فاعلية استخدام مدخل تفكير النظم Systems thinking في تعلم الكيمياء لتنمية مهارات التفكير عالي الرتبة لدى طلاب شعبة الكيمياء في كليات التربية.

د/ دعاء سعيد محمود إسماعيل*

المستخلص

هدف البحث الحالي إلى تحديد فاعلية استخدام مدخل تفكير النظم Systems thinking في تعلم الكيمياء لتنمية مهارات التفكير عالي الرتبة لدى طلاب شعبة الكيمياء في كليات التربية؛ ولتحقيق ذلك تم تحديد مهارات التفكير عالي الرتبة التي ينبغي تنميتها، وإعداد اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء، وبناء موضوعات الكيمياء البيئية وفقا لمدخل تفكير النظم، وإعداد دليل المحاضر لتدريس الموضوعات وفقا لمدخل تفكير النظم. وتم تطبيق اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة على مجموعة الدراسة التي تضمنت ٤٣ طالب وطالبة من طلاب الفرقة الثالثة شعبة الكيمياء بكلية التربية جامعة بنها، ثم تدريس موضوعات في الكيمياء البيئية وفقاً لمدخل تفكير النظم وبعد الانتهاء تم تطبيق الاختبار بعدياً. وأوضحت نتائج البحث وجود فرق دال إحصائيا عند مستوى دلالة ٠.٠١ بين متوسط درجات التطبيق القبلي والتطبيق البعدي للمهارات الفرعية التي يتضمنها اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء وكذلك الدرجة الكلية. ووجود فرق دال إحصائيا عند مستوى دلالة ٠.٠١ بين متوسط درجات التطبيق القبلي والتطبيق البعدي للمهارات الرئيسة وكذلك الدرجة الكلية لاختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء. وفاعلية استخدام مدخل تفكير النظم في تعلم الكيمياء لتنمية مهارات التفكير عالي الرتبة لدى طلاب شعبة الكيمياء في كليات التربية.

الكلمات المفتاحية : مدخل تفكير النظم ، مهارات التفكير عالي الرتبة، تعلم الكيمياء

مقدمة:

يستخدم مصطلح "تفكير النظم" كاسم عام لمجموعة واسعة من الظواهر وليس كمفهوم محدد. وفقًا لما قاله سينج، فقد تم شرح التفكير في النظم على أنه "نظام لرؤية الكليات wholes ". وأخذ وجهات نظر متعددة في الاعتبار عند تفسير النظام، وكذلك الترابطات والتأثيرات المتبادلة بين أجزائه **(Kordova, & Frank, 2018,303)** .

وتفكير النظم هو وسيلة البشر لفهم النظم، حيث يعرف النظام بأنه تجميع يربط العناصر المتفاعلة أو المترابطة أو المتداخلة وظيفيًا والتي تشكل كلاً معقدًا. وتندرج مجموعة متنوعة لا حصر لها من الأنظمة تحت هذا التعريف، وتشمل النظم الطبيعية مثل: جسم الإنسان، والأرض، والفضاء، وأنظمة من صنع الإنسان

*مدرس المناهج وطرق تدريس الكيميا بقسم المناهج وطرق التدريس وتكنولوجيا التعليم كلية التربية جامعة بنها
البريد الالكتروني : doaa.elrahman_said@yahoo.com

تتراوح من رقائق صغيرة عالية التقنية إلى تكتلات تجارية عالمية، والأنظمة النظرية مثل الأخلاق والسياسة، وأكثر من ذلك بكثير. ومن ثم فمن الأهمية بمكان التأكيد على أن تفكير النظم يفحص الأنظمة بشكل كلي فلا يحاول تقسيم الأنظمة إلى أجزاء لفهمها بدلاً من ذلك؛ حيث يركز الانتباه على كيفية عمل الأجزاء المكونة للنظام معًا في شبكات التفاعلات، وكذلك حول كيفية عمل الأنظمة بمرور الوقت وفي سياق الأنظمة الأكبر. وبعبارة أخرى يوفر تفكير الأنظمة وسيلة لرؤية النظام على أنه تركيبة متكاملة ومعقدة للعديد من المكونات المترابطة التي تحتاج إلى العمل معًا لكي يعمل الكل بكامله بنجاح.**-9 :Shaked & Schechter, 2017) 10)**

ويتعامل تفكير النظم مع التعرف على الأنماط والعلاقات المتبادلة وتعلم كيفية هيكلة تلك العلاقات في طرق أكثر فعالية في التفكير. **(Vachliotis, Salta, & Tzougraki, 2014, 240)** حيث تؤكد مداخل تفكير النظم على ترابط مكونات الأنظمة الديناميكية وتفاعلاتها مع الأنظمة الأخرى، بما في ذلك النظم الاجتماعية والبيئية. وغالبًا ما تتضمن مثل هذه المداخل تحليل السلوك الناشئ، وهو كيف يتصرف النظام ككل بطرق تتجاوز ما يمكن تعلمه من دراسة المكونات المعزولة لهذا النظام. وتعمل العمليات والتفاعلات الكيميائية، في الطبيعة والصناعة على حد سواء كأجزاء من الأنظمة المعقدة والديناميكية والمترابطة. ويمكن أن تكون أنظمة الكيمياء والأنظمة الفرعية صغيرة وموضوعية (تشبه إلى حد كبير التفاعل في قارورة المختبر)، أو كبيرة ومنتشرة (كما هو الحال في توزيع ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للأرض والغلاف المائي والمحيط الحيوي). علاوة على ذلك، تتفاعل أنظمة الكيمياء ومكوناتها مع العديد من الأنظمة الأخرى بما في ذلك البيئة المحيطة؛ مما يؤدي إلى تأثيرات مفيدة وضارة على الأنظمة البيولوجية والإيكولوجية والفيزيائية والمجتمعية وغيرها.**(Mahaffy, Krief, Hopf, Mehta & Matlin, 2018,1)**

ولقد حان الوقت لإعادة توجيه تعلم الكيمياء من خلال تفكير النظم؛ حيث يقدم تفكير النظم فرصًا لتحفيز طلاب المرحلة الثانوية والجامعية على ربط دراستهم للكيمياء بالمسائل المهمة في حياتهم. وتوسيع نطاق فهم الطلاب للكيمياء إلى أبعد مما يمكن تحقيقه من خلال التعلم عن بُعد. علما بأن مثل هذا التغيير من شأنه أن يعزز فهم مفاهيم ومبادئ الكيمياء من خلال دراستهم في السياقات الغنية. ويشمل ذلك تطوير أوجه التقدير لمكانة علم الكيمياء في العالم الأوسع من خلال تحليل الروابط بين النظم الكيميائية والأنظمة الفيزيائية والبيولوجية والإيكولوجية والبشرية وأهمية الكيمياء كعلم يعمل لصالح المجتمع والتنمية المستدامة. **(Mahaffy, Krief, Hopf, Mehta & Matlin, 2018,1,2)**

كما يسعى مدخل تفكير النظم إلى توسيع نطاق تعلم الطلاب إلى ما بعد المفاهيم والنظريات الكيميائية لتطوير فهم الترابط بين النظم الفيزيائية والبيولوجية والبيئية، وفهم الطبيعة متعددة التخصصات، والربط من هذه النظم أمر بالغ الأهمية لحل العديد من المشاكل العالمية. ومن ثم توثيق الحاجة الماسة لإصلاح مناهج الكيمياء. وخاصة مع تزايد عدد التحديات العالمية المتعلقة بالبيئة والمياه والصحة العامة والطاقة والمرض. **(Nagarajan, & Overton: 2019,2901)**

وقد تم تطبيق مداخل تفكير النظم لبعض الوقت في تعليم العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM) لتعليم الهندسة وعلوم الأرض وعلوم البيئية، وبعض مجالات علوم الحياة؛ حيث إن إمكانات هذه

الأساليب تم توظيفها لتعليم الكيمياء. **(Flynn, Orgill, Ho, York, Matlin, Constable, & Mahaffy, 2019,3001).**

وأطلق الإتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية The International Union of Pure & Applied Chemistry (IUPAC) مشروعًا عالميًا في عام ٢٠١٧ لإدخال تفكير النظم في تعليم الكيمياء، مدفوعًا جزئيًا بالرغبة في مساعدة الكيميائيين والمواطنين على معالجة التحديات العالمية المعقدة التي تواجهها المجتمعات حاليًا بشكل أفضل. ومن إحدى النتائج الهامة لهذا المشروع[‡] هو هذا العدد الخاص من Journal of Chemical Education، والذي يوفر نقطة مرجعية رئيسية للأدبيات الناشئة بسرعة حول دمج تفكير النظم في تعليم الكيمياء STICE ، بما في ذلك تطبيق الكيمياء الخضراء والمستدامة وتتضمن نتائج المشروع (STICE) حتى الآن مراجعة مناهج تفكير النظم في مجالات STEM ، وصياغة إطار عمل، وتحديد جوانب نظريات التعلم ذات الصلة بمهارات التفكير في نظم التعلم في الكيمياء، واستخدام مداخل تفكير النظم لدمج مفاهيم الكيمياء الخضراء والاستدامة في الجامعة- مستوى فصول الكيمياء، وتحديد الاعتبارات لتقييم تفكير النظم في تعليم الكيمياء. **(Flynn, Orgill, Ho, York, Matlin, Constable, & Mahaffy, 2019,3000).**

ويمثل تفكير النظم مدخل شامل لفحص المشكلات والنظم المعقدة التي تركز على التفاعلات بين مكونات النظام والأنماط التي تظهر من تلك التفاعلات. ويمكن أن يساعد تفكير النظم الطلاب على تطوير مهارات التفكير عالي الرتبة من أجل فهم ومعالجة مشاكل العالم الواقعي المعقدة والمتعددة التخصصات؛ و بسبب هذه الفوائد المحتملة كانت هناك جهود كثيرة لدعم تنفيذ مدخل تفكير النظم في الكيمياء، كما صدر العدد الخاص من مجلة التعليم الكيميائي: إعادة تصور تعليم الكيمياء: التفكير النظم والكيمياء الخضراء والمستدامة". **(York, Lavi, Dori, & Orgill,2019, 2742)**

وقد أجريت عدة مؤتمرات[§] اهتمت بتفكير النظم Systems Thinking منها: المؤتمر القومي العشرون National Quality in Education Conference: Systems Thinking Helps Prepare Students for College and Careers المنعقد في ١١ – ١٢ نوفمبر ٢٠١٢ في حياة ريجنسي، لويزفيل الذي اهتم بالتطوير من خلال مدارس الجودة، والفصول الدراسية، والتفكير في النظم. ومؤتمر تفكير النظم والنمذجة الديناميكية Systems Thinking and Dynamic Modeling Biennial Conference المنعقد في ٣٠ يونيو – ٢ يوليو في ٢٠١٨ ,WELLESLEY, MA، حيث اهتم باستكشاف نظم التفكير والنمذجة الديناميكية في التعليم K-12 والمؤتمر في الهندسة الصناعية وإدارة الهندسة 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) المنعقد في ١٦ – ١٩ ديسمبر ٢٠١٨ في بانكوك، تايلند الذي اهتم بمفهوم تعليم تفكير النظم، والمؤتمر الدولي الرابع عشر حول تعليم النظم من أجل كوكب مستدام والتفكير في النظم ICSESPST 2020: 14. International Conference on Systems Education for a Sustainable Planet

[‡] IUPAC Systems Thinking in Chemistry Education (STICE)
[§]تمت الاشارة إلى مواقع ومراجع المؤتمرات بقائمة المراجع بنهاية البحث

and Systems Thinking الذي سينعقد في ١٧ -١٨ يوليو ٢٠٢٠ في هلسنكي، فنلندا، المؤتمر الدولي الرابع عشر تفكير النظم والسلوك الديناميكي International Conference on Systems Thinking and Dynamic Behavior الذي سينعقد في ٦ – ٧ أغسطس ٢٠٢٠ في فانكوفر، كندا، والمؤتمر الدولي الخامس عشر في تفكير النظم وتفكير التصميم في الأنظمة International Conference on Systems Thinking and Design Thinking for Systems الذي سينعقد في ١٦ – ١٧ أغسطس ٢٠٢١ في برشلونة ، أسبانيا، والمؤتمر الدولي السادس عشر الذي سينعقد في ١٦ – ١٧ أغسطس ٢٠٢٢ في برشلونة، أسبانيا، والمؤتمر الدولي الخامس عشر تفكير النظم والتعليم ICSTE 2021: 15. International Conference on Systems Thinking in Education الذي سينعقد في ١٥ – ١٦ أبريل ٢٠٢١ في كب تاون، جنوب إفريقيا، وفي ٢٧ – ٢٨ سبتمبر ٢٠٢١ في إسطنبول، تركيا، والمؤتمر الدولي السادس عشر تفكير النظم والتعليم ICSTE 2022: 16. International Conference on Systems Thinking in Education الذي سينعقد في ١٥ – ١٦ أبريل ٢٠٢٢ في كب تاون، جنوب إفريقيا، وفي ٢٧ – ٢٨ سبتمبر ٢٠٢٢ في إسطنبول، تركيا.

كما أكدت الأدبيات الأوسع في التدريس والتعلم على أهمية تطوير مهارات التفكير عالي الرتبة عمدًا؛ حيث إنها تعتبر ضرورة لتمكين الطلاب من نقل معارفهم بسهولة أكبر عبر المقررات الدراسية والأهم لتطبيق الكيمياء على المواقف الجديدة. **(Toledo, & Dubas, 2016, 64)**

وترتبط جودة الجيل القادم بمهارات التفكير عالي الرتبة (HOTS)؛ حيث إنها تسهم في تحسين قدرة الشخص على إتخاذ القرارات وحل المشكلات والتفكير النقدي والإبداعي. ولذلك تعتبر أنشطة مهارات التفكير عالي الرتبة مهمة جدًا ومناسبة ليتم تطويرها للطلاب حتى يتمكنوا من مواجهة مشاكل الحياة الحقيقية والمعقدة وتوجيههم إلى الحلول المناسبة. فمهارات التفكير عالي الرتبة تنطوي على التفكير بمستوى أعلى وهو التحليل والتقييم والإبداع. بالإضافة إلى ذلك يمكن لمهارات التفكير عالي الرتبة تطوير مهارات التفكير النقدي والقدرة على التفكير الإبداعي حتى يتمكن الطلاب من حل المشكلات بشكل مستقل في حياتهم وخاصة حل مشكلة العلوم الطبيعية بما في ذلك الكيمياء. حيث أنها تعد أحد المواد التي تتطلب لمهارات التفكير عالي الرتبة؛ لأنها الكيمياء مع المفاهيم المجردة وتتضمن معادلات التفاعل والحسابات الرياضية. **(Risna, Hasan, & Supriatno, 2020, 1,2)**

يستخدم التفكير عالي الرتبة التفكير على نطاق واسع للعثور على تحدٍ جديد؛ حيث يتطلب التفكير عالي الرتبة من الشخص تطبيق معلومات أو معرفة جديدة حصل عليها ومعالجة المعلومات للوصول إلى إمكانية الإجابة في موقف جديد. ويحدث التفكير عالي الرتبة عندما يتمكن الطلاب من ربط تعلمهم بعناصر أخرى غير تلك التي تم تعلمها في سياقات جديدة **(Kusuma, Rosidin, Abdurrahman, & Suyatna, 2017,26)**

ويتضمن تعلم الكيمياء أنماطًا وأنشطة وقدرات تفكير متنوعة، يتم دمجها لفهم طبيعتها. علاوة على ذلك ترتبط المفاهيم المختلفة بعضها ببعض بشكل كبير؛ حيث يتطلب فهمها معرفة مسبقة من أجل الانتقال من مستوى أو مفهوم إلى مستوى آخر، أو حتى لفهم مفهوم بسيط. كما تشتمل الكيمياء على مفاهيم عالية الرتبة تتطلب من الطلاب تطبيق قدرات التفكير عالي الرتبة؛ وذلك لأن بناء هذه المفاهيم يستلزم تنسيق عدد كبير

من المعلومات المنفصلة. وهكذا سيجد الطلاب أن الكيمياء هي واحدة من أصعب المواد في المستوى الثانوي أو الجامعي. وفي هذا الصدد يجب معالجة ذلك وتقييم تطور مهارات التفكير العليا في الكيمياء بحكمة من خلال التدريس والتعلم المخطط له جيدًا، وكذلك في تقييم الفصول الدراسية. **(Jumahat, Nagappan, Nordin, Hussien, & Othman, 2016, 165,166)**

كما أفادت العديد من الدراسات أن الضعف في إتقان المفاهيم الأساسية هو المشكلة الرئيسية للطلاب الذين يتعلمون الكيمياء لذلك يمكن تحسين تطوير الفهم في الكيمياء ومهارات التفكير عالي الرتبة إذا تمت معالجة مشكلة ضعف التمكن من المفاهيم الأساسية. وبالتالي فإن التركيز على مساعدة الطلاب على بناء فهم جيد للمفاهيم الأساسية أمرًا ذو أهمية كبيرة ويجب توسيع نطاقه لضمان إمكانية تحقيق تطوير مهارات التفكير عالي الرتبة لدى الطلاب. **(Ghani, Ibrahim, yahaya & surif, 2017,850)**

كما أثرت أهمية مهارات التفكير عالي الرتبة على تطوير التعلم في حل المشكلات في مادة الكيمياء بشكل موضوعي دون تجاهل النظرية المعرفية الأساسية؛ ومن ثم يمكن دعم الطلاب للمشاركة في مهارات التفكير عالي الرتبة، حيث يمكنهم من فهم المادة وتصميمها اعتمادا على احتياجات الطلاب. كما أن هناك حاجة ملحة إلى مهارات التفكير عالي الرتبة لمعلمي الكيمياء قبل الخدمة قبل الحصول على ممارسة تدريس حقيقة في المدارس و خاصة في التدريس المصغر الذي سوف ينظم في فصل صغير من خلال تدريب على الكفاءات الأساسية للتدريس حتى يتمكن معلمو ما قبل الخدمة من فهم كل مكون بشكل شامل في موقف تعلم بسيط. **(Yunita, Supriyati, & Hariwibowo, 2019,1,2)**

ومن مظاهر الاهتمام بالتفكير عالي الرتبة وجود العديد من المؤتمرات** التي اهتمت بتنمية مهارات التفكير عالي الرتبة منها: المؤتمر الدولي في التعليم في المجتمع الإسلامي International Conference on Education in Muslim Society (ICEMS 2017) المنعقد في أكتوبر ٢٠١٧ ، والمؤتمر الدولي السادس لبحوث التصميم في جنوب شرق آسيا The 6th South East Asia Design Research International Conference (6th SEA-DR IC) المنعقد في ٢٧- ٢٨ يونيو ٢٠١٨ ، في إندونيسيا Indonesia ، مؤتمر التفكير عالي الرتبة وفرص التمويل Higher order thinking (hot) approach conference and funding opportunity المنعقد في ١٨ – ١٩ أكتوبر ٢٠١٩ في تورينجتون Torrington

وأجريت العديد من الدراسات التي اهتمت بتنمية مهارات التفكير عالي الرتبة في مادة الكيمياء لدى مراحل التعليم المختلفة؛ ففي المرحلة الإعدادية أجريت عدة دراسات لتنمية مهارات التفكير عالي الرتبة منها: دراسة (أحمد، ٢٠١٣) و (Younis, 2017)، وفي المرحلة الثانوية أجريت دراسات منها: **(علي، ٢٠١٢)، (Abir & Dori, 2013)، (الشهري & غنام، ٢٠١٧)، (سيد، ٢٠١٩)، (Prayitno, Suciati, & Titikusumawati, 2018)، (Verdina, Gani, & Sulastri, 2018)**

وفي المرحلة الجامعية منها: دراسة **(Aksela, 2005)، (Madhuri, Kantamreddi, & Prakash Goteti, 2012)، (Eklund, & Prat – Resina, 2014)، (Toledo, & Dubas,**

**تم توثيق تلك المؤتمرات في قائمة مستقلة في مراجع البحث

(Risna, Hasan, & Supriatno, ،(Fishovitz, Crawford, & Kloepper, 2020) ،2016) 2020) وأكدت تلك الدراسات على ضرورة الاهتمام بتنمية مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء بالمرحلة الجامعية.

واهتمت بعض الدراسات بإعداد مقاييس واختبارات لقياس التفكير عالي الرتبة في الكيمياء مثل: **(Jumahat, Nagappan, Nordin, Hussien, & Othman, 2016)** وبعضها اهتم بقياس مدى اهتمام الامتحانات بتضمين مهارات التفكير عالي الرتبة مثل دراسة **(Fensham, & Bellocchi, 2013)**

وتم إجراء دراسة استطلاعية لقياس مستوى طلاب الفرقة الثالثة شعبة الكيمياء بكلية التربية ببنها في مهارات التفكير عالي الرتبة من خلال تطبيق مقياس كاليفورنيا لمهارات التفكير الناقد (تعريب: حامد البنا، عبد العال عجوة) على مجموعة من الطلاب وعددها ٧٦ طالب بالفرقة الثالثة شعبة الكيمياء بكلية التربية ببنها والذي يقيس مهارات (التحليل والتقويم والاستنتاج والاستدلال الاستقرائي والاستدلال الاستنباطي) وأوضحت النتائج أن متوسط درجات الطلاب10.44 (الدرجة الكلية للمقياس ٣٤) أي بنسبة ٣٠% وبذلك توصلت نتائج الدراسة الاستطلاعية إلى تدني مستوى مهارات التفكير عالي الرتبة لدى الطلاب

مشكلة البحث:

تمثلت مشكلة البحث في تدني مهارات التفكير عالي الرتبة لدى طلاب شعبة الكيمياء بالفرقة الثالثة بكلية التربية وللتصدي لتلك المشكلة حاول البحث الحالي الإجابة عن السؤال الرئيسي الآتي.

ما فاعلية استخدام مدخل تفكير النظم في تعلم الكيمياء على تنمية مهارات التفكير عالي الرتبة لدى طلاب شعبة الكيمياء في كليات التربية؟

وتفرع من السؤال الرئيس التساؤلات الفرعية الآتية:

- ما مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء اللازمة لطلاب شعبة الكيمياء بكليات التربية؟
- ما فاعلية استخدام مدخل تفكير النظم في تعلم الكيمياء على تنمية مهارات التفكير عالي الرتبة لدى طلاب شعبة الكيمياء في كليات التربية؟

أهداف البحث:

هدف البحث الحالي إلى:

- تحديد مهارات التفكير عالي الرتبة اللازم تنميتها عند تعلم الكيمياء لدى طلاب الكيمياء بكليات التربية.
- توظيف مدخل النظم في تدريس موضوعات الكيمياء لطلاب شعبة الكيمياء بكليات التربية.
- بحث تأثير استخدام مدخل تفكير النظم في الكيمياء على تنمية مهارات التفكير عالي الرتبة لدى طلاب شعبة الكيمياء في كليات التربية.

أهمية البحث:

تضمنت أهمية البحث الحالي:

- مساعدة أعضاء هيئة التدريس في بناء اختبارات مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء لطلاب شعبة الكيمياء بكليات التربية وتصميم مهام تعليمية لقياسها.
- إعداد كتاب طالب في ضوء مدخل تفكير النظم لمساعدة القائمين على تطوير برامج إعداد معلم الكيمياء في إعداد مقررات للكيمياء في ضوء مدخل النظم.
- إعداد دليل للمحاضر في ضوء مدخل تفكير النظم وتوضيح كيفية توظيفه لمساعدة القائمين على تطوير برامج إعداد معلم الكيمياء في توظيف مدخل النظم في الكيمياء

حدود البحث:

اقتصر البحث الحالي على:

- مجموعة من طلاب الفرقة الثالثة شعبة الكيمياء بكلية التربية جامعة بنها للعام الجامعي ٢٠١٩/٢٠٢٠.
- مجموعة من موضوعات الكيمياء البيئية التي تم تقديمها وفقاً لمدخل النظم.
- مهارات التفكير عالي الرتبة الأكثر تكراراً في تصنيفات مهارات التفكير عالي الرتبة كما تم تعينها في إجراءات البحث وهي (التحليل، الشرح، التفسير، الاستدلال، والتقويم، والإبداع).

مصطلحات البحث:

تفكير النظم: التفكير بمنهجية وإيلاء الاهتمام لعمليات التفاعل الديناميكية، وغالبًا ما تكون غير خطية أو عشوائية بين الموارد والبيئة التي يعمل بها النظام ويركز تفكير النظم على الكل، وكذلك الأجزاء، لتشكيل فهم أكثر اكتمالا للنظام.**(Vachliotis, Salta, & Tzougraki, 2014, 243)**

مدخل تفكير النظم في الكيمياء: "القدرة على فهم وتفسير النظم المعقدة" ويتضمن ذلك تصور الترابطات والعلاقات بين أجزاء النظام؛ فحص السلوكيات التي تتغير بمرور الوقت؛ ودراسة كيفية ظهور الظواهر على مستوى الأنظمة من التفاعلات بين أجزاء النظام ". على أساس استخدامها في سياقات تعليمية أخرى. **(Orgill, York, & Mackellar, 2019, 2723, 2724)**

مهارات التفكير عالي الرتبة: هي العمليات التي تحدث أثناء حصول المتعلم على معلومات جديدة بالإضافة إلى المعلومات المخزنة بالفعل في الذاكرة لديه؛ حيث يقوم المتعلم بربطها ببعضها البعض ويعمل على إعادة تنظيم هذه المعلومات وتطويرها من أجل تحقيق هدف ما أو التوصل إلى حلول لمواقف محيرة. **(polly&ausband, 2009,29)**

وعرفها البحث الحالي بأنها قدرة المتعلم على توظيف مجموعة من العمليات العقلية المعقدة مثل: التحليل والاستدلال والشرح والتفسير والتقويم والابداع أثناء تنفيذ بعض المهام أو بهدف الوصول إلى حلول ممكنة للمشكلات التي يواجهها والوصول إلى انتاجات جديدة مبتكرة. وتقاس بالدرجة التي يحصل عليها الطالب في اختبار مهارات التفكير العليا في الكيمياء المعد لذلك.

فروض البحث:

- الفرض الأول " لا يوجد فرق دال إحصائيا عند مستوى دلالة ٠.٠١ بين متوسط درجات التطبيق القبلي والتطبيق البعدي للمهارات الفرعية التي يتضمنها اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء وكذلك الدرجة الكلية ".
- الفرض الثاني " لا يوجد فرق دال إحصائيا عند مستوى دلالة ٠.٠١ بين متوسط درجات التطبيق القبلي والتطبيق البعدي للمهارات الرئيسة وكذلك الدرجة الكلية لاختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء".

مواد وأدوات البحث:

- اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء.
- وحدة الكيمياء البيئية وفقاً لمدخل تفكير النظم.
- دليل المحاضر لتوضيح كيفية توظيف مدخل تفكير النظم في الكيمياء.

تفكير النظم Systems Thinking

يستخدم تفكير النظم Systems Thinking الأطر والاستراتيجيات والأدوات المعرفية لبناء تصور ذهني للترابطات والعلاقات بين مكونات الأنظمة المعقدة والديناميكية مع دراسة كيفية تغير النظام بمرور الوقت وما يحدث من ظواهر كنتيجة للتفاعل بين أجزاء ومستويات الأنظمة. ويمكن تطبيق تفكير النظم في السياقات التعليمية؛ لأنه يمكن لمدخل تفكير النظم في تعليم الكيمياء أن: **(Hurst, 2020:3)**

- يساعد الطلاب على تطوير مهارات التفكير العليا من أجل معالجة المشكلات الواقعية المعقدة ومتداخلة التخصصات.
- يسهم في تحول الطلاب عن الفهم المعزول والمختزل للموضوع إلى تحليل أكثر تكاملاً وشمولية للمشكلات من خلال تقدير الروابط ذات الصلة والتنبؤ بمخرجات النظام.
- يزود الأجيال القادمة بالمهارات اللازمة لتلبية أهداف التنمية المستدامة في جميع مستويات تعليم الكيمياء مما يجعل الحياة على الكوكب أكثر استدامة.

وتحتوي الكيمياء على مجموعة متنوعة غنية من هذه النظم، حيث إنها تتعامل مع أصغر الجزيئات التي تتجمع لتكوين أخرى. ويوجد في الكيمياء العضوية أكثر من ٦٠ مليون مركب عضوي نتيجة لقدرة الكربون على تشكيل سلاسل مختلفة: مفتوحة (مستقيمة ومتفرعة) وأخرى مغلقة أو حلقية. ومن ثم يجب ملاحظة كل مركب كمفهوم ذو خواص محددة مثل: (الصيغة الجزيئية، الصيغة البنائية، المجموعة الفعالة (الوظيفية)، التسمية، الخواص الفيزيائية، التفاعلية)، والتي تميز هذا المركب عن غيره من المركبات الأخرى، وكما أن كل مركب وعلاقته بمفاهيم أخرى يكون شبكة معقدة من المفاهيم والتي تشكل أنظمة معقدة. ويعتمد وصف النظم المعقدة في الكيمياء العضوية بشكل كبير على تنظيم وديناميكية العديد من النظم الفرعية (مثل الاتزان الكيميائي في التفاعلات العضوية). ومن ثم يجب الاعتماد على التفكير بمنهج النظم. **(Hrin, Milenkovi´c, Segedinac & Horvat, 2017, 176)**

ويلاحظ ميكنامارا McNamara أن المدخل النظامي Systemic approach كمدخل منهجي Methodological approach يستهدف بحث المواقف المعقدة، ويركز على بحث العلاقات بين الأجزاء

التي تشكل وحدة عالمنا. والبنية المركزية في مدخل النظم هي فكرة النظام. حيث يشير معنى النظام عمومًا إلى الكل المعقد (الكل المركب) للأجزاء ذات الصلة أو أي مجموعة أخرى من المكونات التي تشتمل على الكل. **(Vachliotis, Salta, & Tzougraki, 2014, 242)**

وتوفر معظم مداخل النظم systems approach نظرية a theory ومنهجية a methodology للتعامل مع القضايا أو المشكلات النظامية systemic issues or problems وطريقة للتفكير أيضًا، تسمى التفكير في النظم. **(Vachliotis, Salta, & Tzougraki, 2014, 242)**

مفهوم تفكير النظم:

يمثل تفكير النظم وسيلة للتفكير في أنظمة من جميع الأنواع. كما أنه ليس نظاما معرفياً منفصلاً له حدود محددة ولكنه يشتمل على إطار عمل مفاهيمي متعدد التخصصات an interdisciplinary conceptual framework يمكن تكييفه مع مجموعة واسعة من المجالات بشكل استثنائي. هذه المرونة والتنوع في تفكير الأنظمة، أدى إلى مجموعة واسعة من التعريفات. حيث لا يوجد تعريف واحد متفق عليه لتفكير النظم. حتى أن Forrester (١٩٩٤) إدعى أن "تفكير النظم أصبح يعني أكثر من مجرد التفكير في الأنظمة، والحديث عن الأنظمة، والاعتراف بأن الأنظمة مهمة. وبعبارة أخرى، فإن التفكير في النظم ينطوي على وعي عام إلى حد ما بالأنظمة superficial awareness of systems ". **(Shaked & Schechter, 2017: 10)**

يعرف سينج Senge تفكير النظم بأنه إطار لرؤية الكل Wholes. إنه إطار لرؤية العلاقات المتبادلة بدلاً من الأشياء، ولرؤية أنماط التغيير بدلاً من "لقطات سريعة" ساكنة. إنه مجموعة من المبادئ العامة ... وهو أيضًا مجموعة من الأدوات والتقنيات المحددة. ويعرفه ريتشموند Richmond بأنه فن وعلم صنع استنتاجات موثوقة حول السلوك من خلال تطوير فهم عميق بشكل متزايد للبنية الأساسية. **(Shaked & Schechter, 2017: 10)**

وعرف كل من Reisman and Oral (٢٠٠٤) تفكير النظم على أنه "... التفكير بمنهجية وإيلاء الاهتمام لعمليات التفاعل الديناميكية، وغالبًا ما تكون غير خطية أو عشوائية، بين الموارد والبيئة التي يعمل بها النظام". في حين وصف كابريرا وآخرون Cabrera et al (٢٠٠٨) أنظمة التفكير باعتبارها مزيجًا غامضًا وغير متسق ومتعدد التخصصات من المنطق والطرق والفلسفات والمنظورات perspectives.. واقترح كابريرا Cabrera أن التفكير في النظم يركز على الكل، وكذلك الأجزاء، لتشكيل فهم أكثر اكتمالا للنظام. **(Vachliotis, Salta, & Tzougraki, 2014, 243)**

ووفقاً لرؤية Ossimitz (2000) يتضمن تفكير النظم أربعة أبعاد مركزية: ١) التفكير الشبكي (التفكير في حلقات التغذية الراجعة (thinking in feedback loops) network thinking، (٢) التفكير الديناميكي dynamic thinking (المحاسبة بفاصل زمني)، (٣) التفكير في نماذج thinking in models، و (٤) النظام عمل متوافق system-compatible action. وهذه الجوانب ليست مستقلة عن بعضها البعض. من الناحية التجريبية. كما توجد أدلة على العلاقة بين التفكير الموجه بالنظم والتحكم في العمل وكذلك لاستقلالية هذه الجوانب. ويمكن النظر إلى أنظمة التفكير على أنها القدرة على التعرف والوصف وبناء

النماذج للجوانب المعقدة للواقع والقدرة على تحديد العناصر المهمة للنظام والترابط المتنوع بين هذه العناصر. والتعرف على أبعاد ديناميكيات الوقت لبناء نموذج داخلي للواقع وإجراء توقعات على أساس هذا النموذج **(Riess, & Mischo, 2010, 707)**

مزايا تفكير النظم System thinking attributes

هناك مجموعة من الأهداف التي يمكن تحقيقها لدى الطلاب من خلال تفكير النظم تتمثل في**:** **(Nagarajan, & Overton,: 2019,2901)**

١. اكتساب القدرة على تحديد مكونات النظام والعمليات داخل النظام
٢. تطور القدرة على تحديد العلاقات الديناميكية داخل النظام.
٣. تحديد العلاقات بين مكونات النظام
٤. تحديد كيفية تنظيم مكونات الأنظمة وعملياتها في إطار العلاقات.
٥. تطور القدرة على فهم الطبيعة الدورية cyclic nature للنظام.
٦. اكتساب القدرة على عمل التعميمات
٧. فهم الأبعاد الخفية للنظام
٨. التفكير، استرجاع الأحداث، والتعاون ووضع التوقعات.

تقييم التفكير في النظم

توجد عدة وسائل لتقييم التفكير في النظم منها:

- **أسئلة التقييم النظمي The systemic assessment questions (SAQs)**

أسئلة التقييم النظامي (SAQs) هي تقنيات خرائط مفاهيم يتم خلالها التقييم بطريقة منهجية؛ حيث يعتمد بناءها على فكرة أن الطلاب يمكن تسهيل فهم المعنى لديهم إذا تم النظر إلى مفاهيم العلوم على أنها أنظمة مغلقة ودورية ومتفاعلة ومتطورة، باعتبارها أعمدة ديناميكية ذات مغزى. لذا فإن مخطط SAQ يشجع تطوير تفكير النظم الذي قد يكون مرتبطًا بتعزيز الفهم ذي المعنى. وتطوير مهارات التفكير في النظم. كما تعد SAQs مناسبة لتقييم الفصول الدراسية، ويمكن استخدام المعلمين لها عمليًا وموضوعيًا، ولا يعتمدون على مهارات الطلاب الشفوية أو الكتابية.**(Vachliotis, Salta, & Tzougraki, 2014, 240)**

- وصفت دراسة **(York, Lavi, Dori, & Orgill, 2019, 2742)** الطرق التي استُخدمت لتقييم مهارات تفكير النظم في تعليم STEM. وهى: (أ) مقاييس التقييم assessment rubrics ، (ب) الأدوات مغلقة النهاية closed-ended tools ، و (ج) مخططات التشفير coding schemes ، ويكون لكل نوع من أدوات التقييم مزاياه وعيوبه الفريدة.

تفكير النظم في تعليم الكيمياء Systems Thinking in Chemistry Education

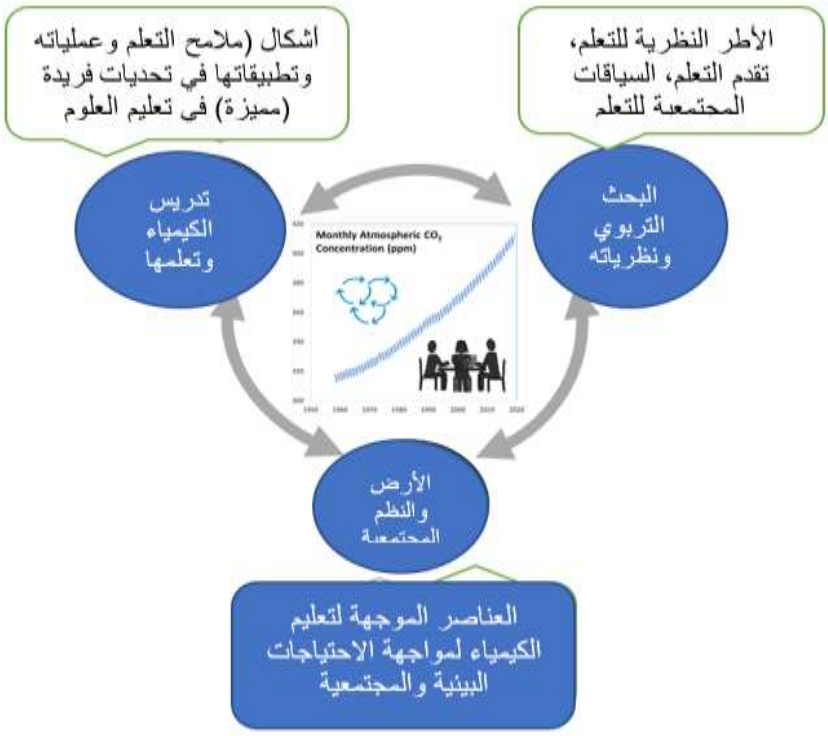
تم تحديد تطبيق مداخل تفكير النظم لتعليم الكيمياء كاستراتيجية مهمة لتسهيل الانتقال من الاختزال الصارم إلى نظرة أكثر شمولية لتعليم الكيمياء. كما تم تعريف تفكير النظم على أنه "القدرة على فهم وتفسير النظم المعقدة" ويتضمن "(١) تصور الترابطات والعلاقات بين أجزاء النظام؛ (٢) فحص السلوكيات التي تتغير بمرور الوقت؛ و(٣) دراسة كيفية ظهور الظواهر على مستوى الأنظمة من التفاعلات بين أجزاء

النظام ". على أساس استخدامها في سياقات تعليمية أخرى، وكما تُظهر مداخل تفكير النظم وعدًا عظيمًا بـ (أ) تعزيز معرفة الطلاب ومهاراتهم وقيمهم في الكيمياء من خلال التركيز على الترابط بين الظواهر الكيميائية المختلفة؛ (ب) تحسين معرفة الطلاب بتأثير الكيمياء على القضايا الكوكبية والمجتمعية؛ و(ج) إعداد الطلاب لإتخاذ قرارات مستنيرة ومعالجة التحديات العالمية المعقدة للقرن الحادي والعشرين. **(Flynn, Orgill, Ho, York, Matlin, Constable, & Mahaffy, 2019,3001).**

وهدفت دراسة **(Pazicni, & Flynn, 2019, 2752)** استكشاف تفكير النظم من منظور متعلم الكيمياء باستخدام أطر التعلم الحالية ذات الصلة بتعليم الكيمياء مثل نظرية معالجة المعلومات information processing theory، والتعلم ذي المعنى meaningful learning، والنظرية الاجتماعية والثقافية sociocultural theory، والتعلم ثلاثي الأبعاد three-dimensional learning. وهدفت وصف الفرص والتحديات المحتملة لتفكير النظم من منظور إطار التعلم باستخدام هذا التحليل، وتم تسليط الضوء على الفرص والتحديات التي تواجه توظيف أنظمة التفكير في تعليم الكيمياء؛ ولتحقيق ذلك تم تقديم تحليل نظري يوضح الفرص والتحديات التي يجب مراعاتها لتعلم الكيمياء باستخدام مدخل تفكير النظم.

وقد طور أعضاء فريق مشروع استخدام تفكير النظم في تعليم الكيمياء STICE إطارًا تصورياً لما يمكن أن يعنيه تفكير النظم في سياق تعليم الكيمياء كما بشكل (١). وتم تصور المتعلم في مركز النظام، مع ثلاث عقد مترابطة، أو أنظمة فرعية: أ) البحث العلمي والنظريات، والتي تركز على كيفية حدوث التعلم (بما في ذلك الأطر النظرية للتعلم، وتحسين التعلم، والسياقات الاجتماعية للتعلم). ب) تدريس وتعلم الكيمياء، والتي تركز على السمات الفريدة لعمليات التعلم، كما يتم تطبيقها على تحديات تعلم الكيمياء). ج) الأرض والأنظمة المجتمعية، والتي تركز على العناصر التي توجه الكيمياء نحو تلبية الاحتياجات المجتمعية والبيئية. **(Flynn, Orgill, Ho, York, Matlin, Constable, & Mahaffy, 2019,3001,3002).**

ويتجه مدخل تفكير النظم في تعليم الكيمياء إلى أبعد من توفير السياق في السعي لتحقيق رؤية أعمق. ترتبط الكيمياء ارتباطًا وثيقًا بالتخصصات العلمية الأخرى وغالبًا ما يشار إليها باسم "العلم المركزي" " the central science". ومع ذلك نادرًا ما تتيح مقررات الكيمياء التقليدية للطلاب الفرصة لاستكشاف واجهة الكيمياء the interface of chemistry والمفاهيم والتخصصات والقضايا العالمية الأخرى. بالإضافة إلى ذلك ونظرًا للمداخل الاختزالية المستخدمة غالبًا في تدريس الكيمياء وتقييمها، فكثرا ما يُنظر إلى نطاق العديد من مقررات الكيمياء على أنها "بعرض ميل وعمق بوصة". إلا أن مدخل التفكير النظم يمتلك القدرة على تقديم نظرة أكثر شمولية للكيمياء عند توظيفه في تكامل مع المناهج الدراسية. **(Pazicni, & Flynn, 2019, 2752)**



شكل (١) إطار لاستعراض استخدام تفكير النظم في تعليم الكيمياء

(Flynn, Orgill, Ho, York, Matlin, Constable, & Mahaffy, 2019,3000).

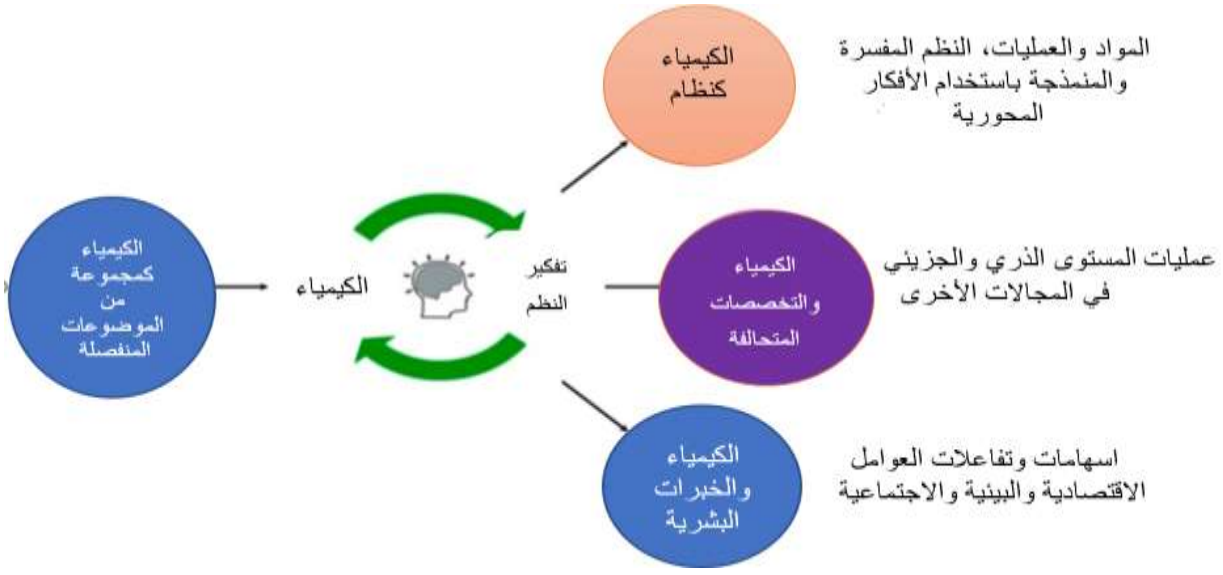
كما تؤكد مداخل تفكير النظم على نظرة شاملة للمكونات التي تتضمن نظام ديناميكياً dynamic system، بما في ذلك روابطها وترابطها بالإضافة إلى تفاعلها مع الأنظمة الأخرى. كما أن هناك دعوات دولية مقنعة مؤخرًا لتضمين تعليم الكيمياء تفكير النظم ليس فقط لتوضيح ارتباط الكيمياء بتخصصات آخري فحسب، ولكن أيضًا لتوضيح ومعالجة التحديات العالمية الناشئة؛ حيث يوفر ذلك فرصًا مثيرة لمعلمي الكيمياء chemistry educators لإدماج أنشطة جديدة إبداعية في مقرراتهم. **(Pazicni, & Flynn, 2019, 2752)**

كما يتمثل أحد التحديات المرتبطة بإدخال تفكير النظم في فصول الكيمياء في زيادة تعقيد المحتوى الذي يواجهه الطلاب عندما ينخرطون في هذا النوع من المداخل approaches. كما يعد وضع الأفكار الكيميائية الأساسية في أنظمة أكبر، إلا أن إحدى الأدوات الشائعة هي استخدام أدوات بصرية أو رسومية للمساعدة في تصور conceptualize المشكلة أو النظام قيد النظر. وتقدم دراسة **(Aubrecht, Dori, Holme, Lavi, Matlin, Orgill, & Skaza-Acosta,2019)** وصفًا لأنواع متعددة من الأدوات الرسومية التي يمكن استخدامها لدعم مداخل تفكير النظم في تعليم الكيمياء. مثل الرسوم البيانية وأطر النظام الموسعة لخريطة المفاهيم systems oriented concept map extension (SOCME) diagrams and systemigrams، طرق البحث methodologies المرتبطة غالبًا برسم الخرائط المفاهيمية. تستخدم منهجية معالجة الكائن Object–Process Methodology (OPM)، والرسوم البيانية عبر الزمن

behavior over time graphs (BOTG) مفيدة في معايرة الجوانب الزمنية للأنظمة. يتم التقاط هذه الديناميكيات أيضًا من خلال مخططات الحلقة السببية والرسوم البيانية والتدفق. **(Aubrecht, Dori, Holme, Lavi, Matlin, Orgill, & Skaza-Acosta,2019, 2888)**

توظيف المهارات المرتبطة بتفكير النظم في الكيمياء

افترض **بازيتشيني & فلين (Pazicni, & Flynn, 2019, 2753)** أن المهارات المرتبطة بتفكير النظم يمكّن أن توفر رؤية أعمق في الكيمياء بثلاث طرق محتملة. **الأول:** هو نظرة ثاقبة insight في التخصص (المجال) the discipline نفسه: كنظام منظم للمواد والعمليات، تم تصميمه وشرحه باستخدام المبادئ الفيزيائية physical principles والأفكار المحورية (الأساسية) core ideas، وممثل بلغة ورموز متخصصة. **والثاني:** كيفية استخدام المعرفة بالكيمياء لفهم العمليات على المستوى الذري والجزيئي في التخصصات الأخرى. ويمكن أن يساعد مدخل تفكير النظم الطلاب في التنقل بشكل أكثر تماسكًا في التركيز الوظيفي للهيكل البنائي للكيمياء، والتركيز الوظيفي للهيكل البنائي في علم الأحياء، وتحقيق الهيكل لإطار (التركيب – الخاصية- والوظيفة) الموحد الذي اقترحه كون وزملاؤه Kohn and colleagues، أو تطوير فهم متعدد التخصصات للطاقة. **والثالث:** كيفية مساهمة المواد والعمليات الكيميائية في العوامل الاقتصادية والبيئية والمجتمعية وما إلى ذلك من التجارب الإنسانية الأوسع والتفاعل معها. على سبيل المثال: سيسمح تفكير النظم للطلاب بتطبيق مفاهيم الترابط الكيميائي لشرح الجوانب المختلفة للسمية أو تغير المناخ أو اقتصاد الطاقة. على الرغم من أن الشكل (٢) يتعلق بالكيمياء والتخصصات المتحالفة معها والتجربة البشرية من خلال التفكير النظم، إلا أنه لا يتم تفسير المناهج التعليمية التي تفكر في الأنظمة على أنها توفر فقط السياق لمفاهيم الكيمياء. يجب أن يشكل السياق جانبًا واحدًا فقط من تفكير الأنظمة الكيميائية. كما هو موضح بالشكل (٢):



شكل (٢) البصيرة المحتملة المقدمة من خلال تطبيق تفكير النظم على تعليم الكيمياء

(Pazicni, & Flynn, 2019, 2753)

النموذج الهرمي لتفكير النظم System thinking hierarchical model

تمثل الخصائص الهرمية الثمانية لتفكير النظم التي وصفها بن تسفي الصراف وأوريون Ben-Zvi Assaraf and Orion عدسة لدراسة مستويات قدرات التفكير في أنظمة الطلاب الجامعيين. وتتضمن: (١) تحديد مكونات النظام؛ (٢) تحديد العلاقات بين مكونات النظام؛ (٣) تحديد العلاقات الديناميكية داخل النظام؛ (٤) تنظيم مكونات وعمليات النظام؛ (٥) فهم الطبيعة الدورية للأنظمة؛ (٦) التعميم؛ (٧) فهم الأبعاد الخفية للنظام؛ و(٨) التفكير بشكل مؤقت مع إعادة النظر والتنبؤ. لفحص مستويات تفكير النظم للطلاب في CPS، تم تعديل النموذج الأصلي لـ Ben-Zvi Assaraf وOrion (٢٠١٠) لأن تعقيدات مشاكل الكيمياء تختلف عن "دورة الماء على نظام الأرض" لـ Ben-Zvi Assaraf وأوريون. الخصائص الثلاث الهرمية التالية مستمدة من النموذج الأصلي لـ Ben-Zvi Assaraf وOrion: **(Chen, Wilson, & Lin, 2019, 595,597)**

الخاصية ١: استرجاع مفاهيم العلوم الأساسية المضمنة في جميع مكونات النظام بأكمله: ويتطلب ذلك قيام الطلاب بالآتي:

- تحديد المكونات الهامة المدرجة في سياق مشكلة معينة
- التمييز بين الأنظمة الفرعية (على سبيل المثال، الأنظمة الداخلية والخارجية) التي يتم تضمينها في النظام بأكمله.

الخاصية ٢: تنظيم العلاقات بين المفاهيم العلمية والنظم الفرعية. ويتطلب ذلك قيام الطلاب بالآتي:

- تحديد العلاقة داخل النوعية في كل نظام فرعي the intraspecific relationship (على سبيل المثال، ارتفاع المياه في الحاوية له ضغطه الخاص داخل النظام، أو هناك ضغط جوي خارجي خارج الإناء).
- الإشارة إلى العلاقات الديناميكية أو المترابطة بين مفاهيم العلوم داخل كل نظام فرعي (على سبيل المثال، PV = ثابت في نظام فرعي مغلق PV= nRT).

الخاصية ٣: تحديد الأبعاد والقيود الخفية للنظام بأكمله وإجراء التعميمات. ويتطلب ذلك قيام الطلاب بالآتي:

- التعرف على الأنماط أو العلاقات المتبادلة بين الأنظمة الفرعية التي ليست بالضرورة واضحة بسهولة، وأن يكونوا على دراية بالمتطلبات والقيود في سياق مشكلة معينة (على سبيل المثال، النظام المغلق، الحجم الثابت وما إلى ذلك) بشكل عام، في حل مشاكل الكيمياء المعقدة.
- تحليل ودمج النظام بأكمله (حالة المشكلة) لتكون ناجحة في حل المشكلات.
- أولا تحديد المكونات الرئيسية والمفاهيم العلمية ذات الصلة وجميع النظم الفرعية للنظام بأكمله.
- بعد ذلك، تنظيم العلاقات أو الروابط بين هذه المكونات والأنظمة الفرعية.
- وأخيرًا، التعرف على القيود وإجراء التعميمات مع مراعاة النظام بأكمله.

توظيف مدخل تفكير النظم في الكيمياء:

عند دراسة موضوعات الكيمياء من خلال مدخل تفكير النظم، لا يركز منظور تفكير النظم فقط على تقديم موضوعات الكيمياء من خلال السياق الكيميائي ولكن يركز أيضا على: **(Orgill, York, & Mackellar, 2019, 2723)**

١. السلوك الديناميكي للمواد الكيميائية.
٢. السلوك الدوري cyclic behavior
٣. السببية (أسباب السلوك الديناميكي)
٤. تنظيم العلاقات وتحديدها كمياً
٥. التغذية الراجعة، والتفاعل بين النظام وبيئته.
٦. المشاركة الديمقراطية والعمل الأخلاقي.

مثال تطبيقي لتطبيق مدخل تفكير النظم في الكيمياء: (Orgill, York, & Mackellar, 2019, 2723)

على سبيل المثال عند دراسة غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 من خلال مدخل تفكير النظم لا يركز مدخل تفكير النظم فقط على تقديم الموضوع من خلال السياق الكيميائي مثلا سياق الضباب الدخاني ولكن على:

١. **السلوك الديناميكي:**
ربما بعد عرض غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO2 للطلاب واخبارهم بأنه يساهم في الضباب الدخاني الكيميائي على المدن الكبرى قد يطلب المعلم الذي يستخدم مدخل تفكير النظم من طلابه التفكير في كيفية تغير تركيزات ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 على مدينة كبيرة خلال دورة يوم. (سلوك ديناميكي)

٢. **السلوك الدوري:**
عندما يكتشف الطلاب أن تركيز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 يزداد في الجزء الأول من اليوم ثم ينخفض في الجزء الأخير من اليوم (سلوك دوري)

٣. السببية:
قد يطلب المعلم من الطلاب التفكير في المتغيرات التي يمكن أن تزيد من كمية ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 وكذلك المتغيرات التي تقلل من كمية ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 (السببية).

٤. **تنظيم العلاقات وتحديدها كمياً:**
يمكن بعد ذلك إعطاء الطلاب فرصة لتطوير نموذج للعلاقات المتبادلة بين العمليات التي تزيد من ثاني أكسيد النيتروجين NO_2، والعمليات التي تقلل من ثاني أكسيد النيتروجين NO_2

٥. **التغذية الراجعة، والتفاعل بين النظام وبيئته.**
بعد إنشاء بعض التفاعلات الكيميائية التي تؤثر على تكوين وتحلل مكون ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 من الضباب الدخاني الكيميائي الضوئي، قد يطلب من الطلاب بعد ذلك التفكير في كيفية تأثير كمية ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 على الأفعال البشرية وبالتالي كيف يمكن لهذه الإجراءات أن تؤثر على كمية ثاني أكسيد النيتروجين NO_2

٦. المشاركة الديمقراطية والعمل الأخلاقي.

يمكن توسيع هذا المثال من خلال المطالبة بالنظر إلى أثار تركيز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 على صحة الأشخاص الذين يعيشون في المدن الكبيرة، والتكاليف الاقتصادية المرتبطة بهذه المخاوف الصحية وقضايا العدالة الاجتماعية المتعلقة بوجود ثاني أكسيد النيتروجين NO_2

دراسات اهتمت بتفكير النظم في الكيمياء

ومن الدراسات التي اهتمت بتفكير النظم في الكيمياء دراسة (Vachliotis, Salta, & Tzougraki, 2014) وكان الغرض منها تقييم الفهم ذي المعنى لطلاب الصف الحادي عشر لمفاهيم الكيمياء العضوية، بالإضافة إلى مهارات تفكير النظم في المجال لديهم. واستكشاف العلاقة بين بنائين للاهتمام اعتماداً على أداء الطلاب في إطار التقييم المطبق لهذا الغرض، حيث تم تطوير وتقييم أنواع مختلفة من أسئلة التقييم الموضوعي لتقييم الفهم ذي المعني، وتطوير وتقويم نوع معين من أسئلة التقييم النظامي (SAQs) systemic assessment questions لتقييم مهارات تفكير النظم، وتم استكشاف الارتباط بين استجابات الطلاب حول خطط التقييم المطبقة. وأشارت النتائج إلى أن الأسئلة الموضوعية المصممة بشكل صحيح يمكن أن تجسد بفعالية جوانب فهم الطلاب ذي المعنى. كما إنها تمكن من استنباط أن مهارات تفكير النظم في سياق المدخل النظري لتفكير النظم. وأن مستوى تفكير النظم للطلاب في مجال العلوم يرتبط بشكل كبير بفهمهم ذي المعني لمفاهيم العلوم ذات الصلة relative science concepts.

وتناولت دراسة**(Hrin, Milenkovi´c, Segedinac & Horvat, 2017)** تقييم تفكير النظم وتطويره. وشملت مجموعة الدراسة ١١٩ طالب من طلاب المدارس الثانوية الذين درسوا الكيمياء العضوية خلال العام الدراسي ٢٠١٣/٢٠١٢. ولذلك تم تقسيم الطلاب إلى مجموعتين، واحدة تجريبية (E) والأخرى ضابطة (C). تعرضت كل منهما لبيئات تعليمية مختلفة، والتي توفر إمكانية فحص كفاءة الأداة التعليمية الجديدة (أسئلة التوليف النظامي systemic synthesis questions، 1 [SSynQs])، بمقارنتها بالبيئة التقليدية. بالإضافة إلى ذلك تضمن البحث استخدام مهام توليد الأسئلة [SSynQs] والأسئلة التقليدية كأدوات تقييم تفكير النظم للطلاب. حيث تطورت نماذج تقييم الدرجات في أربعة مستويات من تفكير النظم. أوضحت النتائج أن الاختلافات بين قدرات المجموعتين التجريبية والضابطة على تفكير النظم تنمو بشكل خطي مع تعقيد المستويات المحددة. وهي على عكس أقرانهم الذين يشكلون المجموعة الضابطة، فإن الطلاب الذين تعرضوا لـ [SSynQs] حققوا تقدماً ذا مغزى، حيث وصلوا إلى أعلى مستويات تفكير النظم. وتفوق الطالبات في المجموعة التجريبية على الذكور في المجموعة نفسها، مما أظهر قدرة أفضل على التفكير في الأنظمة الديناميكية والدورية. وقد يكون السبب هو اختلافات أسلوب التعلم.

وهدفت دراسة **(Hrin, Milenković, Segedinac, 2017)** بحث تطبيقين محتملين لأسئلة التوليف النظامي systemic synthesis questions، SSynQs: كأدوات تعليمية وتقييمية تراعي بنية تفكير النظم في الكيمياء العضوية؛ ومن من أجل تحقيق هذا الهدف تم تقسيم طلاب المدرسة الثانوية إلى مجموعتين، أحداهما تجريبية (E: التدريب في فصول النظامية systemic classroom training) ومجموعة ضابطة واحدة (C: التدريب في فصول الدراسية التقليدية). تم إجراء الاختبار النهائي بعد إرشادات حول ثلاثة موضوعات تعليمية: "الكحولات، الفينولات، الإيثر"، "مركبات الكربونيل" و "الأحماض

الكربوكسيلية ومشتقاتها". واحتوت أداة تقييم مهارات تفكير النظم systems thinking skills للطلاب على SSynQs غير المتماثل والتماثلي، بينما ركزت النتائج على توزيع النسبة المئوية لطلاب مجموعة التجريبية والضابطة من خلال المستويات الأربعة لبناء تفكير النظم، وكذلك الاختلافات في أدائهم. وأشارت النتائج التي تم الحصول عليها من أدوات التقويم إلى أن الطلاب من الذكور والإناث الذين خضعوا لتدريب في الفصول الدراسية النظامية طوروا مهارات التفكير في النظم بطريقة أكثر فعالية من الطلاب في المجموعة الضابطة. عند إدراك نظام اشتقاق الأسئلة النظامية SSynQs والجنس كمتغير مستقل، ظهر الفارق الإحصائي المهم في المجموعة التجريبية ضمن المستوى الرابع الأكثر تعقيدًا في تفكير النظم لصالح الإناث. ومع ذلك كان طلاب المجموعة التجريبية ناجحين بقدر نجاح الطالبات في المستوى الثالث، أي أن الطلاب الذكور قد يستفيدون من تعليم أطول أمداً مع توليد الأسئلة النظامية SSynQs.

وهدفت دراسة **(Ginzburg, Check, Hovekamp, Sillin, Brett, Eshelman, & Hutchison, 2019)** تطوير مشروع تصميم منتج مستدام يجمع بين أدوات من الكيمياء الخضراء والتفكير في دورة الحياة وتفكير النظم لمعالجة مشكلة. وتم تنفيذ المشروع في مسار البوليمر ٢٠ التابع لأحد برامج جامعة ولاية أوريغون، والذي يشرك طلاب الماجستير في مختبر الغمر المكثف (الانغماس) حيث يعملون في فرق صغيرة لحل مشاكل العالم الحقيقي. وكان التحدي الذي يواجه فريق الطلاب هو تصميم مقعد سيارة أكثر أماناً ببيئة الأطفال الرضع. وتحديد رغوة بوليمر صديقة للبيئة لتحل محل البوليستيرين المستخدم في مقعد السيارة. وتم تقسيم المشروع إلى ثلاث ورش عمل، وتم تطوير كل ورشة عمل استجابة لمجموعة رئيسة من نواتج التعلم التي تناولت تفكير النظم والتفكير في دورة الحياة والكيمياء الخضراء في الورشة الأولى قاموا بتقييم أثار دورة الحياة والسمية لمواد مثيرة للاهتمام. في الورشة الثانية قاموا بقياس أداء هذه المواد ومقارنتها بالبدائل، وفي الورشة الثالثة قاموا بتصميم منتج عالي الأداء وصديق للبيئة وتم تجريب المشروع مع طلاب مرحلة الماجستير الذين يقيمون رغاوي البوليمر لاستخدامها في مقعد سيارة للأطفال الرضع وأوضحت النتائج أن هذا المدخل التعلمي التجريبي أعطى الطلاب استراتيجيات قابلة للتعميم لابتكار وتنفيذ الممارسات المستدامة في مواقفهم الصناعية الحالية. كما أفاد الطلاب بأن هذا المشروع المعملي يوفر تجربة تعدهم بشكل أفضل لحل مشاكل العالم الحقيقي. وأن عملية صنع القرار هذه ساعدت في تطورهم كعلماء مستقلين. كما حفزت الطبيعة متعددة التخصصات على مناقشة أفضل السبل للاستفادة من خبرة كل عضو في الفريق وخلفيته الجامعية. كما أن التعلم التجريبي الذي شاركوا فيه خلال هذا المشروع أعطاهم تقديرًا لأهمية دورة الحياة وتفكير النظم.

وهدفت دراسة **(Chen, Wilson, & Lin, 2019)** التعرف على الخصائص الصعبة لتفكير النظم التي يواجهها طلاب المرحلة الجامعية في حل مشكلات الكيمياء المرتبطة بقوانين الغازات. من خلال عدسة تفكير النظم استكشفت الدراسة كيفية إتصال الطلاب الجامعيين وترجمة نظم تمثيلاتهم المفاهيمية عندما يشاركون في حل المشكلات السياقية. والإجابة عن سؤال: ما الصعوبات والثغرات الرئيسية التي يعاني منها الطلاب الجامعيون في الانتقال بين حل المشكلات السياقية والتمثيل المفاهيمي الفردي من خلال عدسة تفكير النظم؟ ولتحقيق ذلك تم استخدام أداة تقييم "حل المشكلات السياقية" Contextualised Problem Solving (CPS) تحتوي على أربعة أسئلة مفتوحة حول قانون الغاز. تم استخدامها لفهم كيفية قيام الطلاب بإجراء الإتصالات والترجمة بين التمثيلات المفاهيمية الفردية والمواقف المشكلة. أما في حل الأسئلة فلا

يُطلب من الطلاب إجراء حسابات كمية كبيرة أو حفظ الصيغ. وفي المقابل عليهم بناء ونقل فهمهم المفاهيمي وتطبيق قانون الغاز في حل المشاكل في المواقف المختلفة القائمة على السياق. وأجريت في إحدى الجامعات في جنوب تايوان. شاركت ثلاث مجموعات مختلفة من الطلاب المسجلين في مقرر الاستقصاء العلمي في العلوم الفيزيائية في مكون حل المشكلات المرتبطة بالسياق كان الهدف من المقرر هو تعزيز المعرفة العلمية لدى الطلاب وتطبيق المفاهيم المتعلقة بالعلوم على حل المشكلات في الحياة اليومية. أوضحت النتائج أن ٨٪ فقط من الطلاب كانوا قادرين على تفكير النظم عالي الرتبة عندما شاركوا في حل المشكلات. وفشل أكثر من نصف الطلاب في استرداد المفاهيم الأساسية في المواقف المشكلة. وأظهر معظم المشاركين صعوبات في تنظيم مكونات النظم ذات الصلة، وفهم الطبيعة الدورية للعلاقات بين الأنظمة، وتحديد القيود في سياق مشكلة معينة. من خلال تحديد الصعوبات والتحديات التي تواجه تفكير النظم التي يعاني منها طلاب المرحلة الجامعية في حل مشكلات الكيمياء المعقدة.

يتضح من الدراسات السابقة:

- إمكانية تطبيق مدخل تفكير النظم في الكيمياء في المرحلة الجامعية مثل: دراسة **(Ginzburg, Check, Hovekamp, Sillin, Brett, Eshelman, & Hutchison, 2019)** ، **(Chen, Wilson, & Lin, 2019)**
- ملائمة مدخل تفكير النظم لدراسة موضوعات الكمياء المرتبطة بالكيمياء البيئية و بدورات الحياة والتنمية المستدامة. **(Ginzburg, Check, Hovekamp, Sillin, Brett, Eshelman, & Hutchison, 2019)**

التفكير عالي الرتبة Higher order skills

تمثل مهارات التفكير عالي الرتبة (HOTS) حاليًا الأولوية الرئيسية في التعليم، ويتم دمجها أيضًا في مناهج العلوم المطورة. بدلاً من الدراسات المعملية المعتادة أو مهارات الاستقصاء، يتم تطبيق مهارات التفكير عالي الرتبة الآن على الحقائق والمفردات والتعاريف والحساب والمهارات الأساسية. فيما يتعلق بالتعليم العالي، تمثل مهارات التفكير عالي الرتبة أداة في التدريس والتعلم حيث تساعد الطلاب على حل المشكلة وتحسين تحصيلهم. ولذلك إذا تم تدريبهم على أنشطة مهارات التفكير عالي الرتبة سيصبحون مفكرين جيدين. **(Ling,2015,3,4)**

مستويات التفكير Levels of thinking

تم إنشاء تسلسل هرمي لمستويات التفكير في الأدبيات تُعرف هذه المستويات بالتفكير منخفض الرتبة، والتفكير عالي الرتبة، والتفكير الإبداعي، والتفكير الناقد. ويُعرف مستويان إضافيان من التفكير باسم تفكير النظم مقابل الجانبي systemic/lateral thinking والتفكير التقييمي evaluative thinking. ويشار إلى أدنى مستوى من التفكير على أنه تفكير منخفض الرتبة Lower order thinking. حيث يعكس التفكير منخفض الرتبة عادةً الحفظ، أو استرجاع، أو تلاوة الحقائق الأساسية، ففي الكيمياء على سبيل المثال ذكر اسم الصيغة الكيميائية، أو تحديد عنصر في الجدول الدوري، أو الإشارة إلى أن الرقم الهيدروجيني Ph للحمض أقل من (٧) عادةً، ومن ناحية أخرى، يعكس التفكير عالي الرتبة خطوة أعلى في التسلسل الهرمي مثل أخذ معلومات جديدة ودمجها مع معلومات مسبقة، أو إعادة ترتيب هذه المعلومات للعثور على إجابات محتملة

لحالات محيرة. على سبيل المثال، يمثل دمج الطالب بين مبادئ الحساب الكيميائي للعناصر مع قانون الغاز المثالي the ideal gas law أو مفهوم المولارية، أو تحديد كتلة السائل بناءً على كثافته وحجمه المقاس، تفكيرًا عالي الرتبة. **(Zoller & Pushkin, 2007,155)**

ويصنف ستيرنبرغ Strenberg (١٩٩٥) مهارات التفكير عالي الرتبة في ثلاث فئات: المكونات ما وراء (الفوقية) meta-components ، ومكونات الأداء performance components ، ومكونات اكتساب المعرفة knowledge acquisition components. يشمل المكون ما وراء (الفوقية) meta-components - عمليات التفكير العليا the highest level thinking process - التخطيط والمراقبة وإتخاذ القرار والتقويم. يتضمن مكون الأداء المهارات المستخدمة في التنفيذ الفعلي للمهمة actual execution of the task. وتُستخدم مكونات اكتساب المعرفة في تعلم معلومات جديدة. **(Aksela, 2005, 36) (Madhuri, Kantamreddi, & Prakash Goteti,: 2012, 118)**

وفي الواقع لا يوجد إجماع حول ماهية مهارات التفكير عالي الرتبة بالإضافة إلى أن تصنيف بلوم والتصنيف المنقح يحمل مفهوم عالي التربة أيضا أسماء مختلفة على سبيل المثال: التفكير الناقد، المهارات والعمليات المعرفية عالية الرتبة، المهارات والعمليات المعرفية عالية المستوى. كما أن التفكير عالي الرتبة معقد غير خوارزمي فغالبا ما يؤدي إلى حلول متعددة ويتضمن حكما وتفسيراً دقيقاً وينطوي على تطبيق معايير متعددة، وغالباً ما ينطوي على عدم اليقين ويتضمن التنظيم الذاتي لعمليات التفكير، ويتضمن فرض المعنى وإيجاد البنية في الاضطراب الظاهر**(Ling, 2015,7,8) (Aksela, 2005, 36).**

خصائص مهارات التفكير عالي الرتبة HOTS

تتمثل خصائص مهارات التفكير عالي الرتبة HOTS في: (١) غير خوارزمية، مما يعني أنه لا يمكن تحديد خطوات العمل بالكامل في البداية؛ (٢) معقدة، مما يعني أن الخطوات لا يمكن رؤيتها أو تخمينها مباشرة من وجهة نظر معينة؛ (٣) تقديم العديد من الحلول؛ (٤) تنطوي على معارضة أو تفسير؛ (٥) ينطوي على تطبيق معايير متعددة؛ (٦) تنطوي على عدم اليقين؛ (٧) المطالبة بالاستقلال independence في عملية التفكير؛ (٨) تنطوي على معاني مثيرة للإعجاب؛ (٩) يتطلب العمل الشاق (جهد). **(Pratama, & Retnawati, 2018, 2)**

أما خصائص المهام التي تتطلب مهارات التفكير عالي الرتبة HOTS تتمثل في أنها مهام: (١) ليست روتينية (لم تكن معروفة من قبل)؛ (٢) معقدة؛ (٣) تقديم العديد من الحلول أو وجهات النظر؛ (٤) تنطوي على عدم اليقين؛ (٥) تنطوي على عملية صنع المعنى؛ (٦) تقييم الجهد ويتطلب العمل العقلي. (أ) خطوات حلها لا يمكن التنبؤ بها بشكل مباشر ولا يمكن تحديدها بالكامل في البداية. **(Pratama, & Retnawati, 2018, 2)**

مهارات التفكير عالي الرتبة higher-order thinking skills

يعتبر **تصنيف بلوم المعرفي Bloom's cognitive taxonomy** التصنيف الأكثر تطبيقاً للتفكير عالي الرتبة حتى ظهور التصنيف المنقح (Anderson & Krathworthl, 2001). حيث يُصنف مستويين من التفكير: التفكير منخفض الرتبة والتفكير عالي الرتبة. في التصنيف تعتبر مهارات منخفض الرتبة للمعرفة/ الاستدعاء والفهم ضرورية من أجل مهارات عالي الرتبة للتطبيق والتحليل والتركيب والتقويم. **(Aksela, 2005, 37)**

وفقًا لزوهار ودوري (٢٠٠٣)، فإن الأنشطة المعرفية مثل: القدرة على المقارنة والتمييز وبناء الحجج والقدرة على البحث العلمي أمثلة على مهارات التفكير عالي الرتبة. ومع ذلك فإن تعريف مهارات التفكير عالي الرتبة وفقاً لتصنيف بلوم المنقح من قبل أندرسون وآخرون أربع مستويات إدراكية وهم: مستويات التطبيق، والتحليل، والتقويم، والأبداع. **(Ghani, Ibrahim, yahaya, & surif: 2017,850)**

وأصبح تصنيف بلوم إطارًا مفاهيميًا مهيمنًا لتقييم الفصل الدراسي. ومع ذلك لا يزال تصنيف بلوم لغز بالنسبة للممارسين؛ لأنه من القضايا المحيرة تصنيف مستوي "التطبيق" كفئة لمهارات التفكير منخفض الرتبة LOTS. وفي الوقت نفسه إدعى طومسون (٢٠٠٨) أن "التطبيق" يقع في كلتا الفئتين. **(Jumahat, Nagappan, Nordin, Hussien, & Othman, 2016, 168)**

تضمن تصنيف اندرسون وكراثوهل (Anderson & Krathwohl, 2001, 66-88) ست عمليات معرفية وهم: التذكر (يضمن التعرف والاستدعاء) والفهم (يتضمن التفسير والتوضيح بمثال والتصنيف ...) والتطبيق، والتحليل، والتقويم، والإبداع. وقد أخذت الأبحاث حول تطوير تعلم الطلاب في الاعتبار التصنيف المنقح الجديد. وهدفها الأساسي أن يكون قابلاً للتطبيق بسهولة في المراحل الابتدائية والثانوية وحتى المرحلة الجامعية (التعليم العالي).

وأوضح **تصنيف اندرسون وكراثوهل (Anderson & Krathwohl, 2001, 66-88)** أن مهارة التحليل كأحد مهارات التفكير عالي الرتبة تتضمن ثلاث مهارات فرعية وهي التمييز (التفريق) والتنظيم والعزو، في حين أن مهارة التقويم تتضمن مهارتين فرعيتين وهما الفحص/ التحقق، والنقد. ويتضمن الإبداع كل من التوليد والتخطيط والإنتاج(الإجراء).

والتركيز في التصنيف المعدل مقارنةً بالتصنيف الأصلي يتضح من الجدول الآتي.

جدول (١) مقارنة تصنيف بلوم الأصلي مع التصنيف المنقح

(Aksela, 2005, 38)

تصنيف بلوم الأصلي	مستوى التفكير	التصنيف المنقح
المعرفة Knowledge	منخفض الرتبة Lower order	يتذكر Remember
الفهم Comprehension	منخفض الرتبة Lower order	يفهم Understand
التطبيق Application	عالي الرتبة Higher order	يطبق Apply
التحليل Analysis	عالي الرتبة Higher order	يحلل Analyze
التركيب Synthesis	عالي الرتبة Higher order	يقوم Evaluate
التقويم Evaluation	عالي الرتبة Higher order	يبدع Create

فئات المعرفة Knowledge categories

هناك أربع فئات للمعرفة في التصنيف المنقح: المعرفة الواقعية، المفاهيمية، الإجرائية، وما وراء المعرفة. وكلها ضرورية في تعليم الكيمياء ذي المعنى. **(Aksela, 2005, 40-42) يمكن توضيحها بالجدول الآتي:**

هناك أربع فئات للمعرفة في التصنيف المنقح: المعرفة الواقعية، المفاهيمية، الإجرائية، وما وراء المعرفة. وكلها ضرورية في تعليم الكيمياء ذي المعنى. **المعرفة الواقعية Factual knowledge**هي مجموعة من عناصر المحتوى المنفصلة والمنعزلة. وهي العناصر الأساسية التي يجب على الطالب معرفتها للتعرف على الكيمياء أو لحل المشكلات. ويوجد نوعان من المعرفة الواقعية هما أ) معرفة المصطلحات، وب) معرفة عناصر وتفاصيل محددة. بالنسبة للجزء الأكبر، المعرفة الواقعية موجودة على مستوى تجريد منخفض نسبياً relatively low level of abstraction. تمثل **المعرفة المفاهيمية conceptual knowledge** أشكال المعرفة الأكثر تعقيدًا والأكثر تنظيماً - العلاقات المتبادلة بين العناصر الأساسية داخل هيكل أكبر يتيح للمعرفة المفاهيمية أن تعمل. وتشمل ثلاثة أنواع فرعية: (أ) معرفة التصنيف والفئات knowledge of classification and categories، (ب) معرفة المبادئ والتعميمات knowledge of principles and generalizations، (ج) معرفة النظريات والنماذج والهياكل knowledge of theories, models, and structures. وغالبا ما يطلق عليه "المعرفة التأديبية/ التخصصية" disciplinary knowledge. من خلال فصل المعرفة الواقعية عن المعرفة المفاهيمية، سُلط الضوء على الحاجة إلى التدريس لتحقيق فهم عميق للمعرفة المفاهيمية، وليس فقط لاستدعاء أجزاء صغيرة معزولة من المعرفة الواقعية. يمكن أن تساعد المعرفة المفاهيمية والفهم العميق الطلاب على نقل ما تعلموه في الكيمياء إلى مواقف جديدة. تلعب مهارات **المعرفة الإجرائية** Procedural Knowledge skills المرتبطة دورًا مهمًا في اكتساب المعرفة التعريفية declarative knowledge acquisition وفي بناء المفاهيم. إنها "معرفة كيفية القيام بشيء ما." وتشمل معرفة المهارات والخوارزميات، وتقنيات وإجراءات الأساليب (الطرق)، بالإضافة إلى معرفة المعايير المستخدمة لتحديد و/ أو تبرير "متى تفعل شيء ما" when to do" what" في مجالات وتخصصات محددة في الكيمياء. وهو موضوع محدد حسب التخصص ويتضمن ثلاثة

أنواع فرعية: (أ) معرفة مهارات وخوارزميات الكيمياء knowledge of chemistry skills and algorithms، (ب) معرفة تقنيات وأساليب الكيمياء knowledge of chemistry techniques and methods، (ج) معرفة معايير تحديد متى يتم استخدام الإجراءات المناسبة في الكيمياء knowledge of criteria for determining when to use appropriate procedures in chemistry. المعرفة وراء المعرفية Metacognitive Knowledge لها حالة مختلفة عن الأنواع الأخرى من المعرفة. المعرفة وراء المعرفية هي المعرفة حول الإدراك knowledge about cognition بشكل عام، وكذلك الوعي والمعرفة حول الإدراك الشخصي awareness of and knowledge about one's own cognition. ويشمل (أ) المعرفة الاستراتيجية strategic knowledge، (ب) المعرفة حول المهام المعرفية، بما في ذلك المعرفة السياقية والشرطية knowledge about cognitive tasks, including contextual and conditional knowledge، و (ج) المعرفة الذاتية self-knowledge. وتعد المعرفة وراء المعرفية أمرًا بالغ الأهمية للمستوى الوظيفي؛ حيث تتضمن المعرفة ما وراء المعرفية معرفة بمجموعة متنوعة من الاستراتيجيات التي قد يستخدمها الطلاب أثناء قيامهم بالتحقيق. وفي العمل العملي هناك العديد من المراحل التي يحتاج فيها الطلاب إلى استراتيجيات ما وراء المعرفية، على سبيل المثال خلال تحديد أهدافهم، وتخطيط تحقيقاتهم، والبت في الاستراتيجيات اللازمة لأخذ القياسات، ومراقبة نتائجهم والتحقق منها. وتشمل المعرفة ما وراء المعرفية أيضًا استراتيجيات عامة لحل المشكلات والتفكير الاستنباطي والاستقرائي deductive and inductive thinking. **(Aksela, 2005, 40-42)**

وتشمل مهارات التفكير عالي الرتبة طرح الأسئلة، الاستقصاء inquiry، استخلاص النتائج بعد التجربة، مهارات الرسوم البيانية graphing skills، حل المشكلات، التفكير الناقد، الاستدلال، النمذجة، واتخاذ القرار، واتخاذ الموقف taking a stand. **(Abir& Dori, 2013,38)**

أعاد راجيندران Rajendran (١٩٩٨) تحديداً لإطار بلوم للتصنيف المعرفي في ضوء أونوسكو ونيومان (١٩٩٤). في هذا الصدد تم تقسيم معيار بلوم إلى مستويين بسيطين. تم تعريف أول مستويين إدراكيين هرميين، وهما المعرفة والفهم، على أنهما مهارات تفكير منخفض الرتبة (LOTS)، في حين تم تحديد المستويات الأربعة العليا من التفكير كمهارات تفكير عالي الرتبة (HOTS). **(Jumahat, Nagappan, Nordin, Hussien, & Othman, 2016, 168)**

ووفقًا لـ Lavonen and Meisalo (١٩٩٨)، تتضمن مهارات التفكير عالي الرتبة كل من التفكير الإبداعي والناقد، وحل المشكلات. وفقًا لـ Zohar and Dori (2003) ، يشمل التفكير عالي الرتبة بناء الحجج constructing arguments ، وطرح أسئلة البحث، وإجراء المقارنات، وحل المشكلات المعقدة غير الخوارزمية، والتعامل مع الجدل dealing with controversies ، وتحديد الافتراضات الخفية identifying hidden assumptions ، بالإضافة إلى مهارات الاستقصاء العلمي الكلاسيكية classic scientific inquiry skills. وفقًا لـ Zohar (2004) ، لا يمكن تحديد بعض السمات الأساسية لـ HOTS بالضبط؛ يمكن التعرف عليها عند حدوثها. **(Aksela, 2005, 36)**

تصنيف مارازانو Marzano's taxonomy أوجز مارزانو أربعة مستويات معرفية هرمياً وهم: الاسترجاع Retrieval، الفهم Comprehension، والتحليل Analysis، واستخدام المعرفة Knowledge

utilization. وتتطلب مهمة الاسترجاع من الطلاب الوصول إلى المعلومات كما تم تقديمها في الأصل. ويتطلب الفهم أن يفسر الطلاب المعلومات وأن يعملوا على استيعاب العناصر الأكثر أهمية فقط. ويتضمن التحليل توسيع معارفهم عند اكتشاف علاقات وتطبيقات جديدة. بينما يركز استخدام المعرفة على معالجة المهام الأكثر أصالة. في مقرر الكيمياء، على سبيل المثال، قد يتطلب حل مشكلة تفاعل كيميائي محدد وتحديد ناتج التفاعل. يمكن للطالب الذي يحل هذه المشكلة أن يتذكر ببساطة خوارزمية حول كيفية حل مشكلة التفاعلات الكيميائية مسبقاً في الفصل الدراسي (وإن كان مع أرقام مختلفة ومركبات مختلفة)، فإنها لا تتطلب عبئاً إدراكياً كبيراً وبالتالي فهي أقل رتبة (استرجاع) وفقاً لمارازانو. كما أن المستويات المعرفية تم ترتيبها بشكل هرمي. حيث يتطلب المستويين المنخفضين (lower) الوصول إلى المعرفة الحالية وفهما. ويتطلب المستويات الأعلى Higher إنشاء معرفة جديدة. **(Toledo, & Dubas, 2016, 64,65)**

بينما قسم شوارتزر Schwartzer (2002) مهارات التفكير عالي الرتبة إلى ثلاثة أجزاء: مهارات التقصي والبحث inquiry skills ومهارات معالجة البيانات data processing skills ومهارات التفكير الناقد الإضافية additional critical thinking skills. وفقًا لدومين Domin (1999)، يتجلى التفكير عالي الرتبة في مثل هذه السلوكيات مثل الاستدلال inferring أو التخطيط planning أو التقييم appraising. وفقًا لـ Gagné (1965)، فإن مهارات عمليات العلم الأساسية هي الملاحظة والقياس واستنتاج والتنبؤ والتصنيف وجمع البيانات وتسجيل البيانات. والمهارات التكاملية عالية المستوى المطلوبة في العمل العملي هي تفسير البيانات، والتحكم في المتغيرات، وتحديد العمليات، وصياغة الفرضيات. وتعتبر العمليات الأساسية ضرورية للفهم وتستخدم على مستوى أعلى متكامل. بينما ينظر إلى مهارات الاستقصاء العلمي الكلاسيكية، مثل صياغة الفرضيات أو تخطيط التجارب أو استخلاص النتائج، على أنها مهارات التفكير عالي الرتبة (Zohar,2004). وقد قام Marland وPatching وPutt (1992) بإنشاء تصنيفات التفكير عالي الرتبة مثل التحليل والتوقع anticipation والمقارنة والتأكيد على الربط confirming linking والمعرفة ما وراء المعرفية والتذكر والتخطيط الاستراتيجي strategy planning والتحويل. **(Aksela, 2005, 36)**

وتمثل المهارات والقدرات مثل: طرح الأسئلة، الاستدلال، حل المشكلات، تصميم تجربة، تطوير مهارات التبرير justification التي تسمح باختبار صدق وثبات الادعاءات والأدلة العلمية، والتفكير الناقد، وتفكير النظم جميعها مهارات تفكير عالي الرتبة. **(Dori, Tal, & Tsaushu, 2003, 770)**

وصنفت **(Dori, Tal, & Tsaushu, 2003, 771)** استدعاء المعرفة وفهم المعلومات على أنها مهارات تفكير منخفض الرتبة، وصنفت تحليل المعلومات والبيانات، طرح الأسئلة، تقديم الحجج ذات الأسس العلمية التعبير عن الآراء، اتخاذ القرار، تفكير النظم system thinking كمهارات تفكير عالي الرتبة. وأوضح **(Fensham, & Bellocchi, 2013, 11)** أن من مهارات التفكير عالي التربة تطوير الأسئلة، التقويم نقدياً critically evatuate، والتفكير الناقد والتفكير التأملي، وبناء الفرضيات والتحليل والتقويم وحل المشكلات. وحدد **(Eklund, & Prat – Resina, 2014, 1501)** مهارات التفكير عالي الرتبة في التحليل والتطبيق والتقويم. في حين حدد **(Verdina, Gani, & Sulastri, 2018, 1)** مهارات التفكير عالي الرتبة في التفكير الناقد، الاستدلال، التأمل، عمليات العلم.

ووفقا ل **(Hwang, Lai, Liang, Chu, & Tsai, 2018, 77)** تتضمن مهارات التفكير عالي الرتبة كل من حل المشكلة (يشير حل المشكلة إلى القدرة على تحديد المشكلة، وجمع المعلومات وثيقة الصلة وتحليلها، اقتراح الحلول الممكنة، اختيار الحل الأكثر فعالية للتعامل مع المشكلة)، التفكير الناقد (يشير التفكير الناقد إلى الاستراتيجيات المعرفية التي يستخدمها الطلاب في الحكم على أساليبهم (طرقهم) ومعتقداتهم بطريقة تأملية)، والإبداع ويشير إلى القدرة على إنتاج أفكار ونواتج إبداعية بواسطة توسيع elaborating ، وتنقيح refining ، وتحليل analyzing، وتقويم الأفكار الموجودة.

وحدد **Prayitno ,Suciati, & Titikusumawati (2018,1049)** مهارات التفكير عالي الرتبة في مهارات رئيسة وهم: مهارات التحليل analyzing والتقويم evaluating والإبداع creating. حيث تضمنت مهارة التحليل مؤشرات تنظيم الأجزاء، عرض الأجزاء، تمييز الأشياء. وتضمنت مهارة التقويم مهارة التقييم assessing والاستخلاص concluding والتناقض أو التباين contrasting, والنقد criticizing, والتفسير interpreting واتخاذ القرار deciding making. وتضمنت مهارة الإبداع creating مهارات التخطيط والتصميم وصياغة واقتراح الفرضيات planning, designing, formulating, and proposing hypotheses **(Prayitno, Suciati, & Titikusumawati: 2018,1049)**

واهتمت العديد من الدراسات السابقة بمهارات التفكير عالي الرتبة سواء في الكيمياء ومن الدراسات التي أجريت في المرحلة الثانوية دراسة (Aksela, 2005) وهدفت تحديد آراء الطلاب حول بيئة التعلم التي يمكن أن تشرك طلاب المستوى الثانوي في تعلم الكيمياء ذي المعنى والتفكير عالي الرتبة.من خلال إنشاء بيئة تعلم غنية بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات قابلة للتطبيق في موضوعات الكيمياء، وتوظيف أبحاث التصميم لدعم تعلم التفاعلات الكيميائية ذي المعنى لطلاب الكيمياء في المستوى الثانوي والتفكير عالي الرتبة. حيث اعتمدت الدراسة على الطرق الكمية والكيفية لفهم الخصائص الهامة للابتكار التعليمي. وتم استخدام طرق مختلفة خلال ست دراسات إمبريقية بما في ذلك تسجيلات الفيديو والملاحظات الطبيعية والمقابلات الجماعية وخرائط المفاهيم ومذكرات التعلم وتقارير أبحاث الطلاب والاستطلاعات ودراسة متغيري الدراسة من خلال مشاركة الطلاب في مراحل مختلفة من دورة التعلم المكونة من ست مراحل. شارك مجموعة من ٤٨٨ مدرسًا للكيمياء من جميع أنحاء فنلندا و٨٨ طالبًا من ستة فصول للكيمياء. وأشارت الدراسة إلى إنشاء الطلاب نموذجًا للظواهر من خلال تفاعلات مختلفة من خلال دمج معارفهم الكيميائية في جميع مستويات التمثيل الثلاثة. حيث قام طلاب المستوى الأعلى بتحليل الظواهر الكيميائية باستخدام معرفتهم السابقة بقياس العناصر المتفاعلة والديناميكا الحرارية (الطاقة) والحركية. كما تم تحديد مؤشرات لكيفية دعم بيئة التعلم المطبقة هذه لتعلم الكيمياء ذي المعنى للطلاب المبتدئين والتفكير العالي الرتبة. وأوضحت النتائج فعالية ميزات بيئة التعلم المنفذة: (أ) مهام حقيقية شبيهة بالمشروع، (ب) استخدام المختبر القائم على الحواسيب الصغيرة microcomputer-based laboratory (MBL) والمتضمنة رسومًا بيانية للوقت الفعلي the MBL generated real-time graphs، (ج) دعم الأقران والمعلمين من خلال الخطاب وطرح الأسئلة، (د) الجوانب ما وراء المعرفية لدورة التعلم المكونة من ست مراحل، و (هـ) دعم منصة البحث الافتراضي the Virtual Research Platform (VRP). على وجه الخصوص، رسم الخرائط المفاهيمية التعاونية لمرحلة التفسير ومرحلة إعداد التقارير في ختام الاستقصاء توثيق مهارات التفكير على

الرتبة للطلاب. إتفق جميع طلاب المجموعة العلياsenior-group student على أن استقصاءاتهم ساعدتهم على فهم التفاعلات الكيميائية. أظهرت النتائج أيضًا أنه يمكن للطلاب العمل بشكل مستقل تمامًا في إطار الاستفسار بمساعدة الكمبيوتر. وقدم معظم الطلاب تعليقات إيجابية فيما يتعلق بتطبيق VRP. ولذلك ساعدت أبحاث التصميم في التحقق من النظريات المتعلقة بالتعلم ذي المعنى في الكيمياء والتفكير عالي الرتبة من خلال الاستقصاء بمساعدة الكمبيوتر وصقلها.

وهدفت **دراسة (علي، ٢٠١٢)** بحث فاعلية استراتيجية مقترحة قائمة على خرائط التفكير لتنمية التفكير التأملي ومهارات التفكير عالي الرتبة لدى طلاب المرحلة الثانوية بالسعودية. ولتحقيق هدف الدراسة تم إعداد اختبار التفكير التأملي واختبار مهارات التفكير عالي الرتبة (المتمثلة في تحليل البيانات ونمذجتها – صياغة التنبؤات – حل المشكلة مفتوحة النهاية) وطبق الاختبارين قبلياً على مجموعة الدراسة المتضمنة مجموعة تجريبية وعددها ٧٢ طالب بالصف الثاني الثانوي بمدينة الرياض درست وحدة الهيدروكربونات (الأليفاتية والأروماتية – العطرية) باستخدام الاستراتيجية المقترحة القائمة على خرائط التفكير ومجموعة ضابطة وعددها ٦٨ طالب بالصف الثاني الثانوي بمدينة حائل. وبعد الانتهاء من دراسة الوحدة تم تطبيق الاختبارين بعدياً. وأوضحت نتائج الدراسة: وجود فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعتين الضابطة والتجريبية بعديا في اختبار التفكير التأملي بمهاراته الفرعية لصالح المجموعة التجريبية. ووجود فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعتين الضابطة والتجريبية بعديا في اختبار التفكير عالي الرتبة بمهاراته الفرعية لصالح المجموعة التجريبية.

وهدفت **دراسة (Fensham, & Bellocchi, 2013)** بحث مدى توافق ومراعاة امتحانات الكيمياء من أربع ولايات أسترالية مهارات التفكير العليا المطلوبة في وثائق المناهج الدراسية. من خلال تحليل المحتوى، تم تحديد أهداف المناهج لكل ولاية ومقارنتها بطبيعة الأسئلة في الامتحانات المقابلة. تم تكييف فئات التفكير العليا من اختبار PISA للعلوم التابع لمنظمة التعاون والتنمية الاقتصادية لتحليل عناصر الأسئلة. حيث وجد تباين كبير في مدى دعم امتحانات الولايات لهدف المنهج المتمثل في تطوير وتقييم مهارات التفكير العليا. بشكل عام، حيث تميل الاختبارات التي تستخدم نظامًا يعتمد على العلامات a marks-based system إلى التركيز على التفكير من المستوى الأدنى lower-order thinking، مع توزيع أكبر للدرجات المخصصة لأسئلة التفكير ذات الترتيب الأدنى lower-order thinking. تميل الامتحانات مرجعية المحك a criterion-referenced examination إلى الاهتمام بدعم أسئلة التفكير العليا.

وهدفت دراسة **(Abir & Dori, 2013)** إلى بحث تأثير موديول المختبر الحاسوبي المستند إلى الحالة the case – based computerized laboratory (CCL) module في الإعداد ثنائي اللغة (العبرية والعربية) على تطوير مهارات التفكير عالي الرتبة بين الطلاب العرب في المدارس الثانوية، لذلك تم وصف دراسة التعليم عن طريق الاستقصاء Inquiry في بيئات حاسوبية وتقييم طلاب المدارس الثانوية ومستويات فهمهم للكيمياء. تضمنت مجموعة الدراسة حوالي ٢٧٠ من طلاب الكيمياء بالصف الثاني عشر. تضمنت أدوات البحث "غير مرئية" "unseen" دراسة حالة واقعية وسردية في الاستبيانات القبلية والبعدية. استخدمت هذه الاستبيانات لتقييم مهارات طرح الأسئلة ومهارات الاستقصاء. وأظهرت النتائج أن كل من طلاب ثنائي اللغة (العبرية والعربية) BCCL وأحادي اللغة UCCL قاموا بتحسين مهارات طرح الأسئلة

والاستقصاء من الاستبيانات القبلية والبعدية. بالإضافة إلى ذلك قام الطلاب ثنائي اللغة (العبرية والعربية) بتحسين مهارات الاستقصاء لديهم بشكل أفضل بكثير من أقرانهم أحادي اللغة UCCL. وأن نطاق مستويات فهم الكيمياء قد تحسن.

وهدفت دراسة **(Ling, 2015)** استكشاف مهارات التفكير العليا (HOTS) بين المتعلمين ذوي المستوى العالي والمتوسط والمنخفض في تعلم الجدول الدوري للعناصر. وتبنت الدراسة المنهج الكيفي لتحقيق هدفها. حيث تم استخدام طريقة التفكير بصوت عالي والمقابلات شبه المنظمة للحصول على فهم متعمق لمهارات التفكير عالي الرتبة بين الفئات الثلاث للمتعلمين. وتضمنت مجموعة الدراسة ١٤ طالب من طلاب العلوم ممن يدرسون الجدول الدوري للعناصر بالمرحلة الثانوية. حيث طُلب منهم الإجابة على الأسئلة التي تم بناؤها لتشمل الفئات الست للعمليات المعرفية بناءً على تصنيف بلوم المعدل. وأوضحت النتائج أن المتعلمين ذوي الإنجاز العالي امتلكوا جميع المهارات عالية الرتبة التي تقوم بالتحليل والتقويم والإبداع. في حين امتلك المتعلمون ذوو الإنجاز المتوسط مهارات التحليل والتقويم، في حين أن المتعلمين ذوي الإنجاز المنخفض على الأقل امتلكوا واحدة من مهارات التفكير عالي الرتبة وهي التحليل.

وهدفت دراسة **(الشهري & غنام، ٢٠١٧)** إلى التعرف على أثر تدريس الكيمياء في ضوء برنامج سكامبر SCAMPER على التحصيل، وتنمية مهارات التفكير العليا لدى طالبات الصف الثاني الثانوي.؛ ولتحقيق ذلك الهدف تم إعداد اختبار تحصيلي، واختبار مهارات التفكير العليا وطبقت قبلياً على مجموعتي الدراسة وهما مجموعة تجريبية تضمنت ٢٨ طالبة من طالبات الصف الثاني الثانوي بإحداي مدارس مدينة أبها بمنطقة عسير، والتي درست وحدة الهيدروكربونات في ضوء برنامج سكامبر ومجموعة ضابطة وتضمنت ٣٠ طالبة والتي درست نفس الوحدة بالطريقة المعتادة وبعد الانتهاء من دراسة الوحدة تم تطبيق الاختبارين بعديا على مجموعتي الدراسة. وأشارت النتائج إلى وجود فروق دالة احصائياً عند مستوى دلالة ($\alpha = 0.05$) بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في الاختبار التحصيلي لصالح المجموعة التجريبية. ووجود فروق دالة احصائياً عند مستوى دلالة ($\alpha = 0.05$) بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في اختبار مهارات التفكير العليا لصالح المجموعة التجريبية.

وهدفت دراسة **(Ghani, Ibrahim, yahaya, & surif: 2017)** بحث ما إذا كان استخدام مهام خرائط المفاهيم كأداة تقويم بديلة في أنشطة معمل الكيمياء قادرة على تعزيز مستوى فهم الطلاب لمفهوم التحليل الكهربي ومستوى التحصيل الأكاديمي فيما يتعلق بمهارات التفكير عالي الرتبة، وكيف عكس الطلاب عمليات تفكيرهم أثناء بنائهم خريطة مفهوم في أنشطة معمل الكيمياء؛ ولتحقيق هدف الدراسة تم إعداد اختبار فهم مهارات التفكير عالي الرتبة في موضوع التحليل الكهربائي يحتوي على مجموعة أسئلة مفتوحة النهاية تغطى أعلى أربع مستويات إدراكية لتصنيف بلوم المنقح من قبل أندرسون وآخرون وهم: مستويات التطبيق والتحليل والتقويم والإبداع. واعتمدت على أداة مهمة خريطة المفهوم وبروتوكولات التفكير بصوت عالي. واتبعت الدراسة تصميم المجموعة الواحدة، وتضمنت مجموعة الدراسة ٣٢ طالب من مدرسة داخلية في جوهور Johor. تم تطبيق اختبار HOTS مهارات التفكير عالي الرتبة وخريطة المفهوم كأداة تقييمية قبليا وبعديا على مجموعة الدراسة. وأوضحت نتائج عمليات تفكير الطلاب أن الطلاب المتفوقين كانوا أكثر قدرة على تقديم تفسير قائم على المحتوى للتحليل الكهربائي والمشاركة في أنشطة المراقبة في كثير من الأحيان

أثناء بناء خريطة المفاهيم. ومع ذلك، تمكنت جميع فئات الطلاب من إظهار زيادة إيجابية في أنشطة التفسير والرصد أثناء بناء خرائط المفاهيم بعد تعرضهم لأداة التقييم في أنشطة التعلم المعملي. وأن أنشطة التقييم باستخدام خرائط المفاهيم في أنشطة التعلم المختبري له تأثير إيجابي على فهم الطلاب ويحفز الطلاب على زيادة مهارات التفكير عالي الرتبة لديهم.

وهدفت دراسة **(Prayitno, Suciati, & Titikusumawati, 2018)** بحث فاعلية استراتيجية فريق طلاب التقصي والتحصيل INSTAD مقارنةً باستراتيجيات التدريس الأخرى مثل القائمة على التقصي فقط، وقسم إنجاز فريق الطلاب student team's achievement division (STAD)، وطريقة المحاضرة، للحد من الفجوة في مهارات التفكير عالي الرتبة بين مجموعات الطلاب ذوي التحصيل الأكاديمي العالي والطلاب ذوي التحصيل الأكاديمي المنخفض. تضمنت مجموعة الدراسة ١٣٦ طالبًا في الصف السابع تم تقسيمهم إلى ثماني مجموعات بحيث تم استخدام كل استراتيجية مع مجموعتين (مجموعة من ١٧ طالبًا من القدرات الأكاديمية العليا ومجموعة من ١٧ طالبًا من القدرات الأكاديمية المنخفض. تم اختيار الطلاب من خلال عينة عشوائية طبقية من ٢٧ مدرسة ثانوية عامة في سورا كارتا، إندونيسيا. تم قياس مهارات التفكير عالي الرتبة من خلال ورقة اختبار مقال وتطبيقه قبليا وبعديا على مجموعات الدراسة. كشفت النتائج أن استراتيجية فريق طلاب التقصي والتحصيل INSTAD حسنت مهارات التفكير العليا على النحو الأمثل بالمقارنة مع أسلوب الاستقصاء، STAD، والمحاضرة. وفعالية الاستراتيجية التعليمية INSTAD في تحسين مهارات التفكير عالي الرتبة لدى الطلاب، وأنها قادرة على تقليص الفجوة في مهارات التفكير عالي الرتبة بين طلاب منخفضي ومرتفعي الأداء الأكاديمي بدلاً من الاستقصاء، STAD، وطريقة المحاضرة كاستراتيجيات تدريس.

وبحثت دراسة **(Younis, 2017)** تأثيرات محاكاة التقصي العلمي scientific inquiry simulationsعلى مهارات التفكير عالي الرتبة والإتجاه نحو التفاعل الكيميائي. تم تنفيذ (تضمين) مدخل الطريقة المختلطة؛ تم إجراء اختبار قبلي وبعدي تجريبي لجمع البيانات. تضمنت ٧٦ طالب من الصف التاسع بحيث شارك ٣٨ طالب بكل مجموعة (المجموعة التجريبية التي درست باستخدام محاكاة التقصي العلمي والمجموعة الضابطة التي درست باستخدام أنشطة التقصي العلمي). وتم استخدام اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة، ومقياس الإتجاه نحو الكيمياءa chemistry attitude scale وورق عمل التقصي العلمي scientific inquiry worksheet لجمع البيانات. كما تم إجراء مجموعة تركيز لتحليل الاستجابات لدى عشرة طلاب من كل مجموعة لإلقاء مزيد من الضوء على النتائج. وأوضحت النتائج أن درجات التطبيق البعدي للطلاب الذين تم التدريس لهم بمحاكاة التقصي العلمي أعلى من درجات طلاب المجموعة الضابطة الذين درسوا باستخدام التقصي العلمي وأوجدت أيضًا تأثيرًا إيجابيًا لمحاكاة البحث العلمي على إتجاهات الطلاب نحو تعلم الكيمياء. وبذلك أوضحت النتائج أن محاكاة التقصي العلمي هي بيئات تعليمية فعالة لتعزيز مهارات التفكير عالي التربة لدى الطلاب والإتجاه نحو التفاعل الكيميائي.

وهدفت دراسة **(Risna, Hasan, & Supriatno, 2020)** تحديد فاعلية تنفيذ التعلم الاستقصائي الموجه للكيمياء الخضراء نحو مهارات التفكير عالي الرتبة في المواد العازلة. وتضمنت مجموعة الدراسة جميع طلاب فصل علوم بإحدى مدارس الثانوية في باندا اتشه، إندونيسيا. وتمثلت أداة الاختبار المستخدمة في

شكل اختيار من متعدد. تم قياس الزيادة في مهارات التفكير عالي الرتبة على المستوى المعرفي فيما يتعلق بالتحليل والتقويم والإبداع. استخدم تحليل البيانات اختبار N Gain و T test من حيث اختبار التجانس والحالة الطبيعية Normality أوضحت نتائج الدراسة أن مهارات التفكير عالي الرتبة على المستوى المعرفي المتعلقة بالتحليل والتقويم والإبداع بنسبة ٤.٦٨%، ٦٥.٢٦%، ٥٣.٦٨% على التوالي. وأن تنفيذ التعلم الاستقصائي الموجة للكيمياء الخضراء قادراً على تحسين مهارات التفكير عالي الرتبة للطلاب في المدرسة الثانوية.

ومن الدراسات التي اهتمت بتنمية مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء في المرحلة الجامعية دراسة **(Madhuri, Kantamreddi, & Prakash Goteti, 2012)** وهدفت تعزيز مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء باستخدام التعلم القائم على الاستقصاء؛ ولتحقيق ذلك تم إعداد موديول مقرر معمل الكيمياء في الكيمياء التحليلية لطلاب الفرقة الأولى الكيمياء الهندسية engineering chemistry تم تصميمه باستخدام التعلم القائم على الاستقصاء، وصممت التمارين المعملية اعتمادا على تصنيف بلوم Bloom. وتضمنت مجموعة الدراسة ٦٦ طالب بالفرقة الأولى. تمت معهم مناقشة ما قبل المختبر بهدف تحديد نظرية التجربة وأهميتها لتمكين الطلاب من تحليل مشاكل الحياة الواقعية. تم تقييم أداء الطلاب بناءً على قدرتهم على إجراء التجربة وتصميم تجارب جديدة وربط الفائدة العملية لوحدة المقرر بالحياة الواقعية. حيث تتحقق نتائج التعلم للتجارب الحالية من خلال إقامة علاقة مع مشاكل العالم الحقيقي. وأوضحت النتائج أن طرق التدريس القائمة على الاستقصاء أثبتت نتائج أفضل مقارنةً بمدخل معمل الوصفات التقليدي a conventional recipe lab approach.

وهدفت دراسة **(Eklund, & Prat – Resina, 2014)** بحث أثر تعرض الطلاب لقاعدة ChemEX Data لبيانات علمية مفتوحة لتعليم الكيمياء على التفكير عالي الرتبة والتعلم المنظم ذاتياً؛ ولتحقيق ذلك تم تضمين قاعدة بيانات ChemEd X في مقرر الكيمياء العامة بالمرحلة الجامعية، وهي أداة ويب مفتوحة تجمع وتنظم البيانات الفيزيائية والكيميائية لمئات المواد. وتتيح هذه الأداة للطلاب التنقل في البيانات وتحديدها وتمثيلها بيانيًا مثل: نقاط الغليان والانصهار ومحتوى الاحتراق والقدرات الحرارية لمئات الجزيئات من خلال القيام بذلك، يمكن للطلاب تحديد الارتباطات بشكل مستقل بين المقادير والقوانين والقيم المتطرفة. تتمثل إحدى مزايا هذه الأداة في أنها قد تساعد الطلاب على التعرف على المواقف عندما تلعب التأثيرات المتضاربة دورًا (على سبيل المثال، الوزن الجزيئي والشكل وتأثير ثنائي القطب في نقطة الغليان). ويعمل تحديد التأثيرات المتضاربة على تمكين الطلاب بالمهارات التحليلية التي تقودهم إلى التفكير العالي والتعلم المنظم ذاتيًا. وأوضحت النتائج أن قاعدة بيانات ChemEX Data ساعدت الطلاب على النجاح في تحديد القوانين التي لم يعرفوها من قبل.

وهدفت دراسة **(Jumahat, Nagappan, Nordin, Hussien, & Othman, 2016)** استخدام التصنيف البديل كإطار مفاهيمي لتطوير مواصفات الاختبار، وتطوير مقياس لتقييم مهارات التفكير في الكيمياء. وتقييم الأداء العام لمهارات التفكير لدى الطلاب ومهارات التفكير عالي الرتبة HOTs. وقد أوضحت الدراسة بعض المداخل العلمية لإنتاج تقييم تكويني جيد في الكيمياء والفصول الدراسية وتقييم مستوى مهارات التفكير لدى الطلاب وهي اختبار مهارات التفكير في الكيمياء (TOTSIC).

وهدفت دراسة **(Toledo, & Dubas, 2016)** تشجيع التفكير عالي الرتبة في الكيمياء العامة من خلال سقالات تعلم الطلاب باستخدام تصنيف تعلم مارزانو Marzano. حيث تم تقديم أمثلة على كيفية استخدامه في بناء مخرجات تعلم الطلاب (SLOs)، وأنشطة الفصل، والتقييمات لمقرر الكيمياء العامة للفصل الدراسي الأول. وتم وصف عملية تصميم مقرر مع تصنيف مارزانو كإطار سقالة. وتم تدريس المقرر الناتج في قسمين من فصل الكيمياء العامة باستخدام كتاب atoms first book. تضمنت مجموعة الدراسة ٣٧ طالب. وتكونت التقييمات التكوينية من اختبارات قصيرة أسبوعية (٢-٣ استجابات). في حين تم تقسيم التقييمات النهائية / اختبار إلى ثلاثة أقسام وفقا للمستويات المعرفية الثلاث الأولى للتصنيف. من ٣ أسئلة استرجاع، وأربع أسئلة للفهم وخمسة أو ستة أسئلة للتحليل (استجابات بناء constructed responses). وتوصلت الدراسة إلى إعداد إطار عمل لتوضيح التعليمات قائم على البحث يهدف إلى تنمية مهارات التفكير عالي الرتبة بشكل متعمد. كما تم تصميم مقرر الكيمياء العامة للفصل الدراسي الأول باستخدام الإطار القائم على البحث. وإعداد تصور بين التفكير منخفض الرتبة والتفكير عالي الرتبة والذي أدى إلى تطوير SLOs سقالة وأنشطة الصف والتقييمات. من خلال رسم خرائط التقييمات باستخدام هذا الإطار، وتمكن الطلاب وأعضاء هيئة التدريس من الحصول على مزيد من التعليقات القابلة للتنفيذ. وأوضحت النتائج فيما يتعلق بنتائج الامتحانات وتصورات الطلاب فاعلية اطار التعلم المقترح.

وهدفت دراسة **(Verdina, Gani, & Sulastri, 2018)** تحسين مهارات التفكير عالي الرتبة لدى الطلاب لتدريس وتعلم الكيمياء الحرارية باستخدام أوراق عمل الطلاب students worksheets (SWS) استناداً إلى المنهج الدراسي ٢٠١٣. تم استخدام طريقة البحث والتطوير التي طورها نموذج Borg and Gall. تضمنت مجموعة الدراسة ٢٥ طالباً في الصف الحادي عشر من احدى مدارس المرحلة الثانوية و١٥ مدرسا للكيمياء بإندونيسيا. و تم قياس مهارات التفكير عالي الرتبة (تحليل analysis، وتقويم evaluation ، وتصميم الإبداعي creative design) باستخدام اختبار المقال . وبناءً على نتائج تحليل البيانات، بلغت قيمة الكسب ٩٧% وهي من الفئة المرتفعة؛ حيث أوضحت النتائج أن استخدام أوراق عمل الطلاب المطورة حسن مهارات التفكير عالي الرتبة لدى الطلاب ويمكن استخدامها المطورة كأداة لتدريس وتعلم الكيمياء الحرارية

وهدفت دراسة **(المطرفي، ٢٠١٩)** التعرف على أثر برنامج إثرائي قائم على مشروع (٢٠٦١) (SFAA) في تنمية مهارات التفكير عالي الرتبة وفهم طبيعة العلم لدى طلاب العلوم المتفوقين بجامعة أم القرى؛ ولتحقيق ذلك تم بناء البرنامج الإثرائي. وأعدت أداتي الدراسة وهما: اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة المتمثلة في (الملاحظة – التنبؤ – التحليل – التقويم – المشكلات مفتوحة النهاية – التنظيم) واختبار فهم طبيعة العلم. وطبقت أداتي الدراسة قبلياً وبعدياً على مجموعتي الدراسة المتضمنة مجموعة تجريبية وعددها ٤٢ طالب طُبق عليها البرنامج الإثرائي، ومجموعة ضابطة وعددها ٤٢ طالب لم يقدم لهم البرنامج الإثرائي. وأشارت النتائج إلى وجود فرق دال إحصائياً عند مستوى (٠.٠٥) بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لأداتي الدراسة لصالح المجموعة التجريبية. وجود علاقة ارتباطية ذات دلالة إحصائية بين الدرجة الكلية لاختبار فهم طبيعة العلم والدرجة الكلية لاختبار التفكير عالي الرتبة في التطبيق البعدي لدى طلاب المجموعة التجريبية. وفاعلية البرنامج القائم على مشروع (٢٠٦١) في تنمية مهارات التفكير عالي الرتبة وفهم طبيعة العلم لدى طلاب العلوم المتفوقين بجامعة أم القرى.

وهدفت دراسة **(Yunita, Supriyati, & Hariwibowo, 2019)** إلى التعرف على مدى قدرة معلمي الكيمياء قبل الخدمة على القيام بتنفيذ مهام التفكير عالي الرتبة، ومهارات التفكير متوسط الرتبة MOTS وHOTS. وتضمنت مجموعة الدراسة ٤٢ معلماً قبل الخدمة في الكيمياء الذين يدرسون بقسم تعليم الكيمياء بجامعة سياريف هداية الله الإسلامية في جاكرتا بإندونيسيا . علاوة على ذلك لجمع البيانات وتحليلها تم تحلل البيانات من خلال التحليل الوصفي من خلال توزيع الاستبيان كأداة استقصائية من أجل الحصول على المعلومات الرئيسية من الطلاب بقسم الكيمياء ، اشتمل الاستبيان/ اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة لمحتوى الكيمياء باستخدام الاختبار المستند على الحاسوب على ٤٠ مفردة اختيار من متعدد (١٨ مفردة من أسئلةMOTS و ٢٢ بندا من أسئلة HOTS) تم إدارة أداء البحث من خلال برنامج الاختبار المستند على الحاسوب CBT الذي يتكون من أسئلة اعتماداً على الكفاءات التعليمية للكيمياء الأساسية في مستوى التعليم العالي. أشارت النتائج إلى أن ١) أداة الاختبار التي نفذت على الطلاب في مهارات التفكير متوسط MOTS امتلكت متوسط ٩٢%، بينما بلغ متوسط نسبة الطلاب الذين حصلوا على (امتلكوا) مهارات التفكير عالي الرتبة HOTS حوالي ٧٢%. لذلك فإن الطلاب قادرون على القيام بأنواع مختلفة من الأسئلة التي تغطي HOTS ٢) تظهر شخصية واستجابات المعلمين قبل الخدمة في إتمام الأسئلة من خلال CBT درجة متوسط لحوالي ٨٠% ويتم تضمينها في فئة جيدة.

ومن خلال الدراسات السابقة يتضح أن:

- **اهتمام العديد من الدراسات السابقة بتنمية مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء بالمرحلة الثانوية والجامعية.**
- **اختلاف مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء التي تناولتها الدراسات والبحوث السابقة**
- **وجود العديد من الدراسات والبحوث السابقة التي أكدت على ضرورة الاهتمام بتنمية التفكير عالي الرتبة في المرحلة الجامعية مثل: دراسة (Madhuri, Kantamreddi, & Prakash (Eklund, & Prat – Resina, 2014) ، Goteti, 2012) (Toledo, & Dubas, 2016) (Verdina, Gani, & Sulastri, 2018) (المطرفي، ٢٠١٩) (Yunita, Supriyati, & Hariwibowo, 2019) (Fishovitz, Crawford, & Kloepper, 2020)**

إجراءات البحث:

أولا: إعداد قائمة بمهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء اللازمة لطلاب الكيمياء بكليات التربية:

- تم إعداد قائمة بمهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء اللازمة لطلاب الكيمياء بكليات التربية وعرضها على السادة المحكمين لضبطها وإجراء التعديلات اللازمة عليها ووضعها في صورتها النهائية.

ولتحقيق ذلك تم عمل مصفوفة تصنيفات مهارات التفكير عالي الرتبة لحساب تكرارات مهارات التفكير عالي الرتبة. حيث قامت الباحثة بفحص ٣٦ تصنيفاً من تصنيفات مهارات التفكير عالي الرتبة كما هو موضح بالجدول الآتي:

جدول (٣) تصنيفات مهارات التفكير عالي الرتبة:

م	التصنيف	السنة	المهارات								
١	بلوم وآخرون Bloom	1956	التحليل	التركيب	التقويم						
٢	Gane’	1965	تفسير البيانات	التحكم في المتغيرات	تحديد العمليات	صياغة الفروض					
٣	كولماز qaellmaz	1985	التحليل	المقارنة	الاستدلال	التقويم					
٤	Putt, patching, & marland	1992	التحليل	التوقع	المقارنة	التأكيد على الربط confirming linking	المعرفة ما وراء المعرفية	التذكر	التخطيط الاستراتيجي	التحويل	
٥	Zoller	1993	حل المشكلة	التفكير الإبداعي	التفكير الناقد	القدرة على طرح أسئلة حول قيمة					
٦	ستيرنبرغ Strenberg	1995	Meta compont	مكونات الأداء	مكونات اكتساب المعرفة						
٧	Lavonen & Meisalo	1998	التفكير الإبداعي	التفكير الناقد	حل المشكلات						
٨	راجيندران Rajendran	1998	التطبيق	التحليل	التركيب	التقويم					
٩	دومين Domin	1999	الاستدلال	التخطيط	التقييم						
١٠	Zoller 2001	2001	طرح الأسئلة	حل المشكلات	اتخاذ القرار	التفكير الناقد	التفكير التقويمي				
١١	Anderson & Krathworthi	2001	التطبيق	التحليل	التقويم	الإبداع					
١٢	شوراتز Schwartz	2002	الاستقصاء / التفسير inquiry	معالجة البيانات	التفكير الناقد						
١٣	زوهار ودوري	2003	المقارنة	التمييز	بناء الحجج	القدرة على البحث العلمي					
١٤	Zoher and Dori	2003	بناء الحجج	طرح أسئلة البحث	إجراء المقارنات	حل المشكلات المعقدة غير الخوارزمية	التعامل مع الجدل	تحديد الافتراضات الخفية	مهارات الاستقصاء inquiry العلمي الكلاسيكية		

م	التصنيف	السنة	المهارات								
١٥	زيتون	٢٠٠٣	اتخاذ القرار	التفكير الناقد	تفكير حل المشكلات	التفكير الإبداعي	التفكير ما وراء المعرفي				
١٦	**Dori, Tal, & Tsaushu**	**2003**	تحليل المعلومات والبيانات	طرح الأسئلة	تقديم الحجج ذات الأسس العلمية	التعبير عن الآراء	اتخاذ القرار	تفكير النظم			
١٧	**Dori, Tal, & Tsaushu**		طرح الأسئلة	الاستدلال	حل المشكلات	تصميم تجربة	تطوير مهارات التبرير	التفكير الناقد	تفكير النظم		
١٨	Zoher	2004	صياغة الفرضيات	تخطيط التجارب	استخلاص النتائج						
١٩	Alseka	2005	التطبيق	التحليل	التركيب	التقويم					
٢٠	Pogrow	2005	ما وراء المعرفة	صنع الاستدلال	نقل او تعميم الأفكار عبر السياقات	تركيب المعلومات					
٢١	Marazano & kendall	2007	التحليل	استخدام المعرفة	ما وراء المعرفة	تفكير النظم الذاتي -self system thinking					
٢٢	قطيط	٢٠٠٨	التفكير الناقد	التحليل	التركيب	الاستقراء	الاستنتاج	التقويم	حل المشكلات		
٢٣	سلامة واخرون	٢٠٠٩	التحليل	التركيب	التقويم	حل المشكلات	التفكير الناقد				
٢٤	نورث كارولينا	٢٠٠٩	التطبيق	التحليل	الابداع	التركيب	التقويم				
٢٥	جاياكومر، وسافيني وسميث	٢٠١٢	التحليل	التركيب	التنبؤ	التقويم					
٢٦	على	٢٠١٢	تحليل البيانات ونمذجتها	صياغة التنبؤات	حل المشكلات مفتوحة النهاية						
٢٧	الهيئة المركزية للفيزياء	٢٠١٣	التحليل	التفسير	الادراك المنطقي	التركيب	التقويم				
٢٨	Abir & Dori	2013	الاستفسار	استخلاص النتائج بعد التجربة	مهارات الرسوم البيانية	حل المشكلات	التفكير الناقد	الاستدلال	النمذجة	اتخاذ القرار	اتخاذ الموقف
٢٩	Freshman & Bellocchi	2013	تطوير الأسئلة	التقويم نقدياً	التفكير الناقد	التفكير التأملي	بناء الفرضيات	التحليل	التقويم	حل المشكلات	
٣٠	Eklund & Prat – Resina	2014	التحليل	التطبيق	التقويم						

م	التصنيف	السنة	المهارات									
٣١	Suciati & Titikusumawati	2018	التحليل	التقويم	الأبداع							
٣٢	Verdina, Gani & Sulastri	2018	التفكير الناقد	الاستدلال	التأمل	عمليات العلم						
٣٣	Hwang, Lai Liang, Chu & Tasi	2018	حل المشكلة	التفكير الناقد	الأبداع							
٣٤	Prayitno, Suciati, Titikusumawati	2018	التحليل	التقويم	الأبداع							
٣٥	المطرفي	٢٠١٩	الملاحظة	التنبؤ	التحليل	التقويم	المشكلات مفتوحة النهاية	التنظيم				
٣٦	سيد	٢٠١٩	تحليل البيانات ونمذجتها	صياغة التنبؤات	حل المشكلات مفتوحة النهاية							

ومن خلال فحص تصنيفات مهارات التفكير عالي الرتبة اتضح اختلاف المهارات من حيث عدد مرات تكرارها ونسبة شيوعها كما هو موضح بالجدول الآتي:

جدول (٤) **حساب تكرارات مهارات التفكير عالي التربة ونسبة شيوعها بالتصنيفات المختلفة**

المهارة	التكرار	نسبة	المهارة	التكرار	نسبة
التحليل	١٧	10.4	التذكر	١	0.6
التركيب	٨	4.9	المعرفة ما وراء المعرفية	١	0.6
التقويم	١٥	9.2	التأكيد على الربط	١	0.6
تفسير البيانات	١	0.6	اتخاذ القرار	٤	2.5
التحكم في المتغيرات	١	0.6	التفكير التقويمي	١	0.6
تحديد العمليات	١	0.6	الإبداع	٥	3.1
صياغة الفروض	٢	1.2	الاستقصاء	١	0.6
المقارنة	٣	1.8	معالجة البيانات	١	0.6
الاستدلال	٦	3.7	التمييز	١	0.6
التوقع	١	0.6	بناء الحجج	٢	1.2
التخطيط الاستراتيجي	١	0.6	القدرة على البحث العلمي	١	0.6
التحويل	١	0.6	طرح أسئلة البحث	١	0.6
حل المشكلة	٢	1.2	إجراء المقارنات	١	0.6
التفكير الإبداعي	٣	1.8	حل المشكلات المعقدة غير الخورازمية	١	0.6
التفكير الناقد	١٢	7.4	التعامل مع الجدل	١	0.6
القدرة على طرح أسئلة حول قيمة	١	0.6	تحديد الافتراضات الخفية	١	0.6
مكونات الأداء	١	0.6	مهارات الاستقصاء العلمي الكلاسيكية	١	0.6
مكونات اكتساب المعرفة	١	0.6	التفكير ما وراء المعرفي	١	0.6
Meta compont	١	0.6	تحليل المعلومات والبيانات	١	0.6
حل المشكلات	٨	4.9	تقديم الحجج ذات الأسس العلمية	١	0.6
التطبيق	٥	3.1	التعبير عن الآراء	١	0.6
التخطيط	١	0.6	تفكير النظم	٢	1.2
طرح الأسئلة	٣	1.8	تطوير مهارات التبرير	١	0.6
تصميم تجربة	١	0.6	نقل او تعميم الأفكار عبر السياقات	١	0.6
تخطيط التجارب	١	0.6	تركيب المعلومات	١	0.6
استخلاص النتائج	١	0.6	استخدام المعرفة	١	0.6
ما وراء المعرفة	٢	1.2	الاستقراء	١	0.6
تفكير النظم الذاتي	١	0.6	التنبؤ	٢	1.2
الاستنتاج	١	0.6	صياغة التنبؤات	٢	1.2
حل المشكلات مفتوحة النهاية	٣	1.8	الملاحظة	١	0.6
تحليل البيانات ونمذجتها	٢	1.2	التنظيم	٢	1.2
التفسير	١	0.6	مهارات الرسوم البيانية	١	0.6
الادراك المنطقي	١	0.6	استخلاص النتائج بعد التجربة	١	0.6
اتخاذ الموقف	١	0.6	الاستفسار	١	0.6
النمذجة	١	0.6	بناء الفرضيات	١	0.6
تطوير الأسئلة	١	0.6	التفكير التأملي	١	0.6
التقويم نقدياً	١	0.6	عمليات العلم	١	0.6

وبذلك اتضح أن أكثر المهارات شيوعاً التحليل والتقويم والتفكير الناقد وحل المشكلات والتركيب والابداع والاستدلال. وتتضمن مهارات حل المشكلات سلسلة من المهارات (تحديد المشكلة، جمع المعلومات، فرض الفروض، اختبار صحة الفروض، الوصول إلى الحل الصحيح) وتلك المهارات تتضمن مجموعة من الإجراءات واستراتيجيات حل المشكلة لتنميتها ولذلك تم استبعادها من البحث الحالي ومن خلال مقارنة تصنيف بلوم وتصنيف أندرسون المنقح اتضح أن الإبداع مرادف لمستوى التركيب (Akesla, 2005,38) ولذلك سيتم استبعاد التركيب. وتتضمن مهارات التفكير الناقد وفقا لتصنيف

فاسيون Facione, 1998 مهارات التفسير والتحليل والتقويم والاستدلال والشرح. وبذلك تصبح مهارات التفكير عالي الرتبة الأكثر شيوعا والتي سيتم تناولها في البحث الحالي التحليل والتفسير والاستدلال والشرح والتقويم والإبداع.

ثانيا: قياس فاعلية استخدام مدخل تفكير النظم في تعلم الكيمياء على تنمية مهارات التفكير عالي الرتبة

- **إعداد المواد التعليمية:**

- تم إعداد وحدة " **الكيمياء البيئية باستخدام مدخل تفكير النظم** " من خلال إجراء الخطوات الآتية:

١) اختيار مجموعة من موضوعات الكيمياء البيئية التي يمكن بنائها في ضوء مدخل تفكير النظم وتضمن قائمة موضوعات الكيمياء ستة موضوعات، وفقا للجدول الآتي:

جدول (٥) موضوعات الكيمياء المقدمة وفقا لمدخل تفكير النظم

الموضوع	العنوان
الموضوع الأول	دورة النيتروجين في الطبيعة
الموضوع الثاني	الضباب الدخاني الصناعي
الموضوع الثالث	الضباب الكيميائي الضوئي
الموضوع الرابع	دورة الكربون في الطبيعة
الموضوع الخامس	ثاني أكسيد الكربون والتغير المناخي
الموضوع السادس	الأمطار الحامضية

٢) إعداد كتاب الطالب للموضوعات المختارة في ضوء مدخل تفكير النظم في الكيمياء البيئية المتضمنة ستة موضوعات؛ بحيث تم إعداد كل موضوع من خلال توظيف مدخل تفكير النظم، حيث تم تقديم موضوعات الوحدة ليس فقط من خلال التركيز على تقديم سياقات الكيمياء على هيئة أنظمة كلية بالإضافة إلى الأنظمة الفرعية ولكن على السلوك الديناميكي للمواد الكيميائية والظواهر المرتبطة بالكيمياء، وأسباب السلوك الديناميكي، وتقديم التغذية الراجعة والسياقات البيئية والمجتمعية. حيث تم تقديم مجموعة من المهام التي اتضح فيها توظيف مدخل تفكير النظم مثل وجود بعض المهام التي ساعدت الطلاب تحديد السلوك الديناميكي وأسبابه، وبعض المهام التي ساهمت في توضيح السلوك الدوري وبعض المهام التي ركزت على مساعدة الطلاب في تحديد السببية وتنظيم العلاقات وتحديدها كمياً، بالإضافة إلى تقديم مهام توضح التفاعل بين النظام وبيئته وتقديم مهام لدراسة الأثار المترتبة على بعض الظواهر والأنظمة الكيميائية ودور الفرد للحد من تأثيرات السلبية لتلك الظواهر أو الأنظمة الكيميائية. (المشاركة والعمل الأخلاقي) التركيز على وتضمن كل موضوع مجموعة من المهام التي تساعد على ممارسة مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء. وتم عرض كتاب الطالب في صورته الأولية على مجموعة من المحكمين من أعضاء هيئة التدريس بكلية التربية وكلية العلوم لإجراء التعديلات اللازمة عليه ووضعه في صورته النهائية[٤].

٣) إعداد دليل المحاضر لتوضيح كيف يمكن توظيف مدخل تفكير النظم لتعليم موضوعات الكيمياء في الوحدة المقدمة. يهدف دليل المحاضر تحديد الإجراءات التي ينبغي على المحاضر اتباعها للتدريس وفقا لمدخل تفكير النظم.

وقد روعي فى إعداد هذا الدليل ما يأتي:

- تحديد الأهداف بصورة إجرائية.
- تحديد الوسائل التعليمية المستخدمة لتنفيذ كل موضوع.

[*] ملحق (٤) كتاب الطالب في الكيمياء البيئة باستخدام تفكير النظم

- تحديد خطة السير في الدرس. وتضمنت خطة السير في الدرس الخطوات التي ينغي على المحاضر اتبعها لتنفيذ المهام التي ركزت على توظيف مدخل تفكير النظم مثل المهام التي أكدت على (دراسة السلوك الديناميكي، تحديد "أسباب السلوك الديناميكي"، السببية، تنظيم العلاقات وتحديدها كمياً، التفاعل بين النظام وبيئته، المشاركة والديموقراطية والعمل الأخلاقي.

وتضمن دليل المحاضر:

١. **المقدمـــــــة**: وتضمنت الهدف من دليل المحاضر، ونبذة موجزة عن مدخل تفكير النظم والمهام التي يركز عليها.
٢. **توجيهات عامة للمحاضر**: اشتمل الدليل على مجموعة من الإرشادات والتوجيهات التى ينبغي على المحاضر مراعاتها عند تدريس وحدة الكيمياء البيئية باستخدام تفكير النظم.
٣. **الخطة الزمنية**: واشتملت بيان بعدد الجلسات المقترحة لتدريس موضوعات الكيمياء البيئية باستخدام تفكير النظم والتي بلغت ثماني جلسات.
٤. **خطة السير في الموضوعات المقدمة**: تم عرض الموضوعات بعد تحديد الأهداف المرجوة لكل منها، والوسائل التعليمية، وكذلك خطة السير فى الدرس، والخطوات الإجرائية التى يتبعها المحاضر لتدريس تلك الموضوعات وفقاً لمدخل تفكير النظم وفى نهاية الدرس تم عرض مجموعة من أسئلة التقويم لكل موضوع.

وتم عرض دليل المحاضر على السادة المحكمين، وتم إجراء التعديلات التي تمت الإشارة إليها، وبذلك أصبح الدليل فى صورته النهائية *

٤) إعداد اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء

- **تحديد الهدف من الاختبار**: يهدف هذا الاختبار إلى قياس مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء وتمثلت المهارات الرئيسية التي يقيسها الاختبار في سبع مهارات، وهي: (التحليل، الشرح، التفسير، الاستدلال، والتقويم، والإبداع).
- **وصف الاختبار**: تضمن اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة (٢٣) مفردة وتنوعت مفردات الاختبار ما بين مفردات اختيار من متعدد، ومفردات مفتوحة النهاية للتمكن من قياس مهارات التفكير عالي الرتبة.

جدول مواصفات الاختبار: يوضح جدول المواصفات المهارات الرئيسة والفرعية التي تقيسها كل مفردة من مفردات الاختبار

جدول (٦) مواصفات اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة

المهارة الرئيسة	المهارات الفرعية	المفردة التي تقيسها
التحليل	التنظيم	٩، ١٠، ١٧
	التمييز	١٢، ٢٠، ٢٢
	العزو	٧، ٩، ٢٠
الشرح	اعلان النتائج	٧، ٨، ٩، ١٩
	تبرير الحجج	٢، ٣، ٦
	عرض الحجج	٣، ١٢، ١٣، ٢٠
التفسير	التصنيف	٨، ١٠
	استخلاص المعني/ الدلالة	٢، ٣، ٦
	توضيح المعني	٢، ٢٠

*ملحق (٥) دليل المحاضر في الكيمياء البيئية باستخدام تفكير النظم

الاستدلال	الاستدلال الاستقرائي	٤، ٨، ١٠
	الاستدلال الاستنباطي	١٥، ٢٣
التقويم	الفحص	٥، ١٢
	النقد	١، ٦، ٢١
الابداع	التوليد	٩، ١٣، ١٨، ٢٠
	التخطيط	١، ١٤
	الإنتاج/الاجراء	٦، ١١، ١٦، ١٩

يتضح من جدول المواصفات: تضمن جدول المواصفات ٢٣ مفردة وهو نفس عدد مفردات الاختبار ولكن هنلك بعد المفردات تقيس أكثر من مهارة وبالتالي تم تكرار رقم المفردة مقابل كل مهارة تقيسها.

طريقة تصحيح الاختبار: تضمن اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة (٢٣) مفردة وتنوعت مفردات الاختبار ما بين مفردات اختيار من متعدد تم تصحيحها من خلال إعطاء درجة واحدة لإجابة الصحيحة، ومفردات مفتوحة النهاية للتمكن من قياس مهارات التفكير عالي الرتبة وتضمنت المفردات مفتوحة النهاية بعض المفردات التي لها أكثر من إجابة صحيحة وليس لها سقف للدرجة (مثل المفردات التي تقيس مهارة الإبداع) وبالتالي تم إعطاء درجة واحدة لكل إجابة صحيحة. وبعد حساب الدرجة الخام للاختبار تم تحويلها إلى الدرجة المعيارية التائية

صدق الاختبار:

صدق المحكمين:

للتأكد من صدق الاختبار تم عرض الاختبار على مجموعة من السادة المحكمين من أعضاء هيئة التدريس بكلية التربية وكلية العلوم جامعة بنها لإبداء آرائهم حول:

- مدى مناسبة تلك المهام لطلاب الفرقة الثالثة شعبة الكيمياء بكلية التربية
- حذف الأسئلة التي يصعب على الطلاب حلها.
- تعديل أو صياغة بعض الأسئلة لتصبح أكثر وضوحا.
- تقديم أي مقترحات أخرى.

الدراسة الاستطلاعية للاختبار:

تم إجراء الدراسة الاستطلاعية على مجموعة قوامها ٣٧ طالب وطالبة من طلاب الفرقة الثالثة شعبة الكيمياء بكلية التربية ببنها وذلك لحساب صدق وثبات الاختبار كالآتي:

أ) حساب صدق الاختبار:

تم التأكد من صدق الاختبار من خلال **الصدق التكويني**: من خلال حساب معامل الاتساق الداخلي بين درجة المفردة والدرجة الكلية للاختبار محذوفاً منها درجة المفردة

جدول (٦) مؤشرات الصدق التكويني لمفردات اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة.

المفردة	معامل الارتباط	المفردة	معامل الارتباط
١	٠.٦٩٦**	١٣	٠.٦٢٧**
٢	٠.٨٠٢**	١٤	٠.٧٨٩**
٣	٠.٥١٠**	١٥	٠.٦٧٥**
٤	٠.٤٨٧**	١٦	٠.٧٩٩**
٥	٠.٣٩٣*	١٧	٠.٥٨٧**
٦	٠.٤٤٩**	١٨	٠.٧٧٩**

المفردة	معامل الارتباط	المفردة	معامل الارتباط
٧	٠.٣٨٢*	١٩	٠.٧٩٩**
٨	٠.٦٣٣**	٢٠	٠.٦٠٦**
٩	٠.٨٠٩**	٢١	٠.٥٣٤**
١٠	٠.٧٢٧**	٢٢	٠.٧٧٢**
١١	٠.٦٣٠**	٢٣	٠.٥٤٤**
١٢	٠.٤٥٣**		

ويتضح من الجدول السابق أن قيم معامل الارتباط بين درجة المفردة والدرجة الكلية لاختبار مهارات التفكير عالي الرتبة تراوحت بين (٠.٣٨٢: ٠.٨٠٩) وجميعها قيم مرتفعة ودالة عند مستوى٠.٠٥، ٠.٠١ مما يدل الصدق التكويني للاختبار.

ب) ثبات الاختبار:

تم حساب ثبات الاختبار من خلال حساب ألفا كرونباخ وبلغت قيمته ٠.٧٥ وهي قيمة مرتفعة لمعامل ثبات الاختبار، مما يدل على ثبات الاختبار وإمكانية الوثوق في نتائجه في البحث الحالي.

وبذلك أصبح اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في صورته النهائية *وصالحاً للتطبيق على مجموعة الدراسة.

٥) اجراءات تنفيذ تجربة البحث:

تم تطبيق أداة البحث قبليا على مجموعة الدراسة المتضمنة ٤٣ طالب وطالبة من طلاب الفرقة الثالثة شعبة الكيمياء للعام الجامعي ٢٠١٩/ ٢٠٢٠ ثم تدريس الوحدة وبعد الانتهاء من تدريس الوحدة تم تطبيق الاختبار بعدياً

نتائج البحث وتفسيراتها:

لاختبار مدى صحة الفرض الأول والذي ينص على أنه " لا يوجد فرق دال إحصائيا عند مستوى دلالة ٠.٠١ بين متوسط درجات التطبيق القبلي والتطبيق البعدي للمهارات الفرعية التي يتضمنها اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء وكذلك الدرجة الكلية ". تم حساب متوسط درجات الطالبات والانحراف المعياري لتحديد مستوى الدلالة وحجم الأثر وقيمة مربع إيتا والجدول الآتي يوضح ذلك:

*ملحق ( ): اختبار مهارات التفكير عالي الرتب في الكيمياء..

جدول (١٧) دلالة الفرق بين متوسطي درجات الطلاب في التطبيقين القبلي والبعدي للمهارات الفرعية التي يتضمنها اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء

المهارة الرئيسية	المهارة الفرعية	التطبيق	المتوسط	الانحراف المعيارى	قيمة (ت)	درجة الحرية df	مستوى الدلالة	قيمة مربع إيتا	Cohen`s d
التحليل	التنظيم	القبلي	٤٠.٤٢	١.٣٣	٣٢.٥٣	٤٢	٠.٠٠٠	٠.٩٦٢	٤.٩٦
		البعدي	٥٩.٥٨	٣.٥٦					
	التمييز	القبلي	٤٢.٠٦	٢.٢١	١٢.٣٨		٠.٠٠٠	٠.٧٨٥	١.٨٨
		البعدي	٥٧.٩٤	٨.٢٧					
	العزو	القبلي	٤١.١٢	١.٢٩	١٨.١٤		٠.٠٠٠	٠.٨٨٧	٢.٧٧
		البعدي	٥٨.٨٧	٦.٢٧					
الشرح	اعلان النتائج	القبلي	٤١.٠٢	٢.٢٦	٢٠.٥١		٠.٠٠٠	٠٩٠٩	٣.١٣
		البعدي	٥٨.٩٨	٥.٦٦					
	تبرير الحجج	القبلي	٤١.٢٧	٥.٠٢	١٥.٣٥		٠.٠٠٠	٠.٨٤٩	٢.٣٤
		البعدي	٥٨.٧٣	٤.٦٠					
	عرض الحجج	القبلي	٤٠.٨٨	١.٦٧	١٩.٥١		٠.٠٠٠	٠.٩٠١	٢.٩٨
		البعدي	٥٩.١٢	٥.٤٠					
التقسير	التصنيف	القبلي	٤٣.١٩	٦.٠١	٨.٣٣		٠.٠٠٠	٠.٦٢٣	١.٢٧
		البعدي	٥٦.٨١	٨.٤٣					
	استخلاص المعنى	القبلي	٤١.٢٧	٥.٠٢	١٥.٣٥		٠.٠٠٠	٠.٨٤٩	٢.٣٤
		البعدي	٥٨.٧٢	٤.٦٠					
	توضيح المعني	القبلي	٤٢.٤	٠.٣٧	١٠.٨		٠.٠٠٠	٠.٧٣٥	١.٦٥
		البعدي	٥٧.٦	٩.١٦					
الاستدلال	الاستدلال الاستقرائي	القبلي	٤٢.٠٠	٥.٠٢	١٣.٤٩		٠.٠٠٠	٠.٨١٢	٢.٠٦
		البعدي	٥٨.٠٠	٨.٨					
	الاستدلال الاستنباطي	القبلي	٤١.٩٧	٥.٤٦	١٣.٦٧		٠.٠٠٠	٠.٨١٦	٢.٠٨
		البعدي	٥٨.٠٣	٦.٣٧					
التقويم	الفحص	القبلي	٤١.٧٧	٦.٧٣	١٢.٨٩		٠.٠٠٠	٠.٧٩٨	١.٩٧
		البعدي	٥٨.٢٣	٤.٢٨					
	النقد	القبلي	٤١.٦٥	٥.٠٣	١٣.٨١		٠.٠٠٠	٠.٨٢٠	٢.١١
		البعدي	٥٨.٣٥	٥.٨٤					
الابداع	التوليد	القبلي	٤٠.٣٩	٠.٦٣	٣٣.٢٣		٠.٠٠٠	٠.٩٦٣	٥.٠٧
		البعدي	٥٩.٦١	٣.٦١					
	التخطيط	القبلي	٤٠.٥١	٠.٨٧	٢٩.٧٦		٠.٠٠٠	٠.٩٥٥	٤.٥٤
		البعدي	٥٩.٤٩	٤.١٦					
	الإنتاج	القبلي	٤١.٨٩	١.٨٥	١٢.٣٠		٠.٠٠٠	٠.٧٨٣	١.٨٨
		البعدي	٥٨.١١	٨.٠١					
	الدرجة الكلية	القبلي	٤٠.٥١	٥.٠٩٨	٢٩.١٣		٠.٠٠٠	٠.٩٥٣	٤.٤٤
		البعدي	٥٩.٤٩	٤.١٢					

يتضح من الجدول السابق ما يأتي:

- يوجد فرق ذو دلالة إحصائية عند مستوى ≤ ٠.٠١ بين متوسطي درجات التطبيق القبلي والتطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء لصالح التطبيق البعدي، مما يدل على نمو وتحسن واضح في الدرجة الكلية لاختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء نتيجة توظيف مدخل تفكير الظم.

- تشير قيمة مربع إيتا إلى أن حجم التأثير يشير إلى وجود درجة تأثير مرتفع للمعالجة التجريبية المستخدمة (مدخل تفكير النظم) على الدرجة الكلية لاختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء كما أن ٩٥% من التباين الكلي للمتغير التابع يرجع إلى المتغير المستقل مما يشير إلى وجود تأثير كبير للمعالجة التجريبية المستخدمة (مدخل تفكير النظم) في تنمية التفكير عالي الرتبة في الكيمياء.
- يوجد فرق ذو دلالة إحصائية عند مستوى ≤ ٠.٠١ بين متوسطي درجات التطبيق القبلي والتطبيق البعدي للمهارات الفرعية للتفكير عالي الرتبة لاختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء لصالح التطبيق البعدي، مما يدل على نمو وتحسن واضح في المهارات الفرعية للتفكير عالي الرتبة لاختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء نتيجة توظيف مدخل تفكير النظم.
- تشير قيمة مربع إيتا إلى أن حجم التأثير يشير إلى وجود درجة تأثير مرتفع للمعالجة التجريبية المستخدمة على المهارات الفرعية للتفكير عالي الرتبة لاختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء كما أن (٦٢%: ٩٦%) من التباين الكلي للمتغير التابع يرجع إلى المتغير المستقل مما يشير إلى فاعلية مدخل تفكير النظم في تنمية المهارات الفرعية للتفكير عالي الرتبة في الكيمياء.
- وبحساب فاعلية مدخل تفكير النظم من خلال حساب Cohen`s d تراوحت قيمة d للمهارات الفرعية للتفكير عالي الرتبة بين (١.٢٧: ٥.٠٧) مما يشير إلى قيمة دالة كبيرة ، ومن ثم إلى فاعلية استخدام مدخل تفكير النظم في تعلم الكيمياء لتنمية المهارات الفرعية للتفكير عالي الرتبة لدي طلاب شعبة الكيمياء في كليات التربية.
- وبذلك تم رفض الفرض الصفري الأول من فروض الدراسة.

ولاختبار مدى صحة الفرض الثاني والذي ينص على أنه " لا يوجد فرق دال إحصائيا عند مستوى دلالة ٠.٠١ بين متوسط درجات التطبيق القبلي والتطبيق البعدي للمهارات الرئيسة التي يتضمنها اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء وكذلك الدرجة الكلية ". تم حساب متوسط درجات الطالبات والانحراف المعياري لتحديد مستوى الدلالة وحجم الأثر وقيمة مربع إيتا والجدول الآتي يوضح ذلك:

جدول (٨) دلالة الفرق بين متوسطي درجات الطلاب في التطبيقين القبلي والبعدي للمهارات الرئيسة التي يتضمنها اختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء

المهارة الرئيسية	التطبيق	المتوسط	الانحراف المعيارى	قيمة (ت)	درجة الحرية df	مستوى الدلالة	قيمة مربع إيتا	Cohen`s d
التحليل	القبلي	٤٠.٧٣	٠.٨٩	٢٣.٧٧	٤٢	٠.٠٠٠	٠.٩٣١	٣.٦٢
	البعدي	٥٩.٢٦	٥.٠٩					
الشرح	القبلي	٤٠.٦٢	١.٦٨	٢٥.٤٠		٠.٠٠٠	٠.٩٣٩	٣.٨٧
	البعدي	٥٩.٣٨	٤.٤١					
التفسير	القبلي	٤١.٠٧	٢.٤١	١٨.٤٧٨		٠.٠٠٠	٠.٨٩٠	٢.٨٢
	البعدي	٥٨.٩٣	٥.٧٨					
الاستدلال	القبلي	٤١.٠٢	٤.١٥	١٩.٤٧٨		٠.٠٠٠	٠.٩٠٠	٢.٩٧
	البعدي	٥٨.٩٨	٤.٤٨					
التقويم	القبلي	٤١.٠٧	٤.٣٤	١٨.٨٢٩		٠.٠٠٠	٠٨٩٤	٢.٨٧
	البعدي	٥٨.٩٣	٤.٤٩					
الابداع	القبلي	٤٠.٥١	٠.٧٩	٢٨.٥٧٣		٠.٠٠٠	٠.٩٥١	٤.٣٦
	البعدي	٥٩.٤٩	٤.١٧					
الدرجة الكلية	القبلي	٤٠.٥١	٥.٠٩٨	٢٩.١٣		٠.٠٠٠	٠.٩٥٣	٤.٤٤
	البعدي	٥٩.٤٩	٤.١٢					

يتضح من الجدول السابق ما يأتي:

- يوجد فرق ذو دلالة إحصائية عند مستوى ≤ ٠.٠١ بين متوسطي درجات التطبيق القبلي والتطبيق البعدي للمهارات الرئيسة للتفكير عالي الرتبة لاختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء لصالح التطبيق البعدي، مما يدل على نمو وتحسن واضح في المهارات الفرعية للتفكير عالي الرتبة لاختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء نتيجة توظيف مدخل تفكير النظم.
- تشير قيمة مربع إيتا إلى أن حجم التأثير يشير إلى وجود درجة تأثير مرتفع للمعالجة التجريبية المستخدمة على المهارات الرئيسة للتفكير عالي الرتبة لاختبار مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء، كما أن (٨٩%: ٩٥%) من التباين الكلي للمتغير التابع يرجع إلى المتغير المستقل مما يشير إلى فاعلية مدخل تفكير النظم في تنمية المهارات الرئيسية للتفكير عالي الرتبة في الكيمياء.
- وبحساب فاعلية مدخل تفكير النظم من خلال حساب Cohen`s d تراوحت قيمة d للمهارات الفرعية للتفكير عالي الرتبة بين (٢.٨٢: ٤.٣٦) مما يشير إلى قيمة دالة كبيرة، ومن ثم إلى فاعلية استخدام مدخل تفكير النظم في تعلم الكيمياء لتنمية المهارات الرئيسية للتفكير عالي الرتبة لدي طلاب شعبة الكيمياء في كليات التربية
- وبذلك تم رفض الفرض الصفري الثاني من فروض الدراسة.

ويمكن تفسير النتائج كالآتي:

- يتضح من قيمة حجم الأثر الكبير أن توظيف مدخل تفكير النظم أتاح الفرصة إلى تنمية مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء مما يشير إلى فاعلية استخدام مدخل تفكير النظم في تعلم الكيمياء لتنمية مهارات للتفكير عالي الرتبة لدي طلاب شعبة الكيمياء في كليات التربية. وهذا يتفق مع نتائج دراسة **(Ginzburg, Check, Hovekamp, Sillin, Brett, Eshelman, & Hutchison, 2019) (Hrin, Milenkovi´c, Segedinac & Horvat, 2017) (Vachliotis, Salta, & Tzougraki, 2014)**

– تكامل الموضوعات المقدمة حيث تم تقديم الموضوعات من خلال التركيز على تفكير النظم؛ حيث تم تقديم الموضوعات من خلال عرض بعض نظم الكيمياء البيئية من خلال تقديم مهام قائمة على (دراسة السلوك الديناميكي، السببية، وتنظيم العلاقات وتحديدها كمياً، والتفاعل بين النظام وبيئته، والمشاركة والعمل الديمقراطي).

– ساعد استخدام مدخل تفكير النظم للانتقال من اختزال موضوعات الكيمياء إلى تقديم موضوعات الكيمياء من خلال نظرة أكثر شمولية لتعلم الكيمياء من خلال التركيز على فهم وتفسير نظم الكيمياء البيئية المعقدة.

– تضمن توظيف مدخل تفكير النظم مهام ركزت على تصور الترابطات والعلاقات بين أجزاء النظم الكيميائية المرتبطة بالبيئة، ومهام ركزت على فحص السلوكيات التي تتغير بمرور الزمن وتأثير الزمن عليها، ودراسة كيفية حدوث الظواهر على مستوي الأنظمة من خلال التفاعلات بين أجزاء النظام وكذلك تفاعلات النظم الكيميائية مع البيئة المحيطة بالنظام مما ساهم في تعزيز فهم الطلاب للكيمياء وتنمية مهارات التفكير عالي التربة لديهم.

– تضمين موضوعات الكيمياء البيئية أدوات بصرية وتنظيمات تخطيطية ورسوم بيانية وتوضيح الرسوم البيانية لبعض النظم الكيميائية عبر الزمن ساعد الطلاب على تصور النظام وساعدهم على فهم الديناميكية داخل النظام وبين النظام وبيئته.

- توفير مهام يتضح من خلالها خصائص مدخل النظم والتفكير في الأنظمة الديناميكية والدورية ساهم ذلك في نقل أثرها لدى المتعلمين والعمل على تطبيقها عند القيام بتنفيذ المهام المتضمنة.
- توفير مهام لإكساب المتعلمين مهارات التفكير عالي الرتبة ساعد المتعلمين على توظيف تلك المهارات مما ساهم في تنمية مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء لدى الطلاب.
- تدعيم الوحدة بالفيديوهات والصور وبرامج المحاكاة وبعض المواقع الإلكترونية ساعدت الطلاب استخدام مدخل تفكير النظم والنظر إلى الأنظمة الكيميائية ليس فقط في سياق كيميائي ولكن وفرت نظرة متكاملة لأنظمة الكيميائية من خلال أنها أسهمت في تحديد ديناميكية سلوك النظام والتفاعلات التي تتم داخل مكونات النظام والتفاعلات التي تتم بين النظام والبيئة وتقديم التغذية الراجعة مما إتضح أثره في تنمية مهارات التفكير عالي الرتبة.

التوصيات:

١. ضرورة اهتمام الخبراء التربويين والقائمين على تطوير المناهج بمدخل تفكير النظم والعمل على تطوير المناهج بالمراحل المختلفة في ضوئه.
٢. ضرورة الاهتمام بتنمية مهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء في مراحل التعليم المختلفة.
٣. ضرورة توفير مهام علمية تعطى الفرصة للطلاب على توظيف مدخل تفكير النظم في الكيمياء.
٤. ضرورة الاهتمام بتنمية مهارات تفكير النظم لدى الطلاب.

المقترحات:

١. فاعلية مدخل تفكير النظم على تنمية فهم الكيمياء بالمرحلة الثانوية.
٢. تطوير مناهج الكيمياء بالمرحلة الثانوية في ضوء مدخل تفكير النظم.
٣. فاعلية مدخل تفكير النظم على تنمية مهارات التفكير الناقد في الكيمياء بالمرحلة الاعدادية.

المراجع العربية

أحمد، شيماء أحمد محمد (٢٠١٧). فاعلية استراتيجية مقترحة قائمة على التعلم المنظم ذاتياً في العلوم لتنمية مهارات التفكير عالي الرتبة ومهارات التنظيم الذاتي لدى طالبات المرحلة الإعدادية. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، الجمعية المصرية للتربية العلمية، ٢٠(١)، ٢٥١- ٢٩٥.

زيتون، حسن حسين (٢٠٠٣). تعليم التفكير رؤية تطبيقية في تنمية العقول المفكرة. *سلسلة أصول التدريس*، الكتاب الخامس. القاهرة، عالم الكتب.

الشهري، ابتسام محمد عبد الرحمن & غنام، محرز عبده يوسف (٢٠١٧). أثر تدريس الكيمياء في ضوء برنامج سكامبر SCAMPER على التحصيل وتنمية مهارات التفكير العليا لدى طالبات الصف الثاني الثانوي بمدينة أبها، *مجلة العلوم التربوية والنفسية، المركز القومي للبحوث غزة*، ١ (١٢)، ١-٢٣.

سيد، عصام محمد عبد القادر (٢٠١٩) فاعلية استراتيجية مقترحة قائم على تعدد أنماط التعزيز في تنمية التحصيل الدراسي ومهارات التفكير عالي الرتبة في الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوي الأزهري. *مجلة كلية التربية جامعة أسيوط*، ٣٥ (٣)، ٤٩٠- ٥٣٠.

علي، حسين عباس حسين (٢٠١٢). استراتيجية مقترحة قائمة على خرائط التفكير لتنمية مهارات التفكير التأملي ومهارات التفكير عالي الرتبة لدى طلاب المرحلة الثانوية بالمملكة العربية السعودية. *المجلة المصرية للتربية علمية، الجمعية المصرية للتربية العلمية، ١٥* (٤)، ١- ٦٤.

المطرفي، غازي بن صلاح بن هليل (٢٠١٩). أثر برنامج إثرائي قائم على مشروع (٢٠٦١) (SFAA) في تنمية مهارات التفكير عالي الرتبة وفهم طبيعة العلم لدى طلاب العلوم المتفوقين بجامعة أم القرى. *مجلة جامعة أم القرى للعلوم التربوية والنفسية*، ١٠ (٢)، ١٥ - ٨١

Foreign References:

Abir, A., & Dori, J. Y. (2013). Inquiry, chemistry understanding levels, and bilingual learning. *Educación Química, 24*(1), 37–43.

Aksela, M. (2005). Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: a design research approach. academic dissertation. University of Helsinki.

Anderson, L., & Krathwohl, D. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman, New York.

Aubrecht, K. B., Dori, Y. J., Holme, T. A., Lavi, R., Matlin, S. A., Orgill, M., & Skaza-Acosta, H. (2019). Graphical tools for conceptualizing systems thinking in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 96, (12), 2888-2900.

Chen, Y.-C., Wilson, K., & Lin, H.-S. (2019). Identifying the challenging characteristics of systems thinking encountered by undergraduate students in chemistry problem-solving of gas laws. *Chemistry Education Research and Practice*, *20*, 594 – 605.

Dori, Y. J., Tal, R. T., & Tsaushu, M. (2003). Teaching biotechnology through case studies? can we improve higher order thinking skills of nonscience majors? *Science Education, 87*(6), 767–793. doi:10.1002/sce.10081

Eklund, B., & Prat-Resina, X. (2014). ChemEd X Data: Exposing students to open scientific data for higher-order thinking and self-regulated learning. *Journal of chemical education, 91*, 1501−1504.

Fensham, P. & Bellocchi, A. (2013). Higher order thinking in chemistry curriculum and its assessment. *Thinking Skills and Creativity, 10*, 250– 264.

Fishovitz, J., Crawford, G., & Kloepper, K. (2020). Guided heads-up: a collaborative game that promotes metacognition and synthesis of material while emphasizing higher- order thinking. Journal of chemical education, https://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00904

Flynn, A., Orgill, M., Ho, F., York, S., Matlin, S. Constable, D., & Mahaffy, P. (2019). Future directions for systems thinking in chemistry education: putting the pieces together. *Journal of Chemical Education. 96,* (12), 3000-3005

Ghani, I., Ibrahim, N., Yahaya, & Surif, J. (2017). Enhancing students' HOTS in laboratory educational activity by using concept map as an alternative assessment tool. *Chemistry Education Research and Practice, 18*, 849—874.

Ginzburg, A., Check, C., Hovekamp, D., Sillin, A., Brett, J., Eshelman, H., & Hutchison, J. (2019). Experiential learning to promote systems thinking in chemistry: evaluating and designing sustainable products in a polymer immersion lab. *Journal of Chemical Education. 96*, 2863−2871

Hwang, G.-J., Lai, C.-L., Liang, J.-C., Chu, H.-C., & Tsai, C.-C. (2018). A long-term experiment to investigate the relationships between high school students' perceptions of mobile learning and peer interaction and higher-order thinking tendencies. *Education Tech Research Dev, 66,*75–93

Hrin, T., Milenković, D., Segedinac, M. & Horvat, S. (2017). Systems thinking in chemistry classroom: The influence of systemic synthesis questions on its development and assessment. *Thinking Skills and Creativity 23*, 175–187.

Hrin, T., Milenković, D., & Segedinac, M. (2017). Examining systems thinking through the application of systemic approach in the secondary school chemistry teaching. *African Journal of Chemical Education, 7*(3), 66-81.

Hurst, G. A. (2020). Systems thinking approaches for international green chemistry education. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 20, 93-97.

Jumahat, T., Nagappan, R., Nordin, M., Hussien, S., & Othman, N. (2016). The assessment of thinking skills in chemistry for secondary school students in malaysian classrooms. *Malaysian Journal of Higher Order Thinking Skills in Education,* 163 – 189.

Kordova, S. & Frank, M. (2018). The concept of systems thinking education- moving from the parts to the whole. 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 16-19 Dec. 2018, Bangkok, Thailand.

Kusuma, M., Rosidin, U., Abdurrahman, & Suyatna, A. (2017). The development of higher order thinking skill (hots) instrument assessment in physics study. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME), 7*, 26-32.

Ling, S. (2015). Higher order thinking skills (HOTS) among high, moderate and low achieving learners in learning the periodic table of elements. Master of Science, University Malaysia Sarawak.

Madhuri, G., Kantamreddi, V., & Prakash Goteti, L. (2012). Promoting higher order thinking skills using inquiry-based learning, *European Journal of Engineering Education, 37* (2), 117-123.

Mahaffy, P., Krief, A., Hopf, H., Mehta, G. & Matlin, S. (2018). Reorienting chemistry education through systems thinking. *In the classroom*, *Nature Review chemistry, 2*, 1-3.

Mahaffy, P., Matlin, S., Holme, T., & MacKellar, J. (2019). Systems thinking for education about the molecular basis of sustainability. *Nature Sustainability, 2*, 362–370.

Nagarajan, S. & Overton, T. (2019). Promoting systems thinking using project- and problem-based learning. *Journal of chemical education, 96*(21), 2901 – 2909.

Orgill, M., York, S., & Mackellar, J. (2019). Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. *Journal of chemical education. 96* (12), 2720–2729.

Pazicni, S., &Flynn, A. (2019). Systems thinking in chemistry education: theoretical challenges and opportunities. *Journal of chemical education. 96* (12), 2752-2763.

Pratama, G., & Retnawati, H. (2018). Urgency of higher order thinking skills (HOTS) content analysis in mathematics textbook. *Journal of Physics: Conference Series*, 1097, The 5th International Conference on Research, Implementation, & Education of Mathematics and Sciences 7–8 May 2018, Yogyakarta, Indonesia. doi :10.1088/1742-6596/1097/1/012147.

Prayitno, B., Suciati, & Titikusumawati, E. (2018). Enhancing students' higher order thinking skills in science through INSTAD strategy. *Journal of Baltic science education, 17* (6), 1046 -1055.

Riess, W., & Mischo, C. (2010). Promoting systems thinking through biology lessons. International Journal of Science Education, 32(6), 705-725.

Risna, Hasan, M. & Supriatno. (2020). Implementation of guided inquiry learning oriented to green chemistry to enhance students' higher-order thinking skills. Journal of Physics: Conference Series, 1460, 1-7. The 1st Annual International Conference on Mathematics, Science and Technology Education 14th–15th September 2019, Kota Banda Aceh, Indonesia. doi:10.1088/1742-6596/1460/1/012095.

Shaked, H.& Schechter, C. (2017). *Systems thinking for school leaders: holistic leadership for excellence in education,* Springer International Publishing, Switzerland.

Subarkah, C. Z., Trisnawati, A., Sundari, C. D. D., & Malik, A. (2020). Implementation of Green Chemistry-Based Electrolysis Learning Media to Develop Higher Order Thinking Ability. Journal of Physics: Conference Series, 1503, 1-5. International

Conference on Mathematics and Natural Sciences 2019 (IConMNS 2019) 30-31 August 2019, Bali, Indonesia, doi:10.1088/1742-6596/1503/1/012032.

Toledo, S. & Dubas, J. (2016). Encouraging higher-order thinking in general chemistry by scaffolding student learning using marzano's taxonomy. *Journal of Chemical Education, 93* (1), 64 -69.

Vachliotis, T., Salta, K. & Tzougraki, C. (2014). Meaningful understanding and systems thinking in organic chemistry: validating measurement and exploring relationships. *Research in Science Education, 44* ,239–266.

Verdina, R., Gani, A., & Sulastri. (2018). Improving students' higher order thinking skills in thermochemistry concept using worksheets based on 2013 curriculum. *Journal of Physics: Conference Series,* The 6th South East Asia Design Research International Conference. 1088, 012105. doi:10.1088/1742-6596/1088/1/012105

Yunita, L., Supriyati, Y., & Hariwibowo, H. (2019). Assessment of higher order thinking skills (HOTS) for chemistry pre-service teacher using computer based testing (CBT). the 5th International Conference on Education in Muslim Society (ICEMS), 30 September - 01 October 2019, Jakarta, Indonesia.

York, S., Lavi, R., Dori, Y., & Orgill, M., (2019). Applications of systems thinking in STEM education. *Journal of Chemical Education, 96* (12), 2742-2751.

Younis, B. (2017). The effects of scientific inquiry simulations on students' higher order thinking skills of chemical reaction and attitude towards chemistry. *American Journal of Educational Research*, 5 (11), 1158-1161.

Zohar, A., & Dori, Y. J. (2003). Higher order thinking skills and low-achieving students: are they mutually exclusive?. *Journal of the Learning Sciences, 12*(2), 145–181. doi:10.1207/s15327809jls1202_1

Zoller, U., & Pushkinb, D. (2007). Matching Higher-Order Cognitive Skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. *Chemistry Education Research and Practice, 8* (2), 153-171.

Conferences website:

2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) , 16-19 Dec. 2018, Bangkok, Thailand, Retrieved 19 February 2020. From: https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/8589962/proceeding

2018 CLE ST/DM Conference, 2018 The Creative Learning Exchange, Systems Thinking and Dynamic Modeling Biennial Conference, JUNE 30 - JULY 2 - WELLESLEY, MA, Retrieved 18 February 2020. From: http://www.clexchange.org/news/conference/2018conference.asp

ICSTDB 2020: 14. International Conference on Systems Thinking and Dynamic Behavior, August 06-07, 2020 in Vancouver, Canada, Retrieved 18 February 2020. From : https://waset.org/systems-thinking-and-dynamic-behavior-conference-in-august-2020-in-vancouver

ICSESPST 2020: 14. International Conference on Systems Education for a Sustainable Planet and Systems Thinking, July 17-18, 2020 in Helsinki, Finland, Retrieved 19 February 2020. From : https://waset.org/systems-education-for-a-sustainable-planet-and-systems-thinking-conference-in-july-2020-in-helsinki

ICSTDTS 2021: 15. International Conference on Systems Thinking and Design Thinking for Systems, August 16-17, 2021 in Barcelona, Spain, Retrieved 19 February 2020. From : https://waset.org/systems-thinking-and-design-thinking-for-systems-conference-in-august-2021-in-barcelona

ICSTDTS 2022: 16. International Conference on Systems Thinking and Design Thinking for Systems , Retrieved August 16-17, 2022 in Barcelona, Spain. Retrieved 19 February 2020. From : https://waset.org/systems-thinking-and-design-thinking-for-systems-conference-in-august-2022-in-barcelona

ICSTE 2021: 15. International Conference on Systems Thinking in Education April 15-16, 2021 in Cape Town, South Africa ,Retrieved 19 February 2020. From: https://waset.org/systems-thinking-in-education-conference-in-april-2021-in-cape-town

ICSTE 2022: 16. International Conference on Systems Thinking in Education, April 15-16, 2022 in Cape Town, South Africa, Retrieved 19 February 2020. From : https://waset.org/systems-thinking-in-education-conference-in-april-2022-in-cape-town

ICSTE 2021: 15. International Conference on Systems Thinking in Education, September 27-28, 2021 in Istanbul, Turkey. Retrieved 19 February 2020. From: https://waset.org/systems-thinking-in-education-conference-in-september-2021-in-istanbul

ICSTE 2022: 16. International Conference on Systems Thinking in Education, September 27-28, 2022 in Istanbul, Turkey. Retrieved 19 February 2020. From: https://waset.org/systems-thinking-in-education-conference-in-september-2022-in-istanbul

National Quality in Education Conference: Systems Thinking Helps Prepare Students for College and Careers, November 11 – 12, 2012, at the Hyatt Regency, Louisville, Ky., Retrieved 19 February 2020. From : http://asq.org/newsroom/news-releases/2012/20120709-nqec-systems-thinking-helps-prepare-students.html

The Effectiveness Of Using Systems Thinking Approach In Chemistry Learning On Developing Higher Order Thinking Skills Among Chemistry Department Students At Faculty Of Education

Dr. Doaa said Mahmoud Ismail

Lecturer at department of Curriculum, Instruction, & Educational Technology, Faculty of Education, Benha University- Egypt

Abstract

The present research investigated the effectiveness of using systems thinking approach in chemistry learning on developing higher order thinking skills among chemistry department students at faculty of education. The participants of the study consisted of forty-three students enrolled in third year chemistry department. The instrument of the study included higher order thinking skills test in chemistry. The test was applied to the participants before and after the intervention. The results showed that:

- There is a statistically difference (on 0.01 level of significance) between the mean scores of the pre and post administration of the higher order thinking skills (sub skills) and the total score on the higher order thinking skills test in chemistry in favor of the post administration.
- There is a statistically difference (on 0.01 level of significance) between the mean scores of the pre and post administration of the higher order thinking skills (main skills) and the total score on the higher order thinking skills test in chemistry in favor of the post administration.
- the effectiveness of using systems thinking approach in chemistry learning on developing higher order thinking skills among chemistry department students at faculty of education.

Key words : systems thinking approach, higher order thinking skills, chemistry learning