مجلـــة العلـــوم التربـــوية والدراســـات الإنســـانيـــة
Humanities and Educational Sciences Journal
ISSN: 2709-0302 (online)
ISSN: 2617-5908 (print)

فاعلية التدريس باستخدام المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث ثانوي بمادة الفيزياء(*)

مريم بنت فراج بن عويض الشلوي
أستاذ مشارك بقسم المناهج وطرق التدريس
كلية التربية بجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية
المملكة العربية السعودية
alshalawimariam6@gmail.com

*) تاريخ تسليم البحث 24/11/2025 تاريخ قبوله للنشر 3/1/2026
*) موقع المجلة: http://hesj.org/ojs/index.php/hesj/index

فاعلية التدريس باستخدام المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث ثانوي بمادة الفيزياء

مريم بنت فراج بن عويض الشلوي
أستاذ مشارك بقسم المناهج وطرق التدريس
كلية التربية بجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية
المملكة العربية السعودية

الملخص

هدفت البحث إلى التعرّف على مدى فاعلية التدريس باستخدام المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي في مادة الفيزياء، وذلك في أربع مهارات أساسية: فهم النص الفيزيائي، وحل المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية، وقد استخدمت الباحثة المنهج شبه التجريبي بتصميم المجموعتين الضابطة والتجريبية، وطبّقت الدراسة على عينة تكوّنت من (67) طالبة من طالبات الصف الثالث ثانوي في المدارس الحكومية للبنات بمنطقة الرياض في مكتب تعليم السلي، حيث ضمّت المجموعة الضابطة (34) طالبة، وضمّت المجموعة التجريبية (33) طالبة من ثانوية فاطمة بنت محمد بالحرس الوطني، درسن *وحدة* الكهرباء التيارية باستخدام المعمل الافتراضي المعتمد من وزارة التعليم، والتابع لمنصة (مدرستي)، وأظهرت نتائج الدراسة وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات الطالبات في التطبيقين القبلي والبعدي، لصالح التطبيق البعدي في جميع المهارات المستهدَفة، ووجود فروق ذات دلالة إحصائية بين أداء المجموعتين الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي، لصالح المجموعة التجريبية، وأشارت مُعامِلات حجم الأثر (η^2) إلى تأثير مرتفع يؤكد فاعلية المعمل الافتراضي في تحسين مهارات التفكير الفيزيائي لدى الطالبات، وفي ضوء النتائج، أوصت الدراسة بضرورة توسيع استخدام المعامل الافتراضية في تدريس الفيزياء بالمرحلة الثانوية، وتدريب المعلمات على توظيفها، وتضمينها ضمن الممارسات الصفية؛ لتعزيز مهارات التفكير الفيزيائي لدى الطالبات

الكلمات المفتاحية: المعمل الافتراضي، مهارات التفكير الفيزيائي.

The Effectiveness of Teaching Using the Virtual Laboratory in Developing Physical Thinking Skills among Third-Grade Secondary Female Students in Physics

Maryam bint Faraj bin Awad Al-Shalawi
Associate Professor, Department of Curriculum and Instruction
College of Education, Imam Muhammad ibn Saud Islamic University
Kingdom of Saudi Arabia

Abstract

This study aimed to identify the effectiveness of teaching through a virtual laboratory in developing physical thinking skills among third-grade secondary female students in physics. The targeted skills included **understanding physical text, problem-solving, graph analysis, and identifying physical relationships.** The researcher employed the quasi-experimental design with control and experimental groups. The study sample consisted of (67) students from government secondary schools for girls in the Al-Sulay Educational Office in Riyadh, with (34) students in the control group and (33) in the experimental group from *Fatimah bint Muhammad Secondary School – National Guard*. The unit *Electric Current* was taught using the virtual laboratory provided by the Ministry of Education via the Madrasati platform. The results revealed statistically significant differences between the pre- and post-test scores in favor of the post-test for all targeted skills. Additionally, significant differences were found between the control and experimental groups in the post-test in favor of the experimental group. The calculated effect sizes (η^2) indicated a high effect, confirming the effectiveness of the virtual laboratory in enhancing students' physical thinking skills. Based on the findings, the study recommended expanding the use of virtual laboratories in teaching physics at the secondary level, training teachers to integrate them effectively, and incorporating them into classroom practices to promote students' physical thinking skills.

Keywords: Virtual laboratory, physical thinking skills.

المقدمـة:

يتميّز العصر الحالي بالتقدّم العلمي والتكنولوجي والتقني وثورة المعلومات والمعرفة، وسرعة الاتصال في مجالات الحياة كافة، التي من أبرزها مجال التعليم، مما زاد من دور تقنيات التعليم، حيث لم يعد التعليم قاصرًا على عده وسائل إيضاحية أو طرق مساعدة على إيصال المادة التعليمية للمتعلمين، بل أتاح إمكانية الاستفادة من كثير من الأساليب التقنية الحديثة بوصفها مصادر رئيسة في التّعلّم، ومن أهم ما أُستحدث في المعامل المدرسية: دخول تقنية الحاسب لأدوات المعمل وتجهيزاته، مما أدّى إلى زيادة تفعيل المجال التطبيقي للعلم، وتحوّل في المعامل التقليدية إلى معامل افتراضية في التدريس.

والواقع الافتراضي في ضوء التعليم الإلكتروني هو واحد من أدوات التعليم في مجالات مختلفة، أبرزها تعليم العلوم، التي تعتمد بشكل كبير على المعمل لإجراء التجارب العلمية في مختلف المواد العلمية – ومنها الفيزياء– الأمر الذي يجعل من دمج المعمل بالتقنية الحديثة اتجاهًا معاصرًا يتوافق مع الواقع، ويُسهم في دراسته وتطويره، ويعدّ استخدام المعامل الافتراضية في تدريس العلوم أبرز الوسائل التعليمية الميسّرة للتّعلّم في العصر الحديث.

وقد أتاح التعليم من خلال التقنيات الحديثة والفضاء الافتراضي تقديم خدمات تعليمية مميّزة، وإتاحة الفرص لظهور جيل رقمي قائم على التقنيات الحديثة في العمليات التعليمية، كالمعامل الافتراضية التي تُتيح للجميع من الطلبة فرصة دخول عالم المعامل وإجراء التجارب، والانتقال بالتعليم من التخيل إلى التطبيق ورفع الإدراك الحسي، ونماذج المحاكاة، فالمعامل الافتراضية لها مستقبل ودور مهم بالعملية التعليمية في تدريس العلوم بشكل عام، والفيزياء بشكل خاص (الحمود،2021).

ولم تعد العملية التعليمية تقتصر على نقل المعلومات والمعارف، بل تمثّلت في تغيير دور المعلم، فالمعلم سابقًا هو المحور الرئيس في تلقين المعارف، وضبط الطلاب في الغرفة الصفية، ولكن وبعد استخدام التقنيات الحديثة أصبح دوره مختلفًا في المعمل الافتراضي، حيث صار منظمًا للبيئة التعليمي وميسرًا لها، ومسؤولًا عن اختيار الأنشطة، ويُثير التساؤلات، ويقدّم التوجيهات والإرشادات، ويتابع الطلاب ويساعدهم على تحقيق الهدف (العبيد والشايع،2020).

والمعمل الافتراضي مختبر رقمي يُعبّر عن سيادة الجيل الرقمي في العصر الحديث، لا سيما في المدارس والجامعات والمعامل الخاصة، ويحتوي المعمل على مجموعة من أجهزة الحاسب الآلي التي تتمتّع بالسرعة الفائقة والطاقة التخزينية الكبيرة العالية، ووجود برمجيات علمية مواءمة للبيئة التعليمية، ووسائل لسهولة الاتصال بشبكة الإنترنت، وتساعد تلك الأجهزة الطالب على ممارسة التجارب العلمية الرقمية الحديثة، وتتميّز من خلالها التجارب الرقمية بإمكانية تكرارها، ومتابعة التفاعلات والنتائج دون تعرّض الطالب لأي خطر ممكن، ولا تتطلّب جهدًا كبيرًا، وتكلفتها أفضل مقارنة بالتجارب التي تُجرى في معامل حقيقية (العماري وآل كاسي، 2023).

والمعامل الافتراضية هي بيئة تعليم إلكترونية في الواقع الافتراضي، يمكن من خلالها محاكاة المعامل الحقيقية الواقعية، عبر تطبيق التجارب العملية أو ممارستها بصورة افتراضية تعكس طبيعة التطبيق على أرض الواقع، ويمكن استخدامها من قِبل الطالب في أي زمان أو مكان، سواء أكان ذلك من خلال الأقراص المدمجة أم المواقع الإلكترونية المتخصّصة من خلال شبكة الإنترنت المتاحة للجميع (المالكي،2023).

والمعامل الافتراضية ذات مواصفات عالية الجودة من الناحية التقنية، صُمّمت بشكل خاص للتعليم وخوض التجارب العلمية وتكرارها، وجعل الاتصال بين المعلم والطالب أكثر سهولةً من ذي قبل، وخلق بيئة تفاعلية للمعلم والطالب، وتنمية العمل الجماعي بين الطلاب.

ويؤدي استخدام المعامل الافتراضية إلى إكساب الطلاب قدرة على استخدام التقنيات الحديثة، والاطلاع على كل جديد في الثورة المعلوماتية، ويستطيع الطالب استخدام الأسلوب العلمي في حلّ المشكلات، وتطوير وسائل التعليم، وتُستخدم الأجهزة الرقمية بشكل كبير في كافة المؤسسات التعليمية، والهدف السعي إلى الحصول على أكبر استفادة من مميزات هذه المعامل، مما يساعد الطلاب على تحقيق المعرفة والبحث في مجالات التدريس ذات الطابع التجريبي (هزاع،2020).

وتتجه الكثير من الدول حول العالم نحو توظيف المعامل الافتراضية في منظوماتها التعليمية؛ لما توفره من إمكانية الربط بين المعرفة والنظرة المجردة والتطبيق المادي المحسوس، وتجسيد المفاهيم، فالمختبر الافتراضي يعدّ محاكاةً للمختبر الحقيقي؛ إذ يُتيح للطالب إجراء تجارب عملية وأنها واقعية حقيقية، والسماح له بتكرار التجربة نفسها.

والمعامل الافتراضية من أبرز الوسائل التي تدعم تدريس العلوم – وبشكل خاص الفيزياء– لكثرة التجارب والأنشطة العملية التي تحتاج أدوات خاصة لاستقصاء المفاهيم والحقائق؛ لعدم توافر الأدوات، أو خطورة استخدامها، أو كلفتها المالية، أو لعدم كفاية معدّات التجارب لكل طالب في المختبر، فالمعامل الافتراضية حل بديل للمعامل الحقيقية، والمعامل الافتراضية بيئة تعليمية تفاعلية قائمة على تقنية الحاسوب، ويمكن للطلاب أن يكون لهم دور نشط في العملية التعليمية؛ لهذا يمكن استخدامها عوضًا عن البيئات المختبرية التقليدية؛ لتزويد الطلاب بفرص أكبر لإجراء التجارب العملية (Topalsan,2020).

وتنمية التفكير موضع خلاف بين القائمين على تعليم العلوم بصفة عامة، والفيزياء بشكل خاص، لكن الاختلاف بينها حول كيفية تنمية هذا التفكير لدى الطلاب، وما الإستراتيجيات التي تُسهم في تحقيق هذا الهدف؛ فالفيزياء إحدى ضروريات التقدّم العلمي وأساسية لفهم التكنولوجيا الحديثة، وتُسهم بشكل كبير في تفسير العديد من الظواهر الكونية التي نلاحظها بشكل يومي، ومعظم المكتشفات العلمية الحديثة هي نتيجة دراسة علم الفيزياء وتطبيقاتها في شتى المجالات (المصري،2022).

وقد أرست وزارة التربية والتعليم في السعودية البنية التحتية لتقنية المعلومات والاتصال في التعليم، حيث تم تأمين العديد من أجهزة الحاسوب في المدارس، وتطوير مختبرات العلوم المدرسية، وإدخال تقنية المختبرات الافتراضية التي نقلت المختبرات من أجهزة ومعدات مادية إلى أجهزة رقمية. وتسعى المملكة جاهدةً نحو تحسين العملية التعليمية وفقًا لرؤية 2030، التي تهدف إلى توفير بيئات تعلّم إلكترونية إيجابية، وفعالية التّعلّم للجميع، وتوفير وسائل وأدوات إلكترونية. وتُعدّ المعامل الافتراضية من أبرز مُستحدثات التعليم، التي تضمن تقديم المعلومات للطلاب بفعالية أكثر، وإمكانية قيامهم بالتجارب العملية وإعادة تكرارها.

وجاءت رؤية 2030 لتأكيد دور التقنيات الحديثة في جعل نظام التعليم السعودي نظامًا تقنيًّا، يسعى إلى المنافسة العالمية مع النظم التعليمية المتقدّمة، وتقوم رؤية 2030 على تحسين مُخرجات التعليم العام، والارتقاء

بجودة العملية التعليمية، وجعل التقنية الحديثة جزءًا لا يتجزأ من نظام التعليم؛ لإعداد متعلمين قادرين على التفكير وحلّ المشكلات، ولديهم اتجاهات علمية إيجابية نحو المعرفة وتحصيلها وتطبيقها (رؤية 2030).

مشكلة البحث:

تُعدّ المعامل الافتراضية أحد أساليب إكساب الخبرة العملية للطلاب، من خلال دمج التقنية في العمل بالمعمل المدرسي؛ لما توفّره التقنيات الحديثة من قدرات وإمكانات في المعامل الافتراضية؛ إذ تُساعد على تحقيق الأهداف التعليمية، وتُسهم في تشويق الطلاب للتعليم، وتحسّن اتجاههم نحو المادة، ويمكنها توفير الجهد في التدريس، وتخفيف الأعباء عن كاهل المعلم.

وقد أشار العديد من الدراسات إلى فاعلية تطبيق المعامل الافتراضي في تدريس العلوم بشكل عام، والفيزياء بشكل خاص، كما في دراسة هزاع (2020)، التي هدفت إلى التّعرّف على فاعلية المعامل الافتراضية في التحصيل الدراسي لدى طلاب المرحلة الثانية بمقرر الفيزياء، وأوصت بضرورة إنشاء مواقع للمعامل الافتراضية، ليستفيد منها الطلاب والمعلمون. وأشارت دراسة رانجان (RANJAN,2024) إلى أهمية استخدام المعمل الافتراضي في تدريس مقرر الفيزياء، وما أوصت به دراسة أوموكوزي وآخرين (Umukozi et al., 2023) بضرورة استخدام المدارس الثانوية الرواندية التي تدرس الفيزياء للمختبرات الافتراضية لتدريس المادة، مما يدلّ على فاعلية المختبر الافتراضي في تنمية المهارات العملية لدى طلاب المرحلة الثانوية (صالح وآخرين، 2023). وتُكون المحاكاة أكثر فاعلية في نجاح الفيزياء والتدريس ببيئة المختبر الافتراضي من التدريس في بيئة المختبر التقليدية (Doç, & BOZKURT, 2022).

وقد أشارت العديد من الدراسات إلى معاناة طلبة المرحلة الثانوية من ضعف في مهارات التفكير الفيزيائي، وتمثّل ذلك الضعف في: وجود قصور واضح في مهارات التفكير الفيزيائي (صالح وآخرون،2023)، وقصور في مهارات الرسم البياني وإيجاد العلاقة الفيزيائية (Dewi et al., 2024).

وبناء على ما سبق، تتحدّد مشكلة الدراسة في وجود قصور بمهارات التفكير الفيزيائي لدى الطالبات، ومدى فاعلية التدريس باستخدام المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي بمادة الفيزياء، وتسعى الدراسة إلى التصدي لهذه المشكلة بالإجابة عن السؤال التالي: ما فاعلية التدريس باستخدام المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي بمادة الفيزياء؟ والذي يتفرّع منه السؤالان الفرعيان التاليان:

1. هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.05)، بين متوسطي درجات المجموعتين الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي (فهم النص الفيزيائي، وحلّ المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية)؟
2. هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.05)، بين متوسطي درجات التطبيقين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي (فهم النص الفيزيائي، وحلّ المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية) لدى طالبات الصف الثالث الثانوي؟

أهداف البحث:

يسعى البحث إلى تحقيق الأهداف التالية:

1. الكشف عن الفروق بين متوسطي درجات المجموعتين الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي (فهم النص الفيزيائي، وحلو المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية) عند مستوى دلالة (0.05)
2. الكشف عن الفروق بين متوسطي درجات التطبيقين القبلي والبعدي لدى طالبات المجموعة التجريبية في اختبار مهارات التفكير الفيزيائي (فهم النص الفيزيائي، وحلّ المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية) عند مستوى دلالة (0.05)

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث فيما يلي:

1. لفت أنظار مشرفي الفيزياء ومشرفاتها نحو أهمية استخدام المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي بمادة الفيزياء.
2. الاستجابة لرؤية المملكة العربية السعودية 2030 في توظيف التقنيات الحديثة بالتدريس.
3. مساعدة القائمين على العملية التعليمية بتزويدهم بأهمية استخدام المعمل الافتراضي في تدريس العلوم بشكل عام، والفيزياء بشكل خاص.
4. التوافق مع الاتجاهات الحديثة المعاصرة في ضرورة إثراء مقرر الفيزياء بالمعامل الافتراضية في التدريس والإثراء العلمي؛ لتكوين عقليات إبداعية مستبصرة، وتنمية المهارات وسلوك المتعلمين الإيجابي نحو المقرر.
5. يفيد المعلم في تدريس مقرر الفيزياء للصف الثالث الثانوي من خلال المعامل الافتراضية؛ لاتخاذ القرارات الملائمة لتحديث هذه المعامل وتطويرها، المبنية على أسس علمية وعملية وتربوية، وتطوير طرق التدريس، والخروج من النمط التقليدي والاستفادة من التقنيات الحديثة بما يتواءم والمستجدّات التربوية.
6. يفيد مشرفي مناهج الفيزياء في أهمية قياس مهارات التفكير الفيزيائي عبر التدريس بواسطة المعامل الافتراضية.
7. يوجّه نظر الخبراء نحو تدريب المعلمين على تطبيق استخدام المعامل الافتراضية مع الطلبة في منهاج الفيزياء.

حدود البحث:

الحدود الموضوعية: اقتصر البحث على المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي، ومنها: (فهم النص الفيزيائي، وحلّ المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية)؛ لأهمية هذه المهارات وأهمية تنميتها بوصفها جزءًا من مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي.

الحدود المكانية: المرحلة الثانوية في المدارس الحكومية للبنات بمنطقة الرياض.

الحدود الزمانية: الفصل الدراسي الثاني من العام الدراسي (1445هـ-1446هـ)، الموافق (2024-2025م).

الحدود البشرية: طالبات الصف الثالث الثانوي في المدارس الحكومية للبنات بمنطقة الرياض.

مصطلحات البحث:

المعمل الافتراضي (Virtual Laboratory):

يُعرّف بأنه: "بيئة تعلّم وتعليم افتراضية؛ تستهدف تنمية العمل المخبري لدى الطلاب، وتكون هذه البيئة من خلال أحد مواقع الشبكة العنكبوتية، ويضمّ الموقع صفحة رئيسة للمعمل، ولها عدد من الروابط أو الأيقونات (الأدوات) المُتعلّقة بالأنشطة المخبرية وإنجازاتها وتقويمها" (زيتون،2005).

ويُعرّف إجرائيًّا بأنه: برنامج تفاعلي مصمّم على جهاز الحاسوب، يتم من خلاله محاكاة المعمل الحقيقي، ويتضمّن تجارب فيزيائية مختلفة لمقرر الفيزياء للصف الثالث الثانوي؛ لمساعدة الطالبات على تنمية تفكيرهن الفيزيائيي في ضوء مهارات: (فهم النص الفيزيائي، وحلّ المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية)؛ إذ يتم التدريس من خلال منصة درسي.

مهارات التفكير الفيزيائي (Physical Thinking Skills):

هي "العمليات العقلية التي تُمكّن الطلاب من اتباع مسارات تفكير علماء الفيزياء في أثناء معالجتهم للمعلومات، ومواجهتهم للمشكلات، والمواقف الغامضة ذات الصلة بالكميات والعلاقات والمسائل الفيزيائية والرسوم البيانية، وهي مهارات ضرورية لتعلّم الفيزياء وحلّ اختباراتها" (مهدي،2020).

وتُعرّف إجرائيًّا بأنها: القدرات العقلية لدى طالبات الصف الثالث الثانوي في مقرر الفيزياء الدارسات للمعمل الفيزيائي افتراضيًّا، وتتمثّل تلك المهارات في: (فهم النص الفيزيائي، وحلّ المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية)، وتُقاس بالدرجة التي تحصل عليها الطالبة في اختبار مهارات التفكير الفيزيائي المُعدّة من قِبل الباحثة.

الأدب النظري والدراسات السابقة:

مفهوم المعمل الافتراضي:

يُقصد بالمعمل الافتراضي أنه: "بيئة إلكترونية تعليمية تفاعلية افتراضية، يتم من خلالها محاكاة المعامل التقليدية أو الحقيقية، وذلك بتطبيق التجارب العلمية بصورة افتراضية تُحاكي التطبيق الحقيقي، يمكن استخدمه من خلال الأقراص المدمجة أو موقع إلكتروني على شبكة الإنترنت" (العنزي والشهري،2023، 5).

وهو: "معمل إلكتروني يتم فيه العمل عن طريق استخدام مواقع على شبكة الإنترنت أو برامج الحاسب الآلي المنتجة سابقًا، بحيث يستطيع الطالب محاكاة التجارب العملية وتطبيقها كما هي في أرض الواقع دون التّعرّض للأخطار، وبأقل جهد وكلفة ممكنة"(المختار،2021 83).

وعرّف فاسيليادو (Vasiliadou,2020 ,482) المعمل الافتراضي بأنه: "أداة تعليمية قوية تُمكّن الطلبة من إجراء تجرب علمية في منازلهم، أو باستخدام شبكة الإنترنت في مجموعات تسمح لهم بالتعاون فيما بينهم، ويوفّر لهم فرصة حقيقية للاشتراك في التكنولوجيا، دون تحديد وقت أو مكان، وتقديم تغذية راجعة فورية لهم، ويسمح لهم بالتّعرّف إلى قواعد الأمن والسلامة في أثناء القيام بالتجربة، وتكرار التجربة في المعمل مع تجنّب الظروف أو المخاطر غير المتوقّعة".

وفي ضوء ما سبق، فإن المعمل الافتراضي بيئة تعلّم وتعليم إلكترونية تفاعلية لدى الطلبة، يتم من خلاله محاكاة المعمل الحقيقي، حيث يُمارس الطلبة التجارب العلمية التي تُجرى عادة في المعمل التقليدي بمطلق الحرية، وبمستوى أمان عالٍ من خلال شبكة الإنترنت، أو عن طريق برامج حاسوبية إلكترونية على جهاز الحاسب الآلي.

أهمية استخدام المعمل الافتراضي:

يرى العتيبي (2023) أن المعامل الافتراضية ظهرت لتواكب التغيّر التقني والتكنولوجي العالمي، كما تتسم بسهولة الاستخدام في أي وقت وأي مكان، وانخفاض التكلفة مقارنة بالمعامل التقليدية، وإمكانية التعليم من خلالها بطريقة فردية أو جماعية، وقدرتها على التغلب على حاجز الخوف أو القلق الذي يشعر به بعض المتعلمين في أثناء المعامل الحقيقية.

وتكمن أهمية استخدام المعمل الافتراضي في التدريس كما يراها كريري وفقهي (2022، 107) في النقاط التالية:

1. تقديم نتائج عالية الدقة، مع انتفاء عوامل الخطورة الناجمة عن ممارسة التجارب في المعامل الحقيقية.
2. إمكانية شخصنة التجارب المعملية بما يتلاءم وقدرات الطالب.
3. إتاحة الفرصة لتعريض الطالب لمواقف يحرم منها في المعامل التقليدية – نظرًا لخطورتها– وبالتالي تتكامل معلوماته فيما يتعلّق بتلك المواقف.
4. تسمح المعامل الافتراضية للطلبة بتطوير مهارات البحث والاستقصاء العلمي.

مميزات المعمل الافتراضي:

تمتاز المعامل الافتراضية بما يلي (المختار،2021، 86):

1. وجود برنامج تعليمي لها، يمكّن المستخدم من التّعرّف إلى جميع أجزاء البرنامج ومُكوّناته، والتوظيف والاستخدام الأمثل لكل نوع.
2. تُنمّي مبدأ التعليم الذاتي والتّعلم بالممارسة لدى الطالب، حيث تمكّنه من تصميم ما يشاء من التجارب وتنفيذه بنفسه.
3. تمكّن الطالب من إجراء التجربة بنفسه، والوصول إلى النتائج من خلال جهاز الحاسب الآلي، مما يعمل على بقاء أثر التَّعَلُّم والمشاركة الفعّالة للطالب، وإثارة انتباهه وتفكيره وتحفيزه على التَّعَلُّم.

وذكر السراني (2023، 127-129) مميزات المعامل الافتراضية في التالي:

1. مرونة الاستخدام، من حيث إمكانية أداء الطلبة للأنشطة المعملية في أي وقت وأي ومكان.
2. تقديم تغذية راجعة فورية عن أداء الطالب بالسرعة والطريقة المناسبة.
3. إمكانية متابعة تقدّم الطلبة وتوجيههم بسهولة.
4. تحقيق المتعة والإثارة للطلبة.
5. زيادة فرص التَّعَلُّم الذاتي للطلبة؛ لفهم المفاهيم العلمية المهمة والصعبة.
6. إمكانية تغطية أغلب أفكار المقرر الدراسي بتجارب عملية تفاعلية، وهذا يصعب تحقيقه من خلال المختبر الحقيقي؛ لمحدودية الإمكانات والمكان والوقت المتاح للجانب العملي.

7. إتاحة العرض المرئي للظواهر التي لا يمكن عرضها من خلال التجارب الحقيقية.
8. القدرة على توثيق نتائج التجارب إلكترونيًّا، بهدف تحليلها أو معالجتها أو مشاركتها مع الآخرين.

عيوب المعامل الافتراضية:

تتمثّل العيوب والمُعوّقات الأساسية للمعامل الافتراضية فيما يلي (العتيبي، 2023):

1. يحتاج المعلم أحيانًا إلى وقت طويل للرد على استفسارات المتعلمين المُتعلّقة بفنيات تشغيل الحاسب الآلي واستخدامه.
2. وجود مُعوّقات فنية تتعلّق بكفاءة الحاسب الآلي، أو انقطاع الكهرباء، أو البيئة المادية اللازمة لإجراء التجارب الافتراضية.
3. ضرورة توفير محتوى تعليمي مناسب للنشر على المنصات التعليمية، وباللغة التي يستوعبها المتعلمون.
4. الحاجة إلى نظام إدارة ومتابعة فعّال للمعامل الافتراضية.
5. اشتراط أجهزة حاسوبية حديثة بمواصفات محددة، مما يزيد من مُتطلّبات البنية التحتية.
6. ارتفاع تكلفة بعض البرمجيات المتخصّصة.
7. ضعف شبكات الإنترنت في بعض المدارس، مما يعوق سير التجارب بسلاسة.
8. كثافة المحتوى العلمي، وقلة توافر برامج المعامل المتوافقة مع المقررات الدراسية.
9. الكثافة الطلابية في الصفوف، مما يحدّ من فرص التفاعل الفردي.
10. كثرة عدد الحصص التي يُدرّسها المعلم، مما يُقلّل من الوقت المتاح لاستخدام المعامل الافتراضية بفعالية.

مكونات المعمل الافتراضي:

تُمثّل المعامل الافتراضية امتدادًا للمعامل التقليدية، وتتميّز بتوفير بيئة تعليمية تفاعلية وآمنة تسمح للمتعلمين بممارسة التجارب العلمية وتحليل النتائج دون التقيّد بالقيود المادية أو الجغرافية، ومن أبرز مكوّناتها (العريني، 2021):

1. **الأجهزة والمعدّات المختبرية الافتراضية:** تشمل الأدوات والأجهزة التي تُحاكي التجارب المعملية التقليدية، مثل: أجهزة القياس وأدوات التفاعل الفيزيائي، مع إمكانية التحكّم في المتغيّرات التجريبية، وإدخال البيانات الخاصة بالتجربة، والحصول على النتائج بصورة مباشرة، وتساعد هذه الأجهزة على تعزيز الفهم العملي للمفاهيم الفيزيائية دون الحاجة إلى توفير مختبر فعلي لكل تجربة.
2. **أجهزة الحاسوب والبرمجيات:** توفّر الحواسيب والبرمجيات اللازمة أداء التجارب الافتراضية، بما في ذلك: برمجيات المحاكاة وتحليل البيانات وعرض النتائج، مع إمكانية إجراء التجارب في بيئات متحكّم بها ودقيقة، وتُتيح هذه المكوّنات للمتعلمين تجربة سيناريوهات متعددة، وتكرار التجارب بسهولة؛ لتعزيز مهارات التفكير العلمي.
3. **المزوّدات والواجهات الخاصة:** تشمل مكوّنات الربط بين الأجهزة الافتراضية المختلفة والشبكات، مثل: أجهزة واجهة المستخدم (Interface Equipment)، التي تُتيح إرسال البيانات واستقبالها بشكل آمن ودقيق، وضمان تكامل التجربة مع الحاسوب والبرمجيات، مع المحافظة على التزامن بين جميع عناصر التجربة.
4. **شبكات الاتصال والإنترنت:** تمكّن المعامل الافتراضية من إجراء التجارب عن بُعد، وربط جميع الأجهزة والمكوّنات بالشبكات المحلية أو العامة، مع توفير سرعة نقل بيانات مناسبة وتأخير منخفض (Low Delay)؛ لضمان تجربة تفاعلية سلسة، مما يُتيح مشاركة التلاميذ والمعلمين في بيئة تعلّم مشتركة، حتى عند التباعد المكاني.

5. **البيئات الافتراضية والتفاعلية:** تشمل المحاكاة الرقمية للظواهر الفيزيائية، والأنشطة التفاعلية، والسيناريوهات التعليمية التي تُتيح للمتعلمين استكشاف المفاهيم العلمية بأنفسهم، وتحليل النتائج، واتخاذ القرارات، مما يُسهم في تعزيز مهارات الاستقصاء والتفكير النقدي والإبداعي لديهم.

وترى الباحثة أن مُكوّنات المعامل الافتراضية مجتمعة، تُمثّل بنية متكاملة لدعم التَّعَلُّم النشط في العلوم؛ إذ تُوفّر بيئة تعليمية غنية بالأنشطة التفاعلية والتجريبية، تُعزّز الفهم العميق للمفاهيم العلمية، وتُنمّي مهارات التفكير العليا لدى المتعلمين، مع إمكانية تكرار التجارب والتفاعل مع السيناريوهات المختلفة بمرونة وفاعلية.

مُتطلّبات استخدام المعامل الافتراضية في التدريس:

تُصنّف استخدامات المعامل الافتراضية في التدريس إلى ما يلي (الزامل،2022، 54):

1. **مُتطلّبات ترتبط بالمعلم:** إجادة التعامل مع الحاسب الآلي، وإدراك ماهية المعامل الافتراضية، ودمج الأساليب الحديثة للتدريس بتقنيات الواقع الافتراضي، وإجادة استخدام المعامل الافتراضية، وبرامجها القائمة على المحاكاة، وإتاحة إجراء التجارب من خلال المعامل الافتراضية، وأن تكون لديه اتجاهات إيجابية لاستثمار هذه التقنية.
2. **مُتطلّبات ترتبط بالطالب:** إجادة تشغيل الحاسب الآلي والتعامل معه، وإجادة استخدام المعامل الافتراضية عبر درس خاص لشرح هذه التقنية، وتوفير التحفيز اللازم لإثارة دافعيته.
3. **مُتطلّبات ترتبط بالمقرر الدراسي:** أن يُساعد محتوى المقرر وأنشطته على تطبيق التعليم الإلكتروني، وتوفير مواقع للتجارب الافتراضية من خلال شبكات الإنترنت والمواقع الإلكترونية.
4. **مُتطلّبات ترتبط ببيئة التَّعَلُّم:** أن تتوافر الأدوات اللازمة لتشغليه مثل: أجهزة الحاسب الآلي، وأجهزة العرض، وبرامج المحاكاة والإنترنت، والوسائل المتعددة من مقاطع فيديو، وصور ثابتة ومتحركة وأشكال ثلاثية الأبعاد، ومؤثرات صوتية وبرامج تفاعلية، الأمر الذي يُساعد على تيسير وصول الطالب إلى الاستنتاجات والمعلومات.

دور المعلم والمتعلم في المعمل الافتراضي:

هناك أدوار يقوم بها المعلم والمتعلّم في المعامل الافتراضية يلخّصها الشمراني (2020، 9) في التالي:

1. **بالنسبة للمعلم:**

1) يتحول المعلم من الحكيم والمحاضر الذي يدعم المتعلمين بالإجابات؛ إلى الخبير بإثارة النقاش؛ ليرشد الطالب ويزوّده بالمصادر التعليمية.

2) يصبح المعلم مصمما للخبرات التعليمية، مع إمداد الطلاب بالدفعة الأولى للعمل، وزيادة توجيههم إلى التَّعَلُّم الذاتي، والنظر إلى الموضوعات برؤى متعددة وتأكيد النقاط البارزة.

3) يعد المعلم مركز القوة لبنية التغيرات، حيث يتحول من العضو الذي يركز على مراقبته الكلية لبيئة التَّعَلُّم؛ إلى عضو مشارك في فريق التَّعَلُّم بالبيئة التعليمية.

2. **بالنسبة للمتعلم:**

1) ينقح الطلاب أسئلتهم، ويبحثون عن إجابات بأنفسهم، مع رؤية الموضوعات بمنظورات متعددة وفقا لعملهم في مجموعات.

2) يتحول الطلاب من أوعية تحفظ الحقائق عن ظهر قلب، والتعامل مع أدنى مستوى للمعرفة، إلى وضع الحلول للمشكلات المعقدة التي تبنى عليها المعارف.

ومما سبق، يتبيّن أن المعامل الافتراضية تُسهم في تسهيل عملية التَّعَلُّم للمقررات التي تتضمّن جانبًا مخبريًّا عمليًّا – ومنها مقرر الفيزياء– حيث تغيّر من الدور التقليدي للمعلم، وتُكسبه مهارات وأساليب في تقديم المادة العلمية؛ بما يُحقّق الأهداف التعليمية والتربوية، وتُساعد على تبسيط العملية التعليمية للطلبة، من خلال توفير المرونة والتفاعلية والمشاركة بين الطلبة والمعلمين، وتُسهم في عملية التَّعَلُّم الذاتي لدى الطلبة، وتناسب كافة مستويات الطلبة التحصيلية، وتُراعي الفروق الفردية بينهم، وتُتيح فرصة تعلّم للطلاب تحاكي الواقع الحقيقي.

مهارات التفكير الفيزيائي:

تُعدّ تنمية مهارات التفكير في الفيزياء ضرورة تربوية معاصرة؛ لما لها من دور محوري في بناء الفهم العميق للمفاهيم العلمية، وتنمية قدرات المتعلمين على التحليل والاستقصاء وحلّ المشكلات، بما يواكب متطلّبات القرن الحادي والعشرين، ومن أبرز تلك المبررات (العطوي، 2025):

1. تعزيز الفهم العميق للمفاهيم الفيزيائية وربطها بالظواهر الحياتية.
2. تنمية مهارات التحليل والاستدلال العلمي واتخاذ القرار.
3. دعم قدرة المتعلمين على تفسير البيانات والنتائج التجريبية.
4. إعداد المتعلمين لمهارات البحث العلمي والتفكير المنهجي.
5. مواكبة التوجّهات الحديثة في تطوير مناهج العلوم القائمة على التفكير.

ومما سبق، يتضح أن تنمية مهارات التفكير في تدريس الفيزياء؛ لم تعد خيارًا تربويًّا، بل أصبحت مطلبًا مُلحًا لتحسين نواتج التَّعَلُّم؛ إذ تُسهم في الانتقال بالمتعلم من مستوى الحفظ والتلقين إلى مستوى الفهم العميق والتطبيق الواعي، وتُساعده على بناء المعرفة الفيزيائية بصورة نشطة قائمة على التساؤل والتحليل والتفسير.

وتؤدي المعامل الافتراضية دورًا محوريًّا في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى المتعلمين؛ إذ توفّر بيئة تعلّم تفاعلية وآمنة تُتيح لهم ممارسة التجارب العلمية، وتحليل الظواهر الفيزيائية بطرائق مبتكرة، ومن أبرز تلك الأدوار (الهبيان، 2024):

1. **تعزيز مهارات التحليل والاستنتاج العلمي:** تُتيح المعامل الافتراضية للمتعلمين فرصة ملاحظة التجارب، واختبار الفرضيات، وتفسير النتائج، مما يُنمّي قدرتهم على التفكير النقدي والتحليلي.
2. **تنمية مهارات الاستقصاء والتجريب العملي:** توفّر هذه المعامل بيئة تجريبية مشابهة للواقع؛ تمكّن التلاميذ من تطبيق المفاهيم الفيزيائية عمليًّا دون قيود الموارد المادية.
3. **زيادة الدافعية والانخراط في التَّعَلُّم:** تُحفّز الأنشطة الافتراضية التفاعلية التلاميذ على المشاركة بفاعلية، مما يرفع مستوى اهتمامهم ويُسهم في ترسيخ المفاهيم.
4. **تطوير القدرة على التفكير الإبداعي وحلّ المشكلات:** تُتيح المعامل الافتراضية للمتعلمين استكشاف حلول جديدة وغير تقليدية للتحدّيات الفيزيائية، وتعزّز قدرتهم على الابتكار.
5. **إتاحة فرص للتفكير المتأمل وتنظيم الأفكار:** توفّر المعامل الافتراضية الوقت والمساحة للتأمل قبل الإجابة عن الأسئلة، مما يُساعد التلاميذ على صياغة استنتاجات دقيقة ومنهجية.

وبناء على ما سبق؛ يتضح أن دمج المعامل الافتراضية في تعليم الفيزياء يمثّل استثمارًا فعّالًا في بناء مهارات التفكير العليا؛ إذ يُتيح للمتعلمين التَّعَلُّم النشط، وتطوير مهارات التحليل والاستقصاء والإبداع، ويُعزّز من استقلاليتهم في التَّعَلُّم، ويهيئهم للتعامل مع المفاهيم العلمية بطريقة عميقة وفعّالة.

ولأن مهارات التفكير الفيزيائي من المهارات المهمة في تدريس مقرر الفيزياء؛ فقد اهتم العديد من الباحثين بسرد مفهوم مهارات التفكير الفيزيائي، حيث عرفها سيد (2020، 1714) بأنها: "عمليات عقلية تمكّن الطلبة من اتباع مسارات تفكير يشبه تفكير علماء الفيزياء عندما يعالجون المعلومات الفيزيائية، ومواجهتهم للمشكلات والمواقف التي تتسم بالغموض، وذلك الصلة بالكميات والعلاقات والمسائل الفيزيائية والرسوم البيانية".

وتعني مهارات التفكير الفيزيائي: القدرات العقلية التي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي في مقرر الفيزياء الدارسات للمعمل الفيزيائي افتراضيًّا، وتتمثّل تلك المهارات في: (فهم النص الفيزيائي، وحلّ المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية).

وترتبط مهارات التفكير الفيزيائي بعلم الفيزياء في مهارات تفكير مختلفة، مثل: استنتاج العلاقات الفيزيائية، وفهم النص الفيزيائي، وتطبيق القوانين الفيزيائية في مواقف مختلفة، وحل المسائل الفيزيائية، وإجراء العمليات على الكميات الفيزيائية، واشتقاق علاقات التناسب الطردي والعكسي، والتعامل مع الرسوم البيانية وتحليلها (سيد،2020، 1725).

ويشير إستيونو وآخرون (Istiyono et al., 2020, 95) إلى أن مهارات التفكير الفيزيائي تتمثّل في: تفسير البيانات وتحليلها، وبناء الاستنتاجات، وإتقان عمليات التَّعَلُّم في الفيزياء، وتنظيم المعلومات والربط بينها، وتلخيص المعلومات من المصادر الأولية. كما حدّد جونز (Jones,2020,194) عددًا من مهارات التفكير الفيزيائي؛ تتمثّل في: إتقان المهارات الحسابية ومهارات حلّ المسائل، ومهارات تنظيم البيانات، وتطبيق المعلومات في مواقف جديدة؛ التي تمكّن الطالب من التعامل مع التحدّيات التي يتطلبّها تعلم الفيزياء.

وفي ضوء ما سبق، فإن مهارات التفكير الفيزيائي متعددة ومتنوّعة وتعبّر عن قدرات الطالب في دراسة الفيزياء، وتتمثّل هذه المهارات في: مهارة فهم النص الفيزيائي، وحل المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية؛ ويدل هذا على أهمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طلبة المرحلة الثانوية؛ لحاجتهم إلى مواجهة المشكلات العلمية وغيرها، التي تتطلب التدريب على مهارات التفكير في الفيزياء من خلال مواقف تعليمية عملية وخبرات متعددة في الجانب التطبيقي عند إجراء التجارب المخبرية في المعمل الافتراضي.

الدراسات السابقة:

أُجريت العديد من الدراسات العربية والأجنبية التي تناولت موضوع البحث المُتعلّق بفاعلية التدريس باستخدام المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي بمادة الفيزياء، ومنها:

هدفت دراسة ديوي وآخرين (Dewi et al., 2024) إلى البحث في فعالية مختبر افتراضي متكامل في الإثنوفيزياء، وتعزيز مهارات معرفة البيانات والتمثيل الرسومي، وتكوّنت عينة الدراسة من إحدى المدارس الثانوية بسوراكارتا جاوة الوسطى في فصل علوم الصف الحادي عشر بإندونيسيا، واستخدمت الدراسة المنهج شبه

التجريبي، واستخدمت الأنشطة التعليمية للمجموعة التجريبية مختبرًا افتراضيًّا، واستخدمت أوراق عمل ورقية للمجموعة الضابطة، وجُمعت البيانات من خلال اختبارات ما قبل وما بعد، وتوصّلت النتائج إلى أن الطلاب في الفصل التجريبي حصلوا على درجات أعلى في مهارات معرفة البيانات والتمثيل الرسومي من الطلاب في الفصل الضابط، وبلغت درجات (Ngain) في مهارات معرفة البيانات والتمثيل الرسومي في الفصل التجريبي (0.73 و0.74) على التوالي، وصُنّفت على أنها فئة عالية، وأن هناك فرقًا كبيرًا في مهارات معرفة البيانات والتمثيل الرسومي، وفعالية المختبر الافتراضي في تعزيز مهارات معرفة البيانات والتمثيل الرسومي بالفصول التجريبية والضابطة بدرجات بلغت (93.6٪ و96.7٪) على التوالي، ويمكن تفسير ذلك بأن المختبر الافتراضي المتكامل يُعزّز بشكل فعّال مهارات معرفة البيانات والتمثيل الرسومي.

وأجرى رانجان (RANJAN,2024) دراسة هدفت إلى معرفة فعالية المختبر الافتراضي في تطوير مهارات الطلاب بالفيزياء، وتكوّنت عينة الدراسة من (208) طلاب من مستويات (+2) في العلوم، في مجموعتين مختلفتين: (103) مجموعة ضابطة، و(105) مجموعة تجريبية، واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي أداة للدراسة، وكشفت نتائج الدراسة عن أن الطلاب تعلّموا مفاهيم التأثير الكهروضوئي من خلال المختبر الافتراضي بطريقة أفضل مقارنة بالمختبر الحقيقي، واقترحت الدراسة استخدام المختبر الافتراضي في تدريس الفيزياء، والتصور، والتمثيل البياني، خاصة لتدريس المفاهيم في الفيزياء.

وهدفت دراسة صالح وآخرين (2023) إلى الكشف عن فاعلية المختبرات الافتراضية في تنمية المهارات العملية بمادة الفيزياء لدى طلاب الصف الثالث الثانوي، وقد أُجريت التجربة على عينة تكوّنت من (60) طالبًا من طلاب الصف الثالث الثانوي بمعهدي دنوشر والأبشيط التابعين لمنطقة الغربية الأزهرية، وقُسّمت العينة إلى مجموعتين، إحداهما تجريبية عددها (30) طالبًا من معهد دنوشر الإعدادي الثانوي، التي درست وحدة الكهرباء التيارية والكهرومغناطيسية المختارة باستخدام المختبر الافتراضي، والمجموعة الثانية ضابطة وعددها (30) طالبًا من معهد الأبشيط الإعدادي الثانوي، درست الوحدة المختارة باستخدام المختبر التقليدي، وأُستخدمت بطاقة ملاحظة الأداء العملي. وبعد تطبيق مواد المعالجة التجريبية على طلاب المجموعتين التجريبية والضابطة من العام الدراسي (2021-2022)، واستخدمت الدراسة المنهج شبه التجريبي، وكان من أبرز نتائج الدراسة: وجود فروق دالة إحصائيًّا عند مستوى الدلالة بين متوسطي درجات طلاب المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لبطاقة ملاحظة الأداء للمهارات العملية؛ لصالح المجموعة التجريبية، مما يدلّ على فاعلية المختبر الافتراضي في تنمية المهارات العملية لدى طلاب الصف الثالث الثانوي الأزهري.

وأجرى أوموكوزي وآخرون (Umukozi et al., 2023) دراسة هدفت إلى تناول أثر فعالية المختبرات الافتراضية في أداء طلاب الفيزياء بالمستوى المتقدّم في الحركة التوافقية البسيطة، وتكوّنت عينة الدراسة من (130) طالبًا من الصف الخامس الثانوي من أربع مدارس رواندية، وقُسّمت العينة إلى مجموعتين، تضمّ (66) في المجموعة الضابطة و(64) في المجموعة التجريبية، وأُستخدم المنهج شبه التجريبي للاختبارين المسبق واللاحق، كما أُستخدم مختبر افتراضي واسع النطاق لتدريس الموضوع نفسه للمجموعة التجريبية، وأُعطيت اختبارات ما قبل وما بعد لكلا

المجموعتين. وأظهرت النتائج الفرق في متوسط نتائج الاختبار المُسبق بين المجموعتين الضابطة والتجريبية، وأظهرت مقارنة المتوسط فرقًا كبيرًا بين المجموعتين التجريبية والضابطة بالنظر إلى نتائج الاختبار اللاحق، وأن عدد الطلاب الذين حصلوا على درجات جيدة جدًّا ارتفع من ثلاثة طلاب بمتوسط درجات إجمالي (7.38) قبل العلاج إلى (50) طالبًا بمتوسط درجات إجمالي (27.73) بعد التدخّل. واستنادًا إلى نتائج هذه الدراسة، أوصى باستخدام المدارس الثانوية الرواندية التي تدرس الفيزياء للمختبرات الافتراضية لتدريس المادة.

أما دراسة أوكونو وآخرين (Okono et al., 2023) فهدفت إلى تحديد تأثير المختبرات الافتراضية في وتيرة استخدام مناهج التدريس التجريبية في تعلّم الفيزياء في المدارس الثانوية، وتحديد العلاقة بين معرفة معلمي الفيزياء بأطر تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المختارة واستخدام التجارب الافتراضية في تدريس الفيزياء وتعلّمها بالمدارس الثانوية في كينيا، وتكوّنت عينة الدراسة من (44) معلمًا و(358) طالبًا، بإجمالي (402) مستجيبًا، واعتمدت مناهج شبه تجريبية، وأُخذت عينات من معلمي الفيزياء بشكل مقصود من كل مدرسة مختارة، وحُلّلت البيانات باستخدام الإحصاءات الوصفية والاستدلالية، وخلصت الدراسة إلى أن المختبرات الافتراضية تُعزّز استخدام مناهج التدريس التجريبية، وأنه لا توجد أهمية إحصائية بين معرفة المعلم بإطار تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المحدد واستخدام التجارب الافتراضية، وستُساعد نتائج هذه الدراسة مخططي التعليم على تصميم العديد من الابتكارات القائمة على الفصول الدراسية وتنفيذها بنجاح، التي من شأنها تمكين التكامل السلس للمختبرات الافتراضية في التدريس داخل الفصول الدراسية.

وهدفت دراسة الحافرة والدعيس (2022) إلى التّعرُّف على أثر استخدام المختبر الافتراضي في تنمية التفكير الابتكاري لدى طلبة الصف الأول الثانوي بمحافظة أبين في الجمهورية اليمنية في مادة الفيزياء، وتكوّنت عينة الدراسة من (116) طالبًا وطالبةً، مقسّمين على مجموعتين: مجموعة تجريبية وعددها (59)، موزّعين (39 طالبة) و(20) طالبًا، درسوا باستخدام تقنية المعامل الافتراضية، بينما المجموعة الضابطة فبلغ عددها (57)، موزّعين (37 طالبةً) و(20) طالبًا، وأُستخدم اختبار تورانس الصورة اللفظية (أ) لقياس (الطلاقة والمرونة والأصالة)، وأظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين مهارات التفكير الابتكاري المختلفة (الطلاقة والمرونة والأصالة)، وكذلك المجموع الكلي لمهارات التفكير الابتكاري بين مجموعتي الدراسة، ووجود فروق دالة إحصائيًّا بين الذكور والإناث في المجموعة الضابطة بين مهارات التفكير الابتكاري والفروق في مستوى الطلاق والمرونة، لصالح الذكور، بينما كانت الفروق في مستوى الأصالة؛ لصالح الإناث.

وهدفت دراسة العتيبي وآخرين (2022) إلى التّعرّف على دور الذكاء الاصطناعي في تنمية مهارات التفكير الناقد والاتجاهات العلمية لدى طالبات الصف الثاني الثانوي بمقرر الفيزياء، وتكوّنت عينة الدراسة من (40) طالبة من طالبات الصف الثاني الثانوي بمدينة الرياض في السعودية، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكوّنت أداة الدراسة من ثلاث أدوات: اختبار التفكير الناقد، ومقياس الذكاء الاصطناعي، ومقياس الاتجاهات العلمية، وبيّنت نتائج الدراسة أن هناك أثرًا للذكاء الاصطناعي في تنمية التفكير الناقد ومهاراته الفرعية، وأن هناك فروقًا ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طالبات المجموعتين الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لمقياس الاتجاهات العلمية ككل، ولكل مجال من مجالاته الفرعية – كل على حدة– لصالح المجموعة التجريبية.

وأجرى المصري (2022) دراسة هدفت إلى التّعرّف على تنمية مهارات التفكير الفيزيائي وخفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية باستخدام إستراتيجية (PQ4R) لدى طلاب المرحلة الثانوية، ولتحقيق ذلك أعدّ اختبار التفكير الفيزيائي ومقياس قلق الفيزياء، وأُختيرت مجموعة من طلاب الصف الأول الثانوي قُسّموا إلى مجموعتين إحداهما تجريبية (42) طالبًا درست الوحدة بالإستراتيجية المقترَحة، والأخرى ضابطة (46) طالبًا درست الوحدة بالطريقة التقليدية، وطُبّقت أدوات البحث قبل دراسة الوحدة وبعدها، ودلّت النتائج على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لأدوات البحث؛ لصالح المجموعة التجريبية، مما يدلّ على الأثر الإيجابي لإستراتيجية (PQ4R) في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي وخفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية، وأن هناك علاقة ارتباطية سالبة بين تنمية مهارات التفكير الفيزيائي وخفض قلق الفيزياء.

وأجرى دوتش وبوزكورت (Doç & BOZKURT, 2022) دراسة هدفت إلى معرفة تأثير التدريس من خلال مختبر افتراضي أُعدّ باستخدام مواد تعليمية محاكاة تستند إلى الفكر البنائي حول البصريات الهندسية في النجاح الأكاديمي للطلاب واتجاهاتهم نحو الفيزياء، وقد أُجريت الدراسة على (59) طالبًا من الصف نفسه، ولكن في قسم مختلف ويأخذون درس الفيزياء الثاني الذي يُدرّس في قسم الحاسب الآلي وتقنيات التعليم بالفصل الدراسي، وحُدّد أحد الأقسام بشكل موضوعي مجموعة تجريبية، وحُدّد القسم الآخر مجموعة ضابطة، ودُرّست المادة لـ(29) طالبًا في المجموعة التجريبية في بيئة معملية افتراضية أُنشئت باستخدام المحاكاة، ودُرّست المادة نفسها لـ(30) طالبًا بالمجموعة الضابطة في بيئة معملية تقليدية، وأُستخدمت مجموعات التحكّم شبه التجريبية قبل الاختبار وبعده طريقة بحث. وأظهرت نتائج الدراسة أن التدريس في بيئة المختبر الافتراضي – حيث أُستخدمت المحاكاة في موضوع البصريات الهندسية– كان أكثر فاعلية في نجاح الفيزياء من التدريس في بيئة المختبر التقليدية؛ ولم يكن هناك فرق ذو مغزى في المواقف تجاه الفيزياء.

وهدفت دراسة القحطاني (2021) إلى التّعرّف على مدى توظيف تقنية المعامل الافتراضية في تدريس مقرر الفيزياء من وجهة نظر معلمات الفيزياء، وأُتبع المنهج الوصفي المسحي، وتكوّنت عينة الدراسة من (34) معلمة فيزياء بالمرحلة الثانوية في محافظة بيشة، وأُستخدمت الاستبانة أداةً للدراسة، وكان من أبرز نتائج الدراسة: أن درجة توافر مُتطلّبات تقنية المعامل الافتراضية في تدريس الفيزياء كانت بدرجة عالية، وأن توظيف تقنية المعامل الافتراضية في تدريس الفيزياء – من وجهة نظر معلمات الفيزياء– كانت بدرجة عالية، لأهمية توظيف المعامل الافتراضية.

وأجرى أبو كشك (2020) دراسة هدفت إلى تناول العوامل التي تؤثر في نية استخدام المختبرات الافتراضية بتدريس الفيزياء، بما في ذلك: معرفة المحتوى التربوي التكنولوجي والكفاءة الذاتية للمعلمين لمعلمي الفيزياء الذين يدرّسون الفيزياء باستخدام المختبرات الافتراضية في السياق الأردني، وتكوّنت عينة الدراسة من (101) معلم ومعلمة فيزياء، ولتحقيق أهداف الدراسة أُعتمد المنهج الوصفي، وأُعدّت استبانة إلكترونية، وتوصّلت الدراسة إلى: أن معرفة معلمي الفيزياء للمحتوى التربوي التكنولوجي للمختبرات الافتراضية، سيؤثر بشكل إيجابي في الكفاءة الذاتية للمعلم وأن معرفة معلمي الفيزياء للمحتوى التربوي التكنولوجي للمختبرات الافتراضية، سيؤثر بشكل إيجابي

في سهولة استخدام المختبرات الافتراضية من قِبل معلمي الفيزياء. وأوصت الدراسة بأنه يجب إجراء ورش العمل والبرامج التدريبية حول المختبرات الافتراضية؛ لتحسين مستوى معرفة معلمي الفيزياء للمحتوى التربوي التكنولوجي للمختبرات الافتراضية، ويجب توفير تدريب على كيفية استخدام المختبرات الافتراضية لمعلمي الفيزياء.

وهدفت دراسة هزاع (2020) إلى التّعرُّف على فاعلية استخدام المعامل الافتراضية في التحصيل الدراسي لدى طلاب المرحلة الثانوية بمقرر الفيزياء في محافظة جدة بالسعودية، وتكوّنت عينة البحث من (50) طالبًا من طلاب الصف الأول الثانوي، أُختيروا بالطريقة العشوائية، وقُسّموا إلى مجموعتين: مجموعة تجريبية شملت (25) طالبًا (درست بالمعامل الافتراضية)، وأخرى ضابطة شملت (25) طالبًا (درست بالمعامل التقليدية)، طُبّق عليهم (تطبيق قبلي وبعدي) واختبار تحصيلي في مقرر الفيزياء واعتمدت على المنهجين: الوصفي وشبه التجريبي، وتوصّلت نتائج البحث إلى: أنه توجد فروق دالة إحصائيًّا بين متوسط درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي على الاختبار التحصيلي لمقرر الفيزياء؛ لصالح التطبيق البعدي، وأنه لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات طلاب المجموعة الضابطة في التطبيقين القبلي والبعدي على الاختبار التحصيلي لمقرر الفيزياء، وتوجد فروق دالة إحصائيًّا بين متوسط درجات طلاب المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي للاختبار التحصيلي لمقرر الفيزياء؛ لصالح المجموعة التجريبية.

أما دراسة حامد والجنازرة (Hamed & Aljanazrah,2020)، فهدفت إلى استكشاف فعالية استخدام التجارب الافتراضية على مستوى إنجاز الطلاب ومهاراتهم العملية، وآرائهم حول تطبيق التجارب الافتراضية في مختبر الفيزياء العام، وتكوّنت عينة الدراسة من مجموعتين من الطلاب: مجموعة تجريبية (45 طالبًا)، ومجموعة ضابطة (45 طالبًا)، وأُعتمدت منهجية بحث مختلطة تشمل: التصميم شبه التجريبي، واختبار التحصيل، والملاحظة التشاركية، والمقابلات شبه المنظمة. وأظهرت نتائج الدراسة أن استبدال التحضير النظري وجهًا لوجه في مختبر الفيزياء العامة فعّال على الأقل بالقدر نفسه مثل: استخدام التجارب الافتراضية. واكتسب الطلاب الذين لديهم مُكوّنات افتراضية فهمًا أعمق لمفاهيم الفيزياء، وكانوا مستعدين بشكل أفضل لإجراء تجارب حقيقية. وأدّى حضور مقاطع الفيديو عبر الإنترنت إلى توفير وقت الطلاب، وتزويدهم ببيئة تعليمية أكثر مرونة وثراءً. وأوصت الدراسة بتشجيع أعضاء هيئة التدريس على استخدام التجارب الافتراضية بدلًا من التحضير المختبري وجهًا لوجه، ومن المهم تضمين المزيد من الوسائط المتعددة التفاعلية ومقاطع الفيديو القصيرة عبر الإنترنت في تصميم التجارب الافتراضية.

التعليق على الدراسات السابقة:

اتفقت الدراسة الحالية مع غالبية الدراسات السابقة في الهدف الأساسي من الدراسة، وهو فاعلية استخدام المعمل الافتراضي في التدريس وتنمية مهارات التفكير الفيزيائي، ومنها دراسات (أبو كشك،2020؛ الحافرة والدعيس،2022؛ صالح وآخرين، 2023؛ العتيبي وآخرين، 2022؛ هزاع،2020؛ RANJAN,2024; Doç, & BOZKURT, 2022; Umukozi et al., 2023; Okono et al., 2023; Hamed & Aljanazrah,2020;).

واتفقت الدراسة مع معظم الدراسات السابقة من حيث المنهج المستخدم، وهو المنهج شبه التجريبي القائم على وجود مجموعتين تجريبية وضابطة، مثل دراسة ديوي وآخرين (Dewi et al., 2024)، التي استخدمت

منهجًا شبه تجريبي في فصل علوم الصف الحادي عشر بإحدى المدارس الثانوية في سوراكارتا، ودراسة أوكونو وآخرين (Okono et al., 2023)، التي اعتمدت تصميمات بحثية شبه تجريبية، ودراسة دوتش وبوزكورت (Doç & BOZKURT, 2022)، التي استخدمت مجموعات التحكم شبه التجريبية قبل الاختبار وبعده طريقة بحث، ودراسة هزاع (2020)، التي استخدمت المنهج شبه التجريبي، ودراسة حامد والجنازرة (Hamed & Aljanazrah,2020)، التي اعتمدت منهجية بحث مختلطة تشمل: التصميم شبه التجريبي، واختبار التحصيل، والملاحظة التشاركية، والمقابلات شبه المنظمة.

منهج الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج التجريبي ذي التصميم شبه التجريبي؛ لملاءمته لطبيعة أهداف الدراسة، وأُستخدم تصميم المجموعتين (التجريبية والضابطة) مع القياسين القبلي والبعدي، حيث دُرِّست المجموعة التجريبية باستخدام المعمل الافتراضي التابع لوزارة التعليم عبر منصة مدرستي، بينما دُرِّست المجموعة الضابطة بالطريقة التقليدية المتبعة في تدريس الفيزياء.

مجتمع الدراسة:

تكوَّن مجتمع الدراسة من جميع طالبات الصف الثالث الثانوي- المسار العلمي في المدارس الثانوية الحكومية التابعة لنطاقات التعليم بمدينة الرياض، خلال الفصل الدراسي الذي أُجريت فيه الدراسة.

عينة الدراسة:

أُختيرت عينة الدراسة بالطريقة العنقودية العشوائية، حيث أُختير أحد المكاتب التابعة لتعليم الرياض، ووقع الاختيار على مكتب تعليم السلي، ثم جرى اختيار مدرسة ثانوية حكومية تابعة للمكتب المختار بطريقة عشوائية، وأُختيرت مدرسة ثانوية فاطمة بنت محمد بالحرس الوطني بمدينة الرياض، وأُختير فصلان عشوائيًّا أحدهما لتطبيق المجموعة التجريبية والآخر للمجموعة الضابطة، وبلغ حجم العينة (67)طالبة، وزّعن على مجموعتين، المجموعة التجريبية (33) طالبة، دُرِّسن باستخدام المعمل الافتراضي، والمجموعة الضابطة (34) طالبة، دُرِّسن بالطريقة التقليدية. وقد رُوعي في اختيار المجموعتين التقارب في الخصائص العامة، مثل: المستوى الدراسي والعمر الزمني، كما طُبِّقت أداة القياس قبليًّا؛ للتأكد من تكافؤ المجموعتين قبل تنفيذ التجربة؛ بما يُحقِّق قدرًا مناسبًا من الصدق الداخلي لنتائج الدراسة.

إجراءات الدراسة:

إعداد أدوات البحث:

اقتضت طبيعة الدراسة إعداد أداة لقياس مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي في وحدة الكهرباء التيارية؛ للكشف عن فاعلية التدريس باستخدام المعمل الافتراضي التابع لمنصة مدرستي، وقد مرَّ إعداد أداة الدراسة بالمراحل التالية:

1- إعداد قائمة مهارات التفكير الفيزيائي:

أعدّت الباحثة قائمة بمهارات التفكير الفيزيائي اللازمة لطالبات الصف الثالث الثانوي، وذلك في ضوء:

1) أهداف تدريس مادة الفيزياء للمرحلة الثانوية.
2) محتوى وحدة الكهرباء التيارية.
3) طبيعة الأنشطة والتجارب الافتراضية المتضمّنة في المعمل الافتراضي.
4) ما ورد في الأدبيات التربوية والدراسات السابقة ذات الصلة بالتفكير الفيزيائي.

وهدفت هذه القائمة إلى تحديد المهارات الرئيسة والفرعية التي ينبغي تنميتها لدى الطالبات، من خلال التدريس باستخدام المعمل الافتراضي؛ لتكون أساسًا في بناء أداة القياس.وتمت وفق الخطوات التالية:

أ. مصادر اشتقاق قائمة المهارات:

أُشتقت قائمة مهارات التفكير الفيزيائي بالاعتماد على:

1) الإطار العام لمناهج الفيزياء بالمرحلة الثانوية.
2) تحليل محتوى وحدة الكهرباء التيارية.
3) مراجعة الدراسات السابقة والبحوث العلمية التي تناولت التفكير الفيزيائي ومهاراته.
4) آراء المتخصّصين في مناهج وطرق تدريس الفيزياء.

ب. أبعاد مهارات التفكير الفيزيائي:

أسفرت عملية التحليل والمراجعة عن تحديد أربعة أبعاد رئيسة لمهارات التفكير الفيزيائي، اشتملت كل منها على(7) مهارات فرعية، ليصبح إجمالي المهارات الفرعية(28) مهارة، وتتمثّل هذه الأبعاد فيما يأتي:

1) **فهم النص الفيزيائي:** يشمل قدرة الطالبة على تفسير المفاهيم الفيزيائية، وفهم المصطلحات والعلاقات الواردة في النص العلمي.
2) **حل المسائل الفيزيائية:** يشمل توظيف القوانين الفيزيائية، واختيار الإستراتيجيات المناسبة، وتنفيذ خطوات الحل بدقة.
3) **تحليل الرسوم البيانية:** يشمل قراءة الرسوم البيانية الفيزيائية، واستخلاص المعلومات منها، وربطها بالمفاهيم والقوانين.
4) **إيجاد العلاقات الفيزيائية:** يشمل استنتاج العلاقات بين المُتغيّرات الفيزيائية، وربط النتائج بالمبادئ والنظريات العلمية.

ج. عرض القائمة على المحكّمين (الصدق الظاهري):

بعد إعداد القائمة في صورتها الأولية، عُرضت على مجموعة من المحكّمين المتخصّصين عددهم (8) في مناهج وطرق تدريس الفيزياء والقياس والتقويم التربوي؛ للتحقّق من سلامة الصياغة العلمية للمهارات، ومدى ملاءمة المهارات لطالبات الصف الثالث الثانوي، وشمولية القائمة لأبعاد التفكير الفيزيائي المستهدَفة، ووضوح الانتماء البعدي لكل مهارة فرعية. وقد أُعتمدت المهارات التي حصلت على نسبة اتفاق بلغت (90٪) فأكثر بين المحكمين، في حين أُجريت التعديلات المقترحة على بعض الصياغات، وحُذفت بعض المهارات أو دُمجت وفقًا لملاحظاتهم.

د. الصورة النهائية لقائمة مهارات التفكير الفيزيائي:

في ضوء آراء المحكّمين وتوصياتهم؛ توصّل إلى الصورة النهائية لقائمة مهارات التفكير الفيزيائي، التي تضمّنت(4) أبعاد رئيسة، و(28) مهارة فرعية بواقع (7) مهارات لكل بُعد، وقد بلغت نسبة الاتفاق على أبعاد القائمة ومهاراتها ما بين (93.3٪– 100٪)، مما يدلّ على تمتّعها بدرجة عالية من الصدق المناسب لأغراض الدراسة.

2. اختبار مهارات التفكير الفيزيائي:

بعد إعداد قائمة مهارات التفكير الفيزيائي في صورتها النهائية، بنت الباحثة اختبار مهارات التفكير الفيزيائي؛ لقياس مستوى هذه المهارات لدى طالبات الصف الثالث الثانوي في وحدة الكهرباء التيارية، وذلك وفق الخطوات التالية:

أ. تحديد الهدف من الاختبار:

هدف اختبار مهارات التفكير الفيزيائي إلى قياس مدى تمكّن طالبات الصف الثالث الثانوي من مهارات التفكير الفيزيائي المرتبطة بوحدة الكهرباء التيارية، والكشف عن أثر التدريس باستخدام المعمل الافتراضي التابع لمنصة مدرستي في تنمية هذه المهارات.

ب. بناء الاختبار:

بُني الاختبار في ضوء:

1) قائمة مهارات التفكير الفيزيائي المعتمدة.
2) أهداف وحدة الكهرباء التيارية.
3) جدول مواصفات يربط بين محتوى الوحدة وأبعاد المهارات.

وتكوَّن الاختبار من أسئلة موضوعية من نوع الاختيار من متعدد؛ لما تتسم به من موضوعية وسهولة في التصحيح، وبلغ عدد فقراته(20) فقرة اختبارية، توزّعت على أبعاد مهارات التفكير الفيزيائي الأربعة توزيعًا متوازنًا.

ج. صدق الاختبار:

للتحقّق من صدق اختبار مهارات التفكير الفيزيائي، عُرض على مجموعة من المحكّمين المتخصّصين في مناهج وطرق تدريس الفيزياء، والقياس والتقويم التربوي عددهم (8)؛ بهدف:

1) التأكد من مناسبة الفقرات لأهداف الاختبار.
2) سلامة الصياغة العلمية واللغوية.
3) مدى ملاءمة الفقرات لمستوى طالبات الصف الثالث الثانوي.
4) انتماء كل فقرة للبُعد الذي تقيسه.

وقد أُجريت التعديلات المُقترحَة من قِبل المحكمين، وأُعتمدت الفقرات التي حصلت على نسبة اتفاق بلغت (90٪) فأكثر، مما يدلّ على تمتّع الاختبار بدرجة مناسبة من الصدق الظاهري.

د. ثبات الاختبار:

تُحقّق من ثبات اختبار مهارات التفكير الفيزيائي باستخدام معامل الثبات المناسب لطبيعة الفقرات الموضوعية، حيث بلغ معامل الثبات (0.94)، وهي قيمة مرتفعة تُشير إلى تمتّع الاختبار بدرجة عالية من الثبات،

وصلاحيته للتطبيق الميداني، كما حُسب معامل الاتساق الداخلي وبلغ (0.97)، مما يعكس تجانس فقرات الاختبار وارتباطها بالأبعاد التي تقيسها.

هـ. زمن الاختبار:

حُدّد الزمن المناسب لأداء الاختبار من خلال تطبيقه بصورة استطلاعية، حيث حُسب متوسط الزمن الذي استغرقته الطالبات في الإجابة، وتبيَّن أن الزمن المناسب للاختبار هو (45) دقيقة، وهو زمن كافٍ للإجابة عن جميع الفقرات دون تعجّل.

و. الصورة النهائية للاختبار:

في ضوء إجراءات الصدق والثبات؛ استقر اختبار مهارات التفكير الفيزيائي في صورته النهائية على:

1) (28) فقرة اختيار من متعدد.
2) تقيس (4) أبعاد رئيسة لمهارات التفكير الفيزيائي.
3) زمن قدره (45) دقيقة.
4) درجة واحدة لكل فقرة؛ لتصبح الدرجة الكلية للاختبار28 درجة.

وأصبح الاختبار صالحًا للتطبيقين القبلي والبعدي على عينة الدراسة.

إجراءات تطبيق الدراسة:

مرَّ تطبيق الدراسة بعدة مراحل منظمة؛ بهدف ضمان سلامة التنفيذ، وتحقيق الضبط التجريبي، والوصول إلى نتائج دقيقة يمكن الوثوق بها، وذلك على النحو الآتي:

أولًا: التهيئة لتطبيق الدراسة:

قامت الباحثة بالتهيئة لتطبيق الدراسة من خلال:

1. الحصول على الموافقات الرسمية اللازمة من الجهات المختصة لتطبيق الدراسة الميدانية.
2. التنسيق مع إدارة المدرسة ومعلمة الفيزياء؛ لتحديد آلية تنفيذ التجربة.
3. التأكد من جاهزية البيئة التعليمية، وتوافر الأجهزة والتقنيات اللازمة لتشغيل المعمل الافتراضي التابع لمنصة مدرستي.
4. تدريب الطالبات في المجموعة التجريبية على كيفية الدخول إلى المعمل الافتراضي، والتعامل مع أدواته قبل بدء التطبيق الفعلي، تجنبًا لأي صعوبات تقنية قد تؤثر في نتائج الدراسة.

ثانيًا: تحديد مجموعتي الدراسة:

حُدّدت مجموعتا الدراسة من طالبات الصف الثالث الثانوي في ثانوية فاطمة بنت محمد بالحرس الوطني بمدينة الرياض، حيث قُسّمت العينة إلى مجموعة تجريبية درست وحدة الكهرباء التيارية باستخدام المعمل الافتراضي، ومجموعة ضابطة درست الوحدة نفسها بالطريقة الاعتيادية المتبعة. وقد رُوعي تحقيق قدر من التكافؤ بين المجموعتين في المتغيّرات الأساسية قبل بدء التجربة.

ثالثًا: التطبيق القبلي لأدوات الدراسة:

طُبِّق اختبار مهارات التفكير الفيزيائي قبليًّا على طالبات المجموعتين (التجريبية والضابطة)، وذلك قبل بدء التدريس الفعلي لوحدة الكهرباء التيارية، بهدف:

1. التحقّق من تكافؤ المجموعتين في مستوى مهارات التفكير الفيزيائي.
2. توفير بيانات مرجعية للمقارنة مع نتائج التطبيق البعدي.
3. رُصدت درجات الطالبات، وحُفظت البيانات تمهيدًا للمعالجة الإحصائية.

رابعًا: تنفيذ التجربة:

نُفّذت التجربة وفق الإجراءات الآتية:

1. تدريس وحدة الكهرباء التيارية للمجموعة التجريبية باستخدام المعمل الافتراضي عبر منصة مدرستي، مع توظيف الأنشطة والتجارب الافتراضية، بما يُحقّق أهداف الوحدة، ويُسهم في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي.
2. تدريس الوحدة نفسها للمجموعة الضابطة باستخدام الطريقة التقليدية المعتمدة في تدريس الفيزياء.
3. استمر تطبيق التجربة خلال الفترة الزمنية المحددة لتدريس الوحدة ومدتها شعر، مع الالتزام بخطة التدريس المعتمدة في المنهج.

وقد حرصت الباحثة على ضبط المُتغيرات المصاحبة، مثل: عدد الحصص، وزمن التدريس، ومحتوى الدروس، بحيث يكون الاختلاف مقتصرًا على طريقة التدريس فقط.

خامسًا: التطبيق البعدي لأدوات الدراسة:

بعد الانتهاء من تدريس وحدة الكهرباء التيارية، طُبِّق اختبار مهارات التفكير الفيزيائي بعديًّا على طالبات المجموعتين التجريبية والضابطة، باستخدام الأداة نفسها التي استُخدمت في التطبيق القبلي، وتحت الظروف نفسها؛ لضمان دقة المقارنة بين النتائج.

سادسًا: رصد البيانات ومعالجتها إحصائيًّا:

رصدت الباحثة درجات الطالبات في التطبيقين القبلي والبعدي، ونظمتها في جداول خاصة، ثم أُدخلت البيانات إلى البرنامج الإحصائي المناسب، بهدف اختبار فروض الدراسة، وتحديد دلالة الفروق بين متوسطات درجات المجموعتين، وحساب حجم الأثر للتدريس باستخدام المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي.

أساليب المعالجة الإحصائية:

1. المتوسط الحسابي (Mean): لتحديد المستوى العام لمهارات التفكير الفيزيائي لكل مجموعة قبل التجربة وبعدها.
2. الانحراف المعياري (Standard Deviation): لقياس التشتّت في درجات الطالبات داخل كل مجموعة.
3. (t-test) للعينات المستقلة على القياس البعدي: لمعرفة ما إذا كانت هناك فروق دالة إحصائيًّا بين المجموعتين بعد تطبيق المعمل الافتراضي.
4. حساب معامل حجم الأثر (Effect Size)، باستخدام مربع إيتا (η^2) لقياس حجم التأثير.

نتائج الدراسة:

عرض نتيجة سؤال الدراسة الأول والتحقّق من صحة الفرضية الأولى:

نصّ سؤال الدراسة الأول على الآتي: "هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.05)، بين متوسطي درجات المجموعتين الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي؟"

وللإجابة عن هذا السؤال أُستخدم ما يلي:

1- اختبار (ت) للمجموعات المستقلة (Independent Samples T-Test):

للكشف عن وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات طالبات المجموعتين الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي، وقد عُرضت النتائج في الجدول (1) التالي.

جدول (1)

نتائج اختبار (ت) للمجموعات المستقلة بين متوسطي درجات المجموعتين الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي.

المهارة	المجموعة	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة (ت)	مستوى الدلالة
فهم النص الفيزيائي	الضابطة	34	4.88	1.04	2.62	0.011
	التجريبية	33	5.55	1.03		
حل المسائل	الضابطة	34	4.97	1.71	2.127	0.037
	التجريبية	33	5.76	1.28		
تحليل الرسوم البيانية	الضابطة	34	3.47	1.97	3.108	0.003
	التجريبية	33	4.7	1.13		
إيجاد العلاقات الفيزيائية	الضابطة	34	4.47	1.94	2.984	0.004
	التجريبية	33	5.64	1.14		
اختبار مهارات التفكير الفيزيائي	الضابطة	34	4.47	1.94	2.984	0.004
	التجريبية	33	5.64	1.14		

يتضح من الجدول رقم (1)؛ أن جميع قيم (ت) المحسوبة كانت أكبر من قيمة (ت) عند مستوى الدلالة (0.05)، مما يُشير إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات المجموعتين الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي؛ لصالح المجموعة التجريبية. وقد بلغت قيمة (ت) لمهارة فهم النص الفيزيائي (2.620)، ولمهارة حل المسائل (2.127)، ولمهارة تحليل الرسوم البيانية (3.108)، ولمهارة إيجاد العلاقات الفيزيائية (2.984)، كما بلغت قيمة (ت) للاختبار الكلي (2.984)، وجميع هذه القيم كانت دالّة إحصائيًّا عند مستوى أقل من(0.05).

ويُظهر ذلك أن طالبات المجموعة التجريبية اللاتي تعلمن باستخدام المعمل الافتراضي، قد تفوقن بشكل ملحوظ على طالبات المجموعة الضابطة في جميع مهارات التفكير الفيزيائي، كما تبيّن ارتفاع المتوسطات الحسابية للمجموعة التجريبية مقارنة بالضابطة في كل مهارة، على النحو الآتي: فهم النص الفيزيائي: الضابطة (4.88)، والتجريبية(5.55) وحل المسائل: الضابطة (4.97)، والتجريبية (5.76)، وتحليل الرسوم البيانية: الضابطة (3.47)، والتجريبية (4.70)، وإيجاد العلاقات الفيزيائية:الضابطة (4.47)، والتجريبية (5.64)، والاختبار الكلي: الضابطة (4.47)، والتجريبية (5.64).

وتدلّ هذه الفروق الواضحة في المتوسطات على أثر إيجابي كبير لاستخدام المعمل الافتراضي في تطوير مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي، ويُسهم ذلك في تأكيد فاعلية هذا الأسلوب التدريسي، بوصفه من الأساليب التقنية الداعمة للتّعلّم العميق، وتنمية مهارات التحليل والاستدلال العلمي.

2-مربع إيتا (η^2) لقياس حجم التأثير:

يوضّح الجدول (2) التالي مقدار أثر التدريس باستخدام المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي.

جدول (2)

مربع إيتا (η^2) لقياس حجم التأثير.

المهارة	متوسط البعدي للمجموعة الضابطة	متوسط البعدي للمجموعة التجريبية	مربع إيتا	حجم الأثر
فهم النص الفيزيائي	4.88	5.55	0.095	صغير – متوسط
حل المسائل	4.97	5.76	0.065	صغير
تحليل الرسوم البيانية	3.47	4.7	0.129	متوسط
إيجاد العلاقات الفيزيائية	4.47	5.64	0.12	متوسط
اختبار مهارات التفكير الفيزيائي	4.47	5.64	0.12	متوسط

تُشير قيم مربع إيتا (η^2) في الجدول(2) إلى وجود أثر واضح للبرنامج المستخدَم في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى أفراد المجموعة التجريبية مقارنة بالضابطة، وقد تراوحت قيم (η^2) بين(0.065 و)0.129، وتمثّل أحجام أثر صغيرة إلى متوسطة وفق معايير كوهين . (Cohen, 1988)، فإن القيم أقلا من 0.01 تمثل أثر صغير في حين القيم الواقعة بين 0.06-خ.14 تمثل حجم اثر متوسط أما القيم الأكثر من 0.14 تمثل حجم أثر أكبر ويظهر أن أكبر تأثير تحقّق في مهارة تحليل الرسوم البيانية (η^2 = 0.129)، تليها مهارة إيجاد العلاقات الفيزيائية (η^2 = 0.120)، مما يدلّ على أن البرنامج كان أكثر فاعلية في تنمية المهارات التي تتطلّب تحليل البيانات الفيزيائية وربطها وتفسيرها، أما الاختبار الكلي فحقّق حجم أثر متوسط (η^2 = 0.120) ، مما يدعم فاعلية البرنامج بصورة عامة.

عرض نتيجة سؤال الدراسة الثاني والتحقّق من صحة الفرضية الثانية:

نصّ سؤال الدراسة الثاني على الآتي: "هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.05)، بين متوسطي درجات التطبيقين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في اختبار مهارات التفكير الفيزيائي (فهم النص الفيزيائي، وحل المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية) لدى طالبات الصف الثالث الثانوي؟"

وللإجابة عن هذا السؤال أُستخدم ما يلي:

1-اختبار (ت) للعينات المرتبطة (Paired Samples T-Test):

للمقارنة بين متوسط درجات طالبات المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي؛ بهدف تحديد مدى التحسّن بعد استخدام المعمل الافتراضي في التدريس، وقد عُرضت النتائج في الجدول (3) التالي:

جدول (3)

نتائج اختبار (ت) للعينات المرتبطة بين متوسط درجات التطبيقين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في اختبار مهارات التفكير الفيزيائي.

المهارة	التطبيق	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	متوسط الفروق	قيمة (ت)	مستوى الدلالة
فهم النص الفيزيائي	القبلي	3.82	1.26	0.909	2.915–	0.006
	البعدي	4.73	1.31			
حل المسائل	القبلي	3.94	2.21	1.818	4.128–	0.000
	البعدي	5.76	1.28			
تحليل الرسوم البيانية	القبلي	3.39	1.56	1.303	3.788–	0.001
	البعدي	4.70	1.13			
إيجاد العلاقات الفيزيائية	القبلي	3.76	2.05	1.879	4.435–	0.000
	البعدي	5.64	1.14			
اختبار مهارات التفكير الفيزيائي	القبلي	14.91	6.27	5.909	4.815–	0.000
	البعدي	20.82	3.17			

يتبيّن من الجدول رقم (3)؛ أن قيمة (ت) المحسوبة لكل مهارة من مهارات التفكير الفيزيائي كانت أعلى من قيمة (ت) الحرجة عند مستوى الدلالة (0.05)، مما يُشير إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات التطبيق القبلي والبعدي لصالح التطبيق البعدي.

وقد بلغت قيمة (ت) المحسوبة لمهارة فهم النص الفيزيائي (2.915)، ولمهارة حل المسائل (4.128)، ولمهارة تحليل الرسوم البيانية (3.788)، ولمهارة إيجاد العلاقات الفيزيائية (4.435)، كما بلغت قيمة (ت) المحسوبة للاختبار الكلي لمهارات التفكير الفيزيائي (4.815) ؛ ويعني ذلك أن طالبات المجموعة التجريبية قد أحرزن تقدّمًا ملحوظًا في جميع المهارات بالتطبيق البعدي مقارنةً بالقبلي، مما يعكس أثر استخدام المعمل الافتراضي بشكل إيجابي وفعّال.

وتدلّ هذه النتائج بوضوح على أن التدريس باستخدام المعمل الافتراضي أسهم بدرجة كبيرة في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي – سواء في فهم النصوص الفيزيائية، أو في حلّ المسائل، أو في تحليل الرسوم البيانية، أو في إيجاد العلاقات الفيزيائية– وهو ما يؤكّد فاعلية هذه البيئة التعليمية في الارتقاء بتحصيل الطالبات في هذه المهارات العلمية المتقدّمة.وللتأكد من هذه النتيجة، حُسب حجم التأثير باستخدام معامل مربع إيتا (η^2)، كما يوضحه الجدول (4) التالي، وقد جاءت جميع القيم ضمن نطاق حجم التأثير المرتفع وفق تصنيف كوهين (1988)، مما يؤكد فعالية المعمل الافتراضي في تحسين مهارات التفكير الفيزيائي بصورة جوهرية.

2– مربع إيتا (η^2) لقياس حجم التأثير:

يبيّن الجدول (4) التالي حجم تأثير المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى المجموعة التجريبية.

جدول (4)

مربع إيتا (η^2) لقياس حجم التأثير.

المهارة	متوسط القبلي للمجموعة التجريبية	متوسط البعدي للمجموعة التجريبية	مربع إيتا	حجم الأثر
فهم النص الفيزيائي	3.82	4.73	0.210	كبير
حل المسائل	3.94	5.76	0.347	كبير
تحليل الرسوم البيانية	3.39	4.70	0.310	كبير
إيجاد العلاقات الفيزيائية	3.76	5.64	0.381	كبير
اختبار مهارات التفكير الفيزيائي	14.91	20.82	0.420	كبير جدًّا

يتضح من الجدول (4)، أن جميع قيم مربع إيتا (η^2) لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي عند جميع المهارات التي تضمنها الاختبار (فهم النص الفيزيائي، وحل المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية، والاختبار الكلي)؛ جاءت ضمن مستوى حجم التأثير المرتفع وفق تصنيف كوهين (Cohen, 1988) وقد تراوحت قيم مربع إيتا بين (0.182) و(0.427)، في حين بلغت القيمة للاختبار الكلي (0.462)، ويُصنَّف حجم التأثير بأنه مرتفع إذا تجاوزت قيمة مربع إيتا (0.14)، وتدل هذه النتائج على وجود حجم تأثير مرتفع لاستخدام المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي مقارنة بالمجموعة الضابطة.

مناقشة النتائج:

تُظهر نتائج الدراسة الحالية فاعلية استخدام المعمل الافتراضي في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طالبات الصف الثالث الثانوي، حيث كشفت التحليلات الإحصائية عن فروق دالة لصالح المجموعة التجريبية في مهارات فهم النص الفيزيائي، وحلّ المسائل، وتحليل الرسوم البيانية، وإيجاد العلاقات الفيزيائية، مع تسجيل حجم أثر متوسط (η^2)، وهو ما يدلّ على أن المعمل الافتراضي يُسهم بفاعلية في دعم عمليات التصوّر العلمي، والتحليل المنطقي، والاستدلال الفيزيائي، ويعود تفوّق المجموعة التجريبية إلى مجموعة من العوامل المرتبطة بطبيعة المعمل الافتراضي وخصائصه التعليمية، التي أسهمت بصورة مباشرة في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى الطالبات، ويُعزى ذلك إلى: إتاحة بيئة تعلّم تفاعلية آمنة تسمح للطالبات بإجراء التجارب دون خوف من الخطأ أو الخسارة المادية، مما عزّز التفكير الاستكشافي والمحاولة المتكررة، وإمكانية تكرار التجربة وتغيير المُتغيرات مرات غير محدودة؛ وهو ما أتاح فهمًا أعمق للعلاقات الفيزيائية، وساعد على تنمية مهارات التحليل والاستدلال، وعزّز التصوّر البصري للمفاهيم المجردة من خلال النماذج ثلاثية الأبعاد والمحاكاة الدقيقة، وأسهم في تحسين فهم النصوص الفيزيائية والرسوم البيانية، ودعم التَّعَلُّم الذاتي والتقدّم بالسرعة المناسبة لكل طالبة؛ الأمر الذي مكّن المتعلمات من معالجة المعلومات بعمق أكبر وتحسين مهارات حلّ المسائل، وتقليل العبء المعرفي الناتج عن التعقيد التجريبي من خلال تبسيط الإجراءات المخبرية، وسمح بتوجيه الجهد نحو التفكير العلمي بدلًا من التركيز على خطوات تنفيذ التجربة.

وتتفق هذه النتائج مع الاتجاه العام لغالبية الدراسات السابقة – العربية والأجنبية– التي أكدت أثر المختبرات الافتراضية في تنمية المهارات العقلية العليا، وتحسين الأداء والتحصيل العلمي ودعم مهارات التفكير العلمي، وقد بيّنت دراستا: ديوي وآخرين (Dewi et al.,2024)، ورانجان (Ranjan,2024) فاعلية المختبر الافتراضي في تعزيز التمثيل البياني وتصوّر المفاهيم الفيزيائية، وهو ما ينسجم مع تفوّق طالبات الدراسة الحالية في مهارات تحليل الرسوم البيانية وفهم النص الفيزيائي.

كما تتوافق النتائج مع ما توصّلت إليه دراسات: (صالح وآخرين، 2023؛ وهزاع، 2020؛Umukozi) et al.,2023 من تفوق واضح للمجموعات التي درست باستخدام المختبرات الافتراضية، إضافة إلى اتفاقها مع نتائج دراستي (الحافرة والدعيس، 2022؛ والعتيبي وآخرين، 2022)، التي أكدت دور التقنيات التعليمية الحديثة في دعم أنماط التفكير المتقدّم. ويُعزّز هذا الاتفاق ما أشارت إليه دراسة حامد والجنازرة & Hamed) (Aljanazrahمن تحسّن اتجاهات المتعلمين واستعدادهم للتعلمّ عند توظيف المختبرات الافتراضية، وكذلك ما أكّدته دراسة (Okono et al.,2023)، بشأن قدرة هذه المختبرات على تعويض محدودية الإمكانات في المختبرات التقليدية.

توصيات الدراسة ومُقترحَاتها:

بناءً على نتائج الدراسة تقدم الباحثة التوصيات والمقترحات الآتية:

1. توسيع استخدام المعامل الافتراضية في تعليم الفيزياء بالمرحلة الثانوية، بوصفها أداة تعليمية فعّالة تُسهم في تنمية مهارات التفكير بشكل عام، وتحسين نواتج التَّعَلُّم.
2. تضمين التدريب على استخدام المحاكاة الرقمية والمعامل الافتراضية ضمن برامج إعداد معلمات ومعلمي العلوم، بما يضمن امتلاكهم المهارات التقنية والبيداغوجية اللازمة لتوظيفها بكفاءة.
3. إعادة تصميم وحدات منهج الفيزياء لتتضمّن أنشطة وتجارب افتراضية مكمّلة للتجارب الواقعية، وبما يراعي تنمية مهارات التفكير العليا لدى الطالبات.
4. توفير البنية التقنية المناسبة في المدارس من أجهزة، وشبكات إنترنت، ومنصات موثوقة للمعامل الافتراضية، بما يضمن تطبيقها بصورة فعّالة ومستدَامة.
5. إجراء دراسات مستقبلية تستخدم المعامل الافتراضية مع متغيّرات أخرى، مثل: تنمية مهارات التفكير الناقد، وحلّ المشكلات، ومهارات (STEM)؛ للتحقّق من فعالية هذه التقنية في سياقات مختلفة.
6. الاهتمام بقياس أثر المعامل الافتراضية في تحفيز المتعلمين ودافعيتهم نحو تعلّم الفيزياء، لما لذلك من أثر مباشر في تحسين الأداء الأكاديمي.

المراجع:

إبراهيم، خالد أحمد. (2021). فعالية برنامج تدريبي قائم على نظرية الذكاء الناجح في تنمية مهارات التفكير المحوري لدى تلاميذ الحلقة الثانية من التعليم الأساسي. *مجلة جامعة الفيوم للعلوم التربوية والنفسية*، *15*(3)، 300–341.

أبو كشك، عفاف عبد الحكيم. (2020). *دراسة العوامل المؤثرة في مقاصد معلمي الفيزياء لاستخدام المختبر الافتراضي في المدارس الدولية في عمان* [رسالة ماجستير غير منشورة]. جامعة الشرق الأوسط.

الحافرة، أكرم عبد القادرة، والدعيس، صفية ناجي. (2022). فاعلية استخدام المختبر الافتراضي في تنمية التفكير الابتكاري في مادة الفيزياء لدى طلبة الصف الأول الثانوي في الجمهورية اليمنية. *مجلة جامعة المدينة العالمية للعلوم التربوية والنفسية*، ع (8)، 129–173.

الحمود، ماجد بن عبد الرحمن. (2021). واقع تدريب المعلمين عن بعد على استخدام منصة درسي الإلكترونية من وجهة نظرهم ومقترحات لتطويرها. *مجلة كلية التربية بجامعة أسيوط*، *37*(1)، 51–97.

الزامل، مشاعل. (2022). *واقع استخدام معلمات الكيمياء للمعامل الافتراضية (كروكودايل) في التدريس* [رسالة ماجستير غير منشورة]. كليات الشرق العربي للدراسات العليا.

زيتون، حسن حسين. (2005). *رؤية جديدة في التعليم الإلكتروني: المفهوم- القضايا- التطبيق- التقييم*. الدار الصولتية للنشر والتوزيع.الرياض

سيد، ياسر حسن. (2020). مهارات التفكير الفيزيائي في اختبارات مصر وسنغافورة وفاعلية برنامج قائم على إستراتيجية الخطأ الشائع في تنمية تلك المهارات وخفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية. *المجلة التربوية بجامعة سوهاج*، ع (77)، 1705–1776.

الشمراني، علي. (2020). استخدام المعامل الافتراضية في تدريس العلوم بالمرحلة المتوسطة: الواقع والمأمول. *المجلة العربية للتربية النوعية*، ع (14)، 1–22.

الشهراني، إيمان خالد، وأحمد، هالة إبراهيم. (2022). أثر برنامج مقترح قائم على تطبيق المعامل الافتراضية في تنمية المهارات المختبرية للكيمياء لدى طالبات الصف الثاني الثانوي في محافظة بيشة. *مجلة العلوم التربوية والدراسات الإنسانية بجامعة تعز*، ع (24)، 154–183.

صالح، جمال، وهبة، سيد أحمد، وحسن، عبد المنعم أحمد. (2023). فاعلية المختبرات الافتراضية في تنمية المهارات العملية بوحدة الكهرباء التيارية والكهرومغناطيسية في مادة الفيزياء لدى طلاب الصف الثالث الثانوي. *مجلة التربية بجامعة الأزهر*، *5*(197)، 325–368.

العبيد، أفنان، والشايع، حصة. (2020). *تكنولوجيا التَّعَلُّم: الأساس والتطبيقات* (ط.2). مكتبة الرشد. الرياض

العتيبي، عبد الله بن سهل. (2023). اتجاهات معلمي العلوم نحو تنمية المفاهيم الفيزيائية باستخدام المعامل الافتراضية ومعوقاتها. *مجلة العلوم التربوية والنفسية*، 7(30)، 19–39.

العتيبي، فاتن بنت عيد، القحطاني، منى بنت سعيد، العريني، حنان بنت عبد الرحمن، الحربي، مشاعل بنت سرحان، والبلوي، عهود بنت سعد. (2022). دور الذكاء الاصطناعي في تنمية مهارات التفكير الناقد والاتجاهات العلمية لدى طالبات الصف الثاني الثانوي في مقرر الفيزياء. *مجلة العلوم التربوية والدراسات الإنسانية بجامعة تعز*، ع (21)، 141–172.

العريني، عبير إبراهيم. (2021). أثر استخدام المعامل الافتراضية في إكساب المفاهيم العلمية في مقرر العلوم لتلميذات المرحلة المتوسطة. *المجلة الدولية للتعليم الإلكتروني*، *2*(1)، 191–239.

العطوي، عطا الله بن عودة. (2025). تحليل مدى توافر مهارات التفكير المنتج في كتاب الفيزياء للصف الثاني الثانوي بالمملكة العربية السعودية. *مجلة الآداب للدراسات النفسية والتربوية*، *7*(2)، 174–209.

العماري، أحمد علي، وآل كاسي، عبد الله بن علي. (2023). واقع استخدام المختبرات الافتراضية (كروكودايل) في تدريس التجارب العلمية في الكيمياء والفيزياء من وجهة نظر المعلمين. *المجلة العلمية بجامعة أسيوط*، *39*(1)، 230–266.

العنزي، ترفة، والشهري، عجلان. (2023). مدى جاهزية معامل كلية العلوم في جامعة الحدود الشمالية لتفعيل استخدام المعامل الافتراضية من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس. *مجلة العلوم التربوية والنفسية*، *7*(24)، 1–28.

الغامدي، حنان. (2021). واقع استخدام المعامل الافتراضية في التعليم عن بعد لتدريس مقرر الكيمياء للمرحلة الثانوية خلال جائحة كورونا. *المجلة الدولية للتعليم الإلكتروني*، *4*(3)، 575–600.

القحطاني، أسماء سعيد. (2021). مدى توظيف معلمات الفيزياء لتقنية المعامل الافتراضية في تدريس مقرر الفيزياء للمرحلة الثانوية ببيشة. *مجلة كلية التربية بجامعة كفر الشيخ*، ع (100)، 631–682.

كريري، عائشة، وفقيهي، أحمد. (2022). واقع استخدام المعامل الافتراضية في تدريس العلوم الطبيعية لدى معلمي المرحلة الثانوية بإدارة تعليم جازان. *مجلة المناهج وطرق التدريس*، *1*(11)، 97–125.

المالكي، عبد العزيز حسين. (2023). العوامل المؤثرة على قبول طلاب التعليم العالي لاستخدام المعامل الافتراضية في ضوء نموذج قبول التكنولوجيا. *مجلة العلوم التربوية والإنسانية*، ع (27)، 90–115.

المختار، سمية. (2021). توظيف المعامل الافتراضية كبيئة تعليمية في الجامعات الليبية. *مجلة أنوار المعرفة*، (10)، 82–89.

المصري، تامر علي. (2022). فاعلية إستراتيجية PQ4R في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي وخفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية. *مجلة دراسات في التعليم الجامعي*، ع (57)، 77–147.

مهدي، ياسر سيد. (2020). مهارات التفكير الفيزيائي في اختبارات مصر وسنغافورة وفاعلية برنامج قائم على إستراتيجية الخطأ الشائع في تنمية تلك المهارات وخفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية. *المجلة التربوية بجامعة سوهاج*، ع (77)، 1705–1776.

الهبيان، رشا صلاح. (2024). فاعلية استخدام معمل العلوم الافتراضي القائم على الاستقصاء التعاوني في تنمية بعض مهارات التفكير لتلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة كلية التربية بجامعة طنطا*، *90*(1)، 27–47.

هزاع، عبد الله هزاع. (2020). فاعلية استخدام المعامل الافتراضية في التحصيل الدراسي لدى طلاب المرحلة الثانية في مقرر الفيزياء بمحافظة جدة، المملكة العربية السعودية. *مجلة مجمع جامعة المدينة العالمية*، ع (33)، 328–368.

Dewi, C. T., Kuswanto, H., & Rahmat, A. D. (2024). The effectiveness of virtual laboratory integrated blacksmith ethnophysics in enhancing data literacy and graphic representation skills. *International Journal of Information and Education Technology*, *14*(8), 1155–1163.

Doç, Ş. E., & Bozkurt, E. (2022). The effect of virtual laboratory applications prepared for geometrical optics lesson on students' achievement levels and attitudes towards physics. *Pegem Journal of Education and Instruction*, *12*(2), 226–234.

Fang, L. (2019). Analysis of the influence of physics thinking method education on improving students' comprehensive quality. In *Asia-Pacific Conference on Advances in Education, Learning and Teaching (ACAELT 2019)*. Francis Academic Press.

Hamed, G., & Aljanazrah, A. (2020). The effectiveness of using virtual experiments on students' learning in the general physics lab. *Journal of Information Technology Education: Research*, *19*, 977–996.

Istiyono, E., Dwandaru, W. S., Setiawan, R., & Megawati, I. (2020). Developing computerized adaptive testing to measure physics higher order thinking skills of senior high school students and its feasibility of use. *European Journal of Educational Research*, *9*(1), 91–101.

Jones, A. (2020). *What skills do I need to study physics.* https://bit.ly/3eHLEJW

Okono, E., Wangila, E., & Chebet, A. (2023). Effects of virtual laboratory-based instruction on the frequency of use of experiment as a pedagogical approach in teaching and learning of physics in secondary schools in Kenya. *African Journal of Empirical Research*, *4*(2), 1143–1151.

Ranjan, A. (2024). Effect of virtual laboratory on development of concepts and skills in physics. *International Journal of Technical Research & Science*, *2*(1), 15–22.

Topalsan, A. (2020). Development of scientific inquiry skills of science teaching through argument-focused virtual laboratory applications. *Journal of Baltic Science Education*, *19*(4), 628–646.

Umukozi, A., Yadav, L. L., & Bugingo, J. B. (2023). Effectiveness of virtual labs on advanced level physics students' performance in simple harmonic motion in Kayonza District, Rwanda. *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences*, *19*(1), 85–97.

Vasiliadou, R. (2020). Virtual laboratories during coronavirus (COVID-19) pandemic. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *48*(5), 482–483.