديات تقنية

وتدريبية تتطلب دراسة متعمقة من وجهة نظر المعلمات، بما يعزز فهم العوامل المؤثرة في فعاليته.

الدراسات السابقة:

نستعرض فيما يلي عددًا من الدراسات السابقة ذات الصلة، فقد أجرت الظفيري (٢٠٢٠) دراسة هدفت إلى التعرف على تصورات معلمي مادة العلوم حول إمكانية وجدوى استخدام المختبرات الإلكترونية مقارنة بالمختبرات التقليدية. واستخدمت المنهج الوصفي، وتكوّنت عينتها من (١٤٨) معلمًا ومعلمة لمادة العلوم بالمرحلة الابتدائية في دولة الكويت. وطبقت الاستبانة كأداة لجمع البيانات لهذه الدراسة، وأظهرت النتائج تفضيل المعلمين للمختبرات الإلكترونية عبر الإنترنت، مع اعترافهم بأنها لا تقدم نفس خبرات المختبرات التقليدية ولا يمكن أن تحل محلها، وأوصت بضرورة تبني إستراتيجية المختبرات الافتراضية وتدريب المعلمين على تصميم برمجياتها.

وهدفت دراسة شحادة (٢٠٢١) إلى استقصاء أثر المختبرات الافتراضية على التحصيل والدافعية نحو تعلم الكيمياء لدى طالبات المرحلة الثانوية، واستخدمت المنهج شبه التجريبي، وتكوّنت عينتها من (٩٠) طالبة من الصف الأول الثانوي العلمي، موزعات على مجموعتين تجريبيتين وضابطة، وتم إعداد أداتي الدراسة الاختبار التحصيلي ومقياس الدافعية للتعلم، وتوصلت النتائج إلى وجود فروق دالة إحصائيًا لصالح المجموعة التجريبية الأولى التي درست باستخدام مختبر افتراضي قائم على الذكاء الاصطناعي، وأوصت باستخدام هذه التقنية في مواد ومراحل مختلفة.

كما هدفت دراسة الجبوري وراضي (٢٠٢٢) إلى الكشف عن الصعوبات التي تواجه مدرسي العلوم في إجراء التجارب العلمية والفروق تبعًا للتخصص والمؤهل

وسنوات الخدمة؛ ولتحقيق أهداف الدراسة اعتمدت الباحثة المنهج الوصفي، وتكونت عينتها من (١٥٤) مدرسًا من مدرسي العلوم، واستخدمت الاستبانة أداة لجمع البيانات وتكونت من (٤٩) فقرة موزعة على ثلاث مجالات، وأظهرت نتائج الدراسة أن أبرز الصعوبات تمثلت في قِدم الأدوات المختبرية، بينما كان ضعف القناعة بأهمية دور المختبرات الأقل تأثيرًا، وأوصت بتحديث تجهيزات المختبرات وإجراء دراسات تحليلية لمحتوى كتب العلوم.

وأجرت الحسيني (٢٠٢٣أ) دراسة هدفت إلى التعرف على أثر تطوير المختبرات المدرسية في تنمية مهارات التفكير العلمي لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية، واستخدمت المنهج شبه التجريبي، وتألفت عينة الدراسة من (١٠٠) تلميذ من المرحلة الابتدائية بدولة الكويت، موزعين إلى مجموعتين تجريبية وضابطة، وتم إعداد اختبار لمهارات التفكير العلمي (فرض الفروض، والملاحظة، والتجريب، والاستنتاج)، وقد توصلت الدراسة إلى تفوق المجموعة التجريبية على الضابطة في جميع مهارات التفكير العلمي، وأوصت باستخدام المختبر المدرسي لتنمية هذه المهارات.

وهدفت دراسة Al-Dalalah (2023) إلى التعرف على أثر توظيف الذكاء الاصطناعي في المختبرات الجافة على مهارات الأداء المعملي، ومستوى القلق المعملي لدى طلاب المرحلة الثانوية؛ ولتحقيق أهداف الدراسة استخدم الباحث المنهج شبه التجريبي، وتكونت عينة الدراسة من (١٠٤) طالب، وتم استخدام أداتين مقياس الأداء المعملي ومقياس قلق الأداء المعملي، وأظهرت النتائج إسهام أدوات الذكاء الاصطناعي في تحسين الأداء المعملي وخفض القلق المعملي، وأوصت بتفعيلها وزيادة وعي الطلبة بأهميتها.

وهدفت دراسة الشهري ومدكور (٢٠٢٤) إلى التعرف على درجة استخدام مختبرات الذكاء الاصطناعي في التعليم العام، ومعوقاتها من وجهة نظر معلمات المرحلة الثانوية بمدينة الرياض؛ ولتحقيق أهداف الدراسة تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من (١٠٠) معلمة من المرحلة الثانوية، كما تم استخدام الاستبانة كأداة للدراسة، وقد خلصت الدراسة إلى عدد من النتائج موافقة عالية على درجة الاستخدام، وكذلك على وجود معوقات، وأوصت بتوفير الأجهزة اللازمة وزيادة وعي المعلمات.

وهدفت دراسة العتيبي وعكيري (٢٠٢٤) إلى الكشف عن درجة توظيف معلمات العلوم للمختبرات الافتراضية واتجاهاتهن نحوها، إضافة إلى الصعوبات التي تواجههن بمدينة الطائف، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي المسحي، وتكوّنت عينتها من (١٤٠) معلمة تم اختيارهن بالطريقة العشوائية، وطبقت الاستبانة كأداة لجمع البيانات لهذه الدراسة. أظهرت النتائج توظيفًا مرتفعًا جدًا للمختبرات الافتراضية، مع صعوبات مرتفعة، وأوصت بتحسين البنية التحتية وتوفير برمجيات باللغة العربية.

وهدفت دراسة السديري (٢٠٢٤) إلى التعرف على واقع استخدام المختبرات المحوسبة في تدريس العلوم من وجهة نظر معلمي محافظة الظاهرة بسلطنة عمان، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي، وتكوّنت عينتها من (١٥٥) معلمًا ومعلمة، وطبقت الاستبانة كأداة لجمع البيانات لهذه الدراسة. وتوصلت النتائج إلى أن درجة الاستخدام متوسطة، والمعوقات مرتفعة، وأوصت بتقليل الأعباء التدريسية والإدارية وإجراء دراسات مستقبلية لدمج المختبرات المحوسبة بالافتراضية.

وهدفت دراسة الرويلي والمطيري (٢٠٢٥) إلى الكشف عن واقع استخدام المختبرات الافتراضية في تدريس التجارب العملية في العلوم الطبيعية من وجهة نظر معلمات شرق مدينة الرياض، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي المسحي، وتكوّنت عينتها من (٢٣٠) معلمة، وطبقت الاستبانة كأداة لجمع البيانات لهذه الدراسة، وتوصلت النتائج إلى أن درجة الاستخدام مرتفعة، والمعوقات متوسطة، وأوصت بعقد ورش عمل لرفع وعي المعلمات وتوفير بنية تحتية داعمة.

التعليق على الدراسات السابقة، وأوجه الاستفادة:

يتضح من استعراض الدراسات السابقة أنها اهتمت بالمختبرات في التدريس، وعلى وجه الخصوص تدريس العلوم، على اختلاف أنواع المختبرات من مختبرات افتراضية، محوسبة، جافة، تقليدية، واختلفت الدراسة الحالية عنها بالمختبرات الذكية. استخدمت هذه الدراسات عددًا من الأدوات البحثية التي تحقق أهدافها، فقد استخدمت أداة الاختبار دراسة شحادة (٢٠٢١)، ودراسة الحسيني (٢٠٢٣أ)، واستخدمت أداة المقياس دراسة ايناس شحادة (٢٠٢١)، دراسة Al-Dalalah (2023)، في حين استخدمت بقية الدراسات السابقة أداة الاستبانة لجمع البيانات، وهذا ما اتفقت فيه مع الدراسة الحالية، واتفقت جميعها في اتباع المنهج الوصفي وهذا ما اتفقت معها الدراسة الحالية، في حين استخدمت دراسة شحادة (٢٠٢١)، ودراسة الحسيني (٢٠٢٣أ)، ودراسة Al-Dalalah (2023)، المنهج شبة التجريبي. تنوعت العينة المستخدمة بالدراسات ما بين معلمي العلوم والطلاب.

وتتفق الدراسة الحالية مع هذه الدراسات في تطبيقها على عينة من معلمات العلوم، بينما تختلف في المرحلة المتوسطة. أيضًا أظهرت نتائج عدد من الدراسات بعض الصعوبات والمعوقات التي تواجه المعلمات أثناء استخدام المختبرات، مثل

الأدوات المختبرية التقليدية والتي لا تواكب التطور العلمي كما في دراسة الجبوري وراضي (٢٠٢٢)، وتوصلت بقية الدراسات، مثل دراسة الشهري ومدكور (٢٠٢٤)، ودراسة العتيبي وعكيري (٢٠٢٤)، ودراسة السديري (٢٠٢٤)، ودراسة الرويلي والمطيري (٢٠٢٥) إلى اتفاق جميع أفراد الدراسة على معوقات استخدام المختبرات. وقد أفادت الدراسة الحالية من الدراسات السابقة في تحديد مشكلة الدراسة وإعداد أدبياتها ومقارنة نتائجها.

وقد استفادت الدراسة الحالية من الدراسات السابقة في تحديد مشكلة البحث، وصياغة الإطار النظري، وبناء أدوات الدراسة، ومقارنة النتائج. ومع ذلك، لم تتناول الدراسات السابقة المختبرات الذكية بشكل مباشر، إذ ركزت في مجملها على المعامل الافتراضية أو بيئات المحاكاة أو توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي، ما قد يجعل نتائج هذه الدراسة إسهامًا بحثيًا أصيلًا في الكشف عن أهمية ومعوقات استخدام المختبرات الذكية في البيئة التعليمية المحلية.

منهجية الدراسة وإجراءاتها:

منهج الدراسة:

تحقيقًا لأهداف الدراسة وللإجابة عن أسئلتها تم استخدام المنهج الوصفي الأسلوب المسحي؛ حيث يعتمد هذا المنهج على دراسة الظاهرة بقصد وصفها وتفسيرها.

مجتمع الدراسة:

تكوَّن مجتمع الدراسة من جميع معلمات العلوم للمرحلة المتوسطة في المدارس الحكومية التابعة لمكاتب التعليم في الإدارة العامة للتعليم بمنطقة الرياض خلال الفصل الدراسي الثالث من العام الدراسي ١٤٤٦هـ، والبالغ عددهن (٥٠٠) معلمة، وفقًا

للإحصاءات الرسمية الصادرة من الإدارة العامة للتعليم بمنطقة الرياض –إدارة التطوير والتحول.

جدول (١): عدد معلمات العلوم في مكاتب التعليم

م	مكاتب التعليم	عدد معلمات العلوم
١	مكتب التعليم بالدرعية	١١
٢	مكتب التعليم بالروضة	٤٤
٣	مكتب التعليم بالسلي	١٨
٤	مكتب التعليم بالشفا	٦٠
٥	مكتب التعليم بالعارض	٣٥
٦	مكتب التعليم بالعريجاء	٤٣
٧	مكتب التعليم بالعليا	٣٨
٨	مكتب التعليم بالمزاحمية وضرما	١٠
٩	مكتب التعليم بالملز	٥٨
١٠	مكتب التعليم بالنسيم	٣٩
١١	مكتب التعليم بثادق وحريملاء	٥
١٢	مكتب التعليم برماح	١٠
١٣	مكتب التعليم بطويق	٦٨
١٤	مكتب التعليم بقرطبة	٦١
	الإجمالي	٥٠٠

عينة الدراسة:

تكونت عينة الدراسة من عينة عشوائية بسيطة بلغت (٢١٨) معلمة، من معلمات العلوم للمرحلة المتوسطة في المدارس الحكومية التابعة لمكاتب التعليم في الإدارة العامة للتعليم بمنطقة الرياض خلال الفصل الدراسي الثالث من العام الدراسي ١٤٤٦هـ.

جدول (٢): اختبار Kaiser–Meyer–Olkin Measure of Sampling Adequacy (KMO) لكفاية حجم العينة

اسم الاختبار	قيمة (KMO)
اختبار (KMO)	٠,٩٢٦

يتضح من الجدول (٢) أن قيمة اختبار (KMO) بلغت (٠,٩٢٦)، وهذه القيمة تدل على حجم العينة كافي.وفيما يلي وصف أفراد عينة الدراسة:

جدول (٣): التوزيع التكراري والنسبي لمتغيرات وصف أفراد العينة

المتغير	البيان	التكرار	النسبة المئوية
المؤهل العلمي	دبلوم	٢٤	٪١١,٠
	بكالوريوس	١٨١	٪٨٣,٠
	ماجستير	٩	٪٤,١
	دكتوراه	٤	٪١,٨
سنوات الخبرة في تدريس العلوم	أقل من سنة	١٦	٪٧,٣
	من ١ إلى ٥ سنوات	٣٥	٪١٦,١
	من ٥ إلى ١٠ سنوات	٢٢	٪١٠,١
	أكثر من ١٠ سنوات	١٤٥	٪٦٦,٥
عدد الدورات التدريبية عن الذكاء الاصطناعي	دورة تدريبية واحدة	١٧٤	٪٧٩,٨
	من ٢ إلى ٣ دورات	٧	٪٣,٢
	من ٣ إلى ٤ دورات	٢٦	٪١١,٩
	أكثر من ٤ دورات	١١	٪٥,٠
مصدر المعلومات عن المختبرات الذكية (يمكن اختيار أكثر من اجابة)	الكتب	١٣	٪٦,٠
	التلفاز أو الراديو	١٣	٪٦,٠
	وسائل التواصل	١٥٧	٪٧٢,٠
	دورة تدريبية	٤٣	٪١٩,٧

يبين الجدول رقم (٣) أن غالبية عينة الدراسة من معلمات المرحلة المتوسطة يحملن مؤهلات البكالوريوس (٨٣٪) ويتمتعن بخبرة طويلة في تدريس العلوم (٦٦,٥٪ لديهم أكثر من ١٠ سنوات خبرة). كما أن معظمهن قد شاركن في دورة تدريبية واحدة على الأقل في مجال الذكاء الاصطناعي (٧٩,٨٪). أما مصادر معلوماتهن عن المختبرات الذكية، فتتوزع بين وسائل التواصل الاجتماعي (٧٢%)، الدورات التدريبية (١٩,٧٪)، الكتب، والتلفاز أو الراديو (٦% لكل منهما).

أداة الدراسة:

قامت الباحثة بتصميم أداة الدراسة والتي تهدف فيها إلى استطلاع وجهات نظر المعلمات عن أهمية المختبرات الذكية Smart lab ومعوقات استخدامها في تدريس العلوم للمرحلة المتوسطة، وتكونت من ثلاثة أجزاء رئيسة، الأول يتعلق بالبيانات العامة للمعلمات، أما الجزءان الثاني والثالث، فتم تخصيصها لعبارات أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم، وعبارات معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم على التوالي، وفقًا للخطوات التالية:

- مراجعة الأدب النظري، والرجوع إلى الكتب المتخصصة بالموضوع نفسه، والاطلاع على عديد من المواقع الإلكترونية المتعلقة بالمختبرات الذكية.
- الاطلاع على عدد من الدراسات التي سبقت دراستها التي تناولت موضوع الدراسة.
- تحديد المجالات الرئيسة التي تغطي المختبرات الذكية؛ تم استخلاص العبارات التفصيلية التي تغطي كل مجال من المجالين: (أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم) وانبثق منها (١٣) عبارة، و(معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم) وانبثق منها (١١) عبارة.
- صممت العبارات على الشكل المغلق الذي يحدد الاستجابات المحتملة لكل سؤال.
- صممت الاستجابات على عبارات الاستبانة وفق مقياس ليكرت الخماسي، كما يلي:

جدول (٤): طول الخلايا لتفسير المتوسطات		
الترميز	طول الخلية	الإجابات
٥	٤,٢٠-٥,٠٠	عالية جدًا
٤	٣,٤٠-٤,١٩	عالية
٣	٢,٦٠-٣,٣٩	متوسطة
٢	١,٨٠-٢,٥٩	منخفضة
١	١,٠٠-١,٧٩	منخفضة جدًا

صدق الأداة: وتم التأكد من صدق الاستبانة بطريقتين: الأولى: صدق المحكمين (الصدق الظاهري): بعد التصميم الأولي للاستبانة تم عرضها للتحكيم على ذوي الاختصاص والخبرة في المناهج وطرق التدريس العلوم وبلغ عددهم (٨) وذلك بهدف استطلاع آرائهم حول وضوح صياغة عبارات الاستبانة ومدى مناسبة كل عبارة من عباراتها للمجال الذي صيغت فيه واقتراح أي تعديل يرونه مناسبًا أو ضروريًا، ومن ثم قامت الباحثة بإعادة البناء والتصميم وفقًا للتعديلات التي أثرى بها المحكمون حتى وصلت إلى الصورة النهائية التي طبقت على العينة الاستطلاعية. الثانية: صدق المحتوى (صدق الاتساق الداخلي): قامت الباحثة بعد التأكد من الصدق الظاهري للاستبانة بتطبيق الاستبانة على عينة استطلاعية مكونة من (٢٥) معلمة، ليتم بعد ذلك حساب معامل ارتباط بيرسون Pearson Correlation لمعرفة الاتساق الداخلي للأداة حيث تم حساب معامل ارتباط بيرسون بين درجة كل عبارة مع الدرجة الكلية للمحور الذي تنتمي إليه العبارة، وكذلك بين درجة كل محور مع الدرجة الكلية الدرجة الكلية للأداة، وفيما يلي تفصيل ذلك:

جدول (٥): معامل ارتباط بيرسون بين درجة كل عبارة مع الدرجة الكلية للمحور الذي تنتمي إليه العبارة (n=25)

أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم		
رقم العبارة	معامل ارتباط العبارة بالمحور	القيمة الاحتمالية (Sig)
١	٠,٧٥٣**	٠,٠٠٠
٢	٠,٥٨٥**	٠,٠٠١

٣	٠,٦٤٣**	٠,٠٠٠
٤	٠,٨٣٥**	٠,٠٠٠
٥	٠,٨٥٠**	٠,٠٠٠
٦	٠,٨٠٩**	٠,٠٠٠
٧	٠,٨١٦**	٠,٠٠٠
٨	٠,٨٥٧**	٠,٠٠٠
٩	٠,٧٩٥**	٠,٠٠٠
١٠	٠,٦٦٦**	٠,٠٠٠
١١	٠,٧٠٢**	٠,٠٠٠
١٢	٠,٨٥٠**	٠,٠٠٠
١٣	٠,٨٥٧**	٠,٠٠٠
(**) تعني وجود علاقة ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠,٠١) فأقل.		

يتضح من الجدول رقم (٥) نلاحظ أن جميع معاملات الارتباطات كانت دالة إحصائيًا، هذا يعني أن جميع العبارات مرتبطة بالمحور الذي تنتمي إليه، ولا يمكن حذف أي منها.

جدول (٦): معامل ارتباط بيرسون بين درجة كل عبارة مع الدرجة الكلية للمحور الذي تنتمي إليه العبارة (n=25)

معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم		
رقم العبارة	معامل ارتباط العبارة بالمحور	القيمة الاحتمالية (Sig)
١	٠,٥٠٦**	٠,٠٠٥
٢	٠,٤٩٠**	٠,٠٠٦
٣	٠,٣٨٧**	٠,٠٢٨
٤	٠,٦٥٢**	٠,٠٠٠
٥	٠,٦٤٩**	٠,٠٠٠
٦	٠,٨٠٧**	٠,٠٠٠
٧	٠,٦٨١**	٠,٠٠٠
٨	٠,٦٦٣**	٠,٠٠٠
٩	٠,٦٣٧**	٠,٠٠٠
١٠	٠,٦٥٠**	٠,٠٠٠
١١	٠,٧٤١**	٠,٠٠٠

(**) تعني وجود علاقة ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠,٠١) فأقل.
(*) تعني وجود علاقة ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠,٠٥) فأقل.

يتضح من الجدول رقم (٦) نلاحظ أن جميع معاملات الارتباطات كانت دالة إحصائيًا، هذا يعني أن جميع العبارات مرتبطة بالمحور الذي تنتمي إليه، ولا يمكن حذف أي منها.

جدول (٧): معاملات ارتباط بيرسون بين درجة كل محور مع الدرجة الكلية للأداة (n=25)

المحور	عدد العبارات	معامل ارتباط المحور بالاستبيان	القيمة الاحتمالية (Sig)
أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم	١٣	٠,٧٦١**	٠,٠٠٠
معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم	١١	٠,٥٨٧**	٠,٠٠١

يتضح من الجدول رقم (٧) نلاحظ أن جميع معاملات الارتباطات كانت دالة إحصائيًا، هذا يعني أن جميع المحاور مرتبطة بالاستبانة، ولا يمكن حذف أي منها.

ثبات الأداة: تم حساب ثبات أداة الاستبانة من خلال استخدام معامل ألفا كرونباخ Cronbach's Alpha للعينة الاستطلاعية، وفيما يلي نتيجة حساب معامل الثبات لكل مجال من مجالات الأداة، ومعامل الثبات الإجمالي:

جدول (٨): معاملات الثبات الإحصائي وفق طريقة ألفا كرو نباخ (n=25)

المحور	عدد العبارات	معامل ألفا كرونباخ
أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم	١٣	٠,٩٤١
معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم	١١	٠,٨٣٨
معامل الثبات العام للاستبيان ككل	٢٤	٠,٨٤٧

يتضح من الجدول رقم (٨) أن معامل الثبات العام للاستبيان ككل بلغ (٠,٨٤٧)، مما يدل على أن أداة الدراسة (الاستبانة) تتصف بالثبات الكبير.

التصميم النهائي للأداة: بعد أن أصبحت الاستبانة جاهزة ومكتملة بصورتها النهائية، تكونت أداة الاستبانة من ثلاثة أجزاء، خطاب موجه إلى معلمات العلوم موضحًا بها عنوان الدراسة وهدفها وطريقة الإجابة عن عبارات الاستبانة، ثم

معلومات شخصية عن المعلمة (المؤهل العلمي، سنوات الخبرة في تدريس العلوم، عدد الدورات التدريبية عن الذكاء الاصطناعي، مصدر المعلومات عن المختبرات الذكية)، وبعدها الجزء الرئيس من الاستبانة واشتمل على مجالين تتضمن (٢٤) عبارة.

توزيع الأداة: بعد اعتماد التصميم النهائي للاستبانة، تم إرسال رابط الاستبانة إلكترونيًا إلى معلمات العلوم للمرحلة المتوسطة في المدارس الحكومية التابعة لمكاتب التعليم (١٤) في الإدارة العامة للتعليم بمنطقة الرياض خلال الفصل الدراسي الثالث من العام الدراسي ١٤٤٦هـ، وبعد انتهاء الفترة ووصول الردود من المعلمات مباشرة بواسطة البريد الإلكتروني، تم فرز الاستبانة وتجهيزها، ومن ثم إدخال البيانات ومعالجتها إحصائيًا.

الأساليب الإحصائية المستخدمة:

- الإحصاء الوصفي (التكرارات، النسب المئوية، المتوسط الحسابي، الانحراف المعياري، والأعمدة البيانية).
- معامل الفا كرو نباخ Cronbach's Alpha لقياس ثبات الاستبانة.
- معامل ارتباط يرسون Pearson Correlation لصدق الاتساق الداخلي للاستبانة.
- اختبار Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) لكفاية حجم العينة.
- جدول تحليل التباين الأحادي (One Way ANOVA) لدلالة الفروق بين استجابات عينة الدراسة وفقًا لمتغيرات (المؤهل العلمي، سنوات الخبرة في تدريس العلوم، عدد الدورات التدريبية).
- نتائج اختبار (Scheffe) لدلالة الفروق بين إجابات المتغيرات.

نتائج الدراسة ومناقشتها وتفسيرها:

أولاً: عرض ومناقشة نتائج الدراسة المتعلقة بالسؤال الأول:

نص السؤال الأول على **ما أهمية المختبرات الذكية Smart lab في تدريس العلوم للمرحلة المتوسطة من وجهة نظر المعلمات؟** وللإجابة عن هذا السؤال، تم حساب التكرارات والنسب المئوية، المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والرتب لاستجابات عينة الدراسة على عبارات محور (أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم)، وجاءت النتائج وفقًا للآتي:

من الجدول رقم (٩) يتضح ما يلي: بلغ المتوسط الحسابي العام لمحور (**أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم**) (٤,٣٣) بانحراف معياري (٠,٦٣)، وهذا المتوسط يعني أن درجة الموافقة عالية جدًا، **مما تقدم نستنتج أن درجة الموافقة على أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم (عالية جدًا)**، وتم ترتيب العبارات حسب المتوسط الحسابي وأعلى ثلاث عبارات ترتيبًا هي: جاءت العبارة رقم (٥) وهي (تساعد في توضيح كيفية ارتباط العلوم بحياتنا اليومية، مما يعزز من أهمية دراسة العلوم ويدفع الطالبات للاهتمام بالتخصصات العلمية) بالمرتبة الأولى بمتوسط حسابي (٤,٣٧) وانحراف معياري (٠,٦٩)، وبدرجة موافقة عالية جدًا، تليها العبارة رقم (١) وهي (تنمي لدى الطالبات مهارات التفكير النقدي والإبداعي خلال العمل في المختبرات) بمتوسط حسابي (٤,٣٦) وانحراف معياري (٠,٦٩)، وبدرجة موافقة عالية جدًا، ومن ثم جاءت العبارة رقم (٧) وهي (تسمح بمحاكاة الأنظمة البيولوجية المعقدة مثل الجسم البشري، البيئات الطبيعية وعلم الوراثة، مما يمكن الطالبات من استكشاف العمليات الحيوية دون الحاجة إلى موارد مكلفة أو حية)

بالمرتبة الثالثة بمتوسط حسابي (٤,٣٦) وانحراف معياري (٠,٧٣)، وبدرجة موافقة عالية جدًا.

وأقل ثلاث عبارات ترتيبًا هي: جاءت العبارة رقم (١٢) وهي (تساعد الأدوات الذكية في إجراء تجارب دقيقة ومتكررة، مما يقلل من احتمالية حدوث أخطاء بشرية ويزيد من موثوقية النتائج) بالمرتبة السادسة بمتوسط حسابي (٤,٣١) وانحراف معياري (٠,٧٥)، وبدرجة موافقة عالية جدًا، تليها العبارة رقم (٨) وهي (تتيح للطالبات إمكانية إجراء أبحاث متقدمة، مما يساهم في تنمية مهاراتهن البحثية والابتكارية) بمتوسط حسابي (٤,٢٨) وانحراف معياري (٠,٧٣)، وبدرجة موافقة عالية جدًا، وفي المرتبة الأخيرة جاءت العبارة رقم (١٠) وهي (تساعد على أتمتة المهام الروتينية مثل تسجيل البيانات وإعداد التقارير) بمتوسط حسابي (٤,٢٥) وانحراف معياري (٠,٧٤)، وبدرجة موافقة عالية جدًا.

وتشير الباحثة إلى أن نتائج الدراسة جاءت بمتوسط حسابي عام لمحور (أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم) بلغ (٤,٣٣) بانحراف معياري (٠,٦٣)، وهو ما يعكس درجة موافقة عالية جدًا لدى معلمات العلوم على أهمية توظيف المختبرات الذكية في العملية التعليمية. وتُشير النتائج إلى أن المعلمات يرين أن المختبرات الذكية توفر بيئة تعليمية تفاعلية وآمنة قد تُسهم في رفع مستوى فهم الطالبات للعلوم وتعزيز ارتباطها بحياتهن اليومية.

فقد جاءت العبارة (٥) التي تتعلق بقدرة المختبرات الذكية على توضيح الارتباط بين العلوم والحياة اليومية في المرتبة الأولى، وهو ما يتماشى مع التوجهات التربوية الحديثة التي تُبرز أهمية جعل تعلم العلوم ذا صلة بواقع المتعلمين وحياتهم، الأمر الذي يمكن أن يُسهم في تعزيز الدافعية للتعلم والاهتمام بالتخصصات العلمية. أما العبارة

(١) المرتبطة بتنمية مهارات التفكير النقدي والإبداعي فقد حازت المرتبة الثانية، مما يعكس دور المختبرات الذكية في تهيئة بيئات تعلم قائمة على الاستقصاء وحل المشكلات، وهي مهارات يصعب تنميتها في ظل الاقتصار على المختبرات التقليدية، كما جاءت العبارة (٧) ثالثًا لتشير إلى أن المعلمات يدركن أن المختبرات الذكية تتيح فرص تعلم معمقة وآمنة من خلال محاكاة الأنظمة البيولوجية المعقدة.

وفي المقابل، ورغم أن جميع العبارات حصلت على متوسطات مرتفعة (درجة موافقة عالية جدًا)، فإن أقل العبارات ترتيبًا كانت مرتبطة بالجوانب الإجرائية والبحثية مثل أتمتة المهام الروتينية أو تنمية المهارات البحثية، مما يشير إلى أن معلمات العلوم ركزن بدرجة أكبر على القيمة التعليمية والتربوية المباشرة للمختبرات الذكية مقارنة بالجوانب التقنية أو الإدارية.

وتتسق هذه النتائج مع ما ورد في الدراسات السابقة التي تناولت المختبرات الافتراضية والوسائط التكنولوجية في التعليم. فقد أوضحت دراسة Makransky, et al., (2019)، ودراسة أبو ربع وآخرين (٢٠٢٤)، ودراسة الظفيري (٢٠٢٠)، أن المختبرات الافتراضية ساهمت في تحسين التحصيل وتجاوز محدودية الموارد ومخاطر التجارب الواقعية، لكنها لم تحقق دائمًا نفس مستوى تنمية المهارات الحسية والعملية (Potkonjak, et al., 2016)، وهو ما أكدته أيضًا دراسة الحربي (٢٠٢٣) من الحاجة الملحة لتطوير هذه البيئات التعليمية.

وعليه، تُظهر نتائج الدراسة أن المعلمات ينظرن إلى المختبرات الذكية كأحد التطورات النوعية في بيئات تعلم العلوم مقارنة بالمعامل الافتراضية؛ حيث تجمع بين مميزات الأمان والدقة وتقليل الهدر في الموارد، مع إتاحة فرص أكبر لتنمية التفكير النقدي والإبداعي وربط المعرفة بالواقع. وهو ما يتسق مع ما أشار إليه دراسة

Lenk and Beutel, (2022) من أن المختبرات الذكية بيئات رقمية متقدمة توظف الذكاء الاصطناعي والمحاكاة التفاعلية والواقع الممتد لتوفير تعلم عميق وتجارب أكثر موثوقية وفاعلية.

يجدر بالذكر أن موضوع المختبرات الذكية (Smart Labs) يُعد من الاتجاهات الحديثة في ميدان تدريس العلوم، ولم تتناول الدراسات العربية السابقة هذا المفهوم بصورة مباشرة، مما يمنح الدراسة الحالية قيمة تطبيقية وإضافة معرفية في السياق المحلي؛ وقد تركزت معظم الدراسات السابقة على المعامل الافتراضية أو بيئات المحاكاة أو تطبيقات الذكاء الاصطناعي والواقع المعزز (أبو ربع وآخرون ٢٠٢٤؛ الظفيري ٢٠٢٠؛ Potkonjak, et al., 2016؛ Makransky, et al., 2019). وهذا ما يعزز من القيمة العلمية لدراسة الحربي (٢٠٢٣) التي أكدت الحاجة إلى تطوير واقع المعامل الافتراضية، ويمهّد في الوقت نفسه لتبني توجهات أكثر حداثة مثل المختبرات الذكية.

ثانيًا: عرض ومناقشة نتائج الدراسة المتعلقة بالسؤال الثاني:

نص السؤال الثاني **ما معوقات المختبرات الذكية Smart lab في تدريس العلوم للمرحلة المتوسطة من وجهة نظر المعلمات؟** وللإجابة عن هذا السؤال، تم حساب التكرارات والنسب المئوية، المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والرتب لاستجابات عينة الدراسة على عبارات محور (معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم)، وجاءت النتائج وفقًا للآتي:

جدول (٩): التكرارات والنسب المئوية، المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والرتب لاستجابات عينة الدراسة على عبارات محور (أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم)

م	العبارة	عالية جدًا	عالية	متوسطة	منخفضة	منخفضة جدًا	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	التفسير
٥	تساعد في توضيح كيفية ارتباط العلوم بحياتنا اليومية، مما يعزز من أهمية دراسة العلوم ويدفع الطالبات للاهتمام بالتخصصات العلمية.	١٠٧ ٪٤٩,١	٨٥ ٪٣٩,٠	٢٦ ٪١١,٩	٠ ٪٠,٠	٠ ٪٠,٠	٤,٣٧	٠,٦٩	١	عالية جدًا
١	تنمي لدى الطالبات مهارات التفكير النقدي والإبداعي خلال العمل في المختبرات.	١٠٦ ٪٤٨,٦	٨٥ ٪٣٩,٠	٢٧ ٪١٢,٤	٠ ٪٠,٠	٠ ٪٠,٠	٤,٣٦	٠,٦٩	٢	عالية جدًا
٧	تسمح بمحاكاة الأنظمة البيولوجية المعقدة مثل الجسم البشري، البيئات الطبيعية وعلم الوراثة، مما يمكن الطالبات من استكشاف العمليات الحيوية دون الحاجة إلى موارد مكلفة أو حية.	١١٠ ٪٥٠,٥	٧٦ ٪٣٤,٩	٣٢ ٪١٤,٧	٠ ٪٠,٠	٠ ٪٠,٠	٤,٣٦	٠,٧٣	٣	عالية جدًا
٤	تعزز لدى الطالبات الفهم العلمي للمفاهيم النظرية من خلال إجراء تجارب عملية بطرق مبتكرة وآمنة، مثل دراسة علم الوراثة، علم الأحياء الدقيقة والبيئة.	١٠٢ ٪٤٦,٨	٩١ ٪٤١,٧	٢٥ ٪١١,٥	٠ ٪٠,٠	٠ ٪٠,٠	٤,٣٥	٠,٦٨	٤	عالية جدًا
٣	تتيح للطالبات التفاعل مع المفاهيم العلمية بشكل ملموس، مثل استكشاف الذرات والجزيئات والتجارب الفيزيائية.	١٠٤ ٪٤٧,٧	٨٣ ٪٣٨,١	٣١ ٪١٤,٢	٠ ٪٠,٠	٠ ٪٠,٠	٤,٣٣	٠,٧١	٥	عالية جدًا
٦	تسمح بتكييف التجارب والأنشطة وفقًا لمستويات الطالبات الفردية، مما يتيح لهن التقدم بالوتيرة التي تناسبهن.	١٠٢ ٪٤٦,٨	٨٥ ٪٣٩,٠	٣١ ٪١٤,٢	٠ ٪٠,٠	٠ ٪٠,٠	٤,٣٣	٠,٧١	٥	عالية جدًا

٩	توفر أدوات لقياس وتحليل البيانات الفورية مما يساعد الطالبات على رؤية النتائج والتفاعلات بشكل مباشر، مما يعمق فهمهن العلمي مثل تحليل البيانات الفيزيائية بدقة عالية.	١٠١ ٤٦,٣٪	٨٧ ٣٩,٩٪	٣٠ ١٣,٨٪	٠ ٠,٠٪	٠ ٠,٠٪	٤,٣٣	٠,٧١	٥	عالية جدًا
١١	تتيح للطالبات الوصول إلى محاكاة تجارب معقدة قد تكون صعبة أو خطيرة في المختبرات التقليدية.	١٠٠ ٤٥,٩٪	٩٠ ٤١,٣٪	٢٧ ١٢,٤٪	١ ٠,٥٪	٠ ٠,٠٪	٤,٣٣	٠,٧١	٥	عالية جدًا
١٣	توفر التغذية الراجعة الفورية تعليقات مفصلة حول أدائهن مما يعزز نتائج التعلم.	١٠٥ ٤٨,٢٪	٨٢ ٣٧,٦٪	٢٩ ١٣,٣٪	٢ ٠,٩٪	٠ ٠,٠٪	٤,٣٣	٠,٧٤	٩	عالية جدًا
٢	يهيئ الطالبات للتعامل مع التقنيات المتطورة في مجالات العلوم.	٩٨ ٤٥,٠٪	٩٢ ٤٢,٢٪	٢٧ ١٢,٤٪	١ ٠,٥٪	٠ ٠,٠٪	٤,٣٢	٠,٧٠	١٠	عالية جدًا
١٢	تساعد الأدوات الذكية في إجراء تجارب دقيقة ومتكررة، مما يقلل من احتمالية حدوث أخطاء بشرية ويزيد من موثوقية النتائج.	١٠٢ ٤٦,٨٪	٨٥ ٣٩,٠٪	٢٩ ١٣,٣٪	١ ٠,٥٪	١ ٠,٥٪	٤,٣١	٠,٧٥	١١	عالية جدًا
٨	تتيح للطالبات إمكانية إجراء أبحاث متقدمة، مما يساهم في تنمية مهاراتهن البحثية والابتكارية.	٩٦ ٤٤,٠٪	٨٩ ٤٠,٨٪	٣٢ ١٤,٧٪	١ ٠,٥٪	٠ ٠,٠٪	٤,٢٨	٠,٧٣	١٢	عالية جدًا
١٠	تساعد على أتمتة المهام الروتينية مثل تسجيل البيانات وإعداد التقارير.	٩٢ ٤٢,٠٪	٩٠ ٤١,٣٪	٣٥ ١٦,١٪	١ ٠,٥٪	٠ ٠,٠٪	٤,٢٥	٠,٧٤	١٣	عالية جدًا
	المتوسط الحسابي العام						٤,٣٣	٠,٦٣	–	عالية جدًا

جدول (١٠): التكرارات والنسب المئوية، المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والرتب لاستجابات عينة الدراسة على عبارات محور (معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم)

م	العبارة	عالية جدًا	عالية	متوسطة	منخفضة	منخفضة جدًا	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	التفسير
٢	تفتقر بعض المدارس إلى شبكات إنترنت عالية السرعة أو موارد كهربائية كافية لتشغيل المختبرات الذكية بكفاءة.	٩٢ ٪٤٢,٢	٩٢ ٪٤٢,٢	٢٩ ٪١٣,٣	٣ ٪١,٤	٢ ٪٠,٩	٤,٢٣	٠,٨٠	١	عالية جدًا
١١	الأعطال الفنية أو الانقطاع المفاجئ للخدمات قد يعرقل سير الدروس ويؤثر على فعالية المختبرات الذكية.	٧٦ ٪٣٤,٩	١١١ ٪٥٠,٩	٣٠ ٪١٣,٨	١ ٪٠,٥	٠ ٪٠,٠	٤,٢٠	٠,٦٨	٢	عالية جدًا
٤	تتطلب التقنيات الحديثة صيانة دورية وقد تكون الصيانة والتحديثات عبئًا إضافيًا على المدرسة.	٨١ ٪٣٧,٢	١٠٢ ٪٤٦,٨	٣١ ٪١٤,٢	٤ ٪١,٨	٠ ٪٠,٠	٤,١٩	٠,٧٤	٣	عالية
٣	تحتاج استخدام الأدوات الذكية إلى مهارات جديدة مما يتطلب تدريب المعلمات بشكل كاف لضمان الاستفادة الكاملة من هذه المختبرات.	٧٦ ٪٣٤,٩	١٠٨ ٪٤٩,٥	٣١ ٪١٤,٢	٣ ٪١,٤	٠ ٪٠,٠	٤,١٨	٠,٧٢	٤	عالية
١٠	تفاقم الفجوة التعليمية بين المدارس المتقدمة والمدارس التي لا تستطيع تحمل تكاليف المختبرات الذكية.	٧٧ ٪٣٥,٣	١٠٠ ٪٤٥,٩	٣٨ ٪١٧,٤	٣ ٪١,٤	٠ ٪٠,٠	٤,١٥	٠,٧٥	٥	عالية
٦	خطر تعرض الأجهزة التقنية للهجمات السيبرانية.	٦٤ ٪٢٩,٤	١١٨ ٪٥٤,١	٣٤ ٪١٥,٦	٢ ٪٠,٩	٠ ٪٠,٠	٤,١٢	٠,٦٩	٦	عالية
٥	حماية البيانات وضمان خصوصية الطالبات يعتبر تحديًا كبيرًا عند استخدام التقنيات الذكية.	٧١ ٪٣٢,٦	١٠٧ ٪٤٩,١	٣٦ ٪١٦,٥	١ ٪٠,٥	٣ ٪١,٤	٤,١١	٠,٧٩	٧	عالية

١	غالبية تطبيقات أدوات الذكاء الاصطناعي ليست مدعومة باللغة العربية.	٥٨ ٪٢٦,٦	١٢١ ٪٥٥,٥	٣٧ ٪١٧,٠	١ ٪٠,٥	١ ٪٠,٥	٤,٠٧	٠,٧٠	٨	عالية
٧	الخوارزميات في الذكاء الاصطناعي قد لا تكون قادرة على فهم تعقيدات اللغة والسلوك البشري بشكل كامل مما يؤدي إلى تفسيرات خاطئة.	٥٣ ٪٢٤,٣	١١٦ ٪٥٣,٢	٤٤ ٪٢٠,٢	٥ ٪٢,٣	٠ ٪٠,٠	٤,٠٠	٠,٧٣	٩	عالية
٨	يقلل من قدرة الطالبات على التفكير النقدي ومهارات حل المشكلات نتيجة الاعتماد المفرط على الأدوات الذكية في مهام حل المشكلات أو اتخاذ القرار.	٥١ ٪٢٣,٤	١٠٧ ٪٤٩,١	٤٦ ٪٢١,١	١١ ٪٥,٠	٣ ٪١,٤	٣,٨٨	٠,٨٧	١٠	عالية
٩	التقنيات الذكية قد تكون معقدة وتتطلب فهمًا عميقًا لكيفية استخدامها مما يجعل من الصعب تطبيقها في البيئات المدرسية بشكل سلس.	٥٢ ٪٢٣,٩	١٠٣ ٪٤٧,٢	٤٦ ٪٢١,١	١٦ ٪٧,٣	١ ٪٠,٥	٣,٨٧	٠,٨٨	١١	عالية
المتوسط الحسابي العام							**٤,٠٩**	**٠,٦٠**	**–**	**عالية**

من الجدول رقم (١٠) يتضح ما يلي: بلغ المتوسط الحسابي العام لمحور (**معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم**) (٤,٠٩) بانحراف معياري (٠,٦٠)، وهذا المتوسط يعني أن درجة الموافقة عالية، **مما تقدم نستنتج أن درجة الموافقة على معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم (عالية)**، وتم ترتيب العبارات حسب المتوسط الحسابي وأعلى ثلاث عبارات ترتيبًا هي: جاءت العبارة رقم (٢) وهي (تفتقر بعض المدارس إلى شبكات إنترنت عالية السرعة أو موارد كهربائية كافية لتشغيل المختبرات الذكية بكفاءة) بالمرتبة الأولى بمتوسط حسابي (٤,٢٣) وانحراف

معياري (٠,٨٠)، وبدرجة موافقة عالية جدًا، تليها العبارة رقم (١١) وهي (الأعطال الفنية أو الانقطاع المفاجئ للخدمات قد يعرقل سير الدروس ويؤثر على فعالية المختبرات الذكية) بمتوسط حسابي (٤,٢٠) وانحراف معياري (٠,٦٨)، وبدرجة موافقة عالية جدًا، ومن ثم جاءت العبارة رقم (٤) وهي (تتطلب التقنيات الحديثة صيانة دورية وقد تكون الصيانة والتحديثات عبئًا إضافيًا على المدرسة) بالمرتبة الثالثة بمتوسط حسابي (٤,١٩) وانحراف معياري (٠,٧٤)، وبدرجة موافقة عالية.

وأقل ثلاث عبارات ترتيبًا هي: جاءت العبارة رقم (٧) وهي (الخوارزميات في الذكاء الاصطناعي قد لا تكون قادرة على فهم تعقيدات اللغة والسلوك البشري بشكل كامل مما يؤدي إلى تفسيرات خاطئة) بالمرتبة السادسة بمتوسط حسابي (٤,٠٠) وانحراف معياري (٠,٧٣)، وبدرجة موافقة عالية، تليها العبارة رقم (٨) وهي (يقلل من قدرة الطالبات على التفكير النقدي ومهارات حل المشكلات نتيجة الاعتماد المفرط على الأدوات الذكية في مهام حل المشكلات أو اتخاذ القرار) بمتوسط حسابي (٣,٨٨) وانحراف معياري (٠,٨٧)، وبدرجة موافقة عالية، وفي المرتبة الأخيرة جاءت العبارة رقم (٩) وهي (التقنيات الذكية قد تكون معقدة وتتطلب فهمًا عميقًا لكيفية استخدامها مما يجعل من الصعب تطبيقها في البيئات المدرسية بشكل سلس) بمتوسط حسابي (٣,٨٧) وانحراف معياري (٠,٨٨)، وبدرجة موافقة عالية.

وتشير الباحثة إلى أن نتائج الدراسة جاءت بمتوسط حسابي عام لمحور معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم بلغ (٤,٠٩) بانحراف معياري (٠,٦٠)، وهو ما يعكس درجة موافقة عالية لدى معلمات العلوم على وجود معوقات حقيقية تحد

من توظيف المختبرات الذكية، وهذه النتيجة تتفق مع ما توصلت إليه دراسة السديري (٢٠٢٤).

كما أظهرت نتائج الدراسة أن المعوقات الرئيسة لتوظيف المختبرات الذكية تمثلت في ضعف البنية التحتية، الأعطال الفنية، والحاجة إلى صيانة وتحديث مستمر، بينما كانت المعوقات التربوية والتقنية الأخرى أقل تأثيرًا من وجهة نظر المعلمات، ويمكن تفسير ذلك بأن الجوانب التقنية والإجرائية تشكل حواجز مباشرة أمام الاستخدام الفعّال للأدوات الذكية، إذ بدون توفر شبكة إنترنت عالية السرعة وموارد كهربائية مستقرة، يصعب على المعلمات الاستفادة الكاملة من المختبرات الذكية، حتى وإن كنَّ على وعي بأهميتها في تطوير التفكير النقدي وربط المعرفة بالحياة اليومية.

كذلك أشارت النتائج إلى أن الحاجة للصيانة الدورية والتحديث المستمر للأجهزة تُعد من العوامل المؤثرة في استمرارية الأداء الفعّال للمختبر، في المقابل جاءت المعوقات التربوية أو المعرفية – مثل صعوبة استخدام الخوارزميات أو تقليل الاعتماد على التفكير النقدي – بدرجة أقل، مما يعكس تقدير المعلمات للقيمة التعليمية للمختبرات الذكية واستعدادهن لتجاوز بعض التحديات التربوية متى ما توفرت البيئة التقنية الملائمة.

وتتسق هذه النتائج مع ما توصلت إليه عدة دراسات تناولت المعامل الافتراضية أو تطبيقات الذكاء الاصطناعي، مثل دراسة الحربي (٢٠٢٣) التي أشارت إلى الحاجة لتطوير البنية التحتية وضمان استدامة الدعم الفني، ودراسة العتيبي وعكيري (٢٠٢٤)، ودراسة الحجيلي والفراني (٢٠٢٠) التي أكدت أهمية تأمين البنية التحتية اللازمة لتبني أنظمة الذكاء الاصطناعي. كما أظهرت دراسة كريري وفقيهي

(٢٠٢٢)، ودراسة القرامسة (٢٠٢٣) معوقات مشابهة تتعلق بتحديات الصيانة والتكلفة والتدريب.

ويتضح من خلال المقارنة بين نتائج السؤال الأول (أهمية المختبرات الذكية) ونتائج السؤال الثاني (معوقاتها) أن المعلمات، رغم إدراكهن العالي لقيمة المختبرات الذكية في تعزيز التفكير النقدي والإبداعي وربط المعرفة العلمية بالحياة اليومية، فإن المعوقات التقنية والبنية التحتية ما زالت تمثل عائقًا رئيسًا يحول دون الاستفادة الكاملة من هذه الإمكانات. وهو ما يبرز الحاجة إلى تبني رؤية تكاملية تسعى إلى رفع كفاءة البنية التحتية وتوفير الدعم الفني والتقني المستمر، إلى جانب تدريب المعلمات وتأهيلهن لاستخدام هذه التقنيات بكفاءة، بما يضمن توظيف المختبرات الذكية بصورة أكثر فاعلية واستدامة (الحجيلي والفراني ٢٠٢٠؛ Lenk & Beutel, 2022).

ثالثًا: عرض ومناقشة نتائج الدراسة المتعلقة بالسؤال الثالث:

نص السؤال الثالث **هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية في استجابات عينة الدراسة وفق لمتغيرات (المؤهل العلمي، سنوات الخبرة في تدريس العلوم، عدد الدورات التدريبية عن الذكاء الاصطناعي)؟** وللإجابة عن هذا السؤال، تم تحليل التباين الأحادي (One Way ANOVA) لدلالة الفروق بين استجابات عينة الدراسة وفقًا لمتغيرات (المؤهل العلمي، سنوات الخبرة في تدريس العلوم، عدد الدورات التدريبية عن الذكاء الاصطناعي) وجاءت النتائج وفقًا للآتي:

النتائج المتعلقة بالفروق بين استجابات عينة الدراسة وفقًا لمتغير المؤهل العلمي:

جدول (١١): نتائج جدول تحليل التباين الأحادي (One Way ANOVA) لدلالة الفروق بين استجابات عينة الدراسة وفقًا لمتغير المؤهل العلمي

المحور	مصدر التباين	مجموع مربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	P-Value
أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم	بين المجموعات	١,٩٨	٣	٠,٦٦	١,٦٨	٠,١٧
	داخل المجموعات	٨٤,٠٦	٢١٤	٠,٣٩		
	المجموع	٨٦,٠٤	٢١٧			
معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم	بين المجموعات	١,٥٣	٣	٠,٥١	١,٤٤	٠,٢٣
	داخل المجموعات	٧٥,٦٥	٢١٤	٠,٣٥		
	المجموع	٧٧,١٨	٢١٧			

من الجدول (١١) يتضح ما يلي:

- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية (٠,٠٥) بين استجابات عينة الدراسة في (أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم) وفقًا لمتغير المؤهل العلمي.
- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية (٠,٠٥) بين استجابات عينة الدراسة في (معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم) وفقًا لمتغير المؤهل العلمي.

جدول (١٢): المتوسطات الحسابية لإجابات متغير (المؤهل العلمي)

المحور	المؤهل العلمي	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم	دبلوم	٢٤	٤,٤٨	٠,٤٩
	بكالوريوس	١٨١	٤,٢٩	٠,٦٥
	ماجستير	٩	٤,٣٨	٠,٥٦
	دكتوراه	٤	٤,٨٧	٠,٢٢
معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم	دبلوم	٢٤	٤,٢٨	٠,٤٥
	بكالوريوس	١٨١	٤,٠٦	٠,٦٢
	ماجستير	٩	٤,٣٠	٠,٥١
	دكتوراه	٤	٤,٠٩	٠,٢٥

وتعزو الباحثة هذه النتيجة إلى أنه لا يوجد فروق بين استجابات عينة الدراسة حول أهمية ومعوقات المختبرات الذكية وفقًا للمؤهل العلمي، وقد يُعزى ذلك إلى قلة عدد المعلمات الحاصلات على مؤهلات أعلى من البكالوريوس، مما يقلل من

تأثير الفروق التعليمية المرتبطة بالمستوى الأكاديمي، تتفق هذه النتيجة مع دراسة Hazzan-Bishara, et al., (2025) التي تشير إلى أن المؤهل العلمي ليس دائمًا العامل الحاسم في توظيف التقنيات التعليمية الحديثة.

النتائج المتعلقة بالفروق بين استجابات عينة الدراسة وفقًا لمتغير سنوات الخبرة في تدريس العلوم:

جدول (١٣): نتائج جدول تحليل التباين الأحادي (One Way ANOVA) لدلالة الفروق بين استجابات عينة الدراسة وفقاً لمتغير سنوات الخبرة في تدريس العلوم

المحور	مصدر التباين	مجموع مربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	P-Value
أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم	بين المجموعات	٦,٧٢	٣	٢,٢٤	٦,٠٤**	٠,٠٠
	داخل المجموعات	٧٩,٣٢	٢١٤	٠,٣٧		
	المجموع	٨٦,٠٤	٢١٧			
معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم	بين المجموعات	٢,٣٠	٣	٠,٧٧	٢,٢٠	٠,٠٩
	داخل المجموعات	٧٤,٨٨	٢١٤	٠,٣٥		
	المجموع	٧٧,١٨	٢١٧			

من الجدول (١٣) يتضح ما يلي:

توجد فروق ذات دلالة إحصائية (٠,٠٥) بين استجابات عينة الدراسة في (أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم) وفقًا لمتغير سنوات الخبرة في تدريس العلوم.

لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية (٠,٠٥) بين استجابات عينة الدراسة في (معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم) وفقًا لمتغير سنوات الخبرة في تدريس العلوم.

ولمعرفة صالح الفروق استخدمت الباحثة اختبار (Scheffe) كما في الجدول التالي:

جدول (١٤): نتائج اختبار (Scheffe) لدلالة الفروق بين اجابات متغير (سنوات الخبرة في تدريس العلوم)

المحور	سنوات الخبرة في تدريس العلوم	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	أقل من سنة	من ١ إلى ٥ سنوات	من ٥ إلى ١٠ سنوات	أكثر من ١٠ سنوات
أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم	أقل من سنة	١٦	٤,٤٧	٠,٤٣	–			
	من ١ إلى ٥ سنوات	٣٥	٣,٩٩	٠,٧٧		–		
	من ٥ إلى ١٠ سنوات	٢٢	٤,١٢	٠,٧٧			–	
	أكثر من ١٠ سنوات	١٤٥	٤,٤٣	٠,٥٥		**		–
معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم	أقل من سنة	١٦	٤,٣٦	٠,٤٩	–			
	من ١ إلى ٥ سنوات	٣٥	٣,٩٥	٠,٥٦		–		
	من ٥ إلى ١٠ سنوات	٢٢	٣,٩٥	٠,٥٥			–	
	أكثر من ١٠ سنوات	١٤٥	٤,١٢	٠,٦٢				–

من الجدول (١٤) يتضح ما يلي: في محور أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم، توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تقدير أهمية المختبرات الذكية بين المعلمات ذوات الخبرة الطويلة (أكثر من ١٠سنوات) واللواتي لديهن خبرة قصيرة (١–٥ سنوات)، لصالح ذوات الخبرة الطويلة، ويمكن تفسير ذلك بأن المعلمات ذوات الخبرة الطويلة يمتلكن فهمًا أعمق لتوظيف المختبرات في دعم التجارب العملية، وهو ما يتوافق مع نتائج دراسة الشهري ومدكور (٢٠٢٤) التي أشارت إلى تأثير الخبرة العملية على تبني التقنيات التعليمية الحديثة، ومع ذلك، لم تظهر فروق ذات دلالة إحصائية في تقييم المعوقات وفقًا لسنوات الخبرة، مما يشير إلى أن التحديات التقنية والتدريبية قد تكون مشتركة بغض النظر عن الخبرة.

النتائج المتعلقة بالفروق بين استجابات عينة الدراسة وفقًا لمتغير عدد الدورات التدريبية:

جدول (١٥): نتائج جدول تحليل التباين الأحادي (One Way ANOVA) لدلالة الفروق بين استجابات عينة الدراسة وفقًا لمتغير عدد الدورات التدريبية عن الذكاء الاصطناعي

المحور	مصدر التباين	مجموع مربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	P-Value
أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم	بين المجموعات	١,٢٧	٣	٠,٤٢	١,٠٧	٠,٣٦
	داخل المجموعات	٨٤,٧٨	٢١٤	٠,٤٠		
	المجموع	٨٦,٠٤	٢١٧			
معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم	بين المجموعات	٠,٠٧	٣	٠,٠٢	٠,٠٧	٠,٩٨
	داخل المجموعات	٧٧,١١	٢١٤	٠,٣٦		
	المجموع	٧٧,١٨	٢١٧			

من الجدول (١٥) يتضح ما يلي:

- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية (٠,٠٥) بين استجابات عينة الدراسة في (أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم) وفقًا لمتغير عدد الدورات التدريبية عن الذكاء الاصطناعي.
- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية (٠,٠٥) بين استجابات عينة الدراسة في (معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم) وفقًا لمتغير عدد الدورات التدريبية عن الذكاء الاصطناعي.

جدول (١٦): المتوسطات الحسابية لإجابات متغير (عدد الدورات التدريبية عن الذكاء الاصطناعي)

المحور	عدد الدورات التدريبية	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
أهمية المختبرات الذكية في تدريس العلوم	دورة تدريبية واحدة	١٧٤	٤,٢٩	٠,٦٦
	من ٣ إلى ٤ دورات	٢٦	٤,٣٨	٠,٥٣
	من ٢ إلى ٣ دورات	٧	٤,٥١	٠,٤٣
	أكثر من ٤ دورات	١١	٤,٥٩	٠,٤٧

جدول (١٦): المتوسطات الحسابية لإجابات متغير (عدد الدورات التدريبية عن الذكاء الاصطناعي)

المحور	عدد الدورات التدريبية	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
معوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم	دورة تدريبية واحدة	١٧٤	٤,٠٩	٠,٦١
	من ٣ إلى ٤ دورات	٢٦	٤,١٢	٠,٦٢
	من ٢ إلى ٣ دورات	٧	٤,١٦	٠,٣٠
	أكثر من ٤ دورات	١١	٤,٠٦	٠,٥٥

وتعزو الباحثة هذه النتيجة إلى أنه لا يوجد فروق ذات دلالة إحصائية بين استجابات عينة الدراسة حول أهمية ومعوقات المختبرات الذكية في تدريس العلوم وفقًا لعدد الدورات التدريبية ، قد يكون السبب أن عدد الدورات وحده لا يكفي لتغيير الاتجاهات التعليمية، خصوصًا إذا كانت محتوى الدورات متشابهًا، أو أن التغيير في الممارسات التعليمية يتطلب دمجًا طويل الأمد بين المعرفة النظرية والتطبيق العملي؛ هذا التفسير يتوافق مع ما جاءت به دراسة Hazzan-Bishara, et al., (2025) التي تؤكد على أن التدريب المستمر والمتنوع هو المحور الأساسي لتبني التقنيات الحديثة بفاعلية حيث أظهرت نتائج هذه الدراسة أن العوامل الداخلية مثل الدافعية الذاتية والكفاءة الذاتية، بالإضافة إلى الدعم المؤسسي والمحتوى المتنوع للتدريب، تلعب دورًا مهمًا في تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في التعليم.

خاتمة الدراسة والتوصيات والمقترحات:

في إطار سعي المملكة العربية السعودية لتحقيق مستهدفات رؤية ٢٠٣٠، أولت وزارة التعليم اهتمامًا بالغًا بتحديث البنية التحتية للمدارس، وذلك ضمن خطط التحول الرقمي الشامل. وعليه تناولت الدراسة الحالية في ضوء ما هدفت إليه في التعرف على أهمية ومعوقات المختبرات الذكية Smart lab في تدريس العلوم للمرحلة المتوسطة من وجهة نظر المعلمات. وتم استخدام المنهج الوصفي الأسلوب المسحي، وتكونت عينة الدراسة الرئيسة من (٢١٨) معلمة في مدينة الرياض، واستخدمت الباحثة أداة الاستبانة، وتكونت بصورتها النهائية من ثلاث أجزاء رئيسة بواقع (٢٤) عبارة ضمن محورين.

كما توصلت الدراسة إلى أن المختبرات الذكية تمثل بيئة تعليمية فعّالة لدعم تعلم العلوم للمرحلة المتوسطة؛ حيث تساهم في تطوير مهارات التفكير النقدي والإبداعي لدى الطالبات وربط المعرفة العلمية بحياتهن اليومية. كما أظهرت الدراسة أن المعوقات الرئيسة تتمثل في ضعف البنية التحتية، الأعطال الفنية، والحاجة إلى صيانة وتحديث مستمر، بينما كانت المعوقات التربوية والتقنية الأخرى أقل تأثيرًا من وجهة نظر المعلمات. كما تبين أن خبرة المعلمات عامل مؤثر في تقدير أهمية هذه المختبرات.

وبناءً على نتائج الدراسة، تُوصي الباحثة بما يلي:

-تطوير البنية التحتية للمدارس لضمان تشغيل المختبرات الذكية بكفاءة، بما يشمل شبكات الإنترنت عالية السرعة والموارد الكهربائية المناسبة.

-تدريب المعلمات باستمرار على استخدام التقنيات الذكية وتوظيفها في الأنشطة العملية، مع التركيز على دمج المعرفة النظرية بالتطبيق العملي.

-تبني برامج صيانة دورية للمختبرات وتحديث أدواتها لضمان استدامة الأداء وجودة التجارب العلمية.

واختتمت الدراسة بالمقترحات التالية:

-دراسة أثر المختبرات الذكية على التحصيل العلمي للطالبات وتنمية مهارات التفكير العليا.

-تقييم فعالية برامج التدريب المستمر للمعلمات وتأثيرها على جودة التعلم.

-إجراء دراسة تعنى بتحديد الاحتياجات التدريبية لاستخدام المختبرات الذكية في

-تدريس العلوم لدى معلمات المرحلة المتوسطة.

-إجراء دراسة مماثلة تشمل عينة أكبر من المعلمات لمراحل التعليم المختلفة.

قائمة المراجع:

أولا: المراجع العربية:

إبراهيم، عبدالله علي محمد إبراهيم. (٢٠٢٣). مستوى الوعي بممارسات معلمي العلوم بالتعليم الأزهري والعام لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في التدريس بالمرحلة الثانوية (دراسة تحليلية). مجلة كلية التربية،١(١)، ١٩٧-١٨٤.
http://search.mandumah.com/Record/1540741

أبو ربع، جهاد عبد الله عودة، والبطوش، رزان سالم أحمد، وعاروري، يوسف محمود سعيد. (٢٠٢٤). واقع استخدام المختبرات الافتراضية في التدريس بالجامعة الأردنية من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس. المجلة التربوية الأردنية، ٩(٢)، ٤٢١-٤٤٤.
http://search.mandumah.com/Record/1491479

إسماعيل، هبة صبحي جلال. (٢٠٢٣). توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التعليم بمصر في ضوء تجربتي الإمارات العربية المتحدة وهونج كونج: دراسة تحليلية. مجلة جامعة مطروح للعلوم التربوية والنفسية، ٤(٦)، ٢-٩٠.

بسيوني، حسناء فوزي عبد العظيم. (٢٠٢٤). مدى توافر مهارات توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التدريس لدى معلمي العلوم التجارية. مجلة المناهج المعاصرة وتكنولوجيا التعليم، ٥(٣)، ٢٩٣-٣٣٠.
https://doi.org/10.21608/msite.2024.391073

البقمي، محمد سعيدان عبدالله، والقرني، مسفر خفير. (٢٠٢٥). أثر تفاعل المدخل الجمالي مع مستويات معالجة المعلومات في تدريس العلوم لتنمية مهارات التفكير التأملي لدى طلاب الصف الأول المتوسط. مجلة جامعة الملك عبدالعزيز: العلوم التربوية والنفسية، ٤(١)، ١١١-١٥٤. https://doi.org/10.4197/Edu

بوكاري، عبدالمجيد، ومسعود، داود. (٢٠٢٤). الأنظمة الذكية مفهوم أوسع لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال التعليم. مجلة الباحث، ١٦(٢)، ٧٠٣-٧٢٣.
http://search.mandumah.com/Record/1516065

التوبي، حريز سعيد، والوهيبي، إبراهيم سعيد. (٢٠٢٤). تقويم تفعيل مختبرات العلوم بمدارس الحلقة الثانية بمحافظة الداخلية بسلطنة عمان وفق نموذج تايلور. مجلة بحوث عربية في مجالات

التربية النوعية، (٣٣)، ٢١٣-٢٣٥.
https://doi.org/10.21608/raes.2024.333911
الجبوري، حسام يوسف صالح، وراضي، رنده مثنى. (٢٠٢٢). الصعوبات التي تواجه مدرسي العلوم في إجراء التجارب العلمية من وجهة نظرهم. مجلة الفتح، ٢٦(٢)، ٩٤-١١٣.
https://alfatehjournal.uodiyala.edu.iq/index.php/jfath/article/view/1978
حافظ، ابتهال زكريا، والعصيمي، ساره عويض، وشحادة، فواز حسن. (٢٠٢٤). الخصائص السيكومترية لاستبانة تقييم المختبرات الافتراضية لمادة العلوم باستخدام التحليل العاملي التوكيدي والشبكات العصبية لدى طلبة المرحلة المتوسطة. مجلة المناهج وطرق التدريس- المركز القومي للبحوث غزة، ٣(١٠)، ١٦-٣٤.
الحجرية، علياء عامر محمد حميد. (٢٠٢٤). واقع توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تدريس مناهج العلوم ومقترحات تطويره من وجهة نظر الخبراء بسلطنة عمان [رسالة ماجستير غير منشورة]. جامعة السلطان قابوس.
الحجيلي، سمر أحمد سليمان، والفراني، لينا أحمد. (٢٠٢٠). الذكاء الاصطناعي في التعليم في المملكة العربية السعودية. المجلة العلمية للتربية النوعية، ٤(١١)، ٧١-٨٤.
الحربي، عبدالله عبدالكريم. (٢٠٢٣). تصور مقترح لتفعيل استخدام المعامل الافتراضية في تدريس العلوم من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس بجامعة القصيم. مجلة العلوم التربوية والدراسات الإنسانية، جامعة تعز، (٣٣)، ١٧٥-٢٠٦.
https://doi.org/10.55074/hesj.vi33.810
الحريصي، جميلة يحيى جابر، والنفيسه، صالح إبراهيم. (٢٠٢٢). تقنية الواقع المعزز في كتب العلوم للمرحلة المتوسطة. مجلة دراسات عربية في التربية وعلم النفس، ٣(١٤٤)، ٨٧-١١١.
https://doi.org/10.21608/saep.2022.264058
الحسيني، بشاير محمد قاسم. (٢٠٢٣أ). تطوير المختبرات المدرسية لتنمية التفكير العلمي لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية في دولة الكويت. المجلة العربية للعلوم التربوية والنفسية، ٧(٣٣)، ١٢٩-١٥٠. https://doi.org/10.21608/jasep.2023.293218

الحسيني، بشاير محمد قاسم. (٢٠٢٣ب). دور الذكاء الاصطناعي في تعليم العلوم لتلاميذ المرحلة الابتدائية لتحقيق رؤية دولة الكويت ٢٠٣٥. المجلة التربوية كلية التربية–جامعة سوهاج، (١٠٨)، ١٥٤–١٧٦.
https://doi.org/10.21608/edusohag.2023.296484

خضر، مجد. (٢٠٢١، فبراير ١٥). خصائص النمو في المرحلة المتوسطة.
https://2u.pw/9jJ2y

خليفة، أحمد حسن، والدبسي، أحمد عصام. (٢٠١١). أثر تدريس العلوم بطريقة الاكتشاف الموجه في المختبر على التحصيل الدراسي (دراسة تجريبية على عينة من تلاميذ الصف السادس الابتدائي في مدراس مدينة تبوك). مجلة جامعة دمشق، ٢٧(٣)، ٩٢٣–٩٥٢.

خليل، حنان حسن علي، ومختار، إيهاب أحمد محمد، والسنيدي، سعيد سالم بن خميس. (٢٠٢٤). فاعلية بيئة افتراضية قائمة على تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تنمية مهارات التصميم التعليمي والدافعية للإنجاز لدى الطلبة المعلمين بكلية التربية. مجلة كلية التربية–جامعة أسيوط، ٤٠(١٢)،١–٧٧.

الرويلي، تهاني عبيد، والمطيري، البندري خريص. (٢٠٢٥). واقع استخدام المختبرات الافتراضية (كروكودايل) في تدريس التجارب العلمية من وجهة نظر معلمات العلوم الطبيعية في شرق مدينة الرياض. المجلة الدولية للتكنولوجيا والحوسبة التعليمية، ٤(١٠)، ١٠٩–١٥٢.

زيتون، عايش محمود. (٢٠١٠). الاتجاهات العالمية المعاصرة في مناهج العلوم وتدريسها. دار الشروق.

السبيعي، منى حميد. (٢٠١٨). تصور مقترح للأهداف العامة لتعليم العلوم للمرحلة المتوسطة في ضوء معايير العلوم للجيل القادم NGSS ورؤية المملكة العربية السعودية (٢٠٣٠). مجلة كلية التربية ببنها، ٢(١١٥)، ١٨٧–٢١٥.
https://doi.org/10.21608/jfeb.2018.61030

السديري، إسماعيل سويد راشد. (٢٠٢٤). واقع استخدام المختبرات المحوسبة في تدريس العلوم من وجهة نظر المعلمين في محافظة الظاهرة بسلطنة عمان واتجاهاتهم نحوها[رسالة ماجستير غير منشورة]. جامعة نزوى.

شحاتة، حسن، والنجار، زينب. (٢٠٠٣). معجم المصطلحات التربوية والنفسية. الدار المصرية اللبنانية.

شحادة، ايناس سالم إبراهيم. (٢٠٢١). أثر المختبرات الافتراضية على تحصيل طالبات المرحلة الثانوية في الكيمياء ودافعيتهن نحو تعلمها [رسالة ماجستير غير منشورة]. جامعة الشرق الأوسط.

الشريقي، سهيلة سليمان. (٢٠١٩). معيقات استخدام مختبر العلوم من وجهة نظر معلمي العلوم للمرحلة الأساسية العليا في قصة المفرق. مجلة العلوم التربوية والنفسية، ٣(٢٩)، ٧٢-٨٦.

الشهراني، بدرية محمد سعد آل غواء، وآل محفوظ، محمد زيدان عبد الله. (٢٠٢٠). تقويم محتوى مناهج العلوم بالمرحلة المتوسطة في ضوء مهارات القرن الحادي والعشرين. المجلة التربوية لكلية التربية بسوهاج، ٧٢(٧٢)، ٤١٨-٤٦٨.
https://doi.org/10.21608/edusohag.2020.74972

الشهري، راوية عابس ظافر، ومدكور، أيمن فوزي خطاب. (٢٠٢٤). واقع استخدام مختبرات الذكاء الاصطناعي في التعليم العام من وجهة نظر معلمات المرحلة الثانوية بمدينة الرياض. مجلة الذكاء الاصطناعي وأمن المعلومات، ٢(٣)، ٣٥-٧٧.
https://doi.org/10.21608/aiis.2024.268307.1001

الظفيري، بشرى هباد. (٢٠٢٠). تصورات وآراء معلمي العلوم في المرحلة الابتدائية في مدى إمكانية استخدام المختبرات الافتراضية عبر شبكة الانترنت في مقابل المختبرات التقليدية في إكساب المتعلمين المهارات العلمية. مجلة الدراسات التربوية والإنسانية، كلية التربية–جامعة دمنهور، ١٢ (٤)، ٣١٦-٣٧٠.
https://doi.org/10.21608/jehs.2019.194503

العبودي، بدور صالح، والسعدون، إلهام عبد الكريم. (٢٠١٩). تقييم كفايات معلمات العلوم لتطبيق الواقع المعزز. مجلة كلية التربية، ٣٥(٧)، ١٧٠-١٩٢.
http://search.mandumah.com/Record/976586

العتيبي، سارة عبدالله صالح، وعكيري، عبير. (٢٠٢٤). درجة توظيف معلمات العلوم بالمرحلة الثانوية لمختبرات العلوم الافتراضية واتجاهاتهن نحوها بمدينة الطائف. دراسات عربية في التربية

وعلم النفس، ١(١٥٠)، ٣٧٩-٤٢٢.
https://doi.org/10.21608/saep.2024.349056
العتيبي، سلوى سعد، والجبر، جبر محمد. (٢٠٢٥). تصورات المعلمات حول تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تدريس الفيزياء في المرحلة الثانوية من وجهة نظرهن. مجلة العلوم التربوية، ١٢(١)، ٥١٦-٥٤٩. https://doi.org/10.54643/1951-012-001-016
عتيم، أشرف نبوي. (٢٠٢٤). دور الذكاء الاصطناعي في تطوير مناهج العلوم وتدريسها. المجلة التربوية-جامعة سوهاج-كلية التربية، ٢(١١٧)، ٣٨١-٤١٤.
https://doi.org/10.21608/edusohag.2024.339091
العنزي، عهود بردي، والشيخ، أسماء عبدالرحمن. (٢٠٢٤). واقع توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي لدى معلمات العلوم بالمرحلة المتوسطة في محافظة الخرج. مجلة كلية التربية- جامعة كفر الشيخ، ٣(١١٥)، ١٠٠-١٤٨.
http://search.mandumah.com/Record/1480103
الغامدي، سعيد صالح سالم، والمنشري، سعيد صالح. (٢٠٢١). عوامل تفعيل مختبرات العلوم من وجهة نظر مشرفي ومعلمي مادة الفيزياء بالمرحلة الثانوية. مجلة كلية التربية- جامعة طنطا، ٨٢(٢)، ٢١٥-٢٦٥.
https://doi.org/10.21608/mkmgt.2021.73991.1012
الفيفي، عبد الرحمن فرحان. (٢٠٢٤). متطلبات تفعيل دور المدرسة المتوسطة في تنمية القيم الأخلاقية لدى طلابها من وجهة نظر المعلمين بمدينة مكة المكرمة. مجلة دراسات عربية في التربية وعلم النفس، ١(١٥١)، ٣٦٥-٤٠٠.
https://doi.org/10.21608/saep.2024.363238
القرامسة، يحيى عبد الله مفلح. (٢٠٢٣). واقع استخدام معلمي العلوم للمختبرات الافتراضية في محافظة معان من وجهة نظرهم. مجلة جامعة عمان العربية للبحوث- سلسلة البحوث التربوية والنفسية، ٨(١)، ٩-٣٠.
كريري، عائشة يحيى، وفقيهي، أحمد يحيى. (٢٠٢٢). واقع استخدام المعامل الافتراضية في تدريس العلوم الطبيعية لدى معلمي المرحلة الثانوية بإدارة تعليم جازان. المجلة العربية للعلوم ونشر

الأبحاث- مجلة المناهج وطرق التدريس، ١(١١)، ٩٧-١٢٥.
https://doi.org/10.26389/AJSRP.K100522
المزيدي، ناصر سليم، والمحروقية، مريم خميس. (٢٠٢٤). معيقات توظيف معلمي العلوم للذكاء الاصطناعي في تدريس العلوم بمرحلة التعليم ما بعد الأساسي في محافظة الداخلية واتجاهاتهم نحو توظيفه في التعليم. مجلة مستقبل التربية العربية، ٣١(١٤٣)، ١٩٥-٢٣٨.
https://doi.org/10.21608/fae.2024.372097
مسلم، حمودة أحمد حسن. (٢٠٢١). واقع تنفيذ التجارب العملية المتضمنة في مقررات الأحياء بالمرحلة الثانوية ومشكلات تنفيذها ومقترحات حلها من وجهة نظر معلمي المادة. العلوم التربوية، ٢٩(٤)، ٣-٤٤.
النجدي، أحمد، وسعودي، منى عبدالهادي، وراشد، علي. (٢٠٠٥). اتجاهات حديثة في تعليم العلوم في ضوء المعايير العالمية وتنمية التفكير والنظرية البنائية. دار الفكر العربي.
وزارة التربية والتعليم. (١٩٩٥). وثيقة سياسة التعليم في المملكة العربية السعودية. اللجنة العليا لسياسة التعليم- الأمانة العامة الرياض.
وزارة التعليم. (٢٠٢٣). ملامح تطوير المناهج السعودية. المملكة العربية السعودية. الرياض.
وزارة التعليم. (٢٠٢٥). دليل إرشادات استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي للتعليم العام. الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي. الرياض.

ثانياً: المصادر الأجنبية والعربية المترجمة للأجنبية:

Abdulwahed, M., & Nagy, Z. K. (2009). Applying Kolb's experiential learning cycle for laboratory education. Journal of Engineering Education, 98(3), 283–294. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2009.tb01025.x

Abu Rabee, J. A., Al-Waroush, R. S. A., & Saeed, Y. M. (2024). The reality of using virtual laboratories in teaching from the perspective of faculty members at the University of Jordan. The Jordanian Association for Educational Sciences Journal (In Arabic), 9 (2), 421–444. http://search.mandumah.com/Record/1491479

Adhav, D., Pagar, R., Sonawane, R., & Tawade, S. (2019). Smart laboratory. International Journal of Trend in Scientific Research and Development, 3(3), 504–509. https://doi.org/10.31142/IJTSRD22840

Al-Anzi, A. B., & Al-Sheikh, A. A. (2024). The reality of employing artificial intelligence applications among middle school science teachers in Al-Kharj Governorate. Journal of the Faculty of Education, Kafrelsheikh University (In Arabic), 3 (115), 100–148. http://search.mandumah.com/Record/1480103

Al-Buqami, M. S. A., & Al-Qarni, M. K. (2025). The effect of the interaction between the aesthetic approach and levels of information processing in science teaching on developing reflective thinking skills among first-grade middle school students. King Abdulaziz University Journal: Educational and Psychological Sciences (In Arabic), 4 (1), 111–154. https://doi.org/10.4197/Edu

Al-Dalalah, O. (2023). The Effect of Employing Artificial Intelligence Tools in Dry Laboratories on Laboratory Performance Skills and Anxiety Levels from the Perspective of Secondary School Students. Jordan Journal of Applied Science-Humanities Series, 37(1), 146-163. https://doi.org/10.35192/jjoas-h.v37i1.615

Al-Dhafeeri, B. H. (2020). Science teachers' perceptions and opinions in elementary school regarding the use of online virtual labs versus traditional labs in acquiring scientific skills. Journal of Educational and Human Studies, Faculty of Education, Damanhour University

(In Arabic), 12 (4), 316–370. https://doi.org/10.21608/jehs.2019.194503

Al-Fifi, A. F. (2024). Requirements for activating the role of the intermediate school in developing moral values among its students from teachers' perspectives in Makkah. Arab Studies in Education and Psychology Journal (In Arabic), 1 (151), 365–400. https://doi.org/10.21608/saep.2024.363238

Al-Ghamdi, S. S. S., & Al-Manshri, S. S. (2021). Factors activating science laboratories from the perspective of physics supervisors and teachers in secondary schools. Journal of the Faculty of Education, Tanta University (In Arabic), 82 (2), 215–265. https://doi.org/10.21608/mkmgt.2021.73991.1012

Al-Hajili, S. A. S. & Al-Farani, L. A. (2020). Artificial Intelligence in Education in the Kingdom of Saudi Arabia. Scientific Journal of Specific Education (In Arabic), 4(11), 71-84.

Al-Hajriya, A. A. M. H. (2024). The reality of employing artificial intelligence applications in teaching science curricula and proposals for development from experts' perspectives in Oman (In Arabic). [Unpublished master's thesis]. Sultan Qaboos University.

Al-Harbi, A. A. (2023). A proposed vision for activating the use of the virtual factor in science teaching from the perspective of faculty members at Qassim University. The Journal of Educational Sciences and Humanities, University of Taiz (In Arabic), (33), 175–206. https://doi.org/10.55074/hesj.vi33.810

Al-Huraisi, J. Y. J., & Al-Nafeesa, S. I. (2022). Augmented reality technology in middle school science textbooks. Arab Studies in Education and Psychology Journal (In Arabic), 3 (144), 87–111. https://doi.org/10.21608/saep.2022.264058

Al-Husseini, B. M. Q. (2023a). Development of school laboratories to foster scientific thinking among elementary students in Kuwait. Arab Journal of Educational and Psychological Sciences, (In Arabic), 7 (33), 129–150. https://doi.org/10.21608/jasep.2023.293218

Al-Husseini, B. M. Q. (2023b). The role of artificial intelligence in science education for elementary students to achieve Kuwait Vision 2035. Educational Journal, Faculty of Education, Sohag University (In Arabic), (108), 154–176. https://doi.org/10.21608/edusohag.2023.296484

Al-Jubouri, H. Y. S., & Radi, R. M. (2022). Difficulties facing science teachers in conducting experiments from their perspectives. Al-Fath Journal (In Arabic), 26(2), 94–113. https://alfatehjournal.uodiyala.edu.iq/index.php/jfath/article/view/1978

Al-Muzaidi, N. S., & Al-Mahrouqi, M. K. (2024). Obstacles faced by post-basic education science teachers in employing artificial intelligence in science teaching in Al-Dakhiliyah Governorate and their attitudes toward its use in education. Arab Future of Education (In Arabic), 31 (143), 195–238. https://doi.org/10.21608/fae.2024.372097

Al-Najdi, A., Saudi, M. A., & Rashid, A. (2005). Modern trends in science education in light of global standards, thinking development, and constructivist theory (In Arabic). Dar Al-Fikr Al-Arabi.

Al-Obaidi, B. S., & Al-Saadoun, I. A. (2019). Evaluation of science teachers' competencies for implementing augmented reality. Journal of the Faculty of Education – (In Arabic), 35(7), 170–192. http://search.mandumah.com/Record/976586

Al-Otaibi, S. A. S., & Okairi, A. (2024). The degree of high school science teachers' use of virtual laboratories and their attitudes toward them in Taif city. Arab Studies in Education and Psychology (In Arabic), 1 (150), 379–422. https://doi.org/10.21608/saep.2024.349056

Al-Otaibi, Salwa Saad, and Al-Jabr, Jabr Muhammad. (2025). Female teachers' perceptions of artificial intelligence applications in teaching physics at the secondary level from their perspective. Journal of Educational Sciences, 12(1), 516-549. https://doi.org/10.54643/1951-012-001-016

Al-Qaramseh, Y. A. M. (2023). The Reality of Science Teachers' Use of Virtual Laboratories in Ma'an Governorate from Their Perspective.

Amman Arab University Journal of Research - Educational and Psychological Research Series (In Arabic), 8(1), 9-30.

Al-Ruwaili, T. A., & Al-Mutairi, A. K. (2025). The reality of using virtual laboratories (Crocodile) in teaching science experiments from the perspective of natural science teachers in East Riyadh. International Journal of Educational Technology and Computing (In Arabic), 4 (10), 109–152.

Al-Shahrani, B. M. S. A. G., & Al-Mahfouz, M. Z. A. (2020). Evaluation of the science curriculum content in intermediate schools in light of 21st-century skills. Educational Journal Faculty of Education, Sohag (In Arabic), 72 (72), 418–468. https://doi.org/10.21608/edusohag.2020.74972

Al-Shahri, R. A. Z., & Madkour, A. F. K. (2024). The reality of using AI laboratories in general education from the perspective of high school teachers in Riyadh. Journal of Artificial Intelligence and Information Security (In Arabic), 2 (3), 35–77. https://doi.org/10.21608/aiis.2024.268307.1001

Al-Sharqi, S. S. (2019). Obstacles to the Use of Science Labs from the Perspective of Upper Primary Science Teachers in the Mafraq Story. Journal of Educational and Psychological Sciences (In Arabic), 3(29), 72-86.

Al-Subaie, M. H. (2018). A proposed vision of the general objectives of science education in the intermediate stage in light of NGSS and Saudi Vision 2030. Benha Faculty of Education Journal (In Arabic), 2 (115), 187–215. https://doi.org/10.21608/jfeb.2018.61030

Al-Sudairi, I. S. R. (2024). The reality of using computerized laboratories in science teaching from teachers' perspectives in Al-Dhahirah Governorate, Oman, and their attitudes toward it (In Arabic). [Unpublished master's thesis]. University of Nizwa.

Al-Toubi, H. S., & Al-Wahibi, I. S. (2024). Evaluation of science lab activation in second cycle schools in Al-Dakhiliyah Governorate, Oman, using Taylor's model. Arab Research Journal in Qualitative Education (In Arabic), (33), 213–235. https://doi.org/10.21608/jfeb.2018.61030

Algorashi, M. K. (2024). The Effectiveness of Virtual Laboratories for Teaching Physics Experiments in Saudi Secondary Schools [Doctoral dissertation, University of Exeter (United Kingdom)]. ProQuest Dissertations and Theses Global.

Ateem, A. N. (2024). The role of artificial intelligence in developing and teaching science curricula. Educational Journal, Sohag University, Faculty of Education (In Arabic), 2(117), 381-414. https://doi.org/10.21608/edusohag.2024.339091

Banagar, A. N., & Khattar, R. (2020). IoT based smart laboratory system. International Journal of Engineering Research & Technology, 9(1), 315–319. https://doi.org/10.17577/IJERTV9IS010178

Bassiouni, H. F. A. (2024). The availability of skills for employing artificial intelligence applications in teaching among commercial science teachers. Journal of Contemporary Curricula and Educational Technology, Tanta University, Faculty of Education (In Arabic), 5(3), 293–330. https://doi.org/10.21608/msite.2024.391073

Boukari, A., & Massoud, D. (2024). Intelligent systems: A broader concept of artificial intelligence applications in education. Al-Bahith Journal, (In Arabic), 16 (2), 703–723. http://search.mandumah.com/Record/1516065

Hafiz, I. Z., Al-Asimi, S. A., & Shahada, F. H. (2024). Psychometric properties of a virtual science lab evaluation questionnaire using confirmatory factor analysis and neural networks among middle school students. Journal of Curricula and Teaching Methods, National Center for Research, Gaza (In Arabic), 3 (10), 16–34.

Hazzan-Bishara, A., Kol, O. & Levy, S. (2025). The factors affecting teachers' adoption of AI technologies: A unified model of external and internal determinants. Education and Information Technologies, 30(1), 15043–15069. https://doi.org/10.1007/s10639-025-13393-z

Ibrahim, Abdullah Ali Muhammad Ibrahim. (2023). The Level of Awareness of the Practices of Science Teachers in Al-Azhar and General Education for Artificial Intelligence Applications in Secondary School Teaching (An Analytical Study). Journal of the

Faculty of Education, 1(1), 197-284. http://search.mandumah.com/Record/1540741

Ismail, H. S. J. (2023). Employing artificial intelligence applications in education in Egypt in light of the experiences of the United Arab Emirates and Hong Kong: An analytical study. Matrouh University Journal of Educational and Psychological Sciences (In Arabic), 4 (6), 2–90.

Kariri, A. Y. & Faqihi, A. Y. (2022). The Reality of Using Virtual Laboratories in Teaching Natural Sciences by Secondary School Teachers in Jazan Education Administration. Arab Journal of Science and Research Publishing - Journal of Curricula and Teaching Methods (In Arabic), 1(11), 97-125 . https://doi.org/10.26389/AJSRP.K100522

Khalifah, A. H., & Al-Dibsi, A. E. (2011). The effect of teaching science through guided discovery in the laboratory on academic achievement: An experimental study on a sample of sixth-grade students in Tabuk city schools. Damascus University Journal (In Arabic), 27 (3), 923–952.

Khalil, H. H. A., Mokhtar, E. A. M., & Al-Sunaidi, S. S. B. K. (2024). The effectiveness of a virtual environment based on artificial intelligence applications in developing instructional design skills and achievement motivation among student teachers at the Faculty of Education. Assiut University Faculty of Education Journal (In Arabic), 40 (12), 1–77.

Khudr, M. (2021, February 15). Characteristics of development in middle school (In Arabic). https://2u.pw/9jJ2y

Knight, N. J., Kanza, S., Cruickshank, D., Brocklesby, W. S., & Frey, J. G. (2020). Talk2Lab: The smart lab of the future. IEEE Internet of Things Journal, 7(9), 8631–8641. https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2995323

Lee, G., Yun, M., Zhai, X., & Crippen, K. (2025). Artificial intelligence in science education research: Current states and challenges. Journal of Science Education and Technology. https://doi.org/10.1007/s10956-025-10239-8

Lenk, F. & Beutel, S. (Eds.). (2022). Smart biolabs of the future. (advances in biochemical engineering/biotechnology. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12582-9

Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. Learning and Instruction, 60(1), 225–236. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007

McDonald, C. (2013). Examining primary pre-service teachers' written arguments in a chemistry open inquiry laboratory investigation. International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education, 21(3), 45–59.

Ministry of Education. (1995). Education policy document in the Kingdom of Saudi Arabia. General Secretariat of the Supreme Committee for Education Policy (In Arabic), Riyadh.

Ministry of Education. (2023). Features of developing Saudi curricula (In Arabic). Riyadh, Saudi Arabia.

Ministry of Education. (2025). Guidelines for using generative artificial intelligence in general education (In Arabic). Saudi Data and AI Authority, Riyadh.

Muslim, H. A. H. (2021). The reality of implementing practical experiments in high school biology curricula, challenges, and suggested solutions from teachers' perspectives. Educational Sciences (In Arabic), 29(4), 3–44.

Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. Computers & Education, 95(1), 309–327. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. Computers & Education, 147(1), 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778

Rosli, R., & Ishak, N. (2024). Integration of virtual labs in science education: A systematic literature review. Jurnal Pendidikan Sains dan Matematik Malaysia, 14(1), 81–103. https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol14.1.8.2024

Selvam, A. (2024). Exploring the Impact of Artificial Intelligence on Transforming Physics, Chemistry, and Biology Education. https://doi.org/10.21428/a70c814c.747297aa

Shahada, I. S. I. (2021). The effect of virtual laboratories on academic achievement and motivation in chemistry among high school girls (In Arabic). [Unpublished master's thesis]. Middle East University.

Shehata, H., & Al-Najjar, Z. (2003). Dictionary of educational and psychological terms (In Arabic). Al-Dar Al-Masriah Al-Lubnaniah.

Siddiqa, M., Kirikova, M., Magnussen, R., Larsen, B., & Pedersen, J. (2021). Towards using sensors as data sources in teaching: Requirements for school curricula-compatible sensors. Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly, 26(1), 78–93. https://doi.org/10.7250/csimq.2021-26.05

Zaytoun, A. M. (2010). Contemporary global trends in science curricula and teaching (In Arabic). Dar Al-Shorouk.