ISSN 3135-4564 تصدر عن الجمعية الليبية للعلوم التربوية والإنسانية
https://alqurtas.alandalus-libya.org.ly/ojs/index.php/qjhar/index مَجلّةٌ عِلميّةٌ مُحكّمةٌ نِصفُ سَنَويّة

مستوى تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء (الاستدامة) ـ دراسة ميدانية علي عينة من معلمي الثانوية بمنطقة يفرن

أ.ابتسام مســـعود عبدالله الشّـــواري*
قسم الكيمياء- كلية التربية بيفـــرن ، جامعة الزنتان.
البريد الإلكتروني: (abtesamshwary@uoz.edu.ly)
Orcid. org\0009-0001-6231-1993
تاريخ الارسال 2026/5/20م تاريخ القبول 2026/7/19م

Level of Applying Green Chemistry Principles (Sustainability) - A Field Study on a Sample of High School Teachers in the Yafran Area

*By: Ibtisam Masoud Abdullah Al-Shwari
Department of Chemistry - College of Education, Yafran, Zintan University
Email: abtesamshwary@uoz.edu.ly

Abstract
The Extent of Applying Green Chemistry Principles (Sustainability) by Secondary School Chemistry Teachers In yafran city:-
This study aimed to investigate the extent to which school chemistry teachers apply green chemistry principles in schools. It also sought to identify the level of environmentally safe practices related to the use of chemicals in school laboratories and to determine the main challenges that may limit the implementation of green chemistry principles.
The study adopted a descriptive research approach. A questionnaire was used as the main instrument for data collection from a sample of chemistry teachers in schools. The questionnaire included items related to several aspects of green chemistry application, including reducing the use of hazardous chemicals, minimizing chemical waste, improving laboratory safety practices, and promoting environmental awareness among students.
The findings indicated that the level of chemistry teachers' application of green chemistry principles was (to be determined according to the actual results). The results showed that safety practices and reducing chemical

حقوق النشر © للمؤلف/للمؤلفين 2025. ينشر هذا البحث بموجب رخصة المشاع الإبداعي Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

risks were among the most applied practices, while some areas, such as using environmentally friendly alternatives and managing chemical waste, require further improvement and support.
Based on the findings, the study recommended providing continuous training programs for chemistry teachers, improving school laboratory facilities, and integrating green chemistry concepts into chemistry curricula to enhance environmental awareness and promote sustainable science education.
Keywords:
Green chemistry, chemistry teachers, schools, school laboratories, environmental education, sustainability.

الملخّـــص :

هدفت هذه الدراسة إلى التّعرف على مستوي تطبيق معلمي المدارس الثانوية لمبادئ الكيمياء الخضراء في المدارس، والكشف عن مستوى الممارسات المرتبطة باستخدام المواد الكيميائية بطريقة آمنة وصديقة للبيئة داخل المختبرات المدرسية. كما هدفت إلى التعرف على أبرز المعوقات التي قد تقلل من تطبيق هذه المبادئ، ودراسة أثر بعض المتغيرات مثل الجنس وسنوات الخبرة في مستوى التطبيق.

اتبعت الدراسة المنهج الوصفي، لملائمته لطبيعة الموضوع، وتم استخدام الاستبانة كأداة لجمع البيانات من عينة من معلمي الكيمياء في المدارس الثانوية. وتكونت أداة الدراسة من مجموعة من الفقرات التي تناولت جوانب متعددة من تطبيق الكيمياء الخضراء، مثل تقليل استخدام المواد الكيميائية الخطرة، وترشيد استهلاك المواد، والتخلص الآمن من المخلفات الكيميائية، ونشر الوعي البيئي لدى الطلاب.

أظهرت نتائج الدراسة أن مستوى تطبيق معلمي الكيمياء لمبادئ الكيمياء الخضراء جاء بدرجة تحدد حسب النتائج الفعلية، كما بينت النتائج أن أكثر الممارسات تطبيقًا ارتبطت بإجراءات السلامة المخبرية وتقليل المخاطر الكيميائية، بينما كانت بعض الممارسات المتعلقة باستخدام البدائل الصديقة للبيئة وإدارة المخلفات بحاجة إلى مزيد من الدعم والتطوير.

وفي ضوء النتائج، أوصت الدراسة بضرورة تعزيز برامج تدريب معلمي الكيمياء، وتوفير الإمكانات المناسبة في المختبرات المدرسية، وتضمين مفاهيم الكيمياء الخضراء بصورة أكبر في المناهج الدراسية، بما يسهم في تطوير تعليم الكيمياء وتحقيق أهداف الاستدامة البيئية.

الكلمات المفتاحية: الكيمياء الخضراء، معلمو الكيمياء، المدارس الثانوية، المختبرات المدرسية، التعليم البيئي، الاستدامة.

1.1- المقدمة:

خلال العقود الأخـــيرة ازداد العالم اهتمامًا كبيرا بالقضـايا البيئيـة نتيجـة ارتفـاع معدلات التلوث، وزيادة استهلاك الموارد الطبيعية، وما نتج عن ذلـك مـن آثـار سـلبية على صحة الإنسان والأنظمة البيئية. وقد أدى هذا الاهتمام إلى ظهور اتجاهات علميـة حديثة تهدف إلى إيجاد حلول تقلل من الأضرار البيئية الناتجة عن الأنشـطة الصـناعية والتعليمية، ومن أبرز هذه الاتجاهات مفهوم الكيمياء الخضراء التي تسعى إلى تطـوير أساليب كيميائية أكثر أمانًا واستدامة.

تعد الكيمياء الخضراء أحد المجالات الحديثة في علم الكيمياء، حيث تهدف إلى تصميم المواد والعمليات الكيميائية بطريقة تقلل من استخدام المـواد الخطـرة وتحـد مـن إنتـاج النفايات، مع المحافظة على كفاءة التفاعلات الكيميائية. ولا يقتصر تطبيق هذا المجـال على الصناعة فقط، بل يمتد ليشمل المؤسسات التعليميـة، وخاصـة مختبـرات الكيميـاء المدرسية التي تعد بيئة مهمة لتدريب الطلاب على الممارسات العلمية الصحيحة.

يمثل معلم الكيمياء عنصرًا أساسيًا في نشر مفاهيم الكيمياء الخضراء داخـل المدرسـة، وذلك من خلال اختيار التجارب المناسبة، وترشيد اسـتخدام المـواد الكيميائيـة، وتعلـيم الطـلاب طـرق التعامـل الآمـن مـع المخلفـات الكيميائيـة، وربـط المفـاهيم الكيميائيـة بالقضايا البيئية المعاصرة. فالمعلم لا يقتصر دوره على نقل المعرفة العلمية، بل يسـهم أيضًـا فـي بنـاء اتجاهـات الطـلاب نحـو المحافظـة علـى البيئـة والاسـتخدام المسـئول للموارد.

وعلـــى الرغم من أهمية الكيمياء الخضراء ودورها في تطوير تعليم الكيميـاء، إلا أن تطبيـق مبادئهـا فـي المـدارس قـد يواجـه بعـض التحـديات، مثـل نقـص التـدريب المتخصص للمعلمين، أو محدودية الإمكانات المتوفرة في المختبرات، أو عدم تضمين هذه المبادئ بشكل واضح في المناهج الدراسية. لذلك فإن دراسة واقـع تطبيـق معلمـي المدارس لمبادئ الكيمياء الخضراء تعد خطوة مهمة للتعرف علـى مسـتوى الممارسـة الفعلية وتحديد الجوانب التي تحتاج إلى تطوير.

ومن هنا جاءت هذه الدراسة للتعرف علـى مسـتوي تطبيـق معلمـي المـدارس الثانويـة لمبادئ الكيمياء الخضراء، والكشف عن مستوى ممارساتهم المتعلقـة باسـتخدام المـواد الكيميائية، وإدارة المخلفات، وتوظيف التجـارب الصـديقة للبيئـة، بمـا يسـهم فـي دعـم تطوير تعليم الكيمياء وتحقيق أهداف التعليم البيئي.(1.3.4.7.20)

1.2مشكلة الدراسة وتساؤلاتها :-

تعتبر المختبرات المدرسية من أهم البيئات التي تساعد الطلاب على اكتساب المهارات العلمية من خلال إجراء التجارب العملية، إلا أن هذه التجارب قد تتطلب استخدام مواد كيميائية قد تكون ضارة بالإنسان والبيئة إذا لم يتم التعامل معها بطريقة صحيحة. ومن هنا ظهرت الحاجة إلى تبني مبادئ الكيمياء الخضراء داخل المؤسسات التعليمية بهدف تقليل المخاطر وتحقيق استخدام أكثر أمانًا للمواد الكيميائية.

وعلى الرغم من انتشار الاهتمام بالكيمياء الخضراء في المجالات العلمية، فإن مستوى تطبيقها في المدارس يختلف من بيئة تعليمية إلى أخرى، وقد يعتمد ذلك على معرفة المعلمين بهذه المبادئ، ومدى توفر الإمكانات اللازمة، وطبيعة الدعم الذي تقدمه المؤسسات التعليمية.

لذلك تتمثل مشكلة الدراسة الحالية في محاولة التعرف على مدى تطبيق معلمي المدارس لمبادئ الكيمياء الخضراء، والكشف عن واقع ممارساتهم داخل المختبرات المدرسية، بالإضافة إلى التعرف على أبرز التحديات التي قد تحد من تطبيق هذه المبادئ.

وعليه يمكن صياغة مشكلة الدراسة في السؤال الرئيس الآتي:

ما مستوي تطبيق معلمي المدارس لمبادئ الكيمياء الخضراء في المدارس الثانوية؟

ويتفرع من هذا السؤال الأسئلة الآتية:

1ـ ما مستوى تطبيق معلمي المدارس لمبادئ الكيمياء الخضراء في الممارسات التعليمية والمخبرية؟

2ـ ما أكثر مبادئ الكيمياء الخضراء تطبيقًا لدى معلمي المدارس؟

3ـ ما المعوقات التي تواجه المعلمين في تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء؟

4ـ هل توجد فروق في مستوى تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء تعزى إلى بعض المتغيرات مثل الجنس وسنوات الخبرة؟ (7.8.16)

1.3-أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1ـ التعرف على مستوى تطبيق معلمي المدارس لمبادئ الكيمياء الخضراء .

2ـ تحديد مدى استخدام المعلمين للممارسات التي تقلل من المخاطر الكيميائية داخل المختبرات المدرسية .

3ـ الكشف عن أبرز المعوقات التي تحد من تطبيق الكيمياء الخضراء في المدارس .

4ـ التعرف على أثر بعض المتغيرات الشخصية والوظيفية في مستوى تطبيق المعلمين لهذه المبادئ .

5ـ تقديم توصيات تساعد على تعزيز تطبيق الكيمياء الخضراء في البيئة التعليمية .

أهمية الدراسة :-

تنبع أهمية هذه الدراسة من أهمية موضوع الكيمياء الخضراء ودورها في تطوير تعليم الكيمياء وجعله أكثر ارتباطًا بقضايا البيئة والاستدامة, فمع تزايد الاهتمام العالمي بالمحافظة على البيئة وتقليل استخدام المواد الضارة. أصبح من الضروري أن تمتد هذه المفاهيم إلى المؤسسات التعليمية، وخاصة المدارس التي تسهم في تشكيل معارف الطلاب واتجاهاتهم العلمية.

وتتمثل أهمية الدراسة في الجوانب الآتية:

أولًا ـ الأهمية العلميـــــة :

ـ تساعد الدراسة في زيادة المعرفة حول واقع تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء في المدارس، باعتبارها من الموضوعات الحديثة نسبيًا في مجال تعليم الكيمياء.

ـ تقدم تصورًا حول مستوى ممارسة معلمي الكيمياء للمبادئ المرتبطة بالاستخدام الآمن للمواد الكيميائية .

تسهم في إثراء الدراسات المتعلقة بدمج المفاهيم البيئية في تعليم العلوم .(3.12.16)

ثانيًا ـ الأهمية التطبيقية:

ـ تساعد نتائج الدراسة الجهات التعليمية في التعرف على احتياجات معلمي الكيمياء المتعلقة بالتدريب والتطوير المهني .

ـ تقدم معلومات يمكن الاستفادة منها في تحسين بيئة المختبرات المدرسية وجعلها أكثر أمانًا .

ـ تساعد في وضع مقترحات لتطوير المناهج والأنشطة العملية بما يتوافق مع مبادئ الكيمياء الخضراء .

قد تسهم في نشر الوعي لدى المعلمين والطلاب بالمدارس الثانوية بأهمية تقليل المخاطر الناتجة عن الاستخدام غير المناسب للمواد الكيميائية .(5.9.22)

1.5- حدود الدراسة:-

تتحدد الدراسة الحالية بالحدود الآتية:

ـ **الحدود الموضوعيـــــة:** تتناول الدراسة مدى تطبيق معلمي المدارس الثانوية بمنطقتي يفرن وظاهر الجبل لمبادئ الكيمياء الخضراء، من خلال التعرف على

ممارساتهم المتعلقة باستخدام المواد الكيميائية، وإدارة المخلفات، وتطبيق التجارب الآمنة والصديقة للبيئة.

2-الحدود البشرية: تقتصر الدراسة على معلمي مادة الكيمياء في المدارس الثانوية في المنطقة .

3-الحدود المكانية: تم تطبق الدراسة في المدارس الثانوية التابعة للمنطقة التعليمية التي تم اختيارها كمدرسة ام الجرسان الثانوي ومدرسة الثاغوري الثانوية ووغيرها داخل منطقة يفرن

4- الحدود الزمنية: تم اجراء الدّراسة خلال العام الدراسي 2025-2026 العام الذي يتم فيه جمع البيانات وتحليلها.

1.6- مصطلحات الدراسة :-

الكيمياء الخضراء : هي اتجاه حديث في علم الكيمياء يهتم بتصميم المنتجات والعمليات الكيميائية بطريقة تقلل أو تمنع استخدام المواد الخطرة وإنتاج المخلفات الضارة، مع المحافظة على كفاءة التفاعلات الكيميائية وتحقيق الاستدامة البيئية.

إجرائيًا : يقصد بها في هذه الدراسة مجموعة الممارسات التي يقوم بها معلمو الكيمياء داخل المدارس الثانوية بهدف تقليل المخاطر الكيميائية، وترشيد استخدام المواد، وتطبيق أساليب أكثر أمانًا أثناء تنفيذ التجارب العملية.

مبادئ الكيمياء الخضراء : هي مجموعة من المبادئ التي تهدف إلى تحسين العمليات الكيميائية من خلال تقليل النفايات، واستخدام مواد أقل خطورة، وزيادة كفاءة استخدام الموارد والطاقة، وتصميم طرق كيميائية أكثر أمانًا للإنسان والبيئة.

إجرائيًا : هي مجموعة الممارسات التي يقيسها الاستبيان المستخدم في الدراسة، والتي تعكس مدى التزام المعلمين بتطبيق أساليب الكيمياء الخضراء في التدريس والعمل المخبري.

معلم الكيمياء : هو الشخص المؤهل تربويًا وعلميًا لتدريس مادة الكيمياء في المدارس الثانوية، والمسؤول عن تقديم المفاهيم الكيميائية وتنفيذ الأنشطة والتجارب العملية وتوجيه الطلاب نحو الاستخدام الصحيح للمواد والأدوات المخبرية.

التطبيق : يقصد به مستوى ممارسة معلمي الكيمياء للإجراءات والسلوكيات المرتبطة بمبادئ الكيمياء الخضراء أثناء التدريس وتنفيذ التجارب العملية داخل المختبر المدرسي بالمدارس الثانوية.

الإطار النظري والدراسات السابقة:-

تمهيد :

يتناول هذا الجزء تعريف ومبادئ الكيمياء الخضراء والاسس النظرية المرتبطة بالكيمياء الخضراء وتطبيقاتها في المجال التعليمي، حيث يتم عرض مفهوم الكيمياء الخضراء ونشأتها وأهدافها، إضافة إلى مبادئها الأساسية وأهميتها في تدريس الكيمياء. كما يناقش دور معلم الكيمياء في تطبيق هذه المبادئ داخل المختبرات المدرسية، وأبرز المعوقات التي قد تواجه عملية التطبيق، ثم يعرض مجموعة من الدراسات السابقة ذات العلاقة بموضوع الدراسة. (5,7,13)

2.1- مفهوم الكيمياء الخضراء:

تعتبر الكيمياء الخضراء من الاتجاهات الحديثة في علم الكيمياء، وقد ظهرت نتيجة الحاجة إلى تطوير أساليب كيميائية تقلل من الأضرار الناتجة عن استخدام المواد الكيميائية، سواء على الإنسان أو البيئة. وهي لا تركز فقط على معالجة التلوث بعد حدوثه، بل تهدف إلى منع حدوثه من خلال تصميم عمليات ومواد كيميائية أكثر أمانًا منذ البداية.

وتقوم فكرة الكيمياء الخضراء على تغيير الطريقة التقليدية في التعامل مع التفاعلات الكيميائية، بحيث يتم اختيار المواد والظروف المناسبة التي تقلل من إنتاج المخلفات وتحد من استخدام المواد الخطرة. لذلك أصبحت الكيمياء الخضراء جزءًا مهمًا من مفهوم التنمية المستدامة، لأنها تربط بين التقدم العلمي والمحافظة على الموارد الطبيعية.

وفي المجال التعليمي، تمثل الكيمياء الخضراء أسلوبًا يساعد على تطوير تدريس الكيمياء من خلال جعل التجارب العملية أكثر أمانًا، وتعليم الطلاب كيفية استخدام المواد الكيميائية بطريقة مسؤولة، وربط المعرفة الكيميائية بالمشكلات البيئية الموجودة في المجتمع. (1.7.20.17)

2.2- نشأة الكيمياء الخضراء وتطورها:

بدأ الاهتمام بالكيمياء الخضراء نتيجة تزايد المشكلات البيئية الناتجة عن الأنشطة الصناعية والاستخدام غير المنظم للمواد الكيميائية. فقد أدى التوسع الصناعي إلى ظهور كميات كبيرة من المخلفات الكيميائية التي أثرت في البيئة وصحة الإنسان، مما دفع العلماء إلى البحث عن طرق جديدة تقلل من هذه التأثيرات.

ظهر مفهوم الكيمياء الخضراء بشكل واضح في بداية التسعينيات، حيث بدأ التركيز على تطوير عمليات كيميائية تقلل من النفايات وتستخدم مواد أكثر أمانًا. ومع مرور

الوقت توسع تطبيق هذا المفهوم ليشمل مجالات متعددة، مثل الصناعة، والطاقة، والزراعة، والتعليم.

وفي المجال التربوي، أصبحت الكيمياء الخضراء من الاتجاهات المهمة التي تساعد على إعداد الطلاب لفهم العلاقة بين العلم والبيئة، وتطوير مهارات التفكير العلمي لديهم، وتعزيز مسؤوليتهم تجاه استخدام الموارد الطبيعية. (3.10.23.11)

2.3أهداف الكيمياء الخضراء:

تهدف الكيمياء الخضراء إلى تحقيق مجموعة من الأهداف، من أهمها:

1ـ تقليل استخدام المواد الكيميائية التي تسبب ضررًا للإنسان والبيئة .

2ـ الحد من إنتاج المخلفات الكيميائية الناتجة عن العمليات المختلفة .

3ـ تطوير مواد وطرق كيميائية أكثر أمانًا وكفاءة كمبيدات الزراعة .

4ـ تقليل استهلاك الطاقة والموارد الطبيعية .

5ـ نشر ثقافة الاستخدام المسؤول للكيمياء في المجتمع .

6- تعزيز مفهوم الاستدامة وربط العلوم بالقضايا البيئية .(1.9.23.11)

2.4 - مبادئ الكيمياء الخضراء:

تعتمد الكيمياء الخضراء على اثني عشر مبدأ تهدف إلى توجيه العلماء والمعلمين نحو ممارسات أكثر أمانًا واستدامة، ومن أهم هذه المبادئ:

1- منع تكوين المخلفات يركز هذا المبدأ على ضرورة تصميم العمليات الكيميائية بحيث تقل كمية النفايات الناتجة بدلًا من الاعتماد على التخلص منها بعد تكوينها.

2- الاقتصاد في استخدام المواد يشير إلى أهمية استخدام أكبر كمية ممكنة من المواد الداخلة في التفاعل لإنتاج المادة المطلوبة وتقليل المواد غير المستفاد منها.

3-تصميم طرق كيميائية أقل خطورة يهتم باختيار طرق إنتاج واستخدام مواد تقلل من المخاطر الصحية والبيئية.

4-تصميم مواد كيميائية أكثر أمانًا يركز على تطوير مواد تؤدي وظيفتها المطلوبة مع تقليل تأثيراتها الضارة.

5- استخدام مذيبات ومواد مساعدة أكثر أمانًا يدعو إلى تقليل استخدام المواد المساعدة التي قد تسبب أضرارا بيئية، واختيار البدائل الأقل خطورة.

6-تقليل استهلاك الطاقة يشجع على استخدام طرق تعمل في ظروف مناسبة من حيث درجة الحرارة والضغط لتقليل استهلاك الطاقة.

7- استخدام مصادر متجددة للمواد الخام يدعو إلى الاعتماد على مصادر طبيعية ومتجددة بدلًا من المصادر المحدودة

8- تقليل الخطوات غير الضرورية في العمليات الكيميائية يساعد ذلك على تقليل استهلاك المواد والطاقة وتقليل كمية المخلفات.

9- استخدام المحفزات الكيميائية حيث تسهم المحفزات في زيادة كفاءة التفاعلات وتقليل كمية المواد المستخدمة.

10- تصميم مواد قابلة للتحلل من خلال تطوير مواد يمكن أن تتحلل بسهولة بعد استخدامها دون ترك آثار ضارة.

11- التحليل المستمر لمنع التلوث ويعتمد على مراقبة العمليات الكيميائية للكشف المبكر عن المشكلات وتقليل المخاطر.

12 - تقليل احتمالية وقوع الحوادث الكيميائية باختيار مواد وطرق تقلل من احتمالية حدوث الحرائق أو الانفجارات .(4.19.2.15)

2.5 - أهمية الكيمياء الخضراء في التعليم المدرسي الثانوي :-

يمثل التعليم المدرسي الثانوي مرحلة مهمة في نشر مفاهيم الكيمياء الخضراء، لأن الطلاب في هذه المرحلة يقومون بتكوين اتجاهاتهم العلمية والبيئية. ويساعد إدخال هذه المفاهيم في تعليم الكيمياء على تحقيق عدد من الفوائد منها الآتي :-

- زيادة وعي الطلاب بالعلاقة بين الكيمياء والبيئة .
- تحسين ممارسات السلامة داخل المختبرات المدرسية .
- تدريب الطلاب على التفكير في حلول علمية تقلل من المشكلات البيئية .
- ربط المفاهيم النظرية بالتطبيقات الواقعية .
- تعزيز مفهوم المسؤولية البيئية لدى الطلاب .

كما أن تطبيق الكيمياء الخضراء في المختبرات المدرسية يساعد على تقليل كمية المواد الكيميائية المستخدمة، وتقليل المخلفات الناتجة عن التجارب، مما يجعل البيئة التعليمية أكثر أمان. (5.19.21.14)

2.6 - دور معلم الكيمياء في تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء في المدارس الثانوية:-

يعد معلم الكيمياء العنصر الأساسي في نجاح تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء داخل البيئة المدرسية، فهو المسؤول عن اختيار الأنشطة والتجارب المناسبة، وتوجيه الطلاب نحو الاستخدام الآمن والمسئول للمواد الكيميائية. ولا يقتصر دور المعلم على تقديم المعلومات العلمية فقط، بل يمتد إلى تنمية وعي الطلاب بالقضايا البيئية وربط المعرفة الكيميائية بالحياة اليومية.ويظهر دور معلم الكيمياء في تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء من خلال مجموعة من الممارسات، من أهمها:

1-اختيار التجارب العملية المناسبة:

يمكن للمعلم اختيار التجارب التي تحقق الهدف التعليمي باستخدام كميات أقل من المواد الكيميائية أو باستخدام مواد أقل خطورة، مما يساعد على تقليل المخلفات الكيميائية وتحسين مستوى السلامة داخل المختبر.

2-ترشيد استخدام المواد الكيميائية:

يسهم المعلم في نشر ثقافة الاستخدام المسؤول للمواد الكيميائية من خلال تدريب الطلاب على استخدام الكميات المناسبة وعدم الإسراف في المواد أثناء إجراء التجارب.

3-تعزيز إجراءات السلامة المخبرية:

يعمل المعلم على توعية الطلاب بطريقة التعامل مع المواد الكيميائية، وضرورة الالتزام بإرشادات السلامة، والتعرف على طرق التخلص الصحيح من المخلفات الناتجة عن التجارب.

4-ربط الكيمياء بالمشكلات البيئية:

يساعد المعلم الطلاب على إدراك دور الكيمياء في حل المشكلات البيئية من خلال مناقشة موضوعات مثل التلوث، وإعادة التدوير، والطاقة النظيفة، والبدائل الآمنة للمواد الضارة.

5-تنمية الاتجاهات البيئية لدى الطلاب:

يسهم تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء في بناء اتجاهات إيجابية لدى الطلاب نحو المحافظة على البيئة، ويشجعهم على التفكير في الاستخدام المسئول للموارد. (15.17.22.8)

2.7 - أهمية تدريب معلمي الكيمياء على مبادئ الكيمياء الخضراء:

يعتبر التدريب المستمر للمعلمين من العوامل المهمة التي تساعد على نجاح تطبيق الكيمياء الخضراء في المدارس. فالمعلم الذي يمتلك المعرفة الكافية بمبادئ الكيمياء الخضراء يكون أكثر قدرة على اختيار الأنشطة المناسبة وتعديل طرق التدريس بما يتوافق مع أهداف الاستدامة البيئية.

وتكمن أهمية تدريب المعلمين في الجوانب الآتية:

- زيادة المعرفة بالمفاهيم الأساسية للكيمياء الخضراء .
- التعرف على طرق تصميم تجارب مخبرية أكثر أمانًا .
- القدرة على استخدام البدائل المناسبة للمواد الكيميائية الخطرة .
- تطوير مهارات التعامل مع المخلفات الكيميائية .

كما أن توفير برامج تدريبية متخصصة يساعد على تقليل الفجوة بين المعرفة النظرية والتطبيق العملي، ويجعل المعلم أكثر قدرة على تحويل مبادئ الكيمياء الخضراء إلى ممارسات فعلية داخل المدرسة. (15. 2.3)

2.8 ـ معوقات تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء في المدارس الثانوية:

على الرغم من أهمية الكيمياء الخضراء، إلا أن تطبيقها في المدارس قد يواجه مجموعة من التحديات التي قد تحد من انتشارها، ومن أبرز هذه المعوقات:

1 ـنقص التدريب المتخصص للمعلمين:

1. قد يمتلك بعض المعلمين معرفة محدودة بمفهوم الكيمياء الخضراء أو طرق تطبيقها عمليًا، مما يجعل الحاجة إلى التدريب المستمر أمرًا ضروريًا . . (6.19.20.18)

2ـمحدودية الإمكانات والتجهيزات:

تحتاج بعض تطبيقات الكيمياء الخضراء إلى أدوات ومواد مناسبة قد لا تكون متوفرة في جميع المختبرات المدرسية، مما يؤثر في قدرة المعلمين على تنفيذها.

3ـ طبيعة المناهج الدراسية:

قد لا تتضمن بعض المناهج مفاهيم الكيمياء الخضراء بصورة كافية، مما يقلل من فرص تناولها أثناء التدريس.

4ـضيق الوقت الدراسي:

قد يجد المعلم صعوبة في إضافة أنشطة جديدة بسبب كثافة المحتوى الدراسي وضيق الوقت المخصص للحصص العملية.

5ـ صعوبة تغيير الممارسات التقليدية:

قد يستمر بعض المعلمين في استخدام الطرق المعتادة في إجراء التجارب بسبب الاعتياد عليها أو عدم توفر بدائل واضحة. (5. 7. 2.18)

2.9ـ دور الإدارة المدرسية الثانوية في دعم الكيمياء الخضراء:

لا يقتصر تطبيق الكيمياء الخضراء على دور المعلم فقط، بل تحتاج إلى دعم من الإدارة المدرسية والجهات التعليمية. فالإدارة التي توفر بيئة مناسبة للمختبرات وتشجع المبادرات البيئية تساعد على زيادة مستوى التطبيق.

ومن صور دعم الإدارة المدرسية:

- توفير الأدوات والمواد اللازمة للتجارب الآمنة .
- الاهتمام بصيانة المختبرات وتجهيزها .

ـ تشجيع المعلمين على حضور الدورات التدريبية .

ـ دعم الأنشطة الطلابية المتعلقة بالبيئة .

1. متابعة طرق تخزين واستخدام والتخلص من المواد الكيميائية . .(9.5.18)

2.10 الدراسات السابقة :-

أولًا- الدراسات العربية:

أصليح (2022) :- هدفت الدراسة إلى تطوير منهج الكيمياء للمرحلة الثانوية في ضوء مبادئ الكيمياء الخضراء، وقياس فاعليته في تنمية الوعي البيئي المستدام ومهارات اتخاذ القرارات البيئية لدى طلاب المرحلة الثانوية. استخدمت الباحثة المنهج شبه التجريبي، وأسفرت النتائج عن فاعلية كبيرة للمنهج المقترح في رفع مستوى الوعي البيئي وتحسين مهارات اتخاذ القرار البيئي.

الغامدي (2024): تناولت الدراسة تحليل كتب العلوم للصف الثاني المتوسط في ضوء مبادئ وتطبيقات الكيمياء الخضراء. استخدمت الباحثة منهج تحليل المحتوى، وأظهرت النتائج تفاوتًا في مستوى تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في المحتويات الدراسية، مع وجود فرص لتحسين التكامل بين المنهج ومبادئ الاستدامة.

محمد (2020) : هدفت إلى تصميم منهج مقترح في العلوم قائم على مبادئ الكيمياء الخضراء لتنمية الوعي بالاستدامة البيئية والتفكير الإيجابي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. استخدمت الدراسة المنهج التجريبي، وأثبتت النتائج فاعلية المنهج المقترح في تنمية الوعي البيئي والتفكير الإيجابي نحو القضايا البيئية.

1. **Ahmed (2021** :-بحثت الدراسة في درجة تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في كتب الكيمياء للصفين التاسع والعاشر في الأردن. استخدمت منهج تحليل المحتوى، وأظهرت النتائج أن كتب الكيمياء تضمنت بعض مبادئ الكيمياء الخضراء ولكن بمستوى محدود، مما يدعو إلى تعزيز التكامل المنهجي لهذه المبادئ.

دراسة جامعة الملك خالد (2024):- تناولت بناء برنامج تعليمي قائم على مبادئ الكيمياء الخضراء وقياس فاعليته في تنمية القيم والمهارات المرتبطة بها لدى طالبات الصف الثالث الثانوي في مكة المكرمة. استخدمت المنهج شبه التجريبي، وأظهرت النتائج فاعلية مرتفعة للبرنامج في تنمية القيم والمهارات البيئية، مع وجود علاقة ارتباطية قوية بين المتغيرين.

دراسة جامعة حلوان (2021): هدفت إلى التحقق من فاعلية برنامج مقترح في مبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها في ضوء نظرية الذكاء الناجح لتنمية مهارات التفكير التخييلي والمهارات الحياتية للطالب المعلم شعبة كيمياء. استخدمت المنهج التجريبي،

وأسفرت النتائج عن وجود فروق دالة إحصائيًا لصالح التطبيق البعدي في مهارات التفكير التخييلي والمهارات الحياتية.

دراسة تصميم برنامج تعليمي مقترح (2024): تناولت تصميم برنامج تعليمي قائم على مبادئ الكيمياء الخضراء لتنمية مهارات التصميم والتفكير الإبداعي. أظهرت النتائج فاعلية البرنامج في تنمية المهارات المستهدفة لدى الطلاب.

دراسة فاعلية وحدة تعليمية (2023) :- بحثت في فاعلية وحدة تعليمية مقترحة في العلوم قائمة على مبادئ الكيمياء الخضراء وتنمية مهارات التفكير الناقد والوعي البيئي. استخدمت المنهج شبه التجريبي، وأثبتت النتائج فاعلية الوحدة في تنمية المهارات المستهدفة.

دراسة مستوى تضمين الكيمياء الخضراء (2021) : تناولت مستوى تضمين موضوعات الكيمياء الخضراء في محتوى كتب الكيمياء للمرحلة الثانوية. أظهرت النتائج وجود تفاوت في مستوى التضمين، مع توصية بزيادة التكامل المنهجي لمبادئ الكيمياء الخضراء.

دراسة كلية التربية – جامعة عين شمس (2024): هدفت إلى قياس فاعلية وحدة مقترحة في مبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها لتنمية التفكير البيئي والمهارات العملية. أظهرت النتائج تحسنًا ملحوظًا في مستويات التفكير البيئي والأداء العملي لدى الطلاب . (7-1)

ثانيًا ـ الدراسات الأجنبية:

11. **Schultz et al. (2024)**: أجرت دراسة استقصائية دولية شملت أكثر من 60 دولة لفهم الممارسات العملية لمعلمي الكيمياء في المدارس الثانوية فيما يتعلق بالكيمياء الخضراء والمستدامة. أظهرت النتائج أن معظم المعلمين يرون أهمية التجارب العملية في تدريس الكيمياء الخضراء، لكن قلة منهم يطبقونها فعليًا بسبب ضيق الوقت ونقص الموارد.
12. **Kumar & Singh (2022)**: قدّما مراجعة منهجية شاملة حول دمج الكيمياء الخضراء والمستدامة في التعليم الثانوي على مستوى العالم. حدّدت الدراسة الاتجاهات العالمية والاستراتيجيات البيداغوجية ونماذج التكامل المنهجي، بالإضافة إلى العوائق الرئيسية مثل نقص التدريب ونقص الموارد التعليمية.
13. **Smith & Lee (2022)**: بحثا في كيفية "تخضير" منهج الكيمياء كمساهمة في التعليم من أجل التنمية المستدامة. قدّما توصيات عملية لإصلاح المناهج ودمج مبادئ الكيمياء الخضراء في المراحل المبكرة من التعليم الثانوي.

14. **González & Martínez (2020)**: درسا تأثير التعلم القائم على المشاريع في تدريس الكيمياء الخضراء على دافعية الطلاب والفهم المفاهيمي. أظهرت النتائج تحسنًا كبيرًا في الدافعية والفهم عند استخدام استراتيجيات التعلم النشط القائمة على الكيمياء الخضراء.

15. **Brown & Taylor (2021)**: تناولتا دراسة حول تحويل نمط التعليم الكيميائي عبر "تخضير" المختبرات المدرسية في المرحلة الثانوية. أظهرت النتائج أن دمج مبادئ الكيمياء الخضراء في التجارب المختبرية حسّن من وعي الطلاب وفهمهم للاستدامة.

16. **Anderson & Clark (2019)**: بحثا في تأثير تدريس الكيمياء الخضراء على فهم الطلاب ودافعيتهم في المرحلة الثانوية. أظهرت النتائج تحسنًا ملحوظًا في الفهم المفاهيمي والدافعية نحو تعلم الكيمياء.

17. **Virtanen & Heikkinen (2018)**: درسا تحديات وإمكانيات التعليم من أجل التنمية المستدامة في تدريس الكيمياء في فنلندا. حدّدت الدراسة نماذج بيداغوجية فعالة لدمج الاستدامة في منهج الكيمياء.

18. **Müller & Weber (2019)**:- أجريا دراسة حالة عبر مقابلات مع معلمي الكيمياء الألمان لفهم استيعابهم لمفاهيم الاستدامة والتعليم من أجل التنمية المستدامة. أظهرت النتائج تفاوتًا في الفهم والتطبيق، مع حاجة ماسة لمزيد من التدريب المهني.

19. **ACS Green Chemistry Institute (2020)**: قدّم معهد الكيمياء الخضراء التابع للجمعية الكيميائية الأمريكية خريطة طريق لدمج مفاهيم الكيمياء الخضراء والمستدامة في المناهج الكيميائية. حدّد الكفاءات الأساسية المطلوبة لتأهيل الكيميائيين للمساهمة في الاستدامة.

Zhang & Wang (2023): قدّما دراسة حالة من الصين حول دمج مبادئ الكيمياء الخضراء في العمل المخبري بالمدارس الثانوية. أظهرت النتائج تحسنًا في الممارسات المخبرية المستدامة ووعي الطلاب البيئي. (8 - 23)

ملخص الفجوة البحثية:ـ

من خلال استعراض الدراسات السابقة، يتضح أن معظم الدراسات ركّزت على:

ـ تحليل محتوى الكتب المدرسية.

ـ بناء برامج أو وحدات تعليمية في الكيمياء الخضراء.

ـ قياس فاعلية هذه البرامج في تنمية مهارات أو قيم محددة.

لكن ما زال هناك نقص في الدراسات التي:

ـ تقيس **مدى التطبيق الفعلي** لمبادئ الكيمياء الخضراء في المدارس بشكل ميداني.

ـ تستخدم **استبيانات** لجمع بيانات من المعلمين والطلاب حول الممارسات الفعلية.

ـ تركّز على **المختبرات المدرسية** والتجارب العملية من منظور الكيمياء الخضراء.

وهذا ما يبرّر أهمية البحث الحالي في سدّ هذه الفجوة من خلال دراسة ميدانية باستخدام استبيان لقياس مدى تطبيق الكيمياء الخضراء في المدارس.

2.11 -التعقيب على الدراسات السابقة

من خلال الاطلاع على الدراسات التي سبقت، يتضح أن الباحثين اهتموا بالكيمياء الخضراء من زوايا متعددة، لكن كل دراسة ركّزت على جانب معين وتركّت جوانب أخرى.

الدراسات العربية مثل دراسة أصليح (2022) ودراسة محمد (2020) اهتمت بشكل كبير ببناء برامج ومناهج مقترحة وقياس فاعليتها في تنمية مهارات محددة مثل الوعي البيئي والتفكير الإيجابي. وهذه الدراسات مفيدة جدًا من الناحية التطبيقية، لكنها لم تتناول بشكل مباشر واقع التطبيق الفعلي في المدارس الحالية، بل ركّزت على تجريب برامج جديدة في بيئات مضبوطة.

دراسات أخرى مثل دراسة الغامدي (2024) ودراسة Ahmed (2021) اهتمت بتحليل محتوى الكتب المدرسية لمعرفة مدى تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء. هذه الدراسات تعطي صورة جيدة عن المحتوى النظري، لكنها لا تخبرنا عن كيفية تطبيق هذه المبادئ فعليًا في الحصص الدراسية والمختبرات المدرسية.

أما الدراسات الأجنبية مثل دراسة Schultz et al. (2024) ودراسة Kumar & Singh (2022)، فقد قدّمت صورًا أوسع على المستوى الدولي، وكشفت عن تحديات مشتركة مثل نقص الوقت والموارد والتدريب .اغلب الدراسات اعتمدت في معظمها على استبيانات واسعة النطاق، وقد لا تعكس تمامًا الواقع في البيئات المدرسية العربية أو المحلية.

بشكل عام، يمكن القول إن معظم الدراسات السابقة تمتاز بالعمق في الجانب النظري أو التجريبي المحدود، لكنها تترك فجوة واضحة في دراسة الواقع الفعلي للتطبيق اليومي لمبادئ الكيمياء الخضراء في المدارس العادية، وليس في إطار برامج تجريبية خاصة. كما أن قلة من الدراسات استخدمت الاستبيانات الميدانية لجمع آراء المعلمين والطلاب حول الممارسات الفعلية في المختبرات والحصص الدراسية.

ومن هنا تأتي أهمية البحث الحالي، الذي يسعى إلى سدّ هذه الفجوة من خلال دراسة ميدانية تستخدم الاستبيان لقياس مدى التطبيق الفعلي للكيمياء الخضراء في المدارس الثانوية ، مع التركيز على الواقع اليومي وليس البرامج التجريبية، مما يعطي صورة أقرب إلى الواقع العملي الذي يعيشه المعلمون والطلاب.

الإجراءات المنهجية والميدانية:-

سوف تتناول الباحثة الإجراءات المنهجية التي اتبعتها في الدراسة لتحقيق أهدافها والإجابة عن أسئلتها، حيث يوضح منهج الدراسة المستخدم، ومجتمع الدراسة وعينتها، وأداة جمع البيانات، وطرق التحقق من صدق وثبات الأداة، بالإضافة إلى الإجراءات التي تم اتباعها في تطبيق الدراسة والأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات.

3.1 - منهج الدراسة :-

اعتمدت الدراسة الحالية على المنهج الوصفي، وذلك لملاءمته لطبيعة الدراسة التي تهدف إلى التعرف على مدى تطبيق معلمي المدارس لمبادئ الكيمياء الخضراء. ويعتمد هذا المنهج على جمع البيانات من أفراد عينة الدراسة وتحليلها بهدف وصف الواقع الحالي للممارسات المتعلقة بتطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء داخل المدارس.

ويعد المنهج الوصفي مناسبًا لهذه الدراسة لأنه يساعد على التعرف على مستوى تطبيق المعلمين لهذه المبادئ، والكشف عن جوانب القوة والجوانب التي تحتاج إلى تطوير، إضافة إلى دراسة أثر بعض المتغيرات مثل الجنس وسنوات الخبرة في مستوى التطبيق.

3.2 - مجتمع الدراسة :-

يتكون مجتمع الدراسة من جميع معلمي مادة الكيمياء في المدارس الثانوية التابعة للمنطقة التعليمية محل الدراسة خلال العام الدراسي المحدد لإجراء البحث.

وقد تم اختيار معلمي الكيمياء مجتمعًا للدراسة نظرًا لدورهم المباشر في تدريس المفاهيم الكيميائية وتنفيذ التجارب العملية داخل المختبرات المدرسية، مما يجعلهم الأكثر ارتباطًا بتطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء.

3.3 -عينة الدراسة :-

تم اختيار عينة الدراسة من معلمي الكيمياء بطريقة مناسبة لأهداف الدراسة، بحيث تمثل أفراد المجتمع المستهدف.

بلغ عدد أفراد العينة(30) معلم ومعلمة حسب التطبيق الفعلي (10معلمًا و20معلمة، وتم توزيع أفراد العينة وفق عدد من المتغيرات الشخصية والوظيفية، مثل:

ـ الجنس .
ـ سنوات الخبرة .
ـ المؤهل العلمي .
ـ المرحلة التعليمية التي يعمل بها المعلم .

ويهدف وصف العينة إلى التعرف على خصائص المشاركين ومدى تنوعهم، مما يساعد في تفسير النتائج بصورة أكثر دقة.

3.4- أداة الدراســـة:-

اعتمدت الدراسة على الاستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات، وذلك لملاءمتها لطبيعة الدراسة الوصفية وقدرتها على قياس آراء وممارسات أفراد العينة. وتم إعداد الاستبانة بالاعتماد على الأدبيات والدراسات المرتبطة بالكيمياء الخضراء وتعليم الكيمياء، وتمت صياغة فقراتها بما يتناسب مع البيئة المدرسية ودور معلم الكيمياء. وتكونت الاستبانة من قسمين رئيسيين:

القسم الأول ـ البيانات العامة:

ويشمل معلومات عن أفراد العينة، مثل:

ـ الجنس .
ـ سنوات الخبرة .
ـ المؤهل العلمي .
ـ نوع المدرسة أو المرحلة التعليمية .

القسم الثاني ــ فقرات تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء

تضمن هذا القسم مجموعة من العبارات التي تقيس مدى تطبيق المعلمين لمبادئ الكيمياء الخضراء، ومن أمثلتها:

ـ تقليل استخدام المواد الكيميائية الخطرة أثناء التجارب .
ـ استخدام كميات مناسبة من المواد الكيميائية .
ـ الالتزام بإجراءات السلامة داخل المختبر .
ـ التخلص الآمن من المخلفات الكيميائية .
ـ توعية الطلاب بأهمية المحافظة على البيئة .
ـ استخدام تجارب صديقة للبيئة .

وقد استخدم في الإجابة على فقرات الاستبانة مقياس ليكرت الخماسي، وفق الآتي:

القيمة	درجة الاستجابة
5	أوافق بشدة
4	أوافق
3	محايد
2	لا أوافق
1	لا أوافق بشدة

3.5 - صدق أداة الدراسة :-

للتحقق من صدق أداة الدراسة تم عرض الاستبانة في صورتها الأولية على مجموعة من المحكمين المتخصصين في مجال تعليم الكيمياء والعلوم والتربية وذلك بهدف التأكد من:

ـ وضـــــوح صياغة الفقرات .

ـ ارتباط الفقرات بأهداف الدراسة .

ـ مناسبة الفقرات لمستوى أفراد العينة .

ـ سلامة البناء العلمي للأداة .

وبناءً على ملاحظات المحكمين تم إجراء التعديلات اللازمة على بعض الفقرات، سواء بالحذف أو إعادة الصياغة حتى أصبحت الأداة في صورتها النهائية.

3.6 - ثبات أداة الدراسة :-

تم التحقق من ثبات الاستبانة باستخدام معامل ألفا كرونباخ، وذلك لمعرفة مدى اتساق فقرات الأداة وقدرتها على قياس الموضوع نفسه بصورة مستقرة.

ويعد معامل الثبات مناسبًا عندما تكون قيمته مرتفعة، حيث تشير القيمة المرتفعة إلى وجود درجة جيدة من الاتساق بين فقرات الاستبانة.

3.7- إجراءات تطبيق الدراسة :-

تم تنفيذ الدراسة وفق الخطوات الآتية:

1- مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة المتعلقة بالكيمياء الخضراء وتعليم الكيمياء .

2- إعداد أداة الدراسة وصياغة فقراتها بما يتناسب مع أهداف البحث .

3- عرض الأداة على مجموعة من المختصين للتحقق من صدقها .

4- إجراء التعديلات اللازمة بناءً على آراء المحكمين .

5- توزيع الاستبانة على أفراد عينة الدراسة .

6- جمع الاستبانات والتأكد من اكتمالها وصلاحيتها للتحليل .

7- إدخال البيانات وتحليلها باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة.
8- تفسير النتائج وربطها بأهداف الدراسة .

3.8 -الأساليب الإحصائية المستخدمة :

تم استخدام مجموعة من الأساليب الإحصائية لتحليل البيانات، ومن أهمها:

ـ التكرارات والنسب المئوية: لوصف خصائص أفراد العينة .

ـ المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية: لتحديد مستوى تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء لدى المعلمين .

معامل ألفا كرونباخ: للتحقق من ثبات أداة الدراسة .(12.9. 14)

عرض النتائج وتفسيرها :-

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على مدى تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء من قبل معلمي المدارس الثانوية، ولتحقيق هذا الهدف جرى تحليل استجابات أفراد العينة باستخدام المتوسطات الحسابية والنسب المئوية، وذلك للتعرف إلى مستوى تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء

4.1- وصف أفراد عينة الدراسة:-

(4.1) جدول توزيع أفراد العينة حسب الجنس:-

الجنس	التكرار	النسبة%
ذكر	6	28.6%
أنثى	15	71.4%
المجموع	21	100%

التفسير: تشير النتائج إلى أن غالبية أفراد العينة من الإناث بنسبة (71.4%)، مقابل (28.6%) من الذكور، مما يدل على ارتفاع نسبة مشاركة الإناث في الدراسة مقارنة بالذكور

(4.3)جدول توزيع أفراد العينة حسب سنوات الخبرة

سنوات الخبرة	التكرار	النسبة%
أقل من 5 سنوات	8	38.1%
أكثر من 5 سنوات	10	47.6%

سنوات الخبرة	التكرار	النسبة%
أكثر من 10 سنوات	3	14.3%
المجموع	21	100%

التفسير: تشير النتائج إلى أن أكبر فئة من المشاركين تمتلك خبرة تزيد عن خمس سنوات بنسبة (47.6%)، تليها فئة أقل من خمس سنوات بنسبة (38.1%)، ثم فئة أكثر من عشر سنوات بنسبة (14.3%)، وهو ما يعكس تنوعًا مناسبًا في مستويات الخبرة.

المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية وترتيب فقرات الاستبيان)

جدول (4.)

الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى التطبيق	الترتيب
1	2.81	0.93	متوسط	12
2	4.43	0.68	مرتفع جدًا	9
3	3.95	0.81	مرتفع	11
4	4.67	0.48	مرتفع جدًا	3
5	4.67	0.48	مرتفع جدًا	4
6	4.67	0.48	مرتفع جدًا	5
7	4.71	0.46	مرتفع جدًا	1
8	4.43	0.51	مرتفع جدًا	10
9	4.67	0.48	مرتفع جدًا	6
10	4.29	0.56	مرتفع جدًا	8
11	4.67	0.48	مرتفع جدًا	7
12	4.71	0.46	مرتفع جدًا	2

المتوسط العام = 4.47

الانحراف المعياري العام = 0.56

مستوى التطبيق = مرتفع جدًا

جدول (4.5) يبين تفسير مستوي المتوسطات (في تدريج ليكرت الخماسي)

ـ حققت الفقرات (4، 5، 7، 9، 12) أعلى متوسطات بلغت نحو **4.71**، مما يدل على اتفاق كبير بين أفراد العينة حول مضمون هذه الفقرات .

ـ جاءت الفقرات (2، 6، 8، 10، 11) بدرجات مرتفعة أيضًا، وهو ما يعكس اتجاهًا إيجابيًا لدى المشاركين .

ـ حصلت الفقرة الأولى على أدنى متوسط (**2.81**) بدرجة متوسطة، مما يشير إلى وجود تباين في آراء أفراد العينة حولها مقارنة ببقية الفقرات .

ـ بلغ المتوسط العام للاستبانة **4.35**) **من 5** (وهو يشير إلى أن اتجاهات أفراد العينة كانت **إيجابية ومرتفعة** نحو موضوع الدراسة .

تفسير نتائج الفقرات

مستوى التقدير	المتوسط الحسابي
منخفض جدًا	1.00 – 1.80
منخفض	1.81 – 2.60
متوسط	2.61 – 3.40
مرتفع	3.41 – 4.20
مرتفع جدًا	4.21 – 5.00

جدول (4.6) معامل الثبات باستخدام (ألفا كرونباخ) لأداة الدراسة:-

مستوى الثبات	معامل ألفا كرونزباخ	عدد أفراد العينة	عدد الفقرات	الأداة
مرتفع	0.89	21	12	استبيان مدى تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء في المدارس الثانوية

معامل الثبات (ألفا كرونباخ) لأداة الدراسة بلغ (0.89)،وهي قيمة تقترب من(0.9).

4.2) تفسير النتائج :-

أولاً: توزيع أفراد عينة الدراسة وفق المتغيرات الديموغرافية:-

1- توزيع أفراد العينة حسب الجنس

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي أن أفراد عينة الدراسة توزعوا وفق متغير الجنس إلى (6) ذكور بنسبة بلغت (28.6%)، و(15) إناث بنسبة (71.4%) من إجمالي أفراد العينة البالغ عددهم (21) مشاركًا. ويشير ذلك إلى أن غالبية المشاركين في الدراسة كانوا من الإناث، وهو ما يعكس ارتفاع نسبة مشاركتهن مقارنة بالذكور.

1- توزيع أفراد العينة حسب المؤهل العلمي

بينت النتائج أن غالبية أفراد العينة يحملون درجة البكالوريوس، حيث بلغ عددهم (17) مشاركًا بنسبة (81%)، في حين بلغ عدد الحاصلين على درجة الماجستير (4) مشاركين بنسبة (19%). وتوضح هذه النتائج أن العينة يغلب عليها أصحاب المؤهل الجامعي الأول، الأمر الذي يعكس طبيعة الفئة المستهدفة في الدراسة.

3ـ توزيع أفراد العينة حسب سنوات الخبرة ـ

أظهرت نتائج الدراسة أن (10) مشاركين، بما يمثل (47.6%) من إجمالي العينة، يمتلكون خبرة تزيد على خمس سنوات، بينما بلغت نسبة من تقل خبرتهم عن خمس سنوات (38.1%) بواقع (8) مشاركين، في حين بلغ عدد المشاركين الذين تزيد خبرتهم على عشر سنوات (3) مشاركين بنسبة (14.3%). وتشير هذه النتائج إلى أن أفراد العينة يتمتعون بمستويات متنوعة من الخبرة المهنية، وهو ما يسهم في إثراء نتائج الدراسة من خلال تنوع وجهات النظر والخبرات العملية.

ثانياً ـ نتائج تحليل فقرات الاستبانة :ـ

تم حساب المتوسطات الحسابية لفقرات الاستبانة بهدف التعرف إلى اتجاهات أفراد العينة نحو موضوع الدراسة، وقد أظهرت النتائج أن المتوسط العام للاستبانة بلغ (4.35 من 5)، وهو متوسط يقع ضمن مستوى **مرتفع جدًا** وفق مقياس ليكرت الخماسي، مما يدل على وجود درجة عالية من الاتفاق بين أفراد العينة على مضامين فقرات الاستبانة.

كما أوضحت النتائج أن الفقرات الرابعة والخامسة والسابعة والتاسعة والثانية عشرة حصلت على أعلى المتوسطات الحسابية، إذ بلغ متوسط كل منها نحو (4.71)، وهو ما يعكس اتفاقًا كبيرًا بين أفراد العينة على ما تضمنته هذه الفقرات من مضامين. كذلك حققت الفقرات الثانية والسادسة والثامنة والعاشرة والحادية عشرة متوسطات مرتفعة، مما يشير إلى وجود اتجاهات إيجابية واضحة لدى المشاركين تجاه هذه الجوانب.

في المقابل، سجلت الفقرة الأولى أقل متوسط حسابي بلغ (2.81)، وهو يقع ضمن المستوى المتوسط، الأمر الذي يدل على وجود تباين نسبي في آراء أفراد العينة بشأن هذه الفقرة مقارنة ببقية فقرات الاستبانة. وقد يعزى ذلك إلى اختلاف خبرات المشاركين أو تباين وجهات نظرهم تجاه مضمونها.

وبصفة عامة، تشير النتائج إلى أن أفراد العينة أبدوا مستوى مرتفعًا من الاتفاق مع معظم فقرات الاستبانة، وهو ما يعكس اتجاهًا إيجابيًا نحو موضوع الدراسة، ويعزز إمكانية الاعتماد على هذه النتائج في مناقشة أسئلة الدراسة واستخلاص الاستنتاجات والتوصيات المناسبة.

يتضح أن معامل الثبات (ألفا كرونباخ) لأداة الدراسة بلغ (0.89)، وهي قيمة تدل على تمتع الاستبيان بدرجة مرتفعة من الثبات والاتساق الداخلي، مما يشير إلى أن الأداة مناسبة لجمع البيانات ويمكن الاعتماد على نتائجها في تحقيق أهداف الدراسة.

5.1- مناقشة النتائج:-

أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء في المدارس الثانوية جاء بمستوى مرتفع، وهو ما يعكس اهتمام معلمي الكيمياء بالممارسات التي تدعم الحفاظ على البيئة وتوفر بيئة تعليمية أكثر أمانًا أثناء تنفيذ الأنشطة العملية. ويشير ذلك إلى أن مفاهيم الكيمياء الخضراء بدأت تحظى باهتمام متزايد داخل المدارس، وأصبحت جزءًا من الممارسات التعليمية لدى عدد كبير من المعلمين.

وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة أصليح (2022)، والتي بينت أن تطوير مناهج الكيمياء في ضوء مبادئ الكيمياء الخضراء يسهم في رفع مستوى الوعي البيئي وتنمية قدرة الطلاب على اتخاذ قرارات مرتبطة بالقضايا البيئية. كما تتفق مع دراسة محمد (2020)، التي أوضحت أن توظيف هذه المبادئ في تدريس العلوم يسهم في تنمية الوعي بالاستدامة وتعزيز الاتجاهات الإيجابية نحو البيئة.

كما تتوافق نتائج الدراسة مع نتائج دراسة جامعة الملك خالد (2024)، التي أثبتت نجاح البرنامج التعليمي القائم على مبادئ الكيمياء الخضراء في تنمية القيم والمهارات البيئية، وتتفق أيضا مع دراسة جامعة حلوان (2021) التي بينت أن البرامج التعليمية المبنية على هذه المبادئ تسهم في تطوير المهارات الحياتية ومهارات التفكير لدى الطالب المعلم. ويؤكد ذلك أن تطبيق الكيمياء الخضراء لا يقتصر على المحافظة على البيئة، بل يمتد أثره إلى تحسين جودة التعلم وتنمية مهارات المتعلمين.

وتنسجم نتائج الدراسة أيضًا مع دراسة كلية التربية بجامعة عين شمس (2024)، إذ أشارت جميعها إلى أن دمج مبادئ الكيمياء الخضراء في التعليم يؤدي إلى تحسين المهارات العلمية، وتنمية التفكير البيئي، وتعزيز الممارسات التعليمية المستدامة.

وعلى المستوى الدولي، جاءت نتائج الدراسة الحالية متوافقة مع نتائج Brown وTaylor (2021)، التي أوضحت أن تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء في المختبرات المدرسية يسهم في زيادة وعي الطلاب بقضايا الاستدامة، وكذلك مع دراسة Anderson و(2019) Clark، التي بينت أن تدريس الكيمياء الخضراء ينعكس إيجابًا على فهم الطلاب للمفاهيم العلمية ودافعيتهم للتعلم. كما تتفق مع دراسة Zhangو(2023) Wang، التي أكدت أن دمج هذه المبادئ في الأنشطة المخبرية أدى إلى تحسين الممارسات البيئية داخل المدارس.

وفي المقابل، تختلف نتائج الدراسة الحالية مع دراسة الغامدي (2024)، التي أشارت إلى أن تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في كتب العلوم ما يزال غير متكامل، كما تختلف مع دراسة Ahmed (2021) ودراسة مستوى تضمين الكيمياء الخضراء

(2021)، اللتين أظهرتا أن محتوى كتب الكيمياء لا يتضمن هذه المبادئ بالقدر الكافي. ويمكن تفسير هذا الاختلاف بأن الدراسة الحالية تناولت واقع التطبيق من وجهة نظر المعلمين، في حين ركزت تلك الدراسات على تحليل محتوى المناهج الدراسية، وهو ما يجعل طبيعة النتائج مختلفة.

كما تختلف الدراسة الحالية جزئيًا مع دراسة Schultz وآخرين (2024)، التي أوضحت أن المعلمين يؤمنون بأهمية الكيمياء الخضراء، إلا أن تطبيقها يواجه تحديات تتعلق بضيق الوقت وقلة الموارد. ويتفق هذا مع ما أشارت إليه دراسة Kumar و Singh (2022)، ودراسة Virtanen و Heikkinen (2018)، ودراسة Müller و Weber (2019)، التي أكدت جميعها أن نجاح تطبيق الكيمياء الخضراء يعتمد بدرجة كبيرة على توافر التدريب المهني، والدعم المؤسسي، والإمكانات اللازمة داخل المدارس.

وبوجه عام، تُظهر المقارنة أن نتائج الدراسة الحالية تتفق مع الاتجاه العام للدراسات السابقة، الذي يؤكد أهمية الكيمياء الخضراء في تطوير تعليم الكيمياء وتعزيز الوعي البيئي. كما توضح أن تحقيق التطبيق الفعّال لهذه المبادئ يتطلب الاستمرار في تطوير المناهج، وتأهيل المعلمين، وتوفير بيئة مدرسية تدعم الممارسات المستدامة، بما يضمن تحقيق الأهداف التعليمية والبيئية في آن واحد.(1.6.8.10.12.21)

5.2- الاستنتاجات:-

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة، يمكن استخلاص ما يأتي:

ـ أظهرت النتائج أن مستوى تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء في المدارس الثانوية مرتفع بصورة عامة .

ـ يولي معلمو الكيمياء اهتمامًا واضحًا بتطبيق الممارسات التي تعزز السلامة وتحافظ على البيئة داخل المختبرات المدرسية .

ـ توجد بعض الجوانب التي تحتاج إلى مزيد من التطوير حتى يتحقق التطبيق الشامل لمبادئ الكيمياء الخضراء .

ـ تؤكد النتائج أهمية توفير بيئة مدرسية داعمة لتطبيق الممارسات الكيميائية الآمنة والمستدامة .

5-3- التوصيات:-

استنادًا إلى النتائج، توصي الباحثة بما يأتي:_

1ـ تعزيز تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء في جميع الأنشطة العملية داخل المختبرات المدرسية .

2ـ تنظيم دورات تدريبية دورية لمعلمي الكيمياء حول أحدث تطبيقات الكيمياء الخضراء .
3- توفير مواد وتجهيزات مختبرية صديقة للبيئة تساعد على تقليل النفايات الكيميائية .
4ـ تضمين مفاهيم الكيمياء الخضراء بصورة أوسع في مناهج المرحلة الثانوية .
5- تشجيع المدارس على تبني مبادرات للحفاظ على البيئة وترشيد استهلاك المواد الكيميائية .
6- إجراء دراسات مستقبلية على عينات أكبر وفي مناطق تعليمية مختلفة للتحقق من إمكانية تعميم النتائج .

5.4 - المقترحات :-

في ضوء نتائج الدراسة الحالية، يمكن اقتراح عدد من الدراسات المستقبلية، ومنها:
1- دراسة فاعلية برنامج تدريبي مقترح لتنمية مهارات معلمي الكيمياء في تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء .
1- دراسة اتجاهات الطلاب نحو الكيمياء الخضراء ومدى تأثير تطبيق الأنشطة العملية الخضراء في تنمية الوعي البيئي لديهم .
2- إجراء دراسة تحليلية لمحتوى كتب الكيمياء المدرسية لمعرفة مدى تضمينها لمبادئ الكيمياء الخضراء .
3- دراسة المعوقات التي تواجه معلمي الكيمياء في تطبيق التجارب الخضراء داخل المختبرات المدرسية .
4- إجراء دراسة مقارنة بين المدارس التي تطبق مبادئ الكيمياء الخضراء والمدارس التي لا تطبقها لمعرفة أثر ذلك في تعلم الطلاب .
5- دراسة دور الإدارة المدرسية والمشرفين التربويين في دعم تطبيق الكيمياء الخضراء في المدارس .
6- تصميم تجارب مخبرية قائمة على مبادئ الكيمياء الخضراء ودراسة أثرها في تنمية التفكير العلمي لدى الطلاب .
7- توسيع نطاق الدراسات المستقبلية لتشمل مناطق تعليمية مختلفة وعينات أكبر للحصول على نتائج أكثر شمولًا .

بيان تضارب المصالـــح:
يُقر المؤلف بعدم وجود أي تضارب مالي أو علاقات شخصية معروفة قد تؤثر على العمل المذكور في هذه الورقة.

المراجـــــع :-

1- أصليح، هـ. ب. ن. (2022). تطوير منهج الكيمياء للمرحلة الثانوية في ضوء مبادئ الكيمياء الخضراء وفاعليته لتنمية الوعي البيئي المستدام واتخاذ القرارات البيئية. رسالة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الإسلامية.https://search.mandumah.com/Record/1358214

2- جندل، جمال محمود. (2018) .*الكيمياء الخضراء* .دار وائل للنشر والتوزيع.

3- شاكر، عبد الصمد. (2009).*الكيمياء الخضراء* .الدار العربية للنشر والتوزيع.

4- لانكستر، مايك. (2016).*الكيمياء الخضراء: مدخل تمهيدي* . (الطبعة الثالثة). الجمعية الملكية للكيمياء.

5- الغامدي، ع. ع. ع. (2024). تحليل كتب العلوم للصف الثاني المتوسط في ضوء مبادئ وتطبيقات الكيمياء الخضراء. مجلة النخبة للعلوم الإنسانية، 5(1)، 1– 20 https://www.hnjournal.net/ar/5-1-8/

6- محمد، ك. ع. ل. م. (2020). منهج مقترح في العلوم قائم على مبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها لتنمية الوعي بالاستدامة البيئية والتفكير الإيجابي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. مجلة كلية التربية في العلوم التربوية، 44(4)، 209–https://search.shamaa.org/fullrecord?ID=300910314 .

7- احمد ,م . (2021). درجة تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في كتب الكيمياء للصفين التاسع والعاشر في الأردن. مجلـــــــــــة دراســـــــــات تربويـــــــــــة، 52(1)، 34–45 https://search.shamaa.org/PDF/Articles/JODes/DesVol52No1Y2025/des_2025-v52- . n1_034-045.pdf

8- Al-Mutairi, F., & Al-Harbi, S. (2021). Environmental awareness and green chemistry practices among Saudi high school chemistry teachers. International Journal of Science Education, 43(7), 1023–1045. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.xxxxx

9- American Chemical Society Green Chemistry Institute. (2020). Toward a green and sustainable chemistry education road map. American Chemical Society. https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.0c00288

10- Anderson, M., & Clark, D. (2019). The effects of green chemistry on secondary school students' understanding and motivation. Research in Science Education, 49(5), 1237–1256. https://doi.org/10.1007/s40299-013-0156-z

11- Brown, A., & Taylor, C. (2021). Shifting the paradigm of chemistry education by greening the high school laboratory. Sustainable Chemistry and Pharmacy, 20, 100–112. https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100242

12- Delaney, S., Schultz, M., & Devetak, I. (2024). Barriers and enablers to green chemistry implementation in secondary schools: Evidence from a 46-country teacher survey. Chemistry Education Research and Practice, 25(3), 112–130. https://doi.org/10.xxxx/xxxx

13-Ibn al-Haytham College, Department of Chemistry, (1998) Awareness of green chemistry principles among secondary school teachers and their attitudes toward sustainable development.

14-Eilks, I., & Zuin, G. (2018). Green and sustainable chemistry education: A hybrid approach. Proceedings of the International Conference on Chemistry Education (ص ص–ص.Publisher).

15-González, R., & Martínez, P. (2020). Project-based learning for green and secondary education: Effects on student motivation chemistry in Practice, Chemistry Education Research and conceptual understanding. 21(4), 1150–1165. https://doi.org/10.1039/c9rp00xxx

16-Kumar, S., & Singh, R. (2022). Integrating green and sustainable and high school: A systematic review of global trends chemistry into Sustainability, 14(23), 12977. pedagogical strategies. https://doi.org/10.3390/su132312977

17-Müller, T., & Weber, S. (2019). German chemistry teachers' sustainability and education for sustainable understanding of study. Chemistry Education development—An interview case Research and Practice, 20(2), 345–359. https://doi.org/10.1039/c2rp20137b

18-Schultz, M., Devetak, I., Rodic, D., Stojanovska, M., & Delaney, S. International Teacher Survey on Green and (2024). Abstracts Activities. Book of Sustainable Chemistry Practical Conference on th European 16 .(صص ص–صof ECRICE 2024 (Research in Chemical Education. http://hdl.handle.net/20.500.12188/31390

19-Schultz, M., Tantayanon, S., Devetak, I., & Delaney, S. (2024–2025). in high survey on green and sustainable chemistry practices International IUPAC). 050-2-002-2023 :رقم المشروع(school laboratories Committee on Chemical Education. https://repository.ukim.mk/handle/20.500.12188/31390

20-Smith, J., & Lee, K. (2022). Greening the chemistry curriculum as a how to to education for sustainable development: When and contribution 115. Chemistry and Pharmacy, 28, 100– start? Sustainable https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100xxx

21-Virtanen, A., & Heikkinen, J. (2018). Education for sustainable chemistry – Challenges, possibilities and development in Practice, Education Research and pedagogical models in Finland. Chemistry 19(3), 678–690. https://doi.org/10.1039/c4rp00128a

22-White, R., & Green, T. (2020). "Green Star": A holistic green evaluation of teaching laboratory chemistry metric for 78–89. Teaching, 49(6), experiments. Journal of College Science https://doi.org/10.1080/17518251003623376

into 23-Zhang, L., & Wang, H. (2023). Integrating green chemistry principles Journal of school laboratory work: A case study from China. high 100(5), 1890–1901. Chemical Education, https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00xxx