المجلة الأردنية في العلوم التربوية، مجلد 21، عدد 2، 2025، 203-218

The Role of Immersive Virtual Laboratory (IVRL) Utilizing Binary Coding Theory in Enhancing Physics Understanding Among Ninth Grade Female Students in the Sultanate of Oman

Khalsa H. Albahri ,*Ministry of Education, Oman*

Abdullah K. Ambusaidi* ,*Ministry of Education, Oman*

Mohamed Shahat , *Sultan Qaboos university, Oman*

Received: 20/3/2024
Accepted: 19/5/2024
Published: 30/6/2025

***Corresponding author:**
ambusaidi40@hotmail.com

How to cite: Albahri, K. H., Ambusaid, A. K., & Shahat, M. (2025). The role of immersive virtual laboratory (IVRL) utilizing binary coding theory in enhancing physics understanding among ninth grade female students in the Sultanate of Oman. Jordan Journal of Educational Sciences, 21(2), 203–218. https://doi.org/10.47015/21.2.4

© 2025 Publishers / Yarmouk University. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Abstract

Objectives: This study aimed to explore the role of the immersive virtual laboratory (IVRL) utilizing binary coding theory in enhancing physics understanding among ninth-grade female students in the Sultanate of Oman. The research sample consisted of 142 female students .
Methodology: Using a mixed-methods approach with an explanatory sequential design, the study utilized a standardized test to gauge the students' acquisition of physical concepts. To support quantitative findings, focus group interviews were conducted to glean deeper insights into the results .
Results: Results indicated a statistically significant discrepancy in favor of the experimental group at the $\alpha \leq 0.05$. Both quantitative data examination and thematic analysis of qualitative findings supported the premise that the immersive virtual laboratory environment facilitated the assimilation of physical concepts in line with the Dual Coding Theory .
Conclusion: The study recommended prioritizing virtual laboratory resources in educational settings, owing to their alignment with contemporary technological advancements and their potential to eliminate challenges inherent in conventional laboratory setups. Furthermore, it advocates for qualitative investigations into scientific and engineering practices within virtual laboratory contexts, thereby enriching scholarly discourse in this domain.

Keywords: Immersive Virtual Laboratory, Physical Concepts, Dual Coding Theory.

دور المختبر الافتراضي الغامر (*IVRL*) القائم على نظرية الترميز الثنائي في تنمية المفاهيم الفيزيائية لدى طالبات الصف التاسع الأساسي في سلطنة عمان

خالصة بنت حمد البحرية، وزارة التربية والتعليم، سلطنة عمان
عبد الله بن خميس أمبوسعيدي، وزارة التربية والتعليم، سلطنة عمان
محمد علي شحات، جامعة السلطان قابوس، سلطنة عمان

الملخص

الأهداف: هدفت الدراسة التعرف إلى دور المختبر الافتراضي الغامر (IVRL) القائم على نظرية الترميز الثنائي في تنمية المفاهيم الفيزيائية لدى عينة من طالبات الصف التاسع الأساسي في سلطنة عمان، والتي بلغ عددها (142) طالبة.

المنهجية: اتبعت الدراسة المنهج المختلط ذا التصميم التتابعي التفسيري. ولتحقيق أهداف الدراسة تم إعداد اختبار المفاهيم الفيزيائية وتطبيقه على العينة، ولتفسير النتائج ودعمها تم استخدام مقابلات مجموعات التركيز، حيث جاءت نتائجها بعد تحليلها بطريقتي تكميم

© حقوق الطبع محفوظة لجامعة اليرموك، إربد، الأردن، 2025.

البيانات (quantizing narrative data)، والتحليل الموضوعي (Thematic analysis).

النتائج: أظهرت نتائج الدراسة وجود أثر دال إحصائيا بين مجموعتي الدراسة عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) لصالح المجموعة التجريبية في اختبار (MANOVA)، كما جاءت البيانات النوعية داعمةً للبيانات الكمية، ومفسرةً للعوامل التي ساهمت على اكتساب الطالبات للمفاهيم الفيزيائية استناداً إلى نظرية الترميز الثنائي.

الخلاصة: توصي الدراسة الحالية بضرورة التركيز على المختبرات المدرسية الافتراضية كونها مواكبة للتقنيات الحديثة وتُسهم في حل العديد من المشكلات التي تواجهها المختبرات التقليدية، كما تقترح إجراء بحوث نوعية في مجال الممارسات العلمية والهندسية في المختبرات الافتراضية.

الكلمات المفتاحية: المختبر الافتراضي الغامر، المفاهيم الفيزيائية، نظرية الترميز الثنائي.

المقدمة

يركز التربويون على مستوى العالم على تعليم العلوم الطبيعية؛ لدورها البارز في تنمية مهارات التفكير بأنواعها، ومهارات البحث والاستقصاء العلمي عند الطلبة، إضافة إلى أنها تكسبهم مهارات الحياة مثل حل المشكلات واتخاذ القرارات. وتتميز مواد العلوم الطبيعية بخاصيتها المختلفة التي تعتمد على الممارسة العملية داخل المختبر المدرسي في تدريسها، والذي يوفر بيئة خصبة من خلال ربط العلم النظري بالتطبيقات العملية؛ مما يسهم في اكتساب الطلبة لتلك المهارات، والمفاهيم العلمية وفهم مبادئ العلوم واستكشاف ظواهرها. وحيث تعد الفيزياء أحد العلوم الطبيعية التي تعتمد في فهمها بشكل كبير على الممارسة العلمية للوصول إلى المعرفة بشكل حقيقي غير مجرد؛ فهي تساعد الطلبة في فهم كيفية عمل العالم المحيط بدءاً من قوانين الحركة والقوى والطاقة والموجات والكهرباء والصوت والضوء ووصولا إلى المادة والذرة ومكوناتهما. وقد أشار هنيه (Haniyeh,2020) أن مختبرات العلوم لها دور كبير في تهيئة فرص الكشف عن الابتكار والإبداع لدى الطلبة؛ ما يُحتم ضرورة توفير الأدوات والأجهزة بشتى أشكالها للوصول إلى هذه الغاية.

ومع تسارع التقدم العلمي والتقني الذي يفرضه القرن الواحد والعشرون؛ ظهرت العديد من التحديات أمام العملية التعليمية لمواكبة هذا التطور بما يتناسب مع إعداد جيل قادر على مجاراة التطور والتعامل معه بمهاراته كلها، الأمر الذي أوجب على المعنيين تطوير تعليم العلوم عامة والفيزياء خاصة للسعي نحو استثمار هذا التقدم بنوعيه المعرفي والتقني من أجل تطوير تعليم العلوم وتعلمها. حيث أن التقنية تعد داعمة لتحقيق جملة من الأهداف التربوية (Mills & Brown,2022)، وهنا ظهر اهتمام المعنيين بتدريس العلوم من خلال التركيز على تطوير المختبرات والأداء العملي في تعليم العلوم وتعلمها، وتفعيل المختبرات الافتراضية المتوفرة واستثمارها حرصًا منهم على مواكبة التطور التقني من جهة، وضماناً لرفع مستوى أداء المختبرات وتحقيقها للغاية المرجوة منها والتغلب على مشكلاتها من جهة أخرى.

وتعد تقنية الواقع الافتراضي إحدى التقنيات التي ظهرت ضمن عائلة كبيرة من الوسائط التقنية المختلفة، التي تعتمد على تفاعل المستخدم ونوع البيئة التي يقع فيها، وتتميز بيئات الواقع الافتراضي بعدد من الخصائص التي ارتبطت بها وهي: الغَمر (Immersion)، والاندماج (Involvement)، والتفاعل (Interaction)، وسميت بـ (3Is)(Mandal, 2013) ؛ والتي أسهمت في فهمها، وتفسير تفاعل المستخدم فيها(Al-Riyamia & Al-Najjar, 2020)، والتي تجعل المستخدم يتخيل وجوده التام داخل بيئة المختبرات الافتراضية (Petersen & et al., 2022). كما أن المبدأ الذي تقوم عليه هذه المختبرات في استخدام النظام اللفظي وغير اللفظي يتيح معالجة المعارف واكتسابها بما يتفق مع مبدأ نظرية الترميز الثنائي في معالجة العمليات المشتركة بين النظامين (اللفظي-غير اللفظي) من خلال تنشيط المعرفة وترسيخها في أذهان الطلبة (Mayer & Estrella, 2014).

ونظراً للأهمية التي تحتلها المفاهيم العلمية عامةً والمفاهيم الفيزيائية خاصة من خلال عدها حلقة الوصل في البنية المعرفية العلمية؛ التي تأتي متتالية: حقائق، ثم مفاهيم، ثم قوانين، ثم نظريات، وبالتالي فإن استيعاب المفاهيم بشكل صحيح يسهم في النمو المعرفي واكتساب الخبرات. وقد أوصى فاسيلفاسيكي وبيرت (Vasilevski & Birt, 2020) بقولهما أننا بحاجة إلى المزيد من بيئات الواقع الافتراضي الغامر التي تخدم مخرجات التعلم، والمزيد من الدراسات التي تدرس هذا الواقع على هذه المخرجات.

ركزت الدراسة الحالية على توظيف الواقع الافتراضي في المختبرات المدرسية؛ الذي يقوم إلى أساسِ دور التقنية في تعزيز تفاعل الطلبة وحضورهم ومشاركتهم في التعلم، والدور الذي تقدمه للطلبة في معالجة معارفهم وترسيخها في أذهانهم من خلال ممارساتهم التي تكون داخل هذه التقنية، فقد صممت بيئة المختبر الافتراضي الغامر الحالية بشكل رئيس وفق عدد من المبادئ التي تقوم على أساسها نظرية الترميز الثنائي Dual Coding Theory والتي وضعها آلان بافيو(Allan Paivio) عام 1986م ؛ الذي بنى فكرته على أساس

أن تكوين الصور الذهنية يساعد في التعلم من خلال محاولة إيجاد التوازن بين العمليات اللفظية والعمليات غير اللفظية (Paivio & Clark, 2006, p.53)، وقد جمعت هذه النظرية بين مبادئ النظريتين المعرفية والبنائية في آنٍ واحد (Ahmed, 2022). ويرى بافيو أن الطالب يمكن أن يوسع مداركه من خلال الجمع بين اللفظ والصورة في الموقف التعليمي؛ فالتعبيرات غير اللفظية قد تسهم بشكل كبير في فهم المعاني المجردة وإدراكها (Paivio & Clark ,2006) ، وطبقا لهذه النظرية فإن المعرفة تتكون من نظامين معرفيين فرعيين يقومان بمعالجة المعلومات بشكلٍ مستقل، ولكن متزامن؛ فتوجد بينهما روابط وعلاقات تسمح بالترميز الثنائي للمعلومات (Khamis, 2003). يمكن توضيح وحدات المعالجة عند بافيو على النحو التالي:

النظام اللفظي: الذي يعالج المعلومات اللفظية ويقوم بتوليد الكلام للكائنات اللفظية، وتنظيمها في شكل ترابطات هرمية.

النظام البصري: يعالج المعلومات المصورة؛ فيقوم بتوليد الصور العقلية وتنظيمها في شكل علاقات بين الجزء والكل.

ولتوضيح كيفية حدوث المعالجة باستخدام هذه الوحدات في المختبر الافتراضي؛ نستعرض تجربة المقاومة مثالا في الدراسة الحالية، فيتدرج الاستقصاء في المختبر بعرض مصطلح "المقاومة" بصفته مفهوما مجردا (عام/ الكل)، ويستخدم الطالب الأدوات منها الدائرة الكهربائية والأميتر والفولتميتر (نظام بصري) لحساب شدة التيار وفرق الجهد (الخاص/ الجزء)، وبذلك يستنتج الطالب الدلالة اللفظية لمفهوم "المقاومة"؛ من خلال حساب شدة التيار وفَرق الجهد الموجودة أمامه في الأجهزة المشار إليها بأسمائها (نظام لفظي). وقد عقب بارونج وماير (Parong & Mayer, 2021) أن الواقع الافتراضي يوفر طريقة مثالية لمقاربة، ودراسة، وتذكر المعرفة الجديدة للطلبة جميعهم الذين يفضلون أسلوب التعلم البصري، أم السمعي، أم الحركي. وفي ذات السياق أثبت ماير (Mayer, 2019) في تفسيره لنظرية الترميز المزدوج في دعم التعلم من الوسائط المتعددة أن تنظيم المعلومات اللفظية والبصرية معا يساعد في إدارتها بشكل لا يضيف عبئا على الذاكرة، ما يحسن التعلم؛ فيحدث تعلم ذو معنى من خلال عمليتي التنظيم والتكامل بين التمثيلات اللفظية والبصرية.

وطبقا لهذه النظرية فأن استخدام المختبر الافتراضي الغامر، الذي جمع بين التمثيلات البصرية واللفظية المكتوبة والمنطوقة؛ قد اعتمد إلى نظام المعالجة اللفظي من خلال عرض المعلومات بطريقة هرمية سواء في النشاط العملي الواحد، أم في الأنشطة ككل؛ بدءًا من تكوين المفهوم الفيزيائي، وصولا للاستنتاجات والتفسيرات العلمية، كذلك في وحدة المعالجة البصرية، التي اعتمدت علاقات الجزء والكل؛ فيتمثل عرض المفاهيم بطريقة صورية جزئية، منها: (الشعاع الساقط- الشعاع المنعكس)؛ وصولًا إلى الكل في التعبير عن ظاهرة الانعكاس ككل.

ومن الجدير بالذكر أن المختبر الافتراضي الغامر صمم بطريقة تكاملية تجمع بين التمثيلات البصرية واللفظية في الوقت ذاته؛ يستطيع المتعلم خلالها ممارسة تعلمه بطريقة تضمن أن يقوم بمجموعة من الأنشطة التعليمية بغرض اكتشاف المعلومات الجديدة المراد تعلمها واكتساب المهارات التي تسهل اكتسابه للمفاهيم المجردة ليصل إلى تعلم ذي معنى.

تعد بيئة المختبرات العلمية بيئة خصبة لتفعيل استخدامات التقنية الحديثة بشكل عام؛ فهي من أهم جوانب التعلم في العلوم، وقد تمثل استخدام الواقع الافتراضي في مواد العلوم بظهور المختبرات الافتراضية بشتى أنواعها؛ لما تتيحه من خبرات واقعية ملموسة، وإمكانات للتغلب على مشكلات التطبيق العملي في المدارس (Al-Ḥazimi & Jan, 2016). كما أشار الراضي (Al-Radhi,2008) إلى أن المختبرات الافتراضية هي إحدى مستحدثات التقنية؛ التي تعد امتدادا لتطور أنظمة المحاكاة الإلكترونية، فتكون فيها محاكاة المختبر الحقيقي على نحو كبير في وظائفه وأحداثه، ويمكن من خلاله الحصول على نتائج مشابهة لنتائج المختبر الحقيقي. وقد استفاد مطورو المختبرات من التقنيات الحديثة في محاكاة المختبرات لإيجاد بيئات تفاعلية تسهم في التغلب على الصعوبات التي يواجهونها في المختبرات الحقيقية، وتواكب العصر التقني(Oliveira et al., 2019)؛ لما تتيحه من خبرات واقعية ملموسة، وإمكانات للتغلب على مشكلات التطبيق العملي في المدارس (Al-Ḥazimi & jan, 2016).

ومع أهمية المختبر المدرسي في إكساب المفاهيم للطلبة من خلال الاستقصاء والاستكشاف التي أشار إليها (Ambusaidi & Alblushi, 2009)؛ إلا أن العديد من الدراسات والأدبيات السابقة (Al-Sa'di, 2011; Alskjy,2006) أكدت أن المختبرات التقليدية بوضعها الراهن لا تساعد في تحقيق الأهداف المرجوة منها؛ فلا تتيح للطلبة ممارسة التجارب بالطريقة الاستقصائية، إما بسبب نقص المواد والأدوات، أو بسبب اعتماد المعلم على الطريقة التوضيحية والتأكيدية لاستخدام المختبر. ومع التطور التقني سعى التربويون إلى استخدام المختبرات الافتراضية للتغلب على المشكلات التي تواجههم في المختبرات التقليدية؛ فظهرت العديد من الدراسات والمحاولات لتوظيفها في تجاوز تلك المشكلات والتحديات التي أوجدتها الممارسات التعليمية في المختبرات التقليدية، فنجد عددا من الدراسات قد تناولت أثر المختبرات الافتراضية، والمختبرات الجافة على حد سواء في اكتساب الطلبة للمفاهيم الفيزيائية.

وعن دور المختبرات الافتراضية في اكتساب الطلبة للمفاهيم؛ ولفهم كيف تساعد المختبرات الافتراضية في اكتساب المفاهيم الفيزيائية؛ أجرى آريستا وكوانتو (Arista & Kuswanto,2018) دراسة تقيس مدى اكتساب الطلبة للمفاهيم الفيزيائية وتنمية الاستقلالية في التعلم باستخدام مختبر افتراضي، حيث قاموا بتصميمه على نظام الأندرويد في الهواتف الذكية، وقد طبقت الدراسة على عدد (40) طالبا من الصف العاشر بنيجيريا ولقياس أثر المختبر المصمم في اكتساب الطلبة للمفاهيم جرى تطبيق اختبار قبلي وآخر بعدي للمفاهيم الفيزيائية؛ فأظهرت نتائجهما زيادة في اكتساب الطلبة للمفاهيم من خلال تحليل عدد من القدرات التي اكتسبوها، التي

تمثلت في ترجمة المفاهيم، وتفسيرها والقدرة على الاستقراء.

وأجرى فالوون (Falloon,2019) دراسة نوعية لاستكشاف أثر المحاكاة في المختبرات في اكتساب الطلبة للمفاهيم الفيزيائية من خلال تنفيذ تجارب في وحدتي الدوائر الكهربائية والكهرباء، وقد تكونت عينة الدراسة من 38 طالبا من الجنسين (20 أنثى و18 ذكرًا) في نيوزلندا؛ يدرسون التجارب باستخدام المحاكاة. وقد جمعت البيانات من خلال تسجيل لقطات الشاشة لاستجابة الطلبة لمصطلحات غلق وفتح الدائرة في دوائر التوازي والتوالي، وغيرها من المصطلحات، واستيعابهم لها، كذلك تفاعل الطلبة من خلال استخدام أصابعهم في تنفيذ التجارب وتعابير الوجه، وقد خلصت نتائج التحليل إلى أن الطلبة اكتسبوا المفاهيم المتعلقة بالدوائر بشكل واضح جدا؛ مع تقدم المدة الزمنية في تنفيذ التجارب.

وتأكيدا لهذه النتائج جاءت دراسة هيرمانسياه وآخرين (Hermansyah et al.,2019) في مدينة ماترام بأندونيسيا لدراسة أثر المختبر الافتراضي في زيادة استيعاب الطلبة لمفاهيم الحرارة في الفيزياء، وطبقت الدراسة على عينة (58) طالبًا وزعوا على مجموعتين: ضابطة، وتجريبية، ولتحقيق غرض الدراسة استخدم اختبار المفاهيم الذي تكون من ستة أسئلة مقالية؛ شملت مصطلحات الحرارة، والتمدد الحراري، ونقل الحرارة، وتغير المواد، والجسم الأسود، وقد خلصت النتائج إلى أن مستوى اكتساب الطلبة في المجموعة التجريبية باستخدام المختبر الافتراضي كان أفضل من مستوى اكتساب المجموعة الضابطة.

كذلك قام تسفاينيدو وآخرون (Tsivitanidou et al., 2021) بدراسة تصورات الطلبة نحو اكتسابهم للمفاهيم الفيزيائية واتجاهاتهم نحوها؛ باستخدام تقنية الواقع الافتراضي الغامر في التعلم القائم إلى الاستقصاء، وقد طبقت الدراسة على عينة مكونة من (107) طالبا وطالبة؛ من ستة فصول للفيزياء بالمرحلة الثانوية بمدينة قبرص التركية، باستخدام ستة مواقف تعليمية قائمة إلى التعلم بالاستقصاء؛ عن طريق تقنية الواقع الافتراضي الغامر، وموقفين باستخدام الفيديو، وجمعت البيانات بطريقة كمية من خلال اختبار للمفاهيم الفيزيائية واستبانة للتصورات، وقد تم تحليل البيانات من خلال تقسيم الطلبة إلى ذوي الاتجاه العالي في تعلم العلوم وذوي الاتجاه المنخفض، وقد خلصت النتائج إلى أن كلتا الفئتين أظهرتا تطورا واضحا في اكتساب المفاهيم والاتجاه نحو تعلم العلوم.

واستخدم جورجيو وزملاؤه (Georgiou et al.,2021) تقنية الواقع الافتراضي الغامر في دراسة الظواهر الكونية وقياس أثرها في اكتساب المفاهيم، وتحسين خبرات التعلم وتنمية مهارات الاستقصاء العلمي، وقد طبقت الدراسة على (109) طلبة من الصفين الحادي عشر والثاني عشر، واستخدمت الدراسة المنهج المزجي لجمع البيانات باستخدام اختبار المفاهيم، واستبانة قياس الخبرات ومقابلات شبه منظمة وبطاقة ملاحظة مهارات الاستقصاء، وقد أسفرت النتائج بشكل عام عن فاعلية استخدام الواقع الافتراضي الغامر في اكتساب الطلبة للمفاهيم، وتنمية مهارات الاستقصاء العلمي وتحسين خبرات التعلم لديهم.

يتضح من عرض الدراسات السابقة الدور البارز والإيجابي الذي تحتله المختبرات الافتراضية في اكساب الطلبة للمفاهيم الفيزيائية؛ وهذا ما يؤكد أهميتها وضرورة تطويرها.

مشكلة الدراسة

يتضح في الواقع أن تعليم الفيزياء وتعلمها في المدارس يواجه كثيرا من التحديات التي يعاني منها معلمو المادة، بسبب احتوائها على الكثير من المفاهيم المجردة، إضافة إلى المهارات العملية التي تتطلبها المادة التي تعتمد إلى التقصي والبحث. وتساعد المفاهيم التي يكتسبها في المختبر المتعلم في إيجاد العلاقات والخصائص المشتركة بين الظواهر والأحداث ما يساعد في تفسيرها، كما تنمي المهارات العقلية؛ منها: التنظيم والتحليل، والربط، والتمييز، والتصنيف، وتعد أساسًا لتكوين المبادئ والقوانين، والنظريات العلمية وفهمها، كما تعالج التراكم المعرفي (Mufliḥ & qttawi, 2010)، حيث وصف زيتون (Zaytoon, 2010) المفهوم العلمي أنه بناء عقلي يتشكل عند إدراك العلاقات، أو الصفات المشتركة الموجودة بين الظواهر أو الحوادث أو الأشياء، وبتحليل وصف زيتون للمفاهيم نجد أن إدراك العلاقات عند بناء المفهوم بحاجة إلى مهارات تفكير بسيطة ومعقدة؛ كالتمييز، والتحليل، والربط، وغيرها. وعلى الرغم من أهمية وضرورة اكتساب المفاهيم بشكل صحيح؛ إلا أنها تواجه العديد من الصعوبات في اكسابها للطلبة وتنميتها لديهم، والتغلب على هذه الصعوبات يحتاج إلى جهد كبيرٍ من المعنيين والمعلمين والطلبة أنفسهم، وبذلك سعى التربويون لإيجاد أفضل الطرق لإكسابها للطلبة؛ انتقالا من طرائق التدريس واستخدام النماذج إلى استخدام التقنيات الحديثة. وفي هذا الصدد أشار أمبوسعيدي والبلوشي (Ambusaidi & Alblushi, 2009) إلى بعض المقترحات لاستراتيجيات تدريس المفاهيم العلمية للطلبة وإكسابهم لها بالطرائق الصحيحة؛ منها: خرائط المفاهيم، والتشبيهات، والاستقصاء العلمي، والاكتشاف الذي يتم من خلال تنفيذ التجارب العلمية.

وتعد المختبرات هي أحد البيئات الخصبة التي يكتسب منها الطلبة مفاهيمهم؛ إلا أن التعلم في هذه المختبرات يواجه العديد من التحديات؛ منها: قلة الأدوات، وعدم توفر الأجهزة أو عدم دقتها، وكثرة أعداد الطلبة، والوقت اللازم لتنفيذ التجارب. وقد أكد ذلك العديد من الدراسات منها (Al-shregee, 2019; Al-Labadi, 2019)، وللتعرف إلى الصعوبات التي يواجهها معلمو العلوم في سلطنة عمان في تنفيذ التجارب باستخدام المختبر التقليدي؛ قام الباحثون بدراسة استطلاعية اتبعوا فيها المنهج الوصفي لاستقصاء آراء المعلمين من خلال استبانة تم عرضها على عدد (9) محكمين من ذوي الخبرة والاختصاص، حيث طُبقت على عينة استطلاعية شملت (250) معلمًا ومعلمةً ذوي سنوات خبرة متنوعة من محافظات سلطنة عمان جميعها، وقد اشتملت الاستبانة على محورين: الأول يتعلق بصعوبات تنفيذ التجارب في المختبر التقليدي في اكتساب

الطلبة للمفاهيم الذي تكوّن من (14) عبارة جاءت بمتوسط (4,04)، أما المحور الثاني فقد ركز على آراء المعلمين بشأن استخدام المختبرات الافتراضية في اكتساب المفاهيم الفيزيائية، وتكون من (17) عبارة، وجاء متوسط المحور (4,44)، وهو متوسط عال، مما أكد دور المختبرات الافتراضية في اكساب الطلبة للمفاهيم الفيزيائية. وقد أوصى المعلمون بضرورة توفير مختبرات افتراضية تتناسب مع الاستقصاءات العلمية في مناهج سلطنة عمان؛ مصممة باللغة العربية وبطريقة تضمن اكتساب الطلبة للمفاهيم الفيزيائية خاصة المفاهيم المجردة.

أسئلة الدراسة

لسد الفجوة البحثية التي تمثلت في عدم توفر مختبرات مصممة باللغة العربية وبما يتناسب مع المناهج في سلطنة عمان؛ تم تصميم مختبرا افتراضيا غامرا قائم على نظرية الترميز الثنائي. وللتأكد من فاعلية هذا المختبر في تنمية المفاهيم الفيزيائية قامت الدراسة الحالية بالإجابة عن الأسئلة التالية:

السؤال الأول: ما أثر استخدام المختبر الافتراضي الغامر (IVRL) في إكساب طالبات الصف التاسع الأساسي المفاهيم الفيزيائية حسب المستويات المعرفية في مادة الفيزياء؟

السؤال الثاني: كيف يساعد المختبر الافتراضي الغامر في إكساب طالبات الصف التاسع الأساسي المفاهيم الفيزيائية؟

السؤال الثالث: إلى أي مدى تتفق النتائج الكمية مع بيانات المقابلات النوعية لاكتساب طالبات الصف التاسع الأساسي المفاهيم الفيزيائية؟

فرضية الدراسة

في ضوء أسئلة الدراسة الحالية؛ فقد صيغت الفرضية الصفرية التالية:

"لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي درجات طالبات المجموعة التجريبية ودرجات طالبات المجموعة الضابطة في المستويات المعرفية لاختبار اكتساب المفاهيم الفيزيائية لدى طالبات الصف التاسع الأساسي".

أهداف الدراسة

سعت الدراسة الحالية لتحقيق الأهداف التالية:

- الكشف عن أثر المختبر الافتراضي الغامر (IVRL) في إكساب طالبات الصف التاسع الأساسي للمفاهيم الفيزيائية.
- إيجاد بيئة مختبر افتراضية تساعد المعلم والمتعلم في التغلب على صعوبات تنفيذ التجارب في المختبر التقليدي تضمن اكتساب الطلبة للمفاهيم ومواكبة لتطورات العملية التعليمية.
- إثراء الباحثين في مجال توظيف تقنية الواقع الافتراضي الغامر بتقديم إجراءات تفصيلية عن استخدام التقنية في تدريس الفيزياء وتعطي الباحثين مجالا لدراسة العديد من العوامل المتعلقة بهذه التقنية.
- تقديم رؤية جديدة مستدامة في توفير مختبرات افتراضية استقصائيةً عربية، ولفت انتباه القائمين على تطوير المختبرات للسعي في هذا الجانب.

مصطلحات الدراسة

المختبر الافتراضي الغامر: يعرف السعدي المختبرات الافتراضية الغامرة (Al-Sa'di, 2011.P456) أنها "بيئة تفاعلية افتراضية ثلاثية الأبعاد تستخدم أنظمة اتصال وتواصل متطورة وبالغة التعقيد لتحاكي المختبرات الحقيقية؛ ينغمس المتعلم في بيئتها كليا من خلال أجهزة الإدخال كالقفازات والنظارة حتى يشعر بأنه جزء منها فيؤثر ويتأثر بها ويتمكن من ممارسة خبرات يصعب ممارستها بالواقع".

ويعرفه الباحثون إجرائِيا على أنه مختبر فيزيائي افتراضي قائم على برنامج حاسوبي، ومصمم ليحاكي الواقع الحقيقي في أدواته وإمكاناته، ويمكن لطالبات الصف التاسع الأساسي دخوله باستخدام نظارات الواقع الافتراضي من نوع Oculus Quest 2؛ التي تسمح للطالبات بالاندماج والتحرك داخله بدرجة 360، وإجراء الاستقصاءات العلمية، وممارستها بخطواتها كافة مستخدمة حواسها جميعها.

المفاهِيم الفيزيائِية: يعرف كل من فاناجا وراو (Vanaja & Rao, 2004, p.34) المفاهيم الفيزيائية أنها "بناء عقلي ينتج من إدراك المتعلم للعلاقات والخصائص المشتركة الموجودة بين الظواهر أو الأشياء أو الأحداث ذات الصلة بالعلوم، ويتم التعبير عنها بصياغات مجردة تجمع هذه الخصائص المشتركة وتتكون من أسماء أو رموز أو مصطلحات لها مدلولات واضحة وتعريفات محددة تختلف في درجة شموليتها وعموميتها".

وتعرف الدراسة الحالية المفاهيم الفيزيائية إجرائيا أنها فكرة ذهنية تقدم مدلولا للعناصر والأشياء والحقائق الفيزيائية التي تراها الطالبات في المختبر الافتراضي الغامر، وتحاول أن تفسرها وتربطها مع الواقع الحقيقي حتى تصل للعلاقات التي تكسبها المعنى، ويقاس اكتسابها إجرائيا بالدرجات التي تحصل عليها الطالبات في اختبار المفاهيم المعد لهذا الغرض.

أفراد الدراسة

تمثل أفراد عينة الدراسة في (142) طالبة من طالبات الصف التاسع، قسمت في مجموعتين: ضابطة بلغ عدد أفرادها (71) طالبة، وتجريبية وبلغ عدد أفرادها (71) طالبة من مدرسة واحدة من مدارس محافظة جنوب الباطنة؛ جاء اختيارهن بطريقة عشوائية بسيطة، وقد تم تحديد العينتين التجريبية والضابطة داخل المدرسة بطريقة التوزيع العشوائي للمجموعات؛ فقد اختير صفان للمجموعة الضابطة وصفان للمجموعة التجريبية، من دون الاعتماد على أي معايير في تحديدهما، وحسب تكافؤ المجموعتين بتطبيق اختبار المفاهيم الفيزيائية قبل

تنفيذ الدراسة الحالية، حيث استخدم تحليل التباين المتعدد (MANOVA) ، وبلغت قيمة (ف) المحسوبة على قيمة وليكس لامبدا (0,43)، والتي تشير إلى عدم وجود فروق دالة إحصائيا بين المجموعتين الضابطة والتجريبية، عند مستوى دلالة (0,05) بين متوسطات المجموعتين الضابطة والتجريبية في التطبيق القبلي؛ ما يدل على تكافؤ المجموعتين. وللتحقق من تجانس تباين متغيرات الدراسة الحالية بين المجموعات (Variance- Homogeneity of covariance) تم استخدام اختبار Box's M لاختبار التجانس؛ فظهرت القيمة الاحتمالية لمتغير المفاهيم الفيزيائية والذي بلغ (0,47) وهي قيمة غير دالة إحصائيا عند مستوى ($\alpha \leq 0,05$) مما يشير إلى وجود تجانس داخل المجموعات.

منهج الدراسة وتصميمها

انتهجت الدراسة الحالية المنهج المختلط (المزجي)؛ فهو يجمع بين المنهجين الكمي والنوعي في دراسة واحدة (Fetters, 2020)، وقد اختير بهدف الوصول إلى نتائج أدق من خلال جمع البيانات الكمية والنوعية –معًا- في اكتساب المفاهيم الفيزيائية حيث وظفت التصميم التتابعي التفسيري (The Explanatory Sequential Design) للإجابة عن أسئلة الدراسة، وفي هذا النوع يقوم الباحث بجمع البيانات على مرحلتين؛ يبدأ في المرحلة الأولى بجمع البيانات الكمية وتحليلها، ثم يستخدم هذه البيانات لجمع البيانات النوعية، وتقوم البيانات النوعية بدور المفسر لما ورد من نتائج في مرحلة الدراسة الكمية ؛ فيستخدم الباحث الموضوعات الرئيسة (Themes) التي تنبثق من التحليل النوعي في محاولة فهم النتائج الكمية وتفسيرها (Fetters,2018) وتكمن أهمية البيانات الكمية في تقديم صورة أولية عن نتائج السؤال، إضافة إلى أنها تسهم في توجيه الباحث لاختيار العينة الملائمة لجمع البيانات النوعية، وتحديد الأسئلة المناسبة لطرحها في المقابلات التي صُممت لمجموعة أو عينة تركيز (Focus Group)؛ بهدف جمع بيانات أكثر تفصيلا عن اكتساب الطالبات للمفاهيم الفيزيائية للعينة التجريبية.

مواد الدراسة وأدواتها

أولاً: مواد الدراسة

بعد الاطلاع على الدراسات السابقة، والأدبيات المتعلقة ببيئة الواقع الافتراضي والتجارب المختلفة للدول على مستوى العالم في تفعيل المختبر الافتراضي في مجالات عدة؛ قام الباحثون بإعداد مادة الدراسة الأساسية وهي بيئة المختبر الافتراضي الغامر.

1. المختبر الافتراضي الغامر: صُمم المختبر الافتراضي الغامر للفيزياء لإجراء الاستقصاءات العلمية في بيئة افتراضية، فبلغ عددها (10) استقصاءات؛ هي المقررة للفصل الدراسي الثاني للصف التاسع الأساسي بتقنية الواقع الافتراضي الغامر باستخدام برمجيات مختصة استنادا إلى نظرية الترميز الثنائي، حيث اعتمد نموذج التصميم التعليمي (Analyse, Design, Develop, Implement, Evaluate) المختصر باسم (ADDIE)، والذي يتكون من خمس مراحل (Battle,2019).
2. دليل المعلم والدليل الإرشادي: وقد تم بناءهما بما يتناسب مع البيئة المصممة للمختبر الافتراضي الغامر لتساعد المعلم على تطبيق المختبر.

ثانيا: أدوات الدراسة

للإجابة عن أسئلة الدراسة الحالية وجمع البيانات، والتحقق من فرضياتها؛ قام الباحثون بإعداد أداتين كمية ونوعية، والتالي وصف لطريقة إعداد كل أداة وبنائها، وخصائصها السيكو مترية، وما يتعلق بتطبيقها والتعديلات التي أجريت عليها.

أولا: اختبار المفاهيم الفيزيائية

جاء هدف اختبار المفاهيم الفيزيائية لتعرف أثر استخدام المختبر الافتراضي الغامر في اكتساب الطالبات للمفاهيم الفيزيائية. ومن أجل إعداد الاختبار، وحصر المفاهيم الفيزيائية المرتبطة بالاستكشافات العلمية؛ قام الباحثون قام الباحثون بتحليل وحدات كتاب الفيزياء للصف التاسع الأساسي للفصل الدراسي الثاني، الذي اشتمل على ست وحدات (مصادر الطاقة؛ انعكاس الضوء؛ انكسار الضوء؛ العدسات المحدبة الرقيقة؛ التيار وفرق الجهد والقوة الدافعة الكهربائية؛ المقاومة). وللتأكد من صحة حصر المفاهيم الفيزيائية للوحدات المحددة في الدراسة الحالية جرت مطابقتها مع حصر أحد المشرفين التربويين -مع الباحثة الأولى – وحسبت نسبة الاتفاق فظهر بنسبة (98,72%)، وقد بلغ العدد النهائي للمفاهيم (77) مفهومًا من دون تكرار، ومن أجل إعداد اختبار شامل، عادل، متوازن؛ اتبعت الدراسة عددا من المراحل في بنائه على النحو التالي:

مرحلة بناء جدول المواصفات الخاص بالاختبار: في هذه المرحلة قام الباحثون بإعداد جدول مواصفات الاختبار بناء إلى عدد المفاهيم لكل وحدة، وتقسيم الأسئلة لكل وحدة بناء إلى المستويات المعرفية، وعرض الجدول على مجموعة من المحكمين، وعدل في ضوء ملحوظاتهم، واعتمد جدول المواصفات.

مرحلة صياغة مفردات الاختبار: استفاد الباحثون من محتوى كتابي الطالب والنشاط المقرر للصف التاسع الأساسي، إلى جانب أنهم استعانوا بقائمة المفاهيم الفيزيائية لبناء مفردات الاختبار في صورته الأولية، وقد وضعت عدد (40) مفردة موضوعية تتكون كل مفردة من أربعة بدائل مصاغة حسب الأسلوب المتبع في إعداد اختبارات كامبردج، وبمواصفات وزارة التربية والتعليم في إعداد الاختبارات.

مرحلة حساب الخصائص السيكو مترية للاختبار: تتمثل الخصائص السيكو مترية للاختبار في التأكد من صدق الاختبار وثباته في البيئة المطبق فيها، لتحقيق الهدف الذي بني لأجله، ومن أجل ذلك طُبق الاختبار على عينة من طالبات الصف التاسع الأساسي من غير عينة الدراسة الحالية عددهن (30) طالبة؛ بهدف قياس معامل الثبات ومعامل الصدق التلازمي للاختبار ومعاملات الصعوبة والتمييز

للمفردات والزمن اللازم لتطبيق الاختبار؛ ولحساب الصدق والثبات استخدمت طرائق مختلفة تضمن جودة الاختبار المعد، وضمان الخصائص المعيارية الفضلى للاختبار، وتجنب ما يمكن من مهددات صدق الاختبارات.

حساب الصدق: يعد الصدق خاصية مهمة في الاختبارات المستخدمة في الأبحاث التربوية، وتم استخدام طرق عدة للتحقق من الصدق، منها صدق المحتوى ويتمثل في نمطين منها الصدق المنطقي؛ ويندرج بناء جدول المواصفات في الاختبارات وتحكيمه تحت هذا النوع، وقد جاء تحليل الاختبار بناء إلى المفاهيم المحددة من تحليل محتوى الكتاب، ومطابقته مع جدول المواصفات الموضوع، ومستوى ارتباط مفرداته بالمحتوى والأهداف المراد قياسها، وكفاية المفردات الموضوعة لقياس الأهداف والمفاهيم، ومقارنة مفردات الاختبار بالأوزان النسبية، بالاستعانة بأحد المختصين من مشرفي الفيزياء بوزارة التربية والتعليم. أما النوع الأخر من الصدق فهو الصدق الظاهري، والذي جرى التحقق منه من خلال عرض الاختبار على مجموعة من المحكمين بلغ عددهم (19) من أعضاء هيئة التدريس في كليات التربية، ومختصّين في دائرة التقويم التربوي، وعدد من المشرفين التربويين في وزارة التربية والتعليم، ولتحقيق هدف التحكيم؛ طلب منهم إبداء آرائهم في عددٍ من المعايير؛ تمثلت في: السلامة العلمية واللغوية للمفردات، ودقة صياغتها، ومناسبة الفقرات للمرحلة العمرية للطلبة، ومناسبة البدائل الموضوعة في كل سؤال، ووضوح تعليمات الاختبار، ومناسبة الدرجات ونموذج الإجابة الموضوع. وقد تم الأخذ بعدد من التعديلات المقترحة من قِبَل المحكمين، ثم اتبعت عدد من الإجراءات بعدها لحساب الصدق والثبات.

كذلك استُخدم الصدق بدلالة المحك: فاعتمد الباحثون الصدق التلازمي Concurrent Validity؛ الذي أشار إليه بوردنس وأبووت (Bordens & Abbott, 2018) بأنه "جمع الدرجات في الاختبار المعد والاختبار المعياري في الوقت نفسه، وإثبات أن الدرجات في الاختبارين ترتبط بقوة، وطبق اختبار المفاهيم الفيزيائية على (30) طالبة، ثم أخذت درجات الاختبار التحصيلي لهذه العينة في مادة الفيزياء للفصل الدراسي الثاني، وحُسِب معامل ارتباط بيرسون بينهما؛ فأشارت قيمة معامل الارتباط إلى معامل الصدق التلازمي (التل وآخرون، 2007، ص131). وقد بلغ معامل ارتباط بيرسون (28) = 0,78، عند مستوى دلالة (0,001)؛ ما يعد دليلًا على تحقق الصدق التلازمي (Allām,2015).

وحسب صدق البناء أيضًا من خلال حساب صدق الاتساق الداخلي للاختبار بحساب معاملات ارتباط بيرسون بين المحاور للمستويات المعرفية (المعرفة، والتطبيق، والاستدلال) ودرجة الاختبار (0,959، 0,974، 0,939) مرتبةً مما يشير إلى أن المستويات جميعها التي تضمنها الاختبار ارتبطت بالدرجة الكلية له ارتباطًا دالا إحصائيا عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0,01$)؛ وهذا مؤشر لصدق الاختبار.

ثبات الاختبار: تم تطبيق الاختبار مرتين متتاليتين على عينة من خارج عينة الدراسة الحالية بفاصل زمني يقارب أربعة أسابيع للتأكد من ثبات الاختبار، وصحح الاختبار باستخدام برنامج ZIPGRADE للتصحيح الإلكتروني، https://www.zipgrade.com؛ لتسهيل عملية التصحيح وضمان الدقة، وقد وضعت للإجابة الصحيحة درجة وللإجابة الخطأ صفر، وقد بلغ متوسط معامل (Cronbach's alpha) للتطبيقين (0,93)؛ ما يدل على أن الاختبار على درجة عالية من الثبات (Taber, 2018)، ومعامل ارتباط بيرسون (0,975)، وتعد هذه المعاملات مناسبة لأغراض الدراسة الحالية لدلالتها الإحصائية.

ثانيا: مقابلات التركيز

إجراء المقابلات: أجريت مقابلات مجموعات التركيز Focus Group، التي هي مجموعات تشمل عددا من الأفراد يمثلون عينة البحث؛ فهي تحاول "تجميع فهم مشترك من عدد من الأفراد، إلى جانب الحصول على وجهات نظر من أناس معينين" (Creswell, 2014, p.217)، واشتملت عينة التركيز على(25) طالبة من العينة التجريبية؛ فقد كان اختيارهن بمساعدة المعلمة المتعاونة بطريقة قصدية، من أجل تحقيق هدف المقابلات في الدراسة الحالية، وقد اختيرت من لديهن مهارات التعبير والطلاقة اللغوية في الحديث والإجابة عن الأسئلة، وممن حصلن على أعلى الدرجات في اختبار المفاهيم الفيزيائية، وقد قسمت العينة بالتساوي على (5) مجموعات تركيز. ونفذت المقابلات خلال مدة تتراوح بين (40 إلى50) دقيقة لكل مجموعة؛ فقد أجريت على مدار ثلاثة أيام حسب الوقت المتاح للطالبات والمعلمة والباحثة الأولى، وحللت بيانات المقابلات بطريقتي التكميم لحصر المفاهيم، وطريقة التحليل الموضوعي للعوامل التي أسهمت في اكتسابها؛ في حين لم ينفذ ما يتعلق بالجزء الأول من المقابلة، فقد كان يهدف إلى تهيئة الطالبات للمقابلات فقط.

تم ترميز طالبات العينة بهدف تسهيل الإشارة لهن في الاقتباسات، وتحقيقا لخصوصية الطالبات المشاركات عند الإشارة إليهن في النتائج، وعرض الأمثلة على أقوالهن وممارساتهن التي لها صلة بالمتغيرات المدروسة، وللتأكد من سلامة التفريغ؛ تم مراجعة جزء من التفريغ من قبل المعلمة الأولى (حاصلة على ماجستير)؛ ثم قامت الباحثة الأولى بتحليل البيانات (استجابات الطالبات) باستخدام طريقتي تكميم البيانات النوعية (quantizing narrative data) ، وطريقة التحليل الموضوعي (Thematic Analysis) الذي يعتمد إلى التحليل الرمزي، ويساعد أسلوب التحليل الموضوعي (Thematic analysis) المقترح من بروان وكلارك (Braun & Clarke, 2013)؛ في تقديم تفسير للظواهر من خلال البحث عن المعاني أو الموضوعات المتكررة في البيانات النوعية (Xu & Zammit, 2020)، وقد اعتمد إلى استخدام التحليل الاستنباطي (Inductive coding) الذي تحدد فيه الرموز من البيانات الكمية؛ فيبدأ ببناء مصفوفة التحليل ثم الانتقال إلى ترميز البيانات، حيث اعتمد هذا المدخل لأن متغيرات البحث الحالي قائمة إلى مسلمات اتضحت من خلال المعالجة الإحصائية الكمية للجزء الكمي؛ وذلك لأن

الدراسة الحالية تقوم في أساسها إلى بيانات كمية، في حين أن البيانات النوعية مثلت دورا ثانويا. ولتسهيل عرض بيانات المقابلات وتصنيفها إلى موضوعات بعد تحليلها؛ اتبع الباحثون توصيف ميلزوهوبيرمان (Miles & Huberman, 1994) في إنشاء مصفوفة تأثيرات تسهل عملية عرض البيانات، وتنظيمها بناء إلى الموضوع، وتفسيرها والتوصل إلى الاستنتاجات، وتتكوّن هذه المصفوفة من ثلاثة أجزاء رئيسة؛ هي: تنظيم بيانات المقابلات، وتفسير التأثيرات، والتوصل إلى الاستنتاجات. الاستنتاجات.

وضعت مجموعة من الأسئلة مفتوحة النهاية في المقابلات؛ بهدف جمع بيانات نوعية، واعتمد في بنائها على النتائج الكمية للاختبارات بعد تحليلها؛ بهدف وضع أسئلة تسهم في إثراء النتائج الكمية وتفسيرها، وتكونت بطاقة أسئلة المقابلات من جزأين هما:

الجزء الأول الاستفتاح: ركزت الأسئلة فيه على التعريف بالباحثة الرئيسية أو الأولى، وتحديد أهداف المقابلة ومعاييرها وقواعدها، وأسئلة على المختبر الافتراضي الغامر والتجارب التي مارستها الطالبات، وذكر الإيجابيات والمشكلات التي واجهتها في تنفيذ التجارب؛ فقد كان الهدف من هذا الجزء هو تكوين فكرة عامة بشأن آراء الطالبات عن المختبر الافتراضي الغامر، ودمج الطالبات في المقابلة وتهيئتهن للمحور الثاني.

أما الجزء الثاني فقد تكون من سؤالين رئيسين:

السؤال الأول: مستوى تأثير المختبر الافتراضي الغامر في تنمية المفاهيم لدى الطالبات من خلال حصر المفاهيم؛ فقد استخدم أسلوب التحفيز بعده طريقة من طرائق الإسقاط " اختبار تداعي الكلمات "Word Association Technique"، وهي إحدى طرائق الإسقاط التي يجري فيها تحفيز الأفراد على إسقاط شعورهم أو معتقداتهم أو معارفهم على موضوع معين، ويكون الباحث هو المحفز باستخدام بعض الكلمات أو المواقف؛ فلا يطلب منهم إجابات محددة بل ذكر ما يتبادر في أذهانهم من أفكار عند سماعهم للكلمة المعطاة لهم (Al-Wadi & Al-Zoubi, 2011)، واستخدمت الطريقة الشفهية (Oral Word Association) في الدراسة الحالية لتحفيز الطالبات على سرد المفاهيم التي ترتبط بالاستقصاء التحفيزي، وقد استخدمت هذه الطريقة في دراسة (Yildirir & Demirkol, 2018) وقد مثلت هذه الطريقة وسيلة لحصر المفاهيم التي اكتسبتها الطالبات في كل استقصاء، وقد حللت بالتكميم.

أما السؤال الثاني: المتعلق بالعوامل التي ساعدت في اكتسابها من وجهات نظرهن، وقد طرحت الأسئلة المباشرة على الطالبات لجمع البيانات عن هذه العوامل، وحللت باستخدام التحليل الموضوعي.

وقد بدأت الباحثة الأولى بتنظيم البيانات التي تشتمل على الموضوعات الرئيسة وعدد المستجيبين الذين أشاروا إليها وأمثلة مقتبسة، ثم قامت بتفريغها، وتم تنظيم البيانات وفقًا لاستجابات الطالبات للعوامل التي ساعدتهم في اكتساب المفاهيم، وقد انبثقت ثلاث موضوعات رئيسة (Themes) فور الانتهاء من تنظيم البيانات وعرضها في فصل النتائج.

المصداقية والموثوقية: للوصول لأعلى قدر من الموثوقية والمصداقية عرضت بطاقة أسئلة المقابلات مبدئيا على عدد (6) من الخبراء للتأكد من السلامة اللغوية، ثم جربت الأسئلة استطلاعيًا على عينة مكونة من (4) طالبات لها خصائص مشابهة لعينة الدراسة الحالية؛ من حيث: العمر، والمرحلة الدراسية، كما تعددت الأدوات المستخدمة لجمع البيانات، وكانت مدة مكوث الباحثة الأولى في المدرسة كافية لجمع البيانات لتحقيق الموثوقية، والتأكد من ثبات عملية ترميز المقابلات بإعادته بعد مرور خمسة أسابيع.

اعتبارات أخلاقية: استوجبت الدراسة الحالية جمع البيانات باستخدام المقابلات لعينة محددة من المجموعة التجريبية، وقد سعى الباحثون لأخذ موافقة أولياء أمور الطالبات المشاركات بعدهن أقل من 16سنة باستخدام استمارة طلب الموافقة المعدة من قبل المدرسة بالتعاون مع الباحثين، ومن أجل ضمان إمكانية إتاحة النتائج في حال الحاجة إليها، التي أشار إليها (Glesene, 2016)، علاوة على أخذ موافقة أولياء أمور الطالبات المشاركات جميعهم في البحث من أجل التصوير والنشر والتوثيق.

حدود الدراسة

حدود مكانية: طبقت الدراسة الحالية على طالبات الصف التاسع من مدرسة خولة بنت ثعلبة في محافظة جنوب الباطنة في سلطنة عُمَان.

حدود زمانية: تم تطبيق الدراسة الحاليَّة في الفصل الدراسي الثاني من العام الدراسي (2022/ 2023م).

نتائج الدراسة، ومناقشتها

للإجابة عن السؤال الأول "ما أثر استخدام المختبر الافتراضي الغامر (IVRL) في إكساب طالبات الصف التاسع الأساسي المفاهيم الفيزيائية حسب المستويات المعرفية في مادة الفيزياء؟" واختبار الفرضية الخاصة به حسبت المتوسطات الحسابية العامة لأداء طالبات المجموعتين؛ لاختبار المفاهيم البعدية، وإيجاد الانحرافات المعيارية لها؛ والتي أظهرت وجود فروق ظاهرية في متوسطات أداء طالبات المجموعتين التجريبية والضابطة في اختبار المفاهيم الفيزيائية ككل، إضافة إلى أنه توجد فروق ظاهرية في المتوسطات لكل مستوى من المستويات المعرفية الثلاثة، ولمعرفة الدلالة الإحصائية لتلك الفروق في اختبار المفاهيم والمستويات الثلاثة؛ استخدم تحليل التباين المتعدد (MANOVA) بعد التحقق من شروط تطبيقه جدول 1.

جدول 1: نتائج تحليل التباين المتعدد (MANOVA) طبقًا لقيم "ف" المحسوبة على قِيَم ويلكس لامبدا (Wilks'Lambda) في التطبيق البعدي لاختبار المفاهيم الفيزيائية.

مصدر التَّبَاين	قيمة Wilks'Lambda	قيمة"ف" المحسوبة	درجة الحرية	درجة حرية الخطأ	القيمة الاحتمالية
المجموعة	0,86	*5,70	4	137	0,001

*دال عند مستوى ($\alpha \leq 0,05$)

يتضح من الجدول (1) أَنَّ قيمة (ف) المحسوبة على قيمة وليكس لامبدا (5,70) تشير إلى وجود فرق دال إحصائيًا بين المجموعتين الضابطة والتجريبية عند مستوى $0,05 \geq (\alpha)$، ولتحديد دلالة الفروق تم الرجوع إلى نتائج تحليل التباين أحادي التَّغيير (Univariate Analysis)؛ كما هو مبين في جدول 2.

جدول 2: نتائج تحليل التباين أحادي التغيير (Univariate Analysis) لأداء الطالبات للمجموعتين في التطبيق البعدي لاختبار المفاهيم لكل مستوى والاختبار ككل.

مصدر التَّبَاين	المستوى المعرفي	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة (ف) المحسوبة	القيمة الاحتمالية	حجم الأثر (η^2)
المجموعة	المعرفة	144,00	1	144,00	*14,94	0,001	**0,096
	التطبيق	89,92	1	89,92	*9,40	0,003	**0,063
	الاستدلال	58,32	1	58,32	*12,93	0,001	**0,085
	الكلي	985,04	1	985,04	*17,53	0,001	**0,110
الخطأ	المعرفة	1349,47	140	9,64			
	التطبيق	1339,78	140	9,57			
	الاستدلال	631,55	140	4,51			
	الكلي	7864,93	140	56,18			
المجموع	المعرفة	171,7.0	142				
	التطبيق	7639,0	142				
	الاستدلال	2751,0	142				
	الكلي	77490,0	142				

*دال عند مستوى دلالة $0,05 \geq (\alpha)$ ** يعد حجم الأثر صغيراً إذا كان مربع إيتا ($\eta^2 \leq 0.06$) لقياس حجم التأثير، ويكون متوسطًا إذا كانت قيمة مربع إيتا ($0. 14 > \eta^2 > 0,06$)؛ في حين يعد حجم الأثر كبيراً إذا كانت قيمة مربع إيتا ($\eta^2 \geq 0.14$) (Cohen,1988).

يلخص جدول 2 نتائج تحليل التباين أحادي التَّغيير لمعرفة الفروق في كل من المستويات المعرفية الثلاثة والاختبار ككل؛ فيتضح من النتائج أن قيمة (ف) المحسوبة تشير إلى وجود فروق دالة إحصائيا عند مستوى $0,05 \geq (\alpha)$ للمستويات المعرفية جميعها والاختبار ككل؛ لصالح المجموعة التجريبية. كذلك أظهرت النتائج أن المختبر الافتراضي الغامر أثَّر بدرجة متوسطة وفقًا لتصنيف كوهين (Cohen, 1988) في إكساب الطالبات المفاهيم الفيزيائية (تراوح بين 0,063و 0,085). وبناءً على النتائج السابقة يتضح بشكل عام أن أداء طالبات المجموعة التجريبية في اختبار المفاهيم يعد أفضل من أداء طالبات المجموعة الضابطة؛ ما يوصلنا إلى رفض الفرضية الصفرية المنبثقة من السؤال الأول، وتقبل الفرضية البديلة.وللإجابة عن السؤالين الثاني والثالث في الدراسة الحالية اللذين نصا على:

السؤال الثاني: كيف يساعد المختبر الافتراضي الغامر في إكساب طالبات الصف التاسع الأساسي المفاهيم الفيزيائية؟

السؤال الثالث: إلى أي مدى تتفق النتائج الكمية مع بيانات المقابلات النوعية لاكتساب طالبات الصف التاسع الأساسي المفاهيم الفيزيائية؟

حللت مقابلات مجموعات التركيز التي هدفت إلى دعم النتائج الكمية التي قدمها التحليل الكمي لاختبار المفاهيم الفيزيائية، وتفسيرها من خلال عمل روابط بينها والنتائج النوعية؛ لتقدم تفسيراً واقعياً وفهماً أفضل للنتائج. وقد قدم السؤال الأول في المقابلات بهدف الكشف عن عدد المفاهيم التي اكتسبتها الطالبات في المجموعة

التجريبية؛ من خلال سردهن لها بعد عرض أهداف الاستقصاءات (التحفيز) تباعًا عليهن، وتُسمى هذه الطريقة بـ"اختبار تداعي الكلمات (Word Association Technique)"، بعد ذلك حصرت المفاهيم من حديث الطالبات، بعد تفريغها؛ باستخدام خاصية التعليقات في برنامج Microsoft Word ، ثم تحليلها بطريقة تكميم البيانات Quantizing Analysis، ويوضح شكل 1 مثال لطريقة التكميم.

حيث تم حصر المفاهيم التي قامت بسردها الطالبات أثناء المقابلة من خلال ربط المفهوم بالاستقصاء الذي يتنمي إليه، حيث استعان الباحثون بخاصية التعليقات في برنامج microsof word، ثم تحليلها بطريقة تكميم البيانات.

وقد حصرت المفاهيم المسرودة جميعها تبعًا للاستقصاء وحساب النسبة المئوية للمفاهيم المسرودة، ويوضح جدول 3 النسبة المئوية للمفاهيم المسرودة جميعها بعد تكميمها.

جدول 3: النسب المئوية للمفاهيم المكتسبة لكل استقصاء حسب المجموعات.

رقم الاستقصاء	العدد الكلي للمفاهيم المرتبطة بالاستقصاء	نسبة المفاهيم المسرودة لكل مجموعة تركيز									
		G1		G2		G3		G4		G5	
		العدد	النسبة%	العدد	النسبة%	العدد	النسبة%	العدد	النسبة%	العدد	النسبة%
1	9	7	%77.8	6	%66,7	6	%66,7	5	%55,6	8	%88,9
2	10	8	%80	9	%90	8	%80	9	%90	9	%90
3	7	7	%100	6	%85,7	7	%100	7	%100	7	%100
4	5	5	%100	4	%80	4	%80	2	%40	5	%100
5	7	6	%85,7	6	%85,7	5	%71,4	5	%71,4	5	%71,4
6	9	7	%77,8	7	%77,8	9	%100	5	%55,6	8	%88,9
7	8	6	%75	8	%100	7	%87,5	6	%75	7	%87,6
8	7	5	%71.4	6	%85,7	5	%71,4	7	%100	7	%100
9	6	5	%83,3	4	%66,7	4	%66,7	4	%66.7	5	%83,3
10	9	8	%88,9	9	%100	6	%66,7	6	%66,7	8	%88,9
المجموع	77	64	%83,1	65	%84,4	61	%79,2	56	%72,7	69	%89,6

يكشف جدول 3 عن النسبة المئوية الكلية للمفاهيم المسرودة لكل مجموعة تركيز؛ فقد تراوحت النسبة المئوية للمفاهيم المسرودة بين (72,7%- 89,6%)، وتعبر النسب بشكل عام عن مستوى عالٍ لاكتساب الطالبات للمفاهيم الفيزيائية؛ بطريقة تدعم نتائج اختبار اكتساب المفاهيم الفيزيائية.

وقد جاءت نتائج السؤال الأول من أسئلة المقابلات في مجموعات التركيز داعمةً ومؤكدة لنتائج تحليل اختبار المفاهيم؛ في أن المختبر الافتراضي الغامر ساعد بشكل واضح في اكتساب الطالبات للمفاهيم الفيزيائية والاحتفاظ بها؛ ما يؤكد أن نتائج الاختبار كانت صادقة، ولم تكن بسبب التخمين أو العشوائية في اختيار الإجابات، أو أي عوامل أخرى قد تكون أثرت في نتائج الدراسة الكمية. أما سؤال المقابلة الثاني؛ فقد هدف إلى استيضاح الأسباب والعوامل التي أسهمت في اكتساب الطالبات للمفاهيم الفيزيائية من خلال المختبر الافتراضي الغامر، وتلخص السؤال الرئيس للمقابلة في الآتي:

"لقد كشفت نتائج الدراسة الكمية (اختبار المفاهيم الفيزيائية) عن وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين طلبة المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في اكتسابهن للمفاهيم الفيزيائية؛ ما يعني أنكن بصفتكن طالبات مثلتن المجموعة التجريبية كانت درجة اكتسابكن للمفاهيم الفيزيائية أعلى." "في رأيكن ما العوامل التي ساعدتكن في اكتساب المفاهيم الفيزيائية؛ من خلال ممارسة التجارب باستخدام الواقع الافتراضي الغامر، عوضًا عن إجراء التجارب بالطريقة الاعتيادية؟"

وقد جرت الاستفادة من الترميزات لعرضها في جدول الموضوعات الأساسية، التي استخلصت من المقابلات باعتبارها مصفوفة تأثيرات، فقد نظمت البيانات؛ وفقًا لاستجابات الطالبات للعوامل التي يعزى لها تأثير المختبر الافتراضي الغامر في اكتساب المفاهيم والأمثلة المقتبسة من المقابلات لكل عامل، ويوضح جدول 4 مثال للمصفوفة لأحد العوامل فقط.

جدول 4: مصفوفة التأثيرات (ميلزوهوبيرمان) لتنظيم استجابات الطالبات.

الموضوعات الرئيسة	الموضوعات الفرعية	تصنيف الطلبة حسب الاستجابات	مثال مقتبس
تصميم بيئة المختبر	* الإحساس بالوجود داخل المختبر *القدرة على التفاعل مع الأدوات * التعليمات والصوت ينبهان بالخطوات وتنفيذها *الأدوات كلها مكتوب عليها تسمياتها؛ تكامل (اللفظ+ الصورة)	(16) من الطالبات من وصفن أن بيئة المختبر الافتراضي وتصميمها ومحاكاتها للواقع؛ تعد العامل الرئيس لاكتساب المفاهيم (تجسيد المفاهيم ورؤيتها بشكل واضح). (6) من الطالبات من أشرن إلى أن الانغماس في المشاعر والحواس كان له أثره، ولا تُوجد أي مشتتات أو أصوات خارجية كما هو في المختبر التقليدي. (3) من الطالبات من ركزن على التعليق الصوتي في البيئة وظهور الخطوات على السبورة بعده أحد الأسباب.	**G5S2** "شعرت بأنني أقرب لهذا المختبر من المختبر الحقيقي؛ قدرت حقيقياً فيه أَلْمَس الأدوات وأقوم بجميع العمليات الرياضية وإيجاد العلاقات بينها، ولا نعتمد في تنفيذ التجارب على الحفظ، كما كنت قبل ذلك، حيث أن الخطوات والتعليمات وأسماء الأدوات وكل المصطلحات تظهر على السبورة والأشياء في الواقع الافتراضي ساعدتني جداً".

الاستنتاجات وخلط البيانات النوعية والكمية (QUAN-QUAL)

قدمت البيانات المتمثلة في الموضوعات الرئيسة الثلاثة المنبثقة من المقابلات النوعية (مجموعات التركيز)، إلى جانب نتائج اختبار اكتساب المفاهيم الفيزيائية؛ تفسيراً معقولاً لتأثير المختبر الافتراضي الغامر في اكتساب الطالبات للمفاهيم، التي أوضحتها التحليلات الكمية، فقد أظهرت أن اكتساب أفراد المجموعة التجريبية للمفاهيم الفيزيائية؛ كان أفضل من اكتساب المفاهيم عند أفراد المجموعة الضابطة. وقد اتفقت هذه النتيجة مع نتائج دراسة كل آريستا وكوانتو (Arista & Kuswanto, 2018)، ودراسة(Georgiou et al.,2021; Tsivitandou et al., 2021) ؛ في زيادة اكتساب الطلبة للمفاهيم باستخدام المختبرات الافتراضية، إضافة إلى أنها تتفق جزئياً مع دراسة كل من فالوون (Falloon, 2019)؛ التي أوضحت كل منهما أن اكتساب الطلبة للمفاهيم المتعلقة بالدوائر الكهربائية ووحدات الكهرباء في الفيزياء على التوالي زاد باستخدام المختبر الافتراضي، ونتيجة دراسة (Hermansyah et al., 2019)؛ أن للمختبرات الافتراضية دوراً فعالًا في تنمية المفاهيم الأساسية والفرعية في وحدة الحرارة في الفيزياء.

تفسير التأثيرات (العوامل التي ساعدت في اكتساب المفاهيم)

استكشفت المرحلة النوعية في الدراسة الحالية عوامل تأثير المختبر الافتراضي الغامر في إكساب الطالبات المفاهيم الفيزيائية من خلال تحليل الموضوعات؛ التي قدمت تفسيراً لعوامل اكتساب المفاهيم الفيزيائية في المجموعة التجريبية، والذي تفردت به الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة، والتالي عرض للعوامل المستخلصة وتفسيراتها:

- الدور الإيجابي الذي تقوم به الطالبات في تنفيذ الاستقصاءات العلمية في المختبر الافتراضي الغامر الذي مكنهن من أداء التجارب بشكل فردي مستقل؛ فقد وفر المختبر الغامر فرصا للطالبات لتطبيق المفاهيم العلمية الموجودة لديهن، واكتشاف المفاهيم الجديدة باتباع الطريقة الاستقرائية، فيستخدمن مهاراتهن العقلية في اكتشاف المفاهيم أو المبادئ بدلًا من إخبارهن بها، وهذا ما أشار إليه النجدي (Al-Najdi, 2003)باعتباره أحد إيجابيات المختبرات الافتراضية؛ التي تسهم في بناء المفاهيم العلمية عند الطلبة. وتتفق هذه النتيجة مع دراسة الراضي(Al-Radhi, 2008) ؛ التي أكد فيها أن المختبرات الافتراضية تنقل الطالب من الدور السلبي إلى الدور الإيجابي في العمل المخبري ليصبح لها دور فعال في تحسين قدراتهم في التعلم؛ ما يكسبهم المعارف بشكل أفضل، وذلك من خلال قيامهم بالتجارب العلمية الافتراضية التي تحاكي الواقع؛ لتساعدهم في بناء المفاهيم العلمية بشكل واضح، حيث تتيح المختبرات الافتراضية للطلبة اتباع أساليب وطرائق مختلفة ليصلوا إلى نتيجة واحدة هادفة في اكتساب معارفهم بأنفسهم؛ ما يدفع بمستويات دافعيتهم واندماجهم في التعلم، إضافة إلى أنه يزيد مستويات تحصيلهم للمفاهيم.

وفي السياق ذاته أكدت طحاينة (Thaynh, 2008) أن أفضل الطرق لاكتساب المعارف في العلوم هي وضع الطالب في موقف التجريب؛ ليجرب بنفسه ليكتشف ما يسعى للوصول إليه، ويحقق هدف تعلمه بشكل إيجابي؛ ما يتفق مع مبادئ التعلم التجريبي عند جون ديوي، الذي استند إليه تصميم المختبر الافتراضي الغامر، والتي أكد فيها أن التعلم يقترن بالتجربة وليس التلقين (Chen, 2006)، فيكون الطالب صانعا لمعرفته ومنتجا لها؛ ما يزيد التعزيز الداخلي لديه، فيصل إلى مفهوم لم يسبق له معرفته ويحتفظ به لمدة طويلة (Domínguez et al., 2018) . ويتضح من حديث إحدى الطالبات دور المختبر الافتراضي الغامر في تنفيذ التجارب، وتحمل مسؤولية تعلمهن، وتشجيعهن على البحث عن كيفية تنفيذ التجارب قبل البدء بتنفيذها فيه؛ الذي كان عاملًا إيجابيًا لاكتساب المفاهيم الفيزيائية.

الطالبة G5S3" في المختبر الافتراضي الغامر: أَضطر إلى أداء التجربة بنفسي بكل خطواتها، باتبَاع التعليمات الموجودة داخل البيئة؛ ما ساعدني على التركيز في كل الخطوات، وعدم الشرود مثلما يحدث

في المختبر العادي أو الحصص العادية؛ إذ قد يشرد الطالب أحيانا أو يترك العمل لزملائه أو المعلم ليقوموا به، فلا يمارس التجارب بنفسه، ولا يكتسب المفاهيم، أو يكتسبها ممكن بس هو ما عارف ما معناها بس فهالمختبر لا.. الأمر حقيقي غير".

وتحقيقًا لرغبة الطالب في التعلم بنفسه، واكتساب معرفته ذاتيًا من خلال الاستقصاء والاستكشاف يمكن أن يكون سببًا لزيادة اكتسابهم للمفاهيم؛ فقد وفر المختبر الغامر جوًا إيجابيًا معززًا زاد حماسهن في تطبيق التجارب، وجذب اهتمامهن لكونه مختبراً يستخدم تقنية جديدة زادت فضول تجربته لديهن، ويأتي هذا متفقًا مع ما أشارت إليه هورلوك (Horlock, 2020.P.34) من "أن الطلبة في الوقت الحالي يجدون التعليم أكثر متعة من خلال التكنولوجيا" وقد أكدت إيلمي وآخرون (Elme et al., 2022) في دراستهم لفاعلية الواقع الافتراضي الغامر في تحسين مخرجات تعلم العلوم باعتباره وسيطًا ممتازًا؛ أنه ساعد الطلبة في اكتساب المعارف وتحسينها بشكل واضح. وجاء هذا السياق أيضًا متفقًا مع كل من الدراسات (Mayer & Estrella, 2014; Um et al., 2012) في أن استخدام الواقع الافتراضي الغامر يحقق مخرجات التعلم بشكل إيجابي من خلال تحفيز الطلبة في التعامل مع هذه التقنية.

- تصميم المختبر الافتراضي الغامر شكل عاملاً أساسيا في اكتساب المفاهيم الفيزيائية؛ فقد منح الطالبات شعوراً تامًا بوجودهن داخل المختبر والانغماس، كما مكنهن من التفاعل مع الخطوات والأدوات وحملها وتحريكها، وتتفق هذه النتيجة مع (Elme et al, 2020) ؛ فقد أكد أنه كلما زادت الحواس المستخدمة في التعلم، فأن تخزين المعلومات يكون أكثر فاعلية، وقد وضح بيتيرسون وآخرون (Petersen et al, 2022) دور الغمر والتفاعل في تحسين التعلم ومخرجاته. وفسر الباحثون هذا العامل أيضًا من خلال تحليل حديث الطالبات في المقابلة بشأن تصميم المختبر الافتراضي الغامر، وتفاعلهن داخله، ووجود معظم المفاهيم بشكل صوري بالإضافة إلى اللفظي؛ الأمر الذي وصفته الطالبات أنه كان من أكثر العوامل التي ساعدتهن على استيعاب المفاهيم، ومثال ذلك حديث الطالبة عن تجربة الانكسار؛ التالي:

الطالبة G3S1: : "لمست شعاع الليزر وحدي وغيَّرت الزوايا لأحصل على زوايا سقوط وانكسار مختلفة؛ كان الأمر جداً جميل، أول مرة أفهم أيش يعني شعاع ساقط، تتخيَلي!! كذلك فهمت الفرق بين زاوية السقوط والانكسار وكيف تختلف عن الانعكاس، استطعت أن أراها بشكل واضح وأحسبها بسهولة..... طبعًا ما وحدي كنت أَحسِب بس كنت أستخدم المعادلة في سبورة المختبر الافتراضي الغامر؛ وهذا أتوقَّع وحده سبب ساعدنا نحفظ القوانين، كانت ثابتة على السبورة في المختبر الافتراضي وبقيت في أذهاننا كأنه نشوفها قدامنا، بالتالي كنا نحصل على نتائج دقيقة جداً فنحن لسنا بحاجة للتخمين وهذا حقيقة لم نراه حتى في المختبر الحقيقي ".

وأشارت طالبة أخرىG4S4 إلى الشعور داخل المختبر الافتراضي: " أظن أن هذا المختبر أقرب لجيلنا ولنا؛ نستطيع فيه القيام بكل شيء والإحساس بوجودنا داخله ولمس أدواته، ومن الأشياء المختلفة اللي ما شفتها قبل أن اسم كل أداة كان مكتوب فوقها وهذا سهل عليّ معرفتها بسهولة وتمييزها يعني حتى في الاختبار لما كنت أحل مسألة وأقرأ كلمة أميتر وفولتميتر وإلا حتى قانون الانعكاس مباشرة ذهني يتخيل الصور اللي فالمختبر ".

ويعد هذا العامل سببا واضحا في زيادة اكتساب المفاهيم عند الطالبات؛ فقد اتفقت هذه النتيجة مع عدد من الدراسات التي أكدت أن استدعاء الصور الذهنية أكثر فاعلية من ذاكرة الكلمات (Mayer, 2019; Parong & Mayer, 2021)، كذلك أكد كل من (Butcher, 2014; Sanchez-Sepulveda et al., 2019) أن وجود الصور مع اللفظ يُسهم في اكتساب المعرفة وبقائها بشكل أفضل في أذهان الطلبة. ويعزو الباحثون أيضًا ذلك بالاستناد إلى مبادئ نظرية الترميز المزدوج "Dual coding Theory" التي ترى أن الذاكرة تتكون من نظامين معرفيين منفصلين؛ لكنهما مترابطان لترميز المعلومات وتمثيلها ومعالجتها هما النظام اللفظي والنظام الصوري. وقد فسر بافيو- أحد روَّاد هذه النظرية- ذلك أن الذاكرة تعمل روابط داخلية بين الصورة واللفظ المرتبط بها؛ لتحتفظ بالمعنى أو المفهوم أو شكل المعروض أمامها، ما يزيد فاعلية تذكرها له , Paivio & Clark) 2006).

- فرصة تكرار التجارب من دون قلق من تلف الأدوات وعدم ارتباطها بزمن محدد، فقصر الوقت اللازم لكل تجربة ساعد الطالبات في استثمار الوقت اللازم لإجراء التجارب العملية الافتراضية، إلى جانب أنه أتاح فرصة تكرار التجربة الواحدة مرات عدة. واتفق ذلك مع دراسة قحم (Gahm, 2020) التي وضح فيها أن من ميزات المختبرات الافتراضية أنها تتيح إمكان تكرار التعلم في أي وقت. وقد لاحظ الباحثون في مدة التطبيق أن قصر وقت تنفيذ التجارب داخل المختبر الافتراضي الغامر قد سمح للطالبات بإعادة التجارب أكثر من مرة واحدة، وصل في بعض الأحيان إلى ثلاث مرات؛ ما كان له دور مهم في زيادة فرصة التعرض للمفهوم الواحد، وسهولة حفظه وتذكره، ويتفق ذلك مع ما أشار إليه العتوم (Al-Atum, 2014) في أن الممارسة هي أحد أساليب التذكر وزيادة فاعليته، فتكرار التجربة العلمية وممارستها أكثر من مرة؛ يعطي فرصة للطالب في زيادة تذكره للمفاهيم المرتبطة بتلك التجربة، وقد أكد (Eitel, 2016) في دراسته أن التكرار ساعد في اكتساب المعرفة، مع اختلاف الوسائط المستخدمة في تقديمها؛ وهذا ما اتضح أيضًا خلال حديث الطالبات في مجموعات التركيز.

الطالبة G1S5: "في درس الكفاءة بعدما خلصت من تنفيذ التجربة في المختبر الغامر وكنت كم مرة أحاول-كانت شوي صعبة فيها كم توصيلة مختلفة للدوائر- فتحت علشان أفهم فكرة قانون الكفاءة وأعرف أطبقه، ولما خلصوا كل البنات مطبقين طلبت من الأستاذة تسمح لي أعيدها مرة، يعني كانت المرة الثانية بالنسبة لي مختلفة لأني قدرت أَن أفهم المطلوب بشكل واضح ومنها، وثبت معي ما المقصود بالكفاءة وكيف طريقة حسابها".

الطالبة G5S4: "في تجربة حساب الكفاءة أعدت التجربة ثلاث مرات لدرجة إني قادرة الحين أتذكر كل الأدوات حتى القانون والاستنتاج حفظتهن تقريباً، يعني التجربة بس 3 دقائق وتخلص، أبداً ما تأخذ وقت فنتحمس نعيدها ونستمتع بتجربتها في النظارة".

ويمكن عزو هذه النتيجة أيضاً إلى أن المختبر الافتراضي الغامر، في تصميمه للتجارب، وضع مدى لتنفيذ كل تجربة داخله، تراوحت بين (5 – 7) دقائق؛ ما أتاح للطالبات في المجموعة الواحدة تكرار التجربة الواحدة على الأقل مرتين، بالإضافة إلى أن الطالبات في حصص الاحتياط أو الفسحة كن يذهبن للمختبر ويطلبن من الباحثة الأولى التجريب. ومن هذا المنطلق يمكن التوصل إلى أن العوامل السابقة جميعها قدمت الأسباب والتفسيرات التي أسهمت في اكتساب الطالبات للمفاهيم الفيزيائية خلال تنفيذ التجارب في المختبر الافتراضي الغامر؛ وقد لخص الباحثون هذه العوامل في شكل 2.

شكل2: العوامل التي يعزى لها دور المختبر الافتراضي الغامر في اكتساب المفاهيم الفيزيائية.

المفاهيم.

توصيات الدراسة

في ضوء نتائج الدراسة الحالية وتفسيراتها، التي قد تُسهِم في تحسين توظيف المختبرات الافتراضية في تعليم العلوم؛ فأنه يمكن التوصية بالتالي:

- الاستفادة من المختبر الافتراضي الغامر المصمم في الدراسة الحالية كونه من أوائل المختبرات الافتراضية الغامرة- ومصمماً باللغة العربية، وتوسيع تطبيقه على الصفوف الأخرى في اكتساب المفاهيم العلمية بشكل عام.
- الاستفادة من نظرية الترميز المزدوج في دمج اللفظ والصورة في استراتيجيات تدريس العلوم وتصميمها؛ الذي أثبت فاعليته في اكتساب

References

Aḥmad, Ilham (2022). Types of linguistic hybridization on social media sites based on Dual Coding Theory. Al- Egyptian journal of media research, (81), 285-332. https://doi.org/10.21608/ejsc.2022.271794

Al-Atum, Adnan (2014). Developing thinking skills: theoretical and practical models, Dar al-Masirah for Publishing and Distribution.

Al-Ḥazimi, Du'aa & jan, Khadijah. (2016). The Effective of Using virtual lab is in teaching the female students of the 2nd secondary class a unit of physics curriculum in relation to scholastic achievement. Al-Azhar Journal of Education (AJED), 168 (1), 879-908. https://doi.org/10.21608/JSREP.2016.31644

Al-Raḍi, Aḥmad (2008). The effect of using virtual laboratory technology on the achievement of third-year secondary school students in the chemistry course in the Qassim educational region [Unpublished master's thesis]. Al-Malik Sa'ud university.

Al-Riyamia, Basma & Al-Najjar, Noor (2020). The Effectiveness of Using Virtual Reality on the Development of Achievement and Visual Thinking Skills among the Tenth Grade Students in the Sultanate of Oman. The Educational Journal, 35 (137), 291-337.

Al-Sa'di, A. A. (2011). The effectiveness of the three-dimensional virtual science laboratory in the collection of abstract physical concepts and the development of the attitude towards conducting virtual experiments among secondary school students. Asyuaṭ University, 27 (2) 448-497.

Al-shregee, S. (2019). Obstacles of using the science lab from the point of view of the science teachers of the high basic stag in Mafraq directorate, Journal of Educational and Psychological Sciences, 3(29),72-86.

Alskjy, Umar (2006). The effect of using a virtual laboratory in teaching the light unit to tenth grade students on their acquisition of science process skills. [Unpublished master's thesis] Al-Yarmook University.

Al-Labadi, N. J. (2019). Obstacles to using the Laboratory in Teaching Physics from the Point of View of The Physics Secondary School Teachers in the Central District Directorates in Jordan, Journal of Educational and Psychological Sciences, 3 (24),101 – 117.

Allam, Ṣalaḥ al-Din. (2015). Psychometrics, Dar al-Fikr.

Al-Wadi, Mahmoud & Al-Zoubi, Ali Falah (2011). Scientific research methods: an applied methodological introduction.Dar Al-Manhaj for Publishing and Distribution.

Al-Najdi, Aḥmad (2003). Modern methods, techniques and strategies in teaching science, Dar al-Fikr al-Arabi for Publishing and Distribution.

Ambusaidi, Abdullah & Alblushi, Sulaiman (2009). Methods of teaching science, Dar al-Masirah for Publishing and Distribution.

Arista, F. S., & Kuswanto, H. (2018). Virtual Physics Laboratory Application Based on The Android Smartphone to Improve Learning Independence and Conceptual Understanding. International. Journal of Instruction, 11(1), 1-16. https://doi.org/10.12973/iji.2018.1111a

Battle, E. L. (2019). Agile Learning versus ADDIE: The Choice for Instructional Designers in Online Learning Development in Higher Education [Doctoral dissertation, Northcentral University] . ProQuest Dissertations and Theses Global.

Bordens, K. S. & Abbott, B. B. (2018). Research Design and Methods. McGraw-Hill Education.

Braun, V., & Clarke, V. (2013). Successful Qualitative Research: a practical guide for beginners. SAGE Publications Inc.

Butcher, K. R. (2014). The multimedia principle. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge handbook of multimedia learning (pp. 174–205). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.010

Chen, P. (2006). John Dewey on theory of learning and inquiry: The scientific method and subject matter [Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign]. ProQuest Dissertations and Theses.

Creswell, J. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed method approaches (4th Ed). Sage Publications .

Domínguez, J. L., Guixeres, J., Contero,M. Gutiérrez, N. Á. & Alcañiz, M. (2018). Virtual Reality as a New Approach for Risk Taking Assessment, Sec. Quantitative Psychology and Measurement, 9, 1-8. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02532

Eitel, A. (2016). How repeated studying and testing affects multimedia learning: Evidence for adaptation to task demands. Learning and Instruction, 41,70-84. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.10.003

Elme, L., Jørgensen, M. L. M · Gert Dandanell, Mottelson A. & Makransky, G. (2022). Immersive virtual reality in STEM: is IVR an effective learning medium and does adding self-explanation after a lesson improve learning outcomes? Educational technology research and development, (70),1601–1626. https://doi.org/10.1007/s11423-022-10139-3

Falloon, G. (2019). Using simulations to teach young students science concepts: An Experiential Learning theoretical analysis, Computers &Education,135,138-159. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.03.001

Fetters, M. D. (2018). Six equations to help conceptualize the field of mixed methods. Journal of Mixed Methods Research, 12 (3), 262-267 .https://doi.org/10.1177/1558689818779433

Fetters, M. D. (2020). The mixed methods research workbook Activities for designing implementing, and publishing projects. Sage Publications.

Georgiou, Y., Tsivitanidou, O. & Ioannou,A. (2021). Learning experience design with immersive virtual reality in physics education. Education Tech Research Dev (2021) 69:3051–3080.https://doi.org/10.1007/s11423-021-10055-y

Gahm, Fatima (2020). Virtual labs and their impact on developing scientific inquiry skills in the science subject for fifth-grade female students in Jeddah, Journal of Educational and Psychological Sciences 5, (3), 59 -72. https://doi.org/10.26389/AJSRP.H280720

Glesne, C. (2016). Becoming Qualitative Researchers: An Introduction (5th edition). Pearson. Retrieved from: https://eric.ed.gov/?id=ED594812

Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. Journal of Computers in Education, 8(1), 1-32. https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2

Haniyeh, E. F. (2020). The Obstacles of Using Science Laboratory in Teaching Earth and Environmental Science Subject from the perspective of Teachers. Journal of Educational and Psychology Sciences (IUG), 28 (2), 956-977. http://search.mandumah.com.squ.idm.oclc.org/Record/1089038

Hermansyah, H., Gunawan, G., Harjono, A. & Adawiyah, R. (2019). Guided inquiry model with virtual labs to improve students' understanding on heat concept. 9th International Conference on Physics and Its Applications (ICOPIA). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1153/1/012116

Horlock, K. T. (2020). Exploration of student interest and performance with oculus rift immersive virtual reality learning experiences in comparison with traditional instructional methods (Order No. 28410665). Available from ProQuest Central; ProQuest Dissertations & Theses Global; Publicly Available Content Database. (2509260824). Retrieved from https://www.proquest.com/dissertations-theses/exploration-student-interest-performance-with/docview/2509260824/se-2

Khamis, Aṭiyah (2003). Educational technology products. Dar al-Kalimah.

Mandal, S. (2013). Brief introduction of virtual reality and its challenges. Int. J. Sci. Eng.Res., 4 (4), 304–309.

Mayer, R. (2019). How Multimedia Can Improve Learning and Instruction. In J. Dunlosky & K. Rawson (Eds.), The Cambridge Handbook of Cognition and Education (Cambridge Handbooks in Psychology, pp. 460-479). Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108235631.019

Mayer, R. E., & Estrella, G. (2014). Benefits of emotional design in multimedia instruction. Learning and Instruction, 33, 12–18. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.02.004

Mills, K.A. & Brown, A. (2022). Immersive virtual reality (VR) for digital media making: transmediation is key, Learning, Media and Technology, 47(2), 179-200. https://doi.org/10.1080/17439884.2021.1952428

Mufliḥ, Mahir & qṭtawy, Muḥammad. (2010). Social studies: its nature and methods of teaching and learning, Dar al-Thaqafah for Publishing and Distribution.

Oliveira, A.; Feyzi Behnagh, R.; Ni L.Mohsinah A.; Burgess, K.; Guo, L.(2019). Emerging technologies as pedagogical tools for teaching and learning science: A literature review. Hum Behav & Emerg Tech, 1,149–160. https://doi.org/10.1002/hbe2.141

Parong, J., & Mayer, R. E. (2021). Cognitive and affective processes for learning science in immersive virtual reality. Journal of Computer Assisted Learning, 37(1),226–241. https://doi.org/10.1111/jcal.12482

Paivio, A., & Clark, J. M. (2006). Dual coding theory and education. [presenting paper]. Pathways to literacy achievement for high poverty children, 1-20 .The University of Michigan School of Education.

Petersen, G. B. Petkakis, G. & Makransky, G. (2022). A study of how immersion and interactivity drive VR learning, Computers & Education, 179, https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104429

Sanchez-Sepulveda, M., Torres-Kompen, R., Fonseca, D., & Franquesa-Sanchez, J. (2019). Methodologies of learning served by virtual reality: A case study in urban interventions. Applied Sciences, 9(23), 1–13. https://doi.org/10.3390/app9235161

Suh, A., & Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. Computers in Human Behavior, 86, 77–90 https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019

Steed, A., Pan, Y., Watson, Z., & Slater, M. (2018). "We Wait"—The Impact of Character Responsiveness and Self Embodiment on Presence and Interest in an Immersive News Experience. Frontiers in Robotics and AI, 5, 326492. https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00112

Taber, K. (2018). The Use of Cronbach's Alpha when developing and reporting research instruments in science education. Research in Science Education (48),1273–1296. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2

Ṭḥaynh, sāmrh Said (2008). The extent to which scientific concepts are acquired by fourth-grade students in Jordan using the direct teaching strategy and the activity-based learning strategy, Journal of Educational Research, 12, 183-210. https://doi.org/10.21608/mbse.2008.141665

Tsivitanidou, O.E., Georgiou, Y. & Ioannou, A. (2021). A Learning Experience in Inquiry-Based Physics with Immersive Virtual Reality: Student Perceptions and an Interaction Effect Between Conceptual Gains and Attitudinal Profiles. J Sci Educ Technol 30, 841–861 https://doi.org/10.1007/s10956-021-09924-1

Um, E., Plass, J. L., Hayward, E. O., & Homer, B. D. (2012). Emotional design in multimedia learning. Journal of Educational Psychology, 104(2), 485–498. https://doi.org/10.1037/a0026609

Vanaja, M. & Rao, B. (2004). Methods of teaching physics. Discovery publishing house, New Delhi.

Vasilevski N., & Birt J. (2020). Analysing construction student experiences of mobile mixed reality enhanced learning in virtual and augmented reality environments. Research in Learning Technology, 28. https://doi.org/10.25304/rlt.v28.2329

Xu, W., & Zammit, K. (2020). Applying thematic analysis to education: A hybrid approach to interpreting data in practitioner research. International Journal of Qualitative Methods,19. https://doi.org/10.1177/1609406920918810

Yildirir, H. E. & Demirkol, H. (2018). Revealing students' cognitive structure about physical and chemical changes: use of a word association test. European Journal of Education Studies, 4(1): 134-154. https://doi.org/10.5281/zenodo.1156413

Zaytoon, Ayish (2010). Scientific trends in teaching science. Dar al-Shurooq for Publishing.