استراتيجية تدريسية مقترحة قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة (MVR) وتفاعلها مع القدرة على التفكير التحليلى لتنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب المرحلة الثانوية.

إعداد:
أ.م.د/ رباب أحمد محمد أبو الوفا
أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد
كلية التربية ــ جامعة دمنهور.
Dr_rabababoelwafa@edu.dmu.edu.eg

د/ سهام فؤاد محمود الشناوى
مدرس المناهج وطرق تدريس العلوم
كلية التربية ــ جامعة دمنهور.
seham200674@edu.dmu.edu.eg

رقم الإيداع: 24313 ISSN: 2536 – 914 E. ISSN: 2735-4245
المجلة معرفة علي دوريات بنك المعرفة المصرى، و Edu Search دار المنظومة

استراتيجية تدريسية مقترحة قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة (MVR) وتفاعلها مع القدرة على التفكير التحليلى لتنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب المرحلة الثانوية.

أ.م.د/رباب أحمد محمد أبو الوفا*
د/سهام فؤاد محمود الشناوى**

المستخلص:

هدف هذا البحث إلى تصميم استراتيجية قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة، وبحث فاعليتها وتفاعلها مع القدرة على التفكير التحليلى فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب المرحلة الثانوية. صُممت الاستراتيجية المقترحة وأُعد دليل المعلم، ثم أُعدت أدوات جمع البيانات. وقد اشتملت العينة على (100) طالب وطالبة بالصف الأول الثانوى بالفصل الأول من العام الدراسى (2022/2023)، طُبق اختبار التفكير التحليلى وقُسم الطلاب بناءً على نتائجه إلى طلاب مرتفعى القدرة وطلاب منخفضى القدرة، ثم وُزع طلاب كل قسم عشوائياً على مجموعتين درست أحدهما بالاستراتيجية المقترحة، والأخرى بالطريقة التقليدية، ثم طُبقت الأدوات بعدياً، وأسفرت النتائج عن وجود فرق دال إحصائياً عند مستوى دلالة $p<0.01$ فى مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء لصالح الطلاب الذين درسوا بالاستراتيجية المقترحة، وبين الطلاب مرتفعى القدرة والطلاب منخفضى القدرة لصالح الطلاب مرتفعى القدرة. وارتباط دال إحصائياً بين تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء. ولم يوجد تفاعل دال إحصائياً بين استراتيجية التدريس والقدرة على التفكير التحليلى.

الكلمات المفتاحية: التمثيلات البصرية المتعددة، مفاهيم الكيمياء الكمية، التواصل بلغة الكيمياء، التفكير التحليلى، طلاب المرحلة الثانوية.

*أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد ـ كلية التربية ـ جامعة دمنهور.
**مدرس المناهج وطرق تدريس العلوم ـ كلية التربية ـ جامعة دمنهور.

A proposed teaching strategy based on multiple visual representations (MVR) and its interaction with the ability to think analytically to develop quantitative chemistry concepts and communication in the language of chemistry among secondary school students.

Dr.Rabab Ahmed Mohamed Abou-ELwafa*
Dr.Seham Fouad Mahmoud EL-Shennawi**

Abstract

This research aimed to design a teaching strategy based on multiple visual representations and study its interaction with analytical thinking ability for developing quantitative chemistry concepts (qcc) and communication in the language of chemistry (clc). The sample included (100) students at the first secondary grade in the first semester (2022/2023). The analytical thinking test was applied and the students were divided into high and low ability students. The students of each department were randomly divided into two groups, one was taught by the strategy, and the other traditionally, then the data collection tools were applied. The results revealed that there were statistically significant difference at the $p<0.01$ in qcc and clc in the favor of students who studied with the strategy, also between high ability and low ability students in the favor of high ability students. There was a statistically significant correlation at $p<0.01$ between the development of qcc and clc.

Keywords: Multiple visual representations, quantitative chemistry concepts, communication in the language of chemistry, analytical thinking, high school students.

*Assisstant professor of Curriculum and Science Education- Faculty of Education - Damanhour University.

**Lecturer of Curriculum and Science Education - Faculty of Education - Damanhour University.

المقدمة:

تزداد فى الأونة الأخيرة وعلى نحو غير مسبوق تطبيقات علم الكيمياء بصفة عامة والكيمياء الكمية بصفة خاصة وتأثيراته فى كافة مجالات الحياة اليومية سواء أكانت هذه التأثيرات إيجابية أم سلبية، مثل: صناعة الدواء، والأسمدة، والحديد والصلب، والصناعات الغذائية، والبتروكيماويات، والزراعة،....الخ. ولكى يتمكن الفرد من التعامل مع تلك التأثيرات، والعيش بفاعلية فى عالم ملىء بالعمليات الكيميائية ومنتجاتها لتحقيق الاستفادة القصوى منها وتقليل أضرارها فى الوقت نفسه؛ فذلك يتطلب أن يتوافر لديه المعرفة بالمفاهيم الرئيسة للكيمياء الكمية وكيفية توظيفها فى اتخاذ القرارات الشخصية والمجتمعية ذات الصلة بها.

كما يتطلب أيضًا التمكن من التواصل بلغة الكيمياء؛ من حيث معرفة دلالة الرموز والمصطلحات المستخدمة فى التعبير عن المعرفة الكيميائية، وكتابة المعادلات الكيميائية الموزونة، وكتابة الصيغ الكيميائية للجزيئات والمركبات بصورة صحيحة لاستخدامها فى حسابات الكيمياء الكمية عند تحليل المواد والعينات.

ويتطلب تعلم مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء توافر قدرة عقلية لدى الطلاب على الاستنباط والتفكير بشكل مجرد، ومقارنة المفاهيم وترتيبها وتنظيمها وربطها معًا، فضلًا عن القدرة على توظيفها. كما يتطلب حل مسائل الكيمياء الكمية قدرة على تحليل البيانات وربط القوانين والمفاهيم معا وتجزئتها والتفكير فى عدة بدائل قبل اتخاذ القرار والوصول إلى الحل، أى يتطلب قدرة عالية على التفكير التحليلى.

كما يتطلب أيضًا استخدام استراتيجيات تدريسية جديدة تبرز المفاهيم الكيميائية ولغتها من كافة جوانبها؛ ليتمكن الطلاب من تعلمها على نحو صحيح. ومن الاتجاهات الحديثة التى يمكن تطوير استراتيجيات تدريس الكيمياء فى ضوئها التمثيلات البصرية المتعددة، والتى تعد بمثابة أدوات للتواصل العلمى وبناء الطلاب معرفتهم العلمية وتنظيمها بصورة صحيحة، لتنوعها ما بين الرموز والرسوم والصيغ والمخططات البيانية والذهنية التى من شأنها أن تبنى لدى الطلاب فهمًا عميقًا للمفاهيم الكيميائية، فضلًا عن عديد من مهارات التفكير من خلال قراءة المخططات والرسوم البيانية أو وصف العلاقات الموجودة بها وتفسيرها.

مشكلة البحث:

أكدت عديد من الأدبيات السابقة على أهمية الكيمياء بوصفها العلم المركزى الذى يخدم كافة فروع العلم الأخرى، وكونها العلم الأكثر ارتباطاً بجوانب الحياة ومظاهرها، ومن فروع الكيمياء التى تمثل أهمية خاصة الكيمياء الكمية والتى تتعامل مع عدد من المفاهيم والقوانين الأساسية فى مجال التحليل الكمى، مثل: المعادلة الموزونة، والكتلة، والمول، والصيغة الجزيئية، والصيغة الأولية، والكتلة الذرية، وعدد أفوجادرو، والناتج الفعلى، والناتج النظرى المحسوب.

كما يُعد فهم اللغة المستخدمة للتعبير عن هذه المفاهيم والقوانين من رموز وأشكال وصيغ ومعادلات والقدرة على استخدامها بصورة صحيحة للتواصل من خلالها والتعبير عن المعرفة الكيميائية جزء لا يتجزأ من تعلم الكيمياء والنجاح فيها. (Kelly, 2010)

وبالرغم من ذلك يرى الطلاب فى كافة المراحل الدراسية وبصفة خاصة المرحلة الثانوية أن مفاهيم الكيمياء وقوانينها والقدرة على توظيفها فى حل المسائل ذات الصلة بها، فضلًا عن اللغة الرمزية المستخدمة للتعبير عنها صعبة الفهم وذات طبيعة مجردة وجافة، وليست ذات صلة بالعالم الذى يحييون فيه أو بحياتهم الحالية والمستقبلية (Walker, 2003, Evan, etal, 2004; Kelly, 2010; Kamisah & Nur, 2013, Woldeamanuel, etal., 2014).

وقد أظهرت نتائج الدراسة الاستطلاعية (ملحق 1) التى طُبق خلالها اختبارًا لقياس تمكن الطلاب من مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء على عينة من طلاب الصف الأول الثانوى، بلغ عددهم (57) طالبًا وطالبةً ـ ما يلى:

أولاً: بالنسبة لمفاهيم الكيمياء الكمية، أوضحت النتائج ما يلى:

- عدم فهم المفاهيم الرئيسة للكيمياء الكمية، وخاصة: مفهوم المول، وعدد أفوجادرو، وكتلة المادة، والناتج الفعلى، والناتج النظرى، والمعادلة الموزونة.
- تدنى مستوى الطلاب فى الربط بين المفاهيم، مثل: تحديد العلاقة بين مفهوم المول وكتلة المادة.
- لا يمتلك الطلاب المعرفة الإجرائية ذات الصلة بالكيمياء الكمية ولا يعرفون كيف تنتج هذه المعرفة.
- تدنى قدرتهم على تطبيق المعرفة المُتعلمة فى مواقف جديدة وفى العالم الحقيقى.

ثانياً:بالنسبة للتواصل بلغة الكيمياء.

- تدنى معرفتهم باللغة المستخدمة فى التعبير عن الكيمياء من حيث الرموز وما تدل عليها أو كيفية توليف هذه الرموز معاً للتعبير عن المعرفة بالكيمياء الكمية.
- وجود أخطاء عديدة فى كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة.
- ضعف مستوى الطلاب فى كتابة الصيغ الكيميائية المعبرة عن الجزيئات والمركبات.

- ضعف قدرتهم على التواصل الكتابى بلغة الكيمياء.

ويرجع ذلك إلى أن تعليم مفاهيم الكيمياء الكمية فى غالبيته ـ وبصفة خاصة طرق التدريس السائدة ـ يركز على التعامل مع الكيمياء بوصفها مقرر يجب دراسته والنجاح فيه للانتقال إلى مرحلة تعليمية أعلى، ويتم ذلك من خلال سرد الحقائق والمبادىء والمعرفة الكيميائية دون الأخذ فى الاعتبار طبيعة هذه المفاهيم المجردة التى يتطلب تدريسها التعبيرعنها بأكثر من أسلوب وربطها ببعضها البعض وتوضيح أهميتها واستخداماتها فى حياتهم الواقعية حتى يمكن بناء فهم صحيح ومتكامل لهذه المفاهيم، فضلًا عن التعامل مع لغة الكيمياء بوصفها جزء من المعرفة التى يجب حفظها دون فهم أو الاهتمام باستخدام الطلاب لها فى التعبير عن المعرفة الكيميائية والتواصل بها (Tobin, 2006; Ibrahim, 2011).

وتأكيدًا لذلك؛ قامت الباحثتان بملاحظة الأداء التدريسى لعدد (6) من معلمى الكيمياء للصف الأول الثانوى فى ثلاث مدارس ثانوية مختلفة، وأسفرت هذه الملاحظة عما يلى:

- يتبع المعلمون فى تدريس موضوعات الكيمياء الكمية طريقة تركز على سرد المعلم للمعلومات، والمفاهيم المتضمنة بالدرس، ثم طرح أسئلة حولها.
- يعتمد التدريس على الإلقاء والفاعلية من جانب المعلم.
- لا يوجد تنوع فى التدريس بما يتناسب مع طبيعة المفاهيم التى يتم تدريسها.
- مازال تدريس المفاهيم والقوانين الكيميائية يعالجها على أنها معارف وقواعد يجب أن يلم بها الطالب ليتمكن من حل أسئلة الامتحان.
- لا يوضح المعلمون أثناء التدريس اللغة الكيميائية، من حيث مفرداتها ودلالتها أو كيفية توليفها للتعبير عن المعرفة الكيميائية.

ولكى يتم تغيير هذا الواقع، ويصبح تعليم الكيمياء قادرًا على تحقيق أهدافه؛ فإن الأمر يتطلب استخدام استراتيجيات تدريسية جديدة ترتكز على تعليم الكيمياء بإبراز المفاهيم الكيميائية من كافة جوانبها؛ ليتمكن الطلاب من تعلمها على نحو صحيح. (Mahaffy, 2004; 2006; Holbrook, 2005; Deter, 2009; Ibrahim, 2011)

وفى السياق ذاته أوصى عدد من الدراسات والبحوث السابقة، مثل: (Mahaffy, 2004; 2006; Holbrook, 2005; Deter, 2009; Ibrahim, 2011; Ding & Reay, 2014; Ding & Zhang, 2014) بضرورة الخروج من نطاق استراتيجيات وطرق التدريس التقليدية التى يتبعها كثير من معلمى الكيمياء عند تدريسها، تلك الطرق التى تركز على تذكر المعرفة دون إعمال العقل والتفكير فى هذه المعرفة، أو ربط هذه المعرفة بالحياة الواقعية وتحديد كيفية الاستفادة منها، فضلًا عن عدم إتاحة الفرصة للطلاب للمناقشة والتفاعل؛ مما ينعكس سلبًا على تحقيق نواتج التعلم المرغوبة وأهداف تعليم الكيمياء، ومن بينها: تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية، والتواصل بلغة الكيمياء.

كما قد يرجع السبب فى ذلك إلى قدرة الطلاب على التفكير التحليلى؛ فتعلم مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء يتطلب توافر قدرة عقلية لدى الطلاب على الاستنباط والتفكير بشكل مجرد، ومقارنة المفاهيم وترتيبها وتنظيمها وربطها معًا، فضلًا عن القدرة على توظيفها. كما يتطلب حل مسائل الكيمياء الكمية قدرة على تحليل البيانات وربط القوانين والمفاهيم معًا وتجزئتها والتفكير فى عدة بدائل قبل اتخاذ القرار والوصول إلى الحل، أى يتطلب قدرة عالية على التفكير التحليلى.

تحديد المشكلة:

تأسيسًا على ما تقدم؛ تحددت مشكلة البحث فى العبارة التالية:

"تدنى مفاهيم الكيمياء الكمية وضعف التواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى؛ وقد يكون ذلك راجعًا إلى استخدام استراتيجيات تدريس من قبل معلمى الكيمياء فى هذه المرحلة لا تتناسب مع طبيعة مفاهيم الكيمياء الكمية، أو لغة التعبير عن المعرفة الكيميائية، فضلًا عن تأثر ذلك بمستوى قدرة الطلاب على التفكير التحليلى".

أسئلة البحث:

سعى البحث للإجابة عن السؤال الرئيس التالى:

ما أثر التفاعل بين استراتيجية تدريسية مقترحة قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة والقدرة على التفكير التحليلى فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى؟

وتطلب ذلك الإجابة عن الأسئلة الفرعية التالية:

1-ما الاستراتيجية التدريسية المقترحة القائمة على التمثيلات البصرية المتعددة؟

2-ما فاعلية استراتيجية تدريسية مقترحة قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية لدى طلاب الصف الأول الثانوى؟

3-ما أثر القدرة على التفكير التحليلى فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية لدى طلاب الصف الأول الثانوى؟

4-ما أثر التفاعل بين استراتيجيات التدريس والقدرة على التفكير التحليلى فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية لدى طلاب الصف الأول الثانوى؟

5-ما فاعلية استراتيجية تدريسية مقترحة قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة فى تنمية التواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى؟

6-ما أثر القدرة على التفكير التحليلى فى تنمية التواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى؟

7-ما أثر التفاعل بين استراتيجيات التدريس والقدرة على التفكير التحليلى فى تنمية التواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى؟

8-ما العلاقة الارتباطية بين تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى؟

أهداف البحث:

فى ضوء ما تقدم فإن البحث الحالى هدف إلى:

1-تصميم استراتيجية تدريسية مقترحة قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة لتدريس مفاهيم الكيمياء الكمية لطلاب الصف الأول الثانوى.

2-تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

3-تنمية التواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

منهج البحث:

اعتمد هذا البحث على المنهج التجريبى ذو التصميمات العاملية 2x2 factorial designs (عطيفة، 1996: 224).

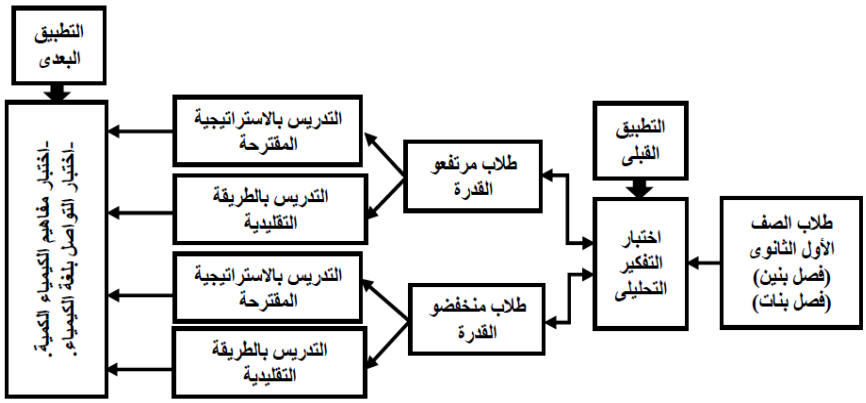
التصميم التجريبى للبحث: نفذت تجربة البحث وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية Randomized Blocks Design. والذى تضمن متغيراً تصنيفياً مستقلاً، وهو: القدرة على التفكير التحليلى، ويفيد هذا العامل فى:

1-بحث أثر هذا العامل فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

2-تحديد ما إذا كانت الفاعلية النسبية للمعالجة (استراتيجية التدريس القائمة على التمثيلات البصرية المتعددة) تختلف باختلاف مستوى المفحوصين فى التفكير التحليلى.

3-زيادة قوة وحساسية التحليل الإحصائى للتأثير المحتمل للمعالجة.

كما تضمن أيضًا متغيرًا فعالًا وهو التدريس باستراتيجية مقترحة قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة فى مقابل الطريقة التقليدية. ويلخص شكل (1) تصميم تجربة البحث.



شكل (1) تصميم تجربة البحث.

فروض البحث:

حاول هذا البحث اختبار صحة الفروض التالية:

1-توجد فروق دالة إحصائيًا بين الطلاب الذين درسوا بالاستراتيجية المقترحة والذين درسوا بالطريقة التقليدية فى مفاهيم الكيمياء الكمية لصالح الطلاب الذين درسوا بالاستراتيجية المقترحة.

2-توجد فروق دالة إحصائيًا بين الطلاب مرتفعى القدرة على التفكير التحليلى والطلاب منخفضى القدرة فى مفاهيم الكيمياء الكمية لصالح الطلاب مرتفعى القدرة.

3-يوجد تفاعل دال إحصائيًا بين استراتيجيات التدريس، والقدرة على التفكير التحليلى فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

4-توجد فروق دالة إحصائيًا بين الطلاب الذين درسوا بالاستراتيجية المقترحة والذين درسوا بالطريقة التقليدية فى التواصل بلغة الكيمياء لصالح الطلاب الذين درسوا بالاستراتيجية المقترحة.

5-توجد فروق دالة إحصائيًا بين الطلاب مرتفعى القدرة على التفكير التحليلى والطلاب منخفضى القدرة فى التواصل بلغة الكيمياء لصالح الطلاب مرتفعى القدرة.

6-يوجد تفاعل دال إحصائيًا بين استراتيجيات التدريس، والقدرة على التفكير التحليلى فى تنمية التواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

7-توجد علاقة ارتباطية دالة إحصائيًا بين تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

أهمية البحث:

نبعت أهمية هذا البحث من إمكانية الإفادة منه من قبل الجهات التالية:

1-مخططى مناهج الكيمياء بالمرحلة الثانوية ومطوريها، وذلك حيث إنه:

- يُوجه الاهتمام إلى أن تصبح تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء هدفًا رئيسًا لتعليم الكيمياء فى المراحل الثانوية.
- يُقدم استراتيجية قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة مصممة لتعليم الكيمياء الكمية فى المرحلة الثانوية يمكن الاستفادة منها عند تنفيذ مناهج الكيمياء أو تطويرها فى هذه المرحلة.

2-معلمى الكيمياء بالمرحلة الثانوية: من خلال تقديم استراتيجية تدريسية قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة ودليل معلم بما يدعم تدريسهم للكيمياء فى هذه المرحلة، والإسهام فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء لدى طلابهم، فضلًا عن تقديم أدوات مضبوطة يمكن لهم استخدامها لقياسها لديهم.

3-المتخصصين والباحثين فى الميدان: حيث يُمثل إضافة فى بنية المعرفة المتعلقة بتعليم الكيمياء لتنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء من خلال استراتيجية تدريسية قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة، وتصميم استراتيجية تدريسية ودليل للمعلم، فضلاً عن أدوات قياس متنوعة بما قد يساعدهم فى إجراء بحوث مماثلة.

حدود البحث:

اقتصر البحث على:

1- مجموعة من طلاب الصف الأول الثانوى بإدارة مركز كفرالدوار التعليمية بمحافظة البحيرة خلال الفصل الأول من العام الدراسى 2022/2023**.**

2-قياس مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء.

3-باب "الكيمياء الكمية" بمنهج الكيمياء للصف الأول الثانوى.

أدوات جمع البيانات:

تحددت أدوات جمع البيانات فى كل من:

- اختبار التفكير التحليلى.
- اختبار مفاهيم الكيمياء الكمية.
- اختبار التواصل بلغة الكيمياء.

مصطلحات البحث:

1-التمثيلات البصرية المتعددة: تُعرف إجرائيًا بأنها: أساليب لعرض مفاهيم الكيمياء الكمية بأنماط متعددة تتضمن استخدام النصوص، والرموز والخطوط والرسوم والصور والمجسمات، والجداول، والنماذج، والتجارب العملية والتطبيقات الحياتية، وغيرها من التمثيلات بهدف التعبير عن المفهوم المُتعلم من جميع الجوانب لتكوين فهم صحيح وعميق ومتكامل له.

2-الاستراتيجية التدريسية المقترحة: استراتيجية تدريسية مقترحة قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة تتضمن ست مراحل، وهى: التمثيل الاصطلاحى للمفهوم، والتمثيل اللفظى للمفهوم، والتمثيل الرمزى للمفهوم، والتمثيل البصرى للمفهوم، والتمثيل الحسى للمفهوم، وأخيراً التمثيل الحياتى للمفهوم.

3-التفكير التحليلى: يُعرف إجرائيًا بأنه تفكير منظم ومتتابع ومتسلسل بخطوات محددة، ويشمل تحليل وتقييم ومقارنة المفاهيم المجردة، ويتضمن ست مهارات، وهى: جمع البيانات، وتحليل البيانات، ورؤية العلاقات، والاستدلال، واتخاذ القرار، فضلًا عن التنبؤ. وتتحدد قدرة الطالب على التفكير التحليلى بالدرجة التى يحصل عليها فى الاختبار المعد لذلك.

4-مفاهيم الكيمياء الكمية: الكيمياء الكمية هى أحد فروع علم الكيمياء التى تُستخدم لتحليل عينات من المواد لتحديد نسب مكوناتها، وتحديد كميات المواد الداخلة فى التفاعل الكيميائى والناتجة عنه من خلال المعادلة الكيميائية الموزونة المعبرة عن هذا التفاعل. وتتضمن الكيمياء الكمية عدد من المفاهيم، وهى: المعادلة الموزونة،

والكتلة، والمول، والصيغة الجزيئية، والصيغة الكيميائية، والصيغة الأولية، والكتلة الذرية، وعدد أفوجادرو، والمتفاعلات، والنواتج، والناتج الفعلى، والناتج النظرى المحسوب. ويتحدد مدى تمكن الطالب من هذه المفاهيم بالدرجة التى يحصل عليها فى اختبار مفاهيم الكيمياء الكمية المعد لذلك.

5-التواصل بلغة الكيمياء: يُعرف إجرائيًا بأنه قدرة الطلاب على فهم المعرفة والتقارير والمناقشات ذات الصلة بالكيمياء، والاتصال بفاعلية حول الكيمياء باستخدام اللغة الرمزية الكيميائية، واستخدام اللغة الرمزية والاصطلاحية للتعبير عن المفاهيم الكيميائية، فضلًا عن كتابة المعادلات الكيميائية موزونة وكتابة الصيغ المعبرة عن المركبات الكيميائية، واستخدام الرموز المتنوعة للتعبير عن التراكيب والأنواع الكيميائية المختلفة، وتحدد بالدرجة التى يحصل عليها الطالب فى الاختبار المعد لذلك.

خطوات البحث:

تم البحث وفق الخطوات التالية:

1-الاطلاع على الأدبيات والدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع البحث، وتحليلها والاستفادة منها فى إعداد الإطار النظرى لبحث، وإعداد الاستراتيجية المقترحة، وأدوات جمع البيانات، وتفسير النتائج.

2-تصميم الاستراتيجية المقترحة، وتحديد مراحلها، وأدوار كل من المعلم والمتعلم فى كل مرحلة منها.

3-إعداد دليل المعلم وأوراق عمل الطالب لتدريس باب الكيمياء الكمية وفق الاستراتيجية المقترحة، وعرضهما على المحكمين.

4-إعداد أدوات جمع البيانات، وعرضها على المحكمين، وضبطها إحصائيًا.

5-اختيار عينة البحث، وتطبيق اختبار التفكير التحليلى عليهم قبليًا، ثم تقسيم الطلاب إلى طلاب مرتفعى القدرة وطلاب منخفضى القدرة.

6-تدريس باب الكيمياء الكمية بالاستراتيجية المقترحة وبالطريقة التقليدية.

7-تطبيق اختبار مفاهيم الكيمياء الكمية، واختبار التواصل بلغة الكيمياء بعديًا على الطلاب.

8-التحليل الإحصائى للبيانات واستخلاص النتائج وتفسيرها، ثم تقديم التوصيات والمقترحات.

الإطار النظرى، والدراسات السابقة:

تناول هذا الجزء بالشرح والتحليل كل من: التمثيلات البصرية المتعددة، والتفكير التحليلى، ومفاهيم الكيمياء الكمية، فضلًا عن التواصل بلغة الكيمياء.

أولًا: التمثيلات البصرية المتعددة Multiple Visual (MVR) Representations.

تُعد التمثيلات البصرية المتعددة بمثابة أدوات للتواصل العلمى وبناء المعرفة العلمية وتنظيمها بصورة صحيحة، وتتنوع ما بين الرموز والرسوم والصيغ

والمخططات البيانية والذهنية التى من شأنها أن تساعد الطلاب على بناء فهمًا عميقًا للمفاهيم الكيميائية.

كما تُعد التمثيلات البصرية المتعددة من الطرق التى أكدت عليها وثيقة المعايير القومية للتربية العلمية (NSES)؛ حيث ورد بتلك الوثيقة ضرورة استخدام المعلم للتمثيلات البصرية بمختلف أنواعها لتحسين فهم الطلاب المفاهيم المعقدة وتنظيم الأفكار العلمية وتسجيلها، وتوظيفها فى التواصل مع الآخرين وحل المشكلات وتفسير الظواهر العلمية، فضلًا عن حثهم على تطوير إجاباتهم للأسئلة باستخدام التمثيلات المكتوبة والتخطيطية والرسوم (NRC,1996).

ويمكن النظر إلى التمثيلات البصرية المتعددة على أنها تجسيد للمفاهيم والأفكار العلمية والتعبير عنها بأكثر من شكل (Eilam, 2013). فى حين يرى "اينسورث" Ainsworth (2014) أنها عملية ترجمة للنص من أحد أشكاله (ألفاظ وكلمات) إلى نماذج محسة أو أى شكل أخر من أشكاله (جداول، أشكال، رموز، علاقات). فهى أداة مهمة للتفكير تجعل المفاهيم العلمية أكثر حسية وتنمى الاستدلال من خلال مساعدة الطلاب على التركيز فى الموقف التعليمى وإدراك العناصر المشتركة بين المواقف المختلفة.

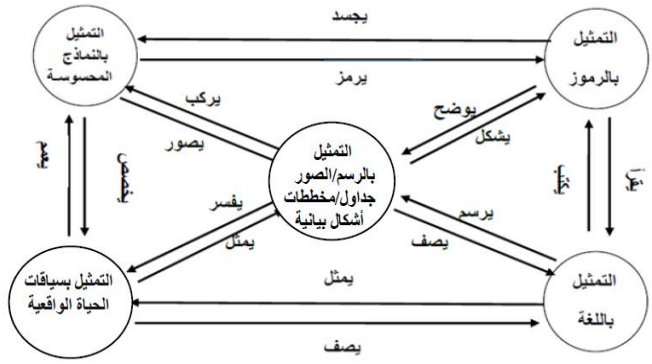
بينما يُعرِف "ايفاجرو وأخرون" Evagorou, etal. (2015) التمثيلات البصرية المتعددة على أنها طرق لعرض فكرة ما أو مفهوم علمى أو قضية علمية بأنماط متعددة تتضمن استخدام الكلمات، والخطوط والرسوم والصور والمجسمات، والجداول والألفاظ بهدف التعبير عنها من جميع الجوانب.

أنواع التمثيلات المتعددة:

من خلال تحليل الأدبيات والدراسات السابقة يمكن استخلاص نوعين للتمثيلات المتعددة المستخدمة فى تنمية المفاهيم العلمية، هما:

1-تمثيلات خارجية: وتتمثل فى جميع التمثيلات البصرية التى يستعين بها المعلم لتوضيح المفاهيم العلمية والأفكار الرئيسة من خلال أنشطة التعلم المختلفة، مثل: المصطلحات، والرموز والمعادلات، والمحسات، والرسوم والأشكال البيانية والجداول، المخططات، والعلاقات المكانية، بما يُسهم فى الإدراك البصرى للمواقف والأحداث ومساعدة الطلاب على بناء المفهوم العلمى بصورة صحيحة (Gilbert & Treagust, 2009a)

ويوضح شكل (2) أنواع التمثيلات الخارجية وكيفية الانتقال من أحد الأنواع إلى نوع آخر لاكتساب المفاهيم العلمية بدقة؛ حيث يتبين من الشكل وجود خمسة أنواع رئيسة من التمثيلات الخارجية، وهى: اللغة أى التعبير عن المفهوم بكلمات يفهمها الطالب، والرموز، وكذلك الصور والرسومات والأشكال التى يشاهدها الطالب ويمكنه توضيحها باستخدام الجداول أو المخططات، والنماذج المحسة والمجسمات، فضلًا عن الواقع الذى يعكس المواقف الحياتية المرتبطة بالمفهوم. (Alkhateeb, 2019)



شكل (2) العلاقة بين أنواع التمثيلات الخارجية المتعددة (Alkhateeb, 2019).

2-تمثيلات داخلية: وهى أنظمة تمثيلية تخيلية تتمثل فى الصور الذهنية التى يكونها الطلاب للمفهوم العلمى، ويصعب ملاحظتها وإنما يُستدل عليها من التمثيلات الخارجية التى يقدمها المتعلم، وتؤدى إلى إدراج أبنية رمزية أو صور عقلية داخل البنية المعرفية للطلاب تعكس ما اكتسبوه من معرفة علمية وما توصلوا إليه من معانى وتفسيرات (Eilam, 2013).

وتُعد التمثيلات الداخلية بمثابة لبنات للنماذج العقلية التى تُشكل معرفة الطلاب بمحتوى مجال معين، وتحدث أثناء معالجة الطلاب للمفاهيم والعمليات العلمية عقليًا وتصورهم لنواتج المعادلات الكيميائية وبحثهم عن أساليب الحل المناسبة للمشكلات المطروحة؛ فالطالب يُعبر عما يجول فى عقله بنوع أو أكثر من أنواع التمثيل العقلى المختلفة، مثل: التمثيل بالأشياء المحسة، أوالصور، أو الرسومات والأشكال، والرموز. (Ainsworth, 2014)

ولقد أوضح كل من "فيوريلا ومايرFiorella & Mayer (2015) " أن تعلم الطلاب من خلال التمثيلات البصرية المتعددة يتوقف على قدرتهم على تكوين تمثيلات داخلية دقيقة، ودمجها فى نموذج عقلى متماسك للمحتوى، وفهم الصور والأشكال ومعالجة المعلومات بكفاءة للتمييز بين النصوص والتمثيلات البصرية. ويتم ذلك من خلال: تحليل الطلاب البنية الدلالية للنص وتحديد المعلومات من العروض البصرية، ثم يقومون بتنظيم هذه المعلومات فى تمثيل داخلى يصف أو يصور المعلومات المقدمة فى تمثيل خارجى، مثل: رموز تصف البنية الدلالية للنص، أو صور تتسق مع التمثيل المرئى الخارجى، وأخيرًا يتم دمج المعلومات الواردة فى التمثيلات الداخلية فى النموذج العقلى الحالى الخاص بهم.

مستويات التمثيلات المتعددة:

يميز "روRau (2017) " بين مستويين للتمثيلات المتعددة، هما: التمثيلات المفاهيمية، والتمثيلات الإدراكية، وأوضح أن كلا النوعين مفتاح تعلم الطلاب المفاهيم العلمية من خلال عمليات صنع المعنى اللفظى وعمليات التعلم الاستقرائى غير اللفظى. وعلى الرغم من ترابطهما؛ فمن المنطقى التمييز بينهما لأنه يتم

اكتسابهما من خلال عمليات تعلم مختلفة نوعًا ما، وبالتالى تتطلب أنواعًا مختلفة من الدعم التعليمى، وفيما يلى عرضٌ تفصيلى لهما:

1-التمثيلات المفاهيمية: وتشير إلى المعرفة والمهارات التى يستخدمها الطلاب لتحديد التمثيلات المناسبة للمفاهيم العلمية، وتسهم فى وصول الطلاب إلى استدلالات واستنتاجات تستند إلى تلك التمثيلات، فضلًا عن اختيار تمثيل معين لمهمة ما؛ لأنه يوضح المفاهيم ذات الصلة بتلك المهمة، وكذلك اكتسابهم مهارة قراءة مسارات تفكيرهم وتقييمها لتطويرها من خلال بناء صور ذهنية جديدة للمفاهيم العلمية (Distrik, etal. 2021).

ولكى يصل الطالب لهذا المستوى عليه أولًا معالجة المعلومات المقدمة له من خلال تمثيلات ذات مغزى بالنسبة له، ثم يبدأ بتكوين تمثيلات داخلية عن طريق تحديد التمثيلات التى تخاطب البنى الداخلية لعقله وتناسب المفاهيم العلمية المقدمة، وعندما يتم دمج التمثيلات الداخلية مع المعرفة المفاهيمية السابقة، يكتسب الطالب التمثيلات المفاهيمية ذات الأهمية لتعلمه المعرفة العلمية بكفاءة (Hansen & Richland, 2020).

ويتضمن اكتساب التمثيلات المفاهيمية عمليات صنع المعنى بواسطة التعبيرات اللفظية. ولكى يساعد المعلم طلابه على اكتساب التمثيلات المفاهيمية؛ فعليه أن يُشرك الطلاب فى التفكير النشط، ويَحُثَّهم على شرح أفكارهم وتصوراتهم العقلية، ويجعلهم يتعاونون فى حل المشكلات، ويُشجعهم على نقل المعرفة العلمية حول البيانات المقدمة إلى أنواع جديدة من التمثيلات المتعددة للبيانات (NRC, 2006; Gilbert & Treagust, 2009b; Treagust & Tsui, 2013).

ويمكن تمييز نوعين من التمثيلات المفاهيمية، وهما: الفهم البصرى للتمثيلات الفردية والفهم الترابطى للعلاقات بين التمثيلات المتعددة. ويوضح جدول (1) هذين النوعين من حيث المعرفة والمهارات المحددة وعمليات التعلم التى يقوم بها الطلاب فى كل نوع منهما (Rau, 2017).

جدول(1)

التمثيلات المفاهمية والمعرفة والمهارات وعمليات التعلم (Rau, 2017)

التمثيلات المفاهيمية	المعرفة والمهارات المتضمنة	عمليات التعلم
(أ) الفهم البصرى	1- القدرة على ربط التمثيل البصرى بالمفاهيم. 2- القدرة على تحديد الميزات البصرية ذات الصلة. 3- القدرة على ربط التمثيلات البصرية بالنص. 4- فهم المبادئ العامة لاختيار التمثيل البصرى. 5- القدرة على استخدام التمثيل البصرى للتواصل مع الآخرين. 6- فهم التمثيل البصرى المفرد.	-عمليات صنع المعنى بواسطة التمثيل اللفظى مع استخدام تمثيل بصرى معين فى مهام حقيقية.

التمثيلات المفاهيمية	المعرفة والمهارات المتضمنة	عمليات التعلم
(ب) الفهم الترابطى	1- القدرة على ربط تمثيلات بصرية متعددة مع بعضها البعض. 2- القدرة على تحديد أوجه التشابه بين التمثيلات المتعددة. 3- القدرة على الشرح والتواصل حول نقاط التشابه والاختلاف بين التمثيلات المتعددة. 4- فهم التمثيلات البصرية المتعددة معًا.	-عمليات صنع المعنى بواسطة التمثيل اللفظى مع استخدام تمثيلات بصرية متعددة معًا فى التفاعلات الاجتماعية أثناء التعلم.

2-التمثيلات الإدراكية: وتشير إلى القدرة على رؤية المعنى فى التمثيلات البصرية وتكوين صورة لما يحدث بالفعل بكفاءة عالية تنتج عن الممارسة المكثفة؛ إذ يرى الخبراء المعلومات فى التمثيلات بشكل مختلف عن المبتدئين. وتُعد التمثيلات الإدراكية مسارًا للتعلم من خلال توظيف حاسة أو أكثر فى بناء صورة ذهنية صحيحة عن المفهوم العلمى، ويصل الطلاب إلى مستوى التمثيلات الإدراكية عندما يختارون التمثيل البصرى المناسب، ثم يشكلون تمثيلات داخلية لتصور الأنماط المكانية البصرية، وأخيرًا دمج التمثيلات الداخلية مع المعرفة الحسية السابقة حول الموقف أو المفهوم المتعلم (Allen, 2015; Rau, 2018).

ويكتسب الطلاب التمثيلات الإدراكية من خلال عمليات التعلم الاستقرائى التى يشاركون فيها عندما يتعلمون التمييز والتصنيف والمقارنة ويصبحون أكثر دقة وكفاءة فى القيام بذلك. ولا يتطلب اكتساب التمثيلات الإدراكية تعليمات مباشرة ولكنه يتضمن التعلم القائم على الخبرة من خلال التعرض لأمثلة عديدة فى مهام التصنيف أو فى مهام تنطوى على تحولات سريعة بين أنواع مختلفة من التمثيلات البصرية (NRC,2006; Patel, & Dexter, 2014).

ويمكن تمييز ثلاثة أنواع من التمثيلات الإدراكية، وهى: الطلاقة البصرية؛ أى الطلاقة فى معالجة المعلومات الموضحة فى التمثيل البصرى، وطلاقة التواصل؛ أى استخدام التمثيلات البصرية لحل المهام والتنقل بين التمثيلات البصرية المختلفة، وكفاءات التمثيل البعدى؛ أى معرفة ما وراء المعرفة المفاهيمية للفرد والتوقع بأن استراتيجية معينة ستؤدى إلى النجاح لحل المشكلة، واختيار التمثيل الأنسب واستنتاج معلومات غير واضحة بالتمثيلات. ويوضح جدول (2) هذه الأنواع والمعرفة والمهارات التى ينطوى عليها كل نوع، فضلاً عن عمليات التعلم التى يقوم بها الطلاب فى كل نوع منها (Rau, 2017).

جدول(2)
التمثيلات الإدراكية والمعرفة والمهارات وعمليات التعلم (Rau, 2017)

التمثيلات الإدراكية	المعرفة والمهارات المتضمنة	عمليات التعلم
(أ) الطلاقة البصرية	1-الكفاءة فى ربط التمثيلات البصرية بالمفاهيم 2-الوصول لتعيينات فردية مباشرة للأجزاء والمفاهيم الإدراكية 3-القدرة على التفكير والتعلم والتعبير عن الذات من خلال التمثيل البصرى. 4-القدرة على استنتاج المعرفة من التمثيل البصرى.	-عمليات التعلم الاستقرائى غير اللفظى المتضمنة فى استخدام التمثيل البصرى.
(ب) الطلاقة فى التواصل	1-كفاءة ربط تمثيلات بصرية متعددة معا. 2-الوصول لتعيينات فردية مباشرة بين أجزاء الإدراك الحسى المتعددة. 3-المرونة فى التبديل بين التمثيلات البصرية المتعددة 4-القدرة على استنتاج معرفة تتجاوز ما يظهره التمثيل البصرى بوضوح.	-عمليات التعلم الاستقرائى غير اللفظى المتضمنة فى استخدام التمثيلات البصرية المتعددة معًا.
(ج) كفاءات التمثيل البعدى	1-القدرة على اختيار التمثيل البصرى بناءً على..... • متطلبات المهام وسياقها • مستوى القدرة الخاصة • الأهداف الشخصية 2-القدرة على استنتاج المعرفة عبر تمثيلات بصرية متعددة تتجاوز ما هو معروض.	-عمليات صنع المعنى اللفظى وعمليات التعلم الاستقرائى غير اللفظى المتضمنة فى اختيار التمثيلات البصرية المتعددة.

أهمية استخدام التمثيلات المتعددة:

تؤكد معايير التربية العلمية على ضرورة توظيف التمثيلات المتعددة فى تقديم المحتوى العلمى للطلاب، من خلال استخدام الجداول والأشكال البيانية والرسومات وإيضاحات لفظية على نطاق واسع فى المنهج؛ إذ تدعم تلك التمثيلات كافة جوانب المنهج وتساعد فى تعلم الطلاب للمفاهيم العلمية على نحو أفضل وأعمق وأبقى أثرًا، كما تحقق نموًا متزايدًا فى قدرتهم على استخدام تلك التمثيلات المتعددة فى كافة المراحل الدراسية؛ من خلال إدراك الطلاب للعناصر المشتركة بين التمثيلات المختلفة للمفهوم أو الموقف نفسه، فضلًا عن إعطائهم الفرصة للتعبير عن أفكارهم بتمثيلات متعددة يمكنهم من خلالها تطوير أفكارهم ونقلها إلى مواقف جديدة.

وتكمن أهمية استخدام التمثيلات البصرية المتعددة فى عدة نقاط أكدت عليها الأدبيات التربوية والدراسات السابقة ومعايير التربية العلمية، يمكن تلخيصها فيما يلى (NRC,1996; Gilbert & Treagust, 2009b; Eilam, 2013;

Treagust & Tsui, 2013; Ainsworth, 2014; Patel, & Dexter, 2014; Rau, 2018; Hansen & Richland, 2020; Distrik, etal. :2021)

1-تنظيم الأفكار وتسجيلها من خلال استخدام التمثيلات المتعددة يجعلها أكثر وضوحًا، وييسر للطلاب تأملها والكشف عن نقاط القوة والضعف فى بنيتهم المعرفية.

2-استخدام التمثيلات المتعددة ييسر تعلم المفاهيم العلمية ويجعلها أكثر حسية، ويُسهم فى تطوير فهم الطلاب للمفاهيم المعقدة والمجردة؛ إذ تُقرب التمثيلات المتعددة المفاهيم العلمية المجردة التى يصعب على الطلاب استيعابها.

3-يمكن تفسير المشكلات والظواهر العلمية ومعالجتها من خلال التمثيلات المتعددة خاصة تلك التى توظف الأدوات والتطبيقات التكنولوجية المختلفة.

4-تمثيل معلمى العلوم المفاهيم العلمية ونمذجتها يساعد طلابهم على تعلمها بكفاءة، ويزيد من قدرتهم على توضيح فهمهم وأفكارهم للأخرين بسلاسة.

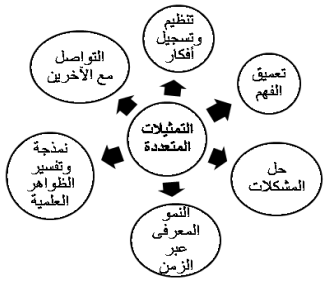
5-يُسهم استخدام التمثيلات المتعددة فى تكوين فهم عميق للمعرفة العلمية؛ إذ تُقاس عملية الفهم بمدى قدرة الطلاب على تحويل المفهوم من تمثيل لأخر.

6-تُعد التمثيلات المتعددة أداة لتعلم الطلاب عديد من المفاهيم العلمية الجديدة وتطبيقها، وربطها ببنيتهم المعرفية؛ من خلال إعطائهم الفرصة لبناء تمثيلاتهم الخاصة وتكوين وإنشاء ارتباطات بين التمثيلات المختلفة.

7-تشجع التمثيلات البصرية المتعددة الطلاب على تحمل مسؤولية تعلمهم؛ إذ عند ملاحظتهم لمعلمهم يوظفها فى عرض المحتوى والتفكير والتواصل معهم، يبدأون فى استخدامها ويتواصلون بها ويتحملون مسؤولية متزايدة لتنفيذ المهام التى تطلب منهم؛ لذا يمكن القول أن استخدام التمثيلات البصرية المتعددة يخدم كلًا من الوظائف المعرفية والجوانب الاجتماعية فهى تيسر التواصل وبناء المعرفة.

8-تنقل الطلاب بين التمثيلات المتعددة للمفهوم الواحد يؤثر إيجابيًا على تعلمهم له ويثرى خبراتهم التعليمية، ويقلل من احتمالية تكوين المفاهيم الخطأ والتصورات البديلة؛ لما لها من أهمية كبرى فى تشكيل تصورات عقلية صحيحة للمفاهيم المتعلمة.

ويُلخص شكل (3) أهمية استخدام التمثيلات البصرية المتعددة فى التدريس والتعلم.



شكل (3) أهمية استخدام التمثيلات البصرية المتعددة.

التمثيلات البصرية المتعددة وتعليم الكيمياء وتعلمها:

تدعم التمثيلات البصرية المتعددة بناء فهم عميق للمفاهيم العلمية حيث يقوم المتعلمون بدمج المعلومات من عدة تمثيلات والتى يصعب تحقيقها بتمثيل واحد فقط؛ إذ توفر للطلاب فرصًا لبناء فهم عميق للمفاهيم المجردة، فضلًا عن كونها طريقة لتوسيع نطاق المعرفة التى يمتلِكونها، كما يشجع استخدام تمثيلات بصرية متعددة الطلاب على تجربة أكثر من استراتيجية واحدة لحل مشكلة ما. ويمكن أن تكون العلاقة بين التمثيلات أحيانًا غاية فى حد ذاتها وهدفًا للتدريس، على سبيل المثال: تعلم كيفية إنشاء رسم بيانى لبيانات أحد التجارب العلمية (Evagorou, etal., 2015).

ويُمكن استخدام أحد التمثيلات البصرية المتعددة لمساعدة الطلاب على تطوير فهم أفضل لتمثيل آخر؛ من خلال استخدام تمثيل مألوف لدعم تفسير تمثيل هم أقل دراية به، على سبيل المثال: تستخدم التمثيلات الملموسة المألوفة مثل الرسوم المتحركة البسيطة فى عمليات المحاكاة لدعم تفسير التمثيلات المعقدة وغير المألوفة مثل الرسوم البيانية، ويمكن استخدام الرسوم البيانية لدعم تفسير المعادلات. كما أن الجمع بين التمثيلات المتعددة يقدم للطلاب معلومات تكميلية عن المفهوم العلمى؛ حيث إن التمثيل الفردى غير كافٍ لنقل جميع المعلومات حول المفهوم أو سيكون معقدًا للغاية بحيث يتعذر عليهم فهمه وتفسيره (Hansen & Richland, 2020).

ويرى "ديسترك وأخرون" (2021) Distrik, etal. أنه كلما زاد استخدام معلمى الكيمياء للتمثيلات البصرية مع انتقالات متعددة بينها أثناء تدريس مفهوم ما، زادت قدرة الطلاب على فهمه وفهم الروابط المختلفة بينه وبين المفاهيم الأخرى، فضلًا عن تحسين مهاراتهم فى استخدام التمثيلات المتعددة؛ لكونها مفتاح نجاحهم فى فهم المفاهيم العلمية وحل مشكلات البيئة ذات الصلة بالعلم.

ويؤكد "رو" (2018) Rau على أن تعلم الطلاب المعرفة الكيميائية بصورة متكاملة، يحتاج منهم إجراء انتقالات بين التمثيلات البصرية المتعددة على مستويين، هما: تمثيل مفاهيمى لصنع المعنى الذى يتيح للطلاب شرح التمثيلات المختلفة شفهيًا، والطلاقة الإدراكية التى تتيح للطلاب استخدام التمثيلات الإدراكية بسرعة ودون عناء. كما أوضح أنه يتم اكتساب هذين المستويين عبر أنواع مختلفة من عمليات التعلم تتطلب أنواعًا مختلفة من الدعم التعليمى لأنشطة صنع المعنى وأنشطة بناء الطلاقة.

وأثبتت نتائج دراسة "دانجر وأخرون" (2014) Dangur, etal. فاعلية وحدة مقترحة فى الكيمياء الفيزيائية فى تنمية الفهم المرئى والنصى لمفاهيم ميكانيكا الكم لدى طلاب المرحلة الثانوية، من خلال التركيز فى التدريس على تكامل التمثيلات المتعددة بوصفها أداة للتعلم. كما أشارت دراسة "آلين" (2015) Allen إلى فاعلية التدريس بالنمذجة المرئية مع التمثيلات المتعددة فى تصويب المفاهيم الخطأ لدى الطلاب حول مفاهيم البنية الذرية والجزيئية؛ إذ أوضحت نتائج الدراسة إظهار

الطلاب قدرًا أكبر من التحكم فى فهمهم لمفاهيم الكم المجردة، فضلًا عن تقديمهم تمثيلات إضافية لوصف نماذجهم الأكثر تعقيدًا للبنية الذرية والجزيئية أثناء المقابلات.

بينما سعت دراسة "سنيونو وأخرون" Sunyono, etal.(2015) إلى تَعَرُّف فعالية نموذج التعليم القائم على التمثيلات المتعددة فى تكوين نماذج عقلية صحيحة حول مفهوم التركيب الذرى، وأظهرت النتائج أن التعليم باستخدام تمثيلات متعددة أكثر فاعلية فى بناء النماذج العقلية للطلاب فى فهم مفهوم التركيب الذرى مقارنة بالتعليم التقليدى، فضلًا عن فاعليته فى مواكبة الطلاب ذوى القدرة المنخفضة فى بناء نماذجهم العقلية لأولئك ذوى القدرات المتوسطة والعالية فى بنائها.

ثانيًا: القدرة على التفكير التحليلى.

يُعد التفكير التحليلى أحد أنماط التفكير العلمى؛ إذ يُمارس فى كل مرحلة من مراحل التفكير العلمى؛ فمثلًا فى مرحلة جمع البيانات يتم تحليل البيانات كيفيًا لتصنيفها وتحديد أبعادها، وبعد جمعها يتم تحليلها كميًا لاستقراء دلالاتها ومعانيها. كما يُشكل التفكير التحليلى الخطوة الأولى فى التفكير التنسيقى، عند تحليل الموقف إلى مكوناته للبحث عن أوجه التشابه والإختلاف بينها وتحليلها لتحديد المشترك بينها. كذلك يُمارس خلال عملية حل المشكلات لتحليل المشكلة والبحث عن حل تقليدى أو إبداعى لها. فضلًا عن استخدامه فى عملية اتخاذ القرار وتحليل البدائل المقترحة لحل مشكلة ما. لذا يتفق معظم الباحثين والمهتمين بالتربية العلمية على أهمية مهارات التفكير التحليلى وتأثيرها فى تعلم العلوم بكافة المراحل الدراسية.

وتعددت تعريفات التفكير التحليلى؛ إذ يعرّفه "مونتاكيو" Montaku (2011) بأنه القدرة على تحديد الأفكار أو المشكلات وتحليلها إلى مكوناتها، وبناء معيار لتنظيم المعلومات فى ضوئه وتقييمها، ووضع الاستنتاجات الملائمة. فى حين يرى "الخياط" (2011) أنه قدرة الفرد على التصور، والتعبير، وتحليل مكونات المشكلات والقضايا، ووضع الحلول للمشكلات البسيطة والمعقدة، وتمييز الأسباب، وتحليل الخطأ فى تفكير الآخرين. أما "لوبيز وتانكينكو" Lopez &Tancinco (2016) فيعرفونه بأنه القدرة على تجزئة موقف ما أو معرفة علمية أو مشكلة، وإظهار ما بينها من ارتباطات وعلاقات؛ بهدف فهم بنيتها وتركيبها جيدًا.

ويُنظر إلى التفكير التحليلى أيضًا على أنه قدرة الفرد العقلية على تجزئة المواقف والمشكلات التى تواجهه إلى مكوناتها، وتمييز مواضع الخطأ وأسبابها، وبناء الاستنتاجات ووضع الحلول المناسبة لها(Irwanto, etal, 2017). فى حين يُعرفه "بوشيت وأخرون" Puchit, etal (2019) على إنه منظومةٌ من المهارات المهمة التى تشمل القدرة على جمع معلومات جديدة ومعالجتها ذهنيًا بطريقة مثمرة يمكن استخدامها فى تحليل البيانات واتخاذ قرارات صعبة وحل المشكلات المعقدة وممارسة التفكير الناقد.

طبيعة التفكير التحليلى وخصائصه:

يتصف التفكير التحليلى بعدة خصائص وسمات تميزه عن غيره من أنماط التفكير الأخرى يمكن إجمالها فيما يلى (Lopez &Tancinco, 2016; Patcharee, etal, 2016; Taleb, & Chadwick, 2016; Puchit, etal, 2019):

- يتطلب استدعاء الفرد خبراته السابقة الأكثر ارتباطًا بالموقف الذى يواجهه.
- يتضمن طرقًا متنوعة لتحليل وتقسيم الموقف إلى أجزاء، ثم استخدام هذه الأجزاء لإدراك الموقف الأصلى أو الوصول لأفكار أخرى جديدة.
- يهدف إلى وصول الفرد لحالة من الاتزان الذهنى بعد استنتاجه علاقات السبب والنتيجة فى موقف ما.
- يسير وفق خطوات منظمة متتابعة، ويحتكم إلى معايير محددة بدقة لتحديد مدى صحة كل خطوة.
- يختلف ويتغير كمًا ونوعًا تبعًا لمدى نمو خبرات الفرد؛ أى أنه سلوك تطورى يزداد تعقيدًا مع نمو الفرد وتراكم خبراته.
- يعتمد على ممارسة الفرد عمليات ذهنية، يستدل عليها من خلال الإجراءات والأفكار التى يعرضها.

مهارات التفكير التحليلى:

تعددت مهارات التفكير التحليلى التى تناولتها الأدبيات التربوية والدراسات السابقة، مثل: (الخياط، 2011؛ خليل وأخرون، 2021؛ حسانين، وأخرون، 2022؛ Montaku, 2011; Charuni, 2012; Lopez &Tancinco, 2016; Patcharee, etal, 2016; Taleb, & Chadwick, 2016; Sartika, 2017; Puchit , etal, 2019)، ويمكن إجمال أكثر هذه المهارات ارتباطًا بتعلم مفاهيم الكيمياء الكمية فى المرحلة الثانوية فيما يلى:

1-جمع البيانات وتحديد الأولويات: وتشير إلى قدرة الفرد على جمع البيانات والتحقق من دقتها، واختيار المصادر والأدوات والإجراءات الملائمة التى تساعد فى عملية جمع البيانات. والتفكير فيما إذا كان يقوم بجمع البيانات الصحيحة ومدى استفادته منها وكيفية استخدامها. فضلًا عن قدرته على إعادة تنظيمها لوضع الأولويات وترتيبها فى تسلسل هرمى؛ لإنشاء خطة العمل أو كتابة قائمة بالمهام الملحة التى تحتاج إلى إكمال.

2-تحليل البيانات وتفسيرها: ويقصد بها قدرة الفرد على فحص وتدقيق بيانات ظاهرة أوحدث ما، ومعرفة متى يكون لديه معلومات كافية تساعده على المضى قُدمًا أو جمع معلومات أكثر إذا تطلب الأمر ذلك، ثم إعادة تشكيلها ومعالجتها لاستنباط تفسير صحيح لتلك المعلومات والبيانات وفهم أهميتها، وإرجاع الظاهرة أو الحدث إلى أسبابها الحقيقية.

3-الاستدلال: يشير إلى قدرة الفرد على ربط ملاحظاته لظاهرة معينة بمعلوماته السابقة عنها، لتحديد أسبابها والوصول إلى توضيحات مبنية على تلك الملاحظات. فضلًا عن قدرة الفرد على أخذ استنتاجات محددة واستخدام قدراته التحليلية والتفكير النقدى لفحصها بشكل أعمق والوصول إلى نتيجة محددة.

4-رؤية العلاقات واكتشاف الأنماط: ويُقصد بها قدرة الفرد على المقارنة بين الأحداث والأفكار لتحديد العلاقات بين اثنين أو أكثر من العمليات أو الأحداث المتشابهة، فضلًا عن التعرف على التباينات وملاحظة أوجه الشبه والاختلاف بين شيئين أو أكثر لمعرفة النسق المتكرر واكتشاف الأنماط.

5-اتخاذ القرار: ويُشير إلى قدرة الفرد على اختيار أفضل البدائل وأكثرها احتمالاً للنجاح فى حل مشكلة أو مسألة ما فى ضوء النتائج المترتبة على كل بديل منها، من خلال قدرته على تحديد المعايير التى يمكن استخدامها فى تقييم الموقف والبدائل المقترحة، وتقييم كل بديل من تلك البدائل، للوقوف على نقاط القوة والضعف لكل منها، وكذلك تحديد مدى وَفائِه بالمعايير السابق تحديدُها بعد الرجوع إلى معلومات مستقاة من مصادر متعددة.

6-التوقع والتنبؤ: يتطلب التنبؤ استخدام الفرد البيانات المجمعة والمقارنة والبحث عن التباين ورؤية العلاقات المختلفة لتوقع أحداث مشابهة فى المستقبل. ويعد التنبؤ استقراء للمستقبل من المشاهدات الحالية، ويهدف إلى التعرف على النتيجة المتوقعة إذا ما توافرت شروط معينة، أو النتائج الإيجابية والسلبية فى ضوء البدائل أو المتغيرات المتنوعة. ويعتمد ثبات التنبؤ على صدق القوانين والمبادئ والنظريات التى استُخدمت فى التوصل إليه ومدى موثوقيتها. وقد يتطلب التنبؤ استخدام التجريب لتأييد التنبؤ أو رفضه.

أهمية مهارات التفكير التحليلى فى تعلم الكيمياء:

تتحدد أهمية التفكير التحليلى فيما يلى (الخياط، 2011؛ خليل، وأخرون،2021؛ خليل، 2022) (Charuni, 2012; Chonkaew, etal., 2016; Taleb & Chadwick, 2016; Irwanto, etal. , 2017; Prastiwi & Laksono, 2018:; Puchit, etal, 2019)

1-للتفكير التحليلى أهمية كبيرة فى تعلم جميع المناهج الدراسية وخاصة مناهج العلوم؛ إذ يُساعد الطلاب على تجزئة المادة العلمية إلى مكوناتها الفرعية، ويُمكِنه من الفحص الدقيق للمواقف والأفكار مما يسهم فى بنائهم فهمًا صحيحًا لها، وإدراك العلاقات بين المفاهيم العلمية المختلفة، وزيادة قدرتهم على ممارسة مهارات التفكير المختلفة.

2-الفرد ذو مهارات التفكير التحليلى المرتفعة يتصف بالقدرة على التفكير المنطقى، والبحث عن النماذج والصيغ، والقدرة على الاستنباط، والاهتمام بالحلول العملية الدقيقة وهى مهارات مطلوبة لتعلم مفاهيم الكيمياء الكمية.

3-الطالب ذو القدرة المرتفعة على التفكير التحليلى قادر على اتخاذ القرارات؛ فامتلاك الفرد مهارات التفكير التحليلى تجعله يهتم بالتفاصيل وتحديد كافة البدائل الممكنة لحل المشكلة ثم مقارنتها والمفاضلة بينها قبل اتخاذ القرار الصحيح.
4-الطالب ذو القدرة المرتفعة على التفكير التحليلى أكثر قدرة على التكيف والتغلب على العقبات التى يواجهها أثناء التعلم، ومواجهة العقبات التى تقف حائلًا أمام حل المشكلات، ومنها:

- صعوبة عزل المشكلة الأساسية عن باقى المشكلات؛ فبالتحليل الدقيق المنظم للمشكلة يتمكن الفرد من رؤية العلاقات واكتشاف الأنماط والإحاطة الكلية بالمشكلة.
- عزل المشكلة عن السياق المحيط بها؛ فبالبحث والتقصى وجمع البيانات وتحليلها يتمكن الفرد من معرفة كافة جوانب المشكلة ويتعلم المزيد عن الحجم الحقيقى للمشكلة ونطاقها ويستطيع تحديد المشكلة فى إطار السياق المحيط بها.

5-يتطلب التعلم فى القرن الحادى والعشرين امتلاك الطلاب مهارات التفكير التحليلى؛ لما يتسم به من ظهور تحديات ومشكلات عديدة تتطلب حلولًا إبداعية.
6-تلعب مهارات التفكير التحليلى دورًا رئيسًا فى تعلم الكيمياء؛ فالطلاب ذوو القدرة المرتفعة على التفكير التحليلى لديهم القدرة على التفكير بشكل تجريدى مما ييسر تعلم المفاهيم الكيميائية المجردة والقدرة على تحليلها وتقييمها ومقارنة المفاهيم وتنظيمها، فضلًا عن أنه من أسباب تدنى مستوى الطلاب فى تعلم الكيمياء؛ ضعف مهارات التفكير التحليلى لديهم. كما تستخدم مهارات التفكير التحليلى فى إيجاد حلول عديد من المشكلات العلمية والبيئية والمجتمعية ذاتَ الصلة بالكيمياء.

مما سبق عرضه يتضح أنه يوجد اتفاق بين الباحثين على أن التفكير التحليلى يتضمن مهارات فرعية يمكن قياسها فى الكيمياء بمختلف المراحل الدراسية، وإن اختلفت تلك الدراسات فى عدد هذه المهارات وماهيتها، وبالنظر للبحوث التى اهتمت به فى المرحلة الثانوية يمكن استنتاج أن أكثر هذه المهارات ارتباطًا بتعلم مفاهيم الكيمياء الكمية هى: جمع البيانات، وتحليل البيانات وتفسيرها، ورؤية العلاقات واكتشاف الأنماط، والاستدلال، واتخاذ القرار، والتنبؤ. كما يتبين أيضًا أن هذه البحوث قد اهتمت بتنمية مهارات التفكير التحليلى لدى الطلاب ولم يُعنى أى منها بدراسة أثر القدرة على التفكير التحليلى فى تعلم مفاهيم الكيمياء، وما إذا كان الطلاب الذين لديهم قدرة عالية على التفكير التحليلى يتعلمون بشكل أفضل من الطلاب منخفضى القدرة، وهل هناك تفاعل مؤثر بين قدرة الطلاب على التفكير التحليلى والاستراتيجية التى يتعلمون بها فى تعلمهم مفاهيم الكيمياء الكمية ولغتها وهو ما يمثل محور اهتمام هذا البحث.

ثالثًا: مفاهيم الكيمياء الكمية.

تعد الكيمياء الكمية أحد فروع علم الكيمياء التى تستخدم لتحليل عينات من المواد لتحديد نسب مكوناتها، وتحديد كميات المواد الداخلة فى التفاعل الكيميائى والناتجة منه من خلال المعادلة الكيميائية الموزونة المعبرة عن هذا التفاعل. وتتضمن الكيمياء الكمية عدد من المفاهيم، وهى: المعادلة الموزونة، والكتلة، والمول، والصيغة الجزيئية، والصيغة الكيميائية، والصيغة الأولية، والكتلة الذرية، وعدد أفوجادرو، والمتفاعلات، والنواتج، والناتج الفعلى، والناتج النظرى المحسوب، وغيرها.

وتتمثل أهمية تعلم الطلاب هذه المفاهيم فى أنها تُشكل أساسًا يُبنى عليه تعلم الطلاب مفاهيم أخرى أكثر تعقيدًا فى مجال الكيمياء، ومنها الكيمياء التحليلية، والكيمياء الخضراء. وينتج عنها استمرار ملاحقتهم الزيادة المستمرة فى المعرفة الكيميائية، أى أن دراسة الطلاب المفاهيم الأساسية للكيمياء الكمية يمكن أن تحقق هدفين معًا، أولهما: وضع الأساس الذى يمكن أن يُبنى عليه إعداد المتخصصين فى الكيمياء التحليلية ممن يحتاج إليهم المجتمع، وثانيهما: إعداد الفرد المثقف كيميائيًا الذى لديه قاعدة عريضة من المفاهيم الكيميائية الأساسية المتسقة معًا والتى تساعده على فهم ما يقرأه من معلومات كيميائية وتقييمها ونقدها.

وللكيمياء الكمية والتحليل الكمى تطبيقات حياتية عديدة، ومنها (واصل، 2019: 16-18):

- يُحلِّل الصيادلة والكيميائيون المُركَّبات الموجودة فى الأدوية وكمياتها وتركيزاتها لتحديد المواد الفعالة فى الدواء وتداخلات الأدوية مع بعضها.
- يُحلِّل المختصون فى مجال الطب أيضًا تركيب الدم وسوائل الجسم لتشخيص أمراض مختلفة. فيمكن للأطباء، على سبيل المثال، تحليل محتوى الليبيدات فى عيّنات الدم لتحديد إذا ما كان المريض سيعانى من مرض قلبى وعائى، وإذا ما كان يحتاج إلى تناول أى دواء أم لا.
- يُحلِّل المختصون بالزراعة خواص التربة القابلة للزراعة، إذ تختلف أنواع التربة، ويجب على المزارعين فهم تركيب تربة معيّنة وحمضيتها أو قاعديتها؛ بما يساعد على اختيار أفضل المحاصيل والأسمدة المناسبة لحقولهم.
- يُحلِّل كيميائيو الأغذية ومختصو التغذية تركيب الأغذية لتحديد العناصر الغذائية التى تحتويها وبأى نسب.
- يدرُس الكيميائيون البيئيون المواد البيئية، مثل: التربة والغازات والمسطحات المائية، لتحديد إذا ما كان يوجد ملوِّثات بها ونسب توجداها. كذلك يحلِّلون المواد السامة مثل غازَى أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت، والمعادن الثقيلة أيضًا مثل الزرنيخ والزئبق، ويحلِّلون تلوث المواد الغذائية بالمبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب.

- يَـدرُس مهندسـو الميكانيكـا وعلمـاء المعـادن الفلـزات والمُركَّبـات الكيميائيـة الموجودة فى الخامات ومكوِّنات الآلات. وهذا يساعدهم على تحسين قوة الآلات وتحسين عمليات استخلاص المعادن.
- الطب الشرعى؛ حيث تستخدم تقنيات الكيمياء الكمية لتحديد السوائل والمركبات الموجودة فى الجسم بعد الموت أو تحليل عينات الدم لمعرفة أسباب الوفاة.

ويَهدُف تعليم مفاهيم الكيمياء الكمية فى المرحلة الثانوية إلى أن يكون الطالب قادرًا على أن (وزارة التربية والتعليم، 2016:39-22):

- يَكتب معادلة كيميائية موزونة صحيحة لتفاعل ما.
- يَحسب كتلة المول لمركب كيميائى.
- يَستنتج العلاقة بين مفهوم المول وعدد أفوجادرو.
- يُحدد حجم المول من الغاز.
- يَحسب عدد مولات الغاز بمعلومية حجمه وحجم المول الواحد.
- يَحسب كميات المواد المتفاعلة والناتجة من المعادلة الكيميائية الموزونة باستخدام وحدات المول والكتلة.
- يَستنتج العلاقة بين المول وكتلة المادة.
- يَحسب النسبة المئوية لمكونات مادة ما بالاستعانة بصيغتها الكيميائية أو بالنتائج التجريبية.
- يَستنبط الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية لمركب بالاستعانة بالنتائج التجريبية.
- يَحسب النسبة المئوية للناتج الفعلى بالنسبة للناتج النظرى المحسوب من المعادلة الكيميائية الموزونة.

ويُواجه الطلاب صعوبات متعددة عند تعلم مفاهيم الكيمياء الكمية، وقد يرجع ذلك إلى ما يلى:

(سليمان، 2009؛ Mills, 2002; Specter, 2003; Pentcho, 2004)

- كثرة المصطلحات والمفاهيم العلمية ذات الطبيعة المجردة وتداخلها مع بعضها البعض، مثل تداخل مفهوم المول مع مفهوم كتلة المادة.
- تضمنها عدد من القوانين العلمية، والتى يطلب من الطالب حفظها دون فهم منشأها، واستخدامها فى حل مسائل معقدة ومجردة مما ينتج عنه عدم قدرة الطلاب على حل هذه المسائل.
- عدم شرح اللغة الرمزية المستخدمة فى التعبير عن مفاهيم الكيمياء الكمية وقوانينها وأصل هذه اللغة وكيفية توظيفها.
- عند تدريس مفاهيم الكيمياء الكمية وقوانينها يتم تقديمها بشكل مختصر، ومن جانب واحد فقط مع قلة الأمثلة المعروضة للمفهوم، وبالاعتماد على الإلقاء من

جانب المعلم دون تشجيع الطلاب على التفكير فيما يتعلموه، أو عرض تطبيقات حياتية له.

- ضعف قدرة الطلاب على التفكير التحليلى؛ والذى قد يكون عامل مؤثر فى تعلم هذه المفاهيم.
- لا يستخدم المعلم الوسائل المساعدة التى تسهم فى تمثيل المفهوم من جوانب متعددة ليتثنى للطلاب فهمه بشكل متكامل وعميق.

ولكى يتمكن الطلاب من التغلب على صعوبات تعلم الكيمياء الكمية وتحقيق أهداف تعلمها؛ فإن ذلك يتطلب استخدام استراتيجيات تدريسية جديدة ترتكز على توضيح المفاهيم الكيميائية المُتعلمة من جميع جوانبها ومستوياتها، والانتقال من تعليم الكيمياء فى سياق مجالها فقط إلى تعليم الكيمياء من خلال تمثيلات وسياقات متعددة تساعد الطلاب على تكوين فهم صحيح وعميق للمفاهيم المتعلمة والعلاقات الرابطة بينها، فضلًا عن التمكن من فهم القوانين المستخدمة فى الكيمياء الكمية، والقدرة على توظيفها فى حل مسائل التحليل الكمى المختلفة، وفهم تطبيقاتها الحياتية، وهو ما يُمثل محور اهتمام هذا البحث.

رابعاً: التواصل بلغة الكيمياء.

الكيمياء بطبيعتها نشاط علمى يستلزم وجود لغة تصف بُناها التجريبية، وتحدد أنماطها وأشكالها. وتستخدم الكيمياء لغة خاصة بها للتعبير عن المعرفة الكيميائية، وتتضمن هذه اللغة رموز، وأعداد، وصيغ، ومعادلات، وأشكال. وتعد اللغة الكيميائية من اللغات العلمية الغنية متعددة المستويات؛ وتتمثل هذه المستويات فيما يلى (Jacob, 2001؛ عثمان، 2004: 113-92):

- **المستوى الأول: مستوى الرموز الكيميائية**، ويتمثل فى الرموز التى يستخدمها الكيميائيون للتعبير عن العناصر والمركبات، والجزيئات، ووصف تفاعلاتها.
- **المستوى الثانى: مستوى المفردات**، ويتضمن المفردات التى يستخدمها الكيميائيون فى تعريف المفاهيم الأساسية لعلم الكيمياء وتحديدها، مثل: العنصر، والمركب، والجزىء، وغيرها.
- **المستوى الثالث:** ويتضمن **المصطلحات المستخدمة فى مناقشة المفاهيم الأساسية** (لغة المستوى الثانى)، **والاستفادة منها فى صياغة الفروض والقوانين والنظريات الكيميائية**. ومن أمثلة ذلك: قانون النسب الثابتة، وقانون النسب المتضاعفة، والنظرية الذرية، وغيرها.

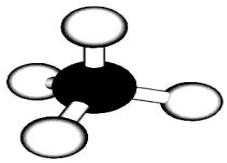
وتُعد لغة الرموز هى الأكثر استخدامًا من قبل الكيميائيين، وربما الأكثر تشويقًا وإثارة أيضًا، فضلًا عن أنها تمثل القاعدة الأكبر والأوسع للغة الكيميائية، وتختلف لغة الكيمياء الرمزية عن أية لغة عادية أو علمية أخرى؛ حيث لا يوجد جمل أو كلمات، وإنما مجموعة هائلة من الرموز المتعارف عليها، والتى تُشكل نموذجًا لغويًا خاصًا بالتواصل الكيميائى (Sliwka, 2003).

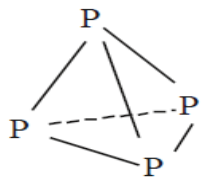
وتتكون اللغة الرمزية الكيميائية من أبجدية كيميائية تتمثل فى رموز العناصر الموجودة حاليًا بالجدول الدورى، كما تتضمن مدى واسع من الإشارات، والأسهم والأرقام، وغيرها من الرموز التى تعبر عن الكيمياء، مثل (Jensen, 2005, Taber, 2009):

- التعبير عن العناصر، مثل: (Na، H، Pb) وغيرها.
- التعبير عن العدد الذرى بالرمز A ، وعن العدد الكتلى بالرمز Z.
- التعبير عن كميات مقاسة متنوعة، مثل: كمية المادة n، والكتلة m، والحجم v، والضغط p، والطول الموجى λ ، والحرارة T، والإنثالبيا H، والإنتروبيا S، وغيرها. وإن كانت الكيمياء تشترك فى هذه الفئة من الرموز مع غيرها من العلوم الطبيعية الأخرى.
- ترميز وحدات القياس، مثل: mol، Kg، m^3، k، وكذلك وحدات المركب، مثل: $mol\ dm^{-3}$، $Jmol^{-1}$، وغيرها.
- ترميز ثوابت متنوعة، مثل: k، h، Ka، z، وغيرها.
- التعبير عن العلاقات الرياضية، مثل: Δ ، P ، PH ، > ، وغيرها.
- التعبير عن الجوانب التركيبية للبلورات، مثل: (c.c.p. / b.c.c. / f.c.c.)
- التعبير عن حالات التأكسد فى أسماء المركبات، مثل:
Iron (II) Chloride، Iron (III)Chloride، وهكذا.

وثمة أنواع أخرى عديدة من الرموز الكيميائية تستخدم للتعبير عن ظواهرها، وكياناتها التى تختص بدراستها، ومنها:

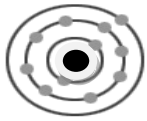
أ-الرموز المستخدمة لنمذجة الجزيئات: يمكن التعبير عن الجزيئات بأكثر من نموذج، مثل: نماذج الكرة والعصا، ونماذج ملء الفراغ، وغيرها. وتتراوح هذه النماذج بين البسيط والمعقد، ويتضمن كل نوع منها رموزًا تستخدم للتعبير عن تركيب الجزىء المنمذج. ويوضح الشكل (4) استخدام الرسوم التخطيطية فى التعبير عن جزىء P_4، والذى يتضمن رمزين أساسين، وهما: P والذى يعبر عن ذرة الفوسفور، والخط المستقيم الذى يعبر عن الرابطة بين كل ذرة فوسفور وأخرى. ونمذجة تركيب جزىء الميثان CH_4 باستخدام نموذج الكرة والعصا، والذى ترمز فيه الكرة المركزية لذرة الكربون، وتعبر الكرات الأربع الأخرى عن ذرات الهيدروجين، فى حين ترمز العصا بين كل من الكرة المركزية والكرات الأخرى عن الرابطة التساهمية بين ذرة الكربون وكل ذرة هيدروجين فى الجزىء (Taber, 2009).

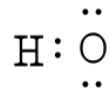




شكل (4) الرموز المستخدمة فى نمذجة الجزيئات (Taber, 2009).

ب-الرموز المستخدمة فى نمذجة التركيب الإلكترونى: ثمة مدى كبير من الرموز التى يستخدمها الكيميائى للتعبير عن التركيب الذرى والجزيئى على المستوى الإلكترونى، فعلى سبيل المثال يشير الخطين المزدوجين (=) إلى وجود رابطة تساهمية ثنائية بين ذرتين كما فى حالة جزئ الأكسجين O_2، فى حين ترمز الخطوط الثلاثية (≡) إلى رابطة تساهمية ثلاثية بين ذرتين كما فى جزىء النيتروجين N_2. ومن أشكال الرموز التعبير عن الإلكترونات بنقاط، وعن مستويات الطاقة بدوائر كما يوضح الشكل (5) (Taber, 2009):





شكل (5) الرموز الكيميائية المستخدمة فى نمذجة التركيب الإلكترونى للذرات والجزيئات.

وفضلاً عن ذلك تستخدم الرموز (K, L, M, ...) للتعبير عن مستويات الطاقة فى الذرات، أما التعبير عن الأوربيتالات الذرية فيتم باستخدام الرموز (s,p,d,f) فى حين يعبر عن الأوربيتالات الجزيئية بالرموز (π/ σ/ α). ولوصف الحالة الإلكترونية تستخدم الرموز ($^2P_1$/ $^1S_0$ /^3A_2g)، وهكذا. وللتعبير عن التركيب الإلكترونى لذرة عنصر ما يستخدم الكيميائى إحدى طريقتين، الأولى: وهى طريقة مبسطة تعتمد على استخدام الأرقام، فمثلًا التركيب الإلكترونى لذرة عنصر الصوديوم يكون (2,8,1)، ولذرة عنصر الكلور يكون (2,8,7)، أما الطريقة الثانية فهى أكثر تعقيدًا، وتعتمد على توزيع الإلكترونات فى الأوربيتالات الذرية، فيكون التركيب الإلكترونى لذرة الصوديوم ($_1S^2$, $_2S^2$, $_2P^6$, $_3S^1$)، ويكون التركيب الإلكترونى لذرة الكلور وفق هذه الطريقة ($_1S^2$, $_2S^2$, $_2P^6$, $_3S^1$, $_3P^5$) وهكذا (Taber, 2005).

ج-الرموز المستخدمة فى التعبير عن الصيغ الجزيئية للمركبات الكيميائية: تُعرف الصيغة الجزيئية بأنها: صيغة رمزية تعبر عن عدد ذرات الجزىء ونوعها. وتتكون هذه الصيغة الجزيئية من الأبجدية الأولية للكيمياء، والمتمثلة فى رموز العناصر الكيميائية، فعلى سبيل المثال: الصيغة الجزيئية لكلوريد الصوديوم NaCl، والصيغة الجزيئية لجزىء الماء H_2O، وهكذا (Taber, 2005).

د-الرموز المستخدمة فى التعبير عن المعادلات الكيميائية: المعادلة الكيميائية هى مجموعة من الرموز والصيغ الكيميائية التى تعبر عن عمليات التغير الكيميائى (التفاعلات الكيميائية) ـ والتى تمثل الظاهرة الأساسية فى الكيمياء ـ من حيث المواد الداخلة فى التفاعل، والمواد الناتجة عنه، وكذلك شروط حدوث التفاعل إن وجدت. ويستخدم الكيميائى عددًا كبيرًا من الرموز المتنوعة لكتابة معادلات رمزية تعبر عن التفاعل الكيميائى، ويوضح شكل (6) مجموعة من هذه الرموز، ومعنى كل رمز منها (Sliwka, 2003, Taber, 2009):

الرمز	دلالته
⟶	اتجاه حدوث تفاعل/ تفاعل تام
⇀↽	تفاعل غير تام (منعكس)
⇌	تفاعل متزن
↑	تصاعد غاز
↓	تكون راسب
Δ	تسخين حرارى
H	وجود ضوء
u.v.	أشعة فوق بنفسجية
aq.	محلول مائى
g	غاز
s	صلب
l	سائل

شكل (6) دلالة الرموز فى المعادلات الكيميائية.

ومن أمثلة المعادلات الرمزية التى تعبر عن تفاعلات كيميائية متنوعة ما يلى:

$$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2\uparrow$$

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$$

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

$$2NaOH_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

ويتضح من خلال تلك المعادلات أن الكيميائى يؤلف بين مجموعة من الرموز ليعبر عن المعرفة الكيميائية، وتخضع هذه التأليفات لمجموعة من القواعد تختلف فى ماهيتها عن القواعد التى تخضع لها صياغة الكلمات والجمل فى أية لغة أخرى، ويُطلق على هذه القواعد اسم "السينتاكس الكيميائى" والذى يشمل نوعين من القواعد، وهما (Jacob, 2001):

- **الأول:** تُحدِد هذه القواعد للكيميائى أى رموز العناصر يمكن التأليف بينها، من حيث النسبة والكيفية، وتتحكم فى بناء الصيغ الجزيئية وفقاً لمفاهيم كيميائية محددة، مثل: التكافؤ valency، و"حالة التأكسد" oxidation state، و"السالبية الكهربية" electronegativity، وميكانيكيات التفاعل reaction mechanisms.
- **الثانى:** تتحكم هذه القواعد فى بناء معادلات التفاعل، ومن خلالها يمكن تحديد معاملات الضبط stoichiometic coefficients، والمتمثلة فى معدلات الكتل والحجوم الصحيحة للمواد الداخلة فى التفاعل، وكيفية استخدام سهم الاتزان أو السهم أحادى الاتجاه، وكذلك شروط التفاعل كالحرارة، والضوء، وغيرها.

ويعد إكساب الطلاب فهمًا عميقًا للغة الكيمياء والتواصل بها من الأهداف الرئيسة لتعليم الكيمياء فى كافة المراحل الدراسية، ويرى "جيلبرت وتريجست" Gilbert& Treagust (2009b) أن التواصل بلغة الكيمياء يتضمن ما يلى:

- تمكن الطلاب من فهم التقارير والمناقشات ذات الصلة بالكيمياء، والتى تعرض فى وسائل الإعلام.
- القدرة على الاتصال بفاعلية حول الكيمياء (يقرأ، يكتب، يتحدث، .....الخ)، باستخدام اللغة الرمزية الكيميائية.
- استخدام اللغة الرمزية والاصطلاحية للتعبير عن المفاهيم الكيميائية.
- كتابة المعادلات الكيميائية موزونة للتعبير عن التفاعلات الكيميائية المختلفة.
- فهم قواعد السينتاكس الكيميائى وتوظيفها فى كتابة الصيغ المعبرة عن المركبات والمعادلات الكيميائية.
- استخدام النماذج (رسوم تخطيطية، محسة، محاكاة...الخ) للتعبير عن التراكيب والأنواع الكيميائية المختلفة.

وتتحدد أهمية تعلم الطلاب التواصل بلغة الكيمياء فى (Gilbert &Treagust, 2009b):

- تكوين فهم عميق للمعرفة الكيميائية المُتعلمة، فبدون فهم اللغة الرمزية المستخدمة فى التعبير عن هذه المعرفة سيكون فهمه لها غير صحيح وغير مكتمل.
- ليتمكن من تسمية العناصر والمركبات الكيميائية والتعبير عن تفاعلاتها بصورة صحيحة ودقيقة.
- توليف الرموز الكيميائية للتعبير عن فهمه للمعرفة الكيميائية بشكل صحيح.

ويمكن تنمية لغة الكيمياء والتواصل بها لدى الطلاب من خلال عدة أنشطة، ومنها (Kelly,2010):

- استخدام الرسوم التخطيطية لتوجيه الاستماع إلى ما يقوله المعلم مع تدوين الملاحظات حول ما يشاهدونه.
- استخدام الرسوم البيانية، وتدريب الطلاب على قراءة المحتوى الكيميائى الموجود بها وتحويله إلى شكل تخطيطى.
- توجيه الطلاب إلى البحث عن المعرفة الكيميائية من مصادر متنوعة، والنقاش مع زملائهم حولها، وكتابة تقرير عما يتوصلون إليه.
- قراءة الجداول وإعدادها، وقوائم المصطلحات، والنماذج التى تلخص المعرفة الكيميائية وتعبر عنها.
- تعلم المصطلحات الكيميائية من خلال خرائط المفاهيم لتوضيح الروابط المنطقية بينها.
- التواصل بلغة الكيمياء من خلال سياق الحياة الواقعية للكيمياء لتصبح ذات معنى للطلاب.

الإجراءات المنهجية للبحث:

للإجابة عن أسئلة البحث، واختبار صحة فروضه اتبعت الإجراءات التالية:

I.بناء أدوات البحث:

وتشمل كل من مواد المعالجة التجريبية، وأدوات جمع البيانات.

أولًا:-مواد المعالجة التجريبية:

تمثلت مواد المعالجة التجريبية فى الاستراتيجية المقترحة القائمة على التمثيلات البصرية وأوراق عمل الطالب ودليل المعلم.

1-تصميم الاستراتيجية المقترحة القائمة على التمثيلات البصرية المتعددة.

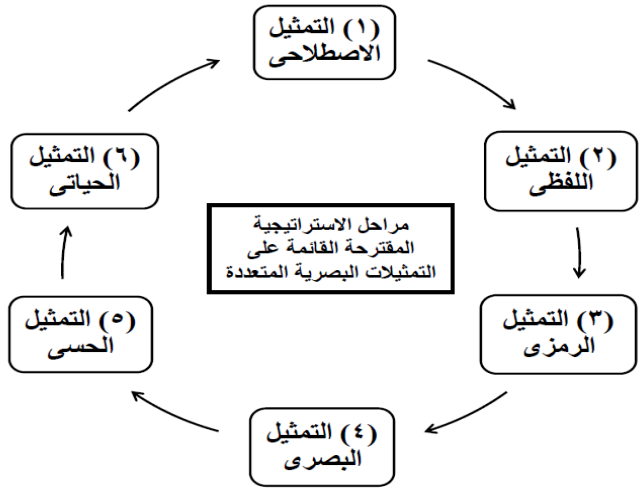
صُممت الاستراتيجية وفق الخطوات التالية:

أ-الإطلاع على الأدبيات السابقة المتعلقة بالتمثيلات البصرية المتعددة، وتحليلها لاستنتاج ملامح التدريس القائم عليها على نحو ما ورد بالإطار النظرى للبحث.

ب-تحديد مراحل الاستراتيجية، وخطواتها، والتى تمثلت فى ست مراحل، وهى: التمثيل الاصطلاحى للمفهوم، والتمثيل اللفظى للمفهوم، والتمثيل الرمزى للمفهوم، والتمثيل البصرى للمفهوم، والتمثيل الحسى للمفهوم، وأخيراً التمثيل الحياتى للمفهوم.

ج-تحديد أدوار كل من المعلم والمتعلم فى كل مرحلة من مراحل الاستراتيجية.

د-رسم شكل تخطيطى يوضح مراحل الاستراتيجية المقترحة، وإعداد جدول تفصيلى يبين أدوار كل من المعلم والمتعلم فى كل مرحلة من مراحلها، ويلخص شكل (7) مراحل الاستراتيجية المقترحة.



شكل (7) مراحل الاستراتيجية المقترحة (إعداد الباحثتين).

كما يوضح جدول (3) أدوار كل من المعلم والمتعلم فى كل مرحلة منها:

جدول (3)
أدوار المعلم والمتعلم فى كل مرحلة من مراحل الاستراتيجية المقترحة.

مراحل الاستراتيجية	أدوار المعلم	أدوار المتعلم
(1) التمثيل الاصطلاحى	1-يمهد لأحد مفاهيم الكيمياء الكمية موضع الدرس. 2-يقدم التمثيل الاصطلاحى للمفهوم من خلال طرح مسماه العلمى. 3-يوجه الطالب للتفرقة بين مسمى المفهوم ومسميات مفاهيم أخرى شبيهة به أو ذات علاقة به.	1-يتعرف على التمثيل الاصطلاحى لمفهوم الكيمياء الكمية موضع الدرس. 2-يسمى المفهوم بالتسمية الصحيحة. 3-يفرق بين مسمى المفهوم ومسميات مفاهيم أخرى شبيهة به، مثل: مفهوم الصيغة الكيميائية، والمعادلة الكيميائية
(2) التمثيل اللفظى	1-تقديم أمثلة موجبة لأحد مفاهيم الكيمياء الكمية موضع الدرس. 2-يوجه الطلاب لملاحظة النقاط المشتركة بين الأمثلة. 3-يتابع الطلاب ويشرف على مناقشاتهم للوصول إلى تعريف علمى سليم للمفهوم المتعلم.	1-يحلل الأمثلة التى يعرضها المعلم لمفهوم الكيمياء الكمية موضع الدرس. 2-يحدد الخصائص المشتركة بين الأمثلة. 3-يصيغ تعريفًا لفظيًا دقيقًا للمفهوم المتعلم. 4-يربط بين التمثيل الاصطلاحى واللفظى لمفاهيم الكيمياء الكمية.
(3) التمثيل الرمزى	1-يقدم التمثيل الرمزى لأحد مفاهيم الكيمياء الكمية موضع الدرس من خلال اللغة الرمزية المعبرة عنه. 2-يساعد الطلاب للتفريق بين رمز المفهوم ورموز مفاهيم أخرى شبيهة به. 3-يوجه الطلاب للربط بين التمثيل الاصطلاحى والتمثيل الرمزى للمفهوم المتعلم.	1-يكتب الرمز الكيميائى لأحد مفاهيم الكيمياء الكمية موضع الدرس بصورة صحيحة. 2-يفرق بين الرمز العلمى للمفهوم ورموز مفاهيم أخرى شبيهة به. 3-يعبر عن فهمه باستخدام لغة الكيمياء. 4-يكتب معادلات وصيغ ورموز. 5-يربط بين التمثيل الاصطلاحى والتمثيل الرمزى للمفهوم المتعلم.

مراحل الاستراتيجية	أدوار المعلم	أدوار المتعلم
(4) التمثيل البصرى	1-عرض تمثيلات بصرية متنوعة لأحد مفاهيم الكيمياء الكمية موضع الدرس، مثل: نماذج محسة، نماذج افتراضية، صور، رسوم تخطيطية، ..الخ. 2-متابعة الطلاب وتوجيههم لدراسة التمثيلات البصرية المتنوعة وتحليلها، وتكوين فهم عميق للمفهوم موضع الدرس والربط بين التمثيلات المقدمة للمفهوم الواحد.	1-يشاهد التمثيلات البصرية التى يعرضها المعلم للمفهوم لأحد مفاهيم الكيمياء الكمية موضع الدرس ويحللها ويربط بينها لاستنتاج معلومات منها تمكنه من فهم المفهوم بصورة عميقة متكاملة. 2-يربط بين التمثيل البصرى للمفهوم المتعلم والتمثيل اللفظى والرمزى له. 3-يصف المفهوم المتعلم أو الظاهرة بأنواعها. 4-يصمم نموذج بصرى لشرح المعرفة الكيميائية.
(5) التمثيل الحسى	1-تصميم أنشطة وتجارب عملية متنوعة لشرح أحد مفاهيم الكيمياء الكمية موضع الدرس. 2-يوجه الطلاب ويرشدهم أثناء تنفيذ التجارب والأنشطة ذات الصلة بأحد مفاهيم الكيمياء الكمية موضع الدرس.	1-ينفذ التجارب العملية ذات الصلة بأحد مفاهيم الكيمياء الكمية موضع الدرس ويدون نتائجها. 2-يناقش النتائج مع زملائه ومعلمه للوصول إلى استنتاج نهائى. 3-يصيغ تعميمات من بيانات تجريبية. 4-يربط بين التمثيل اللفظى والرمزى والبصرى والحسى لأحد مفاهيم الكيمياء الكمية موضع الدرس.
(6) التمثيل الحياتى	1-يوجه الطلاب لملاحظة ما يرتبط بمفاهيم الكيمياء الكمية من مواقف حياتية واقعية. 2-عرض أمثلة متنوعة لكيفية توظيف مفاهيم الكيمياء الكمية فى الحياة العملية.	1-يحلل الأمثلة الحياتية للمفاهيم الكيمياء الكمية لاستنتاج العلاقة الرابطة بينهما. 2-يقدم أمثلة لتطبيقات حياتية أخرى لمفاهيم الكيمياء الكمية. 3-يطبق ما تعلمه فى مواقف جديدة. 4-يشرح الظواهر الحياتية ذات الصلة بالكيمياء الكمية ويفسرها فى إطار ما تعلمه. 5-يربط بين التمثيلات المتعددة جميعها للمفهوم الواحد ليتحقق لديه فهمًا عميقًا مترابطًا متكاملًا.

2-إعداد أوراق عمل الطالب:

أُعدت أوراق عمل الطالب التى ستستخدم فى تعليم مفاهيم الكيمياء الكمية وفق الاستراتيجية التى تم تصميمها والقائمة على التمثيلات البصرية المتعددة؛ بحيث تضمنت أنشطة متنوعة يؤديها الطلاب فرادى أو مجموعات تحت إشراف المعلم، وتتوافق هذه الأنشطة مع مراحل الاستراتيجية؛ وبحيث يتضمن النشاط:

- تقديم المفهوم على المستوى اللفظى والاصطلاحى.
- تقديم اللغة الرمزية المعبرة عن المعرفة الكيميائية، مثل: التعبير عن الأفكار والفهم للمعرفة الكيميائية المتعلمة باستخدام لغة الكيمياء، وكتابة معادلات، وصيغ ورموز.
- عرض نماذج محاكاة للمفهوم المتعلم لتوضيحه من جميع الجوانب.
- إجراء تجارب عملية ذات صلة بالمفهوم المتعلم.
- توضيح التطبيقات الحياتية للمفاهيم المتعلمة.
- توسيع الفهم وتطبيق المعرفة فى مواقف جديدة، مثل: أن يطبق الطالب ما تعلمه عن المفهوم الكيميائى فى مواقف جديدة، ويشرح الظواهر ويفسرها فى إطار المعرفة التى تعلمها، ويقدم أمثلة جديدة من عنده.

3-إعداد دليل المعلم للتدريس بالاستراتيجية المقترحة.

أُعد دليل المعلم لتدريس باب "الكيمياء الكمية" بكتاب الكيمياء للصف الأول الثانوى بالاستراتيجية المقترحة؛ بحيث تضمن الدليل العناصر التالية:

- مقدمة.
- الفلسفة التى أعدت فى ضوئها الاستراتيجية.
- الأهداف العامة لتدريس الكيمياء الكمية.
- الإجراءات العامة للتدريس بالاستراتيجية.
- نموذج تخطيط تفصيلى لأحد الدروس وكيفية تدريسه بالاستراتيجية المقترحة.

4- ضبط مواد البحث:

عُرضت مواد البحث (أوراق عمل الطالب، ودليل المعلم المُعدين وفق الاستراتيجية المقترحة) فى صورتها الأولية على عدد من المتخصصين فى مجال المناهج وطرق التدريس (ملحق 6)، وقد وافق جميعهم عليها مع إجراء بعض التعديلات فى بعض الأهداف والتطبيقات المقدمة لمفاهيم الكيمياء الكمية، وبذلك أصبحت فى صيغتها النهائية المعدة للتطبيق (ملحق 2).

ثانيًا:إعداد أدوات جمع البيانات وضبطها.

A-إعداد اختبار التفكير التحليلى.

أُعد الاختبار وفق الخطوات التالية:

1-تحديد الهدف من الاختبار، وهو قياس بعض مهارات التفكير التحليلى لدى طلاب الصف الأول الثانوى ذات الصلة بموضوع البحث، وقد تحددت فى ست مهارات، وهى: جمع البيانات، وتحليل البيانات وتفسيرها، ورؤية العلاقات واكتشاف الأنماط، والاستدلال، واتخاذ القرار، والتنبؤ.

2-صياغة مفردات الاختبار، وقد صيغت فى صورة أسئلة اختيار من متعدد ذات البدائل الأربعة.
3-تقدير درجات الاختبار، قُدرت الدرجات بدرجة واحدة لكل سؤال يحصل عليها الطالب فى حالة الإجابة الصحيحة، وصفر للإجابة الخطأ.
4-تحديد صدق الاختبار، حيث عُرض الاختبار على عدد من المتخصصين (ملحق 6) وطُلب منهم إبداء الرأى فى مدى مناسبة المفردات للهدف من الاختبار، وتحديد ما إذا كانت المفردات تغطى كل أبعاد الاختبار، وإذا ما كان عدد المفردات فى كل بُعد يكفى لقياسه، ودقة الصياغة اللغوية للمفردات، ووضوح تعليمات الإجابة عن الاختبار، فضلًا عن تحديد مدى مناسبة المفردات للمرحلة العمرية للطلاب، ثم إجراء ما أبدوه من تعديلات.
5-تطبيق الاختبار على عينة مماثلة لعينة البحث لضبطه، بلغ عددها (53) طالبًا وطالبة بالصف الأول الثانوى.
6-حساب معاملات السهولة والصعوبة والتمييز لمفردات الاختبار: وتراوحت قيم معاملات سهولة مفردات الاختبار بين (0.37-0.82)، فى حين تراوحت قيم معاملات التمييز بين (0.45-0.86).
7-حساب معامل ثبات الاختبار: وجد أن معامل ثبات الاختبار باستخدام معادلة كيودر ريتشاردسون (21) يساوى (0.84) وهى قيمة عالية لثبات الاختبار.
8-تحديد زمن الإجابة عن الاختبار: تم حساب زمن الإجابة عن الاختبار عن طريق حساب متوسط زمن طلاب الأرباعى العلوى ومتوسط زمن طلاب الإرباعى السفلى، وقد بلغ زمن الإجابة عن الاختبار (57) دقيقة.
9-تكون الاختبار فى صورته النهائية (ملحق 3) من (30) مفردة، ويوضح جدول (4) مواصفات الاختبار.

جدول (4)
مواصفات اختبار التفكير التحليلى وخواصه الإحصائية.

البعد	عدد الأسئلة	الوزن النسبى	أرقام الأسئلة	الدرجة
1-جمع البيانات	5	16.7	6-11-14-21-25	5
2-تحليل البيانات وتفسيرها	5	16.7	4-10-16-19-22	5
3-رؤية العلاقات واكتشاف الأنماط	5	16.7	3-13-17-24-27	5
4-الاستدلال	5	16.7	1-2-8-20-29	5
5-اتخاذ القرار	5	16.7	7-12-15-18-26	5
6-التنبؤ	5	16.7	5-9-23-28-30	5
المجموع	30	100		30
زمن الإجابة عن الاختبار			57 دقيقة	
معامل ثبات الاختبار			0.84	

B-إعداد اختبار مفاهيم الكيمياء الكمية.

أُعد الاختبار وفق الخطوات التالية:

1-تحديد الهدف من الاختبار، وهو قياس تمكن طلاب الصف الأول الثانوى من مفاهيم الكيمياء الكمية.

2-تحديد محاور الاختبار، والتى تمثلت فى محورين، وهما: المول والمعادلة الكيميائية، وحساب الصيغة الكيميائية.

3-صياغة مفردات الاختبار، وقد صيغت فى صورة أسئلة اختيار من متعدد ذات البدائل الأربعة.

4-تقدير درجات الاختبار، قُدرت الدرجات بدرجة واحدة لكل سؤال يحصل عليها الطالب فى حالة الإجابة الصحيحة، وصفر للإجابة الخطأ.

5-تحديد صدق الاختبار، حيث عُرض الاختبار على عدد من المتخصصين (ملحق 6) بغرض التعرف على صدق المحتوى، وطُلب منهم إبداء الرأى فى مدى مناسبة المفردات للهدف من الاختبار، وتحديد ما إذا كانت المفردات تغطى كل أبعاد الاختبار، وإذا ما كان عدد المفردات فى كل بعد يكفى لقياسه، ودقة الصياغة اللغوية للمفردات، ووضوح تعليمات الإجابة عن الاختبار، فضلًا عن تحديد مدى مناسبة هذه الصياغة للمرحلة العمرية للطلاب، ثم إجراء ما أبدوه من تعديلات.

6-تطبيق الاختبار على عينة مماثلة لعينة البحث لضبطه، بلغ عددها (53) طالبًا وطالبة بالصف الأول الثانوى.

7-حساب معاملات السهولة والصعوبة والتمييز لمفردات الاختبار: وتراوحت قيم معاملات سهولة مفردات الاختبار بين (0.39-0.87)، فى حين تراوحت معاملات التمييز بين (0.42-0.81) وقد أسفرت هذه الخطوة عن حذف سؤالين لتدنى قيمة معامل سهولتهما عن (0.2).

8-حساب معامل ثبات الاختبار: وجد أن معامل ثبات الاختبار بطريقة كيودر ريتشاردسون (21) يساوى (0.86) وهى قيمة عالية لثبات الاختبار.

9-تحديد زمن الإجابة عن الاختبار: تم حساب زمن الإجابة عن الاختبار عن طريق حساب متوسط زمن طلاب الأرباعى العلوى ومتوسط زمن طلاب الإرباعى السفلى، وقد بلغ زمن الإجابة عن الاختبار (62) دقيقة.

10-تكون الاختبار فى صورته النهائية (ملحق4) من (40) مفردة، ويوضح جدول (5) مواصفات الاختبار وخواصه الإحصائية.

جدول (5)
مواصفات اختبار مفاهيم الكيمياء الكمية وخواصه الإحصائية.

البعد	عدد الأسئلة	الوزن النسبى	أرقام الأسئلة	الدرجة
1-المول والمعادلة الكيميائية	24	60	1-3-4-7-9-11-13-14-16-17-19-20-21-22-24-27-28-29-30-31-33-36-37-39	24
2-حساب الصيغة الكيميائية	16	40	2-5-6-8-10-12-15-18-23-25-26-32-34-35-38-40	16
المجموع	40	100		40
زمن الإجابة عن الاختبار			62 دقيقة	
معامل ثبات الاختبار			0.86	

C-إعداد اختبار التواصل بلغة الكيمياء. أُعد الاختبار وفق الخطوات التالية:

1-تحديد الهدف من الاختبار، وهو قياس تمكن الطلاب من لغة الكيمياء والتواصل بها.

2-تحديد محاور الاختبار، والتى تمثلت فى ثلاثة محاور، وهى: كتابة المعادلة الكيميائية موزونة، وكتابة الصيغة الكيميائية، وكتابة اسم المركب الكيميائى.

3-صياغة مفردات الاختبار، وقد صيغت فى صورة أسئلة اختيار من متعدد ذات البدائل الأربعة.

4-تقدير درجات الاختبار، قُدرت الدرجات بدرجة واحدة لكل سؤال يحصل عليها الطالب فى حالة الإجابة الصحيحة، وصفر للإجابة الخطأ.

5-تحديد صدق الاختبار، حيث عُرض الاختبار على عدد من المحكمين (ملحق 6) بغرض التعرف على صدق المحتوى، وطُلب منهم إبداء الرأى فى مدى مناسبة المفردات للهدف من الاختبار، وتحديد ما إذا كانت المفردات تغطى كل أبعاد الاختبار، وإذا ما كان عدد المفردات فى كل بعد يكفى لقياسه، ودقة الصياغة اللغوية للمفردات، ووضوح تعليمات الإجابة عن الاختبار، فضلًا عن تحديد مدى مناسبة هذه الصياغة للمرحلة العمرية للطلاب، ثم إجراء ما أبدوه من تعديلات.

6-تطبيق الاختبار على عينة مماثلة لعينة البحث لضبطه، بلغ عددها (53) طالبًا وطالبة بالصف الأول الثانوى.

7-حساب معاملات السهولة والصعوبة والتمييز لمفردات الاختبار: وتراوحت قيم معاملات سهولة مفردات الاختبار بين (0.36-0.9)، فى حين تراوحت معاملات التمييز بين (0.38-0.88)

8-حساب معامل ثبات الاختبار: وجد أن معامل ثبات الاختبار بطريقة كيودر ريتشاردسون (21) يساوى (0.82) وهى قيمة عالية لثبات الاختبار.
9-تحديد زمن الإجابة عن الاختبار: وتم ذلك بحساب متوسط زمن طلاب الإرباعى العلوى وطلاب الإرباعى السفلى، وقد بلغ زمن الإجابة عن الاختبار (45) دقيقة.
10-تكون الاختبار فى صورته النهائية (ملحق 5) من (25) مفردة، ويوضح جدول (6) مواصفات الاختبار.

جدول (6)
مواصفات اختبار التواصل بلغة الكيمياء وخواصه الإحصائية.

البعد	عدد الأسئلة	الوزن النسبى	أرقام الأسئلة	الدرجة
1-كتابة المعادلة الكيميائية موزونة	9	36	3-4-7-11-13-15-18-21-24	9
2-كتابة الصيغة الكيميائية	8	32	1-6-9-14-17-20-23-25	8
3-كتابة اسم المركب الكيميائى	8	32	2-5-8-10-12-16-19-22	8
المجموع	25	100		25
زمن الإجابة عن الاختبار			(45) دقيقة	
معامل ثبات الاختبار			0.82	

II.إجراءات التجريب الميدانى:

1-اختيار مجموعة البحث: اشتملت مجموعة البحث على (100) طالب وطالبة بالصف الأول الثانوى بمدرسة معمل القزاز الثانوية المشتركة بإدارة مركز كفرالدوار التعليمية بالفصل الأول للعام الدراسى 2022/2023.
2-تطبيق اختبار التفكير التحليلى على الطلاب قبليًا فى الأربعاء 26/10/2022.
3-تحديد درجة القطع Cut point: التى سيتم على أساسها تقسيم الطلاب، وذلك بحساب متوسط درجات الطلاب على الاختبار؛ بحيث صُنف الطلاب الذين حصلوا على درجة أقل من المتوسط لطلاب منخفضى القدرة، وبلغ عددهم (63) طالبًا وطالبةً، والطلاب الذين حصلوا على درجة أعلى من المتوسط لطلاب مرتفعى القدرة، وبلغ عددهم (37) طالبًا وطالبة.
4- وزع طلاب كل قسم منهما عشوائيًا على مجموعتين، أحدهما تدرس بالاستراتيجية المقترحة والأخرى بالطريقة التقليدية، ويوضح جدول (7) توزيع مجموعة البحث.

جدول (7)
توزيع مجموعة البحث.

المتغيرات	استراتيجيات التدريس	
القدرة على التفكير التحليلى	الاستراتيجية المقترحة	الطريقة التقليدية
1-طلاب مرتفعو القدرة	(18) طالب وطالبة	(19) طالب وطالبة
2-طلاب منخفضو القدرة	(32) طالب وطالبة	(31) طالب وطالبة
المجموع	(50) طالب وطالبة	(50) طالب وطالبة

5-التواصل مع معلم الكيمياء بمدرسة التطبيق وشرح آلية التطبيق وتزويده بدليل المعلم وأوراق عمل الطلاب، وقد أبدى تعاونًا كبيرًا فى تنفيذ تجربة البحث.
6-بدأ تدريس باب "الكيمياء الكمية" بالاستراتيجية المقترحة، والطريقة المعتادة فى 22/10/2022 وانتهى فى 30/11/2022 لمدة ستة أسابيع بواقع حصتين أسبوعيًا يومى (السبت والأربعاء)، ويلخص جدول (8) الخطة الزمنية للتدريس.

جدول (8)
الخطة الزمنية لتدريس وحدة الكيمياء الكمية بالاستراتيجية المقترحة والطريقة المعتادة.

الموضوع	عدد الحصص	التاريخ	الزمن
1-المول والمعادلة الكيميائية	7	22/10/2022 - 26/10/2022 29/10/2022 - 2/11/2022 5/11/2022 - 9/11/2022 12/11/2022	5.25 ساعات
2-حساب الصيغة الكيميائية	5	16/11/2022 19/11/2022 - 23/11/2022 26/11/2022 - 30/11/2022	3.75 ساعات
المجموع	12		9

7-تم تطبيق أدوات قياس المتغيرات التابعة بعديًا على الطلاب فى 3/12/2022.
8-رصد درجات الطلاب ومعالجتها إحصائيًا ببرنامج SPSS (16) لاستخلاص النتائج وتفسيرها.

وقد استخدمت الأساليب الإحصائية التالية فى تحليل البيانات كميًا (Muijs, 2004؛ سليمان، 2007):

- تحليل التباين العاملى Factorial Analysis of Variance (2x2).
- حساب حجم الأثر باستخدام Eta squared.
- معامل الارتباط لبيرسون Pearson's Correlation Coefficient للكشف عن العلاقة بين تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء.

نتائج البحث:

أولًا: نتائج الإجابة عن السؤال الثانى والثالث والرابع من أسئلة البحث.

يوضح جدول (9) نتائج تحليل التباين العاملى Analysis of Variance Factorial (2x2) لبحث فاعلية التدريس بالاستراتيجية المقترحة القائمة على التمثيلات البصرية المتعددة فى مقابل التدريس بالطريقة التقليدية تحت مستويين من القدرة على التفكير التحليلى، وهما: طلاب مرتفعو القدرة، وطلاب منخفضو القدرة فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

جدول (9)

نتائج بحث فاعلية استراتيجية التدريس المقترحة فى مقابل الطريقة التقليدية تحت مستويين من القدرة على التفكير التحليلى فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية لدى عينة البحث.

مصدر التباين S .O .V	درجات الحرية D .F.	مجموع المربعات S .S.	متوسط المربعات M.S.	قيمة "ف" F-Cal.
Intercept	1	51967.25	51967.25	12880
القدرة على التفكير التحليلى	1	1167.92	1167.92	*289.5
استراتيجيات التدريس	1	11311.01	11311.01	*2803
التفاعل Interaction	1	7.48	7.48	1.85
الخطأ Error	96	387.33	4.035	
الكلى Total	100	65238.00		

**highly significant at p< 0.01*

إذ يتضح من جدول (9) أن قيمة *F* المقابلة لاستراتيجية التدريس المقترحة دالة إحصائيًا عند *مستوى p<0.01* مما يعنى أن الاختلافات بين تباينات هذا العامل صحيحة وحقيقية ولا ترجع إلى الصدفة باحتمال قدره 99% ، مما يشير إلى قبول الفرض الأول الذى ينص على أنه: "توجد فروق دالة إحصائيًا عند مستوى *p<0.01* بين الطلاب الذين درسوا بالاستراتيجية المقترحة والطلاب الذين درسوا بالطريقة التقليدية فى مفاهيم الكيمياء الكمية لصالح الطلاب الذين درسوا بالاستراتيجية المقترحة".

وتتفق هذه النتيجة مع نتائج كل من: (Danguar, etal, 2014; Allen, 2015, Sunyono, etal, 2015).

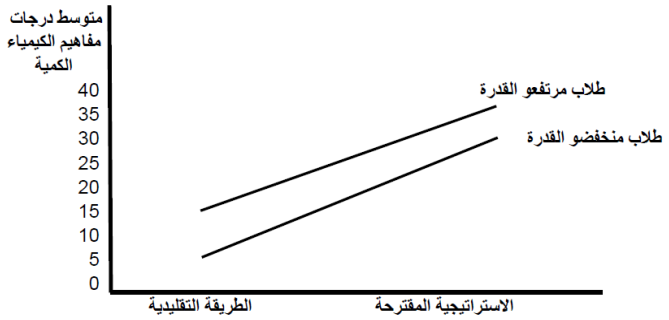
وبحساب قيمة معامل "إيتا" Eta square لتحديد حجم الأثر للاستراتيجية المقترحة، وجد أنه يساوى (**0.97**) وهى قيمة مرتفعة مما يدل على أن للتدريس بالاستراتيجية المقترحة القائمة على التمثيلات البصرية المتعددة أثر كبير فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

كما يتضح من جدول (9) أن قيمة *F* المقابلة للقدرة على التفكير التحليلى دالة إحصائيًا عند *مستوى* $p<0.01$ ، مما يشير إلى قبول الفرض الثانى الذى ينص على أنه: "توجد فروق دالة إحصائيًا عند مستوى $p<0.01$ بين الطلاب مرتفعى القدرة على التفكير التحليلى والطلاب منخفضى القدرة فى مفاهيم الكيمياء الكمية لصالح الطلاب مرتفعى القدرة على التفكير التحليلى".

وتتفق هذه النتيجة مع نتائج كل من: (Taleb & Chadwick, 2016; Irwanto, etal. , 2017; Prastiwi & Laksono, 2018; Puchit, etal, 2019).

وبحساب قيمة معامل "إيتا" Eta square لتحديد حجم الأثر للقدرة على التفكير التحليلى وجد أنه يساوى (**0.75**) وهى قيمة مرتفعة مما يدل على أنه للقدرة على التفكير التحليلى أثر كبير فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

وفضلًا عن ذلك، يتضح من جدول (9) أن قيمة *F* المقابلة للتفاعل بين كل من استراتيجيات التدريس والقدرة على التفكير التحليلى غير دالة إحصائيًا عند مستوى$p<0.05$، مما يعنى عدم وجود دلالة إحصائية ترجع إلى التفاعل بين طرق التدريس والقدرة على التفكير التحليلى، ويشير ذلك إلى رفض الفرض الثالث، وقبول الفرض الصفرى الذى ينص على أنه: "لا يوجد تفاعل دال إحصائيًا عند مستوى $p<0.05$ بين القدرة على التفكير التحليلى والاستراتيجيات التدريسية فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية". وهذا يعنى أنه داخل كلا المستويين من القدرة على التفكير التحليلى كان تأثير التدريس بالاستراتيجية المقترحة أعلى من التدريس بالطريقة التقليدية فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية وأن متوسط درجات الطلاب مرتفعى القدرة والطلاب منخفضى القدرة فى اختبار مفاهيم الكيمياء الكمية قد زاد زيادة متدرجة متماثلة تقريبًا نتيجة التدريس بالاستراتيجية القائمة على التمثيلات البصرية، ويوضح شكل (8) تلك النتائج.



شكل (8) نتائج بحث فاعلية استراتيجية التدريس المقترحة فى مقابل الطريقة التقليدية تحت مستويين من القدرة على التفكير التحليلى فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية لدى عينة البحث.

ثانيًا: نتائج الإجابة عن السؤال الخامس والسادس والسابع من أسئلة البحث.

يوضح جدول (10) تحليل التباين العاملى Analysis of Variance (2x2) Factorial لبحث فاعلية التدريس بالاستراتيجية المقترحة القائمة على التمثيلات البصرية المتعددة فى مقابل التدريس بالطريقة التقليدية تحت مستويين من القدرة على التفكير التحليلى، وهما: طلاب مرتفعو القدرة، وطلاب منخفضو القدرة فى تنمية التواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

جدول *(10)*

نتائج بحث فاعلية استراتيجية التدريس المقترحة فى مقابل الطريقة التقليدية تحت مستويين من القدرة على التفكير التحليلى فى تنمية التواصل بلغة الكيمياء لدى عينة البحث.

مصدر التباين S .O .V	درجات الحرية D .F.	مجموع المربعات S .S.	متوسط المربعات M.S.	قيمة "ف" F-Cal.
Intercept	1	18832.12	18832.12	8892
القدرة على التفكير التحليلى	1	353.10	353.10	*166.7
استراتيجيات التدريس	1	4597.42	4597.42	*2171
التفاعل Interaction	1	0.035	0.035	0.017
الخطأ Error	96	203.32	2.12	
الكلى Total	100	24239.0		

**highly significant at p< 0.01*

إذ يتضح من جدول (10) أن قيمة *F* المقابلة لاستراتيجية التدريس المقترحة دالة إحصائيًا عند *مستوى p<0.01* مما يعنى أن الاختلافات بين تباينات هذا العامل صحيحة وحقيقية ولا ترجع إلى الصدفة باحتمال قدره 99%، مما يشير إلى قبول الفرض الرابع الذى ينص على أنه: "توجد فروق دالة إحصائيًا عند مستوى *p<0.01* بين الطلاب الذين درسوا بالاستراتيجية المقترحة والطلاب الذين درسوا بالطريقة التقليدية فى التواصل بلغة الكيمياء لصالح الطلاب الذين درسوا بالاستراتيجية المقترحة".

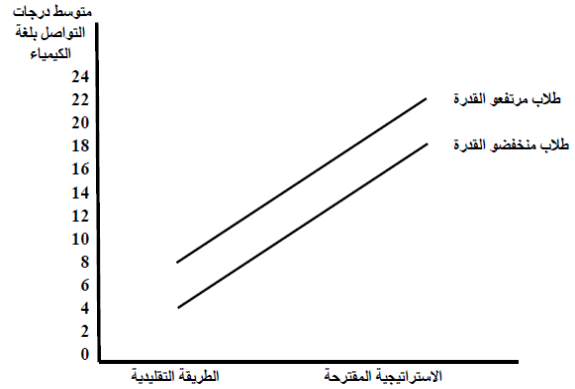
وبحساب قيمة معامل "إيتا" Eta square لتحديد حجم الأثر للاستراتيجية المقترحة، وجد أنه يساوى (**0.96**) وهى قيمة مرتفعة مما يدل على أن للتدريس بالاستراتيجية المقترحة القائمة على التمثيلات البصرية المتعددة أثر كبير فى تنمية التواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

كما يتضح من جدول (10) أن قيمة *F* المقابلة للقدرة على التفكير التحليلى دالة إحصائيًا عند مستوى*p<0.01*، مما يشير إلى قبول الفرض الخامس الذى

ينص على أنه: "توجد فروق دالة إحصائيًا عند مستوى $p<0.01$ بين الطلاب مرتفعى القدرة على التفكير التحليلى والطلاب منخفضى القدرة فى التواصل بلغة الكيمياء لصالح الطلاب مرتفعى القدرة على التفكير التحليلى".

وبحساب قيمة معامل "إيتا" لتحديد حجم الأثر للقدرة على التفكير التحليلى وجد أنه يساوى **(0.64)** وهى قيمة مرتفعة مما يدل على أنه للقدرة على التفكير التحليلى أثر كبير فى تنمية التواصل بلغة الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

وفضلًا عن ذلك، يتضح من جدول (10) أن قيمة F المقابلة للتفاعل بين كل من استراتيجيات التدريس والقدرة على التفكير التحليلى غير دالة إحصائيًا عند مستوى$p<0.05$، مما يعنى عدم وجود دلالة إحصائية ترجع إلى التفاعل بين طرق التدريس والقدرة على التفكير التحليلى، ويشير ذلك إلى رفض الفرض السادس، وقبول الفرض الصفرى الذى ينص على أنه: "لا يوجد تفاعل دال إحصائيًا عند مستوى $p<0.05$ بين القدرة على التفكير التحليلى والاستراتيجيات التدريسية فى تنمية التواصل بلغة الكيمياء". وهذا يعنى أنه داخل كلا المستويين من القدرة على التفكير التحليلى كان تأثير التدريس بالاستراتيجية المقترحة أعلى من التدريس بالطريقة التقليدية فى تنمية التواصل بلغة الكيمياء وأن متوسط درجات الطلاب مرتفعى القدرة والطلاب منخفضى القدرة فى اختبار التواصل بلغة الكيمياء قد زاد زيادة متدرجة متماثلة تقريبًا نتيجة التدريس بالاستراتيجية القائمة على التمثيلات البصرية، ويوضح شكل (9) تلك النتائج.



شكل (9) نتائج بحث فاعلية استراتيجية التدريس المقترحة فى مقابل الطريقة التقليدية تحت مستويين من القدرة على التفكير التحليلى فى تنمية التواصل بلغة الكيمياء لدى عينة البحث.

ثالثًا: نتائج الإجابة عن السؤال الثامن من أسئلة البحث.

بلغت قيمة معامل الارتباط لبيرسون بين درجات الطلاب فى التطبيق البعدى لكل من: اختبار مفاهيم الكيمياء الكمية واختبار التواصل بلغة الكيمياء **(0.97)** وهى قيمة دالة عند $p<0.01$. وتقضى هذه النتائج بقبول الفرض السابع، الذى

ينص على أنه: "توجد علاقة ارتباطية دالة إحصائيًا عند مستوى دلالة $p<0.01$ بين تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء".

تفسير نتائج البحث ومناقشتها:

أوضحت نتائج البحث أن الاستراتيجية المقترحة قد أدت إلى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء لدى كل من الطلاب مرتفعى القدرة والطلاب منخفضى القدرة على حد سواء وبالزيادة نفسها تقريبًا؛ **لأن:**

- الاستراتيجية المقترحة القائمة على التمثيلات البصرية المتعددة تضمنت ست خطوات لتدريس مفاهيم الكيمياء الكمية ولغتها، وهى: التمثيل الاصطلاحى، والتمثيل اللفظى، والتمثيل الرمزى، والتمثيل البصرى، والتمثيل الحسى، وأخيرًا التمثيل الحياتى؛ بحيث يتم عرض المفهوم من جميع جوانبه وربط هذه الجوانب معًا بشكل متكامل مما ساعد الطلاب على تكوين فهم عميق وشامل للمفهوم المتعلم واللغة الرمزية للكيمياء.
- الاستراتيجية المقترحة والأنشطة المصاحبة واجهت التنوع والاختلاف بين الطلاب فى القدرة على التفكير التحليلى؛ مما أتاح لكل الطلاب الفرص نفسها لتعلم مفاهيم الكيمياء الكمية واللغة الكيميائية وبالقدر نفسه.
- الجمع فى التدريس بالتمثيلات المتعددة بين تقديم المعرفة الكيميائية ولغة الكيمياء فى سياق ارتباطها بالعالم الحقيقى، وتقديمها فى سياق مجالها وبشكل تفصيلى؛ مما أسهم فى مساعدة الطلاب على فهمها، وتعلمها بصورة متكاملة.
- التركيز أثناء تدريس مفاهيم كيمياء الكمية وتعلمها على مهارات التفكير العليا، وإعمال العقل فيما يتم يتعلمه.
- استخدام اللغة الرمزية الكيميائية، والتواصل بها أثناء التدريس بالاستراتيجية المقترحة؛ جعل الطلاب على ألفة بها، وقلل من التوتر المصاحب لتعلمها مما أسهم فى تنمية التواصل بلغة الكيمياء لدى الطلاب.
- التعاون بين الطلاب أثناء التعلم، والتواصل، والنقاش؛ أسهم فى تبادل الخبرات ومن ثم تعميق المعرفة، والفهم للمفاهيم المتعلمة ولغة الكيمياء.
- بيئة التعلم التى سمحت بالنقاش والتعبير عن الرأى فى إطار من الاحترام؛ وقدمت التغذية الراجعة الإيجابية التى زادت من ثقة الطلاب بأنفسهم، وكفاءتهم فى التعلم.
- السماح للطلاب ببناء معرفتهم بأنفسهم، وربطها ببنيتهم المعرفية، وتنظيمها فى عقولهم وإقامة علاقات رابطة بين التمثيلات المختلفة للمفهوم الواحد فى كل مرحلة من مراحل التدريس باستراتيجية التمثيلات المتعددة جعل تعلم مفاهيم الكيمياء الكمية ولغة الكيمياء تعلمًا ذو معنى.
- تقبل المعلم أسئلة الطلاب، وتقبل عدم قدرتهم على الفهم أحياناً، ومساعدتهم على إعادة التعلم وتحقيق الفهم للمعرفة المتعلمة.

- استخدام التمثيلات المتعددة ساهم فى تعلم الطلاب مفاهيم الكيمياء الكمية وتطبيقاتها، من خلال مرحلة التمثيل الحياتى للمفهوم الذى أتاح للطلاب تحليل الأمثلة الحياتية للمفهوم لاستنتاج العلاقة الرابطة بينهما، ونمى قدرتهم على تقديم أمثلة لتطبيقات حياتية أخرى للمفهوم، فضلًا عن شرح الظواهر الحياتية ذات الصلة بالكيمياء الكمية وتفسيرها فى إطار ما تعلمه.
- استخدام التمثيلات المتعددة يسر تعلم مفاهيم الكيمياء الكمية؛ لأنه جعلها محسة، وأسهم فى تطوير فهم الطلاب للمفاهيم المعقدة والمجردة؛ إذ تقرب التمثيلات المتعددة المفاهيم العلمية المجردة من خلال مشاهدة التمثيلات البصرية التى يعرضها المعلم للمفهوم المُتعلم وتحليلها لاستنتاج معلومات منها تمكنهم من فهم المفهوم بصورة عميقة متكاملة، والربط بين التمثيل البصرى للمفهوم والتمثيل اللفظى والرمزى له، فضلًا عن تصميم نموذج بصرى لشرح مفاهيم الكيمياء الكمية، واللغة المعبرة عنها.
- التدريس بالتمثيلات المتعددة ساهم فى تفسير الظواهر المرتبطة بمفاهيم الكيمياء الكمية، ومعالجتها خاصة تلك التى توظف الأدوات والتطبيقات التكنولوجية المختلفة.
- استخدام التمثيلات المتعددة منح الفرصة للطلاب للتعبير عن فهمهم للمفهوم الواحد بأكثر من تمثيل.
- شجع التدريس بالتمثيلات البصرية المتعددة الطلاب على تحمل مسؤولية تعلمهم؛ إذ عند استخدام المعلم لها فى عرض المحتوى والتواصل معهم، قاموا باستخدامها والتواصل بها وتنفيذ المهام التى تطلب منهم؛ لذا يمكن القول أن استخدام التمثيلات البصرية المتعددة يسر التواصل وبناء المعرفة.
- التمثيل الرمزى للمفهوم أحد مراحل الاستراتيجية المقترحة قد أسهم فى تعلم لغة الكيمياء والتواصل بها؛ لأنه أتاح للطلاب تعلم كتابة الرمز الكيميائى لمفاهيم الكيمياء الكمية بصورة صحيحة، والتفرقة بين رمز المفهوم المُتعلم ورموز مفاهيم أخرى شبيهة به، والتعبير عن فهمه باستخدام لغة الكيمياء، وكتابة المعادلات والصيغ والرموز المعبرة عن الكيمياء الكمية فضلًا عن الربط بين التمثيل الاصطلاحى والتمثيل الرمزى لمفاهيم الكيمياء الكمية.

أما بالنسبة للنتيجة المتعلقة بوجود أثر للقدرة على التفكير التحليلى فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء لدى كل من الطلاب الذين درسوا بالاستراتيجية المقترحة أو بالطريقة التقليدية على حد سواء فقد يكون ذلك راجعًا إلى:

- الطلاب ذوو القدرة على التفكير التحليلى يكونوا قادرين على الفحص الدقيق للأفكار وتجزئتها إلى مكوناتها الفرعية، وإدراك العلاقات بين تلك المكونات، وتكوين فهم أوضح لها، والقدرة على التفكير المنطقى، وفهم النماذج والصيغ، والقدرة على الاستنباط، والاهتمام بالحلول العملية الدقيقة وهى مهارات مطلوبة لتعلم مفاهيم الكيمياء الكمية.

- تلعب مهارات التفكير التحليلى دورًا رئيسًا فى تعلم الكيمياء الكمية ولغة الكيمياء؛ فالطلاب ذوو القدرة على التفكير التحليلى لديهم القدرة على التفكير بشكل مجرد مما ييسر تعلم المفاهيم الكيميائية ذات الطبيعة المجردة والقدرة على تحليلها وتقييمها ومقارنة المفاهيم والرموز ببعضها وتنظيمها وتوظيفها بنجاح.
- تتسم الكيمياء الكمية بكثرة المصطلحات والمفاهيم العلمية ذات الطبيعة المجردة وتداخلها مع بعضها البعض، مثل تداخل مفهوم المول مع مفهوم كتلة المادة. كما أنها تتضمن عدد من القوانين العلمية، والتى يطلب من الطالب فهمها، واستخدامها فى حل مسائل معقدة ومجردة، ويتطلب ذلك أن يكون الطالب قادراً على جمع البيانات، وتحليلها وتفسيرها، ورؤية العلاقات واكتشاف الأنماط، والاستدلال، واتخاذ القرار، والتنبؤ، أى لديه قدرة على التفكير التحليلى.

وبالنسبة للنتيجة التى قضت بعدم وجود تفاعل ذو دلالة إحصائية بين القدرة على التفكير التحليلى والاستراتيجيات التدريسية فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء لدى الطلاب مجموعة البحث فقد يكون ذلك راجعًا إلى أن الطلاب ـ فى كلا المستويين من القدرة على التفكير التحليلى ـ قد استفادوا بالقدر نفسه من التدريس بالاستراتيجية المقترحة القائمة على التمثيلات البصرية المتعددة فى تعلم مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء؛ وذلك بسبب ضعف مستوى الطلاب فى كل من مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء بشكل عام ما جعل الطلاب (مرتفعى ـ منخفضى) القدرة على التفكير التحليلى يهتمون بالتعلم من خلال استراتيجية التدريس المقترحة وينجذبون لها. كما أن عدم الفصل فى عملية التدريس بين الطلاب مرتفعى القدرة والطلاب منخفضى القدرة والجمع بينهما فى مجموعة واحدة، والتدريس دون معرفة بأى الطلاب مرتفع القدرة وأيهم منخفض القدرة ومن ثم معاملتهم جميعًا بالطريقة نفسها ربما أدى إلى عدم وجود تفاعل دال إحصائيًا بين قدرة الطلاب على التفكير التحليلى واستراتيجية التدريس موضع البحث.

وفيما يخص وجود علاقة ارتباطية دالة إحصائياً عند مستوى دلالة *p<0.01* بين تنمية مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء؛ فإن هذه العلاقة الارتباطية تعنى أنه يمكن التنبؤ بمستوى الطلاب فى التواصل بلغة الكيمياء من خلال مستوى معرفتهم بمفاهيم الكيمياء الكمية. وبالعكس يمكن التنبؤ بمستوى معرفتهم بمفاهيم الكيمياء الكمية من خلال قدرتهم على التواصل بلغة الكيمياء؛ أى أنه يمكن القول أن الطلاب الممتلكين معرفة عميقة ومتكاملة لمفاهيم الكيمياء الكمية سيكون لديهم قدرة على التواصل بلغة الكيمياء، وأن الطلاب ذوى القدرة على التواصل بلغة الكيمياء سيكون لديهم معرفة عميقة ومتكاملة وفهما صحيحًا لمفاهيم الكيمياء الكمية، **ويمكن تفسير هذه النتيجة بأنه** لا يوجد انفصال بين مفاهيم الكيمياء الكمية وبين اللغة المستخدمة فى التعبير عنها؛ فتنمية التواصل بلغة الكيمياء يتطلب أن يكون لدى الطلاب

معرفة عميقة ودقيقة ومتكاملة وفهمًا صحيحًا لمفاهيم الكيمياء الكمية والعكس صحيح؛ فتمكن الطلاب من اللغة الكيميائية يُسهم فى تنمية فهم المفاهيم الكيميائية. فضلًا عن الاهتمام عند التدريس بالاستراتيجية القائمة على التمثيلات المتعددة بتنمية كل من مفاهيم الكيمياء الكمية والتواصل بلغة الكيمياء بالقدر نفسه.

توصيات البحث:

فى ضوء ما أسفرت عنه نتائج البحث يُوصى بما يلى:

1-إعادة صياغة أهداف مناهج الكيمياء بالمرحلة الثانوية بحيث يكون تنمية المفاهيم الكيميائية والتواصل بلغة الكيمياء من الأهداف الرئيسة لها.

2-تطوير تعليم الكيمياء بالمرحلة الثانوية بحيث تستخدم استراتيجيات تدريس قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة عند تدريس الكيمياء فى هذه المرحلة.

3-توجيه اهتمام أكثر للطلاب منخفضى القدرة على التفكير التحليلى عند تعلم مفاهيم الكيمياء الكمية والتدريب على التواصل بلغة الكيمياء ليصلوا إلى نفس مستوى زملائهم من الطلاب مرتفعى القدرة.

4-تدريب المعلمين أثناء الخدمة على استخدام استراتيجيات تدريس لتعليم الكيمياء وفق التمثيلات البصرية المتعددة.

5-الاهتمام بتنمية مهارات التفكير التحليلى لدى طلاب المرحلة الثانوية لما لها من تأثير فى تعلم مفاهيم الكيمياء الكمية وفهمها وكذلك التواصل بلغة الكيمياء.

6-أن يشمل تقييم تعلم الطلاب مهارات التواصل بلغة الكيمياء بوصفها من نواتج التعلم الأساسية فى المرحلة الثانوية.

مقترحات البحث:

يُقترح إجراء البحوث التالية بوصفها امتدادًا لهذا البحث:

1-فاعلية استراتيجية قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة فى تنمية الفهم العميق لمفاهيم تركيب المادة وخواصها ومهارات حل المشكلات لدى طلاب المرحلة الإعدادية.

2-فاعلية برنامج تدريبى قائم على التمثيلات البصرية المتعددة فى تنمية القاعدة المعرفية المركزية بالكيمياء والأداء التدريسى لدى معلمى الكيمياء أثناء الخدمة.

3-فاعلية استراتيجية قائمة على التمثيلات البصرية المتعددة فى تنمية مفاهيم الكيمياء الكهربية وخفض القلق المصاحب لتعلم الكيمياء لدى طلاب المرحلة الثانوية.

4-إجراء بحث مماثل فى تدريس مفاهيم علم البيولوجى، أو علم الفيزياء فى المرحلة الثانوية.

المراجع:

حسانين، بدرية، ومحمد، إيمان ، وزكى، حنان. (2022). أثر تصميم تعليمى قائم على نظرية العبء المعرفى باستخدام تكنولوجيا الهولوجرام فى تدريس الكيمياء على تنمية مهارات التفكير التحليلى لدى طلاب الصف الأول الثانوى. *مجلة شباب الباحثين فى العلوم التربوية، 11*، 1-32.

خليل، شرين السيد إبراهيم. (2022). فاعلية استراتيجية البنتاجرام "Pentagram" فى تحصيل مادة الأحياء وتنمية مهارات التفكير التحليلى والتواصل الفعال لدى طلاب المرحلة الثانوية. *مجلة كلية التربية ـ جامعة بورسعيد، 38*، 235 -294.

خليل، عمر، و شحاتة، السيد، ومحمد، أمانى. (2021). مدخل STEM فى تدريس العلوم لتنمية بعض مهارات التفكير التحليلى لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *المجلة التربوية لتعليم الكبار، 3*(1)، 9 -61.

الخياط، ماجد. (2011). *التفكير التحليلى وحل المشكلات الحياتية*. القاهرة: دار الراية للنشر والتوزيع.

سليمان، أسامة ربيع. (2007). *التحليل الإحصائى باستخدام برنامج spss*. القاهرة: الأنجلو المصرية.

سليمان، خليل رضوان خليل. (2009). تصور مقترح لعلاج مشكلات تعلم الكيمياء لطلاب الشهادة العامة فى سلطنة عمان. *مجلة كلية التربية ببورسعيد، العدد السادس*، 140-165.

عثمان، صلاح محمود. (2004). *نحو فلسفة للكيمياء*. الإسكندرية: منشأة المعارف.

عطيفة، حمدى أبو الفتوح. (1996). *منهجية البحث العلمى وتطبيقاتها فى الدراسات التربوية والنفسية*. القاهرة: دار النشر للجامعات.

واصل، محمد مجدى. (2019). أسس الكيمياء التحليلية. القاهرة: دار الفجر للنشر والتوزيع.

وزارة التربية والتعليم. (2016). *الكيمياء للصف الأول الثانوى*، الفصل الدراسى الأول. القاهرة: وزارة التربية والتعليم.

Ainsworth, S. (2014). The multiple representation principle in multimedia learning. New York: Cambridge University Press.

Alkhateeb, M. (2019). Multiple Representations in 8th Grade Mathematics Textbook and the Extent to which Teachers Implement Them. *International Electronic Journal of Mathematics Education.14* (1), 137-145.

Allen, E. (2015). *Picture this: the value of multiple visual representations for student learning of quantum concepts in general chemistry*. Degree of Doctor of Education. Boston University School of Education.

Charuni, S. (2012). Development of constructivist web-based learning environment to enhance analytical thinking. *European Journal of Social Sciences, 33*(4), 216-274.

Chonkaew, P.; Sukhummek, B. & Faikhamtab, C. (2016). Development of analytical thinking ability and attitudes towards science learning of grade-11 students through science technology engineering and mathematics (STEM education) in the study of stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice, 17*, 842—861.

Dangur, V., Avargil, S., Peskin, U. & Judy, Y. (2014). Learning quantum chemistry via a visual-conceptual approach: Students' bidirectional textual and visual understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, 1-28. DOI: 10.1039/C4RP00025K

Deter, K. (2009). *Chemistry you need to know. Research supporting the curriculum.* Retrieved 20/8/2022 from http://kellymdeters. on-rev.com/Kendall-Hunt-Chemistry/Research.pdf

Ding, L. & Reay, N. (2014). Teaching undergraduate introductory physics with an innovative research-based clicker methodology. In: D. Sunal, C. Sunal, E. Wright, C. Mason & D. Zollman (Eds.), *Research in science education: Research-based undergraduate science teaching*, 305–334. Charlotte, NC: Information Age.

Ding, L. & Zhang, H. (2014). Science education study under the international view. Education in Chemistry, 36(7), 3–6.

Distrik, W., Jatmiko, B. & Yuberti, A. (2021).The effects of multiple representations-based learning in improving concept understanding and problem-solving ability. *Journal of Physics: Conference Series, 1796*, 1-21.

Eilam, B. (2013). *Possible constraints of visualization in biology: challenges in learning with multiple representations*. Netherlands: Springer.

Evagorou, M., Erduran, S. & Mäntylä, T. (2015).The role of visual representations in scientific practices: from conceptual understanding and knowledge generation to 'seeing' how science works. *International Journal of STEM Education, 2*(11), 1-13.

Evan, K. L., Karabinos, M., Leinhardt, G. & Yaron, G. (2004). Chemistry in the field and the classroom: A cognitive disconnect. *Journal of Chemical Education, 83*(4), 655-661.

Fiorella, L. & Mayer, R. (2015). Eight ways to promote generative learning. *Educational Psychology Review, 37*, 98-120.

Gilbert, J. & Treagust, D. (2009a). Introduction: Macro, submicro andsymbolic representations and the relations between them key models in chemical education. In J.K. Gilbert & D.F. Treagust (Eds.), *multiple representations in chemical education,* 1-8. Netherlands: Springer.

Gilbert, J.K. & Treagust, D.F. (2009b). Towards a coherent model for macro, sub micro and symbolic representations in chemical education. In J.K. Gilbert & D.F. Treagust (Eds.), *multiple representations in chemical education,* 333-353. Netherlands: Springer.

Hansen, J. & Richland, L. (2020). Teaching and Learning Science through Multiple Representations: Intuitions and Executive Functions. *Life Sciences Education, 19* (61), 1–15.

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

Ibrahim, D.A. (2011). *Models of chemistry education and the matriculation chemistry course: A Review*. Retrieved 20/8/2021, from https://www. researchgate.net/ publication/ 282853867.

Irwanto, H., Rohaeti, E., Widjajanti, E. & Suyanta, A. (2017). Students' science process skill and analytical thinking ability in chemistry learning. *4th International Conference on Research, Implementation, and Education of Mathematics and Science,* 1-5. Retrieved August 25, 2022 from: https://aip.scitation.org/ doi/abs/10.1063/1.4995100.

Jacob, C. (2001). Analysis and synthesis, Interdependent operations in chemical language and practice. *HYLE: International Journal for Philosophy of Chemistry, 7* (1), 31-50. Retrieved August/ 3/ 2022, from http:// www.hyle.org.

Jensen, W.B. (2005). The origins of the symbols A and Z for atomic weight and number. *Journal of Chemical Education, 82* (12), 1760-1778.

Kamisah, O. & Nur, S. (2013) Conceptual understanding in secondary school chemistry: A discussion of the difficulties Experienced by students. *American Journal of Applied Sciences, 10* (5), 433-441.

Kelly, K. (2010). The language of chemistry: A new challenge for chemistry education. *Chemistry International*, September-October, 1-7.

Lopez, J. &Tancinco, N. (2016). Students' analytical thinking skills and teachers: Instructional practices in selected State Universities and colleges in Region VIII. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 5*(6), 681-697.

Mahaffy, P. (2004). The future shape of chemistry education. *Chemistry Education: Research and Practice, 5*(3), 229-245.

Mahaffy, P. (2006). Moving chemistry education into 3D: A Tetrahedral metaphor for understanding chemistry. *Journal of Chemical Education, 83*(1), 49-54.

Mills, E. (2002). A study of Evaluation of Student's Knowledge about Chemical Reaction. *Journal of Science Education, 2*(1), 44-48.

Montaku, S. (2011). Results of analytical thinking skills training through students in system analysis and design course. *Proceeding of the IETEC, 11 Conference, Kuala Lumpur, Malaysia,* 1-14.

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

National Research Council (NRC). (1996).*The national science education standards.* Washington: D.C., National Academy Press.

National Research Council (NRC). (2006). *Learning to think spatially.* Washington, D.C.: National Academies Press.

Patcharee, C., Boonnak, S. & Chatree, F. (2016). Development of analytical thinking ability and attitudes towards science learning of grade-11students through science technology engineering and mathematics (STEM education) in the study of stoichiometry**,** *Chemistry Education Research and Practice, 17*, 842—861.

Patel, Y. & Dexter, S. (2014). Using multiple representations to build conceptual understanding in science and mathematics. Chesapeake, VA: AACE.

Pentcho, V. (2004).Introducing Logic in Chemical Thermodynamics Courses. *Journal of Science Education, 5*(2), 100-103.

Prastiwi, M. & Laksono, E. (2018). The ability of analytical thinking and chemistry literacy in high school students learning. *Journal of Physics: Conference Series, 1097, The 5th International Conference on Research, Implementation, &*

Education of Mathematics and Sciences, 7–8 May, Yogyakarta, Indonesia

Puchit, p., Sumalee, T. & Ratana, M. (2019). Using Information Retrieval Activities to Foster Analytical Thinking Skills in Higher Education in Thailand: A Case Study of Local Wisdom Education. *Asian, Journal of Education and Training, 5*(1), 80-85.

Rau, M. (2017). Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. *Educational Psychology Review, 29*, 717–761.

Rau, M. (2018). Making connections among multiple visual representations: how do sense-making skills and perceptual fluency relate to learning of chemistry knowledge? Instructional Science, 46, 209–243

Sartika, S. (2017). Teaching models to increase students' analytical thinking skills in science. *Education and Humanities Research (ASSEHR), 1*25 *(1) st International Conference on Intellectuals' Global Responsibility*, 216-219.

Sliwka, H. R. (2003). Reform of chemical language as a model for spelling reform. *Journal of the Simplified Spelling Society,* 32, 24-28. Retrieved August/6/2022, from http://www. spellingsociety.org/ journals/j32/ chemical.hp.

Specter, P. (2003). Students Factor as Correlates of Achievement in Chemistry Education. *Journal of Science Education, 4*(2), 80-82.

Sunyono, M., Yuanita, L. & Ibrahim, M. (2015). Supporting Students in Learning with Multiple Representation to Improve Student Mental Models on Atomic Structure Concepts. Science Education International, 26(2), 104-125.

Taber, K. S. (2005). Learning quanta: Barries to stimulating transitions in student understanding of orbital ideas. *Science Education, 89* (1), 94-116.

Taber, K.S. (2009). Learning at the symbolic level. In J.K. Gilbert & D.F. Treagust (Eds.), *multiple representations in chemical education*, 75-136. Netherlands: Springer.

Taleb, H. & Chadwick, C. (2016). Enhancing student critical and analytical thinking skills at a higher education level ın developing countries: Case study of the British University ın

Dubai. *Journal of Educational and Instructional Studies, 6* (1), 67-77.

Tobin, K. (2006). Why do science teachers teach the way they do and how can they improve practice. In: P.J. Aubusson, A.G. Harrison & S.M. Ritchie. *Metaphor and anology in science education*, 155-164. Netherlands: Springer.

Treagust, D. & Tsui, C. (2013). *Multiple representations in biological education*. Netherlands: Springer.

Walker, S. (2003). *The chemistry problem*. Department of Chemistry, University of Liverpool. Retrieved on 25/7/2022, 2004, Available http://dbwed.liv.ac.uk/1tsppsc/devprojs/ gcsephys.htm.

Woldeamanuel, M., Atagana, H. & Temechegn Engida, T. (2014). What makes chemistry difficult? *AJCE, 4(2),* Special Issue (Part I), 31-43.