فاعلية مقرر مقترح للكيمياء الخضراء قائم على مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة (ESD) فى تنمية الثقافة الكيميائية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء

إعداد:د/ رباب أحمد محمد أبو الوفا*

ملخـص:

هدف هذا البحث إلى دراسة فاعلية مقرر مقترح للكيمياء الخضراء قائم على مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة فى تنمية الثقافة الكيميائية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء. وقد تكونت العينة من (141) طالباً وطالبة بالفرقة الثالثة شعبة الكيمياء بكلية التربية جامعة دمنهور للعام الدراسى 2016/2017، وزعت العينة عشوائياً على مجموعتين: تجريبية وعددها (70) طالباً وطالبة، وضابطة وعددها (71) طالباً وطالبة. وطبقت أدوات جمع البيانات، والمتمثلة فى: اختبارات الثقافة الكيميائية بمستوياتها (الوظيفية ـ المفاهيمية ـ متعددة الأبعاد) ـــــ قبلياً على المجموعتين، ثم تم تدريس المقرر المقترح فى الكيمياء الخضراء للمجموعة التجريبية على مدار الفصل الدراسى الأول، وفى نهاية دراسة المقرر تم تطبيق أدوات جمع البيانات بعدياً على المجموعتين، وقد أسفرت النتائج عن وجود فرق دال إحصائياً عند مستوى (0.01) بين متوسطى درجات طلاب المجموعتين فى الثقافة الكيميائية لصالح طلاب المجموعة التجريبية.

الكلمات المفتاحية: التربية من أجل التنمية المستدامة، الثقافة الكيميائية، تعليم الكيمياء للتنمية المستدامة، الكيمياء الخضراء، إعداد معلم الكيمياء.

مقدمـــة:

يُعد مصطلح التنمية المستدمة Sustainable Development (SD) من أكثر المصطلحات شيوعاً واستخداماً فى العالم الأن، وخاصة على المستوى السياسى. وتُعرف التنمية المستدامة على أنها: التنمية التى تواجه احتياجات الحاضر دون المساس بحق الأجيال المستقبلية فى تحقيق احتياجاتهم. وترتبط التنمية المستدامة بثلاثة جوانب، وهى: الاستدامة الاجتماعية، والبيئية، والاقتصادية.

ويتطلب تحقيق التنمية المستدامة تضافر جهود كل الجهات المعنية؛ ولذلك فقد خصصت الأمم المتحدة عقدًا للتربية من أجل التنمية المستدامة Education for Sustainability Development (ESD) فى الفترة من عام ٢٠٠٥ وحتى عام ٢٠١٤؛ إيماناً منها بأهمية التربية والتعليم فى تحقيق أهداف التنمية المستدامة فى كافة المجالات ولكل الشعوب عن طريق إعداد مواطنين يمتلكون فهماً واضحاً للعلم،

* مدرس المناهج وطرق تدريس العلوم كلية التربية ــ جامعة دمنهور.

وقادرون على التفاعل البناء مع الجدل الدائر فى مجتمعاتهم حول قضايا التنمية المستدامة ذات الصلة بالعلم أى مواطنين مثقفين علمياً، ومن ثم فقد اهتمت التربية العلمية خلال تلك الفترة وحتى الآن بتعليم العلوم من أجل إعداد الفرد لتحسين التنمية المستدامة فى العالم.

ويسهم تعليم الكيمياء ــ بوصفها أحد المجالات الأساسية فى التربية العلمية ــ فى تحقيق هذه الرؤية؛ فنحن نعيش فى عالم تزداد فيه على نحو متسارع وغير مسبوق تأثيرات علم الكيمياء وتطبيقاته فى كافة مجالات حياتنا اليومية سواء أكانت هذه التأثيرات إيجابية أم سلبية، مثل: صناعة الدواء، والأسمدة، والحديد والصلب، والصناعات الغذائية، والبتروكيماويات، والزراعة،...الخ. ولكى نستطيع التعاطى مع تلك التأثيرات واتخاذ قرارات صائبة حيالها، والعيش بفاعلية فى عالم ملىء بالعمليات الكيميائية ومنتجاتها لتحقيق الاستفادة القصوى منها وتقليل أضرارها فى الوقت نفسه؛ فإن الأمر يتطلب أن يتوافر لدينا قدرٌ من الثقافة الكيميائية المستدامة chemical sustainable literacy التى تُمكننا من فهم أساسيات المعرفة الكيميائية، ومتابعة مستحدثاتها، وممارسة عمليات التفكير العلمى، ثم توظيف ذلك كله فى اتخاذ القرارات الشخصية والمجتمعية ذات الصلة بعلم الكيمياء.

وتُعد الكيمياء الخضراء green chemistry أحد الفروع المستحدثة فى علم الكيمياء التى تعبر عن منظور جديد لعلم الكيمياء، والتى قد يُسهم تعلمها فى تحقيق الثقافة الكيميائية لدى المتعلمين فى كافة المراحل الدراسية، وبصفة خاصة الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء، فهم من جانب مواطنون يجب أن يمتلكوا الثقافة الكيميائية، ومن جانب أخر هم المنوط بهم تكوين الثقافة الكيميائية لدى طلابهم.

وتُعنى الكيمياء الخضراء بتصميم العمليات الكيميائية ومنتجاتها بطريقة مستدامة، آمنة، وغير ملوثة، فالكيمياء الخضراء هى الكيمياء المستدامة sustainable chemistry.

الإطار النظرى والأدبيات السابقة:

أولا: تعليم الكيمياء فى ضوء مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة.

فى عام ٢٠٠٥ أعلنت اليونسكو عن عقدٍ للتربية من أجل التنمية المستدامة (ESD)؛ وذلك انطلاقاً من أن التربية أحد أهم مفاتيح تحقيق التنمية المستدامة، وأن التنمية المستدامة تتحقق من خلال كل المجالات الأكاديمية؛ لأنها تتضمن ثلاثة جوانب رئيسة، وهى: الجانب الاقتصادى economic، والجانب الأيكولوجى ecological، والجانب الاجتماعى social (UNESCO, 2005 a).

وتختلف التربية حول التنمية المستدامة عن التربية من أجل التنمية المستدامة؛ فالأولى تتم من خلال إعطاء محاضرة أو مناقشة نظرية لتحقيق الوعى بجوانب التنمية المستدامة، أما الثانية فيُقصد بها استخدام التربية والتعليم بوصفهما وسيلة

لتحقيق الاستدامة، وإعداد المواطنين القادرين على تحمل أعباء التنمية المستدامة والتعامل مع قضاياها (McKeown,2006).

وتهدف التربية من أجل التنمية المستدامة إلى إعداد مواطنين قادرين على (Wheeler,2000):

- التفكير فى المستقبل والتأثير فيه.
- استخدام الموارد الطبيعية بشكل مناسب.
- تصميم اتصالات مستدامة مع الأخرين.
- استخدام الاقتصاد المستدام القائم على المعرفة.
- التعامل مع القضايا المحلية، والعالمية (العولمة).
- اتخاذ القرار القائم على المعرفة.

ونظراً لأهمية التربية من أجل التنمية المستدامة فقد أصبحت موجهاً للبحوث التربوية وهدفاً لها فى الوقت ذاته؛ حيث توجه صياغة المناهج والمقررات الدراسية، والإجراءات التدريسية داخل حجرات الدراسة فى كافة المراحل الدراسية، فضلاً عن تطوير إعداد المعلم فى كافة التخصصات بصورة عامة، ومعلم العلوم بصفة خاصة. (UNESCO, 2005a, 2005b, 2005c; Eilks, Rauch, Ralle& Hofstein, 2013; Garner, Hayes & Eilks, 2014; Juntunen, 2015)

وتتمثل المبادىء الرئيسة للتربية من أجل التنمية المستدامة فيما يلى: (Santone,2004; Sterling,2004; Sobel,2005; UNESCO,2005b; McKeown,2006; Burmeister &Eilks, 2012)

- التعلم حول البيئات الطبيعية والصناعية من خلال نظرة متكاملة لأبعادها الاجتماعية، والسياسية، والإيكولوجية، والاقتصادية، والتراثية، على المستويين المحلى والعالمى.
- التركيز على التعلم التشاركى أثناء تحسين مهارات المواطنة من خلال مدخل الأخلاقيات والقيم.
- التكامل بين الثقافة العلمية، والبيئية، والاجتماعية، والمشاعر والقيم الاجتماعية.
- التركيز على مهارات القرن الحادى والعشرين، مثل: التفكير الناقد، واتخاذ القرار، وحل المشكلات التعاونى، والاتصال مع الأخرين، وذلك لمواجهة التحديات المحلية والعالمية.
- توجيه التعلم نحو تنمية التفكير، باستخدام الطرق القائمة على الاستقصاء، والتجريب، والطرق المتمركزة حول المتعلم، والتكامل الداخلى بين فروع العلم.
- التركيز على مهارات التعلم مدى الحياة lifelong learning بوصفها مهارات تكامل بين التعليم الرسمى وغير الرسمى، فضلاً عن كونها ضرورية لتحقيق التنمية المستدامة.

وفضلاً عن هذه المبادىء فإنه ثمة عدد من المعايير ينبغى مراعاتها عند بناء المناهج فى ضوء التربية من أجل التنمية المستدامة، وهى أن:
(Sterling, 2004; Sobel, 2005; Heinrich &etal., 2007; Eilks, 2015)

- تهدف إلى إعداد المواطن القادر على العيش والعمل فى مجتمع صحى، عادل، مستدام.
- تهدف إلى تكوين الفرد المثقف علمياً وبيئياً واجتماعياً.
- تعكس موضوعاتها مبادىء التنمية المستدامة، وترتبط بأبعادها الأيكولوجية، والاقتصادية، والاجتماعية.
- تعتمد على المناقشة واتخاذ القرار فى إطار من الديمقراطية القائمة على التشاركية.
- تراعى حقوق الإنسان والقضايا المحلية دون إهمال التطور العالمى.
- تتعامل مع قضايا محددة، والقرارات النهائية المتخذة بشأنها يجب أن تأخذ فى اعتبارها وجهات النظر المتعددة.

تعليم الكيمياء للتنمية المستدامة chemical education for SD:

حيث إن الهدف الأول للتربية العلمية هو إعداد مواطنين يمتلكون مهارات التعلم مدى الحياة، واتخاذ القرار، والاشتراك فى الجدل المجتمعى حول القضايا العلمية، أى إعداد مواطنين مثقفين علمياً، وهو ما يتفق مع أهداف التربية من أجل التنمية المستدامة ـ السابق الإشارة إليها ـ فقد أوضح تقرير اليونسكو(2006) UNESCO أن التربية العلمية من أجل التنمية المستدامة ـ بوصفها جزءً من التربية بصفة عامة ـ يجب أن:

- **تكون متكاملة داخليًا وكليًا interdisciplinary & holistic:** فالتربية من أجل التنمية المستدامة يجب أن تكون متغلغلة فى مناهج العلوم والتكنولوجيا وليست مجرد موضوع منفصل من موضوعات مناهج العلوم.
- **تكون موجهة بقيمة value-driven:** يجب أن تكون القيم الأخلاقية ومبادىء التنمية المستدامة مقبولة بوصفها مبدأً موجهاً لتعليم العلوم والتكنولوجيا.
- **تحسن التفكير الناقد وحل المشكلات promote critical thinking & problem solving:** وذلك لأن إدراج القضايا والتحديات المرتبطة بالتنمية المستدامة فى المناهج الدراسية وفهمها يتطلب مهارات تفكير ناقد وحل مشكلات.
- **تعتمد على طرق متعددة الأبعاد based on multi-dimensional methods:** إذ يجب أن تستخدم التربية العلمية مداخلاً وطرقًا تدريسية متنوعة تتناسب مع الخصاص متعددة الأبعاد للتربية من أجل التنمية المستدامة.

- **تتضمن المشاركة فى اتخاذ القرار involve participatory decision-making:** يجب أن يُعطى المتعلمون الفرصة للمشاركة فى اتخاذ القرارات وتعلم كيف تُصنع.
- **تركز على القابلية للتطبيق focus on applicability:** يجب أن يكون التعلم متكاملاً مع سياقات الحياة اليومية والسياق المهنى.
- **تكون محلية وعالمية achieve local relevance:** تُدرج فيها القضايا العالمية والمحلية مستخدمة اللغة الشائعة لدى المتعلمين.

وتُمثل الكيمياء أحد أهم المقررات الدراسية التى يسهم تعليمها فى تحقيق أهداف التربية العلمية بصفة عامة، وأهداف تعليم الكيمياء بصفة خاصة، ومن بينها إعداد الشخص المثقف كيميائياً، ومن ثم تحقيق أهداف التربية من أجل التنمية المستدامة؛ خاصة وأن تعليم الكيمياء يركز على عدة جوانب، وهى: الشخصى، والمجتمعى، والمهنى، والعلمى، والتكنولوجى والتى ترتبط بجوانب التنمية المستدامة الثلاثة السابق الإشارة إليها. (Holbrook, 2005; Jong, 2006; Shwartz, Ben-Zvi & Hofstein, 2006b; Stolz, Marks, Witteck & Eilks, 2013)

ولكى تتمكن التربية العلمية عامة، وتعليم الكيمياء تحديداً من تحقيق ذلك فقد اقترح كل من "برمستر وروش وإلكس" Burmeister, Rauch & Eilks (2012) أربعة نماذج لتحقيق الربط والتكامل بين التربية العلمية من خلال تعليم الكيمياء، والتربية من أجل التنمية المستدامة، وهى:

النموذج الأول: تبنى مبادىء من الممارسات المستدامة فى العلم والتكنولوجيا فى العمل المعملى عند تدريس العلوم.

Model 1: Adopting principles from sustainable practices in science and technology for hands-on science education laboratory wok.

يُطبق هذا النموذج مبادىء التنمية المستدامة فى العلم والتكنولوجيا فى العمل المعملى فى فصول العلوم، متأثراً فى ذلك بفلسفة الكيمياء الخضراء والكيمياء الهندسية. ويمكن تحقيق أهداف التربية من أجل التنمية المستدامة عند تعليم الكيمياء وفق هذا النموذج من خلال إتاحة الفرصة للطلاب لفهم كيف تهدف البرامج البحثية والصناعية إلى تقليل استخدام الموارد وتعظيم النواتج وحماية البيئة وتقليل التكلفة من خلال مبادىء الكيمياء الخضراء.

النموذج الثانى: إضافة العلم المستدام بوصفه محتوى فى مناهج العلوم والتكنولوجيا. Model 2: Adding sustainable science as content in the science and technology curriculum.

وفقاً لهذا النموذج يُعد ربط العلم والتكنولوجيا بالتنمية المستدامة، وإظهار تطبيقاتهما فى الحياة اليومية معياراً لاختيار المحتوى الذى يُضمن فى مناهج العلوم مما يجعل المحتوى ذو معنى بالنسبة للطلاب؛ حيث يتم تضمين مناهج العلوم

موضوعات تدور حول المبادىء التكنولوجية للعلم المستدام، وتطبيقاته الصناعية، مثل: تطوير العمليات الصناعية فى مجال الطاقة والمواد الخام، وإنتاج الموارد المتجددة، وتطبيقات المنتجات الجديدة فى الحياة، وغيرها.

النموذج الثالث: استخدام الأسئلة الجدلية المستدامة حول القضايا العلمية المجتمعية يوجه التربية العلمية. Model 3: Using controversial sustainability questions for the socio-scientific issues driven science education.

يستخدم هذا النموذج مدخل النقد القائم على السياق من خلال التكامل بين القضايا العلمية المجتمعية المضمنة فى المناهج، مع إضافة الجدل المجتمعى الدائر حولها إلى عمليات التعلم. ولا يكون التركيز هنا على تعلم العلم بوصفه موضوع أو على قضايا الاستدامة فى حد ذاتها، ولكن يتم التركيز على تحقيق أهداف التربية من أجل التنمية المستدامة عن طريق تطوير المهارات العامة للفرد بوصفه مواطن مسئول فى المجتمع.

أى أنه يركز على كل من: المعرفة العلمية، والجدل المجتمعى بشأنها، وتطبيقاتها العملية والتكنولوجية، وذلك من خلال تبنى فكرة التربية من خلال العلوم education through science بدلاً من العلوم خلال التربية education science through.

النموذج الرابع: التربية العلمية بوصفها جزءً من التربية من أجل التنمية المستدامة توجه تطوير المدارس. Model 2: Science education as a part of ESD driven school development.

يُكامل هذا النموذج بين تعليم العلوم والتكنولوجيا والتربية من أجل التنمية المستدامة ليوجه تطوير المعاهد والمدارس؛ حيث إنه يتطلب بيئة دراسة مفتوحة لتصبح الحياة فى المدرسة جزءً من التنمية المستدامة SD. فالأمر لا يقف عند حد وصف المعرفة والنظريات العلمية وعلاقتها بقضايا التنمية المستدامة، ولكن يدمج دروس العلوم والتكنولوجيا والحياة المدرسية فى نمط أداء واحد قائم على العيش والتعلم.

وهذه النماذج الأربعة ليست منفصلة عن بعضها البعض، ولكن يمكن توظيفها معاً أثناء الممارسة العملية للتدريس للتركيز على قضايا الاستدامة المرتبطة بتعليم العلوم بصفة عامة، وتعليم الكيمياء بصفة خاصة، ويعتمد ذلك على المرحلة الدراسية، حتى يمكن إظهار ليس فقط المبادىء الرئيسة لتعليم الكيمياء، ولكن أيضاً كيف تُحسن هذه المبادىء من جودة الحياة واستدامة البيئة.

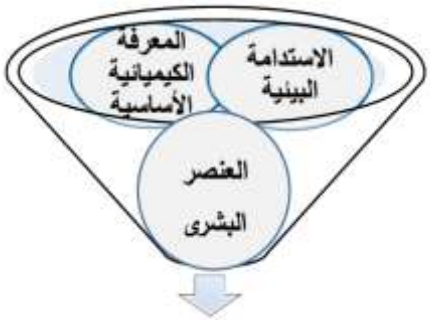
ويتضمن تعليم الكيمياء من أجل التنمية المستدامة أبعادًا إنسانية، وأخرى متعلقة بالأنظمة البيئية، ويوضح جدول (١) هذه الأبعاد (Salonen,2010):

جدول (١) الأبعاد الإنسانية والبيئية المضمنة فى تعليم الكيمياء من أجل التنمية المستدامة.

البعد	المجال	العناصر
الأنظمة البيئية Ecosystems	التربة soil	كيمياء التربة: صحة التربة، الأنواع المختلفة من التربة الزراعية، جودة التربة الزراعية، تلوث التربة، وتنوع الأنظمة الحيوية.
	الماء water	كيمياء الماء: جودة الماء، كمية الماء فى الطبيعة، تغير الماء وتلوثه.
	الهواء air	كيمياء الهواء: تركيب الهواء، جودة الهواء داخل المبانى وخارجها، قياس الهواء، الغلاف الجوى وتغيراته عالمياً.
	الأنواع والجينوم species & genomes	كيمياء الجينات: تركيب الجينات، تنوع الجينات.
	استخدام المصادر using resources	كيمياء الموارد: إنتاج، معالجة، إعادة تدوير الفاقد، الطاقة والخامات، الاستخدام المستدام للموارد.
البعد الإنسانى Humans	الصحة والسكان population & health	كيمياء السكان: الصحة العضوية والنفسية للإنسان، النمو السكانى، الاحتياجات الأساسية (غذاء، ماء،...الخ)، الاقتصاد، الوقت، البقاء.
	الثقافة ومحو الأمية culture & literacy	التربية، البحوث، الثقافة، المعتقدات، المشاعر، الأفكار.
	المجتمع community	الحقوق، الواجبات، الحرية، الحكومة، القانون.
	المساواة equality	التوزيع العادل للفوائد والأعباء بين الأفراد والمجتمعات.

وتتفق هذه النظرة لتعليم الكيمياء من أجل التنمية المستدامة مع خارطة طريق التطور المستقبلى لعلم الكيمياء، والتى وضعتها الأمم المتحدة خلال ملتقى العام الدولى للكيمياء سنة ٢٠١١؛ حيث حددت خلاله عدداً من الأزمات العالمية التى تسهم الكيمياء بنصيب كبير فى إيجاد حلول جذرية لها، مثل: جودة المياه، والأمن الغذائى، وأمن الطاقة، والتحكم فى الأمراض، والاستدامة البيئية، وغيرها.

ويتطلب تحقيق ذلك كله رؤية جديدة لتعليم الكيمياء خلال القرن الحادى والعشرين، ولذا فقد اقترح "هيل وكمار" Hill& Kumar (2013) نموذجاً جديداً لتعليم الكيمياء فى ضوء مبادىء التربية من أجل التنمية المستدمة، ويوضح الشكل (١) هذا النموذج:



شكل (١) نموذج جديد لتعليم الكيمياء للاستدامة.

يتضح من شكل (١) أن تعليم الكيمياء وفق هذا النموذج يتضمن التركيز على ثلاثة جوانب رئيسة، وهى: تعلم المفاهيم والفكر الرئيسة لعلم الكيمياء، وإبراز عناصر الاستدامة البيئية وكيف تحقق الكيمياء التنمية المستدامة، فضلاً عن تأثير العنصر البشرى، وهو ما يتفق مع أبعاد التنمية المستدامة وإعداد الفرد المثقف كيميائياً القادر على فهم هذه المفاهيم واستخدامها فى تحقيق الاستدامة البيئية، وتتفق هذه الجوانب الثلاثة أيضاً مع المبادى الرئيسة للكيمياء الخضراء.

الكيمياء الخضراء (الكيمياء المستدامة).

جاءت الكيمياء الخضراء ـ بوصفها فرع من الكيمياء البيئية ـ استجابةً لحركة منع التلوث فى عام ١٩٩٠، والتى أوضحت أن سياسة الأمم المتحدة يجب أن تتجه إلى إزالة التلوث عن طريق تحسين تصميم العمليات والتفاعلات الكيميائية بدلاً من معالجة المخلفات الناتجة فى نهايتها. ومن ثم بدأت وكالة الأمم المتحدة لحماية البيئة EPA فى التحرك نحو توظيف الكيمياء الخضراء من أجل منع التلوث وحماية البيئة.

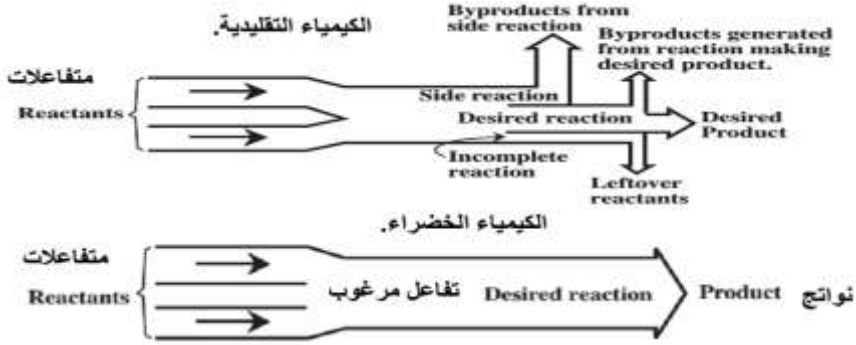
وتُعرف الكيمياء الخضراء بأنها: ذلك الفرع من الكيمياء الذى يُعنى بتصميم عمليات ومنتجات كيميائية أكثر رفقًا بالبيئة، وتشمل بذلك وجوه الطرق الكيميائية وأشكالها التى تقلل من الأثر السلبى على صحة الإنسان وبيئته بالإقلال أو الإقلاع عن استخدام المواد ذات الخطورة أو إنتاجها(Lancaster,2002; Manahan, 2006).

وتُوصف الكيمياء الخضراء بأنها الكيمياء المستدامة؛ وذلك لأنها ترتبط بثلاثة جوانب، وهى (Manahan, 2006):

- **الاقتصاد economic:** الكيمياء الخضراء ذات تكلفة اقتصادية أقل بالمقارنة بالكيمياء العادية.
- **الخامات materials:** تهدف الكيمياء الخضراء إلى استخدام أمثل للخامات وتعظيم إعادة التدوير، وتقليل المخلفات.

- **الفقد waste:** عن طريق التقليل قدر الإمكان أو ربما المنع الكلى للنواتج الثانوية byproducts غير المرغوب فيها.

ويوضح الشكل (٢) الفرق بين الكيمياء التقليدية والكيمياء الخضراء من حيث: العمليات والنواتج (Manahan, 2006):



شكل (٢) الفرق بين الكيمياء الخضراء والكيمياء التقليدية.

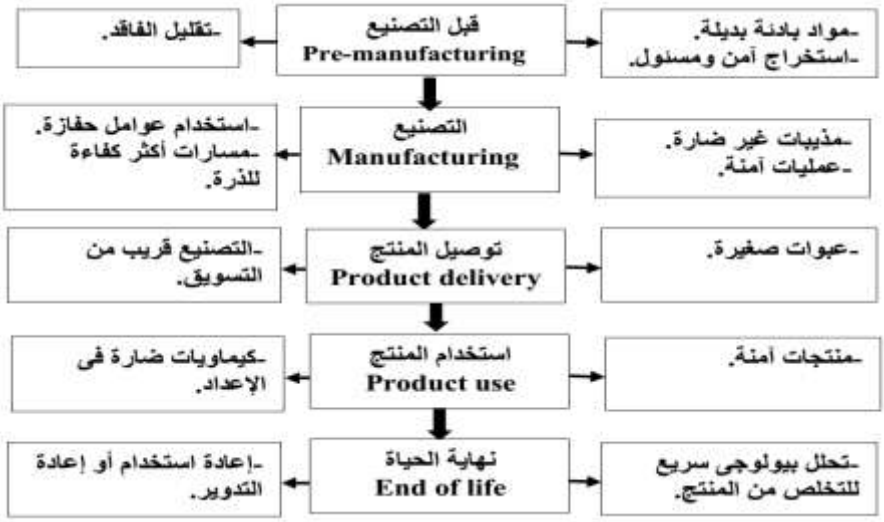
كما يوضح شكل (٣) الشروط الواجب توافرها فى دراسات وأبحاث الكيمياء الخضراء (Horvath & Anastas, 2007):

شكل (٣) الشروط الواجب توافرها فى أبحاث الكيمياء الخضراء.

وترتكز الكيمياء الخضراء على عدة آليات، وهى (Manahan, 2006; Anastas & Beach,2009):

١. مواد بادئة وكواشف ومذيبات بديلة.
٢. عوامل حفازة بديلة.
٣. تغيير هدف المنتج.
٤. طرق تحليل كيميائى متطورة.

ويوضح الشكل (٤) دور الكيمياء الخضراء فى دورة حياة المنتج الكيميائى، بدءً من مرحلة ما قبل التصنيع، ووصولاً إلى مرحلة نهاية الحياة (Clark,2005):



شكل (٤) دور الكيمياء الخضراء فى دورة حياة المنتج الكيميائى.

يتضح من الأشكال (٢، ٣ ،٤) أن الكيمياء الخضراء تهدف إلى إنتاج مواد كيميائية آمنة وغير ملوثة من خلال تفاعلات كيميائية تستثمر كل المتفاعلات دون وجود فاقد أو خروج مركبات ثانوية غير مرغوب فيها، وذلك كله فى إطار من خفض تكلفة الإنتاج، وتقليل الوقت والجهد، وتعظيم الفائدة، وذلك تطبيقاً لمبادىء التنمية المستدامة.

المبادىء الرئيسة للكيمياء الخضراء:

تقوم الكيمياء الخضراء على اثنتا عشر مبدأً، وهى (Manahan, 2006; Anastas & Beach,2009):

١. **منع التلوث pollution prevention:** منع تكون المخلفات أفضل من معالجتها أو التخلص منها بعد تكوينها.
٢. **اقتصاد الذرة atom economy:** يجب أن تصمم طرق التحضير بحيث تندمج معظم المتفاعلات لتكون المنتج النهائى.
٣. **تقليل خطورة عملية التخليق الكيميائى less hazardous chemical synthesis:** أن تصمم طرق التصنيع بحيث تكون المتفاعلات والنواتج غير خطرة أو قليلة الخطورة على صحة الإنسان وسلامة البيئة.
٤. **تصميم منتجات كيميائية أمنة designing safer chemicals:** يجب أن يتميز المنتج الكيميائى بأعلى درجة من الكفاءة الوظيفية وأقل قدر من السمية.

٥. **مذيبات ومعجلات أمنة safer solvents and auxiliaries:** يفضل إجراء التفاعلات بدون استخدام مواد إضافية مثل المذيبات أو مواد الفصل وإذا لزم الأمر يجب أن تكون هذه المواد غير خطيرة.
٦. **التصميم لتقليل الطاقة design for energy efficiency:** يفضل تصميم التفاعلات الكيميائية بحيث تجرى فى درجة الحرارة المعتادة، أو استخدام الطاقة فى أضيق الحدود نظراً لتكلفتها وتأثيرها البيئى.
٧. **استخدام خامات متجددة use of renewable feedstocks:** يجب أن تكون الخامات التى تحتوى على المواد البادئة، مواد متجددة بدلاً من استنزاف الخامات غير المتجددة.
٨. **تقليل الاشتقاق reduce derivatives:** يجب ما أمكن تجنب العمليات الكيميائية والفيزيائية غير الضرورية، مثل اشتقاق مجموعات بعينها أو إجراء تعديلات مؤقتة فى الجزيئات.
٩. **العوامل الحفازة catalysis:** يفضل استخدام عوامل حفز متخصصة عن الاكتفاء باستخدام النسب المتكافئة من المتفاعلات.
١٠. **التصميم للتحلل design for degradation:** يجب أن تصمم المنتجات بحيث لا تستقر فى البيئة بعد أداء وظيفتها، وأن تكون قابلة للتحلل إلى مواد أبسط غير ضارة.
١١. **تحليل الوقت الحقيقى لمنع التلوث real-time analysis for pollution prevention:** يجب تطوير طرق التحليل الكيميائى لتواكب التفاعل لحظياً، بحيث تسيطر على التفاعل الكيميائى قبل تكوين أى مواد خطرة.
١٢. **الكيمياء الآمنة لمنع الحوادث inherently safer chemistry for accident prevention:** يجب اختيار المواد الكيميائية الآمنة من حيث النوع والتركيب بحيث تقلل قدر الإمكان من احتمال حدوث الحوادث الكيميائية، مثل، انطلاق غازات ضارة أو الانفجارات.....الخ.

تعليم الكيمياء الخضراء من أجل التنمية المستدامة:

اهتم عددٌ من الدراسات السابقة بتدريس الكيمياء الخضراء فى المستويات الدراسية المختلفة، مثل: (Braun,etal.,2006; Van Eijck & Roth, 2007; Andraos & Dicks, 2012; Burmeister &Eilks, 2012; Eilks& Rauch, 2012؛ Mandler, etal., 2012; Bodlalo, Sabbaghan & Jome, 2013) وذلك من منطلق أن تعليم الكيمياء الخضراء يسهم فى:

- تحسين فهم الطلاب للمفاهيم الكيميائية.
- إبراز التأثير البيئى والمجتمعى للكيمياء.
- تطوير الثقافة الكيميائية لدى العامة.

- ربط الكيمياء بغيرها من العلوم الأخرى، وبالحياة اليومية.
- توجيه تعليم الكيمياء نحو الممارسات المستدامة المرتبطة بالبيئة والصحة.
- تطوير التكنولوجيات الضرورية لتحقيق الأهداف المرغوبة للعالم المستدام.
- جعل تعليم الكيمياء يرتكز على التنمية المستدامة.
- إعداد مواطنى المستقبل الذين سيعملون على أن يصبح المجتمع أكثر استدامة.

وفى ضوء ما اقترحه كل من "برمستر وروش والكس" Burmeister, Rauch &Eilks (2012) من نماذج لربط تعليم الكيمياء بالتنمية المستدامة، فقد تم تبنى ثلاثة مداخل لبناء مقررات الكيمياء الخضراء وربطها بتعليم الكيمياء من أجل التنمية المستدامة فى المرحلة الجامعية والثانوية، وهى (Goes, Leal, Corio & Fernandez, 2014):

- **المدخل التقليدى traditional approach**، ويتضمن هذا المدخل تبنى مبادىء الكيمياء الخضراء عند ممارسة العمل المعملى فى تعليم الكيمياء.
- **المدخل القائم على السياق context-based approach**، ويتضمن إضافة استراتيجيات التنمية المستدامة فى المحتوى عند تعليم الكيمياء.
- **المدخل القائم على المجتمع/العلم socio-scientifically based approach**، ويستخدم هذا المدخل قضايا الاستدامة ذات الصلة بالعلم والمجتمع بوصفها موجهًا لتعليم الكيمياء، على أن تكون هذه القضايا ذات طبيعة جدلية.

ويلخص جدول (٢) مقارنة بين المداخل الثلاثة عند اتخاذها أساساً لبناء مقررات الكيمياء الخضراء فى ضوء مبادىء التنمية المستدامة خلال المرحلة الجامعية والثانوية:

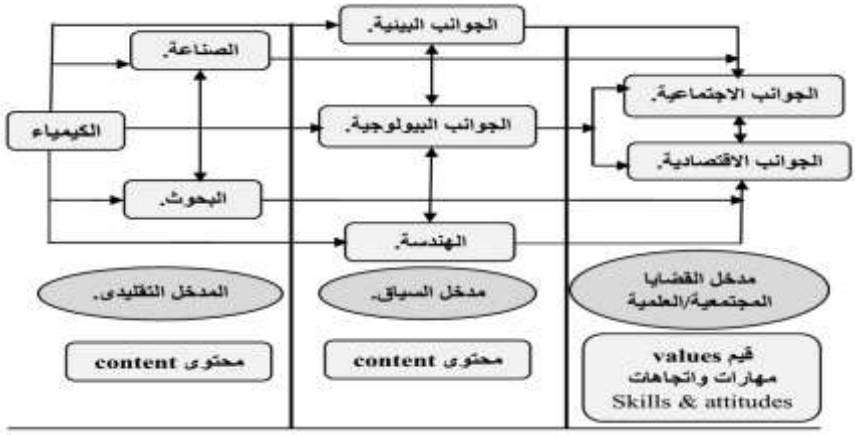
جدول (٢) مقارنة بين المداخل الثلاثة عند اتخاذها أساساً لبناء مناهج الكيمياء الخضراء.

وجه المقارنة	المدخل التقليدى	مدخل السياق	مدخل العلم/ المجتمع.
أهداف المنهج	-السماح للطلاب بدمج مفاهيم الكيمياء الخضراء فى التجارب العملية. -فهم كيف تعمل بحوث الكيمياء والكيمياء الصناعية على تقليل استخدام الموارد، وتعظيم التأثيرات، وحماية البيئة.	-تحسين فهم المفاهيم الكيميائية من خلال عرض تطبيقاتها التكنولوجية وعلاقتها بالقضايا البيئية.	-زيادة الفهم حول أثر العلم ودوره فى المجتمع. -توضيح دور الكيمياء فى قضايا الاستدامة. -التربية من أجل التنمية المستدامة. -تطوير المهارات والاتجاهات. -تنمية القدرة على اتخاذ القرار.
المفاهيم الرئيسة	أدوات الكيمياء الخضراء.	أدوات الكيمياء الخضراء.	التطبيقات العامة للكيمياء الخضراء.
المحتوى	-يتضمن المفاهيم الرئيسة للكيمياء والكيمياء الخضراء فى العمل المعملى. -التجارب المعملية الموجهة بمبادىء الكيمياء الخضراء.	-المفاهيم الرئيسة للكيمياء والكيمياء الخضراء وتطبيقاتها. - مبادىء واستراتيجيات التنمية المستدامة بوصفها محتوى.	-يركز على القيم والاتجاهات. -ارتباط الكيمياء بالمجتمع والاقتصاد والبيئة. -عرض القضايا الجدلية.
استراتيجيات التدريس المستخدمة	دمج مبادىء الكيمياء الخضراء فى الإجراءات التجريبية.	استراتيجيات تدريس تقوم على الاكتشاف ودراسة الحالة.	-مناقشة فى مجموعات حول التكنولوجيات الجديدة. -مدخل المناظرة الجدلية. -التدريس القائم على المشكلة.
العرض فى المنهج	المجال التجريبى (العمل المعملى).	مبادىء الكيمياء الخضراء بوصفها محتوى محدد فى المنهج (مجال مستقل).	مبادىء الكيمياء الخضراء مدمجة فى كل فروع الكيمياء الأخرى عبر مقرراتها.

تابع جدول (٢) مقارنة بين المداخل الثلاثة عند اتخاذها أساساً لبناء مناهج الكيمياء الخضراء.

وجه المقارنة	المدخل التقليدى	مدخل السياق	مدخل العلم/ المجتمع.
عيوبه	-عرض المفاهيم الرئيسة لعلم الكيمياء دون تطبيقاتها. -عدم تكامل المفاهيم من فروع الكيمياء المختلفة. -يرتبط بالتوجه التقليدى فى تعليم العلوم. -عدم إبراز التفاعلات المعقدة بين العلم والتكنولوجيا والمجتمع.	-صعوبات فى تعلم المفاهيم الرئيسة لعلم الكيمياء. -عدم تكامل المفاهيم من فروع الكيمياء المختلفة.	-عدم ربط الكيمياء بالأنظمة الإنتاجية والجوانب المجتمعية والاقتصادية. -عدم تكامل الكيمياء مع فروع العلم الأخرى، مثل: البيولوجى، والجيولوجيا، .....الخ.

وللاستفادة من مميزات كل مدخل من المداخل الثلاثة والتغلب على العيوب الموجودة فى كل منها، فإن هذا البحث يتبنى دمج المداخل الثلاثة معًا عند إعداد المقرر المقترح للكيمياء الخضراء فى ضوء مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة. ويوضح الشكل (٥) كيفية ذلك(Goes, Leal, Corio & Fernandez, 2014):



شكل (٥) دمج المداخل الثلاثة معاً وتوظيفها فى بناء مقررات الكيمياء الخضراء.

إذ يتضح من الشكل (٥) أنه عند بناء مقررات الكيمياء الخضراء فى ضوء مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة، يمكن عرض المفاهيم الرئيسة للكيمياء والكيمياء الخضراء ذات الصلة بالاستدامة، وعرض تطبيقاتها التكنولوجية والبيئية، وعلاقتها بحياتنا اليومية فى العالم المستدام، ثم عرض علاقتها بالقضايا المجتمعية

العلمية التى يدور حولها جدل فى مجتمعاتنا وكيفية تحليل هذه القضايا واتخاذ قرار بشأنها، وذلك فى إطار إعداد الفرد المثقف كيميائياً.

ويوضح الشكل (٦) تلخيصاً للعلاقة بين إعداد الفرد المثقف علمياً عامة وكيميائياً على وجه التحديد ــ القادر على العيش بفاعلية فى العالم المستدام، وبين التربية من أجل التنمية المستدامة، وتعليم الكيمياء للتنمية المستدامة، والكيمياء الخضراء (إعداد الباحثة):

شكل (٦) العلاقة بين تعليم الكيمياء الخضراء وإعداد المواطن لتحقيق التنمية المستدامة.

ثانياً: إعداد معلم الكيمياء والتربية من أجل التنمية المستدامة:

يتطلب تحقيق أهداف التربية من أجل التنمية المستدامة إعداد معلم فعال يمتلك مهارات عليا تمكنه من مساعدة كل الطلاب على الوصول إلى مستويات عليا من النجاح الأكاديمى، وتطوير حياتهم الشخصية والاجتماعية، ويشجعهم على الاندماج فى مجتمعاتهم محلياً، ودولياً، وعالمياً، واجتماعياً، وبيئياً.

وقد اقترح كل من "سانتون وساندرز وسيجين" Santone, Saunders & Seguin (2013) قائمة بجدارات المعلم الفعال ومهاراته فى ضوء التربية من أجل التنمية المستدامة، وذلك فى خمسة مجالات أساسية، وهى: فلسفة التربية، والمحتوى المعرفى، وطرق التدريس، وتصميم التعليم والتقييم، فضلاً عن النمو المهنى. وتتلخص هذه المهارات فيما يلى:

☒ **فلسفة التربية:** المعلم الفعال .....

- يعكس الغرض الحقيقى من التربية، وهو التكامل بين الديمقراطية والمواطنة.
- يصف العلاقة بين المدرسة والبيئة المحيطة بها فى مجتمع ديمقراطى مستدام.

☒ **المحتوى المعرفى:** المعلم الفعال .....

- يكامل المعرفة فى كافة المجالات مع قضايا العالم الحقيقى المعقدة.

- يفكر بشكل منظومى، ويقيم روابط بين الزمان والمكان.

☒ **طرق التدريس:** المعلم الفعال يستخدم استراتيجيات التدريس التى...

- تدعم كل الطلاب؛ حيث يجب أن يستخدم المعلم استراتيجيات تدريس تدعم النمو الأكاديمى والمشاعر الاجتماعية، والنمو الطبيعى لطلابه.
- تسمح باشتراك كل الطلاب فى العملية التعليمية.
- تدعم التحسين المستمر؛ فالمعلم الفعال يُجرى تقييماً مستمراً لطلابه ويستخدم نتائج التقييم فى تعديل تعلمهم.

☒ **تصميم التعليم والتقييم:** المعلم الفعال...

- مراعاة المعايير القومية فى سياق التدريس والتعلم حول موضوعات الاستدامة، مثل: الطاقة، والغذاء، والصحة، وغيرها.
- يخطط وحدات مناسبة متتالية الموضوعات تشرك الطلاب فى عمليات الاستقصاء العلمى وحل المشكلات.

☒ **النمو المهنى والتعاون:** المعلم الفعال...

- يتصل بالأسرة وأفراد المجتمع ويتعاون معهم.
- يحرص على المساواة والعدالة والاحترام فى المدرسة، والمجتمع والعالم كله.
- يتعاون مع الزملاء داخل المدرسة وخارجها.

ولكى يكون المعلم فعالاً متمكناً من المهارات والجدارات اللازمة لتعليم طلابه وإعدادهم للقرن الحادى والعشرين، وتحقيق أهداف التربية من أجل التنمية المستدامة، فإن الأمر يتطلب إعداده أيضاً وفق مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة، وهو ما يهدف هذا البحث لتحقيقه من خلال إعداد مقرر مقترح للكيمياء الخضراء يركز على جانب المحتوى المعرفى الكيميائى، ومهارات المعلم فى القرن الحادى والعشرين.

ثالثاً: الثقافة الكيميائية المستدامة.

تعد الثقافة الكيميائية جزءً من الثقافة العلمية، ومن ثم فقد أصبح أحد الأهداف الرئيسة لتعليم الكيمياء هو إعداد الأفراد ليكونوا مثقفين كيميائياً حتى يتمكنوا من فهم بيئتهم الطبيعية، وحياتهم اليومية والنقاش العام الذى يدور فى مجتمعاتهم حول القضايا المرتبطة بالكيمياء (Gilbert,2005;Shwartz,Ben-Zvi&Hofstein, 2006b; Gilbert & Treagust, 2009).

مفهوم الثقافة الكيميائية:

تعددت زوايا الرؤى للثقافة الكيميائية كما هو الحال بالنسبة للثقافة العلمية؛ حيث عُرفت على أنها:

١-العيش بفاعلية فى مجتمع سريع التغير. (DeBoer, 2000)

٢-فهم الكيمياء والقدرة على تطبيق هذا الفهم فى الحياة اليومية. (Tsaparlis, 2000)

٣-فهم المكون الكيميائى لأى قضية عامة، وتوظيف فهم المفاهيم الكيميائية فى اتخاذ القرارات التى تؤثر فى المجتمع. (Harlen, 2001)

٤-ما يجب أن يعرفه دارس الكيمياء عن المفاهيم المفتاحية فى الكيمياء، وما يجب أن يكون قادرًا على عمله بهذه المعرفة، وأن يفرق بين المعرفة الكيميائية والمهارات التى يمارسها باستخدام هذه المعرفة. (Shwartz, 2004)

٥-فهم المفاهيم الأساسية لعلم الكيمياء التى تساعد على شرح العالم الطبيعى وتفسيره، والقدرة على طرح أسئلة والبحث عن إجابات لها، فضلاً عن امتلاك رؤية واقعية عن الكيمياء. (Shwartz, Ben-Zvi& Hofstein, 2005; Shwartz, Ben- Zvi& Hofstein, 2006a)

٦-فهم الطبيعة الجزيئية للمادة، والتفاعلات الكيميائية، وقوانين الكيمياء ونظرياتها، والتطبيقات الكيميائية الشائعة فى الحياة اليومية. (Barnea, Dori & Hofstien, 2010)

من خلال التعريفات السابقة للثقافة الكيميائية يُمكن النظر إليها على أنها: القدرة على فهم المعرفة الكيميائية، والعمليات التى تُمارس لاكتشافها والتوصل إليها، وتطبيقات هذه المعرفة فى الحياة اليومية، فضلاً عن توظيف هذا الفهم فى اتخاذ القرارات التى تؤثر فى حياة الفرد والمجتمع فى القضايا ذات الصلة بالكيمياء.

جدارات المثقف كيميائياً:

اقترح "شوارتز وبن زفى وهوفستن" Shwartz, Ben-vi &Hofstein (2005) أن المثقف كيميائياً يجب أن يمتلك الجدارات التالية:

- فهم طبيعة الكيمياء وحدودها، وكيف يعمل الكيميائى، وكيف يفكر.
- فهم النظريات، والمفاهيم، والأفكار، والنماذج المفتاحية فى الكيمياء.
- فهم العلاقة بين الكيمياء، والتكنولوجيا الكيميائية؛ فالكيمياء تقدم تفسيرات للعالم الطبيعى، بينما التكنولوجيا الكيميائية تُغير العالم.
- فهم طبيعة الظواهر المرتبطة بالكيمياء.
- تقدير تأثير الكيمياء فى المجتمع.

فى حين يرى "أتكينز" Atkins (2005) أن المثقف كيميائياً يجب أن يفهم ما يلى:

- العمليات التى تستخدم فى الحصول على المعرفة الكيميائية واكتشافها.
- المفاهيم العامة والحقائق النوعية فى مجال الكيمياء.
- تطبيقات هذه المعرفة فى فهم العالم وتغييره.
- تأثير هذا الفهم وذلك التغيير على الأفراد والمجتمعات.

ثم أضاف كل من "شوارتز وبن زفى وهوفستن" Shwartz, Ben-vi &Hofstein (2006b) أن المثقف كيميائياً يجب أن يتمكن من:

١-المحتوى المعرفى للكيمياء، ويتضمن ذلك التمكن مما يلى:

أ- الأفكار العلمية العامة، مثل:

- الكيمياء مجال تجريبى.
- الكيميائى يمارس الاستقصاء العلمى.
- الكيميائى يقوم بعمل تعميمات، ويقترح نظريات لشرح العالم الطبيعى.
- الكيمياء تمدنا بالمعرفة اللازمة لشرح الظواهر فى مجالات علمية أخرى، مثل: علوم الأرض، وعلوم الحياة.

ب- خصائص الكيمياء (الأفكار الرئيسة لعلم الكيمياء):

- تحاول الكيمياء شرح الظواهر الماكروسكوبية فى إطار التركيب الجزيئى للمادة.
- تتقصى الكيمياء ميكانيكية العمليات والتفاعلات الكيميائية.
- تتقصى الكيمياء تغيرات الطاقة أثناء التفاعل الكيميائى.
- تهدف الكيمياء إلى فهم الحياة وتفسيرها فى إطار التراكيب الكيميائية وعمليات الأنظمة الحية.
- الكيميائى يستخدم لغة محددة، ليس على المثقف كيميائياً استخدامها، لكنه يجب أن يقدر ارتباطها بتطور المجال.

٢-الكيمياء فى السياق:

المثقف كيميائياً قادر على:

- تحديد أهمية المعرفة الكيميائية فى شرح ظواهر الحياة اليومية.
- فهم العلاقات بين المستحدثات الكيميائية، والعمليات المجتمعية.
- استخدام فهمه للكيمياء فى حياته اليومية فى اتخاذ قرارات فعالة، والمشاركة فى النقاش المجتمعى حول القضايا المرتبطة بالكيمياء، وذلك بوصفه مستهلكاً للمنتجات الكيميائية.

٣-مهارات التعلم العليا:

المثقف كيميائياً قادر على:

- طرح الأسئلة حول الظواهر ذات الصلة بالكيمياء.
- البحث عن المعلومات وربطها معاً إذا تطلب الأمر ذلك.
- تحليل الفوائد والخسائر فى أى جدال.

٤-الجوانب الوجدانية:

فالمثقف كيميائياً:

- يمتلك رؤية واقعية متكاملة للكيمياء وتطبيقاتها.
- يعبر عن اهتمامه بالموضوعات ذات الصلة بالكيمياء، خاصة فى الأطر غير الرسمية.

من خلال العرض السابق لجدارات المثقف كيميائياً يتضح أنها تتمحور فى أربعة أبعاد رئيسة، وهى بعد:

- **المعرفة:** والمتمثل فى فهم المعرفة الكيميائية وتطبيقاتها فى الحياة اليومية.
- **المهارات العقلية:** والمتمثل فى فهم عمليات الاستقصاء العلمى وممارساتها فى مجال الكيمياء.
- **اتخاذ القرار:** والمتمثل فى المشاركة فى النقاش المجتمعى حول القضايا ذات الصلة بالكيمياء.
- **الوجدانى:** ويتمثل فى الشعور بالتشويق مع الكيمياء، والاتجاهات الإيجابية نحوها، فضلاً عن تقدير دورها فى حياة الفرد والمجتمع.

مستويات الثقافة الكيميائية:

تعددت التصنيفات لمستويات الثقافة الكيميائية كما هو الحال بالنسبة للثقافة العلمية بصفة عامة، فوفق تصنيف "شوارتز وبن زفى وهوفستن" Shwartz, Ben-vi &Hofstein (2006a) تتدرج مستويات الثقافة الكيميائية من الأقل للأعلى كما يلى:

- **الثقافة الكيميائية العملية أو الوظيفية practical or functional:** وهى التى يحتاجها الفرد ليحيا بشكل طبيعى فيما يخص الغذاء والصحة وغيرها من جوانب حياته اليومية.
- **ثقافة المواطنة civic literacy:** هى التى يحتاجها الفرد للاشتراك فى جدال حول الموضوعات أو القضايا ذات الصلة بالكيمياء أو التكنولوجيا الكيميائية.
- **الثقافة الكيميائية الاحترافية cultural chemical literacy:** وتعنى أن يكون الفرد قادراً على تقدير الكيمياء بوصفها جزء رئيس من النشاط العلمى الإنسانى، ويتضمن هذا المستوى أيضًا القدرة على إجراء حوار احترافى مع كيميائى حول الكيمياء.

وثمة تصنيف أخر لمستويات الثقافة الكيميائية اعتماداً على مستويات الثقافة العلمية بصفة عامة، ويتضمن أربعة مستويات، وهى (Shwartz, Ben-vi &Hofstein, 2006b; Celik,2014):

- **الأول: الثقافة الكيميائية الاسمية nominal chemical literacy:** وعند هذا المستوى يحدد المثقف كيميائياً المفاهيم التى تنتمى إلى مجال علم الكيمياء، لكن يكون لديه فهم خطأ وتصورات بديلة حول هذه المفاهيم، ويتضمن هذا المستوى المعرفة بالجوانب التالية:
  - **الاستقصاء العلمى scientific inquiry**: مفهوم الحقيقة، والنظرية، والفروض العلمية، والتوصيات، والنموذج، .....الخ.

- **التراكيب على المستوى تحت الميكروسكوبى structures sub-micro:** تركيب الذرة، والنظائر، والأيون، والجزىء، والمركب الكيميائى، والروابط الكيميائية، .....الخ.
- **الخامات؛ الأنواع العامة للمواد materials: general types of substance:** الحمض، القاعدة، العنصر، المعادن، البروتين، البوليمر، المحلول، .....الخ.
- **الخامات؛ أنواع محددة من المواد materials: specific types of substance:** الأوزون، الهواء، البترول، الكربون، الصلب، ....الخ.
- **التفاعلات الكيميائية chemical reactions:** مفهوم التفاعل الكيميائى، معدل التفاعل، الالكتروليتات، الاحتراق، التكوين، طاقة التنشيط، العوامل الحفازة، الأكسدة، الاشعاع، .....وغيرها.

- **الثانى: الثقافة الكيميائية الوظيفية functional chemical literacy**: وعند هذا المستوى فإن المثقف كيميائياً:
  - يُعرف بعض المفاهيم الكيميائية كما تعلمها.
  - لا يستطيع إعادة تعريف هذه المفاهيم بلغته الخاصة.
  - ما يزال لديه فهم محدود حول هذه المفاهيم.
- **الثالث: الثقافة الكيميائية المفاهيمية conceptual chemical literacy:** عند هذا المستوى فإن المثقف كيميائياً:
  - يمتلك فهماً عميقاً متكاملاً للمفاهيم الكيميائية وعلاقتها ببعضها البعض وبعلم الكيمياء بصفة عامة.
  - يمكنه شرح المفاهيم الكيميائية على المستويين الجزيئى والماكروسكوبى (المرئى وغير المرئى).
  - يكون لديه أيضاً قدرات إجرائية، وفهم لعملية الاستقصاء العلمى.
  - يمتلك مهارات التصميم التكنولوجى.
- **الرابع: الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد multidimensional chemical literacy**: عند هذا المستوى فإن المثقف كيميائياً:
  - يفهم الأبعاد الفلسفية والتاريخية والاجتماعية للعلم والتكنولوجيا.
  - يُقدر قيمة الكيمياء والتكنولوجيا الكيميائية ودورهما فى حياة الفرد والمجتمع.
  - يربط بين فروع الكيمياء المختلفة وبين القضايا الكبرى التى تمثل تحدياً للمجتمع.
  - يربط فهمه للكيمياء بظواهر الحياة اليومية، ويفسر هذه الظواهر فى إطار الكيمياء.

وبالرغم من اختلاف مستويات الثقافة الكيميائية فى التصنيفين السابقين، فإن النظرة التحليلية لكلاهما تقضى بأن كلاهما يركز على ضرورة فهم الفرد المعرفة

الكيميائية فهماً عميقاً، وتفسير ظواهر الحياة اليومية فى إطار الكيمياء، ومناقشة القضايا المجتمعية فى علاقتها بالكيمياء، فضلاً عن تقدير دور الكيمياء فى حياة الفرد والمجتمع.

تعليم الكيمياء للثقافة الكيميائية chemical education for chemical literacy:

وفقاً لـ"هانت وأخرون" Hunt & etal. (2001) فإن تعليم الكيمياء للثقافة الكيميائية، وإعداد الأفراد المثقفين كيميائياً يتضمن التركيز على تعليم الجوانب التالية:

☒ **التفسيرات الكيميائية؛ لأنها:**

- ذات دلالة عملية فى الحياة اليومية.
- تساعد فى مناقشة القضايا ذات الأبعاد العلمية.
- تمد الناس بطريقة بديلة فى النظر للعالم تساعدهم على تكوين إحساس بحياتهم اليومية.

☒ **الفائدة المجتمعية utility:**

حيث ترتبط المفاهيم الكيميائية بعديد من ظواهر الحياة اليومية على المستوى الماكروسكوبى وفهم هذه المفاهيم يؤهل الفرد للعيش فى عالم كيميائى.

☒ **الديمقراطية democracy:**

من الأشياء التى يقوم بها المواطنون، والتى قد تتطلب ثقافة كيميائية ما يلى:

- التعامل مثل الخبراء مع القضايا التى تقوم على أدلة نابعة من التحليل الكيميائى.
- تفسير المعلومات التى ترد فى الأخبار والتى تتضمن الحديث عن التهديدات والمخاطر، مثل: الحديث عن الكيماويات والمخدرات والتلوث.
- الاستجابة للتكنولوجيا الجديدة ذات الصلة بالكيمياء، مثل المنتجات الكيميائية التى تستخدم فى المنازل، والحدائق، والأدوية الجديدة،.....الخ.

☒ **الثقافة العامة culture:**

فالأشخاص ذوو الثقافة الكيميائية يرون العالم بمنظور جديد، والمهم هو تقديم المفاهيم الكيميائية الأساسية بطرق توضح أثر الكيمياء فى حياتهم فى القرن الحادى والعشرين، وكيف ترسم الكيمياء الطريقة التى نرى بها أنفسنا والعالم الذى نعيش فيه. ويسهم سرد تاريخ الكيمياء القديم والحديث فى تحقيق ذلك.

☒ **لغة الكيمياء language of chemistry:**

تستخدم الكيمياء لغة خاصة بها للتعبير عن المعرفة الكيميائية، وتتضمن هذه اللغة رموز، وأعداد، وصيغ، ومعادلات، وأشكال. ويتطلب تعليم الكيمياء من أجل تكوين الثقافة الكيميائية تطوير مقررات الكيمياء بحيث تبسط هذه اللغة من جانب، ووتوضح كيفية استخدام اللغة الدارجة للتعبير عن المفاهيم الكيميائية من جانب أخر.

☒ **المفاهيم الكيميائية المفتاحية key chemical ideas:**

تتضمن الكيمياء عددًا من الفكر الرئيسة، والتى تتلخص فيما يلى:

- كل شىء فى العالم من حولنا بما فيها نحن مصنوع من مواد كيميائية chemical substances.
- **كل شىء مصنوع من وحدات بناء building blocks:** فكل شىء فى عالمنا مصنوع من ذرات حتى الإنسان، وتستطيع هذه الذرات أن تتحد معاً لتكون جزيئات، وبالرغم من كونها صغيرة جداً لا ترى بالعين المجردة وفى حالة حركة مستمرة، فإنها يمكن أن تعيد ترتيب نفسها فى تراكيب أكبر يمكن رؤيتها أو الإحساس بها. وتهتم الكيمياء ببناء جسور بين العالم غير المرئى للذرات (ميكروسكوبيك) والعالم المرئى للأشياء الناتجة عن ارتباطها معاً (ماكروسكوبيك).
- **الأنواع الكيميائية chemical species:** تختلف خواص المواد الكيميائية تبعًا لطريقة ارتباط الذرات المكونة لها مع بعضها البعض؛ فالكربون يكون شفاف وقوى فى الماس، ويكون أسود ولين فى القلم الرصاص. وهذا يعنى أنه يوجد عدد ضخم من المواد الكيميائية نظراً لتعدد طرق الارتباط بين الذرات (الروابط الكيميائية).
- **التغير الكيميائى chemical change:** عندما تتفاعل الذرات معاً فإنها لا تختفى، ولكنها فقط يعاد ترتيبها فى كيان جديد ذو خواص مختلفة عن خواص الذرات التى كونته، ويحدث هذا كله من خلال التغير الكيميائى (التفاعل الكيميائى). فهناك آلاف من التفاعلات الكيميائية التى تحدث فى خلايا الجسم، وفى العالم كله لتقود العالم وتحافظ على استمراريته.
- **شرح الخواص الماكروسكوبية فى إطار تركيب المادة explaining macroscopic properties in terms of architecture of matter**: تتوقف خواص المادة من حيث: الصلابة، والسيولة، والنعومة والثبات، والمذاق، والرائحة ....الخ على الطريقة التى ترتبط بها الذرات معاً. ومن ثم فإن فهم هذه الخواص المحسة للمواد المختلفة يمكن أن يتم من خلال فهم تركيب المادة على المستوى الجزيئى.

☒ **ماذا يفعل الكيميائيون what chemists do ؟** ويعنى هذا الجانب بأن توضح مقررات الكيمياء أثر الكيمياء فى المجتمع عن طريق وصف ما يقوم به الكيميائيون، والذى يتمثل فيما يلى:

- **التفكير بإبداع thinking creatively:** الكيميائى مبدع، ينمذج أفكاره عندما يدرس التفاعلات الكيميائية، ويستخدم الأنواع الكيميائية لعمل مواد جديدة، وقد تكون هذه النماذج محسة بصرية، أو تعبيرات مجردة، ولإبراز

هذا الجانب من عمل الكيميائى عند إعداد مقرر فى الكيمياء لتحقيق الثقافة الكيميائية لابد من الإجابة عن الأسئلة التالية:

١-لماذا يستخدم الكيميائى النماذج والصيغ؟

٢-ما أنواع المشكلات التى قد تسهم الكيمياء فى حلها؟

٣-ماذا ستقدم كيمياء اليوم لعالم الغد؟

٤-لماذا نستخدم أموال دافعى الضرائب لتمويل بحوث الكيمياء؟

- **التحكم فى التغير controlling change:** يستطيع الكيميائى التحكم فى معدل التفاعل الكيميائى بتغيير الشروط التى يتم فيها التفاعل، ويستخدم التغير الكيميائى بهذا المعنى فى حياتنا اليومية، وفى عديد من السياقات الصناعية وفى داخل أجسامنا. ولإبراز هذا الجانب من عمل الكيميائى عند إعداد مقرر فى الكيمياء لتحقيق الثقافة الكيميائية لابد من الإجابة عن أسئلة، مثل: كيف نحافظ على الطعام طازج؟ ما الطريقة الأكثر أماناً لإطفاء الحريق؟ لماذا تؤثر مركبات الفلوروكلوروكربون على الأوزون؟ وما الذى يجب فعله نحو ذلك؟ كيف يمكن التخلص من تلوث الهواء؟ وغيرها.
- **التحليل analysis:** يستخدم الكيميائى طرق تحليل متنوعة لإيجاد مكونات مخلوط ما وفصلها عن بعضها البعض، وتحديد طبيعة وكمية أنواع كيميائية فى عينة ما ولو كانت بكميات قليلة. وعند إعداد مقرر فى الكيمياء لتحقيق الثقافة الكيميائية فثمة عدد من الأسئلة التى يجب أخذها فى الاعتبار لمراعاة هذا الجانب، مثل: هل يجب الوثوق فى نتائج تحليل الدم عند الذهاب للطبيب؟ ما مدى صحة المعلومات المتعلقة بتركيب دواء ما وتركيزه فى الدم؟ كيف يكشف عن المنشطات فى دم الرياضيين؟ كيف تستخدم الشرطة علم الطب الشرعى لجمع الأدلة وتحليلها للإمساك بالمجرمين؟
- **التخليق synthesis:** يستخدم الكيميائى الأنواع الكيميائية المختلفة لتخليق مادة جديدة ذات خواص جديدة، وعند إعداد مقرر فى الكيمياء لتحقيق الثقافة الكيميائية تبرز عدد من الأسئلة المتعلقة بهذا الجانب، مثل: هل الدواء المستخرج من مصادر طبيعية أكثر أماناً من الدواء المصنع؟ هل هناك فروق جوهرية بين الطبيعى والصناعى؟ لماذا تكون أسعار الدواء متفاوتة؟ هل يمكن أن تصبح المنتجات الكيميائية من الموارد المستدامة؟
- **الفصل formulation:** معظم المواد التى نستخدمها توجد فى صورة مخاليط، ويستطيع الكيميائى تحديد الخواص الماكروسكوبية لهذه المخاليط، وفصلها فصلاً دقيقاً فى حدود طبيعة الأنواع الكيميائية التى تحتوى عليها، وكميتها. ولإبراز هذا الجانب من عمل الكيميائى عند إعداد مقرر فى الكيمياء لتحقيق الثقافة الكيميائية لابد من الإجابة عن أسئلة، مثل: ما كمية المادة الفعالة فى دواء ما؟ لماذا يقوم الكريم بترطيب الجلد؟ ما الفرق بين

sunscreen و sunblock؟ لماذا نحتاج إلى أنواع مختلفة من الوقود للأنواع المختلفة من المحركات؟

☒ **المهارات الأساسية essential skills:** يتضمن هذا الجانب من تعليم الكيمياء المهارات العملية والعقلية، والتى تتمثل فى:

- **مهارات البحث التحليلى والناقد critical, analytical research skills:** مثل كيفية التفكير فى موضوع ما، كيفية تحديد الأسئلة المفتاحية، وكيفية الحصول على المعلومات ذات الصلة بموضوع ما، وغيرها.
- **المهارات اليدوية العملية hand-on practical skills:** مثل: الدقة فى القياس، والمهارات الحركية، والتعامل مع الأدوات المعملية بفاعلية وأمان.
- **مهارات التجريب والتقصى experimental & investigative skills:** مثل تقصى مشكلة كيميائية، وتقييم النتائج والأدلة.
- **مهارات الاتصال communication skills:** كيف نتحدث عن الكيمياء وكيف نشرح ما يقوم به العلماء.
- **مهارات النمذجة فى الكيمياء modelling in chemistry:** مثل عمل نماذج تحاكى المفاهيم الكيميائية المجردة، مثل: أشكال المركبات الكيميائية، وغيرها.
- **التعامل مع الأسئلة الكبرى غير المجاب عنها big unanswered questions:** وتتضمن الربط بين الأسئلة والفروض والتنبؤات، والعيش مع المخاطر، واستكشاف القضايا العلمية.

☒ **السياقات الكيميائية chemical context:** تستخدم الكيمياء فى سياقات متعددة ينبغى مراعاتها وإبرازها عند إعداد مقررات الكيمياء، ومن هذه السياقات ما يلى:

- **الصحة والدواء health & medicine:** كيف تنتج الأمراض من تغير الترتيب الكيميائى للذرات داخل الجسم، كيف يعمل الدواء، وكيف يتسبب الدواء فى بعض الآثار الجانبية فى الجسم؟ وغيرها.
- **الغذاء food:** كيف نجعل طعم الأكل شهى، كيف توقف المواد الكيماوية الحافظة فساد الأطعمة، وهل هذا أمن؟ هل الطعام العضوى أمن وصحى؟ وما الفرق بين الكيك والخبز؟
- **الخامات: المعادن، والبوليمرات، والسيراميك materials: metals, polymers, ceramics:** كيف تساعدنا المنتجات الكيميائية الجديدة على الحياة بشكل أكثر فاعلية، وماذا نفعل فى كل القمامة التى تنتج من أنشطة الإنسان، هل يمكن أن يعيش الإنسان بأسلوب يتيح فاقد أقل؟
- **المنظفات، الديكورات chemicals for cleaning, decorating:** هل بعض الشامبوهات والكريمات أكثر فاعلية وأماناً من غيرها؟ لماذا يكون من

الخطر خلط أنواع مختلفة من المنظفات معاً؟ كيف يتم تنظيف الملابس من البقع الصعبة التى تلتصق بها؟

- **الزراعة agriculture:** ما الفرق بين الطعام الطبيعى أوالعضوى organic والطعام غير الطبيعى non-organic؟ هل يجب استخدام المخصبات والأسمدة الصناعية فى الزراعة؟ كيف يمكن التحكم فى البذور؟
- **البيئة environment:** لماذا يجب التوفير فى مصادر الطاقة؟ كيف يمكن التعامل مع الأشياء التى تدمر البيئة؟ هل يسبب ثقب الأوزون أضراراً عالمية؟
- **بدائل الوقود alternative fuels:** هل يوجد بدائل أقل تلوثاً وأكثر أماناً من الوقود الحفرى؟ هل يمكن أن تؤمن هذه البدائل احتياجات الإنسان المتزايدة من الطاقة؟ كم ستكون تكلفة هذه البدائل؟

فى حين يرى "جيلبرت وتريجست" Gilbert& Treagust (2009) أن تعليم الكيمياء للثقافة الكيميائية يتضمن ما يلى:

- تعلم الكيمياء التى لها تطبيقات مباشرة فى الحياة اليومية، مثل: فهم لماذا يعمل العالم فى سياقات جزيئية.
- التعلم عن الكيمياء بوصفها قوة ثقافية فى العالم الحديث، مثل: كيف تساعدنا الكيمياء فى تفسير فاعلية الدواء.
- تعلم الكيمياء التى تمكن الفرد من أن يصبح مواطن أكثر وعياً، مثل: مناقشة قضايا الطاقة واستخدام الموارد المستدامة.
- تعلم الكيمياء التى تمكن الفرد من فهم التقارير والمناقشات ذات الصلة بالكيمياء، والتى تعرض فى وسائل الإعلام.
- تقدير دور الكيمياء فى مجال العمل، مثل: التقدم فى إنتاج عديد من المواد مثل البلاستيك بسبب التقدم فى علم الكيمياء.
- التعلم عن الكيمياء بوصفها طريقة لاختبار العالم الطبيعى، ومجالاً للاستقصاء العلمى.
- القدرة على الاتصال بفاعلية حول الكيمياء (يقرأ، يكتب، .....الخ)، باستخدام اللغة الرمزية الكيميائية.
- تعلم الكيمياء لتقدير النواحى الجمالية المرتبطة بالكيمياء، مثل: تقدير جمال الكريستالات، والجمال فى تركيب المركبات وأشكالها، .....الخ.
- التعلم حول طبيعة التكنولوجيا الكيميائية، وعلاقتها بالكيمياء.

يتضح مما سبق أن تعليم الكيمياء بهدف إعداد المواطن المثقف كيميائياً القادر على العيش فى العالم المستدام بفاعلية، يتطلب التركيز عند إعداد مقررات الكيمياء على تقديم المفاهيم الكيميائية الأساسية، وتوضيح تطبيقاتها وصلتها بالحياة اليومية،

والأبعاد الاقتصادية والاجتماعية للكيمياء، وبيان المشكلات التى يمكن أن تسهم الكيمياء فى حلها وخاصة قضايا التنمية المستدامة، وتوضيح كيف يعمل الكيميائى وكيف يفكر، فضلاً عن مهارات البحث والتقصى واتخاذ القرار حول القضايا المجتمعية ذات الصلة بالكيمياء.

وفى ضوء العرض السابق عن الثقافة الكيميائية من حيث: المفهوم والمستويات وجدارات المثقف كيميائياً وتعليم الكيمياء من أجل الثقافة الكيميائية، فإن هذا البحث يقترح نموذجاً لمستويات الثقافة الكيميائية، وأبعادها، والمهارات المرتبطة بكل مستوى وكيفية تقييمها، ويلخص جدول (٣) هذا النموذج:

جدول (٣) أبعاد الثقافة الكيميائية ومستوياتها ومهاراتها وأدوات تقييمها (إعداد الباحثة).

البعد	المستوى	التعريف	المهارات	أداة التقييم
المعرفى (محتوى المعرفة الكيميائية)	**الثقافة الكيميائية الاسمية.**	المعرفة بالمفاهيم الكيميائية من حيث الاصطلاح.	• تمييز المفاهيم الكيميائية عن غيرها من مفاهيم المجالات الأخرى. • تحديد المفاهيم الكيميائية الرئيسة. • تحديد مفاهيم الاستقصاء العلمى، مثل: المتغيرات، الفروض، الأسئلة، النظرية، التفسير، التوصيات .....الخ.	استبيان ثلاثى.
	الثقافة الكيميائية الوظيفية.	القدرة على تعريف المفاهيم الكيميائية وشرحها.	• تعريف المفاهيم الكيميائية بدقة. • شرح المفاهيم الكيميائية بلغة الكيمياء. • تحديد العلاقات بين المفاهيم الرئيسة للكيمياء.	اختبار اختيار من متعدد.

تابع جدول (٣) أبعاد الثقافة الكيميائية ومستوياتها ومهاراتها وأدوات تقييمها (إعداد الباحثة).

البعد	المستوى	التعريف	المهارات	أداة التقييم
المهارى (استقصاء وسياق)	**الثقافة الكيميائية المفاهيمية.**	تفسير ظواهر الحياة اليومية والقضايا المجتمعية كيميائيًا بالطرق العلمية.	**١-تفسير الظواهر الحياتية كيميائياً، وتتضمن:** ● يفهم طبيعة السياق الاجتماعى والاقتصادى والأخلاقى للكيمياء. ● يشرح تطبيقات المعرفة الكيميائية فى المجتمع. ● يستخدم نماذج تفسيرية كيميائية مناسبة لشرح الظواهر الحياتية. ● يكامل بين المعرفة الكيميائية والمعرفة فى المجالات الأخرى لتفسير الظواهر الحياتية.	اختبار اختيار من متعدد.
			٢-يصمم استقصاءً علمياً لدراسة الظواهر الكيميائية ويقيمه، وتتضمن: ● يصف الطرق المتنوعة التى يستخدمها الكيميائى للتحقق من صدق البيانات وموضوعية التفسيرات وقابليتها للتعميم، ويقيمها. ● يقترح الطريقة المناسبة لتقصى ظاهرة ما علميًا. ● يفهم طبيعة الاستدلال العلمى. ● يحول البيانات من صورة لأخرى. ● يقيم الحجج والأدلة العلمية التى يحصل عليها من مصادر مختلفة. ● يحلل البيانات ويفسرها ويخرج بتوصيات مناسبة.	اختبار اختيار من متعدد.

تابع جدول (٣) أبعاد الثقافة الكيميائية ومستوياتها ومهاراتها وأدوات تقييمها (إعداد الباحثة).

البعد	المستوى	التعريف	المهارات	أداة التقييم
البعد المهارى (اتخاذ القرار)	**الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد.**	الاشتراك فى جدل حول القضايا المجتمعية ذات الصلة بالكيمياء واتخاذ قرار بشأنها مع تقدير دور الكيمياء فى التنمية والتقدم.	**١-اتخاذ القرار، ويتضمن:** ● فهم المعلومات الكيميائية فهماً قرائياً. ● ربطها بما لديه من معرفة كيميائية. ● الاستدلال. ● اتخاذ القرار فى القضايا المجتمعية والحياتية المرتبطة بالكيمياء فى ضوء فهمه للمعرفة الكيميائية.	اختبار اختيار من متعدد.
البعد الوجدانى			**٢-الشعور بالتشويق، ويتضمن:** ● الاهتمام بالقضايا ذات الصلة بالكيمياء ومناقشتها فى سياقات غير رسمية. ● تقدير دور الكيمياء فى المجتمع. ● تقدير دور الكيمياء فى تحقيق التنمية المستدامة.	اختبار اختيار من متعدد أو مقياس خماسى.

مشكلة البحث:

نظراً لأهمية إعداد المواطن القادر على العيش فى العالم المستدام والتفاعل الإيجابى مع قضايا التنمية المستدامة فى مجتمعه من خلال التربية من أجل التنمية المستدامة؛ وحيث إن تعليم الكيمياء يعد جزءً من التربية من أجل التنمية المستدامة، فقد أصبح إعداد الطلاب المثقفين كيميائياً فى كافة المراحل الدراسية ـــ أحد الأهداف الرئيسة لتعليم الكيمياء فى القرن الحادى والعشرين (Roberts, 2007; Forster, 2009; Gilbert & Treagust, 2009; Shwartz, Dori & Treagust, 2013). ولأن معلم الكيمياء هو المنوط به تحقيق هذه الأهداف من خلال تدريس الكيمياء لطلابه فى كافة المراحل الدراسية، فيجب أن يكون هو ذاته ممتلكاً للثقافة الكيميائية بكافة أبعادها.

غير أن عدداً من الدراسات السابقة، مثل: (DeBoor,2000; Jong,2006; Bacanak & Gokdere, 2009; Teksoz, Sahni & Ertepinar, 2010; Impey, Buxner, Antonellis, Johnsom & King, 2011; Impey, 2013; Shah&Sharma,2014; Shah &Sharma,2015; AL-Momani, 2016 - قد أشار إلى ضعف مستوى الثقافة العلمية بصفة عامة والكيميائية بصفة خاصة لدى

معلمى الكيمياء أثناء الخدمة وقبلها، وتحديدًا الثقافة الكيميائية المفاهيمية والمتعددة الأبعاد. وقد أرجع عددٌ من الدراسات ذلك إلى عدة أسباب من بينها: عدم إعداد المعلم ليكون قادراً على تحقيق أهداف تعليم الكيمياء، ومنها الثقافة الكيميائية (Kurt & Yildirim, 2010; Yasar & Sozbilir, 2012; Celik, 2014; Shah & Sharma, 2015).

وقد دُعمت نتائج هذه الدراسات بما أسفرت عنه نتائج الدراسة الاستطلاعية[١] التى طُبق خلالها اختباراً للثقافة الكيميائية بمستوياتها (اسمية ـ وظيفية ـ مفاهيمية ـ متعددة الأبعاد) يتكون من (40) مفردة من نوع اختيار من متعدد على عينة من طلاب الفرقة الرابعة شعبة الكيمياء، بلغ عددهم (36) طالباً وطالبة فى الفصل الثانى من العام الدراسى 2016/2015، وقد أوضحت نتائجها: ضعف مستوى الثقافة الكيميائية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء فى المستويات (الوظيفية ـ المفاهيمية ـــ متعددة الأبعاد)؛ حيث تراوحت درجاتهم فى هذا الاختبار بين (19-15) درجة من (40) درجة.

يتبين مما سبق قصور الثقافة الكيميائية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء، الأمر الذى قد يؤدى إلى عدم تمكنهم من القيام بالدور المنوط بهم فى تحقيق أهداف تعليم الكيمياء، ومنها إعداد الطالب المثقف كيميائيًا.

ومحاولة لمعالجة هذه المشكلة فإن هذا البحث يحاول الإجابة عن السؤال الرئيس التالى:

ما فاعلية مقرر مقترح للكيمياء الخضراء قائم على مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة فى تنمية الثقافة الكيميائية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء؟

وعلى نحو أكثر تحديداً فإن هذا البحث يحاول الإجابة عن الأسئلة التالية:

١- ما فاعلية مقرر مقترح للكيمياء الخضراء قائم على مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة فى تنمية الثقافة الكيميائية الوظيفية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء؟

٢- ما فاعلية مقرر مقترح للكيمياء الخضراء قائم على مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة فى تنمية الثقافة الكيميائية المفاهيمية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء؟

٣- ما فاعلية مقرر مقترح للكيمياء الخضراء قائم على مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة فى تنمية الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء؟

[١] ملحق (١) مفردات الدراسة الاستطلاعية.

فروض البحث.

يهدف هذا البحث إلى اختبار صحة الفروض التالية:

١-لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة (0.05) بين متوسطى درجات طلاب المجموعتين التجريبية والضابطة فى الثقافة الكيميائية الوظيفية.

٢-لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة (0.05) بين متوسطى درجات طلاب المجموعتين التجريبية والضابطة فى الثقافة الكيميائية المفاهيمية.

٣-لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة (0.05) بين متوسطى درجات طلاب المجموعتين التجريبية والضابطة فى الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد.

هدف البحث.

فى ضوء ما تقدم فإن هذا البحث يهدف إلى:

الكشف عن فاعلية مقرر مقترح للكيمياء الخضراء قائم على مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة فى تنمية الثقافة الكيميائية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء بمستوياتها (الوظيفية ـ المفاهيمية ـ متعددة الأبعاد).

أهمية البحث:

تتمثل أهمية هذا البحث فيما يلى:

١-يُقدم مقررا مقترحًا للكيمياء الخضراء قائم على مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة ـ يمكن الاستفادة منه وتنفيذه أو تطويره من قِبل القائمين على برامج إعداد المعلم داخل كليات التربية.

٢-يُوجه اهتمام القائمين على برامج إعداد معلم الكيمياء بكليات التربية بضرورة تصميم مقررات جديدة تواكب التطورات المتسارعة والفروع المستحدثة فى علم الكيمياء والاتجاهات الحديثة فى تعليمها.

٣-يُوجه اهتمام القائمين على إعداد الطلاب المعلمين بكليات التربية إلى ضرورة تطوير برامج إعداد المعلم فى كافة التخصصات ـ خاصة معلم الكيمياء ـ بحيث يصبح تكوين الثقافة الكيميائية المستدامة لدى الطلاب المعلمين هدفاً رئيسًا لها.

٤-يُمثل إضافة فى بنية المعرفة المتعلقة بتعليم الكيمياء من أجل التنمية المستدامة من خلال الكيمياء الخضراء، فضلاً عن الثقافة الكيميائية.

٥-توضيح مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة، ونماذجها، وكيفية توظيفها فى برامج إعداد معلم الكيمياء.

حدود البحث:

يقتصر هذا البحث على الحدود التالية:

١-طلاب الفرقة الثالثة بكلية التربية شعبة الكيمياء خلال الفصل الأول من العام الدراسى 2016/2017.

٢-الثقافة الكيميائية (الوظيفية ـ المفاهيمية ـ متعددة الأبعاد)؛ حيث أوضحت نتائج الدراسة الاستطلاعية الموضحة سابقاً عدم وجود مشكلة فى الثقافة الكيميائية الاسمية لدى عينة البحث.

٣-مقرر فى الكيمياء الخضراء بوصفها تُمثل الكيمياء المستدامة.

منهج البحث وتصميمه.

اعتمد هذا البحث على المنهج شبه التجريبى بتصميم المجموعة الضابطة ذات الاختبار القبلى والبعدى Pre-test post-test control group design (Muijs, 2004).

عينة البحث.

تمثلت عينة البحث فى عدد (141) من طلاب الفرقة الثالثة بكلية التربية جامعة دمنهور شعبة الكيمياء خلال الفصل الأول من العام الدراسى2016/2017؛ تم توزيعها عشوائياً على مجموعتين؛ بحيث تكونت المجموعة التجريبية من (70) طالبًا وطالبة، والمجموعة الضابطة من (71) طالبًا وطالبة.

أدوات البحث:

أولاً: مواد المعالجة التجريبية.

١-المقرر المقترح فى الكيمياء الخضراء بما يتضمنه من: أهداف، ومحتوى، واسترتيجيات التدريس المستخدمة، والمواد والوسائل المساعدة، والتقييم (إعداد الباحثة).

ثانيًا: أدوات قياس المتغيرات التابعة وجمع البيانات.

١-اختبار الثقافة الكيميائية الوظيفية (إعداد الباحثة).

٢-اختبار الثقافة الكيميائية المفاهيمية (إعداد الباحثة).

٣-اختبار الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد (إعداد الباحثة).

المعالجة الإحصائية.

أُستخدم فى تحليل البيانات كمياً الأساليب الإحصائية التالية (Muijs, 2004; سليمان، ٢٠٠٧):

١- *t*-test.

٢-قيمة Cohen's d لتحديد حجم الأثر.

إجراءات البحث.

أولاً: إعداد مواد المعالجة التجريبية (المقرر المقترح للكيمياء الخضراء).

تم إعداد المقرر المقترح للكيمياء الخضراء فى ضوء مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة بعد مراجعة الأدبيات السابقة المتعلقة بتعليم الكيمياء للاستدامة، والكيمياء الخضراء، والثقافة الكيميائية، مثل: (Hjeresen, Schutt & Boese, 2000; Abdulwahab, Abdulraheem & Hutchinson, 2003; Warner, Cannon & Dye, 2004; Boks & Diehl, 2006; Braun & etal., 2006; Manahan, 2006; Cannon & Warner, 2009; Gurney & Stafford, 2009; Kerr & Brown, 2009; Klingshirn & Spessard, 2009; Nolet, 2009; Lozano, 2010; Santone, 2010; Karpudewan, Ismail & Mohamed, 2011; Andraos & Dicks, 2012; Karpudewan, Ismail& Roth, 2012; Lozano & Watson, 2013; Santone, Saunders & Seguin, 2013; Mahaffy & etal.,2014; Garner,Siol&Eilks,2015; Jegstad&Sinnes,2015).

وتمثلت إجراءات إعداد المقرر فيما يلى:

١-**تحديد الأهداف العامة للمقرر:** وقد تمثلت هذه الأهداف فيما يلى:

- امتلاك جدارات المثقف كيميائياً.
- فهم كيف تعمل الكيمياء الخضراء على تنظيم استخدام الموارد، وتعظيم الفوائد، وحماية البيئة.
- فهم المفاهيم الكيميائية فى إطار عرض تطبيقاتها التكنولوجية والقضايا البيئية ذات الصلة.
- تفسير ظواهر الحياة اليومية فى إطار الكيمياء.
- ممارسة مهارات الاستقصاء العلمى.
- توضيح دور الكيمياء فى قضايا الاستدامة.
- اتخاذ القرار فى قضايا التنمية المستدامة ذات الصلة بالكيمياء.
- تقدير دور الكيمياء فى المجتمع.

٢-**تحديد الموضوعات الأساسية للمقرر:** فى ضوء أهداف المقرر السابق تحديدها، تم تحديد موضوعات المقرر، والتى تمثلت فيما يلى:

- الكيمياء الخضراء: المفهوم والأهمية والمبادىء والاستخدامات.
- وحدات البناء الأساسية للكيمياء الخضراء.
- المركبات الكيميائية: مواد آمنة لعالم آمن.
- التفاعل الكيميائى: تصنيع المواد بأمان وبدون تدمير للبيئة.
- العوامل الحفازة والكيمياء الخضراء.
- المذيبات الخضراء: الماء المذيب الأخضر المثالى.
- المواد البادئة البيولوجية والكيمياء الخضراء.
- النانوتكنولوجى الأخضر.
- اتخاذ القرار والكيمياء الخضراء: الجوانب الاقتصادية والأخلاقية.

٣-**اختيار استراتيجيات التدريس والمواد المساعدة:** تنوعت استراتيجيات التدريس والمواد المساعدة المستخدمة فى المقرر المقترح، ومنها: المحاضرة، والمناقشة، والعصف الذهنى، والمناظرة الجدلية، والتعلم التعاونى، والاستقصاء، والتعلم الذاتى، وعروض فيديو، وعروض تقديمية، وتجارب افتراضية.

٤-**تحديد أساليب التقييم:** يوضح جدول (٤) أساليب التقييم المستخدمة لتقييم تعلم الطلاب ونسبة توزيع الدرجات لكل منها:

جدول (٤) أساليب التقييم ونسبة الدرجات.

الأسلوب	نسبة الدرجة
المناقشات الصفية	10%
تقرير بحث	15%
عرض تقديمى	15%
امتحان نصف الفصل الدراسى	10%
امتحان نهائى	50%

٥-**ضبط المقرر:** عُرض المقرر فى صورته الأولية على عدد (4) من الأساتذة المتخصصين فى المجال، وقد وافقوا على المقرر مع إجراء بعض التعديلات فى استراتيجيات التدريس والمواد التعليمية المصاحبة، وأساليب التقييم وبذلك أصبح المقرر فى صيغته النهائية[٢] القابلة للتطبيق.

ثانيًا: إعداد أدوات قياس المتغيرات التابعة وجمع البيانات:

- **اختبار الثقافة الكيميائية الوظيفية.**

تم إعداد اختبار الثقافة الكيميائية الوظيفية وفق الخطوات التالية:

١-تحديد الهدف من الاختبار، وهو قياس مستوى الثقافة الكيميائية الوظيفية لدى طلاب الفرقة الثالثة شعبة الكيمياء ــ بكلية التربية.

٢-تحديد محاور الاختبار، والتى تمثلت فى مهارات الثقافة الكيميائية الوظيفية الموضحة بجدول (٣)، وهى: تعريف المفاهيم الكيميائية بدقة، وشرح المفاهيم الكيميائية بلغة الكيمياء، وتحديد العلاقات بين المفاهيم الرئيسة للكيمياء.

٣-صياغة مفردات الاختبار فى صورة أسئلة اختيار من متعدد ذات البدائل الأربعة.

٤-تحديد صدق الاختبار، حيث عُرض الاختبار على عدد (4) من المتخصصين بغرض التعرف على صدق المحتوى، ثم إجراء ما أبدوه من تعديلات.

٥-تطبيق الاختبار على عينة من طلاب كلية التربية مماثلة لعينة البحث لتقنينه، ووجد أن معامل ثبات الاختبار بطريقة كيودر ريتشاردسون يساوى (0.83) وتراوحت معاملات سهولة مفردات الاختبار المصححة من أثر التخمين بين (0.39-0.81)، فى حين تراوحت معاملات التميزية بين (0.36-0.89) وبلغ زمن الإجابة عن الاختبار 85 دقيقة.

٦-تكون الاختبار فى صورته النهائية[٣] من 80 مفردة، ويوضح جدول (٥) مواصفات اختبار الثقافة الكيميائية الوظيفية.

[٢] ملحق (٢) المقرر المقترح للكيمياء الخضراء ويتضمن (توصيف المقرر والمادة العلمية والعرض التقديمى).

[٣] ملحق (٣) اختبار الثقافة الكيميائية الوظيفية.

جدول (٥) مواصفات اختبار الثقافة الكيميائية الوظيفية.

البـــعـــد	عدد الأسئلة	الوزن النسبى	رقم السؤال	الدرجة الكلية
تعريف المفاهيم الكيميائية بدقة.	25	31.25%	1-25	25
شرح المفاهيم الكيميائية بلغة الكيمياء.	30	37.5%	26-55	30
تحديد العلاقات بين المفاهيم الرئيسة للكيمياء.	25	31.25%	56-80	25
المجموع	80	100%		80

- **اختبار الثقافة الكيميائية المفاهيمية.**

تم إعداد اختبار الثقافة الكيميائية المفاهيمية وفق الخطوات التالية:

١-تحديد الهدف من الاختبار، وهو قياس مستوى الثقافة الكيميائية المفاهيمية لدى طلاب شعبة الكيمياء - بكلية التربية.

٢-تحديد محاور الاختبار، والتى تمثلت فى مهارات الثقافة الكيميائية المفاهيمية الموضحة بجدول (٣)، وهى: تفسير الظواهر كيميائياً، وتصميم استقصاءً علمياً لدراسة الظواهر الكيميائية.

٣-صياغة مفردات الاختبار فى صورة أسئلة اختيار من متعدد ذات البدائل الأربعة على محورين؛ فى المحور الأول يتضمن رأس السؤال ظاهرة تحتاج إلى تفسير ويعقبها أربعة بدائل يمثل كل منها تفسيراً محتملاً للظاهرة يختار من بينها الطالب التفسير الذى يراه صحيحاً. أما المحور الثانى فيتضمن رأس السؤال موقف مشكل أو نموذج لبحث علمى ويعقبه أسئلة حول مهارات الاستقصاء العلمى المرتبطة بهذا البحث، ويختار الطالب من بين البدائل الأربعة ما يراه ممثلاً للإجابة الصحيحة.

٤-تحديد صدق الاختبار، حيث عُرض الاختبار على عدد (4) من المتخصصين، وتم إجراء ما أبدوه من تعديلات.

٥-تطبيق الاختبار على عينة من طلاب كلية التربية مماثلة لعينة البحث لتقنينه، ووجد أن معامل ثبات الاختبار بطريقة كيودر ريتشاردسون يساوى (0.86) وتراوحت معاملات سهولة مفردات الاختبار المصححة من أثر التخمين بين (0.35-0.84)، فى حين تراوحت معاملات التميزية بين (0.4-0.79) وبلغ زمن الإجابة عن الاختبار 100 دقيقة.

٦-تكون الاختبار فى صورته النهائية[٤] من 40 مفردة، ويوضح جدول (٦) مواصفات اختبار الثقافة الكيميائية المفاهيمية.

[٤] ملحق (٤) اختبار الثقافة الكيميائية المفاهيمية.

جدول (٦) مواصفات اختبار الثقافة الكيميائية المفاهيمية.

البـــعـــد	عدد الأسئلة	الوزن النسبى	رقم السؤال	الدرجة الكلية
تفسير الظواهر كيميائياً.	20	50%	1-20	20
تصميم استقصاءً علمياً لدراسة الظواهر الكيميائية.	20	50%	21-40	20
المجموع	40	100%		40

- **اختبار الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد.**

تم إعداد اختبار الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد وفق الخطوات التالية:

١-تحديد الهدف من الاختبار، وهو قياس مستوى الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد لدى طلاب شعبة الكيمياء ـــ بكلية التربية.

٢-تحديد محاور الاختبار، والتى تمثلت فى مهارات الثقافة الكيميائية المفاهيمية الموضحة بجدول (٣)، وهى: اتخاذ القرار، والشعور بالتشويق فى الكيمياء.

٣-صياغة مفردات الاختبار فى صورة أسئلة اختيار من متعدد ذات البدائل الأربعة على محورين؛ فى المحور الأول يتضمن رأس السؤال أسئلة حول مهارات اتخاذ القرار، أوقضايا حياتية ذات صلة بالكيمياء يعقبها أربعة بدائل يفاضل الطالب بينها ويختار من بينها ما يراه مناسباً لحل هذه القضية. أما المحور الثانى فيتضمن رأس السؤال موقفاً ذو صلة بقيمة الكيمياء وأهميتها، ويعقبه أربعة بدائل يختار الطالب منها ما يراه معبراً عن رأيه.

٤-تحديد صدق الاختبار، حيث عُرض الاختبار على عدد (4) من المتخصصين بغرض التعرف على صدق المحتوى، ثم إجراء ما أبدوه من تعديلات.

٥-تطبيق الاختبار على عينة من طلاب كلية التربية مماثلة لعينة البحث لتقنينه، ووجد أن معامل ثبات الاختبار بطريقة كيودر ريتشاردسون يساوى (0.81) وتراوحت معاملات سهولة مفردات الاختبار المصححة من أثر التخمين بين (0.36-0.83)، فى حين تراوحت معاملات التميزية بين (0.33-0.84) وبلغ زمن الإجابة عن الاختبار 60 دقيقة.

٦-تكون الاختبار فى صورته النهائية[٥] من 32 مفردة، ويوضح جدول (٧) مواصفات اختبار الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد.

٥ ملحق (٥) اختبار الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد.

جدول (٧) مواصفات اختبار الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد.

البـــعـــد	عدد الأسئلة	الوزن النسبى	رقم السؤال	الدرجة الكلية
اتخاذ القرار.	18	56.25%	1-18	18
الشعور بالتشويق فى الكيمياء.	14	43.75%	19-32	14
المجموع	32	100%		32

ثالثاً: تنفيذ تجربة البحث.

١-التطبيق القبلى لأدوات قياس المتغيرات التابعة الخاصة بتجربة البحث.

أجرت الباحثة التطبيق القبلى لأدوات قياس الثقافة الكيميائية على أفراد عينة الدراسة، وذلك فى الأسبوع الأخير من شهر سبتمبر عام ٢٠١٦ قبل بدء دراسة المقرر؛ وحللت البيانات باستخدام برنامج SPSS(16)، وجاءت النتائج كما هو مبين بجدول (٨):

جدول (٨) دلالة الفرق بين متوسطى درجات طلاب المجموعة التجريبية وطلاب المجموعة الضابطة فى التطبيق القبلى لأدوات قياس الثقافة الكيميائية.

المتغير	المحاور	المجموعة التجريبية			المجموعة الضابطة			قيمة "t"
		n	mean	SD	n	mean	SD	
الثقافة الوظيفية		70	19.485	5.571	71	19.422	5.260	0.069
الثقافة المفاهيمية	ككل	70	10.542	2.511	71	10.436	2.511	0.251
	تفسير الظواهر	70	5.428	1.409	71	5.154	1.369	1.169
	تصميم الاستقصاء	70	5.071	1.417	71	5.281	1.395	-0.887
الثقافة متعددة الأبعاد	ككل	70	5.014	1.861	71	5.084	1.910	-0.221
	اتخاذ القرار	70	1.600	0.749	71	1.732	0.877	-0.962
	التشويق فى الكيمياء	70	3.428	1.378	71	3.352	1.374	0.330

t at p <0.05=1.960

يتضح من جدول (٨) أن قيم t غير دالة إحصائياً عند مستوى دلالة (0.05) مما يدل على عدم وجود فرق ذو دلالة إحصائية بين مجموعتى الدراسة قبلياً؛ أى وجود تكافؤ بين المجموعتين التجريبية والضابطة فى الثقافة الكيميائية بمستوياتها الثلاثة، ومحاورها الفرعية ـ موضع البحث ـ قبل تدريس المقرر المقترح.

٢-بدأ التدريس للمجموعة التجريبية فى الثانى من أكتوبر ٢٠١٦ وانتهى فى ١١ ديسمبر ٢٠١٦ بما يعادل (١١) أسبوعاً.
٣-تم تطبيق أدوات قياس المتغيرات التابعة بعدياً على طلاب المجموعتين التجريبية والضابطة فى الفترة من ١٣-١٤ ديسمبر ٢٠١٦.

رابعاً: إجراءات ما بعد التجربة.

١-رصد درجات الطلاب فى التطبيق البعدى لاختبارات الثقافة الكيميائية (الوظيفية، والمفاهيمية، ومتعددة الأبعاد) .
٢-معالجة البيانات إحصائياً ببرنامج SPSS (16) وعرض النتائج وتفسيرها.

عرض النتائج ومناقشتها.

أولاً: نتائج الإجابة عن السؤال الأول من أسئلة البحث.

يلخص جدول (٩) نتائج *t*-test للمقارنة بين متوسطى درجات طلاب المجموعة التجريبية، وطلاب المجموعة الضابطة فى التطبيق البعدى لاختبار الثقافة الكيميائية الوظيفية.

جدول (٩) دلالة الفرق بين متوسطى درجات طلاب المجموعة التجريبية وطلاب المجموعة الضابطة فى التطبيق البعدى لاختبار الثقافة الكيميائية الوظيفية.

المتغير	المجموعة التجريبية			المجموعة الضابطة			قيمة "t"	Cohen's d
	N	mean	SD	n	Mean	SD		
الثقافة الوظيفية	70	68.742	5.489	71	20.929	4.293	57.651*	9.775

**t at p <0.01=2.576*

يتضح من جدول (٩) أن قيم *t* دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يشير إلى رفض الفرض الصفرى الأول وقبول الفرض البديل الذى ينص على أنه: "يوجد فرق ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (0.01) بين متوسطى درجات الطلاب فى المجموعتين التجريبية والضابطة فى الثقافة الكيميائية الوظيفية لصالح طلاب المجموعة التجريبية".

أى أن المقرر المقترح قد أدى إلى تنمية الثقافة الكيميائية الوظيفية لدى الطلاب عينة البحث. كما يتضح أيضاً من جدول (٩) أن قيمة Cohen's d أكبر من الواحد الصحيح مما يدل على أن للمقرر المقترح أثر كبير فى تنمية الثقافة الكيميائية الوظيفية لدى طلاب المجموعة التجريبية (Muijs, 2004)[٦].

[٦] تتوزع قيم Cohen's d وفق ما يلى(Muijs, 2004): 0-0.2=weak effect, 0.21-0.5=modest effect, 0.51-1= moderate effect, >1=strong effect

ثانياً: نتائج الإجابة عن السؤال الثانى من أسئلة البحث.

يلخص جدول (١٠) نتائج *t*-test للمقارنة بين متوسطى درجات طلاب المجموعة التجريبية، وطلاب المجموعة الضابطة فى التطبيق البعدى لاختبار الثقافة الكيميائية المفاهيمية.

جدول (١٠) دلالة الفرق بين متوسطى درجات طلاب المجموعة التجريبية وطلاب المجموعة الضابطة فى التطبيق البعدى لاختبار الثقافة الكيميائية المفاهيمية.

المتغير	المجموعة التجريبية			المجموعة الضابطة			قيمة "t"	Cohen's D
	n	mean	SD	n	Mean	SD		
الثقافة الكيميائية المفاهيمية ككل	70	33.342	2.873	71	12.000	2.000	51.248*	8.761
١-تفسير الظواهر كيميائياً	70	16.628	1.589	71	6.042	1.151	45.330*	7.727
٢-تصميم الاستقصاء	70	16.714	1.561	71	5.957	1.164	46.413*	7.895

**t at p <0.01=2.576*

يتضح من جدول (١٠) أيضاً أن قيمة *t* دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يشير إلى رفض الفرض الصفرى الثانى وقبول الفرض البديل الذى ينص على أنه: "يوجد فرق ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (0.01) بين متوسطى درجات الطلاب فى المجموعتين التجريبية والضابطة فى الثقافة الكيميائية المفاهيمية لصالح طلاب المجموعة التجريبية".

أى أن المقرر المقترح فى الكيمياء الخضراء قد أدى إلى تنمية الثقافة الكيميائية المفاهيمية لدى الطلاب عينة البحث. كما يتضح أيضًا من جدول (١٠) أن قيمة Cohen's d أكبر من الواحد مما يدل على أن للمقرر المقترح أثر كبير فى تنمية الثقافة الكيميائية المفاهيمية ككل وفى كل محور من محوريها على حدى لدى طلاب المجموعة التجريبية.

ثالثاً: نتائج الإجابة عن السؤال الثالث من أسئلة البحث.

يلخص جدول (١١) نتائج *t*-test للمقارنة بين متوسطى درجات طلاب المجموعة التجريبية، وطلاب المجموعة الضابطة فى التطبيق البعدى لاختبار الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد.

جدول (١١) دلالة الفرق بين متوسطى درجات طلاب المجموعة التجريبية وطلاب المجموعة الضابطة فى التطبيق البعدى لاختبار الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد.

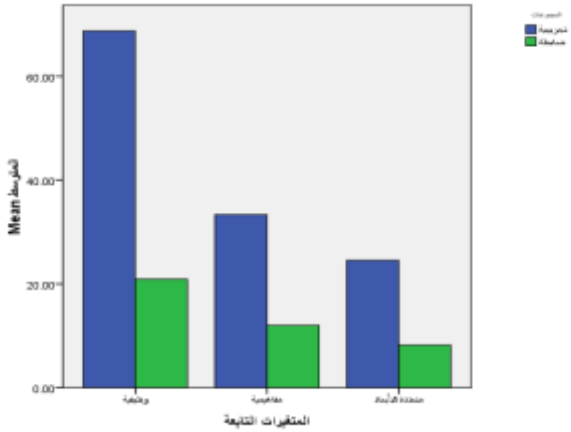
المتغير	المجموعة التجريبية			المجموعة الضابطة			قيمة "t"	Cohen's d
	n	mean	SD	n	Mean	SD		
الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد	70	24.542	1.953	71	8.197	1.652	53.661*	9.070
١-اتخاذ القرار	70	13.600	1.323	71	2.873	0.893	56.491*	9.681
٢- التشويق فى الكيمياء	70	10.942	0.915	71	5.323	1.156	31.973*	5.426

**t at p <0.01=2.576*

تشير النتائج الموضحة بجدول (١١) إلى أن قيمة *t* دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يشير إلى رفض الفرض الصفرى الثالث، وقبول الفرض البديل الذى ينص على أنه: "يوجد فرق ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (0.01) بين متوسطى درجات الطلاب فى المجموعتين التجريبية والضابطة فى الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد لصالح طلاب المجموعة التجريبية".

أى أن المقرر المقترح للكيمياء الخضراء قد أدى إلى تنمية الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد بمحوريها لدى طلاب المجموعة التجريبية. ويتضح أيضًا من جدول (١١) أن قيمة Cohen's d أكبر من الواحد أى أنه للمقرر المقترح أثر كبير فى تنمية الثقافة الكيميائية متعددة الأبعاد ككل وفى كل محور من محوريها على حدى لدى طلاب المجموعة التجريبية.

ويلخص الشكل (٧) نتائج الإجابة عن أسئلة البحث، والمقارنة بين متوسطات طلاب المجموعة التجريبية وطلاب المجموعة الضابطة فى كل من: الثقافة الكيميائية الوظيفية والمفاهيمية ومتعددة الأبعاد.



شكل (٧) نتائج المقارنة بين متوسطات طلاب المجموعة التجريبية والضابطة فى الثقافة الكيميائية الوظيفية والمفاهيمية ومتعددة الأبعاد.

وتتفق هذه النتائج مع ما أسفرت عنه نتائج كل من: (Kerr & Brown, 2009; Lozano, 2010; Karpudewan, Ismail & Mohamed, 2011; Mandler, etal., 2012; Mahaffy, etal., 2014; Karpudewan, Roth & Ismail, 2015; Cigdemoglu, Arslan & Cam, 2017):

أى أنـه يمكـن القـول أن المقـرر المقتـرح للكيميـاء الخضـراء القـائم علـى مبـادىء التربيـة مـن أجـل التنميـة المسـتدامة قد أدى إلـى تنميـة الثقافـة الكيميائيـة لـدى الطـلاب المعلمين ـ شعبة الكيمياء ـ لأنه قد نمى لديهم ما يلى:

- فهم المفاهيم الرئيسة للكيمياء والكيمياء الخضراء.
- فهم طبيعة السياق الاجتماعى والاقتصادى والأخلاقى للكيمياء.
- القدرة على تفسير الظواهر الحياتية كيميائياً.
- القدرة على وصف الطرق المتنوعة التى يستخدمها الكيميائى للتحقق من صدق البيانات وموضوعية التفسيرات وقابليتها للتعميم، وتقييمها.
- مهارة اقتراح الطريقة المناسبة لتقصى ظاهرة ما علميًا.
- القدرة على تقييم الحجج والأدلة العلمية التى يحصل عليها من مصادر مختلفة.
- تحليل البيانات وتفسيرها، وتحويلها من صورة لأخرى، والخروج بتوصيات مناسبة.
- فهم المعلومات الكيميائية فهماً قرائياً.
- ربط المعرفة الكيميائية الجديدة بما لديهم من معرفة كيميائية سابقة.
- القدرة على اتخاذ القرار فى القضايا المجتمعية والحياتية المرتبطة بالكيمياء فى ضوء فهمهم للمعرفة الكيميائية.

- الاهتمام بالقضايا ذات الصلة بالكيمياء ومناقشتها فى سياقات غير رسمية.
- تقدير دور الكيمياء فى المجتمع.
- تقدير دور الكيمياء فى تحقيق التنمية المستدامة.

وقد يرجع السبب فى فاعلية المقرر المقترح للكيمياء الخضراء القائم على مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة فى تنمية الثقافة الكيميائية (الوظيفية والمفاهيمية ومتعددة الأبعاد) لدى الطلاب عينة البحث إلى أنه قد رُوعى فى تصميم المقرر وتنفيذه عدة جوانب قد تكون أسهمت مجتمعة فى وجود هذه الفاعلية له، وتتمثل هذه الجوانب فيما يلى:

أ-من حيث فلسفة المقرر:

حيث إن المقرر المقترح قد تم إعداده فى ضوء مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة فقد ركزت الفلسفة العامة للمقرر على:

- التعلم حول البيئات الطبيعية والصناعية من خلال نظرة متكاملة لأبعادها الاجتماعية، والإيكولوجية، والاقتصادية على المستويين المحلى والعالمى.
- التربية من أجل التنمية المستدامة، وإعداد المواطن القادر على العيش والعمل فى مجتمع صحى، عادل، مستدام.
- التركيز على المناقشة والاستقصاء، والتعلم الذاتى والتعاونى.
- التكامل بين الكيمياء الخضراء والفروع الأخرى للكيمياء.
- إبراز دور الكيمياء وأهميتها فى تحقيق التنمية المستدامة.
- التركيز على ممارسة مهارات القرن الحادى والعشرين، مثل: اتخاذ القرار، وحل المشكلات التعاونى، والاتصال مع الأخرين.

ب-من حيث أهداف المقرر:

رُوعى فى صياغة الأهداف ما يلى:

- الربط فى صياغة أهداف المقرر بين أهداف تعليم الكيمياء والتربية من أجل التنمية المستدامة.
- التركيز على إكساب الطالب المعلم المهارات التى يحتاجها للعيش فى العالم المستدام، وليقوم بعمله فى تربية الأجيال الجديدة من أجل التنمية المستدامة.
- تمحور أهداف المقرر المقترح حول كل من: البعد المعرفى، ومهارات الاستقصاء، ومهارات اتخاذ القرار، والشعور بأهمية الكيمياء وبصورة متكاملة.
- وضوح الأهداف وإعلام الطلاب بها قبل بدء دراسة المقرر.

ج-من حيث المحتوى:

رُوعى فى اختيار المحتوى ما يلى:

- تضمين محتوى المقرر المفاهيم الرئيسة للكيمياء، والكيمياء الخضراء والتنمية المستدامة.
- ربط المفاهيم المضمنة بالمقرر ببعضها البعض وعرضها فى تتابع يتفق مع فلسفة إعداد المقرر.
- عمق المفاهيم المضمنة بالمحتوى بالشكل الذى يناسب إعداد معلم الكيمياء ليكون مؤهلاً لتعليمها لطلابه.
- ربط المفاهيم الكيميائية المضمنة بالمقرر بسياق الحياة اليومية والقضايا المجتمعية والمشكلات البيئية ذات الصلة بالكيمياء والتنمية المستدامة.
- تعريف المفاهيم الكيميائية المضمنة بالمقرر بدقة.
- شرح المفاهيم الكيميائية بلغة الكيمياء.
- تصميم المعرفة الكيميائية وعرضها بشكل يخاطب القدرات العقلية العليا للطلاب، وبهذا كان يُعمل الطلاب عقولهم بصورة مستمرة وعلى مستويات متباينة.
- الربط بين الكيمياء الخضراء وكيفية عمل الكيميائى ومشكلات البيئة، مما زاد من فهم الطلاب لدور الكيمياء فى تقدم حياة الفرد والمجتمع، واكتسابهم مهارات الاستقصاء العلمى واتخاذ القرار.

د-من حيث التدريس:

رُوعى عند اختيار استراتيجيات التدريس وتنفيذها ما يلى:

- التدريس من أجل تحقيق ما تضمنه المقرر المقترح من أهداف فى الجوانب المعرفية، والمهارية، والوجدانية بالقدر ذاته من الاهتمام.
- مساعدة الطلاب على الربط بين المستويات الثلاثة للتعبير الكيميائى الماكروسكوبى، وتحت الميكروسكوبى، والرمزى بصورة متكاملة ينتج عنها فهم عميق ومتكامل للكيمياء الخضراء.
- تدريب الطلاب على استخدام المعرفة الكيميائية المتعلمة فى تفسير ظواهر الحياة اليومية ذات الصلة بها.
- التأكيد على ممارسة الطلاب عمليات التفكير العلمى والاستقصاء كما يفعل الكيميائى.
- تنوع استراتيجيات التدريس المستخدمة، مثل: المناقشة التى يقودها المحاضر بتوجيهات وتلميحات لتعديل الأفكار والآراء لتكون فى ضوء أدلة علمية، والمحاضرة، والاستقصاء، وغيرها.

- الاهتمام بما يطرحه الطلاب من تساؤلات واستفسارات حول المفاهيم موضع الدراسة، وتوجيههم نحو الوصول لإجابة عنها، وإتاحة الفرصة للطلاب لاستنتاج المعرفة بأنفسهم.

- اعتماد استراتيجيات التدريس المستخدمة على جهد متوازن من جانب المحاضر والطالب، وتحمله مسئولية تعلمه، مثل: التعلم القائم على الاستقصاء، والمناظرة الجدلية، والتعلم الذاتى، والعروض، وغيرها.
- بيئة التعلم الآمنة التى سادها جو من الديمقراطية يسمح للطالب بالإدلاء برأيه والتناقش فيه بموضوعية وعلمية، واحترام كل أفكار الطلاب وآرائهم المتنوعة وتقديرها.
- استخدام القضايا المجتمعية ومظاهر الحياة اليومية ذات الصلة بالكيمياء أدى إلى اشراك الطلاب فى عمليات اتخاذ القرار؛ لأنه أتاح لهم فرصة التفاعل الاجتماعى مع بعضهم البعض، والتشارك فى تحديد المشكلات، ودراسة البدائل وتقييمها، واختيار البديل الأفضل، وإصدار أحكام، وغيرها.
- تحديد التعلم القبلى للطلاب قبل البدء فى التدريس والبناء عليه، ثم إجراء تقييم بعدى فى ختام كل محاضرة للتحقق من مدى تحقق الأهداف المعلنة فى البداية.
- استخدام عروض فيديو لبعض الموضوعات والمفاهيم الكيميائية المتعلمة قد يكون أسهم فى تعميق فهم الطلاب لها.
- توضيح العلاقة بين كل المفاهيم الكيميائية أثناء التدريس بما قد يكون ساعد فى تكوين فكرة صحيحة لدى الطلاب حول هذه المفاهيم وأيضاً توضيح علاقتها بالتنمية المستدامة.

هـ-من حيث التقييم:

رُوعى فى اختيار أساليب التقييم وتنفيذها ما يلى:

- عدم التركيز فى التقييم على جانب الأداء المعرفى فقط، والاهتمام بالجوانب المهارية والوجدانية أيضاً. وحتى جانب الأداء المعرفى لم يكن التركيز فيه على المستويات الدنيا فقط، وإنما على المستويات العليا أيضاً.
- ارتباط التقييم بالأهداف التى سعى المقرر لتحقيقها.
- التقييم لا يعتمد فقط على الاختبار النهائى، وإنما على تجميع أداءات الطلاب على مدار الفصل الدراسى.
- التقييم من أجل تحديد الأخطاء ونقاط الضعف عند الطالب وتعديل ما يجب أن يتم تعديله.
- تنوع أساليب التقييم ما بين اختبارات تحريرية وشفوية وعروض وكتابة تقرير بحثى.

التوصيات.

فى ضوء ما أسفرت عنه نتائج البحث يُوصى بما يلى:

١- تطوير برنامج إعداد معلم الكيمياء بكليات التربية عن طريق:

أ- تصميم مقررات فى الفروع المستحدثة لعلم الكيمياء وإدراجها ضمن برنامج إعداد معلم الكيمياء.

ب-اتخاذ تكوين الثقافة الكيميائية المستدامة لدى الطلاب المعلمين هدفاً أساسياً لبرنامج إعداد معلم الكيمياء بصفة خاصة، وإعداد معلم العلوم بصفة عامة.

ت-الاهتمام فى إعداد المعلم ليس فقط بالجانب المعرفى، ولكن يجب أن يتم التركيز أيضاً وبالقدر نفسه على تنمية مهاراته المهنية والعامة، مثل: مهارات الاستقصاء العلمى، ومهارات اتخاذ القرار وغيرها.

ث-تبنى مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة ونماذجها لتصبح أساساً لتطوير برامج إعداد المعلم فى كليات التربية فى كافة التخصصات.

٢-تطوير تعليم الكيمياء فى كافة المراحل الدراسية ليصبح تعليم الكيمياء من أجل التنمية المستدامة والثقافة الكيميائية أساساً وهدفاً.

المقترحات.

يُقترح إجراء البحوث التالية بوصفها امتدادًا لهذا البحث:

١-تقييم مناهج العلوم فى التعليم العام بمصر فى ضوء مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة.

٢-فاعلية مقرر مقترح فى مستحدثات علم الكيمياء فى تنمية المعتقدات حول طبيعة علم الكيمياء لدى طلاب شعبة الكيمياء بكلية التربية.

٣-فاعلية منهج مقترح للكيمياء فى ضوء مستحدثاتها فى تنمية الثقافة الكيميائية لدى طلاب المرحلة الثانوية.

٤-فاعلية منهج مقترح للكيمياء قائم على مبادىء التربية من أجل التنمية المستدامة فى تنمية المفاهيم وخفض القلق المصاحب لتعلم الكيمياء لدى طلاب المرحلة الثانوية.

المراجع:

-سليمان، أسامة ربيع. (٢٠٠٧). *التحليل الإحصائى باستخدام برنامج spss*. القاهرة: الأنجلو المصرية.

-Abdul-Wahab, S.A., Abdul-Raheem, M.Y. & Hutchinson, M. (2003). The need for inclusion of environmental education in undergraduate engineering curricula. *International Journal of Sustainability in Higher Education, 4*(2), 126-137.

-AL-Momani, F.N. (2016). Assessing the development of scientific literacy among undergraduates college of education. *Journal of Studies in Education, 6*(2), 199-212.

-Anastas, P.T. & Beach, E.S. (2009). Changing the course of chemistry. In: P.T. Anastas & etal. (Eds), *Green chemistry education*, 1-18. Washington, DC: ACS Symposium Series.

-Andraos, J. & Dicks, A.P. (2012). Green chemistry teaching in higher education: A Review of effective practices. *Chemistry Education Research and Practice, 13*(2), 69-79.

-Atkins, P.W. (2005). *Skeletal chemistry*. Retrieved June/20/2016, from http://www.rsc.org/Education/EiC/issues/2005_jan/ skelatal. asp.

-Bacanak, A. & Gokdere, M. (2009). Investigating level of the scientific literacy of primary school teacher candidates. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 10* (1), 1-10.

-Barnea, N. Dori, Y.J. & Hofstien, A. (2010). Development and implementation of inquiry-based and computerized-based laboratories: Reforming high school chemistry in Israel. *Chemistry Education Research and Practice, 11*(3), 218-228.

-Bodlalo, L.H., Sabbaghan, M. & Jome, S.M. (2013). A Comparative study in green chemistry education curriculum in America and China. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 90*, 288-292.

-Boks, C. & Diehl, J.C. (2006). Integrating of sustainability in regular courses: Experiences in industrial design engineering. *Journal of Cleaner Production, 14*(9-11), 932-939.

-Braun, B., Charney, R., Clarens, A., Farrugia, J., Kitchens, C., Lisowski, C., Naistat, D. & O'Neil, A. (2006). Completing our education: Green chemistry in the curriculum. *Journal of Chemical Education, 83*(8), 1126-1128.

-Burmeister, M. & Eilks, I. (2012). An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to education for sustainable development in secondary school chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice, 13*, 93-102.

-Burmeister, M., Rauch, F. & Eilks, I. (2012). Education for sustainable development (ESD) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice, 13,* 59-68.

-Cannon, A.S. & Warner, J. C. (2009). K-12 outreach and science literacy through green chemistry. In: P.T. Anastas & etal. (Eds), *Green chemistry education*, 167-185. Washington, DC: ACS Symposium Series.

-Celik, S. (2014). Chemical literacy levels of science and mathematics teacher candidates. *Australian Journal of Teacher Education, 39*(1), 1-15.

-Cigdemoglu, C, Arslan, H.O. & Cam, A. (2017). Argumentation to foster pre-service science teachers' knowledge, competency, and attitude on the domains of chemical literacy of acids and bases. *Chemistry Education Research and Practice, 18*(2), 288-303.

-Clark, J.H. (2005). Green chemistry and environmentally friendly technologies. In: C.A.M. Afonso & J. G. Crespo (Eds.), *Green separation processes.* Wiley-VCH Verlag Gmbh &Co. KGaA, Weinheim.

-DeBoer, G.E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(6), 582-601.

-Eilks, I. (2015). Science education and education for sustainable development–justifications, models, practices and perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 11*(1), 149-158.

-Eilks, I. & Rauch, F. (2012). Sustainable development and green chemistry in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice, 13*(2), 57-58.

-Eilks, I. & Rauch, F., Ralle, B. & Hofstein, A. (2013). How to balance the chemistry curriculum between science and society. In: I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Teaching chemistry-A study book,* 1-36. Rotterdam: Sense.

-Forster, S. (2009). *Methods of teaching chemistry*. Delhi: Global media.

-Garner, N., Hayes, S.M. & Eilks, I. (2014). Linking formal and non-formal learning in science education-A reflection from two cases in Ireland and Germany. *Sisyphus Journal of Education, 2*(2), 10-31.

-Garner, N., Siol, A. & Eilks, I. (2015). The potential of non-formal laboratory environments for innovating the chemistry curriculum and promoting secondary school level students education for sustainability. *Sustainability*, 7, 1798-1818.

-Gilbert, J.K. & Treagust, D.F. (2009). Introduction: Macro, Submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. In: J.K. Gilbert & D.F. Treagust (Eds), *Multiple representations in chemical education*, 1-8, Netherlands: Springer.

-Gilbert, J.K. (2005). *Chemical literacy: An approach through models and modelling*, 15. Ljubljana, Slovenia.

-Goes, L.F., Leal, S.H., Corio, P. & Fernandez, C. (2014). *Pedagogical content knowledge aspects of green chemistry of organic chemistry university teachers*. Retrieved sept. /20/2016, from http://www.researchgate.net/publications/ 285598515.

-Gurney, R.W. & Stafford, S.P. (2009). Integrating green chemistry throughout the undergraduate curriculum via civic engagement. In: P.T. Anastas & etal. (Eds), *Green chemistry education*, 55-77. Washington, DC: ACS Symposium Series.

-Harlen, W. (2001). *The assessment of scientific literacy in the OECD/PISA project*. Retrieved June/20/2016, from http://www.die-bonn.de/esprid/dokumente/doc-2006/reeff06_ 01.pdf.

-Heinrich, M., Minsch, J., Rauch, F., Schmidt, E. & Vielhaber, C. (2007). *Education and sustainable development: A learning strategie for Austria*. Munster: Monsenstein & Vannerdat.

-Hill, J. & Kumar, D.D. (2013). Challenges for chemical education: Implementing the "Chemistry for All" vision. *Journal of the American Institute of Chemists, 86*(2), 27-32.

-Hjeresen, D.L., Schutt, D.L. & Boese, J.M. (2000). Green chemistry and education. *Journal of Chemical Education,* 12, 1543-1547.

-Holbrook, J. (2005). Making chemistry teaching relevant. *Chemical Education International, 6*(1), 1-12.

-Horvath, I.T. & Anastas, P.T. (2007). Innovations and green chemistry. *Chemistry Review,* 107, 2169-2173.

-Hunt, A. & etal. (2001). *Chemical literacy: Towards a working definition*. The Nuffield Curriculum Projects Centre.

-Impey, C. (2013). Science literacy of undergraduates in the United States. *Organization People Strategies in Astronomy*, *2*(2), 353-364.

-Impey, C., Buxner, S, Antonellis, J., Johnsom, E. & King, C. (2011). A Twenty-year survey of science literacy among college science teacher. *Journal of College Science Teacher, 4*(4), 31-38.

-Jegstad, K.M. & Sinnes, A.T. (2015). Chemistry teaching for the future: A model for secondary chemistry education for sustainable development. *International Journal of Science Education, 37*(4), 655-683.

-Jong, O.D. (2006). *Context based chemical education: How to improve it?* Paper based on the plenary lecture presented at the 19th ICCE, Seoul, Korea, 12-17 August, 1-7.

-Juntunen, M. (2015). *Holistic and inquiry-based education for sustainable development in chemistry*. Academic Dissertation, Faculty of Science, University of Helsinki, 1-89.

-Karpudewan, M., Ismail, Z. & Mohamed, N. (2011). Green chemistry: Educating prospective science teachers in education for sustainable development at school of education studies, USM. *Journal of Social Sciences, 7*(1), 42-50.

-Karpudewan, M., Ismail, Z. & Roth, W.M. (2012). Ensuring sustainability of tomorrow through green chemistry integrated with sustainable development concepts (SDCs). *Chemistry Education Research and Practice, 13*(2), 120-127.

-Karpudewan, M., Roth, W.M. & Ismail, Z. (2015). The effects of green chemistry on secondary school students understanding and motivation. *The Asia-Pacific Education Research*, 24, 35-43.

-Kerr, M.E. & Brown, D.M. (2009). Using green chemistry to enhance faculty professional development opportunities. In: P.T. Anastas & etal. (Eds), *Green chemistry education*, 19-36. Washington, DC: ACS Symposium Series.

-Klingshirn, M.A. & Spessard, G.O. (2009). Integrating green chemistry into the introductory chemistry curriculum. In: P.T. Anastas & etal. (Eds), *Green chemistry education*, 79-92. Washington, DC: ACS Symposium Series.

-Kurt, S. & Yildirim, N. (2010). Teachers' suggestions and views on applying 9th grade secondary school chemistry curriculum. *On Dokuz Mayis Universities Egitim Fakultesi Dergisi, 29*(1), 91-104.

-Lancaster, M. (2002). *Green chemistry: An introductory text*. London: Royal Society of Chemistry.

-Lozano, R. (2010). Diffusion of sustainable development in university curricula: An empirical example from Cardiff University. *Journal of Cleaner Production, 18*(7), 637-644.

-Lozano, R. & Watson, M.K. (2013). Chemistry education for sustainability: Assessing the chemistry curricula at Cardiffy University. *Educcion Quimic, 24* (2), 84-92.

-Mahaffy, P.G., Martin, B.E., Kirchhoff, M., McKenzie, L., Holme, T., Versprille, A. & Towns, M. (2014). Infusing sustainability science literacy through chemistry education: Climate science as a rich context for learning chemistry. *Sustainable Chemistry & Engineering,* 2, 2488-2494.

-Mandler, D., Mamlok-Naaman, R., Blonder, R., Yayon, M. & Hofstein, A. (2012). High-school chemistry teaching through environmentally oriented curricula. *Chemistry Education Research and Practice, 13*, 80-92.

-Manahan, S.E. (2006). *Green chemistry and the ten commandments of sustainability*. Columbia, USA: Chem Char Research, Inc.

-McKeown, R. (2006). *Education for sustainable development toolkit*. Retrieved June/20/2016, from http://www.unesdoc. unesco.org/images/ 0015/00152453eo.pdf.

-Muijs, D. (2004). *Doing quantitative research in education with spss.* London: Sage Publications, Inc.

-Nolet, V. (2009). Preparing sustainability literate teachers. *Teachers College Record, 111*(2), 409-442.

-Roberts, D. (2007). Scientific literacy/science literacy: Threats and opportunities. In: S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*, 729-780. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

-Salonen, A. (2010). *Sustainable development as a challenge in a welfare society of globalizations.* Helsinki: University Press.

-Santone, S. (2004). Education for sustainability. *Educational Leadership, 61*(4), 60-63.

-Santone, S. (2010). Greening the curriculum. *School Administrator, 67*(7), 7-8.

-Santone, S., Saunders, S. & Seguin, C.K. (2013). Education for sustainability: A Transformative paradigm for teacher education. *Creative Change, Educational Solutions,* 1-28. Retrieved June/20/2016, from http://www.creative change. net.

-Shah, S.B. & Sharma, R. (2014). Chemical management practices of basic science teachers. *Journal of Social Science for Policy Implications, 2*(3), 61-85.

- Shah, S.B. & Sharma, R. (2015). Chemical literacy: Fiji's basic science teachers' professional practice in chemical management. *Fijian Studies, 11*(2), 141-162.

-Shwartz, Y. (2004). *Chemical literacy: Defining it with teachers, and assessing its expression at the high-school level*. PhD dissertation, Department of Science Teaching, The Weizmann Institute of Science.

-Shwartz, Y., Ben-Zvi, R. & Hofstein, A. (2005). The importance of involving high school chemistry teachers in the process of defining the operational meaning of chemical literacy. *International Journal of Science Education, 27*(3), 323-344.

-Shwartz, Y., Ben-Zvi, R. & Hofstein, A. (2006a). Chemical literacy: What does this mean to scientists and school teachers? *Journal of Chemical Education, 83*(10), 1557-1561.

-Shwartz, Y., Ben-Zvi, R. & Hofstein, A. (2006b). The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school students. *Chemistry Education Research and Practice, 7*(4), 203-225.

-Shwartz, Y., Dori, Y.J. &Treagust, D.F. (2013). *How to outline objectives for chemistry education and how to assess them teaching chemistry –A study book*, 37-65. Netherlands: Springer.

-Sobel, D. (2005). *Place-based education: Connecting classrooms and communities*. Great Barrington, MA: The Orion Society.

-Sterling, S. (2004). An analysis of sustainability education internationally: Evolution, interpretation, and transformative potential. In: J. Blewitt & C. Cullingford (Eds.), *The sustainability curriculum: The challenge for higher education*, 43-62. London: Earthscan.

-Stolz, M., Marks, R., Witteck, T. & Eilks, I. (2013). Reflecting socio-scientific issues for science education coming from the case of

curriculum development on doping in chemistry education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technological Education, 9*, 273-282.

-Teksoz, G., Sahin, E. & Ertepinar, H. (2010). A new vision for chemistry education students: Environmental education. *International Journal of Environmental & Science Education, 5*(2), 131-149.

-Tsaparlis, G. (2000). The states of matter approach (SOMA) to introductory chemistry. *Chemistry Education Research and Practice, 1*(1), 161-168.

-UNESCO. (2005a). *World decade of education for sustainable development*. Retrieved June/26/2016, from http://www.unesco. org/new/en/education/themes/leading-the-international-agenda/ education-for-sustainable-development/.

-UNESCO. (2005b). *Teaching and learning for a sustainable future-a multimedia teacher education programme*. Retrieved June/26/2016, from http://www.unesco.org/education/tlsf/ index.htm.

-UNESCO. (2005c). *Guidelines and recommendations for reorienting teacher education to address sustainability*. Retrieved June/26/2016, from http://www.unesco.org/ images/ 0014/001433/143370e.pdf.

-UNESCO. (2006). *International implementation scheme*. Retrieved June/26/2016, from http://www.unesco.org/images /0014/001486/ 148654e.pdf.

-Van Eijck, M. & Roth, W.M. (2007). Improving science education for sustainable development. *PLoS Biology, 5*, 2763-2769.

-Warner, J.C., Cannon, A.S. & Dye, K.M. (2004). Green chemistry. *Environmental Impact Assessment Review*, 24, 775-799.

-Wheeler, K. (2000). Sustainability from five perspectives. In: K.A. Wheeler & A.P. Bijur (Eds.), *Education for sustainable future,* 26. New York: Kluwer.

-Yasar, M.D. & Sozbilir, M. (2012). Teachers' views about 2007 chemistry curriculum and problems encountering during the implementation: The case of Erzurum. *Erzincan Universitesi Egitim Fakultesi Dergisi, 14*(2), 359-392.