مدى تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى مقرر الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية بالمملكة العربية السعودية

نجود بنت محمد بن إبراهيم الفضل
ماجستير في المناهج وطرق التدريس

د. نورة بنت مطلق بن محمد الجعيدي
أستاذ المناهج وطرق التدريس المساعد
بجامعة الامام محمد بن سعود الإسلامية

ملخص الدراسة:

هدفت الدراسة إلى الكشف عن مدى تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى مقرر الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية بالمملكة العربية السعودية. ولتحقيق أهداف الدراسة اعتمد المنهج الوصفي بأسلوب تحليل محتوى، حيث تم استخدام بطاقة تحليل المحتوى أداة لجمع البيانات، وقد اشتملت على (٢٨) عبارة موزعة على أربعة مبادئ رئيسة هي (تجنب المخلفات – تصميم للتحلل – تصميم لكفاءة الطاقة – تصميم كيماويات أكثر أمانًا). وتمثل مجتمع الدراسة في كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية بالمملكة العربية السعودية. وأظهرت النتائج تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى مقرر الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية بالمملكة العربية السعودية بدرجة منخفضة، وجاء مبدأ الكيمياء الخضراء "تجنب المخلفات" في المرتبة الأولى من حيث درجة التضمين، بنسبة (٢٧,٨٪)، يليه مبدأ "تصميم كيمياويات أكثر أماناً"، بنسبة (١٧,٥٪)، ثم مبدأ "تصميم لكفاءة الطاقة"، بنسبة (١٢,٥٪)، وأخيرًا مبدأ "تصميم للتحلل"، بنسبة (١١,٤٪). وأوصت الدراسة بضرورة اهتمام المسؤولين عن تخطيط وتطوير مقرر الكيمياء في المرحلة الثانوية بتضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى المقرر مع الأخذ في الاعتبار وجود توازن في عرض الموضوعات والمبادئ، وضرورة اهتمام وزارة التعليم بتطوير مقرر الكيمياء بمراحل التعليم العام بصفة عامة والمرحلة الثانوية بصفة خاصة بشكل يساير التطورات العلمية المستمرة والمستجدات العالمية المعاصرة المتعلقة بعلم الكيمياء الخضراء.

الكلمات المفتاحية: تحليل المحتوى، مبادئ الكيمياء الخضراء، محتوى مقرر الكيمياء.

The extent to which the chemistry curriculum (3) includes principles of green chemistry for high schools in the Kingdom of Saudi Arabia

Abstract:

The current study aimed at identify and revealing the extent to which the content of the chemistry curriculum (3) includes principles of green chemistry for the secondary school in the Kingdom of Saudi Arabia. The descriptive approach was used as a research method to analyse the content, (Content Analysis) using the content analysis card as a data collection tool, to analyse the chemistry textbook (3) for the secondary stage as the study population in the Kingdom of Saudi Arabia. The study tool included (28) paragraphs distributed over four main principles classified as follows: avoiding errors -Decomposition design- Energy efficiency design - Safe chemical design. The results of the study in its general framework showed that the inclusion in the chemistry textbook (3) of principles of green chemistry for the secondary stage in the Kingdom of Saudi Arabia was of a low degree. The green chemistry principle - avoiding errors - ranked first in terms of degree of inclusion, with a rate of (27.8%), followed by the principle of - Safe chemical design- with a rate of (17.5%), then the principle of - Energy efficiency design - with a rate of (12.5%).Then the last principle was "Decomposition design" with a percentage of (11.4%). In conclusion, the study recommended the following: Concerned officials should pay attention to planning and developing the chemistry course at the secondary stage by including the principles of green chemistry in the course, taking into account balance in presenting the topics and the most important principles. The Ministry of Education should pay attention to developing the chemistry curriculum at the general education levels in general and the secondary stage in particular, in a way that is should consistent with scientific developments and contemporary global developments related to the science of green chemistry.

Keywords: Content analysis - Principles of green chemistry - Chemistry textbook (3)>

مقدمة:

يشهد العالم تقدمًا في مختلف المجالات الصناعية التطبيقية، فالكيمياء تؤدي دورًا أساسيًا في شتى ميادين التقدم الصناعي، كما أن حياتنا العصرية قائمة بشكل مباشر على المواد الكيميائية المصنوعة من النفط ومشتقاته، وينتج عن تصنيعها واستخدامها العديد من الملوثات.

وانطلاقًا من واقعنا الذي يشهد تطورات متسارعة وغير مسبوقة في جميع مجالات الحياة؛ اهتم المتخصصون في المناهج بضرورة إعادة النظر في منظومتها وتطوير وجهتها للوفاء بتطلعات المجتمع والمحافظة على هويته ومواكبة التطورات والارتقاء به، إذ إن المناهج التعليمية لم تعد مصدرًا للعلم فقط، بل أصبحت مصدرًا يكتسب من خلاله الطالب القيم والمهارات التي تجعل منه فردًا يسهم في بناء مجتمع مثالي بجميع مقوماته (الشافعي وآخرون، ٢٠١٧).

وتهتم المؤسسات والمنظمات العلمية والبيئية بالكيمياء الخضراء حيث تعد منهج جديد من أجل تحقيق فوائد متعددة مثل استخدام المواد الكيميائية لتفادي أضرار استخدام هذه المواد، وذلك من خلال تطبيق آليات وقواعد معينة تضمن السيطرة عليها وإدارتها بطريقة بيئية علمية آمنة في كافة مجالاتها (داود، ٢٠١٩).

حيث أصبح التصنيف البيئي لعلم الكيمياء يخضع لخطورة المواد الداخلة في تصنيع المنتجات المختلفة، وما ينتج عن هذه الصناعات من الملوثات والمخلفات التي تؤثر بشكل سلبي وبدرجات مختلفة على النظام البيئي، ونتيجة لهذا ينظر إلى علم الكيمياء الآن من المنظور البيئي بأنه ذو ثلاثة مستويات تشمل الكيمياء السوداء، والكيمياء الحمراء، والكيمياء الخضراء (عبد الغني، ٢٠٠٢).

والكيمياء الخضراء هي اكتشاف وابتكار وتصميم وتطبيق النواتج الكيميائية، وكذلك طرق تقليل استعمال وتكوين المواد الخطرة، والاستفادة من مجموعة من المبادئ التي تقلل أو تلغي استخدام أو توليد المواد الخضراء من خلال تصنيع وتصميم المنتجات الكيميائية (شاكر، ٢٠٠٩).

اقترح Ansatas &Warmer في عام (١٩٩٨) اثني عشر مبدأ من مبادئ الكيمياء الخضراء والتي تعتبر هذه المبادئ بمثابة الأسس المساهمة في التنمية المستدامة، وتشتمل على تعليمات لتصميم وتطوير المنتجات الكيميائية الجديدة بفاعلية وقابلية للتحلل؛ بما يحقق تقليل المواد الخطرة في المنتجات الكيميائية من التلوث البيئي وتقليل استخدام الطاقة غير المتجددة، وهذه المبادئ هي: (تجنب المخلفات - اقتصاد الذرة - تصنيع مواد كيميائية أقل خطورة - تصميم مواد كيميائية أكثر أمانًا - المذيبات والمواد المساعدة أكثر أمان - تصميم لكفاءة الطاقة - استخدم مواد خام قابلة للتجديد - قلل من المشتقات - الحفز الكيميائي - صمم للتحلل - الوقاية من التلوث - كيمياء أكثر أمنًا بطبيعتها لتجنب الحوادث) (البلطان، ٢٠٢١).

وللتعريف بالكيمياء الخضراء وبمبادئها عقدت العديد من المؤتمرات المحلية والعالمية، حيث كان من أبرز نتائج مؤتمر "الجمعية الكيميائية السعودية" بجامعة الملك سعود عامي (٢٠١١، ٢٠١٨)، والمؤتمر الدولي الثاني بعنوان "الكيمياء الخضراء والهندسة المستدامة" في روما بإيطاليا عام (٢٠١٦)، بضرورة التحول نحو الكيمياء الخضراء وأهمية الكيمياء الخضراء، ودورها الإيجابي نحو البيئة في التقليل من التلوث الكيميائي.

كما عقدت جامعة السلطان قابوس بسلطنة عُمان المؤتمر الدولي بعنوان "الكيمياء الخضراء والمستدامة" عام (٢٠١٧) وجاءت أبرز نتائج المؤتمر بضرورة التوجه نحو الكيمياء الخضراء، وأثر الكيمياء الخضراء والتحاليل البيئية الخضراء على البيئة.

وأوصي مؤتمر "الكيمياء لمستقبل أفضل" في الكويت عام (٢٠١٨)، ومؤتمر "الكيمياء الخضراء والتنمية الصناعية المستدامة" التي عقدت في وزارة البيئة بالقاهرة عام (٢٠١٧)، بضرورة التوجه نحو الكيمياء الخضراء ومبادئها وأهمية تفعيلها.

وحيث إن الكيمياء الخضراء تؤدي دور مهم في حياة المجتمعات وذلك من خلال حماية البيئة على المدى الطويل للأجيال القادمة لذا؛ من الضروري تضمينها في مناهج الكيمياء؛ فقد تسهم في إعداد أفراد قادرين على التعامل مع معطيات المجتمع والمساهمة في حل مشكلات البيئة، ويتم ذلك من خلال تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء، وتقديم الحلول المبتكرة للمشكلات والقضايا البيئية المختلفة من خلال التطبيقات البيئية، وربطها في الحياة اليومية وتوضيح العلاقة بينهما (محمد، ٢٠٢٠).

ويؤيد ذلك هاريكا (Harika, 2013) أنه من الضروري تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في مناهج العلوم لكافة المراحل الدراسية؛ وذلك لتغيير اتجاهات الطلاب حول البيئة التي يعيشون بها، وكذلك تغيير سلوكياتهم والتأكيد على مبدأ الوعي البيئي للأجيال القادمة وإكسابهم مهارات اتخاذ القرارات نحو المشكلات البيئية.

مشكلة الدراسة:

جاءت العديد من الدراسات والبحوث والمؤتمرات التي تؤكد على أهمية وضرورة تناول الكيمياء الخضراء ومحاولة تعلمه وتطبيقه، مثل: دراسة بوليكوف وفيتزاباترك وفارين وأناستاس (poliakoff, Fitzpatrick, Farren & Anastas, 2002) التي أوصت بزيادة التعاون بين الأوساط الأكاديمية والحكومات حول تشريع وزيادة تطبيقات الكيمياء الخضراء، ولابد من تعليم طلاب الجامعات هذا النوع من الكيمياء لتكون لديهم القدرة على تطبيق مبادئ الكيمياء الخضراء عند دخولهم المجالات الصناعية وأن يحققوا الإمكانات الكاملة للكيمياء الخضراء.

كما دعا المؤتمر العالمي (Confchem) والذي عقد من ٧ مايو – ٣٠ يونيو ٢٠١٠، بهدف استكشاف الموارد والأنشطة التي من شأنها أن تفيد معلمي الكيمياء الذين يرغبون في دمج مبادئ الكيمياء والاستدامة في المناهج الدراسية، وأوصى المؤتمر

بضرورة دمج الكيمياء الخضراء في المناهج الدراسية، وضرورة تثقيف الجيل القادم حول الكيمياء الخضراء (Belford & Bastin, 2013).

وأوصى واردنكى وكريلو ونواميونك (Wardencki, Curylo & Namieoenik, 2005) بضرورة تدريس الكيمياء الخضراء لجيل المستقبل من الكيميائيين بحيث يمتلكوا المهارات والمعرفة اللازمة لممارسة الكيمياء الصديقة للبيئة من خلال المواد التعليمية المتعلقة بالكيمياء الخضراء.

كذلك أظهرت نتائج دراسة البلطان (٢٠٢١) أن تضمين موضوعات الكيمياء الخضراء في كتب العلوم في المرحلة المتوسطة في المملكة كان بمستوى متدني، ولا يوجد أي عنوان رئيس أو فرعي في الكتب يتضمن موضوعات مباشرة عن الكيمياء الخضراء.

وكذلك ما أوصت به دراسة الشناوي ونصر والباز (٢٠٢٠)، ودراسة الحربي والدغيم (٢٠٢٠)، ودراسة مي صالح (٢٠١٦) بضرورة تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في المناهج الدراسية.

تأسيسًا على ما سبق تتحدَّد مشكلة الدراسة في الحاجة إلى تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى كتب الكيمياء.

أسئلة الدراسة:

تسعى هذه الدراسة للإجابة عن السؤال الرئيس التالي:

ما مدى تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية في المملكة العربية السعودية؟

ويتفرع من السؤال الرئيس الأسئلة الفرعية التالية:

١. ما مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تجنب المخالفات"؟

٢. ما مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم للتحلل"؟

٣. ما مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم لكفاءة الطاقة"؟

٤. ما مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم كيماويات أكثر أمانًا"؟

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى:

- التعرف على مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تجنب المخلفات".
- التعرف على مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم للتحلل".
- التعرف على مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء" تصميم لكفاءة الطاقة".
- التعرف على مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم كيماويات أكثر أمانًا".

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية الدراسة فيما يلي:

أولاً- الأهمية النظرية:

- أهمية الموضوع الذي تتناوله الدراسة الحالية، حيث إن مبادئ الكيمياء الخضراء وتضمينها في كتاب الكيمياء للمرحلة الثانوية يتماشى مع التطورات الحديثة في مجال الكيمياء الحديثة المهتمة بتحقيق الكيمياء الآمنة.

- توضح الدراسة الحالية واقع تضمين مبادئ الكيمياء في كتب الكيمياء بالمرحلة الثانوية مما يسهم في تطوير المناهج.
- تأتي هذه الدراسة استجابة للاتجاهات العالمية والتوصيات الخاصة بالمؤتمرات التي توصي بتحليل المناهج الدراسية وتقويمها وتطويرها وفق الاتجاهات الحديثة نحو الكيمياء الخضراء.
- تساهم الدراسة في زيادة الأبحاث العربية التي تتناول مبادئ الكيمياء الخضراء وتطويرها لخدمة الأغراض التربوية.

ثانيًا- الأهمية التطبيقية:

- توجيه أنظار المسؤولين بوزارة التعليم نحو مبادئ الكيمياء الخضراء وأهميتها والعناية بها.
- تفيد نتائج الدراسة الحالية المسؤولين عن إعداد وتطوير مناهج الكيمياء بالمرحلة الثانوية من خلال ما تقدمه من توصيات ومقترحات من أجل تضمين المناهج الدراسية بمبادئ الكيمياء الخضراء.
- تساهم هذه الدراسة في توجيه أنظار الباحثين في المجال التربوي إلى أهمية الكيمياء الخضراء ومبادئها.

حدود الدراسة:

- **الحدود الموضوعية:** جميع موضوعات كتاب الكيمياء للصف الثاني ثانوي (٣) بنظام المقررات بالمملكة العربية السعودية.

واقتصرت هذه الدراسة على مبادئ الكيمياء الخضراء التالية: تجنب المخلفات، وتصميم للتحلل، وتصميم لكفاءة الطاقة، وتصميم كيماويات أكثر أمانًا. وذلك لمناسبة وارتباط هذه المبادئ بموضوعات المقرر، ولتطلعات رؤية المملكة العربية السعودية من خلال حماية البيئة الطبيعية وتعزيزها.

- **الحدود المكانية:** المملكة العربية السعودية.

- **الحدود الزمنية للدراسة:** طبعة كتاب الكيمياء للصف الثاني ثانوي بنظام المقررات، للعام الدراسي (١٤٤٤هـ).

مصطلحات الدراسة:

- **مبادئ الكيمياء الخضراء:**

عرفت الكيمياء الخضراء بأنها: ممارسة العلوم الكيميائية والتصنيع بطريقة مستدامة وآمنة وغير ملوثة، وتستهلك الحد الأدنى من كميات المواد والطاقة، بينما تنتج القليل من النفايات أو لا تنتج النفايات على الإطلاق (Manahan, 2006, p.10).

وتُعرف بأنها مجموعة المبادئ والتقنيات الهادفة إلى القضاء أو التقليل من استعمال المواد الخطرة والسامة في ابتكار المنتجات والسلع الكيميائية وإنتاجها واستعمالها (نعمة، ٢٠٠٥).

كما يذكر شاكر (٢٠٠٩) أن المنظمة الدولية المتحدة للكيمياء العملية التطبيقية عرفت علم الكيمياء الخضراء بأنه: تصميم وتطبيق للنواتج الكيميائية، وكذلك منع أو تقليل استعمال أو تكوين المواد الخطرة.

وتُعرفها الباحثة إجرائيًا: هي أحد الفروع الحديثة لعلم الكيمياء وتتكون من مجموعة مبادئ تهدف إلى تقليل الضرر البيئي والتلوث الناتجة عن عمليات التصنيع الكيميائية؛ ومعالجة سلبيات الكيمياء والإقلال من استعمال المواد الخطرة أو إنتاجها، حيث تقوم على استبدال استخدام المواد الضارة بأخرى آمنة أو أقل ضررًا على البيئة واستهلاكًا للطاقة إن أمكن.

الإطار النظري والدراسات السابقة:

هذا الفصل يحتوي على قسمين: الأول: الإطار النظري للدراسة، والقسم الثاني: أهم الدراسات السابقة المحلية، والعربية، والأجنبية ذات العلاقة بالدراسة الحالية.

أولاً- الإطار النظري:

المبحث الأول: الكيمياء الخضراء:

ورد مفهوم الكيمياء الخضراء في الأدبيات تحت مسميات مختلفة، فمن العلماء والباحثين من يطلق عليه مسمى الكيمياء الخضراء، ومنهم من يطلق عليه الكيمياء الآمنة، أوالكيمياء المستدامة، أوالكيمياء النظيفة، أوالكيمياء الأنيقة، أوالكيمياء صديقة البيئة، أوالكيمياء غير الضارة، أوالكيمياء الحميدة، أوكيمياء اقتصاد الذرة وغيرها؛ والتي تشير جميعًا إلى مصطلح واحد تجمع عليه الكتابات العربية والأجنبية هو الكيمياء الخضراء (Green Chemistry) (البلطان، ٢٠٢١).

وقد يعتقد البعض أن هذا المفهوم ينتسب إلى النباتات أو أنه مشتق منها بحكم كلمة الخضراء؛ إلا أن فلسفة الكيمياء الخضراء تختلف تمامًا عن هذا المفهوم إذ تتمحور حول تخفيف الضرر على البيئة من استخدام المواد الكيميائية وتقليل انبعاثات السموم؛ بالإضافة إلى التقليل من استنزاف الموارد، وفي العادة درج استخدام كلمة خضراء للإشارة إلى أشياء أو منتجات أو حتى منظمات صديقة للبيئة (الشحري، ٢٠١٩).

ويُعرف أنستاس ووارنر (Anastas & Warner, 1998) الكيمياء الخضراء بأنها: تصميم المواد الكيميائية والمنتجات والعمليات لتقليل أو القضاء على استخدام وتوليد المواد الخطرة؛ ويتم تقنينها بواسطة مجموعة من (12) مبدأ، أما النجدي (٢٠٠٥) فيُعرفها بأنها: فرع مستحدث من علم الكيمياء يهدف إلى الإقلال قدر المستطاع من تأثير العمليات الكيميائية وصناعاتها على التوازن البيئي، بينما يُعرفها كاربتري (Crabtree, 2009) بأنها منهج في الكيمياء يستخدم مبادئ البيئة الخضراء الأثني عشر ويقلل أو يلغي الحاجة إلى توليد المواد الكيميائية الخطرة أثناء تصنيع وتصميم وتطبيق الكيمياء.

ويشير عبد الرحمن وحسن (٢٠١٥) أن الكيمياء الخضراء هي ذلك الفرع من علم الكيمياء الذي يعنى بتصميم عمليات ومنتجات كيميائية أكثر رفقاً بالبيئة.

ويُعرفها صالح وكولر (Saleh & Koller, 2018) بأنها الكيمياء التي تقلل من الضرر البيئي مصحوبًا بإنتاج المواد وتقليل كل منها؛ والتخلص السليم من النفايات المتولدة أثناء العمليات الكيميائية المختلفة، وهي تقنية جديدة مكرسة لتركيب ومعالجة وتطبيق المواد الكيميائية بطريقة تقلل من المخاطر التي يتعرض لها الإنسان والبيئة.

واستنادًا إلى ما سبق يمكن القول أن الكيمياء الخضراء هي فلسفة شاملة للكيمياء تحددها مجموعة من المبادئ يمكن تطبيق هذه المبادئ على جميع فروع الكيمياء الأخرى كالكيمياء العضوية والتحليلية والحيوية والفيزيائية، وأنها تركز على التقليل من المخاطر وزيادة كفاءة أي تفاعل كيميائي بحيث أنها تساعد على الحد من التلوث والقضاء عليه بشكل مثالي (الشناوي وآخرون، ٢٠٢٠).

نشأة الكيمياء الخضراء:

ظهر هذا المصطلح في الولايات المتحدة عام ١٩٦٢، عندما نشرت البيولوجية الشهرة راشيل كارسون، كتابها (الربيع الصامت)، الذي ألقت فيه الضوء على الكوارث التي سببها الاستخدام المفرط للمبيدات الحشرية، بعد إنتهاء الحرب العالمة الثانية، فلفتت انتباه الحكومات واستحثتهم لإحداث تغيرات جذرية في سياستها تجاه البيئة (راشيل كارسون، ١٩٦٢، كما ورد في البار وآخرين، ٢٠١٠).

ومن ثم وضعت فكرة الكيمياء الخضراء في البداية كرد فعل لقانون منع التلوث الذي صدر في عام ١٩٩٠ في الولايات المتحدة الأمريكية، إذ أن وكالة حماية البيئة بالولايات المتحدة الأمريكية (EPA) نادت بالقضاء على التلوث من خلال تحسين العمليات الصناعية بما في ذلك التغيرات الفعالة من حيث التكلفة في المنتجات والعمليات واستخدام المواد الخام وإعادة التدوير بدلاً من العلاج والتخلص منها (جندل، ٢٠١٨).

وفي عام ١٩٩١ تم استخدام مصطلح الكيمياء الخضراء على يد العالم أنستاس من خلال مكتب وكالة حماية البيئة لمنع التلوث والمواد السامة فأطلق برنامج منح

بحثية تشجع إعادة تصميم المنتجات الكيماوية والعمليات القائمة للحد من التأثيرات على صحة الإنسان والبيئة وذلك لتنفيذ التنمية المستدامة من خلال الكيمياء الخضراء من قبل الصناعة والأوساط الأكاديمية والحكومية (شاكر، ٢٠٠٩).

فالكيمياء الخضراء هي فلسفة للبحوث الكيميائية والهندسية التي تشجع تصميم المنتجات والعمليات التي تقلل من استخدام وتوليد المواد الخطرة (الشناوي وآخرون، ٢٠٢٠).

وفي العقد الأخير من القرن المنصرم بدأت البحوث العلمية تبحث عن البدائل الصديقة للبيئة وأخذ توجه الجامعات والدراسات إلى استبدال المواد الخام الأولية التي تستخدم النفط والمشتقات البترولية كمادة أولية أساسية بمواد أولية أخرى طبيعية صديقة للبيئة (كاظم، ٢٠١٢).

يتضح من ذلك أن دور الكيمياء الخضراء جاء للحد أو إنهاء التأثيرات الضارة السلبية للمواد الكيميائية على البيئة خلال عمليات التصنيع الكيميائية المختلفة لأي منتج سواء كانت هذه المواد المستخدمة كناتج نهائي أوعرضي أو مواد كيميائية تدخل كعوامل مساعدة في التفاعلات الكيميائية مثل حوافز أو مثبطات أو مذيبات أو كواشف (الحربي والدغيم، ٢٠٢٠).

مبادئ الكيمياء الخضراء:

تعتمد الكيمياء الخضراء بشكل عام على المبادئ الاثنى عشر التي اقترحها (Anastas &Warner) في عام ١٩٩٨ عندما قدما كتابهما بعنوان (الكيمياء الخضراء: النظرية والممارسة)، وتعتبر هذه المبادئ بمثابة الأسس للمساهمة في التنمية المستدامة، وتشتمل على تعليمات لتصميم وتطوير منتجات كيميائية جديدة أكثر فعالية وقابلية للتحلل، وتقليل المواد الخطرة في المنتجات الكيميائية، ومنع التلوث البيئي، وتقليل استخدام الطاقة غير المتجددة، وهذه المبادئ هي:

(Anastas &Warner,1998; Manahan, 2006; Saleh & Koller, 2018)

١- الوقاية ومنع تكون النفايات الكيميائية.

٢- اقتصاد الذرة وتقدير كفاءة التفاعل.

٣- تقليل تكوين الكيميائيات الخطرة.

٤- تصميم منتجات ومواد كيميائية أكثر أمنًا.

٥- المذيبات والمواد المساعدة الأكثر أمنًا.

٦- التصميم لكفاءة وتوفير الطاقة.

٧- المحفزات لتقليل متطلبات التفاعل.

٨- تصميم منتجات كيميائية قابلة للتحلل.

٩- تحديد الوقت الحقيقي لمنع التلوث.

١٠- الكيمياء الآمنة لتجنب الحوادث.

١١- استخدام مواد أولية قابلة للتجديد.

١٢- التقليل من المشتقات.

أهداف الكيمياء الخضراء:

يرى فيليت (Fellet, 2013) أن أبرز أهداف الكيمياء الخضراء تكمن في سعيها للحد من المخاطر ومنع الحوادث الناتجة عن التصنيع الكيميائي والمواد الكيميائية الخطرة؛ وبالتالي المحافظة على سلامة الإنسان والبيئة التي يعيش فيها، أما بودهو وهارفي (Boodhoo & Harvey, 2013) فيرون أن من أهم أهداف الكيمياء الخضراء كونها أداة لتحقيق التنمية المستدامة على المستويات الاجتماعية والبيئية والاقتصادية؛ والتي يتطلب تحقيقها جهودًا وإجراءات كبيرة من جانب الحكومات والمنظمات التجارية وغير التجارية، ويتم ذلك من خلال توفير الطاقة وجعلها خضراء نظيفة، وتصميم منتجات آمنة على الإنسان والبيئة، والإعتماد على المواد الأولية المتجددة من خلال استخدام الكتلة الحيوية كمصدر عضوي بدلاً من

الإعتماد على الكربون الأحفوري، وتصميم منتجات أكثر اخضرارًا لاستبدال المنتجات الحالية غير المقبولة في ضوء التشريعات الجديدة.

ويضيف بينيت (Bennett, 2008) أن أبرز أهداف الكيمياء الخضراء تتمثل في تحقيق التنمية المستدامة، والتقليل أو منع التلوث قبل حدوثه، وتقليل المخاطر الناتجة عن استخدام المواد الكيميائية إلى أقصى حد من خلال تصميم مواد جديدة أقل ضرارًا، بالإضافة إلى استخدام الموارد الطبيعية بكفاءة أكبر من خلال المحافظة على الموارد غير المتجددة؛ والبحث عن طرق بديلة تغني عن إستنزافها.

أما عبد الرحمن وحسن (٢٠١٥) فيرون أنها تمثل اقتصادًا ناجحًا ومثمرًا، إذ أنه أصبحت تكلفة التخلص من النفايات ومعالجة آثارها عالية في الآونة الأخيرة، إضافة إلى المشاكل البيئية التي تسببها على صحة الإنسان، وأهم الأهداف والفوائد الاقتصادية للكيمياء الخضراء المحافظة على الموارد الطبيعية، والتخلص من تكلفة معالجة النفايات، والتقليل من استخدام المواد المساعدة والمذيبات، واستغلال المواد البادئه للتفاعل بصورة تامة، وإيجاد نواتج نهائية ذات كفاءة عالية وغير مستقرة في الطبيعة، بالإضافة إلى التقليل من حدوث الحوادث الكيميائية أو الحرائق من خلال استخدام مواد آمنة وطرق تحضير آمنة.

وترى منى عياد (٢٠٠٥) أن الهدف من الكيمياء الخضراء تجنب التلوث الذي يمكن أن يواكب التقدم الصناعي والتقني، ومحاولة إحلال المفهوم البيئي النظيف محل الكيمياء السوداء أو الحمراء؛ الذي يتوقف إلى حد كبير على العوامل المحفزة أو المساعدة التي يمكن أن تساهم بدورها إلى حد كبير في تغيير مسار الكثير من عمليات التصنيع الكيميائي لصالح المنظومة البيئية.

أما أميتا وداندیا (Ameta & Dandia, 2014) فيرون أن أبرز أهداف الكيمياء الخضراء تتمثل في تطوير منهجيات وتقنيات جديدة أقل ضررًا على صحة الإنسان والنظام البيئي الذي نعيش فيه، وتدعيم إجراءات السلامة البيئية لتقليل النفايات وإعادة استخدام المواد الكيميائية مرة أخرى، بالإضافة إلى استخدام مواد

آمنة غير ضارة بالبيئة، وتصميم العمليات لتوفير الطاقة من دمج جميع مكونات التفاعل لتكوين المنتج النهائي، والعمل على منع تكون النفايات من البداية قبل التفكير بالتخلص منها.

أهمية الكيمياء الخضراء:

يذكر كل من رباب أبو الوفاء (٢٠١٨)، والشافعي (٢٠١٩) والشناوي وآخرون (٢٠٢٠) أهمية الكيمياء الخضراء أنها تعمل على:

أ - تصميم المواد الكيميائية القابلة للتحلل: حيث يتم تصميم المنتجات الكيميائية لتتحلل إلى مواد غير ضارة بعد استخدامها حتى لا تتراكم في البيئة.

ب - التقليل من احتمالية وقوع الحوادث: عن طريق تصميم المواد الكيميائية وأشكالها الفيزيائية (الصلبة أو السائلة أو الغازية) لتقليل احتمالية وقوع الحوادث الكيميائية بما في ذلك الإنفجارات والحرائق.

ج - تقليل مستوى التلوث: تصميم إجراءات وعمليات تضمن توليد مواد أقل سمية وضرر على البيئة.

د - تصميم مواد كيميائية أكثر أمانًا: تصميم منتجات كيميائية فعالة تمامًا ولكنها قليلة السمية أو معدومة.

ه - استخدام مذيبات وظروف تفاعل أكثر أمانًا: ينبغي تجنب استخدام المذيبات أو عوامل الفصل أو المواد الكيميائية المساعدة، وفي حال استخدامها ينبغي اللجوء إلى المواد الأقل ضرر وسمية.

و - تقليل النفايات: تفتقر معظم عمليات الإنتاج الكيميائي الحالية إلى الكفاءة في استخدام المواد الأولية وتنتج كمية كبيرة من النفايات، إن العمليات والتقنيات النظيفة والموفرة للطاقة والفعالة للكتلة أدوات أساسية لتحقيق هدف تعظيم الكفاءة وتقليل النفايات.

ز - تقليل استخدام المذيبات العضوية السامة: تقليل استخدامها في العمليات الكيميائية لتحضير المواد الكيميائية والمواد، غالبًا ما يتم إطلاق حوالي ٢٠ مليون طن من

المذيبات العضوية في الغلاف الجوي كل عام، مما يؤدي إلى نفايات المذيبات وتلوث البيئة.

تطبيقات الكيمياء الخضراء:

يعتبر توظيف مبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها من التحديات الكبيرة التي يواجهها الكيميائيون في الوقت الحالي؛ بسبب زيادة مصادر الخطورة والتلوث في البيئة وتأثيرها المباشر على حياة الإنسان؛ مما يجعل من الضروري على المختصين في علم الكيمياء أن يبحثوا على طرق لتحسين نواتج العمليات الصناعية؛ وتقليل آثارها ما أمكن، وترى إيمان الحربي والدغيم (٢٠٢٠) أن تطبيقات الكيمياء الخضراء يقصد بها الآليات والطرق التي يتم فيها توظيف أهداف الكيمياء الخضراء ومبادئها؛ بهدف التقليل من استعمال المواد الخطرة والسامة من خلال ابتكار المُنتجات والأجهزة والمواد القابلة للتدوير أو التحلل البيولوجي؛ وبذلك فإن الكيمياء الخضراء تركّز على تصنيع وإنتاج مواد جديدة خالية من الملوثات البيئية، واستبدال المواد المشتقة من مصادر بترولية بمواد طبيعية، ونظرًا لما تتميّز به تلك التطبيقات من أمان على الإنسان والبيئة التي يعيش فيها، إضافة إلى كونها أقل تكلفة من المواد الكيميائية؛ فقد انتشرت على نطاق واسع وفي مختلف المجالات، حيث دخلت في المجال الصناعي، والطبي، والغذائي، والزراعي، وغيرها من المجالات المختلفة.

ويشير عنانزة (٢٠٠٧) إلى أن الكيمياء الخضراء تمكنت من إيجاد الحلول العلمية والتقنية للعديد من القضايا والمشكلات البيئية، فقد استطاع العلماء تصنيع عقاقير وكيماويات وسيطة من النباتات بدلاً من الكيماويات ذات الأصل البترولي؛ وذلك بهدف تصنيع مواد التنظيف ومستحضرات التجميل ومضادات التجمد والدهانات والمواد البلاستيكية انطلاقًا من الكربوهيدرات وليس النفط، وتمتاز المواد الجديدة بأنها صديقة للبيئة وذلك لأنها تنتج من مصادر متجددة وقابلة للتحلل البيولوجي؛ ولا ينجم عنها انبعاثات غازية، ومن أمثلة تلك التطبيقات ما تذكره إيمان الحربي والدغيم (٢٠٢٠) وهي:

أ - إنتاج منظفات من البكتين الموجود في قشور الحمضيات.

ب - إنتاج البلاستيك ومواد التغليف من نباتات مثل الجرجير والجلكوز القابلة للتحلل.

ج - تطوير مواد لاصقة من لحاء الشجر أو نشاء الذرة.

د - استخدام الكحول الناتج من تخمر قصب السكر وقوداً في محركات السيارات بدلاً من البنزين.

أما شاكر (٢٠٠٩) فيرى أن للكيمياء الخضراء تطبيقات وفوائد كثيرة في الصناعات الكيميائية؛ وأثر واضح في الحفاظ على البيئة وصحة الإنسان، ومن أمثلة تلك التطبيقات ما يلي:

- **المنظف الجديد للبيئة:** بعمل منظف للبيئة من كيميائيات غير سامة يتم تكسيرها حيويًا، تعمل على إزالة الملوثات من الماء وإزالة الزيوت والشحوم من غير تأثير على الصحة والبيئة.
- **المبيدات الحيوية:** وذلك بتصنيع مبيدات حيوية تهاجم الحشرات عن طريق الهندسة الوراثية، كإستخدام مستخلص من نبات النيم مبيد حشري، والتحكم في إستخدام الميكروبات صديقة البيئة.
- **الأكسدة النظيفة:** وتستخدم في مجال تبييض الملابس الملونة وصبغات الشعر وغيرها؛ من خلال مواد مساعدة حيوية صديقة للبيئة وتعمل علاج التلوث.

الاهتمام بالكيمياء الخضراء:

هي طريقة مختلفة للتفكير في كيفية القيام بهندسة الكيمياء لتصميم وتطوير المنتجات والعمليات الكيميائية، للحفاظ على الطاقة واكتشاف بدائل للمواد الخطرة، واستخدام مواد أولية أكثر استدامة أو قابلة للتجديد (إسماعيل، ٢٠١٩).

إن تطور مفهوم الكيمياء الخضراء في المجتمعات الصناعية، كان تطورًا طبيعيًا لمبادرات منع التلوث، من خلال الجهود لتحسين حماية المحاصيل الزراعية والأدوية والمنتجات المختلفة (الشافعي، ٢٠١٩).

بحلول منتصف القرن العشرين، لم يعد بالإمكان تجاهل الآثار السلبية طويلة المدى لهذا التطور الصناعي المتسارع، حيث أدى إلى تلوث مجاري المياه حول العالم، وتشكل الأمطار الحامضية التي تقضي على الغابات وثقب الأوزون، والكثير من الأضرار الأخرى، والتي تسبب بها المواد الكيميائية شائعة الاستخدام والتي لها ارتباط وثيق بالأمراض السرطانية وغيره من الأمراض (جندل، ٢٠١٨).

شكلت الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٧٠ وكالة حماية البيئة EPA والتي كانت مكلفة بحماية صحة الإنسان والبيئة من خلال وضع لوائح بيئية وتطبيقها وتنظيم توليد النفايات الصناعية والإنبعاثات والتخلص منها، وتتطلب تكاتف العالم لتطور العمليات الكيميائية والمنتجات الصديقة للأرض التي من شأنها منع التلوث، وإيجاد بدائل للمواد الخطرة وتصميم العمليات الكيميائية التي تقلل من النفايات، واستخدام العمليات التي تستخدم كميات أقل من الطاقة، مع المحافظة على النمو الإقتصادي وتوفير منتجات وخدمات بأسعار معقولة لسكان العالم الذين يتزايد عددهم (الشناوي وآخرون، ٢٠٢٠؛ Wardencki, Curylo & Namieoenik, 2005)

أهمية تعلم الكيمياء الخضراء:

ظهر منهج الكيمياء الخضراء لأول مرة على يد العالم أناستاس عندما بدأ عدد من أعضاء هيئة التدريس المهتمين بالكيمياء الخضراء بتقديم مقررات تدريسية وتجارب معملية خضراء ساعدت على انتشار وتعريف الكيمائيين التقليديين بعلم الكيمياء الخضراء (البار وآخرون، ٢٠١٠)، فتحديث المناهج الدراسية عملية تطويرية وتحولية. لذا على القائمين على تطوير المناهج الدراسية بمختلف مراحلها العمل على استقاء موضوعات خضراء جديدة يمكن تضمينها للمناهج الدراسية المتطورة، ولابد أن نوجه أنظار الطلاب إلى أن التصميم الدقيق والمدروس بصورة جيدة للمنتجات يمكن أن يحقق فوائد بيئية واقتصادية واجتماعية.

ولأن أحد العوامل التي تسرع من منع التلوث في العمليات الصناعية تطوير مواد المناهج الدراسية لتشمل الكيمياء الخضراء والصناعات الكيميائية بحيث يصبح الكيمائيون على دراية بمفاهيم الوقاية من التلوث من خلال قدرتهم على تحديد وتطوير وتنفيذ التقنيات التي تقلل من التلوث والتكاليف من خلال تسهيل إدراج الكيمياء الخضراء في الفصول الدراسية، بحيث يتوفر لدينا أجيال من الكيميائيين الملمين بالمهارات والمعرفة اللازمة لممارسة الكيمياء الخضراء، وخاصة من الطلاب في المرحلة الجامعية والدراسات العليا(Belford & Bastin, 2013) .

لذا من الهام جداً على طلاب الكيمياء بجميع المستويات أن يتعرفوا على الكيمياء الخضراء وأن يتذكروا الأثر الذي يمكن أن تؤثر على صحة الإنسان والبيئة، فالمنهج الحديث والمفاهيم المثيرة الموجودة في الكيمياء الخضراء من المحتمل أن تحفز الطلاب وتقوي من رغبتهم في تعلم الكيمياء، فتوافر المواد التعليمية للكيمياء الخضراء يشجع إدراج مفاهيم وأمثلة للكيمياء الخضراء في المناهج الدراسية بالمراحل الجامعية وما دونها، كما يسهم هذا العلم في تأهيل كيميائيين للدخول في مجالات الصناعة والبيئة الأكاديمية المجهزة بالأدوات والمستلزمات الضرورية لتصميم منتجات وعمليات غير ضارة بالبيئة (محمد، ٢٠٢٠).

وتؤيد رباب أبو الوفاء (٢٠١٨) ضرورة تدريس الكيمياء الخضراء لجيل المستقبل من الكيميائيين بحيث يمتلكوا المهارات والمعرفة اللازمة لممارسة الكيمياء الصديقة للبيئة من خلال المواد التعليمية المتعلقة بالكيمياء الخضراء، فينبغي تعميم تدريس الكيمياء الخضراء في المدارس بين الصفوف المختلفة للطلاب.

كما تذكر الشناوي وآخرون (٢٠٢٠) أنه ينبغي الاهتمام بتدريس الكيمياء الخضراء لأنها تعمل على:

- تحفيز الطلاب لتعليم الكيمياء.
- زيادة استيعاب الطلاب للمفاهيم الكيميائية وتطوير ثقافتهم الكيميائية.
- تحسين مهارات أداء الطلاب.

- ربط الكيمياء بالحياة اليومية وبغيرها من العلوم.
- دعم الوعي بالقضايا والمشكلات البيئية.
- مواكبة التقدم العلمي المتزايد والاتجاهات العالمية والتطور التكنولوجي.

الكيمياء الخضراء ورؤية المملكة ٢٠٣٠:

تعمل المملكة العربية السعودية على مبادرة "السعودية الخضراء" لزيادة الاعتماد على الطاقة النظيفة وتقليل الانبعاثات الكربونية وحماية البيئة، تماشيًا مع رؤية ٢٠٣٠ التي يأتي ضمن أهدافها تحسين جودة الحياة وحماية الأجيال المقبلة. ويعد مشروع الهيدروجين الأخضر الجديد في نيوم الخطوة الأولى نحو إنشاء صناعة جديدة في المملكة حيث أنه أحد المشاريع الرئيسة لتحقيق أهداف رؤية المملكة ٢٠٣٠ (الشرق الأوسط، ٢٠١٧).

ونيوم في طريقها لتكون رائدة في مجال الهيدروجين إذ تعد إحدى المناطق القليلة في العالم التي يمكن فيها صُنع الهيدروجين الأخضر بشكل تنافسي وبكميات كبيرة بفضل مناخها الملائم ووفرة أشعة الشمس فيها، حيث تجتمع فيها العوامل الطبيعية المناسبة لتوليد الطاقة النظيفة التي يمكن استخدامها في إنتاج الهيدروجين الأخضر وتصديرة، لتلبية احتياجات الأسواق المستورِدة مثل: اليابان وأوروبا. وستكون نيوم واجهة عالمية للاستخدامات المتعددة للهيدروجين الأخضر إذ تعتزم استخدامه في بناء اقتصادها الجديد القائم على التقنية وتحقيق طموحها بأن تصبح مُشغَّلَةً كليًا بالطاقة المتجددة بنسبة ١٠٠% (رؤية المملكة ٢٠٣٠، ٢٠١٦)، (سبق، ٢٠٢٣).

وللمملكة العربية السعودية دورًا رائدًا في تقليل آثار التغير المناخي والانبعاثات الكربونية، ومساهمتها بشكل كبير في الجهود العالمية لتقليل الانبعاثات الكربونية، وذلك بالتوقيع على عدة مبادرات دولية، ومن أبرز هذه المبادرات: (رؤية المملكة ٢٠٣٠، ٢٠١٦)، (مبادرة السعودية الخضراء)، (الشرق الأوسط، ٢٠١٧)، (حكمي، ٢٠٢٣).

- التعاون مع التحالف العالمي للمحيطات: في أكتوبر ٢٠٢١، انضمت المملكة إلى التحالف العالمي للمحيطات، وهي منظمة دولية للحفاظ على الحياة البحرية في المحيطات.

- خفض انبعاثات الميثان: يعد الحد من انبعاثات الميثان أمرًا هامًا للحد من آثار التغير المناخي؛ وتلتزم المملكة بالمساهمة في خفض انبعاثات الميثان العالمية بنسبة ٣٠٪ بحلول عام ٢٠٣٠ كجزء من طموحها لبناء مستقبل أنظف وأكثر استدامة.

- توجيه ودعم مجتمع الرياضة العالمي: انضمت المملكة العربية السعودية إلى مبادرة الأمم المتحدة للرياضة من أجل العمل المناخي لتعزيز الأثر الإيجابي عبر مجتمع الرياضة العالمي.

- مبادرة السعودية الخضراء: مبادرة تشمل جميع فئات المجتمع تهدف إلى تمكين جميع أصحاب المصلحة في المملكة من المساهمة في جهود الإبداع والابتكار لبناء مستقبل أفضل.

- مبادرة الشرق الأوسط الأخضر: تهدف المبادرة إلى التعاون والاستثمار لتوسيع نطاق العمل المناخي في المنطقة، لتحقيق الأهداف المناخية العالمية بتوحيد الجهود الإقليمية.

- مشروع الرياض الخضراء: يعد واحدًا من أكثر مشاريع التشجير طموحًا في العالم؛ وتشتمل أعمال التشجير على زراعة أكثر من ٧,٥ مليون شجرة في مدينة الرياض لتحسين جودة الهواء وخفض درجات الحرارة في المدينة، وتشجيع السكان على ممارسة نمط حياة أكثر نشاطًا وحيوية.

- أسبوع البيئة: هي مناسبة لنشر الوعي البيئي المجتمعي وتحقيق الاستدامة البيئية والمحافظة على الموارد الطبيعية للحد من التلوث بأنواعه، من خلال تنفيذ الكثير من الفعاليات والبرامج والمبادرات في هذا الأسبوع، وتتم في كافة أنحاء المملكة ويشارك بها الأفراد والقطاعات الحكومية والخاصة والغير الربحية.

ثانيًا- الدراسات السابقة:

تم عرض عددًا من أهم الدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع الدراسة الحالية والتي اهتمت بمجال الكيمياء الخضراء.

حيث تم سرد الدراسات حسب التسلسل الزمني ابتداءً من الأقدم إلى الأحدث، مع التركيز على هدف كل دراسة؛ وعينتها والمجتمع؛ وما توصلت إليه من نتائج؛ بالإضافة إلى تحديد أوجه الإفادة منها.

الدراسات التي اهتمت بمجال الكيمياء الخضراء:

- دراسة كاربوديوان وآخرين (Karpudewan et al., 2013) التي هدفت إلى تطوير منهج في الكيمياء الخضراء ومعرفة فاعلية تدريس المنهج على فهم الطلاب في المدارس الثانوية لمفاهيم الكيمياء ودافعيتهم نحو التعلم الكيمياء واستخدم الباحثون المنهج شبه التجريبي ذو تصميم المجموعتين وتم اختيار العينة عشوائيًا لإحدى المدارس الثانوية في ماليزيا، وتكونت المجموعة تجريبية من (٣٤) طالبًا والضابطة من (٣٢) طالبًا، واستخدمت أداتين هما الاختبار والمقابلة، وأظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعتين لصالح طلاب المجموعة التجريبية؛ مما يشير إلى تفوق المجموعة التجريبية والأثر الواضح للبرنامج، كما أظهرت النتائج زيادة في دافعية الطلاب نحو تعلم الكيمياء.

- دراسة هاماربيرج (Hammarberg, 2013) التي هدفت إلى الجمع بين الكيمياء الخضراء والتنمية المستدامة، وإيجاد طرق تدريس الكيمياء الخضراء في معمل الكيمياء في المرحلتين الثانوية والجامعية بالسويد، وأظهرت النتائج من خلال إجابات الطلاب على أسئلة المقابلة والاستبيان فاعلية التعليم الكيمياء الخضراء والتنمية المستدامة عن طريق المعمل، ومن خلال مقارنة النتائج القبلية والبعدية للعمل في المعمل المصمم وفقًا للنموذج التعليمي البيئي، وقد أظهرت نتائج البحث أن معامل الكيمياء هي وسيلة لتدريس الكيمياء الخضراء والتنمية المستدامة للطلاب.

- دراسة زوين وماركس (Zuin & Marques, 2015) التي هدفت إلى استقصاء البحوث الأكاديمية في الكيمياء الخضراء بالبرازيل، ومناقشة الاتجاهات والنتائج المحتملة بهدف تضمين الكيمياء الخضراء في منهج الكيمياء على مستوى التعليم الأساسي، وكذلك معرفة أهمية تعليم الكيمياء الخضراء للطلاب في المدارس الثانوية كما هدفت إلى تحديد الاستراتيجيات التربوية المناسبة لتدريسها، وأظهرت النتائج بشكل عام وجود اتجاهات إيجابية لتضمين الكيمياء الخضراء في فروع الكيمياء جميعًا والمساهمة في إعادة صياغة عامة المسلمات التقليدية، مثل مخاطر البيئة والتخفيف للمحافظة على البيئة، كما أظهرت الدراسة عدم وجود دراسات وخبرات المدرسية التي تهتم بالكيمياء الخضراء.

- دراسة بوريدا وبينا (Borreda & Peña, 2016) التي هدفت إلى التعرف على دور الكيمياء الخضراء في تعليم العلوم والمساهمة في علوم الاستدامة، وأثر ذلك في تحقيق الاستدامة، كما هدفت إلى معرفة إمكانية إعداد وتصميم مواد صديقة للبيئة تستخدم لتدريس العلوم في المدارس الثانوية والعليا بأسبانيا، وأظهرت نتائج الدراسة إلى انخفاض اهتمام التعليم الثانوي بإسهامات الكيمياء الخضراء بشكل عام، وكذلك أظهر تحليل الكتب المدرسية لهذه المرحلة إلى أنها بشكل عام لا تولي اهتمامًا كافيًا لإسهامات الكيمياء الخضراء ودورها في التحرك نحو الاستدامة.

- دراسة مي صالح (٢٠١٦) التي هدفت إلى التعرف على أثر منهج مقترح في الكيمياء للمرحلة الثانوية في ضوء مفهوم الكيمياء الخضراء على تنمية الوعي واتخاذ القرارات البيئية، وأظهرت نتائج الدراسة وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى (٠١،٠) بين متوسطات درجات طالبات مجموعة الدراسة في التطبيقيين القبلي والبعدي للاختبار التحصيلي في المنهج المقترح ككل وفي المستويات الفرعية كلاً على حدة لصالح التطبيق البعدي.

- دراسة محمد (٢٠١٧) التي هدفت إلى تحديد الاحتياجات الحياتية التي ينبغي تنميتها من خلال مناهج الكيمياء بتصميم وحدة في الكيمياء الخضراء، وتمثل

منهج الدراسة في المنهج التجريبي في المجموعة الواحدة، واستخدمت في الدراسة أدوات اشتملت على مقياس الميول المهنية، ومقياس اتخاذ القرار. وتوصلت الدراسة إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في الاختبار القبلي والبعدي لمقياس اتخاذ القرار ككل؛ لصالح القياس البعدي، كما يوجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في الاختبار القبلي والبعدي لمقياس الميول المهنية ككل؛ لصالح القياس البعدي.

- دراسة ردهانا وميرتا (Redhana & Merta, 2017) التي هدفت إلى التعرف على تأثير أسلوب ممارسة الكيمياء الخضراء في نتائج تعلم الطلاب، وتمثل منهج الدراسة من المنهج التجريبي ذو المجموعتين التجريبية والضابطة، وكانت عينة الدراسة مكونة من مجموعتين التجريبية (٤٠طالب)، والضابطة (٤٠ طالب)، ولقد استخدم الباحثان أداة الاختبار لجمع البيانات، وأشارت النتائج أن طريقة ممارسة الكيمياء الخضراء أكثر فاعلية من ممارسة الأساليب العملية التقليدية في تحسين نتائج تعلم الطلاب، ومما يؤكد ذلك تحسن تعلم طلاب المجموعة التجريبية مقارنة بالمجموعة الضابطة.

- دراسة سحر محمد (٢٠١٨) التي هدفت إلى إعداد برنامج تنمية مهنية مقترح لمعلمي الكيمياء قائم على الكيمياء الخضراء لتنمية مهارات حل المشكلات واستيعاب المفاهيم البيئية، وتوصلت النتائج إلى فاعلية البرنامج المقترح للتنمية المهنية القائم على الكيمياء الخضراء في تنمية مهارات حل المشكلات وتنمية استيعاب المفاهيم البيئية لدى معلمي الكيمياء بالمرحلة الثانوية، ووجود علاقة ارتباطية موجبة بين درجات اختبار استيعاب المفاهيم البيئية واختبار مهارات حل المشكلات.

- دراسة رباب أبو الوفا (٢٠١٨) التي هدفت إلى التعرف على فاعلية مقرر مقترح للكيمياء الخضراء قائم على مبادئ التربية من أجل التنمية المستدامة في تنمية الثقافة الكيميائية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء، وقد أظهرت النتائج وجود فروق دالة إحصائية عند مستوى (٠،٠١) بين متوسطي درجات طلاب

المجموعتين في الثقافة الكيميائية لصالح طلاب المجموعة التجريبية، كما أظهرت أن المقرر المقترح للكيمياء الخضراء أدى إلى تنمية الثقافة الكيميائية لدى طلاب المجموعة التجريبية.

- دراسة أولياه ومولياديي (Auliah & Mulyadi, 2018) هدفت إلى معرفة تصورات المعلمين حول الكيمياء الخضراء ومبادئها، وكيفية دمجها في تعليم الكيمياء للطلاب، واستخدم الباحثان المنهج الوصفي المسحي وكانت أداة البحث استبانة اعتمدت على المؤشرات المتعلقة بمبادئ الكيمياء الخضراء، وقد وزعت على عينة الدراسة التي تكونت من (٣٥) معلم في مدرسة ماسكار المهنية بأندونيسيا، وأظهرت النتائج إن (١٤،٩٧٪) من المعلمين أفادوا بمعرفة الكيمياء الخضراء، وأن (٣،٣٢٪) منهم فقط كانوا على معرفة بمفهوم الكيمياء الخضراء، وكان (٤٢،٤٧٪) منهم يرون أنه ليس من الضروري إدراج الكيمياء الخضراء في مناهج العلوم، بينما رأى (٣٨،٣١٪) منهم ضرورة ذلك؛ وأن هناك حاجة ماسة لتطوير تعليم الكيمياء في المستقبل.

- دراسة إيمان الشحري (٢٠١٩) التي هدفت إلى إعداد وحدة مقترحة في "Bioplastics" في ضوء مبادئ الكيمياء الخضراء لتنمية مهارات المدافعة البيئية والاتجاه نحو الصحة الوقائية لدى طلاب المرحلة الثانوية، استخدمت الباحثة المنهجين الوصفي وشبه التجريبي في تصميم المجموعة الواحدة وتكونت عينة الدراسة من (٤٨) طالب في ثانوية المرج التابعة للقاهرة، واستخدمت الباحث أداة اختبار المدافعة البيئية، ومقياس الاتجاه نحو الصحة الوقائية، وأظهرت النتائج فاعلية الوحدة الدراسية المقترحة في تنمية مهارات الطلاب في المدافعة البيئية ومهاراتها، وفي تنمية اتجاهات الطلاب نحو الصحة الوقائية.

- دراسة ناريمان إسماعيل (٢٠١٩) التي هدفت إلى التعرف على أثر وحدة مقترحة في الكيمياء الخضراء على تنمية الوعي الاقتصادي والاتجاه نحو دراستها لدى الطلاب المعلمين في كلية التربية، وأظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة

إحصائية بين متوسط درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار الوعي الاقتصادي ككل وكل بعد فترة أبعاده على حدة لصالح التطبيق البعدي، ووجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيق القبلي والبعدي لمقياس الاتجاه نحو الكيمياء الخضراء ككل وكل بعد من أبعاده على حدة لصالح التطبيق البعدي.

- دراسة محمد (٢٠٢٠) التي هدفت إلى إعداد منهج مقترح في العلوم قائم على مبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها لتنمية الوعي بالاستدامة البيئية والتفكير الإيجابي لدى طلاب المرحلة الإعدادية، وقد استخدمت الباحثة المنهج الوصفي التحليلي وشبه التجريبي، واشتملت العينة على كتب العلوم في الصفوف الثلاثة بالمرحلة الإعدادية "المتوسطة"، بالإضافة إلى (٢٤) طالبة من مدرسة سفاجا الاعدادية للبنات يمثلون المجموعة التجريبية، وأعدت الباحثة أداتين هما مقياس الوعي بالاستدامة البيئية، ومقياس التفكير الإيجابي، وأظهرت النتائج أن محتوى كتب العلوم تتضمن عدد قليل من مؤشرات المعايير الخاصة بمبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها، وأنه يوجد فروق بين التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس الوعي بالاستدامة البيئية ومقياس التفكير الإيجابي لصالح التطبيق البعدي، مما يدل على فاعلية المنهج المقترح في تنمية الوعي بالاستدامة البيئية والتفكير الإيجابي لدى الطالبات.

- دراسة حجاج وآخرون (٢٠٢٠/أ) هدفت إلى تحديد فاعلية وحدة مقترحة قائمة على مبادئ الكيمياء الخضراء لتنمية الجانب المعرفي ومهارات اتخاذ القرار تجاه المشكلات والقضايا البيئية لدى طلاب شعبة الكيمياء في كلية التربية في جامعة بنها، ولقد استخدمت الباحثة المنهج شبه التجريبي ذي تصميم المجموعة الواحدة، وتكونت عينة الدراسة من (٤١) طالبًا وطالبة، وقد طبقت عليهم أداتين هما اختبار الجانب المعرفي ومقياس اتخاذ القرار، وأظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار الجانب

المعرفي للكيمياء الخضراء، ولمقياس اتخاذ القرار لصالح التطبيق البعدي، مما يدل على فعالية الوحدة المقترحة في تنمية الجانب المعرفي ومهارات اتخاذ القرار لدى الطلاب المعلمين في شعبة الكيمياء.

- دراسة حجاج وآخرون (٢٠٢٠/ب) التي هدفت إلى تقويم برنامج إعداد معلمي الكيمياء في كليات التربية في ضوء مبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها، واستخدمت الباحثة المنهج الوصفي بأسلوب تحليل المحتوى، وتم بناء قائمة بمبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها؛ وقد تضمنت (١٢) مبدأ و(٩٤) تطبيقًا مرتبطًا بها، وقائمة بالأهداف والمعايير التي ينبغي مراعاتها في أهداف ومحتوى مقررات الكيمياء في كلية التربية، كما أظهرت نتائج الدراسة أن تناول أهداف ومحتوى مقررات الكيمياء ببرنامج الإعداد لمعايير ومؤشرات أهداف ومحتوى الكيمياء الخضراء كان في مستوى متدني.

- دراسة إيمان الحربي والدغيم (٢٠٢٠) هدفت إلى الكشف عن فاعلية وحدة في الكيمياء الخضراء في تنمية الوعي بتطبيقاتها الحياتية ومهارات اتخاذ القرار لدى طالبات المرحلة الثانوية، واستخدمت الباحثة المنهج التجريبي ذو التصميم الشبه التجريبي القائم على المجموعة الواحدة، وتكونت عينة الدراسة من (٣٠) طالبة في الصف الأول الثانوي، وقد طبقت عليهم أداتي مقياس الوعي بتطبيقات الكيمياء الخضراء الحياتية، واختبار القدرة على اتخاذ القرار، وأظهرت النتائج وجود فروق دالة إحصائية بين متوسطي درجات طالبات المجموعة التجريبية في القياسين القبلي والبعدي للوعي بتطبيقات الكيمياء الخضراء الحياتية "المكون المعرفي" و"المكون الوجداني"، والقدرة على اتخاذ القرار لصالح التطبيق البعدي، مما يشير إلى فاعلية الوحدة المقترحة.

- دراسة الشناوي وآخرون (٢٠٢٠) التي هدفت إلى تحديد قائمة بالقيم البيئية المرتبطة في الكيمياء الخضراء التي ينبغي تنميتها لدى الطلاب المعلمين بشعبة الكيمياء، والتعرف على مدى تضمن البرنامج لمفاهيم الكيمياء الخضراء

والقيم البيئية المرتبطة بها، وتقديم برنامج مقترح لتضمينها ومعرفة فعاليته في تنميتها لدى الطلاب، واستخدمت الباحثة المنهجين الوصفي التحليلي وشبه التجريبي، وشملت عينة التحليل مقررات الكيمياء والفيزياء والبيولوجيا والجيولوجيا التي يدرسها الطلاب المعلمين في شعبة الكيمياء وأظهرت النتائج ضعف تضمين مقررات إعداد معلمي الكيمياء لموضوعات الكيمياء الخضراء، كما أن هناك فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط درجات مجموعة البحث في التطبيقيين القبلي والبعدي لاختبار التحصيل في مفاهيم الكيمياء الخضراء ومستوياته لصالح التطبيق البعدي، كما أظهرت فاعلية البرنامج المقترح في تنمية القيم البيئية وتحسين مفاهيم الكيمياء الخضراء لدى الطلاب.

- دراسة إرداواتي واخرون Erdawati et al. (2021) هدفت إلى معرفة فاعلية التدريب بالأنشطة العملية للكيمياء الخضراء في تحسين المهارات العملية لمعلمي العلوم، وقد استخدم الباحثون المنهج التجريبي على عينة مكونة من (١٨) معلمًا و(٦) من طلاب الكيمياء المتطوعين للتجربة، واستمر تدريبهم ثلاثة أيام بواقع جلستين؛ ركزت الجلسة الأولى على الجزء النظري من الكيمياء الخضراء ونظريات التعلم القائم على الاستقصاء، وركزت البقية على التدريب العملي من خلال الأنشطة الاستقصائية، وتم استخدام أداة اختبار المهارات العملية (SPST)، وأظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية في درجات المعلمين بين التطبيقين القبلي والبعدي لصالح التطبيق البعدي، مما يشير إلى وجود تحسن ملحوظ في أداء المعلمين ومهاراتهم العملية.

- دراسة البلطان (٢٠٢١) هدفت إلى التعرف على مستوى تضمين موضوعات الكيمياء الخضراء في محتوى كتب العلوم بالمرحلة المتوسطة في المملكة العربية السعودية، ولتحقيق هذا الهدف أعد الباحث قائمة بموضوعات الكيمياء الخضراء التي ينبغي تضمينها في محتوى الكتب ومنها مبادئ الكيمياء الخضراء، واستخدم المنهج الوصفي المعتمد على أسلوب تحليل المحتوى، اشتملت عينة الدراسة على جميع

كتب العلوم المقررة على طلاب المرحلة المتوسطة، وتم استخدام أداة بطاقة تحليل المحتوى المعدة من قبل الباحث، وأظهرت نتائج الدراسة أن تضمين موضوعات الكيمياء الخضراء في كتب العلوم في المرحلة المتوسطة في المملكة كان بمستوى متدني، ولا يوجد أي عنوان رئيس أو فرعي في الكتب يتضمن موضوعات مباشرة عن الكيمياء الخضراء، كما لا يوجد فروق ذات دلالة إحصائية بين مستوى تضمين موضوعات الكيمياء الخضراء بين كتابي العلوم للصفين الأول والثاني، بينما توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (٠،٠١) بين كتابي العلوم للصفين الأول والثالث وكذلك بين الثاني والثالث.

التعليق على الدراسات السابقة:

من خلال العرض السابق للدراسات، يمكن بيان جوانب الاتفاق والاختلاف بينها وبين الدراسة الحالية، وفيما يلي توضيح ذلك:

- من حيث الهدف:

اتفقت الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة في تناولها للكيمياء الخضراء، واتفقت الدراسة الحالية مع دراسة البلطان (٢٠٢١) في معرفة مدى تضمين المقررات الدراسية -باختلافها - لمبادئ الكيمياء الخضراء.

- من حيث المنهج:

اتفقت الدراسة الحالية مع بعض الدراسات السابقة في اتباعها في المنهج الوصفي التحليلي كدراسة البلطان (٢٠٢١)، ودراسة حجاج وآخرين (٢٠٢٠/ب)، ودراسة محمد (٢٠٢٠)، ودراسة بوريدا وبينا (Borreda & Peña, 2016)، وقد اختلفت هذه الدراسة مع بعض الدراسات السابقة باتباعها أنواع أخرى كالمنهج التجريبي والمنهج الوصفي بأنواعه.

- من حيث أداة الدراسة:

اتفقت الدراسة الحالية مع دراسة البلطان (٢٠٢١)، ودراسة حجاج وآخرين (٢٠٢٠/ب)، ودراسة محمد (٢٠٢٠)، ودراسة بوريدا وبينا (Borreda & Peña, 2016) في الأداة حيث اعتمدوا على بطاقة تحليل المحتوى، في حين اختلفت الدراسة الحالية مع جميع الدراسات الأخرى في أداة الدراسة حيث تباينت في الأدوات المستخدمة في جمع البيانات في الدراسات السابقة مثل الاستبانة، والمقابلة، والاختبارات، ومقاييس الميول والاتجاهات.

- من حيث عينة الدراسة:

اتفقت الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة في تناولها للمقررات الدراسية مع دراسة البلطان (٢٠٢١)، ودراسة حجاج وآخرين (٢٠٢٠/ب)، ودراسة محمد (٢٠٢٠)، ودراسة بوريدا وبينا (Borreda & Peña, 2016) باختلاف المراحل الدراسية.

- من حيث مكان التطبيق:

اختلفت الدراسات السابقة ما بين محلية كدراسة البلطان (٢٠٢١)، ودراسة إيمان الحربي والدغيم (٢٠٢٠)، ودراسة إيمان الشحري (٢٠١٩)، بينما كانت بقية الدراسات عربية وأجنبية.

أوجه إفادة الدراسة الحالية من الدراسات السابقة:

١. دعم مشكلة الدراسة.
٢. إثراء الإطار النظري للدراسة الحالية من خلال الاستفادة من الأطر النظرية وأدبيات الدراسات السابقة.
٣. بناء أداة الدراسة.
٤. التعرف على المراجع ذات العلاقة والتي يمكن الاستفادة منها في هذه الدراسة.

٥. القدرة على دعم نتائج الدراسة بالمقارنة بينها وبين نتائج الدراسات السابقة ذات العلاقة.

٦. التأكيد على أهمية الكيمياء الخضراء ومبادئها في تدريس الكيمياء.

منهج الدراسة:

تمّ استخدام المنهج الوصفي القائم على أسلوب تحليل المحتوى، وذلك لمناسبته لطبيعة الدراسة ومشكلتها، وقد عرّف فتح الله (٢٠١٥) المنهج الوصفي بأسلوب تحليل المحتوى بأنه: "الأسلوب العلمي الذي يهدف إلى الوصف الموضوعي الكمي المنظم للمحتوى الظاهر من خلال قراءته قراءة متأنية لتحديد ما يتضمنه" (ص. ١٣٧).

مجتمع الدراسة:

يعرّف أبو علام (٢٠٠٦) مجتمع الدراسة بأنه "جميع الأفراد أو الأشياء أو عناصر التي لهم خصائص واحدة يمكن ملاحظتها" (ص. ١٥٤)، ويتمثل مجتمع الدراسة في كتاب الكيمياء للصف الثاني ثانوي (٣) للمرحلة الثانوية في المملكة العربية السعودية للعام الدراسي ١٤٤٤هـ - ٢٠٢٢م، والذي يتكوّن من (٥) فصول، كما هو موضح بالجدول التالي:

جدول (١) توصيف مجتمع الدراسة المتمثل في كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية في المملكة العربية السعودية

الكتاب	الفصول	الموضوعات
مقرر الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية	الفصل الأول: حالات المادة	١-١ الغازات
		١-٢ قوى التجاذب
		١-٣ المواد السائلة
		١-٤ تغيرات الحالة الفيزيائية
		الكيمياء في واقع الحياة: كيمياء الكاكاو
	الفصل الثاني: الطاقات	٢-١ الطاقة
		٢-٢ الحرارة

الكتاب	الفصول	الموضوعات
	والتغيرات الكيميائية	٣-٢ المعادلات الكيميائية الحرارية
		٤-٢ حساب التغير في المحتوى الحراري
		كيف تعمل الأشياء؟ المركبات ذات المرونة في استعمال الوقود
	الفصل الثالث: سرعة التفاعلات الكيميائية	١-٣نظرية التصادم وسرعة التفاعل الكيميائي
		٢-٣ العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي
		٣-٣ قوانين سرعة التفاعل الكيميائي
		الكيمياء والصحة: سرعة التفاعل ودرجة حرارة الجسم
	الفصل الرابع: الاتزان الكيميائي	١-٤ حالة الاتزان الديناميكي
		٢-٤ العوامل المؤثرة في الاتزان الديناميكي
		٣-٤ استعمال ثوابت الاتزان
		الكيمياء والصحة: ارتفاع الهيموجلوبين إلى مستوى التحدي
	الفصل الخامس: مشتقات المركبات الهيدروكربونية	١-٥ هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل
		٢-٥ الكحوليات والإثرات والأمينات
		٣-٥ مركبات الكربونيل
		٤-٥ تفاعلات أخرى للمركبات العضوية
		٥-٥ البوليمرات
		الكيمياء في واقع: الثوم

أداة الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة عن أسئلته تم بناء أداة الدراسة المتمثلة في بطاقة تحليل محتوى كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية في المملكة العربية السعودية، وفيما يلي وصفاً تفصيليًا لما قامت به الباحثة من حيث بناء الأداء والتأكد من خصائصها السيكومترية.

أولاً : إعداد قائمة بمبادئ الكيمياء الخضراء

لإعداد قائمة بمبادئ الكيمياء الخضراء التي ينبغي تضمينها في محتوى كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية اتبعت الباحثة الخطوات التالية:

١- الرجوع إلى المصادر والمراجع والكتب المتخصصة التي تناولت مبادئ الكيمياء الخضراء.

- الدراسات والبحوث السابقة المرتبطة بموضوع الدراسة.
- أهداف التعليم بالمرحلة الثانوية بالمملكة العربية السعودية.
- خصائص طلاب وطالبات المرحلة الثانوية.

٢- وضع صورة أولية لمبادئ الكيمياء الخضراء والتي تكونت من أربع مبادئ رئيسة وهي: (تجنب المخلفات - تصميم للتحلل - تصميم لكفاءة الطاقة - تصميم كيماويات أكثر أمانًا)، يندرج تحتها (٢٨) عبارة، كما هو موضح بالجدول التالي:

جدول (٢) مبادئ الكيمياء الخضراء في صورتها الأولية

مبادئ الكيمياء الخضراء	عدد العبارات
تجنب المخلفات	٩
تصميم للتحلل	٥
تصميم لكفاءة الطاقة	٧
تصميم كيماويات أكثر أمانًا	٧
المجموع	٢٨

ثانياً- الصدق الظاهري لقائمة مبادئ الكيمياء الخضراء :

يقصد بالصدق الظاهري أن قائمة مبادئ الكيمياء الخضراء تقيس ما أعدت من أجله؛ وللتأكد من صدق الأداة تم عرضها على (١٢) محكمًا من الخبراء والمختصين في مجال المناهج وطرق التدريس، لمعرفة آرائهم فيما يلي: انتماء العبارات لمبادئ الكيمياء الخضراء، وسلامة الصياغة اللغوية ووضوحها، وإضافة أو حذف أو تعديل.

وجاء توجيهات المحكمين على النحو الآتي:

- بالنسبة لمبادئ الكيمياء الخضراء اتفق المحكمين على ملائمتها لمنهج الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية.

- أما العبارات الفرعية لمبادئ الكيمياء الخضراء فقد أشاروا إلى تعديل صياغة بعض العبارات، مثل العبارة (يوضح المحتوى الفرق بين المواد الكيميائية المصنعة من مصادر متجددة والمواد الكيميائية التي تنتج من مصادر بيتروكيميائية) التي أصبحت بعد التعديل (يظهر المحتوى الفرق بين المواد الكيميائية المصنعة من مصادر متجددة والمواد الكيميائية التي تنتج من مصادر غير متجددة)، وتعديل العبارة (يوضح المحتوى تصنيف الكيماويات)، التي أصبحت بعد التعديل (يبين المحتوى تصنيف الكيماويات). وفي ضوء ذلك، تمّ التأكد من صدق محتوى قائمة مبادئ الكيمياء الخضراء.

وصف القائمة في صورتها النهائية:

تكوّنت قائمة مبادئ الكيمياء الخضراء التي ينبغي تضمينها في كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية في المملكة العربية السعودية في صورتها النهائية من (٢٨) عبارة موزعة على أربعة مبادئ رئيسة، وذلك على النحو التالي:

جدول (٣) مبادئ الكيمياء الخضراء في صورتها النهائية

مبادئ الكيمياء الخضراء	العبارات
تجنب المخلفات	٩
تصميم للتحلل	٥
تصميم لكفاءة الطاقة	٧
تصميم كيماويات أكثر أمانًا	٧
المجموع	٢٨

ثالثًا- إعداد بطاقة تحليل المحتوى في صورتها النهائية :

تكوّنت قائمة مبادئ الكيمياء الخضراء التي ينبغي تضمينها في كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية في المملكة العربية السعودية في صورتها النهائية من (٢٨) عبارة موزعة على أربعة مبادئ رئيسة، ولتطبيق بطاقة التحليل تم اتخاذ الخطوات التالية:

١ - تحديد الهدف من التحليل: يهدف التحليل إلى معرفة درجة تضمين كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية في المملكة العربية السعودية لمبادئ الكيمياء الخضراء.

٢ - تحديد فئات التحليل: يعرف عطية (٢٠٠٩) فئات التحليل بأنها "الفئات الرئيسة والفرعية التي يتم وضع وحدات التحليل فيها، والتي يمكن تصنيف كل صفة من صفات المحتوى على أساسها" (ص. ٢٤)، وبناء على ذلك تم تحديد فئات التحليل كما يلي:

أ - فئات التحليل الرئيسة: وتتمثل في المبادئ الرئيسة للكيمياء الخضراء، وعددها أربع مبادئ.

ب - فئات التحليل الجزئية: وتمثلت في العبارات الفرعية المنتمية لمبادئ الكيمياء الخضراء وعددها (٢٨) عبارة.

٣ - التأكد من الكفاءة السيكومترية للأداة: تم التحقق من الكفاءة السيكومترية للأداة من خلال صدق الأداة وثباتها، وبيانهما كما يلي:

- **صدق بطاقة تحليل المحتوى:**

تم التأكد من صدق بطاقة تحليل المحتوى من خلال الصدق الظاهري لقائمة مبادئ الكيمياء الخضراء التي ينبغي تضمينها في كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية.

- **ثبات بطاقة تحليل المحتوى:**

يعرّف عبيدات وعدس وعبد الحق (٢٠٠٤) ثبات أداة التحليل بأنه: "أن يعطي التحليل نتائج متقاربة أو نفس النتائج إذا طبق أكثر من مرة في ظروف مماثلة" (ص. ٢١٩). وقد تم قياس ثبات أداة التحليل بطريقة إعادة تحليل المحتوى؛ لكونها من

أكثر الطرق مناسبة لتقدير الثبات في دراسات تحليل المحتوى، وهي تعتمد على إجراء التحليل مرتين على المحتوى نفسه؛ للكشف عن مدى الاتفاق بين التحليلين، وكلما كانت هذه الدرجة مرتفعة كلما كان معامل الثبات عاليًا (طعيمة، ٢٠٠٤). وقد قامت الباحثة بتحليل الفصلين الثاني والرابع كعينة عشوائية من محتوى الكتاب المقرر، واستعانت بإحدى الباحثات المتمرسات للقيام بتحليل المحتوى بنفس الظروف التي حلّلت فيها الباحثة، وتم حساب معامل الثبات باستخدام معادلة هولستي (Holisti) لقياس الثبات في تحليل المحتوى (عبيدات وآخرون، ٢٠٠٤).

معادلة هولستي لقياس الثبات في تحليل المحتوى وصيغتها كالآتي:

$$Cr = \frac{2*M}{N1+N2}$$

حيث إن: M تعني عدد مبادئ الكيمياء الخضراء التي يتفق عليها التحليلان، وN1 و N2 عدد مبادئ الكيمياء الخضراء في التحليل الأول، وعدد مبادئ الكيمياء الخضراء في التحليل الثاني.

ولحساب معامل الثبات تم تحديد نقاط الاتفاق بين نتائج المحللة الأولى ونتائج المحللة الثانية كما هو موضح بالجدول (٤).

جدول (٤) حساب ثبات تحليل المحتوى

مبادئ الكيمياء الخضراء	تكرار تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في كل تحليل		عدد العبارات	الاتفاق	معامل الثبات
	المحلل الأول	المحلل الثاني			
تجنب المخلفات	٢٢	١٨	٩	١٦	٨٠,٠٪
تصميم للتحلل	١٣	١٥	٦	١١	٧٨,٦٪
تصميم لكفاءة الطاقة	١٥	١٣	٦	١٠	٧١,٤٪
تصميم كيماويات أكثر أمانًا	١٩	١٧	٧	١٣	٧٢,٢٪
الثبات العام لبطاقة تحليل المحتوى	٦٩	٦٣	٢٨	٥٠	٧٥,٨٪

يتضح من الجدول السابق أن معامل الثبات العام لأداة الدراسة بلغ (٧٥,٨٪) بين

تحليلي الباحثة والمحللة الخارجية. وبذلك تكون أداة الدراسة بطاقة التحليل تتمتع بدرجة مرتفعة من الثبات. وهذا ما أكد عليه طعيمة (٢٠٠٤) من أن معامل الثبات "ينبغي ألاّ يقل عن ٦٠٪ باستثناء الحالات الخاصة، حيث يصعب الحصول على اتفاق الفاحصين أحيانًا وفقًا لطبيعة المادة التي تتدخل فيها ذاتية الأفراد كالمواد الإبداعية" (ص. ٢٣١).

ثالثًا- إجراءات التحليل:

للقيام بإجراءات التحليل اتبعت الباحثة ما يلي:

١ - تحديد وحدات التحليل:

اعتمدت الباحثة في دراستها على الفكرة كوحدة للتحليل، باعتبارها وحدة ذات معنى، وملائمتها طبيعة الدراسة الحالية وأهدافها وبالتالي يمكن أن تشتمل مبادئ الكيمياء الخضراء متضمنة في محتوى المقرر المستهدف.

٢ - تحديد ضوابط التحليل وإجراءاته:

حددت الباحثة عددًا من الضوابط التي تسير عليها في التحليل وتتمثل فيما يلي:

- استبعد من التحليل صورة الغلاف، والمقدمة، والأنشطة التقويمية، ودليل مراجعة الفصل، والاختبار المقنن.
- رصد كل عبارة فرعية لمبادئ الكيمياء الخضراء المضمنة في محتوى الكتاب المقرر وفقًا للتعريف الإجرائي لها، وذلك بإعطاء تكرار واحد لكل عبارة يظهر أثناء عملية التحليل.
- تفريغ التكرارات في أداة تحليل المحتوى بصورتها النهائية.
- حساب النسبة المئوية لمدى تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء من خلال قسمة تكرارها على عدد وحدات التحليل الممثلة لعينة الدراسة، والبالغ عددها (٢٦٣) فكرة، ثم ضرب الناتج في مائة.

- استخدام مقياس ليكرت الثلاثي للدلالة على مدى تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى الكتاب المقرر، وفقاً للتدريج التالي: (درجة منخفضة، درجة متوسطة، درجة كبيرة)، حيث تم استخراج طول فئات المقياس بناء على تصنيف النسب المئوية لمدى تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء إلى ثلاث فئات متساوية المدى، مع الأخذ في الاعتبار أن التصنيف يبدأ من نسبة ٠,٠١%، ومن ثمّ فإن أقل نسبة مئوية ضمن التدريج هي ٠,٠١% وبالتالي فقد تمّ حساب طول الفئة من خلال المعادلة التالية:

طول الفئة = (أكبر نسبة مئوية – أقل نسبة مئوية) ÷ عدد فئات التدريج

وبالتالي طول الفئة = (١٠٠ -٠,٠١) ÷ ٣ = ٣٣,٣٣

ويعني ذلك أن طول كل فئة في المقياس بلغ (٣٣,٣٣)، وبناء على طول الفئة المشار إليها أعلاه، يمكن تحديد النسب المئوية لمعيار الحكم على درجة تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى الكتاب المقرر وفقاً للمعيار الموضح في الجدول التالي:

جدول (٥) النسب المئوية لمعيار الحكم على درجة تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى كتاب الكيمياء (٣) في المرحلة الثانوية

النسب المئوية	أقل من ٣٣,٣٣٪	من (٣٣,٣٤٪ -٦٦,٦٦٪)	من (٦٦,٦٧٪ إلى ١٠٠٪)
درجة التضمين	متضمنة بدرجة منخفضة	متضمنة بدرجة متوسطة	متضمنة بدرجة كبيرة

إجراءات الدراسة:

تمّ اتباع الخطوات الإجرائية التالية:

١ - الاطلاع على الأدب النظري والدراسات السابقة التي تناولت مبادئ الكيمياء الخضراء بشكل عام وتحليل محتوى مقرر كتاب الكيمياء بشكل خاص.

٢ - الاطلاع على محتوى كتاب الكيمياء (٣) المقرر على طلاب المرحلة الثانوية لتحديد قائمة مبادئ الكيمياء الخضراء التي ينبغي تضمينها في الكتاب.

٣ - بناء قائمة بمبادئ الكيمياء الخضراء في كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية ومن ثم عرضها على مجموعة من المحكمين المتخصصين في المناهج وطرق التدريس

وتعديلها في ضوء آرائهم ومقترحاتهم للتأكد من صدقها.

٤ - تحويل قائمة مبادئ الكيمياء الخضراء إلى بطاقة تحليل محتوى.

٥ - الاستعانة بمحللة أخرى لحساب ثبات بطاقة تحليل المحتوى.

٦ - تطبيق بطاقة التحليل على محتوى كتاب الكيمياء (٣) المقرر على طلاب المرحلة الثانوية.

٧ - جمع البيانات وتفريغها في الجداول المعدة لهذا الغرض.

٨ - تحليل البيانات إحصائياً للوصول لنتائج الدراسة.

٩ - عرض النتائج ومناقشتها وتفسيرها.

١٠ - وضع التوصيات المرتبطة بنتائج الدراسة، ومقترحات لدراسات مستقبلية ذات علاقة بموضوع الدراسة الحالية.

أساليب تحليل البيانات:

اعتمدت الباحثة على الأساليب الإحصائية التالية:

١ - معادلة هولستي holsti لقياس ثبات بطاقة تحليل المحتوى.

٢ - التكرارات والنسب المئوية لمعرفة درجة تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) المقرر على طلاب المرحلة الثانوية لمبادئ الكيمياء الخضراء.

٣ - المتوسط الحسابي.

٤ - المدى.

٥ - طول الفئات.

نتائج الدراسة:

يتناول هذا الفصل عرضًا للنتائج التي تم التوصل إليها وتفسيرها، وتتمثل في الإجابة عن أسئلة الدراسة، ومعالجة بياناتها إحصائيًا؛ وفيما يلي عرضًا تفصيلي لذلك.

الإجابة عن السؤال الأول:

نص السؤال الأول: ما مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تجنب المخلفات"؟

وللإجابة عن هذا السؤال، تم حساب التكرارات، والنسب المئوية، والترتيب، لدرجة تضمين العبارات الفرعية لمبدأ الكيمياء الخضراء "تجنب المخلفات" في محتوى كتاب الكيمياء (٣)، علمًا بأن إجمالي الأفكار الواردة في المقرر بلغت (٢٦٣) فكرة، وذلك كما هو موضح في الآتي:

جدول (٦) مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تجنب المخلفات" مرتبة تنازلياً حسب نسبة توافرها في المقرر

م	العبارات الفرعية	التكرارات	النسبة المئوية	الترتيب
٧	يشجع المحتوى على استخدام مواد كيميائية متجددة وآمنة.	١٢	٤,٦٪	١
٤	يظهر المحتوى الفرق بين المواد الكيميائية المصنعة من مصادر متجددة والمواد الكيميائية التي تنتج من مصادر غير متجددة.	١١	٤,٢٪	٢
٢	يحدد المحتوى المواد الكيميائية المصنعة من مصادر متجددة.	١٠	٣,٨٪	٣
١	يذكر المحتوى مفهوم المواد الكيميائية المصنعة من مصادر متجددة.	٩	٣,٤٪	٤
٥	يؤكد المحتوى على أضرار استخدام المواد الكيميائية التي تنتج من المصادر غير المتجددة على البيئة.	٩	٣,٤٪	٤م
٦	ينمي المحتوى اتجاهات تجنب المخلفات الناتجة من المصادر غير المتجددة.	٧	٢,٧٪	٥
٩	يبين المحتوى ضرر المخلفات على البيئة.	٦	٢,٣٪	٦
٣	يوضح المحتوى مفهوم المواد الكيميائية المصنعة من	٥	١,٩٪	٧

م	العبارات الفرعية	التكرارات	النسبة المئوية	الترتيب
	مصادر غير متجددة.			
٨	يعزز المحتوى إعادة تدوير النفايات.	٤	١,٥٪	٨
	تضمين مبدأ "تجنب المخلفات"	٧٣	٢٧,٨٪	-

❖تكرارات العبارة على إجمالي وحدات التحليل بالمقرر

بلغ مجموع تكرارات مبدأ الكيمياء الخضراء "تجنب المخلفات" في محتوى كتاب الكيمياء (٣) (٧٣) تكرارًا، بنسبة إجمالية قدرها (٢٧,٨٪) من مجموع وحدات التحليل بالمقرر، وتشير النتيجة السابقة إلى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) المرحلة الثانوية لمبدأ الكيمياء الخضراء "تجنب المخالفات" بدرجة منخفضة. وجاءت العبارة "يشجع المحتوى على استخدام مواد كيميائية متجددة وآمنة" في المرتبة الأولى ضمن مبدأ الكيمياء الخضراء "تجنب المخلفات" من حيث التضمين، بنسبة مئوية (٤,٦٪)، يليها العبارة "يظهر المحتوى الفرق بين المواد الكيميائية المصنعة من مصادر متجددة والمواد الكيميائية التي تنتج من مصادر غير متجددة" في المرتبة الثانية، بنسبة مئوية (٤,٢٪)، ثم العبارة "يحدد المحتوى المواد الكيميائية المصنعة من مصادر متجددة" في المرتبة الثالثة، بنسبة مئوية (٣,٨٪)، يليها في المرتبة الرابعة العبارة "يذكر المحتوى مفهوم المواد الكيميائية المصنعة من مصادر متجددة"، والعبارة "يؤكد المحتوى على أضرار استخدام المواد الكيميائية التي تنتج من المصادر غير المتجددة على البيئة" بنسبة مئوية (٣,٤٪). بينما جاء في المراتب الأخيرة العبارة "يوضح المحتوى مفهوم المواد الكيميائية المصنعة من مصادر غير متجددة" حيث حازت المرتبة قبل الأخيرة، بنسبة مئوية(١,٩٪)، وجاءت العبارة "يعزز المحتوى إعادة تدوير النفايات" في المرتبة الأخيرة، كأقل عبارات مبدأ الكيمياء الخضراء "تجنب المخالفات" من حيث التوافر، بنسبة مئوية (١,٥٪).

وقد يعزى انخفاض تضمين مبدأ الكيمياء الخضراء "تجنب المخلفات" إلى غياب خطط مدروسة لدى مطوري المنهج لتضمينها بشكل متوازن في المقرر.

ويمكن عزو مجيء العبارة "يشجع المحتوى على استخدام مواد كيميائية متجددة وآمنة" في المرتبة الأولى إلى استهداف فريق التأليف تنمية وعي الطلاب بها، من خلال وضع أمثلة متنوعة لتوعية الطلاب بأهمية المواد الكيميائية المتجددة والآمنة وتشجيعهم على استخدامها من خلال بيان فوائدها، ومن ذلك قول فريق التأليف عند الحديث عن حالة الاتزان الديناميكي "للأمونيا أهمية كبيرة في الزراعة حيث تستعمل سماداً ومادة إضافية في أطعمة الحيوانات، وفي الصناعة تمثل الأمونيا مادة خامًا في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها النايلون" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ١٢٢)، وقول المؤلفين عند الحديث عن استعمال ثوابت الاتزان "أن تركيز الأيون هيدروكسيد المغنيسيوم مادة صلبة بيضاء يمكن الحصول عليها من مياه البحر واستعمالها في صنع الكثير من الأدوية الطبية وخصوصًا في الأدوية التي تعمل على معادلة حموضة المعدة الزائدة" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ١٤٧)، وقولهم عند الحديث عن الكحولات والإثرات والأمينات "ويعد الإثانول وثاني أكسيد الكربون نواتج عملية تخمر السكر الموجود في العنب وعجين الخبز ويستخدم الإثانول في الطب بسبب فاعليته بوصفه مطهراً، كما يستخدم لتعقيم الجلد قبل إعطاء الحقن كما يعد مادة أولية مهمة لتحضير مركبات عضوية أخرى أكثر تعقيداً" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ١٧٠). وقد يرجع مجيء العبارة "يعزز المحتوى إعادة تدوير النفايات" في المرتبة الأخيرة إلى غياب استهداف توعية الطلاب بأهمية تدوير النفايات وأثرها على البيئة، وندرة الموضوعات التي يمكن توظيفها للإشارة إليها، ومن الأمثلة التي أوردها فريق التأليف في هذا الجانب قولهم "ولأن الوقود الأحفوري مهدد بالنفاد أصبحت عملية تدوير البلاستيك أكثر أهمية فإعادة التدوير وشراء السلع المصنوعة من البلاستيك المعاد تدويره تقلل حجم استعمال الوقود الأحفوري وبذلك نحافظ على هذا النوع من الوقود" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ١٩٢).

الإجابة عن السؤال الثاني:

نص السؤال الثاني: ما مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم للتحلل"؟

وللإجابة عن هذا السؤال، تم حساب التكرارات، والنسب المئوية، والترتيب، لدرجة تضمين العبارات الفرعية لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم للتحلل" في محتوى كتاب الكيمياء (٣)، علمًا بأن إجمالي الأفكار الواردة في المقرر بلغت (٢٦٣) فكرة، وذلك كما هو موضح في الآتي:

جدول (٧) مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم للتحلل" مرتبة تنازلياً حسب نسبة توافرها في المقرر

م	العبارات الفرعية	التكرارات	النسبة المئوية	الترتيب
١٣	يوضح المحتوى طرق التحكم في تصميم التفاعلات الكيميائية.	١٢	٤,٦٪	١
١٠	يوضح المحتوى أنواع التفاعل الكيميائي.	١٠	٣,٨٪	٢
١٢	يشجع المحتوى على تصميم تفاعلات غير ضارة بالبيئة.	٧	٢,٧٪	٣
١١	يبين المحتوى تفاعلات التحلل.	٤	١,٥٪	٤
١٤	يبين المحتوى كيفية تحويل التفاعلات الكيميائية لمنتجات غير ضارة.	٢	٠,٨٪	٥
تضمين مبدأ "تصميم للتحلل"		٣٥	١٣,٣٪	-

❖تكرارات العبارة على إجمالي وحدات التحليل بالمقرر

بلغ مجموع تكرارات مبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم للتحلل" في محتوى كتاب الكيمياء (٣) (٣٥) تكرارًا، بنسبة إجمالية قدرها (٣,٣٪) من مجموع وحدات التحليل بالمقرر، وتشير النتيجة السابقة إلى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) المرحلة الثانوية لمبدأ الكيمياء الخضراء "تجنب المخالفات" بدرجة منخفضة. وجاءت العبارة "يوضح المحتوى طرق التحكم في تصميم التفاعلات الكيميائية" في المرتبة الأولى كأعلى عبارات مبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم للتحلل" من حيث التضمين، بنسبة مئوية (٤,٦٪)، يليها العبارة "يوضح المحتوى أنواع التفاعل الكيميائي"، بنسبة مئوية (٣,٨٪)، ثم العبارة "يشجع المحتوى على تصميم تفاعلات غير ضارة بالبيئة" في المرتبة الثانية، بنسبة مئوية (٢,٧٪)، بينما جاء في المراتب الأخيرة العبارة "يبين المحتوى تفاعلات التحلل" في المرتبة قبل الأخيرة، بنسبة مئوية (١,٥٪)، والعبارة "يبين المحتوى كيفية تحويل التفاعلات الكيميائية لمنتجات غير ضارة" في المرتبة الأخيرة كأقل عبارات مبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم للتحلل" من حيث التضمين، بنسبة مئوية (٠,٨٪). وقد يعزى انخفاض تضمين مبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم للتحلل" في الكتاب المقرر إلى حداثة هذا المفهوم ونقص الإلمام بتقنياته وكيفية تضمينها في المقرر لرفع مستوى وعي الطلاب بها. وقد يعزى مجيء العبارة "يوضح المحتوى طرق التحكم في تصميم التفاعلات الكيميائية" في المرتبة الأولى إلى كونها من الأهداف الرئيسة للمقرر بشكل عام، وقد تضمن أمثلة توظف الكيمياء الخضراء أوردها فريق التأليف لشرحها للطلاب بما يعزز فهمهم لكيفية تصميم التفاعلات الكيميائية المتجددة والتحكم فيها والاستفادة منها، ومن أمثلة ذلك قول فريق التأليف عند الحديث عن المواد السائلة والصلبة "ولأن الغاز الطبيعي بلا رائحة فإنّ الشركات تضيف إليه رائحة مميزة لكي تحذر الناس وتمكنهم من معرفة مكان تسر الغاز فيتمكن ساكنوا المنزل من إغلاق مصدر الغاز المتسرب وفتح النوافذ للسماح بالغاز بالانتشار" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ٢٨)، وقول فريق التأليف عند الحديث عن المواد السائلة والمواد الصلبة "فالماء وحده لا يمكنه انتزاع الأوساخ، ولكن عند استخدام المنظفات والصابون

مع الماء يقل التوتر السطحي للماء بتكسير الروابط الهيدروجينية بين جسميات الماء وعندها ينتشر الماء ويحمل الأوساخ بعيدا" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ٣١)، وقول فريق التأليف "يرتفع الماء إلى أعلى في الأنبوب الاسطواني إذا كان رفيعًا جدًا، وتسمى هذه الأنابيب الرفيعة الأنابيب الشعرية كما تسمى حركة ارتفاع الماء داخل هذه الأنابيب الخاصية الشعرية التي تفسر سبب امتصاص المناديل الورقية لكميات كبيرة من الماء حيث يسحب الماء داخل الفراغات الضيقة بين ألياف السليلوز الموجودة في المناديل الورقية باستخدام الخاصية الشعرية إضافة إلى تكوّن روابط هيدروجينية بين جسيمات الماء وجسيمات السليلوز" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ٣١). وقد يعزى مجيء العبارة "يبين المحتوى كيفية تحويل التفاعلات الكيميائية لمنتجات غير ضارة" في المرتبة الأخيرة ضمن مبدأ" تصميم للتحلل" وقد يعزى ذلك إلى كون فريق التأليف يرى أنه من الأنسب تضمين هذا المبدأ في مراحل دراسية متقدمة بحيث يكون الطلاب قد استوعبوا المفاهيم والقواعد المرتبطة بالتفاعلات الكيميائية لفهم طريقة تحويل تلك التفاعلات لمنتجات غير ضارة.

الإجابة عن السؤال الثالث:

نص السؤال الثالث: ما مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم لكفاءة الطاقة"؟

وللإجابة عن هذا السؤال، تم حساب التكرارات، والنسب المئوية، والترتيب، لدرجة تضمين العبارات الفرعية لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم لكفاءة الطاقة" في محتوى كتاب الكيمياء (٣)، علمًا بأن إجمالي الأفكار الواردة في المقرر بلغت (٢٦٣) فكرة، وذلك كما هو موضح في الآتي:

جدول (٨) مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم لكفاءة الطاقة" مرتبة تنازلياً حسب نسبة توافرها في المقرر

م	العبارات الفرعية	التكرارات	النسبة المئوية	الترتيب
١٨	يشجع المحتوى الاستفادة من الطاقة المتجددة.	١٠	٣,٨٪	١
١٩	يعزز المحتوى اتجاهات توفير استخدام الطاقة.	٧	٢,٧٪	٢
١٥	يوضح المحتوى مفهوم الطاقة.	٥	١,٩٪	٣
١٦	يشرح المحتوى أشكال الطاقة.	٥	١,٩٪	٣م
١٧	يبين المحتوى مفهوم كفاءة الطاقة.	٤	١,٥٪	٤
٢١	ينمي المحتوى الاستخدام الآمن للطاقة.	٤	١,٥٪	٤م
٢٠	يوضح المحتوى أثر ارتفاع درجة الحرارة.	٣	١,١٪	٥
تضمين مبدأ "تصميم لكفاءة الطاقة"		٣٨	١٤,٤٪	-

❖ **تكرارات العبارة على إجمالي وحدات التحليل بالمقرر**

بلغ مجموع تكرارات مبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم لكفاءة الطاقة" في محتوى كتاب الكيمياء (٣) (٣٨) تكرارًا، بنسبة إجمالية قدرها (١٤,٤٪) من مجموع وحدات التحليل بالمقرر، وتشير النتيجة السابقة إلى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) المرحلة الثانوية لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم لكفاءة الطاقة" بدرجة منخفضة. وجاءت العبارة "يشجع المحتوى الاستفادة من الطاقة المتجددة" في المرتبة الأولى كأعلى عبارات مبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم لكفاءة الطاقة" من حيث التضمين، بنسبة مئوية (٣,٨٪)، يليها العبارة "يعزز المحتوى اتجاهات توفير استخدام الطاقة" في المرتبة الثانية، بنسبة مئوية (٢,٧٪)، ثم العبارة "يبين المحتوى مفهوم كفاءة الطاقة" والعبارة "يشرح المحتوى أشكال الطاقة" في المرتبة الثالثة، بنسب مئوية (١,٩٪)، يليها في المرتبة الرابعة العبارة "يبين المحتوى مفهوم كفاءة الطاقة" والعبارة "ينمي المحتوى الاستخدام الآمن للطاقة"، بنسب مئوية (١,٥٪). بينما جاء في المرتبة

الأخيرة العبارة "يوضح المحتوى أثر ارتفاع درجة الحرارة" كأقل عبارات مبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم لكفاءة الطاقة" من حيث التوافر، بنسبة مئوية (١,١٪). وقد يعزى انخفاض تضمين مبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم لكفاءة الطاقة" إلى ما تشهده علوم الطاقة من تطورات ومستجدات تتطلب من مطوري المناهج الإلمام بها بتضمينها بشكل مناسب في المقرر. وقد يعزى مجيء العبارة "يشجع المحتوى الاستفادة من الطاقة المتجددة" في المرتبة الأولى إلى كون محور الطاقة من أهم المحاور المستهدفة في هذا المقرر، واستهداف المقرر توعية الطلاب بأهمية الطاقة المتجددة وكيفية توظيفها للمحافظة على البيئة، إلى جانب توجه المملكة العربية السعودية نحو تنويع مصادر الطاقة كالطاقة الشمسية، والاستغناء تدريجيًا عن الاعتماد عن المصادر غير المتجددة للطاقة، ومثاله قول فريق التأليف عند الحديث عن الطاقة "يستغل الماء أحياناً لأخذ الطاقة من الشمس وذلك بسبب حرارته النوعية فبعد أن تسخن أشعة الشمس الماء يمكن تدويره في البيوت والأماكن الأخرى لتدفئتها" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ٦٢)، وقول فريق التأليف" كما يمكن أن تزود أشعة الشمس احتياجات العالم من الطاقة مما يقلل من استعمال أنواع الوقود التي تنتج ثاني أكسيد الكربون (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ٦٢)، وقول فريق التأليف "مدرستان بالرياض تعملان بالطاقة الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربائية تمهيداً لإطلاق خطة الطاقة الشمسية (٢٠٣٠) الأكبر في العالم في هذا المجال" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ٦٢)، وقول فريق التأليف "زيادة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ٦٢). وقد يعزى مجيء العبارة "يوضح المحتوى أثر ارتفاع درجة الحرارة" المرتبة الأخيرة في مبدأ "تصميم لكفاءة الطاقة" إلى تناولهم لتأثير ارتفاع درجات الحرارة على التفاعلات الكيميائية بشكل عام دون التركيز على أثر هذا الارتفاع في تصميم كفاءة الطاقة، ومن ذلك قول فريق التأليف "عند بناء الجسور وناطحات السحاب تترك فراغات بين الدعامات الفولاذية لكي تتمدد وتنكمش عندما ترتفع أو تنخفض درجات الحرارة" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ٦١).

الإجابة عن السؤال الرابع:

نص السؤال الرابع: ما مدى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم كيماويات أكثر أمانًا"؟

وللإجابة عن هذا السؤال، تم حساب التكرارات، والنسب المئوية، والترتيب، لدرجة تضمين العبارات الفرعية لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم كيماويات أكثر أمانًا" في محتوى كتاب الكيمياء (٣)، علمًا بأن إجمالي الأفكار الواردة في المقرر بلغت (٢٦٣) فكرة، وذلك كما هو موضح في الآتي:

جدول (٩) مدى تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم كيماويات أكثر أمانًا" مرتبة تنازليًا حسب نسبة توافرها في المقرر

م	العبارات الفرعية	التكرارات	النسبة المئوية	الترتيب
٢٣	يوضح المحتوى طرق تصميم الكيماويات.	١١	٤,٢٪	١
٢٢	يبين المحتوى تصنيف الكيماويات.	٩	٣,٤٪	٢
٢٦	يؤكد المحتوى على أهمية استخدام الكيماويات الآمنة.	٨	٣,٠٪	٣
٢٥	ينمي المحتوى تصميم كيماويات آمنة.	٧	٢,٧٪	٤
٢٤	يبرز المحتوى مخاطر الكيماويات.	٥	١,٩٪	٥
٢٧	يشجع المحتوى اتجاهات المحافظة على البيئة من خلال استخدام الكيمياء الآمنة.	٤	١,٥٪	٦
٢٨	يوضح المحتوى مخاطر التفاعلات الكيميائية.	٢	٠,٨٪	٧
	تصميم كيماويات أكثر أمانًا	٤٦	١٧,٥٪	-

❖ **تكرارات العبارة على إجمالي وحدات التحليل بالمقرر**

بلغ مجموع تكرارات مبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم كيماويات أكثر أمانًا" في محتوى كتاب الكيمياء (٣) (٤٦) تكرارًا، بنسبة إجمالية قدرها (١٧,٥٪) من مجموع وحدات التحليل بالمقرر، وتشير النتيجة السابقة إلى تضمين محتوى كتاب الكيمياء (٣) المرحلة الثانوية لمبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم كيماويات أكثر أمانًا" بدرجة

منخفضة. وجاءت العبارة "يوضح المحتوى طرق تصميم الكيماويات" في المرتبة الأولى كأعلى عبارات مبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم كيماويات أكثر أمانًا" من حيث التضمين، بنسبة مئوية (٤,٢٪)، يليها العبارة "يبين المحتوى تصنيف الكيماويات" في المرتبة الثانية، بنسبة مئوية (٣,٤٪)، ثم العبارة "يؤكد المحتوى على أهمية استخدام الكيماويات الآمنة" في المرتبة الثالثة، بنسبة مئوية (٣,٠٪)، يليها في المرتبة الرابعة العبارة "ينمي المحتوى تصميم كيماويات آمنة"، بنسبة مئوية (٢,٧٪). بينما جاءت في المراتب الأخيرة العبارة "يشجع المحتوى اتجاهات المحافظة على البيئة من خلال استخدام الكيمياء الآمنة" حيث حاز المرتبة قبل الأخيرة، بنسبة مئوية (١,٥٪)، وجاءت العبارة "يوضح المحتوى مخاطر التفاعلات الكيميائية" في المرتبة الأخيرة، كأقل عبارات مبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم كيماويات أكثر أمانًا" من حيث التوافر، بنسبة مئوية (٠,٨٪).

وقد يعزى انخفاض تضمين مبدأ الكيمياء الخضراء "تصميم كيماويات أكثر أمانًا" إلى غياب منهجية علمية واضحة ومدروسة لتضمينها بشكل مناسب في المقرر. وقد يعزى مجيء العبارة "يوضح المحتوى طرق تصميم الكيماويات" في المرتبة الأولى إلى كونها من أهداف المقرر بشكل عام، ومن أمثلة ذلك قول فريق التأليف "أنّ (kj1625)من الحرارة انطلقت إلى المحيط في التفاعل بين الحديد والأكسجين لتكوين (Fe_2O_3) يمكن استخدامه كمادة ساخنة من هذا النوع لتدفئة الأيدي الباردة" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ٦٧)، وقول فريق التأليف "أن من الحرارة قد تم امتصاصها من المحيط في أثناء عملية إذابة (NH_4NO_3) ويعد هذا التفاعل الأساس في صناعة الكمادة الباردة، فعند وضع الكمادة على كاحل الشخص يزود الكاحل بالحرارة ويبرد هو بدوره" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ٦٨)، وقول فريق التأليف "يستغل بعض المزارعين في البلاد الباردة حرارة انصهار الماء لحماية الفاكهة والخضراوات من التجمد، فإذا كان من المتوقع أن تنخفض درجة الحرارة إلى درجة التجمد في أحد الأيام فإنهم يغمرون بساتينهم وحقولهم بالماء في تلك الليلة ويعود

السبب في ذلك إلى أن عملية تجمد الماء تطلق طاقة تدفئ الهواء المحيط لدرجة كافية لمنع الفاكهة والخضراوات من التلف" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ٧١)، وقول فريق التأليف "ينتج غاز يوديد الهيدروجين عن تفاعل الاتزان لغاز الهيدروجين مع اليود ولليود ومركباته استعمالات مهمة في الطب (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ١٢٨). وقد يعزى مجيء العبارة "يوضح المحتوى مخاطر التفاعلات الكيميائية" في المرتبة الأخيرة إلى غياب استراتيجية واضحة لتضمين هذا المبدأ في المقرر لزيادة وعي الطلاب بها وكيفية التوقي منها، ومن أمثلة ذلك قول فريق التأليف: "ولا ينصح بإجراء هذا التفاعل نظرًا للمخاطر المرافقة لاستخدام مادة ثيوسيانات الأمونيوم إذ أنها مادة شديدة السمية ضارة عند الاستنشاق والتلامس مع الجلد أو الابتلاع" (وزارة التعليم، ١٤٤٤هـ، ص. ٦٦).

وبعد الانتهاء من عرض نتائج تحليل محتوى كتاب الكيمياء (٣) في ضوء مبادئ الكيمياء الخضراء يمكن تلخيص هذه النتائج كما هو موضح في الجدول (١٠) والشكل (١).

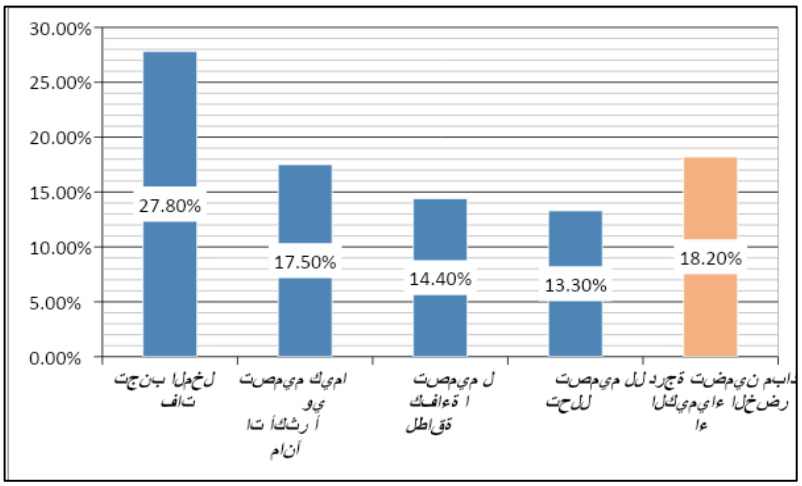
جدول (١٠) درجة تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية

مبادئ الكيمياء الخضراء	عدد العبارات	مجموع التكرارات	النسبة المئوية	درجة التضمين	الترتيب
تجنب المخلفات	٩	٧٣	٢٧,٨٪	منخفضة	١
تصميم كيماويات أكثر أمانًا	٧	٤٦	١٧,٥٪	منخفضة	٢
تصميم لكفاءة الطاقة	٧	٣٨	١٤,٤٪	منخفضة	٣
تصميم للتحلل	٥	٣٥	١٣,٣٪	منخفضة	٤
درجة تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء*	٢٨	١٩٢	١٨,٢٪	منخفضة	

*** مجموع تكرارات مبادئ الكيمياء الخضراء بالمقرر/ (عدد وحدات التحليل بالمقرر × ٤)**

وبهذا يكون تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية في المملكة العربية السعودية، بنسبة (١٨,٢٪)، أي بدرجة منخفضة، حيث تقع هذه النسبة ضمن الفئة (٠,٠١٪ - ٣٣,٣٣ ٪)، وجاء مبدأ الكيمياء الخضراء

"تجنب المخلفات" في المرتبة الأولى من حيث درجة التضمين، بنسبة (٢٧,٨٪)، يليه مبدأ "تصميم كيمياويات أكثر أمانًا"، بنسبة (١٧,٥٪)، ثم مبدأ "تصميم لكفاءة الطاقة"، بنسبة (١٤,٤٪)، وأخيرًا مبدأ "تصميم للتحلل"، بنسبة (١٣,٣٪).



شكل (١) درجة تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى مقرر الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية بالمملكة العربية السعودية

وترى الباحثة أن هذه النسبة متدنية إذ يمكن أن يؤثر ذلك على طلاب هذه المرحلة؛ ويؤدي عدم استفادتهم من معرفة مبادئ الكيمياء الخضراء وفوائدها العديدة لهم ولبيئتهم التي يعيشون فيها، وقد تعزى هذه النتيجة إلى استهداف فريق التأليف تزويد الطلاب بالمعلومات والمعارف المتعلقة بمادة الكيمياء في الموضوعات المختلفة، وتنمية مهارات التفكير العليا كالتحليل والتفسير والاستنتاج والاستقصاء من خلال التركيز بشكل أكبر على النصوص المقروءة، وتنويع الأنشطة التي يمكن تنفيذها في أثناء دراسة المحتوى، وذلك دون استهدافهم تنمية المعرفة بمبادئ الكيمياء الخضراء بشكل خاص؛ كما قد يرجع ذلك إلى غياب الاستعانة بمتخصصين في مجال علوم الكيمياء الخضراء لتضمينها في المقرر بشكل علمي ومدروس يراعي القدرات العقلية والمستويات المعرفية للطلاب وخصائصهم العمرية في هذه المرحلة، ولمواكبة المستجدات البيئية في هذا المجال؛ كما قد يعزى ذلك إلى أن بعض مبادئ الكيمياء الخضراء

الواردة في القائمة المعدة للتحليل ربما يرى فريق التأليف أنه من الأنسب تضمينها في مراحل دراسية متقدمة، حيث يصبح الطالب أكثر نضجًا وقدرة على التحليل والتفسير وربط العلاقات الكيميائية والفيزيائية وفهم واستيعاب التفاعلات الكيميائية المتعلقة بالكيمياء الخضراء، واستنتاج المعاني منها.

وقد تعزى النتيجة كذلك إلى حداثة ظهور مفهوم الكيمياء الخضراء ومبادئها وتطبيقاتها على الساحة العالمية وما تشهده من تطورات مستمرة، وكونها لم تأخذ الاهتمام الكافي من الدول ومخططي المناهج لتطبيقها على أرض الواقع؛ وكذلك قد تعزى هذه النتيجة إلى ضعف التنسيق بين لجان التأليف للكتب المدرسية، مع غياب الصورة العامة والفهم العميق لهذه المبادئ وتطبيقاتها في الحياة اليومية، ونقص الوعي بضرورة الاتجاه نحو الكيمياء الخضراء؛ لتحقيق التنمية المستدامة، والحد من القضايا والمشكلات البيئية والاتجاه نحو مستقبل آمن، فضلاً عن قلة الاطلاع على نتائج البحوث والدراسات عند التأليف، والتي أكدت ضرورة دمج وتضمين الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها ومبادئها في المناهج الدراسية لكافة المراحل التعليمية المختلفة. وتتفق النتائج مع نتائج دراسة البلطان (٢٠٢١) التي أظهرت تدني تضمين موضوعات الكيمياء الخضراء في محتوى كتب العلوم بالمرحلة المتوسطة في المملكة العربية السعودية. كما تتفق مع نتائج دراسة الشناوي وآخرون (٢٠٢٠) التي أظهرت تدني تضمين مقررات الإعداد لمعلمي الكيمياء لموضوعات الكيمياء الخضراء. كما تتفق هذه النتيجة مع نتائج دراسة حجاج وآخرون (٢٠٢٠ -ب) التي أظهرت تدني مستوى تناول أهداف ومحتوى مقررات الكيمياء ببرنامج إعداد معلمي الكيمياء لمعايير ومبادئ الكيمياء الخضراء. وتتفق أيضًا مع نتائج دراسة محمد (٢٠٢٠) التي أظهرت أن محتوى كتب العلوم تضمن عددًا قليلاً من مؤشرات المعايير الخاصة بمبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها. كما تتفق مع نتائج دراسة (Auliah & Mulyadi, 2018) التي أشارت إلى وجود اتجاهات سلبية لدى (٤٧,٤٪) من المعلمين الذين يرون أنه ليس من الضروري إدراج الكيمياء الخضراء في مناهج العلوم. كما

تتفق مع نتائج دراسة (Borreda & Peña, 2016) التي أظهرت انخفاض اهتمام التعليم الثانوي بإسهامات الكيمياء الخضراء بشكل عام. كما أظهرت أن الكتب المدرسية في هذه المرحلة لا تولي اهتمامًا كافيًا لإسهامات الكيمياء الخضراء ودورها في التنمية المستدامة. كما تتفق مع نتائج دراسة (Zuin & Marques, 2015) التي أظهرت عدم وجود الخبرات المدرسية التي تهتم بالكيمياء الخضراء.

وترى الباحثة أنه على الرغم من أن العديد من الدراسات أظهرت فاعلية تدريس الكيمياء الخضراء لطلاب المراحل التعليمية العامة والجامعية؛ مثل دراسة إدواتي وآخرون (Erdawati et al., 2021)، التي أظهرت فاعلية التدريب بالأنشطة العملية للكيمياء الخضراء في تحسين المهارات العملية لمعلمي العلوم، ودراسة إيمان الحربي والدغيم (٢٠٢٠) ودراسة حجاج وآخرين (٢٠٢٠ -أ) ومحمد (٢٠١٧) ومي صالح (٢٠١٦) التي أظهرت فاعلية وحدة في الكيمياء الخضراء في تنمية الوعي بتطبيقاتها الحياتية وتنمية الجانب المعرفي ومهارات اتخاذ القرار لدى الطلاب، ودراسة ناريمان إسماعيل (٢٠١٩) التي أظهرت أثر تدريس الكيمياء الخضراء في تنمية الوعي الاقتصادي والاتجاه نحو دراساتها لدى الطلاب المعلمين، ودراسة إيمان الشحري (٢٠١٩) التي أظهرت الفاعلية في تنمية مهارات الطلاب في المدافعة البيئية واتجاهاتهم نحو الصحة الوقائية، وكذلك دراسة الشناوي وآخرون (٢٠٢٠) التي أظهرت فاعلية البرنامج المبني على الكيمياء الخضراء في تنمية القيم البيئية لدى الطلاب؛ ودراسة رباب أبو الوفا (٢٠١٨) التي أظهرت الفاعلية في تنمية الثقافة الكيميائية لدى الطلاب المعلمين، ودراسة سحر محمد (٢٠١٨) التي أظهرت الفاعلية في تنمية مهارات حل المشكلات وتنمية استيعاب المفاهيم البيئية لدى المعلمين، (Hammarberg, 2013) التي أظهرت فاعلية تعليم الكيمياء الخضراء للطلاب، ودراسة (Karpudewan et al., 2013)، التي أظهرت فاعلية البرنامج التدريسي للكيمياء الخضراء في زيادة دافعية الطلاب نحو تعلم الكيمياء، ودراسة (Redhana & Merta, 2017) التي أظهرت أن طريقة ممارسة الكيمياء الخضراء أكثر فاعلية من ممارسة الأساليب

التقليدية في تحسين نتائج الطلاب، إلا أن تضمين موضوعات الكيمياء الخضراء في محتوى كتاب الكيمياء (٣) للمرحلة الثانوية ما يزال دون المستوى المأمول، وهو ما تبين من خلال نتائج هذه الدراسة، مما قد يكون له أثار سلبية على تعليم الطلاب بسبب أهمية هذه المرحلة في تأسيس المفاهيم البيئية السليمة وتحقيق مبدأ الاستدامة والحماية البيئية.

توصيات الدراسة:

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة، تقدم الباحثة عدد من التوصيات التالية:

- ضرورة اهتمام المسؤولين عن تخطيط وتطوير مقرر الكيمياء في المرحلة الثانوية بتضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في محتوى المقرر مع الأخذ في الاعتبار وجود توازن في عرض الموضوعات والمبادئ.
- ضرورة اهتمام وزارة التعليم بتطوير مقرر الكيمياء بمراحل التعليم العام بصفة عامة والمرحلة الثانوية بصفة خاصة بشكل يساير التطورات العلمية المستمرة والمستجدات العالمية المعاصرة المتعلقة بعلم الكيمياء الخضراء.
- الاستفادة من قائمة مبادئ الكيمياء الخضراء المعدة من قبل الباحثة في مراحل تطوير وتحسين منهج العلوم في المراحل التعليمية المختلفة.

مقترحات الدراسة:

في ضوء نتائج وتوصيات الدراسة، تقترح الباحثة عددًا من الدراسات التالية:

١ - اتجاهات معلمي الكيمياء في المرحلة الثانوية بالمملكة العربية السعودية نحو تدريس مبادئ الكيمياء الخضراء.

٢ - إعداد وحدة دراسية مقترحة تتضمن مبادئ الكيمياء الخضراء وقياس مدى فاعليتها التدريسية في مقرر الكيمياء.

٣ - درجة إسهام استراتيجيات التدريس في تنمية مفاهيم الكيمياء الخضراء ومبادئها لدى الطلاب في مادة الكيمياء.

٤ - مستوى تضمين مبادئ الكيمياء الخضراء في كتب العلوم بالمرحلة الثانوية بالمملكة العربية السعودية وغيرها من المراحل الدراسية.

٥ - أثر استخدام أنشطة إثرائية قائمة على مبادئ وتطبيقات الكيمياء الخضراء في تنمية الوعي البيئي لدى الطلاب.

المراجع

أولاً- المراجع العربية:

أبو علام، رجاء محمود. (٢٠١٤). *مناهج البحث في العلوم النفسية والتربوية*. دار النشر للجامعات.

أبو الوفا، رباب أحمد محمد. (٢٠١٨). فاعلية مقرر مقترح للكيمياء الخضراء قائم على مبادئ التربية من أجل التنمية المستدامة "ESD" في تنمية الثقافة الكيميائية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢١(٢)، ١ -٥١.
http://search.mandumah.com/Record/875848

إسماعيل، ناريمان. (٢٠١٩). أثر وحدة مقترحة في الكيمياء الخضراء على تنمية الوعي الاقتصادي والاتجاه نحو دارستها لدى الطلاب المعلمين كلية التربية. *المجلة المصرية للتربية العلمية*. ٢٢(١)، ٩١ -١٤٦.

البار، حسن عبد القادر ومخيمر، رمضان أحمد والجندي، إيمان محمود والشيخ، مريم عبدالله، ومدراسي، هنادي يوسف. (٢٠١٠). *منظومة الكيمياء الخضراء، سلسلة منظومة الكيمياء السعودية*. دار البار.

البشير، رشا. (٢٠١٠م). الكيمياء الخضراء صديقة الإنسان والبيئة مجالات التقدم العلمي. *مؤسسة الكويت للتقدم العلمي*، (٦٨)، ٤٢ -٤٩.

البلطان، إبراهيم بن عبد الله. (٢٠٢١). مستوى تضمين موضوعات الكيمياء الخضراء في محتوى كتب العلوم بالمرحلة المتوسطة في المملكة العربية السعودية. *مجلة كلية التربية*، ٣٦(٤)، ٣٢٥ -٣٧٦.
http://search.mandumah.com/Record/1220721

جامعة السلطان قابوس. (٢٠١٧ - نوفمبر). *مؤتمر الكيمياء الخضراء والاستدامة*. كلية العلوم. ١٧ نوفمبر ٢٠١٧. مسترجع من: https://www.squ.edu.om/science

جامعة عين شمس. (٢٠١٩ - نوفمبر). *المؤتمر العلمي الدولي الثالث بعنوان "علم من أجل الحياة"*. الغردقة ١٢ -١٥/١١ ٢٠١٩، مسترجع من: http://www.asu.edu.eg/ar/130/event wow

الجمعية الكيميائية السعودية. (٢٠١٨ - نوفمبر). *مؤتمر الكيمياء الدولي السابع. جامعة الملك سعود*، ١٢ -١٤نوفمبر ٢٠١٨، مسترجع من:
http://www.chem.org.sa/old-site/OurNewsARae01.html?NewsID=113

الجمعية الكيميائية الكويتية. (٢٠١٨ - مارس). *مؤتمر الكويت الخامس للكيمياء بعنوان "الكيمياء لمستقبل أفضل"*. ١٢ -١٤ مارس ٢٠١٨.

جندل، جاسم محمد. (٢٠١٨). *الكيمياء الخضراء*. دار وائل للطباعة والنشر والتوزيع.

حجاج، آية أحمد عبد الفتاح والبعلي، إبراهيم عبد العزيز محمد وعبد الوهاب، فاطمة محمد وصابر، محمد عبدالرؤوف. (٢٠٢٠ -أ). أثر وحدة مقترحة قائمة على مبادئ الكيمياء الخضراء لتنمية الجانب المعرفي ومهارات اتخاذ القرار تجاه المشكلات والقضايا البيئة لدى طلاب شعبة الكيمياء. *مجلة كلية التربية*،٢ (١٢٣)، ٦٦٩ -٧٠٤.

حجاج، آية أحمد عبد الفتاح، البعلي، إبراهيم عبدالعزيز محمد، عبدالوهاب، فاطمة محمد، و صابر، محمد عبدالرءوف. (٢٠٢٠ -ب). تقويم برنامج إعداد معلمي الكيمياء بكليات التربية في ضوء مبادئ الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها. *مجلة كلية التربية*، ٣١(١٢٣)، ٦٦٩ -٧٠٤. مسترجع من: http://search.mandumah.com/Record/1167757

الحربي، إيمان بنت علي بن زيد، والدغيم، خالد بن إبراهيم بن صالح. (٢٠٢٠). *فاعلية وحدة في الكيمياء الخضراء في تنمية الوعي بتطبيقاتها الحياتية ومهارات اتخاذ القرار لدى طالبات المرحلة الثانوية* [رسالة ماجستير غير منشورة]. جامعة القصيم. مسترجع من: http://search.mandumah.com/Record/1112637

حكمي، فيصل بن عبد الله بن جابر. (٢٠٢٣). دور المعلم بالمرحلة الابتدائية في تحقيق أهداف مبادرة السعودية الخضراء. *مجلة شباب الباحثين في العلوم التربوية*، (١٦)، ٦٤٥ -٦٧٩. مسترجع من: http://search.mandumah.com/Record/1396457

داود، ضمياء. (٢٠١٩). مفاهيم الكيمياء الخضراء لدى طلبة كلية التربية. *مجلة إشراقات تنموية*، مؤسسة العراقة للثقافة والتنمية، (١٨)، ٣٢٠ -٣٤٧.

رؤية المملكة ٢٠٣٠. *مبادرة السعودية الخضراء*. مسترجع من: http://www.vision2030.gov.sa/ar/projects/saudi-green-initiative /

رؤية المملكة ٢٠٣٠. *نيوم*. مسترجع من: http://www.vision2030.gov.sa/ar/projects/neom /

الزمامي، ريم مرداس. (٢٠٢٢). درجة ملاءمة بيئات التعلم في رياض الأطفال لتطبيق مبادرة السعودية الخضراء من وجهة نظر المعلمات. *دراسات عربية في التربية وعلم النفس*، (١٤٤)، ٣٠١ -٣٢٨. مسترجع من: http://search.mandumah.com/Record/1319684

سبق. (٢٠٢٣). *"نيوم" تحقق تقدمًا نوعيًا يسرّع مسيرة التحول العالمي نحو الهيدروجين الأخضر*. مسترجع من: https://sabq.org/business/0tuilhghrj

سبق. (٢٠٢١). ٣ *محاور تستهدفها مبادرتا "السعودية الخضراء" و"الشرق الأوسط الأخضر".. تعرف عليها*. مسترجع من: https://sabq.org/saudia/dxmr2y

شاكر، عماد. (٢٠٠٩). *الكيمياء الخضراء*. الدار العربية للنشر والتوزيع.

الشافعي، صبحية وعثمان، أماني والجمل، منى. (٢٠١٧). *المنهج مدرسي مفهومه أسسه عناصره تنظيماته تطويره*. ط٣، مكتبة المتنبي.

الشحري، إيمان علي محمود. (٢٠١٩). وحدة مقترحة في "Bioplastics" في ضوء مبادئ الكيمياء الخضراء لتنمية مهارات المدافعة البيئية والاتجاه نحو الصحة الوقائية لدى طلاب المرحلة الثانوية. *مجلة كلية التربية*، ١٩ (٤)، ٢٢٣ -٢٨٠.

الشرق الأوسط. (٢٠١٧). *تعرف على «مشروع نيوم»*. مسترجع من: https://aawsat.com/home/article/1062276/تعرف -على -«مشروع -نيوم»

الشناوي، نانيس محمد ونصر، ريحاب أحمد عبد العزيز والباز، مروة محمد. (٢٠٢٠). فاعلية برنامج مقترح في الكيمياء الخضراء في تنمية القيم البيئية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء. *مجلة كلية التربية*، (٣٠)، ٢١١ -٢٦١.

صالح، مي. (٢٠١٦). *منهج مقترح في الكيمياء للمرحلة الثانوية في ضوء مفهوم الكيمياء الخضراء وأثره على تنمية الوعي واتخاذ القرارات البيئية* [رسالة دكتوراه غير منشورة]. كلية التربية، جامعة الزقازيق.

صحيفة الوطن. (٢٠١٧، ١٤). *مؤتمر الكيمياء الخضراء والمستدامة*. http://alwatan.com/details/22689

طعيمة، رشدي. (٢٠٠٤). *تحليل المحتوى في العلوم الإنسانية*. دار الفكر العربي.

عبد الرحمن، أسامة وحسن، ميسرة. (٢٠١٥). *الكيمياء الآمنة*. دار زهور المعرفة والبركة.

عبد الغني، نور الدين. (٢٠٠٢). الكيمياء الخضراء. *مجلة عالم الكيمياء*، (٢٤)، ٥٧ -٦٠.

عبد المعز، محمد سمير. (٢٠٠٧). *الكيمياء الخضراء*. دار الكتب.

عبيدات، ذوقان وعدس، عبد الرحمن وعبد الحق، كايد. (٢٠٠٤). *البحث العلمي مفهومه وأدواته وأساليبه*، دار الفكر.

عطية، محسن علي. (٢٠٠٩). *البحث العلمي في التربية مناهجه، أدواته، وسائله الإحصائية*. دار المناهج.

عنانزة، خالد. (٢٠٠٧). الكيمياء الخضراء: في خدمة الاقتصاد والبيئة. *المجلة الثقافية*، (٦٨، ٦٩)، ٣٧٦ - ٣٧٨. مسترجع من: http://search.mandumah.com/Record/132880

عياد، منى. (٢٠٠٥). *التقنية الخضراء من أجل بيئة عربية آمنة وصحية*. المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم.

كاظم، أحمد خضير. (٢٠١٢). *نظرة نحو اقتصاد الكيمياء الخضراء*. مؤسسة النور للثقافة والإعلام.

مبادرة السعودية الخضراء. (٢٠٢٢). *مبادرتي السعودية الخضراء والشرق الأوسط الأخضر*. مسترجع من:
https://www.greeninitiatives.gov.sa/ar-sa/news-and-announcements/

محمد، سحر. (٢٠١٨). *برنامج تنمية مهنية لمعلمي الكيمياء بالمرحلة الثانوية قائم على الكيمياء الخضراء وأثره على تنمية مهارات حل المشكلات واستيعاب مفاهيم البيئة* [رسالة دكتوراه غير منشورة]. معهد الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس.

محمد، كريمة عبدالله محمود. (٢٠٢٠). 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*، ٤٤(٤)، ٢٠٩ -٣١٤.

النجدي، محمد. (٢٠٠٥). *الكيمياء الخضراء الضرورة والأسس*. قسم كيمياء، كلية العلوم، جامعة القاهرة.

نعمة، ماجد. (٢٠٠٥). الكيمياء الخضراء لإصلاح ما أفسدته الكيمياء السوداء. *مجلة القافلة*، ٥٤(٤)، ٣٦ -٣٩.

وزارة البيئة بالقاهرة. (٢٠١٧ - أكتوبر). *المؤتمر التاسع عشر بعنوان "الكيمياء الخضراء والتنمية الصناعية المستدامة"*. ٢٤أكتوبر ٢٠١٩. مسترجع من:
https://www.eeaa.gov.eg/Events/397/Details

ثانيًا- المراجع الأجنبية:

Ameta, K., Dandia, A. (2014). *Green Chemistry: Synthesis of Bioactive Heterocycles*. Springer New Delhi Heidelberg New York Dordrecht London. ISBN10 8132229010.

Anastas, T. & Warner C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice. Oxford University Press, New York, USA.Centi*, P. (2003). Catalysis and sustainable (green) chemistry.

Auliah, A., Mulyadi. M. (2018). Indonesian Teachers' Perceptions on Green Chemistry Principles: a Case Study of a Chemical Analyst Vocational School. IOP Conf. Series. *Journal of Physics*, 1-7, doi .10.1088/1742-6596/1028/1/012042.

Baker, M. & Robinson, J. (2016):"The Effects of Kolb's Experiential Learning Model on Successful Intelligence in Secondary Agriculture Students". *Journal of Agricultural Education*, *57*(3), 129-144.

Belford, R. & Bastin, L. (2013). Confchem Conference on Education the Next Generation: Green and Sustainable Chemistry- An Online Conference. *Journal Chemical Education, 90*(4), 508- 509, Doi: 10.1021/ed200759r.

Bennett, D. (2008). A Comparison of Green Chemistry to the Environmental Ethics of the Abrahamic Religions. *Perspectives on Science & Christian Faith .Journal of American Scientific Affiliation*. *60*(1), 16-25 Powered by TCPDF (www.tcpdf.org)

Betts, A. (2015). "How Industrial Applications in Green Chemistry Are Changing Our World". *American Chemical Society*, 1-28.

Boodhoo. K, Harvey A. (2013). *Process Intensification for Green Chemistry*. John Wiley & Sons Ltd. U K.

Borreda, L. & Peña, A. (2016). "Green Chemistry and Sustainability in Science Education in Secundary Schools". University of Valencia.Spain. *Enseñanza De Las Ciencias, 34*(2), 25-42.

Crabtree. H. (2009). *Growing the Green Economy Through Green Chemistry and Design for the Environment*. University of Massachusetts Lowell, Washington, USA.

Erdawati, D., Rachmat. F. & Abdul Karim. (2021). The effectiveness of green chemistry practicum training based on experimental inquiry to improve teachers' science process skills. *Ilkogretim Online - Elementary Education Online, 20*(4), 540-549.

Fellet, M. (2013). *Green Chemistry and Engineering: Towards a Sustainable Future. American Chemical Society*, Washington Dc. 1-28.

Hammarberg, D. (2013)." Groan kami Ochs hållbar utveckling Laborations design for gymnasium Ochs högskola". Kungliga Tenaska Högskolan. Stockholm's Universitet. Sweden.

Harika, S. (2013). *Development of a Green Chemistry Experiment for Undergraduate Curriculum, M.S.* Western Illinois University, USA.

International Conference on Green Chemistry and Sustainable Engineering. (2016- July). Rome, Italy, 20–22 July, 2016. Retrived from: https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/gps-2016-0067/html

Karpudewan, M., Wolff R. & Ismail, Z. (2013). The Effects of "Green Chemistry" on Secondary School Students' Understanding and Motivation, *The Asia-Pacific Education Researcher*. (24), 35–43.

Manahan, E. (2006). *Green Chemistry and the Ten Commandments of Sustainability*. 2nd ed. Columbia, Missouri U. S.A Chem Char Research, Inc. Publishers.

Poliakoff, M.; Fitzpatrick, J.; Farren, T. & Anastas, P. (2002). *"Green Chemistry: Science and politics of Change" science*, (297), 807-810.

Redhana, I & Merta, D. (2017). *Green Chemistry practicum to improve student learning outcomes of reaction rate topic*. 382-403.

Saleh, H. & Koller. M. (2018). *Green Chemistry*. eBook (PDF) ISBN: 978-953-51-4025-2. https://www.intechopen.com/books/green- chemistry.

Soni, G. (2015). "Advantages of Green Technology". *International Journal Of Research- Granth-aalayah*, *3*(9), Sep, 1-5.

Valavanidis. A .(2016): *"Green Chemistry and New Technological Developments New Avenues for the Green Economy and Sustainable Future of Science and Technology"*. www.chem.uoa.gr,pp.1-33.

Wardencki, W.; Curylo, J.& Namieoenik, J. (2005). "Green Chemistry - Current and Future Issues". *Polish Journal of Environmental Studies*, *14*(4), 389 - 395.

Zuin, V. & Marques, C. (2015). "Green Chemistry Education in Brazil: Contemporary Tendencies and Reflections at Secondary School Level". the Federal University of Santa Catarina. Brazil. *Egypt National Access*, 27 - 44, http://pubs.rsc.org