برنامج إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء ومنهجية تقييم دورة الحياة (LCA) لتنمية الكفاءة الذاتية البيئية والجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية بالسعودية

إعداد
د. سحر محمد يوسف عز الدين
أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد
كلية التربية -جامعة بنها
sahar.ezzeldin@fedu.bu.edu.eg

رقم الإيداع: ٢٤٣١٣ ISSN: 2536 – 914 E. ISSN: 2735-4245
المجلة معرفة علي دوريات بنك المعرفة المصرى، و Edu Search دار المنظومة

برنامج إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء ومنهجية تقييم دورة الحياة (LCA) لتنمية الكفاءة الذاتية البيئية والجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية بالسعودية

د. سحر محمد يوسف عز الدين*

المستخلص

هدف البحث الحالي إلى قياس أثر برنامج إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء ومنهجية تقييم دورة الحياة لتنمية الكفاءة الذاتية البيئية والجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية بالسعودية، وتم استخدام التصميم التجريبي ذي المجموعة الواحدة قياس قبلي وقياس بعدي، وتكونت مجموعة البحث من (٣٤) طالبة بالمستوى الثالث بالكلية التطبيقية بجامعة الأمير سطام بن عبد العزيز فرع محافظة وادي الدواسر بالسعودية، وطبق البحث مقياس الكفاءة الذاتية البيئية، واختبار الجدل العلمي، وتم استخدام اختبار (ت) لعينتين مرتبطتين، وقياس حجم الأثر (Cohen's d)، وتوصلت نتائج البحث إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات التطبيقين القبلي والبعدي في مقياس الكفاءة الذاتية البيئية في جميع أبعاده وفي المقياس ككل ، كذلك وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات التطبيقين القبلي والبعدي في اختبار الجدل العلمي في جميع مهاراته وفي الاختبار ككل، وذلك لصالح التطبيق البعدي عند مستوى دلالة (α = ٠,٠٥)، وتم تفسير النتائج وتقديم التوصيات والمقترحات.

الكلمات المفتاحية: برنامج إثرائي - مختبر الكيمياء الخضراء - منهجية تقييم دورة الحياة(LCA) - الكفاءة الذاتية البيئية - الجدل العلمي - الكلية التطبيقية.

* أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد - كلية التربية - جامعة بنها.

An enrichment program based on integration between green chemistry laboratory and life cycle assessment methodology (LCA) to develop environmental self-efficacy and scientific argumentation among the applied college students in Saudi Arabia

Dr. Sahar Mohamed Yousef Ezzeldin*

Abstract

The current research aimed to measure the effect of an enrichment program based on integration between the green chemistry laboratory and life cycle assessment methodology for developing environmental self-efficacy, and the scientific argumentation among the applied college female students in Saudi Arabia. The one-group pre- test and post- test experimental design was used. The research group consisted of (34) in third-level students at the Applied College in Saudi Arabia. The environmental self-efficacy scale, and the scientific argumentation test were applied. The t-test, and the effect size (Cohen's d) was used. The results of the study found that there were statistically significant differences between the mean scores of the pre and post in the environmental self-efficacy scale in all its dimensions and in the scale as a whole, and the scientific argumentation test in all its skills and in the test as a whole, in favor of the post application at the level of significance ($\alpha = 0.05$), The results of the effect size (Cohen's d) indicated that the program has high impact on the development of both environmental self-efficacy and scientific argumentation. The results were interpreted, and recommendations were presented.

Key words: An enrichment program - green chemistry laboratory - life cycle assessment methodology (LCA) - environmental self-efficacy - scientific Argumentation - the Applied College.

* Assistant Professor of Curricula and Methods of Teaching Science Faculty of Education- Benha university.

المقدمة:

على مدى المئة عام الماضية، أساء البشر استخدام كوكب الأرض إلى درجة غير مسبوقة، من خلال التوسع في الأنشطة الصناعية، مثل صناعة البلاستيك والتعدين والبتروكيمياويات، واستخدام الوقود الأحفوري، مما تسبب في تلوث مختلف موارد البيئة مثل الهواء، والماء، والتربة، وارتفاع نسبة الغازات الدفيئة، وظهور مشكلات بيئية عالمية مثل الاحتباس الحراري، والتصحر، وتدمير طبقة الأوزون، حيث غيرت الأنشطة البشرية النظام البيئي بشكل أسرع، وعلى نطاق واسع مقارنة بأي حقبة أخرى مماثلة، مما يهدد مختلف مظاهر الحياة، وبقاء الإنسان على الأرض، واستدعى ذلك اهتمام المجتمع الدولي للاهتمام بالبيئة، والحد من التلوث البيئي بمختلف أشكاله.

وفي هذا الصدد تبذل المملكة العربية السعودية جهوداً كبيرة للحفاظ على البيئة منذ انطلاق رؤية المملكة (٢٠٣٠) في عام ٢٠١٦، برعاية ولي العهد صاحب السمو الملكي الأمير محمد بن سلمان، وستعمل مبادرة السعودية الخضراء على وضع هذه الجهود حيز التنفيذ، من خلال الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، وتقليل الانبعاثات الكربونية، والاحتباس الحراري (مبادرة السعودية الخضراء، ٢٠٢٢) وبالتالي فمن المهم تنمية العوامل الشخصية الداعمة للبيئة لدى طلاب الجامعة باعتبارهم قائدي قاطرة التقدم والازدهار بالمملكة، ويؤكد أوجدكون وبالوجون (Ojedokun & Balogun, 2010) أن التغيير البيئي العالمي أحد أكثر التحديات الإنسانية إثارة للقلق والأهمية، وهناك حاجة متزايدة لتعزيز السمات الشخصية لدى طلاب الجامعة لتعزيز سلوكياتهم الإيجابية تجاه البيئة، وفي ذلك السياق أوضح أن السمات الشخصية يمكن أن تثبط أو تعزز السلوك البيئي؛ فعلى سبيل المثال قد ينخرط الأفراد في سلوك بيئي معين بما يعكس سماتهم الشخصية الفريدة، وتعد الكفاءة الذاتية البيئية مثال على تلك العوامل الشخصية التي لها دور في كيفية تعامل الأفراد مع البيئة والحفاظ عليها.

وظهرت الكفاءة الذاتية البيئية كمجال نوعي للكفاءة الذاتية العامة generalized self-efficacy (GSE) ؛ حيث قام علماء النفس البيئيون بالتحقيق في أشكال خاصة بمجال معين من الكفاءة الذاتية، من حيث صلتها بسلوكيات بيئية معينة، مثل توفير الكهرباء (Thqgersen & Grqnhqj, 2010) أو إعادة التدوير (Tabernero & Hernández, 2011, 2020)، وكذلك الكفاءة الذاتية البيئية المرتبطة بحماية الحيوانات (Johnson, 2020) أو فيما يرتبط بالتغير المناخي وخفض انبعاثات الكربون (Liu et al., 2022) أو فيما يتعلق بالبيئة بصفة عامة (Eck, 2022; Moeller & Stahlmann ,2019) وتماشيًا مع تعريف الكفاءة الذاتية، فإن الكفاءة الذاتية البيئية تشير بالتالي إلى الشعور بالكفاءة والفعالية في تنفيذ السلوكيات المرتبطة بالبيئة، واهتمت العديد من الدراسات بالكفاءة الذاتية البيئية وعلاقتها بمتغيرات أخرى مثل السلوك المؤيد للبيئة مثل دراسات كل من

(Ojedokun & Balogun, 2010; Abraham et al., 2015) والاتجاهات البيئية، والاستدامة مثل دراسات كل من (Tabernero & Hernández, 2011; Sawitri et al., 2015)

ويعد إشراك الطلاب في الممارسات الصديقة للبيئة، وزيادة قدراتهم، والسماح لهم بالاهتمام بإحداث تغيير في بيئتهم المحلية؛ من الجوانب الداعمة لتعزيز الجدل العلمي، وذلك عندما تتاح لهم فرص للانخراط في المناقشة، وتزداد كفاءاتهم في الخطابات المتعلقة بالسياق بسبب متطلبات تقييم الأفكار ودعمها وطرح الأسئلة عليهم ونقدها للوصول إلى توافق في الآراء حول القضايا المطروحة (Oliveira et al., 2012)، ويجب أن يصبح الجدل العلمي موجودًا في عملية التعلم، وأن يفي بالمعايير العلمية، بأن يتضمن في ذلك الادعاءات والأدلة والضمانات والنظريات والفرضيات والتفسيرات المضادة التي تعزز الادعاءات (Anshori & Sastromiharjo, 2023) ويعتبر الجدل العلمي أحد عمليات الاستقصاء حيث يتضمن مشاركة الطلاب في الأنشطة التي تحتاج إلى استخدام لغة فعالة مع أقرانهم ومعلميهم، وهذا يعني المشاركة في بناء وتقييم الحجج العلمية، ويجب أن تركز أهداف التربية العلمية على انشغال المتعلمين في الخطاب الجدلي (Sampson et al., 2013) وتبعاً لذلك قامت العديد من دراسات التربية العلمية الحديثة بالاهتمام بتنمية الجدل العلمي من خلال استخدام استراتيجيات تدريسية بالمرحلة الجامعية، مثل دراسات كل من (Mustofa et al., 2023; Hadianto et al., 2021) وتوصلت تلك الدراسات إلى فاعلية استراتيجيات التدريس في تنميته، وأيضاً من خلال تقديم برامج تدريبية مثل دراستي (سحر عبد الكريم، ٢٠١٧؛ وعبد أسامة عبد اللطيف، ٢٠١٩) وقد توصلتا إلى فاعلية البرامج التدريبية في تنميته.

وحيث يعتبر المختبر مكانًا مهمًا للتدريس والبحث العلمي، ويلعب دورًا حيويًا في تطوير الكليات والجامعات، ولذلك فإن تخضير مختبرات الكليات وتدريس ذلك للطلاب أمراً ضرورياً للمحافظة على البيئة، وتعزيز بناء وتطوير البيئة الخضراء للمختبر، وقد أعطت الدراسات الحديثة أهمية قصوى لتطبيقات الكيمياء الخضراء في المختبرات، فهناك العديد من الدراسات التي قدمت أنشطة وتجارب تخدم مختبر الكيمياء الأخضر مثل دراسات كل من (Lam, et al., 2020; Dorney et al., 2014; Doody, 2018) وهناك دراسات اهتمت بدعم أنشطة مختبر الكيمياء الخضراء مثل دراسات كل من (Aubrecht et al., 2015; Rand et al., 2016; Mufidah et al., 2019; Armstrong et al., 2019)

ويرى ريز (Reyes et al., 2022) أنه يجب تحفيز طلاب الكيمياء لتوظيف تعلمهم في المساهمة في مستقبل مستدام، حتى لا يشعرون بأنهم غير مستعدين لاتخاذ قرارات عملية خضراء ومستدامة مستنيرة، وتعتمد معظم مقاييس الكيمياء الخضراء على الكتلة، والتي لا تقدر التأثير البيئي أو تساعد في مواجهة التحديات العالمية، وبالتالي يجب الاهتمام أيضاً بتقديم مفاهيم ومبادئ الكيمياء الخضراء مع منهجية

تقييم دورة الحياة، وأوضحت النتائج أن استخدام الأدوات التكميلية يُمكّن الطلاب من اتخاذ قرارات أكثر استنارة والتي لا يمكن دعمها باستخدام الكيمياء الخضراء وحدها.

وتعد منهجية تقييم دورة الحياة أسلوب رائد يُستخدم عالميًا في الدراسات البيئية في العديد من المجالات، بما في ذلك المنظمات والأقاليم، وساهم نقص المواد الخام، وظهور المشكلات البيئية العالمية في تعزيز السياسات الدولية والمحلية لتصبح أكثر فأكثر موجهة نحو الاستدامة البيئية للمنتجات والعمليات (Kralisch et al., 2015)، ونظراً لأهميتها فقد اهتمت بها العديد من الدراسات مثل دراسة (Kurisu et al., 2021) والتي اهتمت بها من خلال تطوير لعبة لوحية لتعلم تقييم دورة الحياة، ودراسة بانيرجي وراي (Banerjee & Ray, 2022) التي اهتمت بتقييمات دورة الحياة من الناحية الاقتصادية لمختلف المركبات الكيميائية، وجونتونين وأكسيلا (Juntunen & Aksela, 2013) لبحث دورها حول تحسين جودة التنور البيئي للطلاب وتعليم الاستدامة، ودراسة لانكي وأنستاز (Lankey & Anastas, 2002) حول دورها في تعزيز آراء الطلاب حول قضايا البيئة.

وتؤكد نتائج مراجعة الأدبيات أنه يمكن التكامل أو الدمج بين منهجية تقييم دورة الحياة، والكيمياء الخضراء والجمع بينهما معًا في الدراسات النظرية والسياسات العملية في الواقع، ويتم مشاركة بعض الميزات الرئيسية في المنهجيتين مثل: الطريقة العلمية، ونهج الشمولية، والدور الرئيسي للوقاية، وتقليل النفايات، وتحسين العمليات، وبذل الجهد لتحقيق مكاسب بيئية وتنمية أكثر استدامة مع الحفاظ على الخصائص التقنية للمنتجات والخدمات والمؤسسات، وهناك تأكيد أن التكامل والجمع بين منهجية تقييم دورة الحياة والكيمياء الخضراء أمر مرغوب فيه ومجال جديد للبحث واستكشاف وجهات النظر الصعبة حول دورهما.(Camana et al., 2022)

من خلال ما سبق يتضح أن المشكلات البيئية من أكبر المشكلات التي تهدد حياة الإنسان، وبالتالي تظهر أهمية تنمية الكفاءة الذاتية البيئية، والتي تعد أحد السمات الشخصية الهامة، والتي تساعد الأفراد على القيام بدور فعال نحو المحافظة على البيئة، وكذلك أهمية الجدل العلمي، والذي يساهم في تنمية قدرة الطلاب في بناء وتقييم الحجج العلمية، والتعبير عن أفكارهم، والدفاع عنها بالأدلة العلمية، كما يتضح أن مختبر الكيمياء الخضراء، وتقييم دورة الحياة يمكن أن يكمل كل منهما الآخر، حيث تسمح الترابطات بينهما باستخدام أفضل الخصائص لكل منهما لتحسين موثوقية الطريقة الأخرى، ولتقييم المشكلة البيئية بنهج أكثر شمولاً، وأنه يمكن تنمية كل من الكفاءة الذاتية البيئية، والجدل العلمي من خلال تقديم برنامج إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة.

الإحساس بالمشكلة:

أصبح التغيير البيئي العالمي أحد أكبر التحديات الإنسانية إثارة للقلق والأهمية، وهناك حاجة متزايدة لتعزيز السمات الشخصية التي تعزز من سلوك الانسان تجاه البيئة، ويعود سبب العديد من هذه المشكلات إلى السلوك المادي الذي يركز على

الاستهلاك والذي يتجاهل الكفاءة الذاتية البيئية(Eck, 2022) وعلى الرغم من اهتمام العديد من الدراسات الأجنبية بها في مختلف القضايا البيئية (Johnson, 2020; Liu et al., 2022) إلا أنه لا توجد دراسات عربية – في حدود إطلاع الباحثة- اهتمت بتنميتها.

ويمثل الجدل العلمي عنصرا أساسياً في التربية العلمية حيث أكد على أهميته كل من المجلس القومي للبحوث National Research Council بأمريكا، والرابطة الأمريكية لتقدم العلوم American Association for the Advancement of Science (Sampson et al., 2013)، وقد أعطت الأدبيات التربوية الحديثة أهمية قصوى لمفهوم العلم كطريقة في إنتاج المعرفة حيث أن مفهوم العلم كطريقة يقتضي التركيز على منهجيات وعمليات من قبيل الحوار والاستقصاء (Rogan et al., 2015) وتهتم التربية العلمية بتنمية قدرة الطلاب على التعلم بعيداً عن مجرد الاحتفاظ بالمعلومات، حيث يشاركوا بأنفسهم في بناء المعرفة، وقد يتحقق ذلك بتنمية مهارات الجدل العلمي التي تتيح لهم القدرة على المشاركة في الخطاب العلمي، وتكوين الادعاءات والشواهد والأدلة، وتركزت غالبية الدراسات العربية في التربية العلمية بالمرحلة الجامعية على تنمية الجدل العلمي لدى طلاب كلية التربية (منى الخطيب، ٢٠١٦؛ سحر عبد الكريم، ٢٠١٧؛ هدى عبد الفتاح وآخرون، ٢٠٢٢)، ولكن يجب أن يمتد اهتمام التربية العلمية لتنميته لدى طلاب الجامعة بصفة عامة، وفي مختلف التخصصات العلمية بصفة خاصة، ومنها الكيمياء.

وهناك اهتمام متزايد في مختلف الدول المتقدمة بتطبيقات الكيمياء الخضراء، فقد تم عقد العديد من المؤتمرات العالمية مؤخراً حول الكيمياء الخضراء، مثل مؤتمر "الكيمياء الخضراء والاستدامة" والمنعقد في ألمانيا لعام ٢٠٢٣م (Chemistry & Sustainable Conference, 2023) وكذلك المؤتمر الدولي الرابع حول الكيمياء الخضراء والطاقة المتجددة والمرتقب عقده في باريس في يونيو (٢٠٢٤) (4th Edition of International Conference on Green Chemistry and Renewable Energy, 2023) وبالتالي فإن الكيمياء الخضراء من التوجهات الحديثة التي حازت على اهتمام المجتمع العلمي، والتي يجب أن تنعكس على محتوى التعلم، في المرحلة الجامعية ولاسيما في التخصصات التي ترتبط بتعلم الكيمياء، مثل تخصص تقنية المختبرات بالكلية التطبيقية.

ويعد ترسيخ الوعي بتطبيقات الكيمياء الخضراء في المختبرات من الأمور التي يجب الاهتمام، وذلك للحد من المواد الضارة بالبيئة عند تخصيص الموارد المختبرية، ويجب على أعضاء هيئة التدريس بالجامعات الوقوف على الأهمية الاستراتيجية للمختبرات الخضراء، وتوحيد كلماتهم وممارساتهم حول المسؤولية تجاه البيئة، وتنمية المهارات المهنية للطلاب (Li, 2021)، وتؤكد على ذلك أيضاً دراسة مفيدة وآخرون (Mufidah et al., 2019) في أن الكيمياء الخضراء اتجاه

حديث، ومن المهم نقلها للممارسات العملية داخل المختبرات، ويجب على الكليات والجامعات ترسيخ الوعي بالأسس النظرية والمعايير المرجعية للمختبر الأخضر.

ويتضح من دراسات التربية العلمية التي تناولت الكيمياء الخضراء أنها اهتمت بشكل أساسي بتقديم الكيمياء الخضراء في المرحلة الجامعية من خلال الاهتمام بالإطار العام للكيمياء الخضراء في برامج إعداد المعلم من خلال تطوير المقررات الدراسية (آية حجاج، ٢٠٢٠ب) أو اقتراح وحدات (ناريمان إسماعيل، ٢٠١٩؛ آية حجاج، ٢٠٢٠أ)، أو تقديم برامج تدريبية (سحر الشافعي، ٢٠٢١؛ نانيس الشناوي وآخرون، ٢٠٢٠) لتنمية مخرجات تعلم مختلف أغلبها يرتبط بالتربية البيئية بطبيعة الحال، إلا أنه ما زالت هناك حاجة لمزيد من إسهامات التربية العلمية بصفة عامة والتربية الكيميائية Chemical Education بصفة خاصة في مختلف التخصصات المرتبطة بتدريس الكيمياء بالمرحلة الجامعية، حتى تساهم بدور فعال في المجتمع العلمي في تخصص الكيمياء، حيث يوجد قصور في الدراسات العربية فيما يرتبط بهذا الجانب، وحتى لا يكون الاهتمام منصباً فقط في الاهتمام بمرحلة إعداد معلم العلوم أو معلم الكيمياء، ويدعم ذلك ما أوصى به كربوديوان وآخرون (Karpudewan , et al , 2012)بضرورة تدريس الكيمياء الخضراء لجيل المستقبل من الكيميائيين حتى يمتلكوا المهارات والمعرفة اللازمة لممارسة الكيمياء الصديقة للبيئة من خلال الكيمياء الخضراء، كما أنه لم تقم دراسة عربية – في حدود إطلاع الباحثة- بدراسة مختبر الكيمياء الخضراء بالمرحلة الجامعية سواء في فيما يتعلق بإعداد المعلم، أو في برامج الكيمياء بالمرحلة الجامعية بصفة عامة.

وعلى الرغم من أن الكثير من المجتمع العلمي يهتم بأفكار المستقبل المستدام، فمن الضروري تعريض الطلاب لهذه الأفكار في وقت مبكر من حياتهم المهنية، وينصب تركيز معظم مناهج الكيمياء الجامعية على إعداد الجيل القادم من الباحثين مما يضمن أن يكون الطلاب قادرين وفعالين في المختبر، كما تركز غالبية الخبرات المعملية على بناء مجموعات المهارات الفنية الأساسية للكيميائيين، ومع ذلك يجب التأكد من أن الطلاب على دراية بتأثيرات أبحاثهم، من حيث صلتها بالنفايات الكيميائية واستدامة البحث بشكل عام، وقد تساهم معرفتهم بتقييم دورة الحياة في تحقيق ذلك، ويجب أن يتم الاهتمام بتقديمها لطلاب المرحلة الجامعية (Kurisu et al., 2021)، وعلى الرغم من اهتمام العديد من الدراسات الأجنبية بها مثل دراسات كل من (Kralisch et al., 2015; ; Kurisu et al., 2021;Lankey & Anastas, 2002) إلا أنه لا يوجد دراسات عربية في التربية العلمية – في حدود إطلاع الباحثة- اهتمت بها، ويجب الاهتمام أيضاً بتقديم مفاهيم ومبادئ الكيمياء الخضراء مع تقييم دورة الحياة، حيث أوضحت النتائج أن استخدام الأدوات التكميلية يُمكّن الطلاب من اتخاذ قرارات أكثر استنارة والتي لا يمكن دعمها باستخدام الكيمياء الخضراء وحدها، وتحقيق مبادئ الاستدامة في مختلف المهن في الصناعة والأوساط الأكاديمية وبالتالي تحقيق الوعي لدى الكيميائيين في المسؤولية البيئية والاجتماعية

(Reyes et al., 2022) ولا يوجد دراسات عربية في التربية العلمية – في حدود إطلاع الباحثة- اهتمت بالتكامل بين كل منهما.

كما تم استقراء توصيفات المقررات الدراسية للكلية التطبيقية حول الكيمياء الخضراء، وما يرتبط بها من تطبيقات، وكذلك منهجية تقييم دورة الحياة، واتضح عدم اهتمام أياً من المقررات بها، وهي من التوجهات الحديثة والتي يجب إدراجها في مختلف الخطط الدراسية لدى دارسي الكيمياء بالمرحلة الجامعة (Doody, 2018)، وبالتالي تأتي أهمية تقديم البرنامج الإثرائي الذي يقدمه البحث الحالي وإمكانية الاستفادة منه فيما بعد في تطوير خطة البرنامج الدراسي لطلاب الكلية التطبيقية بالسعودية .

ومما يدعم مشكلة البحث الحالي على أرض الواقع، تم عمل مقابلة غير مقننة تتضمن أسئلة مفتوحة مع طالبات قسم تقنية المختبرات بالمستوى الدراسي الثالث للعام الدراسي (٢٠٢٢-٢٠٢٣م) بالكلية التطبيقية بجامعة الأمير سطام بن عبد العزيز حول مختبر الكيمياء الخضراء، وكذلك تقييم دورة الحياة، وأوضحت استجاباتهن عدم معرفتهن بها، وتركزت أغلب إجابتهن أن الكيمياء الخضراء ترتبط بالنباتات، وأن تقييم دورة الحياة يرتبط بدورة حياة الكائنات الحية، وأوضحن رغبتهن في معرفة المزيد عنها وعن تطبيقاتها في المختبرات، وكذلك تم تطبيق مقياس حول الكفاءة الذاتية البيئية، والمكون من ١٥ عبارة في صورة مقياس خماسي، وبلغ متوسط درجات الطالبات فيه (٣٨,٤) مما يدل على قصور تلك المهارات لديهن، وكذلك تم تطبيق اختبار استطلاعي لقياس مهارات الجدل العلمي، والمكون من (١٠) أسئلة اختيار من متعدد، وبلغ متوسط درجات الطالبات (٥,٤)، وبالتالي هناك قصور لديهن في مهارات الجدل العلمي، وهناك حاجة لتنمية كل من الكفاءة الذاتية البيئة، والجدل العلمي لطالبات الكلية التطبيقية من خلال تقديم البرنامج الإثرائي في مختبر الكيمياء الخضراء والقائم على منهجية تقييم دورة الحياة.

مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث الحالي في قصور الكفاءة الذاتية البيئية، والجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية تخصص تقنية المختبرات بالمستوى الدراسي الثالث، وكذلك عدم تضمين ما يرتبط بمختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة، أو التكامل بينهما، في أياً من مقررات الخطة الدراسية لبرنامج تقنية المختبرات.

ويمكن صياغة مشكلة البحث في التساؤل الرئيس التالي:

كيف يمكن تنمية الكفاءة الذاتية البيئية، والجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية تخصص تقنية المختبرات بالكلية التطبيقية بالسعودية، من خلال تقديم برنامج إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة؟

ويتفرع من السؤال الرئيس التساؤلات التالية:

١- ما صورة الاطار العام للتكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم

دورة الحياة، بما يتناسب مع طلاب الكلية التطبيقية تخصص تقنية المختبرات؟

٢- ما الموضوعات العلمية المناسبة للتكامل بين تطبيقات مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة، والمناسبة لطلاب الكلية التطبيقية تخصص تقنية المختبرات؟

٣- ما البرنامج الإثرائي القائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة في تنمية الكفاءة الذاتية البيئية، والجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية بالسعودية تخصص تقنية المختبرات؟

٤- ما أثر البرنامج الإثرائي القائم على التكامل بين تطبيقات مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة في تنمية الكفاءة الذاتية البيئية لدى طالبات الكلية التطبيقية بالسعودية تخصص تقنية المختبرات؟

٥- ما أثر البرنامج الإثرائي القائم على التكامل بين تطبيقات مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة في تنمية الجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية بالسعودية تخصص تقنية المختبرات؟

فروض البحث: يحاول البحث التحقق من صحة الفروض التالية:

١- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (α=٠,٠٥) بين متوسطي درجات الطالبات في التطبيقين القبلي والبعدي في مقياس الكفاءة الذاتية البيئية.

٢- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (α=٠,٠٥) بين متوسطي درجات الطالبات في التطبيقين القبلي والبعدي في اختبار الجدل العلمي.

أهداف البحث: تمثلت أهداف البحث الحالي في:

١- بناء برنامج إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة لتنمية الكفاءة الذاتية البيئية والجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية تخصص تقنية المختبرات بالسعودية.

٢- بحث أثر برنامج إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة لتنمية الكفاءة الذاتية البيئية لدى طالبات الكلية التطبيقية تخصص تقنية المختبرات بالسعودية.

٣- بحث أثر برنامج إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة لتنمية الجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية تخصص تقنية المختبرات بالسعودية.

أهمية البحث: نبعت أهمية البحث الحالي في مدى الاستفادة منها من قبل الجهات التالية:

١- مخططي ومطوري البرامج الدراسية، وبرامج التنمية المهنية للخريجين بالكليات التطبيقية: من خلال تقديم برنامج إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة الكفاءة الذاتية البيئية،

والجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية بالسعودية، بما يساعد في قياس تلك الجوانب وتنميتها من خلال ما يقدمه البرنامج الحالي.

٢- طلاب وطالبات الكلية التطبيقية تخصص تقنية المختبرات: من خلال تقديم إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة، بما يساعدهم على تنمية الكفاءة الذاتية البيئية، والجدل العلمي لديهم.

٣- الباحثين: من خلال تقديم مقياس الكفاءة الذاتية البيئية، واختبار الجدل العلمي، ومواد التدريب المتعلقة بالبرنامج بما يشمل دليل المدرب وأوراق عمل المتدرب، وذلك بما يساعدهم في بناء أدوات، ومواد مماثلة، واستخدامها في مختلف دراسات التربية العلمية.

أدوات البحث:

١- مقياس الكفاءة الذاتية البيئية. (إعداد الباحثة)

٢- اختبار الجدل العلمي. (إعداد الباحثة)

حدود البحث: اقتصر البحث الحالي على:

١- مجموعة من طالبات الكلية التطبيقية، بالمستوى الثالث، بجامعة الأمير سطام بن عبد العزيز فرع محافظة وادي الدواسر بالسعودية، والملتحقات ببرنامج تقنية المختبرات.

٢- تم تطبيق البحث في الفصل الدراسي الثالث (تطبق الجامعة نظام الفصول الدراسية الثلاثة) للعام الجامعي ٢٠٢٢-٢٠٢٣م/ ١٤٤٤هـ

منهج البحث:

تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي في إعداد الإطار النظري، وأدوات البحث وتحليل وتفسير النتائج، وأيضاً المنهج شبه التجريبي القائم على المجموعة التجريبية الواحدة والقياس قبلي وبعدي، والذي يتناسب مع طبيعة البحث الحالي للتعرف على أثر برنامج إثرائي قائم على التكامل بين تطبيقات مختبر الكيمياء الأخضر، ومنهجية تقييم دورة الحياة لتنمية الكفاءة الذاتية البيئية، والجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية بالسعودية.

مصطلحات البحث: يمكن تعريف مصطلحات البحث كما يلي:

- **البرنامج الإثرائي**: تقديم حزمة من المعارف والخبرات التي تتضمن مجموعة من الأسس النظرية والموضوعات المرتبطة بالتكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء ومنهجية تقييم دورة الحياة، والمناسبة لطلاب الكلية التطبيقية تخصص تقنية المختبرات، وذلك بهدف تنمية الكفاءة الذاتية البيئية، والجدل العلمي لديهم .
- **مختبر الكيمياء الخضراء**: هو المختبر الذي يدعم مبادئ الكيمياء الخضراء، وتطبيقاتها فيما يرتبط بمختلف الإجراءات المختبرية في الكيمياء لتقليل الآثار الضارة على البيئة، ومنع النفايات والمواد الكيميائية الخطرة في مختلف العمليات الكيميائية، والمناسبة لطلاب الكلية التطبيقية تخصص "مختبرات".

- **منهجية تقييم دورة الحياة**: إحدى طرق التحليل لتقييم الأعباء البيئية لمنتج أو عملية، وتحديد استخدام الموارد والانبعاثات، وتقييم الأثر البيئي وصحة الإنسان وتقييم وتنفيذ فرص التحسين، ويتكون تقييم دورة الحياة من أربعة مكونات أساسية: (١) المدخلات، (٢) المخرجات، (٣) العمليات، (٤) تحليل بيئة النظام.
- **التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة**: تقديم إطار يجمع بين كل من مبادئ الكيمياء الخضراء، وما يرتبط بها من تطبيقات للمختبر الأخضر، مع منهجية تقييم دورة الحياة، لتقديم نظرة شاملة وموسعة للميزات التي يدعمها كل منهما في الحفاظ على البيئة، وتحقيق الترابطات بينهما باستخدام أفضل الخصائص لكل منهما، ولتحسين موثوقية الطريقة الأخرى، وذلك من خلال الترابط بين المبادئ الإثني عشر للكيمياء الخضراء مع مراحل منهجية تقييم دورة الحياة، وذلك بما يحقق تنمية الكفاءة الذاتية البيئية، والجدل العلمي.
- **الكفاءة الذاتية البيئية:** الاقتناع بأنه يمكن للفرد أن ينجح في تنفيذ إجراءات ذات مغزى، بشكل فردي أو جماعي تجاه البيئة، من خلال الشعور بالكفاءة والفعالية في تنفيذ السلوكيات المرتبطة بالبيئة، والاعتقاد بامتلاك المهارات المطلوبة لذلك لإظهار سلوك بيئي أكثر مسؤولية، ويتضمن ذلك أربعة أبعاد وهي: إنجاز الأداء، والخبرات غير المباشرة، والاقتناع اللفظي، والاستشارة الانفعالية، ويقاس ذلك بمقياس الكفاءة الذاتية البيئية.

ويمكن تعريف الأبعاد الأربعة للكفاءة الذاتية البيئية كما يلي:

- إنجاز الأداء :Performance Accomplishment اقتناع الفرد بقدراته الذاتية على أداء مختلف المهام المرتبطة بالحفاظ على البيئة، وانجازها بنجاح، والذي يتطلب تنظيم أفكاره، وتقييم أدائه، ومواجهه المصاعب، وتحمل المسئولية، والمثابرة للوصول لتحقيق الهدف، والشعور بالثقة بالنفس.
- الخبرات التبادلية أو غير المباشرة :Vicarious experiences الأداءات التي يكتسبها الفرد من خلال ملاحظة سلوكيات وأداء الأخرين، ومختلف أنشتطهم الناجحة، وأيضاً ما يمر به من خبرات سابقة للحفاظ على البيئة، مما قد يساعده في تشكيل توقعات عن أدائه في المواقف المشابهة.
- الاقتناع اللفظي :Persuasion مهارة الفرد وقدرته على الاستماع إلى الآخرين أثناء تقديم عمليات التشجيع والتدعيم للحفاظ على البيئة، والتي تهدف إلى إقناعه بقدرته على القيام بالمهام وإنجازها بنجاح.
- الاستثارة الانفعالية :Emotion Arousal حالة الفرد الوجدانية التي يشعر بها، وتؤثر على مدى قوة فعاليته الذاتية، والتي تمكنه من مواجهة مختلف المواقف المرتبطة بالحفاظ على البيئة.

- **مهارات الجدل العلمي**: هي مهارات عقلية عليا يمارسها طلاب قسم تقنية

المختبرات بالكلية التطبيقية، وذلك من خلال التمييز بين الحقيقة والرأي والبيانات، وصياغة الادعاءات، والاستشهاد بالأدلة، وتكوين الادعاء المضاد، وجودة الاستدلال، ودعم الأدلة، لتحقيق فهم أعمق لمختلف القضايا أو المشكلات البيئية، ويُقاس ذلك باختبار مهارات الجدل العلمي.

ويمكن تعريف كل مهارة من هذه المهارات الست كالتالي:

- التمييز بين الحقيقة والرأي والبيانات: التفرقة بين الشواهد التي تدعم الادعاء، وتحديد ما إذا كانت حقيقة (يمكن مشاهدتها، وقياسها)، والرأي (وجه النظر والأفكار الشخصية حول موضوع ما) أو البيانات (معطيات حول موضوع ما وقد تكون كمية أو وصفية) .
- صياغة الادعاءات: صياغة جملة، والتي يتم تطويرها في ضوء معطيات معينة لموضوع أو قضية أو مشكلة ما، والتي تعد بمثابة إجابة محتملة للسؤال أو المشكلة والمختلف بشأنها بين الأطراف.
- الاستشهاد بالأدلة: استخدام البيانات والمعلومات، والشواهد والبراهين العلمية الموثوقة، والتي تعد بمثابة الأدلة المفندة والمؤيدة التي تستمد من البيانات الناتجة من القياسات والملاحظات، والتي تدعم وتساند الادعاءات.
- تكوين الادعاء المضاد: ادعاء بديل قائم على الاستدلال ولا يتفق مع الادعاء الأول (دحض ادعاء الطرف الآخر).
- جودة الاستدلال: هو درجة دعم الأدلة، والاستدلال هو سلسلة من الأفكار أو البيانات ذات الصلة ببعضها البعض، التي تدعم بعضها، وكل سلسة تنتهي باستنتاج أو نتيجة.
- دعم الأدلة (تحديد المبرر): تحديد المغزى من الجدل من خلال المغزى منه فهل هو قائم على السلطة (مصدر موثوق للمعلومات نتيجة الخبرة) أم المنطق (قواعد منطقية تؤدي إلى نتائج صحيحة)، أم النظرية (تعميمات أو فرضيات تعبر عن ظاهرة طبيعية أو علمية)

➢ **الكلية التطبيقية بالسعودية:** هي كلية تأسست عام ١٤٤٢هـ بموجب قرار معالي رئيس مجلس شؤون الجامعات رقم (١٤٤٢/٤/٩)، والذي نص على الموافقة على تحويل كليات المجتمع وكليات الدراسات التطبيقية وكليات خدمة المجتمع في الجامعات السعودية إلى كليات تطبيقية، لتقديم برامج تعليمة مهنية تعمل على تلبية متطلبات سوق العمل، لتؤدي دوراً محورياً في تنمية المجتمعات المحلية، والتي تتضمن تخصص تقنية المختبرات (الكلية التطبيقية، ٢٠٢٣) ومنها جامعة الأمير سطام بن عبد العزيز، والتي يتم تقديم برنامج إثرائي لطالباتها قائم على التكامل بين تطبيقات مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة، لتنمية الكفاءة الذاتية البيئية والجدل العلمي.

الإطار النظري، والدراسات السابقة :

المبحث الأول: مختبر الكيمياء الخضراء:

يتم تناول هذا المبحث من خلال التطرق لمفهوم الكيمياء الخضراء، ومبادئها، وتطبيقات مختبر الكيمياء الخضراء، وأهميته، وطرق دعم أنشطة مختبر الكيمياء الخضراء مع توظيف الدراسات السابقة في سياق العرض.

- **الكيمياء الخضراء ومبادئها:**

يمكن تعريف الكيمياء الخضراء بأنها تصميم منتجات وعمليات كيميائية أكثر أمناً من الناحية البيئية وتقلل من الآثار السلبية على صحة الإنسان والبيئة (Anastas & Warner, 1998) ويمكن تسمية الكيمياء الخضراء بالكيمياء النظيفة، أو الكيمياء السليمة بيئيًا، وتغطي الكيمياء الخضراء عددًا من التخصصات، مثل الكيمياء التحليلية، والكيمياء الحيوية، والاشتقاق والتخليق العضوي، وهي فلسفة تقدمية ومتفائلة لتعليم الكيمياء والتي توحد المحتوى في الكيمياء من خلال الغرض الجماعي للاستدامة، واستخدام مبادئ الاستدامة كإطار عمل للممارسات في الكيمياء (Doody, 2018)، وتتضمن الكيمياء الخضراء (١٢) مبدأ تم تقديمهم بواسطة أنستاز، وورانر (Anastas & Warner, 1998) والتي تشرح ممارسات الكيمياء الخضراء من حيث صلتها باستخدام المركبات الكيميائية والمحفزات والمركبات التركيبية والتقنيات والعمليات الجديدة، وهذه المبادئ هي:

١) الوقاية: منع النفايات أفضل من معالجتها أو تنظيفها بعد تكونها.
٢) الاقتصاد الذري: يجب تصميم الطرق الاصطناعية لتعظيم دمج جميع المواد المستخدمة في العملية في المنتج النهائي كلما كان ذلك ممكنًا.
٣) الحد من النفايات الضارة: يجب تصميم المنهجيات التركيبية لاستخدام وتوليد مواد ذات سمية قليلة أو معدومة على صحة الإنسان والبيئة.
٤) تشكيل كيماويات آمنة: يجب تصميم المنتجات الكيميائية للحفاظ على فعالية الوظيفة مع تقليل السمية.
٥) استخدام المذيبات والإضافات الآمنة: يجب أن يكون استخدام المواد المساعدة غير ضروري كلما أمكن ذلك، وعند استخدامها يجب أن تكون غير ضارة.
٦) ابتكار مصادر حميدة للطاقة (كفاءة الطاقة): يجب التعرف على متطلبات الطاقة لتأثيراتها البيئية والاقتصادية ويجب التقليل منها، ويجب إجراء الطرق الاصطناعية في درجة الحرارة والضغط المحيطين.
٧) إعادة استخدام المواد المسترجعة من التفاعل: يجب أن تكون المادة الخام أو المواد الأولية قابلة للتجديد بدلاً من أن تكون مستنفدة كلما كان ذلك عمليًا تقنيًا.
٨) الحد من المشتقات: يجب تجنب الاشتقاق غير الضروري كلما أمكن ذلك.
٩) التقليل من استخدام المحفزات: الكواشف التحفيزية (انتقائية قدر الإمكان) تتفوق على الكواشف المتكافئة.
١٠) انتاج مواد قابلة للاضمحلال: تُصمم المنتجات الكيميائية بحيث لا تبقى في

البيئة في نهاية وظيفتها، وبدلاً من ذلك تتحلل إلى منتجات تحلل غير ضارة.

١١) تقليل المعدل الزمني لمخاطر التلوث من التفاعلات الكيميائية: من خلال مراقبة ظروف التفاعل والتحكم فيه للحد من تكون المواد الخطرة أو منعها كلياً.

١٢) منع الحوادث في التفاعلات الكيميائية: ويشمل ذلك منع حدوث انفجارات أو حرائق مصاحبة.

ونالت الكيمياء الخضراء اهتمام العديد من الدراسات العربية في التربية العلمية ومن خلال استقراء هذه الدراسات يتضح أنها اهتمت بشكل أساسي بتقديم الكيمياء الخضراء في المرحلة الجامعية في برامج إعداد المعلم لتنمية مخرجات تعلم مختلفة، وأغلبها يرتبط بالتربية البيئية بطبيعة الحال، وذلك من خلال اقتراح وحدات تعليمية مثل دراسة ناريمان إسماعيل (٢٠١٩) لتنمية الوعي الاقتصادي، والاتجاه نحو دراستها، ودراسة آية حجاج(٢٠٢٠أ) حول وحدة مقترحة قائمة على مبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها لتنمية الجانب المعرفي ومهارات اتخاذ القرار لدى طلاب كلية التربية، أو بناء برامج تدريبية، مثل دراسة سحر الشافعي (٢٠٢١) لتنمية مهارات التفكير التخيلي والمهارات الحياتية، ودراسة نانيس الشناوي وآخرون (٢٠٢٠) لتنمية القيم البيئية، وكذلك تقويم برامج إعداد معلمي الكيمياء في ضوئها مثل دراسة آية حجاج(٢٠٢٠ب)، أو استخدام بعض تطبيقاتها مثل دراسة مصطفى الشيخ وآخرون (٢٠٢١) لتنمية الوعي بالقضايا البيئية المعاصرة.

- **تطبيقات مختبر الكيمياء الخضراء بالمرحلة الجامعية:**

يرى شارما وآخرون (Sharma, 2011) أنه لا يتم تقديم تجارب مختبر الكيمياء الخضراء لتحل محل التجارب التقليدية بشكل جذري، فهي تعتبر مكملة للبروتوكولات الحالية، وهذا لا يوفر فقط رؤية أوسع للتقنيات المختلفة، ولكنه يدعم التطوير المستقبلي لسياق مختبر الكيمياء الخضراء، وكلما كان ذلك ممكنا، يجب استبدال التجارب التقليدية بأخرى صديقة للبيئة، وقدمت العديد من الدراسات المتخصصة في الكيمياء الخضراء تجارب مهمة لدعم أنشطة المختبر تبعاً لمبادئ الكيمياء الخضراء، ومن أمثلة تلك الدراسات دراسة لام وآخرون (Lam et al., 2020)حول تدريس مفاهيم الاقتصاد الذري والعامل الإلكتروني من خلال تجربة معملية خضراء وهي: الانقسام التأكسدي الهوائي لميزو -هيدروبنزوين إلى بنزالديهايد باستخدام محفز غير متجانس، واستخدام الكواشف البسيطة، حيث ينتج الماء باعتباره المنتج الثانوي الوحيد، وأيضاً دراسة دروني وآخرون (Dorney et al., 2014) حول ترشيح تدفق جسيمات الفضة النانوية الغروية Colloidal Silver Nanoparticles كتجربة معملية "خضراء" لطلاب الكيمياء والهندسة، وهو تقنية "خضراء" بديلة لتنقية وتركيز واختيار حجم الغرويات المتعددة التشتت، من حيث أنها تسمح بالتحليل في الوقت الحقيقي وتقليل استخدام المذيبات الإضافية والمواد الكاشفة بعد التخليق.

وقدمت دراسة دودي (Doody, 2018) عدد من الأنشطة الداعمة لمختبر الكيمياء الخضراء بالمرحلة الجامعية مثل: استخلاص الزيت العطري باستخدام ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج (ويُرمز له بالرمز scCO2 من كلمة supercritical التي تعني فوق الحرج)، وتوليف وتحليل وقود الديزل الحيوي، من خلال استخدام الزيت النباتي كمادة وسيطة، ويتضمن التفاعل هيدروكسيد الصوديوم، لتحقيق إنتاجية عالية وتقليل النفايات، وصنع وقود الديزل الحيوي باستخدام تفاعل الاسترة.

- **أهمية مختبر الكيمياء الخضراء:**

إن تفعيل ممارسات مختبر الكيمياء الخضراء في التجارب التحويلية يمكن أن يكون له آثار محتملة طويلة المدى لتحفيز الطلاب واستبقائهم في مجالات دراسة العلوم، والتكنولوجيا، والهندسة، والرياضيات بالمرحلة الجامعية، فقد عملت دراسة دودي (Doody, 2018) على بحث ما إذا كان تصميم مختبر الكيمياء الخضراء يسهّل تجارب الطلاب التحويلية في دورة الكيمياء العامة في تخصصات العلوم، وشمل ذلك الخبرات التحويلية(Transformative Experience TE)، وتوسيع الإدراك(Expansion Of Perception EP)، والقيمة التجريبية (Experiential Value EV)، واستخدام المحفز (Motivated Use MU) وتشير النتائج إلى أن تصميم مختبر الكيمياء الخضراء يعمل على تسهيل التجارب التحويلية في الكيمياء لطلاب الجامعة.

ومن خلال أنشطة المختبر الأخضر يمكن تنمية القيم البيئية لدى الطلاب، وقيادة أنماط الحياة المستدامة، وهذا ما قامت به دراسة كاربوديوان وآخرون (Karpudewan et al., 2012) والتي أُجريت للبحث في توجهات القيم البيئية لدى معلمي الكيمياء قبل الخدمة بماليزيا أثناء التحاقهم بدورة الكيمياء الخضراء، وقدمت الدراسة (١٠) أنشطة كيميائية صديقة للبيئة، وتوصلت النتائج أن البرنامج المعد حول مختبر الكيمياء الخضراء يعد سياق مناسب لتنمية القيم البيئية.

وبشكل أساسي يساهم مختبر الكيمياء الخضراء في الحفاظ على الماء غير المقطر من عملية التقطير والذي يعد أحد الممارسات الأساسية لمختبر الكيمياء الخضراء، وقدمت دراسة شارما (Sharma, 2011) تقنية تعتمد على مبدأ بسيط وهو إعادة تدوير الماء في وحدة المكثف، حيث قام بإجراء بعض التعديلات على تقنية التقطير من خلال إدخال أجهزة تجميع وتبريد وضخ لإعادة تدوير الماء في أنبوب المكثف مرارًا وتكرارًا هذه التقنية منخفضة التكلفة وفعالة للغاية لإعادة تدوير الماء الناتج من عملية التقطير، وفي ذات السياق عملت دراسة أبو عاصي وآخرون (Abou Assi et al., 2021) حول التحليل الإحصائي لمسح ممارسات المختبر الأخضر، والذي تضمن بشكل أساسي الحفاظ على الماء، وشملت العينة (طالب جامعي- طالب دراسات عليا- مساعد مختبر- محاضر) وأظهرت النتائج أن المحاضر لديه أعلى رتبة في الوعي، والسلوك، والرأي، بينما حصل مساعد المختبر على أعلى متوسط مرتبة للمعرفة، وتوفر هذه الدراسة تحليلًا منطقيًا للرؤى

المستقبلية لتثقيف أعضاء هيئة التدريس حول إعادة استخدام المياه غير المقطرة بشكل مستدام.

- **طرق دعم أنشطة مختبر الكيمياء الخضراء:**

من الأمور التي تدعم مختبر الكيمياء الخضراء قيام الطلاب بتصميم التجارب الخضراء بأنفسهم للتأكيد على الممارسات المستدامة في التصميم التجريبي، وهذا ما قامت به دراسة جراهام وآخرون (Graham et al., 2014) من خلال مشروع في مختبر الكيمياء العضوية، وفيه يقوم الطلاب بإجراء التفاعلات الصديقة للبيئة، بما في ذلك تغيير ظروف التفاعل، وتم اختتام الأنشطة بتقرير يركز على تحليل البيانات المقارنة، ويركز هذا النهج الفريد أيضًا على تعليم الطلاب مهارات البحث المهمة التي ينطوي عليها تحديد إجراءات التفاعلات وإعادة إنتاجها وتعديلها .

ويمكن زيادة التعلم المعتمد على المختبر من خلال امدادات الأنشطة خارج الفصل الدراسي، ومثال ذلك ما قدمه أوبريخت وآخرون (Aubrecht et al., 2015)في سلسلة الرحلات الميدانية المطورة لطلاب المدارس الثانوية حيث تم دعم سبعة أنشطة معملية تغطي الكيمياء الخضراء وإنتاج الطاقة والتدهور البيئي من خلال مجموعة شاملة من أنشطة الفصول الدراسية قبل وبعد المختبر، وعمل الطلاب في مجموعات صغيرة، من خلال إعطاء كل طالب في المجموعة مقالًا علميًا مختلفًا ليقرأه، قبل أن يناقش كمجموعة كيفية ارتباط المقالات ببعضها البعض، والعلاقة بين المقالات والنشاط المخبري.

كما طور راند وآخرون (Rand et al., 2016) طريقة مختلفة لتحسين الفهم المكتسب من العمليات المختبرية، حيث تم توجيه الطلاب لإنشاء مقطع فيديو تعليمي متحرك يتم نشره على موقع YouTube لتجربة تحييد المطر الحمضي acid-rain neutralization، بما في ذلك إعداد المختبر والمفاهيم العلمية في التجربة، وتم تعزيز مهارات الاتصال لديهم، وتمكينهم من توصيل السيناريوهات القائمة على السياق ومبادئ الكيمياء الخضراء عبر اليوتيوب لأغراض التوعية.

وهناك نهج لإثراء الأنشطة القائمة على المختبر تم تصميمه من قبل شاموجاناثان وكاربوديوان (Shamuganathan & Karpudewan, 2017) من خلال تضمين الكتابة العلمية الاستدلالية (Science Writing Heuristics SWH) في تجارب الكيمياء الخضراء لاكتساب مستوى أعلى من التفاعل والاستقصاء في أنشطة الفصول الدراسية، ويُطلب من الطلاب طرح الأسئلة وتقديم طرق لمعالجة هذه الأسئلة فيما يتعلق بالتمارين المخبرية، قبل إجراء الاستقصاءات المناسبة، من خلال تحدي الطلاب للتفكير بشكل أعمق في الموضوع، وأظهرت النتائج أن الطلاب اكتسبوا قدرًا أكبر من المعرفة البيئية .

ويمكن أيضاً استخدام الوسائل التعليمية التي تدعم أنشطة مختبر الكيمياء الخضراء، فقد قامت دراسة مفيدة وآخرون (Mufidah et al., 2019) بتقصي نية الطلاب student intention لدعم برنامج المختبر الأخضر باستخدام نموذج العمل

الاستدلالي المؤيد للبيئة Environmental Reasoned Action model (PERA) لدى طلاب الكيمياء بجامعة تيلكوم Telkom في إندونيسيا، وفي هذه الدراسة تم تصميم أداة كوسيلة تعليمية، والتي تمثلت في مربع اختيار المواد لتسهيل قراءة مخططات اختيار المواد أثناء التدريب العملي على تطوير المنتج، وأظهرت النتائج أن الوسائل التعليمية لها دور في اختيار المواد، وأن إدارة المختبر لها تأثير قوي على رغبة الطلاب في استخدام الوسائل التعليمية الداعمة للمختبر الأخضر.

ويمكن دعم أنشطة مختبر الكيمياء الخضراء أيضاً من خلال إعادة تصميم منهج الكيمياء الخضراء الخاص في مختبر الكيمياء العامة، وقد قامت دراسة أرمسترونج وآخرون (Armstrong et al., 2019) بتدريس الكيمياء العامة الأساسية جنباً إلى جنب مع مختبر الكيمياء العامة الخضراء في جامعة كاليفورنيا، وتم تطوير أكثر من (٣٠) تجربة جديدة عرّفت الطلاب على مفاهيم وتطبيقات الكيمياء الخضراء، مع الحفاظ على أهداف تعلم الكيمياء العامة الأساسية، وتم بحث اتجاهات الطلاب نحو مختبر الكيمياء الخضراء، وأشارت النتائج أن ذلك نجح في توفير بيئة تعلم فيها الطلاب مفاهيم الكيمياء الخضراء وأدركوا أن الكيمياء لها صلات بمهنهم المستقبلية.

كما قدمت دراسة ليو (Liu, 2022) وحدة معملية قائمة على البحث العلمي للطلاب، والكيمياء الخضراء، ومهارات البحث، والكفاءة الذاتية في مقرر معمل الكيمياء العام للفصل الدراسي الثاني، وتم تصميم وحدة المختبر القائمة على الأبحاث بناءً على نموذج الخبرة البحثية القائمة على المقرر course-based research) (experience CURE، والذي يتميز ببحوث علوم المواد باستخدام طريقة تركيبية للكيمياء الخضراء، وأظهرت النتائج أنه تم تنمية التصورات الإيجابية لدى الطلاب عن البحث العلمي والكيمياء الخضراء.

يتضح مما سبق أن أنشطة مختبر الكيمياء الخضراء نالت اهتمام العديد من الدراسات، وأولت هذه الدراسات اهتماماً كبيراً بطرق دعم تلك الممارسات، حيث تم دعمها من خلال تصميم الطلاب للتجارب الخضراء بأنفسهم في التصميم التجريبي (Graham et al., 2014) أو الأنشطة خارج الفصل الدراسي Aubrecht et) (al., 2015 أو بتصميم مقاطع الفيديو(Rand et al., 2016) ، أو من خلال من خلال تضمين الكتابة العلمية الاستدلالية (Shamuganathan & Karpudewan, 2017)، وأيضاً من خلال استخدام الوسائل التعليمية (Mufidah et al., 2019) وأيضاً من خلال تصميم المقررات (Armstrong et al., 2019)، أو اقتراح وحدات(Liu, 2022) وقد استفاد البحث الحالي من هذه الدراسات في التعرف على بناء قائمة بموضوعات مختبر الكيمياء الخضراء التي يمكن تضمينها بالمرحلة الجامعية لتخصص تقنية المختبرات، وكذلك الطرق والمعالجات التي يمكن من خلالها تقديم أنشطة مختبر الكيمياء الخضراء لتنمية الكفاءة الذاتية البيئية والجدل العلمي والمنوط الاهتمام بهما في البحث الحالي.

المبحث الثاني: منهجية تقييم دورة الحياة:Life Cycle Assessment

يتم تناول تقييم دورة الحياة من خلال عرض ماهيتها ووصف مراحلها ومكوناتها، وتطبيقاته وأهميته، والتكامل بينها وبين مختبر الكيمياء الخضراء.

- **ماهية، ووصف منهجية تقييم دورة الحياة:**

تقييم دورة الحياة هو إحدى طرق التحليل في صندوق أدوات البيئة الصناعية، وتتمثل وظيفيتها في تقييم الأعباء البيئية لمنتج أو عملية أو نشاط، وذلك من خلال تحديد استخدام الموارد والانبعاثات، وتقييم الأثر البيئي وصحة الإنسان، وتقييم وتنفيذ فرص التحسين، وهي مجال علمي متقدم يقيم العبء البيئي للمنتج، والتحقيق في نشاطه عن طريق تحديد التدفقات الصافية للمواد الكيميائية والمواد والطاقة المختلفة، وإجراء تحسينات في عمليات دورة حياة المنتج من منظور بيئي (Lankey & Anastas, 2002)، وتتمثل التطبيقات العامة لها في تطوير وتحسين المواد الكيميائية والمنتجات التقنية والعمليات، والتخطيط الاستراتيجي في الشركات، وتم وضع تقييم دورة الحياة في الأيزو ISO 14040 كمرجع معياري (Herrchen & Klein, 2000)، وتعد منهجية دورة الحياة منهجًا علميًا اجتماعيًا، حيث إنه مسألة علمية متعددة التخصصات، وذات صلة بالحياة اليومية للطلاب (Juntunen & Aksela, 2013) وهي تعبر عن كامل عمر المنتج أو العملية، وهذا يعني أنه يتم تسجيل جميع تدفقات الكتلة والطاقة خلال عمر المنتج، بدءًا من اكتساب المواد الخام، ومروراً بالتوزيع والاستخدام، وحتى الترسيب النهائي للنفايات بعد استخدامها، ويُسمى أيضًا من المهد إلى اللحد. (Kralisch et al., 2015)

واقترحت جمعية علم السموم البيئية والكيمياء (The Society (SETAC for Environmental Toxicology and Chemistryهيكل لمنهجية تقييم دورة الحياة على أنها تحليل نوعي و/أو كمي للموارد المستخدمة والانبعاثات المتولدة في دورة الحياة للمواد، وتنقسم التأثيرات المقدرة إلى ثلاث فئات عريضة وهي: صحة الإنسان، والصحة البيئية، واستخدام الموارد، والتوصيف، ويمكن إجراء التقييم إما نوعيًا أو كميًا بواسطة لجان الخبراء أو عن طريق مقارنة ملفات التحميل البيئية (Arvanitoyannis, 2008)

وهي إحدى الأدوات الرئيسية لتحليل الآثار البيئية البشرية، والذي تأخذ في الاعتبار دورة الحياة الكاملة لمنتج أو عملية ويقيم التأثيرات البيئية من حيث فئات التأثير البيئي المختلفة التي تتجاوز النظر في تدفقات الكتلة أو الطاقة (Kralisch et al., 2015) ويرى لانكي وأنستاز (Lankey & Anastas, 2002) أن تقييم دورة الحياة يتكون من أربعة مكونات أساسية هي: (١) تعريف نطاق وحدود التقييم، (٢) تحليل المخزون، حيث يتم قياس استخدام الطاقة وتدفقات المواد من خلال استخدام موازين الكتلة والطاقة، (٣) تحليل التأثير لتحديد التأثير على البيئة الخارجية وصحة الإنسان، (٤) تحليل التحسين، والذي يمكن تنفيذه من خلال طرق مثل الكيمياء الخضراء، وتصميم البيئة، ويوضح (Swarr et al., 2017) أن تقييم دورة

الحياة على المستوى البحثي للمنتجات والعمليات يتكون من أربع خطوات وهي: تحديد الهدف والنطاق، والغرض من البحث، وكيف سيتم استخدام النتائج، والجمهور المقصود الذي سيتم إبلاغ النتائج إليه.

وأوضح هيرشن وكلاين (Herrchen & Klein, 2000) أن تقييم دورة الحياة يشمل أربع خطوات وهي:

١- تحديد الهدف النهائي وتطبيق النتائج: وفيها يجب تحديد ما إذا كان سيتم إجراء تحليل حول المنتج ويتم الكشف عنه للجمهور، لأن هذا النطاق يؤدي إلى العديد من الخطوات الفرعية وعرض النتائج النهائية.

٢- تحليل المدخلات والمخرجات: وفيها يتم توثيق أي تدفق للمواد والطاقة داخل حدود النظام، وكذلك الدخول إلى النظام والخروج منه، ويمكن أن تكون المادة، في هذا السياق، إما منتجات معقدة أو انبعاثات كيميائية.

٣- تقييم الأثر: والذي يتم تقسيمه إلى خطوتين وهما: أ) التصنيف: حيث يتم تخصيص تدفقات المواد والطاقة التي تم جمعها حول المشاكل البيئية، ب) التوصيف: من خلال تقييم مساهمة بيانات المدخلات / المخرجات المخصصة لفئة التأثير المعنية لتؤدي في النهاية إلى ملف تعريف التأثير، ويمكن تحقيق ذلك باستخدام النماذج، التي تجمع بين بيانات الإدخال / الإخراج من المخزون وما يسمى بالمؤشر الذي يعبر عن التأثيرات أو الأضرار البيئية.

٤- التفسير: وفيها يمكن إجراء اختيارات القيمة لفئات التأثير.

وفي هذا السياق يرى كراليش وآخرون (Kralisch et al., 2015) إن تقييم المؤشرات المتعلقة بالمدخلات هو بالفعل مسألة معقدة، وبالنسبة لفئة تأثير تغير المناخ(Climate Chang CC) ، يمكن وصف سلسلة التأثير على النحو التالي:

١- التأثير الأساسي: زيادة تركيز الغازات في الغلاف الجوي الذي يمتص الإشعاع (يمكن أن يكون المؤشر هنا هو القيمة المقاسة للغازات ذات الصلة).

٢- التأثير الثانوي: زيادة درجة الحرارة.

٣- التأثير الثالث: التغيرات في المناخ (تأثيرات مختلفة على المناخ في مناطق مختلفة من العالم)

٤- من خلال ما سبق يتضح أن تقييم دورة الحياة هي طريقة لتحليل مختلف التأثيرات البيئية، وتقييم الأعباء البيئية لمنتج أو عملية أو نشاط، وذلك من خلال تحديد استخدام الموارد والانبعاثات، وتقييم أثره على البيئة وصحة الإنسان، وأيضاً فرص التحسين، كما أن تقييم دورة الحياة يتضمن العديد من المراحل التي يتم تطبيقها والتي تتضمن تحليل المدخلات والمخرجات في عملية الإنتاج للمواد، وتقييم أثرها على البيئة حتى يتم التخلص النهائي منها، وأنها ليست مفهومًا بسيطًا ويجب أن يرتبط بالسلوكيات اليومية

للأفراد، ومختلف عمليات الإنتاج، وأنه باستخدام تقييم دورة الحياة يمكن المساعدة في اتخاذ القرارات بشأن المركب الكيميائي الذي يجب استخدامه، ويمكن تطبيقها في التطوير المبكر للمركبات أو الإجراءات الجديدة.

- **تطبيقاتها وأهميتها:**

يعد تقييم دورة الحياة أحد الجوانب الرئيسية لتشجيع وعي الطلاب حول الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المرتبطة بمختلف المنتجات، ويمكن تحقيق ذلك من خلال تطوير لعبة لوحية لتعلم تقييم دورة الحياة، وبحث فاعليتها من خلال تجربتها مع طلاب الجامعة، وتضمين القضايا الرئيسية، مثل تكوين مزود الطاقة، وكفاءة الوقود، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالإنتاج، وظروف التشغيل والكفاءة، والمنتجات أحادية الاتجاه مقابل المنتجات المعمرة (Kurisu et al., 2021) كما يعد تدريب طلاب الجامعة على فهم بيانات تقييم دورة الحياة هام للبحث الفعال، وقيادة الأعمال التجارية، واتخاذ القرارات الاجتماعية والسياسية، لذا فقد قامت دراسة بانيرجي وراي (Banerjee & Ray, 2022) بالاهتمام بتقييمات دورة الحياة من الناحية الاقتصادية لثلاث مواد كيميائية أساسية وهي: الإيثيلين، وأكسيد الإيثيلين، وحمض التريفثاليك، والهامة لصناعة البلاستيك والألياف الاصطناعية والعديد من المنتجات الاستهلاكية الأخرى.

كما ويتميز تقييم دورة الحياة بالعديد من المزايا نظراً لقابليتها للتطبيق الواسع وصلاحيتها، وقد اكتسبت قبولًا عالميًا كأداة مفيدة للتخطيط الاستراتيجي وتطوير العمليات وكذلك صنع السياسات، وذلك بفضل تطوير هذه الطريقة في الأربعين عامًا الماضية، ويمكن تطبيقها لتقييم جميع أنواع التقدم في الكيمياء الخضراء والهندسة الخضراء، كما تسهم في توفير الوقت والمال من خلال المساعدة في تحديد المشكلات المهمة المرتبطة بدورة حياة المنتجات، وبالتالي تحقيق الفوائد البيئية والاقتصادية على حد سواء(Kralisch et al., 2015) .

وأوضحت دراسة جونتونين وأكسيلا (Juntunen & Aksela, 2013) أن تقييم دورة الحياة يعمل على تحسين جودة التنور البيئي للطلاب وتعليم الاستدامة في تدريس الكيمياء بالمرحلة الثانوية، من خلال الجمع بين القضية الاجتماعية والعلمية لدورة الحياة مع مناهج التعلم القائمة على الاستقصاء، وأظهرت النتائج أن المشروع له أثر إيجابي على اتجاهات الطلاب نحو تعلم الكيمياء، وكانت التغييرات في التنور البيئي واضحة في إدراكهم الجديد حول أهمية حماية البيئة وإعادة التدوير، لكنهم أدركوا أن تغيير سلوكهم لا يزال صعبًا، وتوصلت دراسة لانكي وأنستاز (Lankey & Anastas, 2002) أن تدريس تقييم دورة الحياة يعزز أيضاً آراء الطلاب حول قضايا البيئة، ويدعم تنفيذ تقييم دورة الحياة، والأساليب ذات الصلة في العمليات الكيميائية الخضراء، ويدعم بقوة تطوير مفاهيم أكثر اخضرارًا على أساس رؤى عميقة في التبعيات بين اختيار المركبات، والتأثيرات البيئية الناتجة.

من خلال ما سبق يتضح أن تقييم دورة الحياة له أهميته في تعلم الكيمياء لدى الطلاب في المرحلة الجامعية بصفة خاصة (Banerjee & Ray, 2022; Kralisch et al., 2015; Kurisu et al., 2021) لتعزيز آرائهم حول قضايا البيئة، ودعم دورهم في الحفاظ على البيئة، واكتساب مفاهيم الاستدامة، وأنها مجال هام لتقييم التقدم في الكيمياء الخضراء، وذلك من خلال توفير معايير لاختيار المواد الكيميائية الأكثر إخضراراً، وأن تقييم دورة الحياة له أهميته الاقتصادية في مختلف عمليات الإنتاج، وبالتالي فإن تقييم دورة الحياة يساهم في تهيئة طلاب الكيمياء في اختيار وكذلك البحث عن المواد الكيميائية الصديقة للبيئة في ممارستهم المهنية.

- **التكامل بين الكيمياء الخضراء وتفكير دورة الحياة:**

تعتمد معظم مقاييس الكيمياء الخضراء على الكتلة، والتي لا تُقّدر التأثير البيئي أو تساعد في مواجهة التحديات الاجتماعية والاقتصادية العالمية، وبالتالي يجب الاهتمام أيضاً بتقديم مفاهيم ومبادئ الكيمياء الخضراء مع تقييم دورة الحياة وأوضحت النتائج أن استخدام الأدوات التكميلية يُمكّن الطلاب من اتخاذ قرارات أكثر استنارة والتي لا يمكن دعمها باستخدام الكيمياء الخضراء وحدها، وتحقيق مبادئ الاستدامة في مختلف المهن في الصناعة والأوساط الأكاديمية وبالتالي تحقيق الوعي لدى الكيميائيين في المسؤولية البيئية والاجتماعية.(Reyes et al., 2022)

وقدمت دراسة كامانا وآخرون (Camana et al., 2022) تحليلاً مفصلاً (تحليل المنشورات الموجودة في قاعدتي بيانات رائدتين Web of Science, Scopus) حول تقييم ما إذا كان يمكن دمج مبادئ الكيمياء الخضراء في منهجية تقييم دورة الحياة، لتحقيق أهداف الاستدامة، وتظهر النتائج أنه يمكن دمج تفكير دورة الحياة، والكيمياء الخضراء في دراسات الحالة النظرية والعملية، نظرًا لوجود العديد من الترابطات، وتسمح هذه الترابطات باستخدام أفضل خصائص كل طريقة لتحسين موثوقية الطريقة الأخرى.

ويمكن تجميع أهداف الكيمياء الخضراء في ثلاث فئات شاملة، يمكن من خلالها التكامل مع منهجية تقييم دورة الحياة كالتالي:(Swarr et al., 2017)

١- استبدال المواد الكيميائية الخطرة ببدائل أكثر أمانًا (المبادئ ٣، ٤، ٥، ١٠، ١١، ١٢).

٢- تصميم العمليات لتكون أكثر كفاءة في استخدام الطاقة والمواد (المبادئ١، ٢، ٦، ٨، ٩، ١١)

٣- تشجيع الانتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة (المواد والطاقة) (المبادئ ٦، ٧).

وهناك اثنين من الأدوات المستخدمة في الصناعة لمقارنة الاخضرار والتأثيرات البيئية للتفاعلات الكيميائية وهما: ١) برنامج دوزن DOZN 2.0، وهو برنامج مجاني على الإنترنت للمبادئ الاثني عشر للكيمياء الخضراء، (٢) تقييم دورة الحياة وهو يعبر عن المقاييس المتكاملة مع أنظمة التفكير لربط التفاعلات الكيميائية بأهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة.(Reyes et al., 2022)

وربما تكون الميزة الأكثر أهمية لتقييم دورة الحياة هي توفير إطار عمل منظم لدمج أهداف الكيمياء الخضراء بشكل أفضل في إجراءات تصميم المنتج والعملية، ويمكن تطوير المقاييس الخضراء البسيطة أو طرق فحص تقييم دورة الحياة المختصرة المصممة لقطاعات معينة لتعزيز استخدامها في عمليات صنع القرار، ويتيح ذلك استخدام تقييم دورة الحياة خلال مرحلة التصميم المبكرة لطرق الكيمياء الخضراء الجديدة بطريقة مبسطة للحصول على انطباع أولي عن الآثار البيئية المحتملة لاستخدام تصميمات عمليات ومواد خام مختلفة.(Swarr et al., 2017)

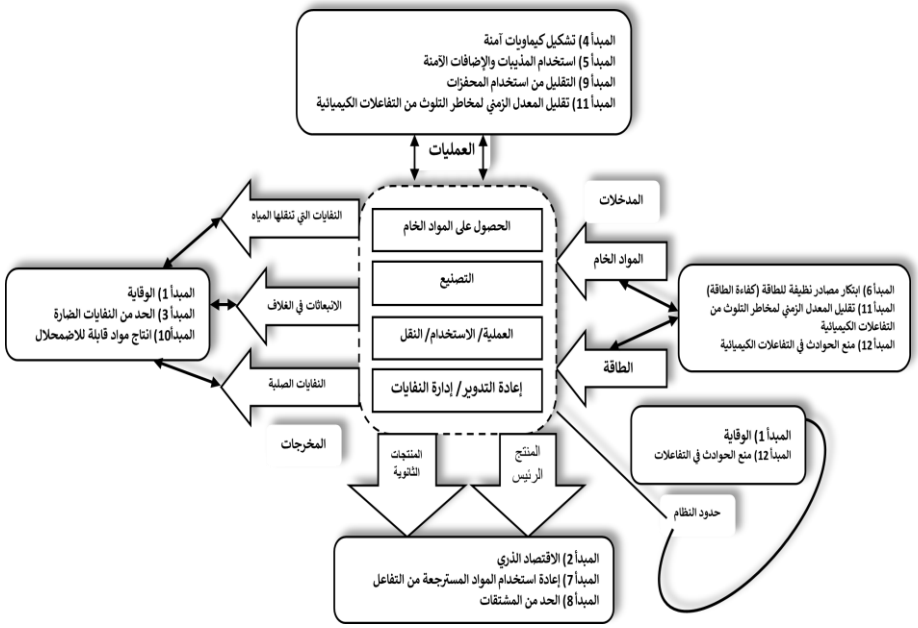
وأوضحت دراسة هيرشن وكلاين (Herrchen & Klein, 2000) أن الكيمياء الخضراء لا تركز على عملية الإنتاج المركزية للمادة الكيميائية الخضراء فحسب، ولكنها تتطلب في النهاية نهجًا مفاهيميًا لدورة الحياة لكل منتج كيميائي، ويشتمل النهج المفاهيمي لدورة الحياة على النظر في جميع المراحل على طول دورة حياة المادة الكيميائية (أي استخراج المواد الخام، والتجهيز، والإنتاج، والاستخدام، وإعادة التدوير، والتخلص النهائي منها) بالإضافة إلى مراعاة الآثار البيئية التي تسببها، والمواد المساعدة (مثل المذيبات والمواد المضافة، ويمكن إجراء استخدام كلتا المنهجيتين والجمع بينهما، كما بالجدول التالي:

جدول ١

أدوات تطبيق تقييم دورة الحياة في الكيمياء الخضراء (Herrchen & Klein, 2000, 1250)

الأداةTool	مرحلة تقييم دورة الحياة
تحليل تدفقات المواد والطاقة	مرحلة استخراج المواد الخام ومرحلة ما قبل الإنتاج
التعامل مع المواد الخطرة	مرحلة الإنتاج مع التركيز على حماية العمال
تصنيف المخاطر للمركبات المنبعثة	لتحسين عملية الإنتاج الفرعية الحرجة بيئيًا لموقع الإنتاج
تقييم المخاطر بشكل مفصل	من أجل موقع الإنتاج
تقييم المخاطر القائم على السيناريو	من أجل الحماية النهائية للمستهلك.

من خلال ما سبق يتضح أن تقييم دورة الحياة والكيمياء الخضراء كل منهما له هدف أساسي ألا وهو المساهمة بفاعلية في المحافظة على البيئة، ومنهجيته في تحقيق ذلك، ولتحقيق المزيد من الفاعلية يمكن التكامل بين كل منهما، وذلك للحفاظ على البيئة في مختلف المهن المرتبطة بالصناعة بصفة عامة وبتخصص الكيمياء بصفة خاصة، والاستخدام المتكامل لكل منهما قد يسهم في رفع مستويات الاهتمام بالبيئة والمحافظة عليها في الأوساط الأكاديمية وفي مختلف المهن المرتبطة بالكيمياء، ويمكن التكامل بينهما كما بالشكل التالي:



شكل ١ التكامل بين الكيمياء الخضراء ومنهجية تقييم دورة الحياة

من الشكل السابق يتضح أن التكامل بين كل من منهجية تقييم دورة الحياة، ومختبر الكيمياء الخضراء، يكون من خلال تطبيق تلك المبادئ وتكاملها في مراحل تقييم دورة الحياة، وذلك كالتالي:

- المدخلات: تتضمن المدخلات في دورة الحياة كل من المواد الخام، والطاقة، وفيها تتكامل المبادئ التالية: المبدأ (١) ابتكار مصادر نظيفة للطاقة، والمبدأ (١١) حول تقليل المعدل الزمني للتلوث من المواد الكيميائية، والمبدأ (١٢) المرتبط بمنع الحوادث في التفاعلات الكيميائية.
- العمليات: تتضمن العمليات في دورة الحياة كل من الحصول على المواد الخام، والتصنيع، وعمليات الاستخدام والنقل، وإعادة التدوير والنفايات وفيها تتكامل المبادئ التالية: المبدأ (٤) تشكيل مواد آمنة، والمبدأ (٥) استخدام المذيبات الآمنة، والمبدأ (٩) التقليل من استخدام المحفزات، والمبدأ (١١ حول تقليل المعدل الزمني للتلوث من المواد الكيميائية)
- المخرجات: تتضمن المخرجات في دورة الحياة كل من المنتجات الأساسية، والمنتجات الثانوية، وفي ذلك يجب تطبيق المبدأ (٢) حول الاقتصاد الذري، والمبدأ (٧) حول استخدام المواد المسترجعة من التفاعل، والمبدأ (٨) الحد من المشتقات وتتضمن المخرجات أيضاً النفايات التي تنقليها المياه، والانبعاثات، والنفايات الصلبة، وفيها يتم تطبيق المبدأ (١) المرتبط بالوقاية، والمبدأ (٣) للحد من النفايات الضارة، والمبدأ (١٠) حول انتاج المواد القابلة للاضمحلال.

- حدود النظام: ويتضمن ذلك المبادئ المصاحبة لكل المراحل فقد يتضمن ذلك المبدأين (١، ١٢) فالمبدأ (١) يتعلق بالوقاية لمحاولة منع النفايات، والمبدأ (١٢) حول أهمية عنصر الأمان، ومنع الحوادث في التفاعلات الكيميائية.

المبحث الثالث: الكفاءة الذاتية البيئية Environmental self-efficacy

يتم تناول هذا المبحث من خلال التطرق إلى ماهية الكفاءة الذاتية البيئية، وأهميتها، وأبعادها.

- **ماهية الكفاءة الذاتية البيئية:**

تقوم نظرية الكفاءة الذاتية Theory of Self-Efficacy (ToSE) على النظرية المعرفية الاجتماعية وتصور التفاعل بين سلوك الشخص والبيئة باعتباره علاقة متبادلة ثلاثية، وتصف هذه النظرية معتقدات الأفراد حول ما إذا كان بإمكانهم أداء سلوك (توقع الكفاءة الذاتيةself-efficacy expectancy) وما إذا كان هذا السلوك سيؤدي إلى نتيجة معينة (توقع النتيجةoutcome expectancy)، وهي المعتقدات حول القدرة على ممارسة السيطرة على الأحداث التي تؤثر على الحياة، كما تشير إلى تصور الفرد أنه يمتلك المعرفة والمهارات اللازمة للتوافق مع اتجاهاته ومعتقداته، وتستلزم الاعتقاد بأنه يمكن للمرء أن يؤدي سلوكًا صريحًا (Bandura, 2012) وتؤثر على شعور الناس وتفكيرهم وتصرفهم في مواقف معينة، وتم تعريفها بأنها تقييم شخصي لقدرة الفرد على تعبئة الدافع والقدرات المعرفية والسلوك اللازم للتعامل مع سيناريو وشيك، وتم وصفها على أنها آراء الفرد حول قدرته على أداء السلوكيات التي ستؤثر بشكل إيجابي على أجزاء مهمة من حياته، والتي يمكن أن تؤثر أيضاً على جهود الأشخاص في أداء سلوك معين (Bandura, 2002)

وإلى جانب الكفاءة الذاتية العامة Generalized Self-Efficacy (GSE) قام علماء النفس البيئيون بالتحقيق في أشكال خاصة بمجال معين من الكفاءة الذاتية، من حيث صلتها بسلوكيات معينة، مثل توفير الكهرباء (Thqgersen & Grqnhqj, 2010) أو إعادة التدوير (Tabernero & Hernández, 2011)، أو فيما يرتبط بالبيئة بصفة عامة (Eck, 2022; Moeller & Stahlmann ,2019) وتماشيًا مع تعريف الكفاءة الذاتية، فإن الكفاءة الذاتية البيئية تشير بالتالي إلى الشعور بالكفاءة والفعالية في تنفيذ السلوكيات المرتبطة بالبيئة، والأفراد الذين يعتقدون أن لديهم المهارات المطلوبة لذلك هم أكثر عرضة لإظهار سلوك بيئي أكثر مسؤولية، وتؤثر الكفاءة الذاتية على اختيار الإجراءات، وكمية الطاقة المستثمرة في مهمة ما وطول الوقت الذي يثابر فيه الأفراد دون تحقيق النتائج المرجوة، وبالنظر إلى هذه النتيجة فمن المتوقع أن تكون الكفاءة الذاتية البيئية مرتبطة بالسلوك البيئي للفرد، والكفاءة الذاتية لسلوك معين هي سابقة مهمة لهذا السلوك (Ojedokun & Balogun, 2010) وهي تعبر عن إيمان الناس بقدراتهم على إنتاج التأثيرات المرغوبة في البيئة من خلال أفعالهم (Moeller & Stahlmann ,2019)

ويشرح باندورا (Bandura, 2006) أن المقاييس الخاصة بالكفاءة الذاتية البيئية مُفضلة على مقاييس الكفاءة الذاتية العامة، والتي عادةً ما يكون لها قيمة تفسيرية وتنبؤية محدودة، لأن معظم العناصر في اختبار متعدد الأغراض -all purpose test وغير محدد بمجال قد يكون لها علاقة قليلة أو معدومة بمجال نوعي محدد، وتم دعم هذه الفكرة في دراسة (Hanss &Böhm, 2010) والتي أظهرت أن سلوك الاستهلاك المستدام مرتبط بالكفاءة الذاتية البيئية، ولكن ليس بالكفاءة الذاتية العامة.

من خلال ما سبق يتضح أن الفكرة الرئيسية وراء نظرية الكفاءة الذاتية هي أن حياة الشخص يتم توجيهها في كثير من الأحيان من خلال اقتناع الفرد بمهاراته، فعلى سبيل المثال يرى الأشخاص ذوو الكفاءة الذاتية العالية أن العقبات شيء يمكن التغلب عليه من ناحية أخرى، والأشخاص ذوو الكفاءة الذاتية المنخفضة أنهم لا يستطيعون ويفضلون اختيار المهام البسيطة، والمستوى العالي من الكفاءة الذاتية يشجع الأفراد على التركيز أكثر على احتمالات النجاح، بينما يتجاهلون التحديات أو ينظرون إلى هذه التحديات على أنها جزء من الموقف، ويتضح أن الكفاءة الذاتية البيئية منبثقة عن الكفاءة الذاتية بمفهومها العام، وذلك بما يرتبط بسلوك الأفراد تجاه البيئة، وهي تعبر عن مدى إيمان واقتناع الافراد بقدرتهم على التأثير على البيئة، وأن الكفاءة الذاتية البيئية يمكن قياسها من خلال موضوعات بيئية محددة مثل إعادة التدوير (Tabernero & Hernández, 2011) ونوايا توفير الكهرباء (Thqgersen & Grqnhqj, 2010) أو يمكن قياسها بما يرتبط بالبيئة بشكل عام (Eck, 2022) .

- **أهمية الكفاءة الذاتية البيئية:**

توصلت دراسة (Eck, 2022) إلى أن الكفاءة الذاتية تعمل كقوة دافعة، وأنها أحد العوامل النفسية التي تؤثر على كل من النوايا المؤيدة للبيئة (pro-environmental intentions PEI) لأداء السلوك المؤيد للبيئة، وأظهرت نتائج دراسة (Ojedokun & Balogun, 2010) أن مفهوم الذات والكفاءة الذاتية البيئية يرتبطان بشكل كبير بالسلوك البيئي المسؤول للأفراد، وأن المستويات المنخفضة من مفهوم الذات والكفاءة الذاتية البيئية قد تمنع الاتجاه البيئي المطلوب، وهذا يعني أنه بدون تحسن كبير في الكفاءة الذاتية البيئية، قد لا تتحسن الاتجاهات البيئية.

والكفاءة الذاتية البيئية ترتبط بالاستدامة حيث يمكن أن تساعد في فهم تطور السلوكيات الصديقة للبيئة (Sawitri et al., 2015)، ويمكن أن ترتبط أيضاً بالاستدامة، فالأفراد الذين يتمتعون بحكم أعلى على قدرتهم على إعادة التدوير ينخرطون في المزيد من سلوك إعادة التدوير (Tabernero & Hernández, 2011)، والأفراد الذين لديهم مستويات أعلى من الكفاءة الذاتية البيئية يشاركون في السلوك المؤيد للبيئة أكثر من الأفراد الذين لديهم مستويات أقل من الكفاءة الذاتية (Moeller & Stahlmann, 2019) وتوضح دراسة (Moeller &

(Stahlmann ,2019 أن تأييد نقاط القوة في الشخصية قد يؤدي إلى الكفاءة الذاتية البيئية، والتي يمكن اعتبارها مؤشرًا على الازدهار والرفاهية المجتمعية.

- **سمات الأفراد الذين يتمتعون بكفاءة ذاتية بيئية عالية، وأبعادها:**

يعتقد الأفراد ذوو الكفاءة الذاتية البيئية العالية أن سلوكهم يمكن أن يغير البيئة، وبالتالي سيتم تعزيز قدراتهم على الانخراط في سلوك بيئي معين (Huang, 2016)، فعلى سبيل المثال، أكد بنيامين وآخرون(Hanss &Böhm, 2010) أن الأشخاص ذوي الكفاءة الذاتية البيئية العالية هم أكثر عرضة لتقليل بصمات الكربون الخاصة بهم، وأوضح وايت وآخرون(White et al., 2011) من أن الأشخاص ذوي الكفاءة الذاتية البيئية العالية هم أكثر استعدادًا لإجراء سلوك إعادة تدوير النفايات، ويعتقدون أن سلوكهم المنخفض الكربون يمكن أن يقلل من انبعاثات الكربون وبالتالي يساهم في التخفيف من تغير المناخ.

ويميل الأفراد الذين يصفون أنفسهم بأنهم يتمتعون بالكفاءة الذاتية بيئيًا بما يلي: (Moeller & Stahlmann ,2019)

- الاعتقاد بأنهم بحاجة إلى التصرف وأن أنشطتهم البيئية تحدث فرقًا.
- القدرة على موازنة السلوك المؤيد للبيئة مع أهدافهم وتطلعاتهم الأخرى.
- معرفة كيفية اتخاذ الإجراءات اللازمة للتعامل الصحيح مع البيئة.
- السعي لاتخاذ المزيد من الإجراءات للتعامل الصحيح مع البيئة.

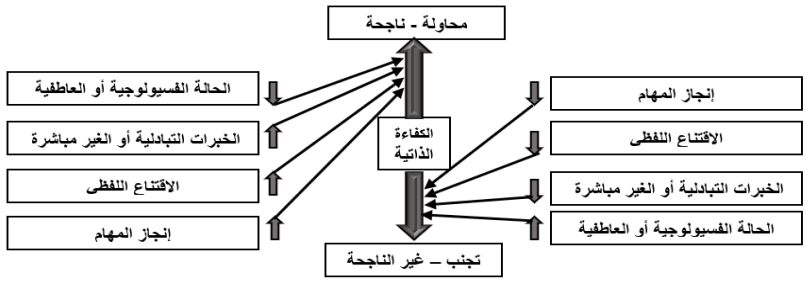
ووصف باندورا أربعة أبعاد رئيسية للفعالية الذاتية وهي:(Bandura, 2002)

١- تجارب الإتقان النشط enactive mastery experiences: وتعبر عن النجاحات الحقيقية في التعامل مع موقف معين.

٢- الخبرات أو التجارب غير المباشرة vicarious experiences: وهي المواقف التي يُقّدر فيها الناس قدراتهم مقارنة بالآخرين.

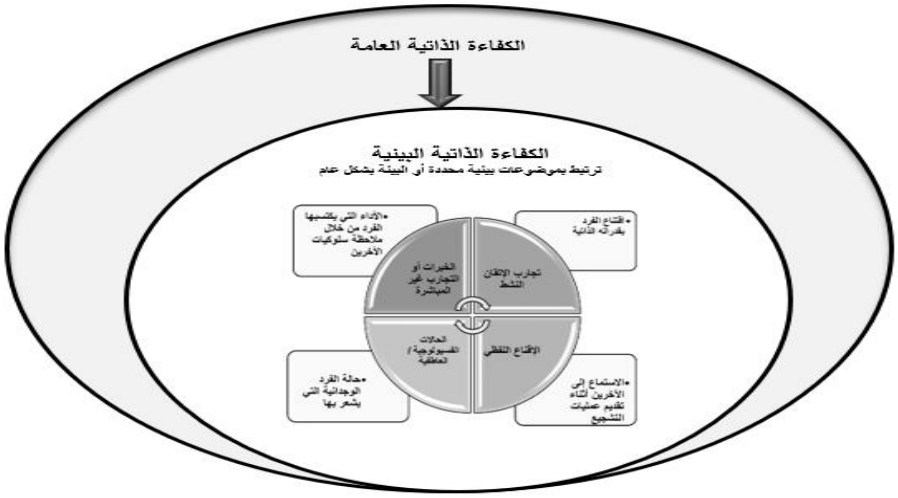
٣- الإقناع اللفظي verbal persuasion: مهارة الفرد وقدرته على الاستماع إلى الآخرين أثناء تقديم عمليات التشجيع والتدعيم.

٤- الحالات الفسيولوجية / العاطفيةphysiological/affective state: وهي ردود أفعال الأفراد تجاه إجهادهم وخوفهم وقلقهم، ويمكن أن تؤدي المستويات المعتدلة من التوتر إلى تنشيط الأشخاص ذوي الإنجازات العالية، ولكنها يمكن أن تُضعف الأفراد ذوي الإنجاز المنخفض.



شكل ٢ المحددات الرئيسية للكفاءة الذاتية (Bandura, 1997)

وقامت العديد من الدارسات بالاعتماد على الإطار الذي حدده باندورا(Bandura, 2002) في قياس ابعاد الكفاءة الذاتية البيئية، وتوظيف تلك الابعاد فيما يتعلق بدراساتهم النوعية مثل دراسات كل من (Johnson, 2020; Liu et al., 2022; Thqgersen & Grqnhqj, 2010)



شكل ٣ العلاقة بين الكفاءة الذاتية وأبعادها، والكفاءة الذاتية البيئية

المبحث الرابع: الجدل العلمي :Scientific Argumentation

يتم تناول الجدل العلمي من خلال التطرق لماهيته ومهاراته، وقياسه، وأهميته، وتنميته في التربية العلمية، والجدل العلمي والكيمياء الخضراء.

- **ماهية الجدل العلمي، ومهاراته:**

الجدل العلمي عبارة عن ادعاء يُستخدم لإقناع الأفراد بفكرة معينة أو تقويتها من خلال تضمين عناصر مختلفة، وهي الادعاءات والبيانات والأدلة والضمانات لتقوية الفرضية وتعزيزها بآراء بديلة لتقوية الادعاء الأولي، ويمكن استخدام الحجج لتقوية المفاهيم أو النتائج أو النظريات الجديدة (Anshori & Sastromiharjo, 2023)

وهو القدرة على تكوين ادعاء بناءً على أدلة وأسباب مبررة مفيدة في إقناع موقف أو قيمة، والجدل العلمي يختلف عن الجدل بشكل عام، ويكمن الاختلاف في الجدل العلمي في ضرورة توافر الادعاءClaim، والدليلEvidence، والتبريرJustification، ويحتوي الادعاء على بيان وصفي يمكن أن يحل مشكلة البحث، ويحتوي الدليل على قياسات أو ملاحظات أو نتائج بحث أخرى تم إجراؤها، ويشرح مكون الحجة الظاهرة مع الأدلة ذات الصلة والمحاور حول المفهوم الصحيح. (Utami et al., 2022)

ويرى أسبورن وآخرون (Osborne et al., 2016) أن الجدل عملية بناء Constructionونقد Critique على وجه الخصوص، لأن بناء المعرفة هو عملية جدلية بين البناء والنقد، ويحاول البناء استخدام الحجة للدفاع عن فرضية تفسيرية ودعمها، أو للدفاع عن تفسير معين للبيانات أو التصميم التجريبي، وعلى النقيض من ذلك، فإن النقد هو محاولة لإثبات سبب خطأ أو عدم صحة الحجة، ويؤكد دوشل وأسبورن (Duschl & Osborne, 2002) أن الجدل العلمي ليس مجرد تبادل الحوارات الساخنة بين المتنافسين، والفوز أو الخسارة، وليس محاولة للتوصل إلى حل وسط، بل هو شكل من أشكال الخطاب المنطقي الذي يهدف إلى استخلاص العلاقة بين الأفكار والأدلة العلمية، ويختلف الجدل عن التفسيرexplanation حيث يسعى الأخير إلى تحديد العلاقات التبعية التي تجيب على السؤال السببي عن سبب حدوث ظاهرة معينة، علاوة على ذلك، فإن الهدف من التفسير هو الفهم، على النقيض من ذلك، فإن الهدف من الجدل هو الإقناع(Osborne et al., 2016) .

من خلال ما سبق يتضح أن الجدل العلمي له أركان أساسية مثل الادعاء والحجة، والتفسيرات، وأنه يعد بمثابة مهارات عقلية عليا يتم ممارستها في سياق اجتماعي يشترك فيه مجموعات الطلاب لتبرير أو مساندة ادعاء معين باستخدام الدليل القائم على البيانات وعرض التفسيرات، وبناءً على ذلك يتم تأهيل الادعاء للقبول أو دحضه ونفيه، وهدفه الأساسي هو الوصول للحقيقية، وتحقيق فهم أعمق لمختلف القضايا أو المشكلات، وذلك من خلال عرض وجهات نظر معينة يتم من خلالها تقديم مبررات وبراهين وأدلة تساعد في التوصل للحل الصحيح.

ويمكن تصنيف الجدل العلمي إلى نمطين وهما (Driver et al., 2000, 290):

١- النمط الديداكتيكي التعليمي didactic :ويسمى في بعض الأدبيات بالنمط الخطابي rhetoricalوهذا النمط يستخدمه المعلمون في الدروس العلمية سواء لإثبات صحة نظرية ما، أو لنفي أخرى وهذا النمط من الجدل يتصف بأنه إخباري وأحادي الاتجاه من المعلم إلى الطالب.

٢- النمط الديالوجي أو متعدد الأصواتmultivoiced :ويمتاز هذا النمط بتعددية الاتجاهات ووجهات النظر، ويتضمن وجود ادعاء رئيسي يختلف حوله طرفان، يقدم كل منهما دلائل داعمة أو داحضة وهو لغوي ثقافي

اجتماعي، وهو يتيح الفرصة لطرح الأسئلة، وإبداء وجهات نظر مغايرة.

ويتضح إجمالاً أن الجدل العلمي له هدف مغاير عن الجدل في السياقات الأخرى، فهو يهتم بالادعاءات القائمة على استخراج الأدلة، وتقديم الأدلة والبراهين المرتبطة بالحقائق والمفاهيم العلمية، وليس هدفه التنافس على الفوز أو الخسارة لأي من أطراف الجدل، ولكنه يهتم بترسيخ المعرفة العلمية لدى الطلاب عن طريق الفحص والتنقيح لما يتم تقديمه من معلومات علمية، كما يتضح أن الجدل العلمي قد يتضمن النمط الديداكتيكي، والديالوجي تبعاً لنوعية الموضوع العلمي الذي يتم تناوله، وأن النمط الديداكتيكي قد يكون هو الأكثر شيوعاً في تعلم العلوم.

- **مهارات الجدل العلمي:**

هناك العديد من النماذج التي تم تقديمها لمهارات الجدل، ومن أشهر هذه النماذج نموذج تولمين (Toulmin, 1958) وهو أول نموذج يصف بنية الجدل وعملياته ويتكون النموذج من العناصر التالية: (مشهور البطران، ٢٠٠٩، ٨٦)

١- البياناتData : وهي المعلومات في صورتها الأولية التي يستخدمها الطرفان لدعم الادعاء.
٢- الادعاءات claim :ويمثل القضية المراد تعميمها، والمختلف بشأنها.
٣- المبرراتWarrants : وهي الروابط (قواعد، مبادئ، حقائق... الخ) التي تربط ما بين البيانات والادّعاءات.
٤- الدلائل/المساندات Backings :وهي الأدلة التي تسند الادعاءات.
٥- وأضاف تولمين عنصرين آخرين في المستويات العليا من المجادلات، وهما:
٦- مجال التأهيل Qualifiers (الحيثيات أو المؤهلات) أي الظروف التي يتأهل فيها الادعاء إلى مرتبة الحقيقة العلمية.
٧- مجال النفي Rebuttals (الطعون)أي الظروف التي تبطل فيها صحة الادعاء.

ووضع سمبسون وزملاؤه (Sampson et al., 2013) إطاراً للجدل العلمي والذي يعتمد بشكل أساسي على نموذج تولمينToulmin الذي يتضمن الادعاء والذي يعد بمثابة تخمين أو استنتاج أو مبدأ أو إجابة أخرى على سؤال بحثي، والأدلة وهي التي تدعم الادعاءات، ومبررات الأدلة والتي تقدم التفسيرات، ويتم استخدام نموذج تولمين في العديد من السياقات ومنها السياقات القانونية، وفي اللقاءات العلمية المهنية، والحلقات الدراسية في الجامعات، وفي مجال العلوم، وقد استخدمته دراسة إيسكن، وأوجان بيكيروجلو (Eskin & Ogan-Bekiroglu, 2013) من خلال تنمية مهارات الجدل العلمي تبعاً لنموذج تولمين وتأثير ذلك على تعلم المفاهيم لدى طلاب المستوى العاشر بتركيا، من خلال تدريس خمس موضوعات عملية في الفيزياء وهي السقوط الحر، وقوانين نيوتن للحركة، والقوة المركزية، والحركة في الفضاء، والحركة الدائرية.

ومن خلال تحليل المهارات أو المكونات أو الأبعاد التي يتضمنها الجدل العلمي بمختلف دراسات التربية العلمية؛ يتضح أن أغلبها لا يعتمد في تحديد تلك المهارات أو الأبعاد تبعاً لنموذج محدد، ولكن يتم الدمج بين أكثر من نموذج، وأيضاً قد تختلف في مسمياتها، ولكنها قد تتفق في مضمونها، وكذلك اختلفت في عددها أيضاً، مثل دراسة هاديانتو وآخرون (Hadianto et al., 2021) والتي اهتمت بتنمية بنية الجدل العلمي بما يشمل الادعاء، والاستدلال، والأدلة، وذلك لطلاب الجامعة قسم الفيزياء، أما دراسة هدى عبد الفتاح، وآخرون (٢٠٢٢) فقد تناولت ست مهارات وهي تقديم الادعاء، وتقديم المبررات، وتقديم المحددات، وتقديم الدحض، وتقديم الدعم، وقد اهتمت دراسة سحر عبدالكريم (٢٠١٧) بتنمية مهارات الجدل العلمي مثل تحديد الادعاء، والتمييز بين رفض الادعاء والادعاء المضاد، وكذلك جودة الاستدلال، أما دراسة يحيى الزهراني، ومحرم عفيفي (٢٠١٨) فقد حددت الجدل العلمي بما يتضمن ثلاثة أبعاد وهي بناء الحجة، والحجة المضادة، والتفنيد، وصنفت دراسة كنّ ومور (Kuhn & Moore, 2015) مهارات الجدل إلى تكوين ادعاءات للتحقق وبناء الحجج المضادة، وتقييم قوة الدليل، وإدراك الادعاءات المضادة، وعملت دراسة روجان وآخرون (Rogan et al., 2015) على تحديد مهاراته من خلال اشتقاق الحجج من الأدلة، ودعم الادعاء بالأدلة العلمية، والدفاع عن الحجج.

وسيعتمد البحث الحالي في تحديد مهارات الجدل العلمي من خلال الدراسات التي اهتمت بتنميته في المرحلة الجامعية، والتي تجمع بين أكثر من نموذج من نماذج الجدل العلمي بصفة عامة، وبصفة خاصة نموذج تولمين حيث أنه من أشهر النماذج التي تم تقديمها في هذا السياق، كما أنه يقدم طرق للاستدلال العملي، وبنية منظمة للجدل، وهو يعد مدخل منطقي لتنظيم الادعاءات، والدليل، والعلاقات، والدعم، والطعون في تقويم الموضوع (Kunnan, 2010) وهو يعد من أفضل الأطر التي تم تقديمها للجدل ولكي يتم استخدام نموذج تولمين فلابد من عرض تسلسل البيانات الجدلية، وتحديد نوى الجدل عن طريق استقراء العناصر الأساسية المتسلسلة للموضوع المتناول في الجدل(Osborn et al., 2016)، ومن خلال ذلك يهتم البحث الحالي بتنمية الجدل العلمي من خلال ست مهارات وهي: التمييز بين الادعاء والحقيقة، والرأي والبيانات، وتحديد المحددات في الادعاء، دعم الادعاء، والحجة المضادة، وجودة الاستدلال، ودعم الدليل.

- **قياس مهارات الجدل العلمي:**

يعد إعداد أدوات قياس مهارات الجدل العلمي أحد الميادين المعقدة والذي تُرك بدون تطوير ولا استكشاف حيث يوجد نقص في الأدوات المستخدمة في تقييم قدرة التلاميذ على أداء مهارات الجدل العلمي (National Research Council, 1996) وقد قدمت دراسة ريو، وساندوفال (Ryu & Sandoval, 2012) اختبار للجدل العلمي والذي يتضمن سؤال مفتوح النهاية حول الدب القطبي حيث يُطلب من الطلاب تحديد ما الذي سيحدث للدب القطبي تحت الظروف الصعبة للتغيرات

المناخية، وتقديم الدليل المناسب الذي يدعم الادعاءات مع تقديم التبرير المناسب للادعاءات، كما يُطلب منهم استخدام أكبر قدر من المعلومات المتاحة والتي يحتاجونها لتبرير ادعاءاتهم.

وعملت العديد من الدراسات على قياس الجدل العلمي من خلال تقديم أسئلة مفتوحة، وتصحيحها باستخدام مقياس أداء متدرج Rubric يتم في ضوئها الحكم على مدي جودة مهارات الجدل العلمي لدى الطلاب أثناء عمل الاستقصاءات العلمية مثل دراسة (Sampson, et al., 2013) وتم تصنيف الردود المكتوبة على هذه الأسئلة وفق خمسة مستويات تعتمد على مقياس متدرج، وعملت دراسة يحيى الزهراني، ومحرم عفيفي (٢٠١٨) على قياس الجدل العلمي من خلال اختبار مكون من ثلاث قضايا جدلية (الأرز الذهبي، والغذاء المعدل وراثياً، وإضافة الفلورين للماء)، واستخدام مقياس متدرج للتصحيح.

أما دراسة أوجان بيكيروجلو (Eskin & Ogan-Bekiroglu, 2013) فقد اعتمدت على قياس مهارات الجدل باستخدام تسجيل الفيديو وتفريغ محتوياته والاعتماد على التحليل الكيفي للنتائج، بينما عملت العديد من الدراسات على قياس الجدل العلمي من خلال إعداد اختبار يتكون من أسئلة اختيار من متعدد مثل دراسة (Utami, et al., 2022)وكذلك دراسات كل من (هدى عبد الفتاح، وآخرون (٢٠٢٢؛ سحر عبد الكريم، ٢٠١٧؛ أسامة عبد اللطيف، ٢٠١٩)

- **أهمية الجدل العلمي، وتنميته في التربية العلمية:**

يعد الجدل العلمي هام لفهم أو اختبار المفاهيم بشكل أعمق، وكذلك تقوية المفاهيم الحالية (Anshori & Sastromiharjo, 2023) كما أن الجدل العلمي يمكن أن يكون بمثابة خطاب علمي في ربط فهم الطلاب للظواهر التي يوجهنها بالمفاهيم التي تم الحصول عليها في عملية التعلم لتصبح معرفة كاملة، كما أن الجدل العلمي يساعد الطلاب على تحسين فهمهم للمفاهيم والعمليات العلمية، واتخاذ القرارات الصحيحة، وتحسين مهاراتهم في المناقشة(Utami, et al., 2022)

ويؤكد درايفر وآخرون (Driver et al., 2000) أنه عندما يتم تجاهل الجدل العلمي في تدريس العلوم فإن ذلك يؤدي إلى فشل الطلاب في الفحص النقدي للمعرفة العلمية، فالجدل العلمي يُشعر الطلاب بأهمية أراءهم عند الفحص النقدي للادعاءات العلمية التي تثيرها القضايا العلمية الاجتماعية التي تواجههم في حياتهم العلمية.

ومن خلال تحليل العديد من الدراسات التي اهتمت بتنمية الجدل العلمي في التربية العلمية بالمرحلة الجامعية يتضح أنها عملت على تنميته من خلال استخدام استراتيجيات تدريسية بمختلف المراحل الدراسية، مثل دراسة هاديانتو (Hadianto et al., 2021) حيث استخدمت استراتيجية الشراكة الشاملة للتنور (Partnership Comprehensive Literacy PCL)، ودراسة مصطفى وآخرون (Mustofa et al., 2023) باستراتيجية التعلم القائم على حل المشكلات القائم على تطبيق WhatsApp بالمرحلة الجامعية، ودراسة منى الخطيب (٢٠١٦)

باستخدام استراتيجية التعلم المرتكز على المهمة في تنمية التحصيل ومهارات الجدل العلمي والاتجاه نحو مادة طرق تدريس ذوي الاحتياجات الخاصة بكلية التربية، ويحيى الزهراني، ومحرم عفيفي (٢٠١٨) باستخدام استراتيجية مقترحة قائمة على استخدام النماذج الإلكترونية التفاعلية لطلاب الجامعة، وتوصلت تلك الدراسات إلى فاعلية استخدام استراتيجيات التدريس في تنميته، وأيضاً يمكن تنميته من خلال اقتراح برامج تدريبية بالمرحلة الجامعية مثل دراسة سحر عبد الكريم (٢٠١٧) من خلال برنامج قائم على معايير العلوم للجيل التالي"NGSS" ، أما دراسة أسامة عبد اللطيف (٢٠١٩)، فاهتمت باستخدام برنامج قائم على القضايا الاجتماعية العلمية المحلية للمرحلة الثانوية، وتوصلت الدراسات لفاعلية البرامج التدريبية في تنميته.

- **الجدل العلمي ومختبر الكيمياء الخضراء:**

لم يتم تدريس الجدل العلمي بصورة صريحة ومباشرة في مناهج الكيمياء الخضراء، ولكن محتوى المنهج نفسه يعد بمثابة منصة تشجع الطلاب على اتخاذ مواقف شخصية والدفاع عنها بشأن القضايا المجتمعية ذات الصلة، وتؤدي هذه الظروف إلى حد كبير إلى اكتساب الطلاب فهمًا أفضل للمحتوى (Karpudewan et al., 2016)، ويعد إشراك الطلاب في الممارسات الصديقة للبيئة، وزيادة قدرة الفرد على التصرف في بيئات ذات صلة بحياتهم، والسماح لهم بالاهتمام بإحداث تغيير في بيئتهم المحلية، بما يعزز من الجدل العلمي عندما تتاح لهم فرص للانخراط في المناقشة، وتزداد كفاءاتهم في الخطابات المتعلقة بالسياق بسبب متطلبات تقييم الأفكار ودعمها وطرح الأسئلة عليها ونقدها في عملية الوصول إلى توافق في الآراء حول القضايا المطروحة(Oliveira et al., 2012)

وعملت دراسة كاربوديوان وآخرون (Karpudewan et al., 2016) للبحث حول دور منهج الكيمياء الخضراء، والذي يجمع بين استخدام المواد اليومية الصديقة للبيئة لإجراء تجارب كيميائية تتوافق مع السياق، وتعزز النقاش وتقديم الحجج، في فهم المفاهيم الكيميائية ذات الصلة بالكيمياء الحمضية القاعدية، مقارنة بدورة الكيمياء العادية التي يتم تدريسها في نهج يركز على المعلم جنبًا إلى جنب مع المهام المخبرية التقليدية والمواد الكيميائية، وأوضحت النتائج أن الطلاب في المجموعة التجريبية التي درست التجارب باستخدام الكيمياء الخضراء استخدموا مستويات أعلى من مهارات الجدل مقارنة بأقرانهم في المجموعة الضابطة.

وبالتالي يمكن أن تساعد المناقشات حول مختلف موضوعات مختبر الكيمياء الخضراء في تنمية مهارات الجدل العلمي، حيث تقدم مبادئ الكيمياء الخضراء مجالاً خصباً لبناء ادعاءات، وجمع البيانات، وتقديم التفسيرات، وتحديد التبريرات، وغير ذلك من مختلف أبعاد ومهارات الجدل العلمي لدى الطلاب في مختلف القضايا البيئية.

إجراءات البحث:

(١) إعداد قائمة الموضوعات المناسبة للتكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة، والمناسبة لطلاب الكلية التطبيقية تخصص تقنية

المختبرات:

- **الغرض من القائمة**: تحديد الموضوعات المناسبة لطلاب الكلية التطبيقية تخصص تقنية المختبرات، والتي يمكن من خلالها التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة.
- **اشتقاق موضوعات القائمة**: تم الاطلاع على الدراسات السابقة التي تناولت التكامل بين كل منهما، مثل دراسات من (Camana et al., 2022; Herrchen & Klein, 2000; Reyes et al., 2022; Swarr et al., 2017)
- **القائمة المبدئية للموضوعات:** تم إعداد قائمة مبدئية بالموضوعات والتي تضمنت (١٣) موضوعاً علمياً يمكن من خلالها تحقيق التكامل بين بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة.
- **عرض القائمة على المحكمين:** تم عرض القائمة على عدد من المحكمين تخصص كيمياء، ومناهج وطرق تدريس العلوم، وتم حذف الموضوعات التي حصلت على نسبة اتفاق أقل من (٩٠٪).
- **الصورة النهائية للقائمة:** تم التوصل للصورة النهائية للقائمة والتي تضمن (٧) موضوعات ترتبط بإمكانية التكامل بين بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة، والمناسبة لطلاب الكلية التطبيقية تخصص تقنية المختبرات.

جدول ٢

القائمة النهائية للموضوعات المناسبة للتكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة، والمناسبة لطلاب الكلية التطبيقية تخصص تقنية المختبرات

م	الموضوع	م	الموضوع
١	انتاج الهيدروجين الأخضر	٥	المذيبات الخضراء
٢	التقاط الكربون واستخدامه	٦	إعادة تدوير الماء المقطر
٣	البلاستيك القابل للتحلل	٧	انتاج الوقود الحيوي
٤	البلاستيك غير القابل للتحلل		

(٢) إعداد البرنامج الإثرائي القائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة لتنمية الكفاءة الذاتية البيئية، والجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية بالسعودية تخصص تقنية المختبرات:

- **الهدف الرئيس للبرنامج:** تنمية الكفاءة الذاتية البيئية، والجدل العلمي من خلال التكامل بين تطبيقات المختبر الأخضر، ومنهجية تقييم دورة الحياة.
- **إعداد الإطار العام للبرنامج:** تم ذلك في شكل جلسات تدريبية والتي تم تطبيقها وفق أهداف كل جلسة، والمحتوى التدريبي الذي سيتم تقديمه، مع تطبيق الأنشطة التدريبية المصاحبة، والمهام التدريبية المطلوبة من

الطالبات، وتم عرض هذا الإطار على مجموعة من المتخصصين في الكيمياء، والمناهج وطرق تدريس العلوم، وتم إجراء التعديلات المقترحة، ووضع البرنامج في صورته النهائية.

- **إعداد دليل المدرب**: تم إعداد الدليل للاسترشاد به في تقديم البرنامج الإثرائي لطلاب الكلية التطبيقية، حيث شمل الدليل مقدمة للبرنامج، والتوجيهات العامة التي ينبغي على المدرب اتباعها خلال التدريب، والأهداف العامة للبرنامج، والجلسات التدريبية المتضمنة والتي شملت أهداف كل جلسة، والمادة التدريبية، واستراتيجيات وطرق التدريب، والأنشطة التدريبية، وأوراق العمل المستخدمة، وإجراءات تنفيذ الجلسات التدريبية.
- **إعداد دليل وأوراق العمل للمتدرب:** قد تضمن دليل المتدرب على مقدمة الدليل، والأنشطة المطلوبة من المتدرب، وأساليب وأدوات تقويم البرنامج، والإرشادات العامة للبرنامج، وإلحاق أوراق العمل الخاصة بكل جلسة، وتم التنوع في الأنشطة الفردية والجماعية بما يحقق تنمية كل من الكفاءة الذاتية البيئية، والجدل العلمي.
- **المحتوي التدريبي للبرنامج:** تضمن البرنامج (١٣) جلسة، وهي كالتالي:

جدول ٣

جلسات البرنامج الإثرائي

الجلسة	محتوى الجلسة
الجلسة التدريبية الأولى	التعريف بالبرنامج- التعارف مع المتدربين-التطبيق القبلي لأدوات البحث
الجلسة التدريبية الثانية	الكيمياء الخضراء: نشأتها ومبادئها
الجلسة التدريبية الثالثة	مبادئ الكيمياء الخضراء وممارسات المختبر
الجلسة التدريبية الرابعة	منهجية تفكير دورة الحياة
الجلسة التدريبية الخامسة	التكامل بين تطبيقات المختبر الأخضر ومنهجية تفكير دورة الحياة
الجلسة التدريبية السادسة	المذيبات الخضراء
الجلسة التدريبية السابعة	إعادة تدوير الماء المقطر
الجلسة التدريبية الثامنة	انتاج الهيدروجين الأخضر
الجلسة التدريبية التاسعة	التقاط الكربون واستخدامه
الجلسة التدريبية العاشرة	البلاستيك القابل للتحلل
الجلسة التدريبية الحادية عشر	البلاستيك غير القابل للتحلل
الجلسة التدريبية الثانية عشر	إنتاج الوقود الحيوي
الجلسة التدريبية الثالثة عشر	ختام البرنامج- التطبيق البعدي لأدوات البحث

- **الإطار الزمني لتطبيق البرنامج:** استغرق تطبيق البرنامج سبعة أسابيع، وذلك بمعدل جلستين أسبوعياً.
- **استراتيجيات التدريب في البرنامج:** هناك تنوع في طرائق التعلم بما يتناسب مع المحتوى المقدم، ومنها التعلم التعاوني، والحوار والمناقشة، والعصف الذهني، وحل المشكلات، وفكر – زاوج- شارك.

(ثانياً) ضبط وإعداد أدوات البحث:

(١) مقياس الكفاءة الذاتية البيئية. (إعداد الباحثة)

- **الهدف من المقياس:** قياس أبعاد الكفاءة الذاتية البيئية.
- **بناء المقياس:** تم بناء المقياس تبعاً بالاعتماد على الإطار الذي حدده باندورا(Bandura, 2002) في قياس ابعاد الكفاءة الذاتية البيئية، حيث تم توظيف تلك الابعاد فيما يتعلق بمختلف دراساتهم النوعية للكفاءة الذاتية مثل دراسات كل من (Johnson, 2020; Liu et al., 2022Thqgersen & Grqnhqj, 2010)
- **وصف المقياس:** تضمن المقياس أربعة أبعاد وهي: انجاز الأداء، والخبرات التبادلية أو غير المباشرة، والاقتناع اللفظي، والاستثارة الانفعالية، وتضمن المقياس في صورته الأولية (٤٠) عبارة موزعة على أربعة أبعاد.
- **الدراسة الاستطلاعية للمقياس:** تم إجراء الدراسة الاستطلاعية للمقياس على مجموعة مكونة من (٣٣) طالبة (شعبة ٣٥٤) من طالبات الكلية التطبيقية بالمستوى الثالث، تخصص تقنية المختبرات، وذلك لحساب:
- **صدق المقياس:** تم التأكد من صدق المقياس من خلال الصدق الظاهري من خلال عرض الاختبار على السادة المحكمين، وتم حذف المفردات التي حصلت على نسبة اتفاق أقل من (٩٠٪) وتم عمل ما يلزم من تعديلات من حذف وإضافة بعض المفردات في ضوء أراءهم.
- **ثبات المقياس:** تم حساب الثبات للمقياس باستخدام معامل ألف كرونباخ، وأوضحت النتائج أن جميع قيم معاملات ثبات المقياس دالة عند مستوى (α=٠,٠٥)، وانحصرت قيم معاملات الثبات بين (٠,٧٧- ٠,٨٣) مما يدل على أن المقياس له درجة ثبات مقبولة.

جدول ٤

معاملات ثبات مقياس الكفاءة الذاتية البيئية باستخدام معامل ألفا كرونباخ.

م	الأبعاد	معامل ألفا
١.	إنجاز الأداء	*٠,٧٧
٢.	الخبرات التبادلية أو غير المباشرة	*٠,٨٣
٣.	الاقتناع اللفظي	*٠,٨١

م	الأبعاد	معامل ألفا
٤.	الاستثارة الانفعالية	*٠,٨٠
	المقياس ككل	*٠,٨٢

*دالة عند مستوى (α=٠,٠٥)

- **زمن المقياس**: تم حساب الزمن، وقد بلغ الزمن الكلي لتطبيق المقياس (٣٥) دقيقة.
- **الصورة النهائية للمقياس**: تضمن المقياس في صورته النهائية (٣٨) عبارة موزعة على أربعة أبعاد، وبالتالي تكون أعلى درجة للمقياس هي (١٩٠) درجة وأقل درجة هي (٣٨) درجة.

جدول ٥

وصف ثبات مقياس الكفاءة الذاتية البيئية.

الأبعاد	العبارات الموجبة	العبارات السالبة	المجموع
إنجاز الأداء	١، ٢، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ١٠، ١١	٣، ٩	١١
الخبرات التبادلية أو غير المباشرة	١٢، ١٤، ١٦، ١٧، ١٨، ١٩، ٢٠	١٣، ١٥، ٢١	١١
الاقتناع اللفظي	٢٢، ٢٣، ٢٥، ٢٦، ٢٧، ٢٩	٢٤، ٢٨	٨
الاستثارة الانفعالية	٣٠، ٣٢، ٣٣، ٣٥	٣١، ٣٤، ٣٦، ٣٧	٨
المقياس ككل			٣٨

(٢) اختبار الجدل العلمي: تم إعداد الاختبار وفق الخطوات التالية:

- **الهدف من الاختبار:** هدف الاختبار لقياس مهارات الجدل العلمي لطالبات الكلية التطبيقية، تخصص تقنية المختبرات.
- **تحديد أبعاد الاختبار:** تضمن الاختبار ستة أبعاد شملت التمييز بين الحقيقة والرأي والبيانات، والاستشهاد بالأدلة، وتكوين الادعاء المضاد، وجودة الاستدلال، ودعم الأدلة (تحديد المبرر)، وقد اشتمل في صورته الأولية على (٣٨) مفردة اختبارية، في صورة أسئلة من نوع الاختيار من متعدد، حيث تبع كل مفردة اختبارية أربع بدائل، ويوجد من بينها بديل واحد صحيح.
- **الدراسة الاستطلاعية للاختبار:** تم إجراء الدراسة الاستطلاعية للاختبار على مجموعة مكونة من (٣٣) طالبة (شعبة ٣٥٤) من طالبات الكلية التطبيقية بالمستوى الثالث، تخصص تقنية المختبرات.
- **صدق الاختبار:** تم حساب الصدق بطريقتين وهما:

- **الصدق الظاهري**: تم عرض الاختبار على السادة المحكمين، وقد تم حذف المفردات التي حصلت على نسبة اتفاق أقل من (٩٠٪) وتم عمل ما يلزم من تعديلات من حذف وإضافة بعض المفردات في ضوء آرائهم.
- **صدق التكوين**: وذلك بحساب الاتساق الداخلي للاختبار، وأوضحت النتائج أن قيم معاملات ارتباط أبعاد الاختبار بالدرجة الكلية للاختبار دالة عند مستوى (٠,٠٥) وانحصرت قيم معاملات الارتباط بين (٠,٧٦- ٠,٨٤) مما يدل أنها تمتع باتساق داخلي مرتفع، والنتائج كما بالجدول التالي:

جدول ٦

معاملات ارتباط مهارات الجدل العلمي بالدرجة الكلية

م	المهارات	معاملات الارتباط
١	التمييز بين الحقيقة والرأى والبيانات	*٠,٨٠
٢	صياغة الادعاء	*٠,٧٦
٣	الاستشهاد بالأدلة	*٠,٧٩
٤	تكوين الادعاء المضاد	*٠,٨١
٥	جودة الاستدلال	*٠,٨٤
٦	دعم الأدلة (تحديد المبرر)	*٠,٧٦

*دالة عند مستوى (α=٠,٠٥)

- **ثبات الاختبار:** تم حساب الثبات باستخدام معادلة كودر ريتشاردسونKuder-Richardson، وأوضحت النتائج أن قيمة معاملات الثبات تراوحت بين (٠,٧٣- ٠,٧٨) مما يدل على ثبات الاختبار، والنتائج كما بالجدول التالي:

جدول ٧

ثبات اختبار الجدل العلمي باستخدام معادلة كودر رديشاردسون

م	الأبعاد	معامل الثبات
١	التمييز بين الحقيقة والرأى والبيانات	*٠,٧٣
٢	صياغة الادعاء	*٠,٧٤
٣	الاستشهاد بالأدلة	*٠,٧٦
٤	تكوين الادعاء المضاد	*٠,٧٨
٥	جودة الاستدلال	*٠,٧٧
٦	دعم الأدلة (تحديد المبرر)	*٠,٧٦
	الاختبار ككل	*٠,٧٥

*دالة عند مستوى (α=٠,٠٥)

- **زمن الاختبار**: تم حساب زمن الاختبار باستخدام معادلة حساب الزمن (فؤاد البهي، ١٩٧٩، ٤٦٧) وقد بلغ الزمن الكلي لتطبيق الاختبار (٥٠) دقيقة.

- **تصحيح الاختبار**: تضمن الاختبار نوع واحد من الأسئلة وهو الاختيار من متعدد، ويلي كل مفردة اختبارية أربعة بدائل بينها بديل واحد صحيح، وكل إجابة صحيحة يتم احتسابها بدرجة واحدة، والإجابة الخاطئة يتم احتسابها بصفر، وبذلك تكون الدرجة العظمى للاختبار (٣٣) درجة، والدرجة الصغرى(صفر).
- **الصورة النهائية للاختبار:** تضمن الاختبار في صورته النهائية (٣٣) مفردة موزعة على مهارات الجدل العلمي، والجدول التالي يوضح وصف الاختبار:

جدول ٨

وصف اختبار الجدل العلمي

المهارات	المفردات	عدد المفردات
التمييز بين الحقيقة والرأي والبيانات	١، ٣، ٦، ١٣، ١٤، ١٥، ١٦	٧
صياغة الادعاء	٧، ٩، ٢٢، ٢٧، ٣٢	٥
الاستشهاد بالادلة	٤، ٥، ١٨، ١٩، ٢٥، ٢٦	٦
تكوين الادعاء المضاد	٨، ١٠، ٢٣، ٣٣	٤
جودة الاستدلال	٢، ١٢، ١٧، ٢٠، ٢٨، ٢٩	٦
دعم الأدلة (تحديد المبرر)	١١، ٢١، ٢٤، ٣٠، ٣١	٥
الاختبار ككل		٣٣

(ثالثاً) إجراءات تطبيق البحث:

➢ اختيار مجموعة البحث:

تم التطبيق على مجموعة من طالبات الكلية التطبيقية بالمستوى الثالث والملتحقات ببرنامج تقنية المختبرات بالعام الدراسي ٢٠٢٢-٢٠٢٣م، شعبة رقم (٣٥٦) والبالغ عددهن الكلي (٣٧) طالبة، وبلغ عدد الطالبات المنتظمات والملتزمات في تطبيق البرنامج واللاتي يمثلن مجموعة البحث (٣٢) طالبة حيث تم استبعاد (٥) طالبات لم يلتزمن بجلسات البرنامج.

➢ تنفيذ تجربة البحث:

قامت الباحثة بأخذ الموافقات الرسمية للتطبيق، وقامت بالتدريس لمجموعة البحث، وتم تقديم البرنامج الإثرائي ضمن سياق مقرر "أخلاقيات المهنة"[١] باعتباره من المقررات التي يمكن من خلالها تنمية المسائل الأخلاقية في المختبر والتي يمكن إدراج المحافظة على البيئة ضمن سياقها، وتنمية الجدل العلمي أيضاً، وقد لاقت الباحثة تعاون كبير من الطالبات المتدربات وحرصهن على الاستفادة من البرنامج وتشجيعاً من إدارة الكلية تم منح الطالبات شهادة شكر وتقدير لحضور البرنامج، وكان من العوائق التي واجهت تطبيق البرنامج هو توفير وقت يسمح لجميع الطالبات بالحضور، وتم التغلب على ذلك من خلال تقديم الجلسات في وقت يتناسب مع الجميع.

[١] ملحق توصيف مقرر أخلاقيات المهنة والمقرر بالكلية التطبيقية بجامعة الأمير سطام بن عبد العزيز

نتائج البحث[٢]:

- عرض النتائج الخاصة بالسؤال الرابع للبحث والذي ينص على: ما فاعلية البرنامج الإثرائي القائم على التكامل بين تطبيقات مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة في تنمية الكفاءة الذاتية البيئية لدى طالبات الكلية التطبيقية بالسعودية تخصص تقنية المختبرات، تم استخدام اختبار "ت" لعينتين مرتبطتين، وحساب قيمة Cohen's d والنتائج كما بالجدول التالي:

جدول ٩

حساب دلالة الفروق بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية قبلياً وبعدياً في مقياس الكفاءة الذاتية البيئية.

الأبعاد	القيمة العظمى	المجموعة	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة ت	درجة الحرية	قيمة d
إنجاز الأداء	٥٥	قبلي	٣٠,٩	٣,٢	*١٢,٨	٣١	٢,٣
		بعدي	٤٠,٨	٤,١			
الخبرات التبادلية	٥٥	قبلي	٢٩,٣	٢,٩	*٩,٥		١,٧
		بعدي	٣٩,٩	٦,٤			
الاقتناع اللفظي	٤٠	قبلي	٢٣,٥	٢,٩	*١١,٦		٢,٠
		بعدي	٣٣,٧	٣,٣			
الاستثارة الانفعالية	٤٠	قبلي	٢١,٩	٢,٥	*١١,٨		٢,١
		بعدي	٣١,٠	٤,٤			
المقياس ككل	١٩٠	قبلي	١٠٥,٧	٨,٠	*٢٤,٦		٤,٣
		بعدي	١٤٥,٥	١٠,٣			

* دالة عند مستوى مستوي (α = ٠,٠٥)

من الجدول السابق (٩) يتضح ما يلي:

- وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات التطبيقين القبلي والبعدي في مقياس الكفاءة الذاتية البيئية في جميع أبعاده وفي المقياس ككل، وذلك لصالح التطبيق البعدي عند مستوى دلالة (α = ٠,٠٥) وبالتالي رفض الفرض الصفري الأول، وقبول الفرض البديل.
- أن قيمة d قد تراوحت بين (١,٧-٤,٣) وهي قيم تأثير مرتفعة (Kelley& Preacher, 2012)، وهذا يدل على أن البرنامج الإثرائي له تأثير كبير على تنمية الكفاءة الذاتية البيئية.

ويتفق ذلك مع دراسات كل من (*Herrchen & Klein, 2000;* Sawitri et al., 2015; Eck, 2022; Camana et al., 2022; Reyes et al., 2022) في

[٢] تم استخدام برنامج spss الإصدار (١٧) في إجراء التحليل الإحصائي

أن التكامل بين كل من تطبيقات المختبر الأخضر ومنهجية تقييم دورة الحياة يمكن من خلاله تنمية جوانب ترتبط بالمحافظة على البيئة لدى المهنيين في مختلف القطاعات، وبصفة خاصة لدى الكيميائيين، وكذلك تتفق تلك النتائج مع دراسات كل من (Thqgersen & Grqnhqj, 2010; Tabernero & Hernández, 2011; Moeller & Stahlmann ,2019) في إمكانية تنمية الكفاءة الذاتية البيئية لدى طلاب الجامعة، ويمكن تفسير تلك النتائج على النحو التالي:

قد يرجع ارتفاع حجم الأثر لإنجاز الأداء والذي بلغ (٢,٣) إلى تركيز البرنامج على التكامل بشكل إجرائي بين كل من تطبيقات المختبر الأخضر ومنهجية تقييم دورة الحياة، مما أعطي للطالبات صورة واضحة وشاملة لتطبيق الأطر النظرية للمحافظة على البيئة بصورة إجرائية وواقعية، وهذا قد يكون دعم بدوره إنجاز الأداء لدي الطالبات من خلال اقتناعهن بقدراتهم الذاتية على أداء مختلف المهام، وانجازها بنجاح، وتنظيم أفكارهن، وتقييم أدائهن، وضرورة مواجهه المصاعب، وتحمل المسئولية، والمثابرة للوصول لتحقيق الهدف، وكذلك دعم الثقة بالنفس، كما دعم البرنامج معرفتهن حول القضايا البيئية الجديدة ذات الصلة بممارستهن المهنية في عمل المختبرات، وأيضاً عزز لديهن السلوك الصديق للبيئة، والقيام بإبراز الدور الفعّال في حل المشاكل البيئية في العالم من خلال ممارسات المختبر، وكذلك تأكيد البرنامج الإثرائي في مختلف موضوعاته العلمية على أهمية استهلاك الموارد الطبيعية بطريقة صديقة للبيئة.

وفيما يرتبط بارتفاع قيمة حجم الأثر للخبرات التبادلية والتي بلغت (١,٧) فيمكن تفسيرها من خلال ما قدمه البرنامج من موضوعات تساعد على التعرف على الأنشطة الناجحة لعلماء البيئة ومحاولاتهم الحثيثة لحل مشكلات التلوث البيئي، واكساب الطالبات خبرات في ذلك السياق، مما قد يساعده في تشكيل توقعات عن أدائهن في المواقف المشابهة، وبالتالي تحقيق رؤية اتفاق لدى الطالبات مع المجتمع العلمي أن إدارة النفايات، وعمليات إعادة التدوير ومعالجتها عملية ضرورية، وأيضاً ما قدمه البرنامج من تأكيد على الاستفادة من طرق الحد من النفايات الناتجة من التفاعلات الكيميائية، وأهمية استخدام مواد كيميائية صديقة للبيئة في التفاعلات أثناء عمليات التصنيع والنقل والاستخدام في ممارسات المختبر، وما طرحه البرنامج حول تشارك علماء الكيمياء، وعلماء البيئة لفهم كيفية تحلل المنتج في البيئة مثل تصميم البلاستيك القابل للتحلل، وضرورة الاستفادة من خبرات معامل الكيمياء الصديقة للبيئة حول الطرق الشائعة لاستخدام الإنزيمات والعمليات البيولوجية لإجراء التحولات الكيميائية، وضرورة اختيار مذيبات، وعوامل مساعدة آمنة بيئياً في إجراء التفاعلات الكيميائية لدعم سياسات الحفاظ على البيئة.

ويمكن تفسير ارتفاع حجم الأثر للاقتناع اللفظي والذي بلغ (٢,٠) في ضوء ما قدمه البرنامج من مجموعة من الموضوعات المرتبطة بالمحافظة على البيئة، والتي تعبر عن سعى العلماء لحماية البيئة، والتي تتناسب وتخصص الكيمياء، فقدم البرنامج

جلسات تدريبية حول الهيدروجين الأخضر، وإعادة تدوير الماء المقطر، والتقاط الكربون واستخدامه، والبلاستيك القابل للتحلل، وهي موضوعات من شأنها تنمية الاقتناع اللفظي والتي دعمت مهارة الطالبات في قدرتهن على تلقى التشجيع والتدعيم لديهن، وعرض تجارب العلماء وأبحاثهم المستمرة للوصول لحلول لمختلف المشكلات البيئية، وتطبيق النموذج المتكامل لمختبر الكيمياء الخضراء ومنهجية تقييم دورة الحياة، وقد يساعد ذلك في اقتناعهن بقدرتهن على القيام بالمهام وإنجازها بنجاح، وكذلك ما قدمه البرنامج بشكل ضمني حول توصيات علماء البيئة التي تهتم بممارسات المختبر، والتي تساعد في انقاد الأرض من التلوث بالنفايات الكيميائية، وكذلك دعم متابعة توصيات علماء البيئة فيما يرتبط بشأن ممارسات المختبر الصديقة للبيئة، وما طرحه البرنامج من أنشطة تتضمن الاستماع إلى آراء الأخرين حول كل ما يتعلق بممارسات المختبر التي تدعم الحفاظ على البيئة، وبالتالي قد يدعم ذلك ضرورة إظهار الطالبة نفسها كمثال يُحتذى به في السلوك الصديق للبيئة في مختلف المناقشات.

أما فيما يتعلق بارتفاع قيمة حجم الأثر للاستثارة الانفعالية والذي بلغ (٢,١) فقد يعود ذلك إلى أن الموضوعات المتنوعة التي قدمها البرنامج الإثرائي، والمحتوى العلمي لتلك الموضوعات، وبصفة خاصة الجلستين المنفصلتين لكل من مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة، وما تبع ذلك من تقديم لجلسة حول التكامل بينهما، والذي قد يكون عزز بدوره الاستثارة الانفعالية ورفع الحالة التي تشعر بها الطالبات حول أهمية تخصصهن في المحافظة على البيئة، والتي تؤثر على قوة الفعالية الذاتية، والتي تمكنهن من مواجهة مختلف المواقف المرتبطة بالبيئة، من خلال الشعور بأهمية الدور الذي تقوم به الطالبة كفرد في المجتمع للحفاظ على البيئة، وأيضاً الشعور بأهمية الحفاظ على البيئة من خلال تقليل الانبعاثات الكربونية، والاستمتاع بالممارسات اليومية التي تهتم بالحفاظ على البيئة مثل سلوكيات إعادة التدوير، وأهمية تطبيق توصيات المحافظة على البيئة في أنشطة المختبرات، والشعور بالضيق عندما رؤية صور التلوث بالنفايات وضرورة المساهمة في حل مشكلات البيئة مثل تغير المناخ.

وإجمالاً يمكن تفسير ارتفاع قيمة حجم الأثر للبرنامج ككل والذي بلغت قيمته (٤,٣) إلى أن التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، وما تضمنته من مبادئ أساسية والتي تم التركيز عليها في مختلف الجلسات التي سبقت تقديم الموضوعات التي تم من خلالها إحداث التكامل قد ساعدت على الاقتناع بأنه يمكن للطالبة أن تنجح في تنفيذ إجراءات ذات مغزى، سواء من خلال أنشطة فردية أو جماعية تجاه البيئة، من خلال الشعور بالكفاءة في تنفيذ السلوكيات المرتبطة بالبيئة، ودعم اعتقادهن بامتلاك المهارات المطلوبة لذلك لإظهار السلوك البيئي الأكثر مسؤولية، كما أن النموذج المتكامل لكل من المختبر الأخضر ومنهجية تقييم دورة الحياة الذي تم تقديمه في مختلف الجلسات وتطبيقه على الموضوعات التي تم تناولها، والقيام بالعصف

الذهني، وتشجيع المناقشات حول تطبيق الطالبات لنموذج التكامل في مختلف موضوعات البرنامج قد يكون ساهم بشكل فعّال في تنمية فاعلية الذات البيئية إجمالاً وما تضمنته من أبعاد.

- عرض النتائج الخاصة بالسؤال الخامس للبحث والذي ينص على: ما فاعلية البرنامج الإثرائي القائم على التكامل بين تطبيقات مختبر الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة في تنمية الجدل العلمي لدى طالبات الكلية التطبيقية بالسعودية تخصص تقنية المختبرات؟ تم استخدام اختبار "ت" لعينتين مرتبطتين، وحساب قيمة Cohen's d والنتائج كما بالجدول التالي:

جدول ١٠

حساب دلالة الفروق بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية قبلياً وبعدياً في اختبار الجدل العلمي

المهارة	القيمة العظمى	المجموعة	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة ت	درجة الحرية	قيمة d
التمييز بين الحقيقة والرأي والبيانات	٧	قبلي	٢,٨	١,٢	٥,٢		٠,٩١
		بعدي	٤,١	٠,٦٨			
صياغة الادعاء	٥	قبلي	٢,٢	٠,٩١	٢,٨		٠,٩٠
		بعدي	٣,١	٠,٩٨			
الاستشهاد بالأدلة	٦	قبلي	٢,٥	٠,٨٧	٥,٩		١,٠
		بعدي	٣,٨	٠,٩٣			
تكوين الادعاء المضاد	٤	قبلي	١,٦	٠,٨٨	٤,٧		٠,٨٢
		بعدي	٢,٥	٠,٦٢			
جودة الاستدلال	٦	قبلي	١,٨	٠,٩٥	٥,٠	٣١	٠,٨٧
		بعدي	٣,١	١,٠			
دعم الأدلة	٦	قبلي	١,٨	٠,٨٧	٧,٣		١,٣
		بعدي	٣,٣	٠,٧٤			
الاختبار ككل	٣٣	قبلي	١٢,٨	٢,٢	١٢,١		٢,١
		بعدي	١٩,٧	٢,٠			

* دالة عند مستوى مستوي (α = ٠,٠٥)

من الجدول السابق (١٠) يتضح ما يلي:

- وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات التطبيقين القبلي والبعدي في اختبار الجدل العلمي في جميع مهاراته وفي الاختبار ككل، وذلك لصالح

التطبيق البعدي عند مستوى دلالة (α = ٠,٠٥) وبالتالي تم رفض الفرض الصفري الثاني، وقبول الفرض البديل.

- أن قيمة d قد تراوحت بين (٠,٨٢- ٢,١) وهي قيم تأثير مرتفعة (Kelley& Preacher, 2012)، وهذا يدل على أن البرنامج الإثرائي له تأثير كبير على تنمية الجدل العلمي.

ويتفق ذلك مع دراسات كل من (Hadianto et al., 2021; Utami, et al., 2022; Mustofa et al., 2023; Anshori & Sastromiharjo, 2023) وكذلك دراستي (أسامة عبد اللطيف، ٢٠١٩؛ سحر عبد الكريم، ٢٠١٧) في إمكانية تنمية الجدل العلمي ومهاراته لدى الطلاب من خلال تقديم برامج تدريبية، وتتفق جزئياً مع نتائج دراسة (Karpudewan et al., 2016) حول دور الكيمياء الخضراء في تنمية الجدل العلمي، ويمكن تفسير تلك النتائج على النحو التالي:

قد يرجع ارتفاع قيمة حجم الأثر لمهارة التمييز بين الحقيقة والرأي والبيانات والذي بلغ (٠,٩١) إلى أن البرنامج قد ساعد الطالبات على تنمية مهارتهن في التفرقة بين أنواع الشواهد التي تدعم الادعاء، وقد يكون ذلك ناتجاً عن اهتمام البرنامج بالأنشطة الاستهلالية التي يتم عرضها في بداية الجلسات التدريبية والتي يقوم فيها الطالبات المتدربات باستخلاص ما تم عرضه في مقاطع الفيديو، والتمييز بين ما عرضه الفيديو من معلومات، وتحديد ما إذا كانت حقيقة، أو رأي، أو بيانات، وقد يعود أيضاً إلى أوراق العمل التي تم الاستعانة بها في مختلف الجلسات مثل الجلسة التدريبية الخاصة بالكيمياء الخضراء وعرض الملصق الخاص بمبادئها، وقيام الطالبات باستخلاص ما به من معلومات، وكذلك ما قدمه البرنامج من مناقشات ثرية في نهاية كل جلسة حول الحجج العلمية التي تدعم رأي الطالبة حول موضوع الجلسة، فعلى سبيل المثال في الجلسة الثامنة حول الهيدروجين الأخضر، تم سؤال الطالبات عن رأيهن حول التقاط الكربون وتخزينه، والفرق بين تلك البيانات المقدمة ورأيهن وهذا قد عزز بدوره انتقاء الطالبة لمختلف الحقائق والبيانات التي تم عرضها في أثناء فاعليات الجلسة لدعم رأيها.

أما عن ارتفاع قيمة حجم الأثر لمهارة صياغة الادعاء والذي بلغ (٠,٩٠) فقد يرجع إلى ما تم في جلسات البرنامج من طرح المدرب لمعلومات حول الموضوع العلمي الذي تركز عليه الجلسة من خلال طرح المزايا، والعيوب، أو المخاطر بما يمثل ضمنياً قضية مختلف بشأنها، فعلى سبيل المثال في الجلسة الثامنة حول الهيدروجين الأخضر تم تقديم فقرات حول استخداماته ومميزاته وعيوبه، ومناقشة الطالبات حول تلك المعلومات، وتشجيعهن على كتابة واستخلاص ادعاء كجملة يتم تطويرها في ضوء المعطيات التي تم طرحها، والتي تعد بمثابة إجابة محتملة للسؤال أو المشكلة والمختلف بشأنها بين الأطراف، وكذلك في الجلسة التاسعة حول التقاط الكربون واستخدامه، والجلسة العاشرة حول البلاستيك القابل للتحلل.

ويمكن تفسير ارتفاع قيمة حجم الأثر لمهارة الاستشهاد بالأدلة والتي بلغت (١,٠) في ضوء ما ركز عليه البرنامج من قيام الطالبات بتوظيف استخدام البيانات والمعلومات، والشواهد والبراهين العلمية التي يتم طرحها حول كل موضوع علمي في جميع الجلسات، حيث كان يتم طرح سؤال في أوراق العمل "ما الحجج العلمية التي تدعم رأيك؟" والتي تعد بمثابة الأدلة المفندة والمؤيدة التي تستمد من البيانات الناتجة من القياسات والملاحظات التي تم عرضها عليهم، والتي تدعم وتساند الادعاءات التي قاموا باستخلاصها وكتابتها، فعلي سبيل المثال في الجلستين المرتبطتين بكل من البلاستيك القابل للتحلل، والبلاستيك غير القابل للتحلل كان لدى الطالبات مهارة عالية في طرح الحجج العلمية التي تدعم الادعاء، والمهارة أيضاً في طرحها، وذلك نظراً للتشجيع الدائم لهن على مدى الجلسات السابقة في طرح أفكارهن وما يدعمها من حجج علمية.

وفيما يرتبط بارتفاع قيمة حجم الأثر لمهارة تكوين الادعاء المضاد والتي بلغت (٠,٨٢) فقد يعود ذلك لما قدمه البرنامج من أنشطة في مختلف أوراق العمل في جميع الجلسات لتقديم ادعاء، ويتبعه أيضاً تقديم ادعاء مضاد، والذي لا يتفق مع الادعاء الأول، لدحض ادعاء الطرف الآخر، كما شجع البرنامج الطالبات المتدربات على احترام الطرف الآخر، وتشجيع الطالبات على تقبل مختلف الادعاءات، وذلك بما يثري النقاشات العلمية، والتأكيد الدائم على أن الهدف من الادعاءات وطرحها ليس الفوز أو الخسارة، ولكن تحقيق فهماً أفضل لمختلف الموضوعات العلمية.

أما عن ارتفاع قيمة حجم الأثر لمهارة جودة الاستدلال والتي بلغت (٠,٨٧) فقد يرجع ذلك لما قدمه البرنامج من أنشطة فردية وجماعية للوصول إلى استنتاجات من خلال طرح سلسلة من الأفكار أو البيانات ذات الصلة ببعضها البعض، التي تدعم بعضها، فعلى سبيل المثال في الجلسة الخاصة بالمذيبات الخضراء قامت الطالبات بحل ورقة عمل حول عمل استدلال يتضمن خصائص المذيبات الخضراء، وكذلك في الجلسة الخاصة بإنتاج الوقود الحيوي قامت الطالبات بعمل استدلال يرتبط بأسباب اهتمام العلماء بإنتاج الوقود الحيوي.

وقد يعود ارتفاع حجم الأثر لمهارة دعم الأدلة والتي بلغت قيمته (١,٣) إلى قيام الطالبات بالتدريب المستمر خلال كل جلسة من جلسات البرنامج على تحديد مدى موثوقية المعلومات التي يتم تقديمها، وتحديد هل هي قائمة على السلطة كمصدر موثوق للمعلومات نتيجة الخبرة، أم المنطق والتي تعبر عن قواعد منطقية تؤدي إلى نتائج صحيحة، أم النظرية والتي تمثل تعميمات أو فرضيات تعبر عن ظاهرة طبيعية أو علمية، فعلى سبيل المثال في الجلسة التدريبية الحادية عشر، قامت الطالبات بحل أسئلة أوراق العمل والتي من ضمنها تحديد مدى موثوقية المعلومات التي تم طرحها حول البلاستيك القابل للتحلل، وهو أبدت الطالبات مهارة عالية في دعم الأدلة، والتمييز بين مصادر موثوقية المعلومات.

وإجمالاً يمكن تفسير ارتفاع قيمة حجم الأثر لاختبار الجدل العلمي ككل، والذي بلغت قيمته (٢,١) إلى تركيز البرنامج بشكل أساسي على تشجيع جميع المناقشات العلمية الثرية التي ساعدت الطالبات على تبادل أفكارهن، واحترام آراء الطرف الآخر، وهو جوهر الجدل العلمي، وإعمال عقولهن في صياغة ادعاء، والاستشهاد بالأدلة، وأيضاً التمييز بين البيانات والحقائق والرأي، وكذلك موثوقية الأدلة، وبناء استدلالات من سلسلة من البيانات، كما أن نوعية الموضوعات العلمية التي تم اختيارها في البرنامج تعد بمثابة مجالاً خصباً للجدل العملي، وتشجيع مختلف الآراء العلمية، وأن كل فريق له ما يدعمه، كما عمل البرنامج في مختلف جلساته بتطبيق استراتيجية فكر- زاوج- شارك، وأيضاً أوراق العمل الفردية والجماعية، والعصف الذهني، وأيضاً المناقشات الجماعية الختامية في نهاية كل جلسة، وقد ساعد ذلك على تنمية مهارات الجدل العلمي بشكل عام، كما أن البرنامج ركز على تطبيق التكامل بين المختبر الأخضر، ومنهجية تقييم دورة الحياة وذلك بشكل إجرائي في مختلف الجلسات، مما ساعد الطالبات على تكوين رؤية علمية شاملة حول كل موضوع علمي تم طرحه، وإدراكهن بأهمية تلك المهارات في مستقبلهن المهني، وما يعتريه من تطورات مستمرة، وضرورة مسايرة ذلك بعقلية تمتلك مهارات الجدل العلمي.

توصيات البحث:

في ضوء ما تم عرضه من نتائج وتفسيرها يُوصي البحث بما يأتي:

١. ضرورة الاهتمام بإحداث التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء، وتقييم دورة الحياة لتنمية مختلف جوانب التعلم في الكيمياء لدى طلاب الجامعة، بمختلف الكليات التي تقدم برامج في تخصص الكيمياء، أو للطلاب المعلمين.
٢. ضرورة الاهتمام بالجوانب الأساسية للاهتمام بالبيئة والمحافظة عليها مثل الكفاءة الذاتية البيئية، وذلك في مختلف المراحل الدراسية وبصفة أساسية في المرحلة الجامعية، ودعم ذلك لدى الكيميائيين، والطلاب المرتقب عملهم بالمختبرات، وأيضاً للطلاب المعلمين.
٣. الاهتمام بتنمية الجدل العلمي لدى الطلاب بمختلف المراحل الدراسية بصفة عامة، وفي المرحلة الجامعية بصفة خاصة، حتى ينعكس ذلك على مسيرتهم العلمية والمهنية، وإحداث التوافق مع التطورات العلمية الحديثة في مجال الكيمياء والمختبرات.
٤. أهمية قيام أعضاء هيئة التدريس بالجامعات بتنمية مهارات الجدل العلمي، وفاعلية الذات البيئية لدى الطلاب، والذي قد ينعكس بدوره فيما بعد في مناشط حياتهم اليومية.
٥. ضرورة استفادة القائمين على تطوير برامج الكلية التطبيقية بالسعودية، بما تقدمه الكيمياء الخضراء، ومنهجية تقييم دورة الحياة، من اتجاهات حديثة في الكيمياء للمحافظة على البيئة، وضرورة تزويد الطلاب بمختلف التطورات في ذلك السياق.

مقترحات البحث:

في ضوء ما تم عرضه من نتائج وتفسيرها يقترح البحث ما يلي:

١. بحث أثر برنامج إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء ومنهجية تقييم دورة الحياة لتنمية مخرجات تعلم أخرى مثل القيم البيئية، والسلوك المؤيد للبيئة.
٢. بحث أثر برنامج إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء ومنهجية تقييم دورة الحياة في مختلف التخصصات الأخرى مثل البيولوجي والفيزياء.
٣. بحث أثر برنامج إثرائي قائم على التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء ومنهجية تقييم دورة الحياة في مختلف المراحل الدراسية العليا مثل المرحلة الثانوية، ولدى الطلاب المعلمين.
٤. تطوير مقرر علوم البيئة بالمرحلة الثانوية في ضوء إحداث التكامل بين مختبر الكيمياء الخضراء ومنهجية تقييم دورة الحياة لتنمية جوانب أساسية في التربية البيئية.

المراجع:

أسامة عبد اللطيف (٢٠١٩). برنامج قائم على القضايا الاجتماعية العلمية المحلية لتنمية مهارات الجدل العلمي والمعارف والاتجاه نحو تلك القضايا لدى طلاب المرحلة الثانوية. *دراسات في المناهج وطرق التدريس*، ٢٤٣ ، ٥٨ - ١٠٧.

آية حجاج، وإبراهيم البعلي، وفاطمة عبد الوهاب، ومحمد عبد الرءوف (٢٠٢٠ب). تقويم برنامج إعداد معلمي الكيمياء بكليات التربية في ضوء مبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها. *مجلة كلية التربية*، ٣١ (١٣٢)، ٦٦٩- ٧٠٤

آية حجاج، وإبراهيم البعلي، وفاطمة عبد الوهاب، ومحمد عبدالرءوف (٢٠٢٠أ). وحدة مقترحة قائمة على مبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها لتنمية الجانب المعرفي ومهارات اتخاذ القرار لدى طلاب شعبة الكيمياء بكلية التربية. *مجلة كلية التربية- جامعة بنها*، ٣١ (١٣٢)، ٢٦٦- ٣٠٠

سحر الشافعي (٢٠٢١). فاعلية برنامج مقترح في الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها في ضوء نظرية الذكاء الناجح لتنمية مهارات التفكير التخيلي والمهارات الحياتية لدى طلاب الشعب العلمية بكلية التربية. *مجلة البحث العلمي في التربية*، ٢٢ ، ٣٠٦ _ ٣٧٥

سحر عبد الكريم (٢٠١٧). برنامج تدريبي قائم على معايير العلوم للجيل التالي NGSS " "لتنمية الفهم العميق ومهارات الاستقصاء العلمي والجدل العلمي لدى معلمي العلوم في المرحلة الابتدائية. *دراسات عربية في التربية وعلم النفس*، ٨١، ٢١ - ١١١

فؤاد البهي (١٩٧٨): *علم النفس الاحصائي وقياس العقل البشري*، دار الفكر العربي.

الكلية التطبيقية (٢٠٢٣). نبذة عن الكلية التطبيقية. أُسترجعت في مارس ٢٠٢٣، من https://cc.psau.edu.sa/ar/about

مبادرة السعودية الخضراء (٢٠٢٢). منتدى مبادرة السعودية الخضراء. أُسترجعت في يناير ٢٠٢٢، من https://2u.pw/GB7ccZS

مشهور البطران (٢٠٠٩). الاستقصاء والجدل العلمي والقصة، سياقات للتعلم الحواري: تجربة تطبيقية مع معلمات ومعلمين. *مجلة رؤى تربوية*، ٢٩ ، ٦٢-٨٣

مصطفى الشيخ، وهند مغنم، يوسف عبد المجيد (٢٠٢١). تأثير استخدام بعض تطبيقات الكيمياء الخضراء في تنمية الوعي بالقضايا البيئية المعاصرة للطلاب المعلمين شعبة الكيمياء. *مجلة كلية التربية*، ١٠٢ ، ٣٥٣-٣٧٠

منى الخطيب. (٢٠١٦). أثر استراتيجية التعلم المرتكز على المهمة في تنمية التحصيل ومهارات الجدل العلمي والاتجاه نحو مادة طرق تدريس ذوي الاحتياجات الخاصة لدى الطالبة المعلمة. *المجلة التربوية الدولية المتخصصة*، ٥ (١٠)، ١٢٢-١٤٨

ناريمان إسماعيل (٢٠١٩). أثر وحدة مقترحة في الكيمياء الخضراء على تنمية الوعي الاقتصادي والاتجاه نحو دراستها لدى الطلاب المعلمين بكلية التربية. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢٢ (١)، ٩١ – ١٤

نانيس الشناوي، وريحاب نصر، ومروة الباز (٢٠٢٠). فاعلية برنامج مقترح في الكيمياء الخضراء في تنمية القيم البيئية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء. *مجلة كلية التربية- جامعة بورسعيد*، ٣٠ ، ٢١١-٢٦١

هدى عبد الفتاح، وريحاب نصر، وإسراء شمس الدين (٢٠٢٢). وحدة مقترحة في البيولوجيا الإشعاعية باستخدام لوحة المناقشات الإلكترونية لتنمية مهارات الجدل العلمي لدى طلاب شعبة البيولوجي بكليات التربية. *مجلة كلية التربية*، ٣٩ ، ٤٤٦-٤٩٧

يحيى الزهراني، ومحرم عفيفي (٢٠١٨). فاعلية استراتيجية مقترحة قائمة على استخدام النماذج الإلكترونية التفاعلية في تنمية مهارات الجدل العلمي لدى طلاب العلوم والرياضيات بالكلية الجامعية بالقنفذة جامعة أم القرى. *مجلة تربويات الرياضيات*، ٢١ (١٠)، ٢٧١- ٣٢٣

4th Edition of International Conference on Green Chemistry and Renewable Energy (2023). Retrieved on March 10, 2022 from https://magnusconferences.com/green-chemistry/

Abou Assi, R., Ng, T., Tang, R., Hassan, S., & Chan, Y. (2021). Statistical Analysis of Green Laboratory Practice Survey: Conservation on Non-Distilled Water from Distillation Process. *Water*, *13*(15), 2018.

Abraham, J., Pane, M., & Chairiyani, R. (2015). An investigation on cynicism and environmental self-efficacy as predictors of pro-environmental behavior. *Psychology*, *6*, 234-242.

Anastas, T., & Warner, C. (1998). Principles of green chemistry. *Green chemistry: Theory and practice*, 29,14821-14842

Anshori, D. & Sastromiharjo, A. (2023). Effectiveness of Epistemic Beliefs and Scientific Argument to Improve Learning Process Quality. *International Journal of Instruction*, *16*(2), 493-510

Armstrong, L. B., Rivas, M. C., Zhou, Z., Irie, L. M., Kerstiens, G. A., Robak, M. T. & Baranger, A. M. (2019). Developing a green chemistry focused general chemistry laboratory curriculum: What do students understand and value about green chemistry? *Journal of Chemical Education, 96*(11), 2410-2419.

Arvanitoyannis, S. (2008). ISO 14040: life cycle assessment (LCA)–principles and guidelines. *Waste management for the food industries*, Elsevier

Aubrecht, K., Padwa, X., Shen, G., Bazargan, A. (2015). Development and Implementation of a Series of Laboratory Field Trips for Advanced High School Students to Connect Chemistry to Sustainability, *Journal of chemistry education, 92*, 631-637.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The Exercise of Control*. W.H. Freeman and Company

Bandura, A. (2002). Social cognitive theory in cultural context. *Applied psychology, 51*(2), 269-290.

Bandura, A. (2006). Guide for constructing self-efficacy scales. *Self-efficacy beliefs of adolescents, 5*(1), 307-337.

Bandura, A. (2012). On the functional properties of perceived self-efficacy revisited. *Journal of Management, 38*, 9–44.

Banerjee, R., & Ray, S. S. (2022). Sustainability and life cycle assessment of thermoplastic polymers for packaging: a review on fundamental principles and applications. *Macromolecular Materials and Engineering, 307*(6), 2100794.

Camana, D., Toniolo, S., & Manzardo, A. (2022). Investigating the integration between life cycle thinking, green chemistry principles and sustainability policies. *Web of Conferences, 349*, 13005- 13014.

Chemistry & Sustainable Conference (2023). Retrieved on July, 20, 2022 from https://www.isc3.org/page/green-sustainable-chemistry-conference

Doody, L. J. (2018). *Effects of a Green Chemistry Laboratory Design on First semester General Chemistry Students' Transformative Experiences in Chemistry*. Doctoral dissertation, Duquesne University

Dorney, M., Baker, D., Edwards, L., Kanel, R., & Sizemore, E.

(2014). Tangential flow filtration of colloidal silver nanoparticles: a "green" laboratory experiment for chemistry and engineering students. *Journal of Chemical Education, 91*(7), 1044-1049.

Driver, R., Newten, p, & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education, 84*(3), 287-312.

Duschl, A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education, 38,* 39-72.

Eck, V. (2022). *The relative importance of pro-environmental self-efficacy on pro-environmental intention and behavior and the moderating role of materialism*. Master, Radboud University

Eskin, H. & Ogan-Bekiroglu, F. (2013). Argumentation as a Strategy for Conceptual Learning of Dynamics. *Research in Science Education, 43,* 1939–1956

Graham, K. J., Jones, T. N., Schaller, C. P., & McIntee, E. J. (2014). Implementing a student-designed green chemistry laboratory project in organic chemistry. *Journal of Chemical Education, 91*(11), 1895-1900.

Hadianto, D., Damaianti, S., Mulyati, Y., & Sastromiharjo, A. (2021). Enhancing scientific argumentation skill through partnership comprehensive literacy. *Journal of Physics: Conference Series, 2098*(1), 1-8

Hanss, D., & Böhm, G. (2010). Can I make a difference? The role of general and domain specific self-efficacy in sustainable consumption decisions. *Umwelt psychology, 14*(2), 46–74.

Herrchen, M., & Klein, W. (2000). Use of the life-cycle assessment (LCA) toolbox for an environmental evaluation of production processes. *Pure and applied chemistry, 72*(7), 1247-1252.

Huang, H. (2016). Media use, environmental beliefs, self-efficacy, and pro environmental behavior. *Journal of Business Research, 69* (6), 2206–2212. doi:10.1016/j.jbusres.2015.12.031

Johnson, L. (2020). *Exploring the Relationship between Empathy for Animals and Environmental Self-Efficacy in Zoo and Aquarium Visitors*. Doctoral dissertation. University of Washington.

Juntunen, M., & Aksela, M. (2013). Life - cycle thinking in inquiry-based sustainability education–effects on students' attitudes towards chemistry and environmental literacy. *Center for Educational Policy Studies Journal, 3*(2), 157-180.

Karpudewan, M., Ismail, Z., & Roth, W. M. (2012). The efficacy of a green chemistry laboratory-based pedagogy: Changes in environmental values of Malaysia pre-service teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education, 10*, 497-529.

Karpudewan, M., Roth, M., & Sinniah, D. (2016). The role of green chemistry activities in fostering secondary school students' understanding of acid–base concepts and argumentation skills. *Chemistry Education Research and Practice, 17*(4), 893-901.

Kelley, K.; Preacher, J. (2012). On Effect Size. *Psychological Methods. 17* (2): 137–152. doi:10.1037/a0028086

Kralisch, D., Ott, D., & Gericke, D. (2015). Rules and benefits of life cycle assessment in green chemical process and synthesis design: a tutorial review. *Green Chemistry, 17*(1), 123-145.

Kuhn, D., & Moore, W. (2015). Argument as core curriculum. Learning. *Research and Practice, 1*, 66-78

Kunnan, A. (2010). Test fairness and Toulmin's argument structure. *Language Testing, 27*(2), 183–189.

Kurisu, K., Okabe, H., Nakatani, J., & Moriguchi, Y. (2021). Development of board game to encourage life cycle thinking, and trial with university students in Japan. *Cleaner and Responsible Consumption, 3*, 100033.

Lam, H., Escande, V., Mellor, E., Zimmerman, B., & Anastas, T. (2019). Teaching Atom Economy and E-Factor Concepts through a Green Laboratory Experiment: Aerobic Oxidative Cleavage of meso-Hydrobenzoin to Benzaldehyde Using a Heterogeneous Catalyst. *Journal of Chemical Education, 96*(4), 761-765.

Lankey, R. L., & Anastas, P. T. (2002). Life-cycle approaches for assessing green chemistry technologies. *Industrial & Engineering Chemistry Research, 41*(18), 4498-4502.

Li, Y. (2021). Leading the construction of economics and management laboratory in colleges and universities with the

concept of green development. *E3S Web of Conferences, 267*, 1025- 1034

Liu, Y. (2022). Effects of a CURE Laboratory Module on General Chemistry Students' Perceptions of Scientific Research, Green Chemistry, and Self-Efficacy. *Journal of Chemical Education, 99*(7), 2588-2596.

Liu, Y., Song, Y., & Wang, X. (2022). Increasing Preservice Science Teachers' Climate Change Knowledge, Hope, and Self-Efficacy in an Online Chemistry Course. *Journal of Chemical Education, 99*(7), 2465-2473.

Moeller, L., & Stahlmann, G. (2019). Which character strengths are focused on the well-being of others? Development and initial validation of the environmental self-efficacy scale: assessing confidence in overcoming barriers to pro-environmental behavior. *Journal of Well-Being Assessment*, *3*(2-3), 123-135.

Mufidah, I., Raziq, F., Dewi, M. A., & Iqbal, M. (2019). *Investigating student intention to support the green laboratory program using the Pro-environmental Reasoned Action Model: A case study from Bandung, Indonesia.* In 1st International Conference on Engineering and Management in Industrial System, 70-77, Atlantis Press.

Mustofa, F., Luthfiani, N., & Diella, D. (2023). The Effect of WhatsApp-Based Blended Problem-Based Learning on Students' Scientific Argument Ability in the Concept of Viruses. *Journal of Applied Research, 9*(2), 97-101. DOI: 10.47191/rajar/v9i2.06

National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.

Ojedokun, O., & Balogun, K. (2010). Environmental attitude as a mediator of the relationship between self-concept, environmental self-efficacy and responsible environmental behavior among residents of high-density areas in Ibadan Metropolis, Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, *3*(2), 50-61.

Oliveira W., Akerson L. & Oldfield M., (2012), Environmental argumentation as sociocultural activity, *Journal of research in science teaching., 49*(7), 869–897.

Osborne, F., Henderson, B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., &

Yao, S. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of research in science teaching, 53*(6), 821-846.

Rand, D., Yennie, C. Lynch, B., Lowry, J. Budarz, W. Zhu, L., Wang, Q. (2016). Development and Implementation of a Simple, Engaging Acid Rain Neutralization Experiment and Corresponding Animated Instructional Video for Introductory Chemistry Students. *Journal of chemistry education ,93*, 722-728.

Reyes, M., Bruce, K., & Shetranjiwalla, S. (2022). Green Chemistry, Life Cycle Assessment, and Systems Thinking: An Integrated Comparative-Complementary Chemical Decision-Making Approach. *Journal of Chemical Education, 100*(1), 209-220.

Rogan, A., Randall, M. Chair, T. & Gray, R. (2015). Bringing historical scientific arguments back to life. *Science Scope. (7),* 25-33.

Ryu, S., & Sandoval, W. (2012). Improvements to elementary children are epistemic understanding from sustained argumentation. *Science Education. 96*(3), 488-526.

Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J., & Witte, S. (2013). Writing to learn by learning to write during the school science laboratory: Helping middle and high school students develop argumentative writing skills as they learn core ideas. *Science Education, 97*(5), 643-670.

Sawitri, R., Hadiyanto, H., & Hadi, S. P. (2015). Pro-environmental behavior from a socialcognitive theory perspective. *Procedia Environmental Sciences, 23*, 27-33.

Shamuganathan, S., Karpudewan, M. (2017). Science writing heuristics embedded in green chemistry: a tool to nurture environmental literacy among pre-university students, *Chemistry Education and practice, 18*, 386-396

Sharma, K. K. (2011). Recycling of Water during Distillation in Laboratories and Industries Saves Gallons of Water. *India water portal, Arghyam initiative, India*.

Swarr, T. E., Cespi, D., Fava, J., & Nuss, P. (2017). Application of life cycle assessment to green chemistry objectives. *Tools for Green Chemistry, 10*(10),1-27

Tabernero, C., & Hernández, B. (2011). Self-efficacy and intrinsic motivation guiding environmental behavior. *Environment and Behavior, 43*(5), 658-675

Thqgersen, J. & Grqnhqj, A. (2010). Electricity saving in households—A social cognitive approach. *Energy Policy, 38*(12), 7732–7743.https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.025

Utami, S., Aisyah, S., & Affifah, I. (2022). Application of the Argument-Driven Inquiry Learning Model in Stimulating Students' Scientific Argumentation Skills on Acid-Base Material. *Journal Pendidikan Kimia Indonesia, 6*(1), 38-45.

White, K., Macdonnell, R., & Dahl, W. (2011). It's the mind-set that matters: The role of construal level and message framing in influencing consumer efficacy and conservation behaviors. *Journal of Market Research. 48 (5),* 472–485. doi:10.1509/jmkr.48.3.472