جامعة عين شمس
كلية البنات للآداب والعلوم والتربية

وحدة النشر العلمي

مجلة البحث العلمي في التربية

مجلة محكمة ربع سنوية

العدد 7 المجلد 23 2022

مجلة البحث العلمي في التربية (JSRE)

دورية علمية محكمة تصدر عن كلية البنات للآداب والعلوم والتربية - جامعة عين شمس.

الاصدار: ربع سنوية.

اللغة: تنشر المجلة الأبحاث التربوية في المجالات المختلفة باللغة العربية والإنجليزية

مجالات النشر: أصول التربية -المناهج وطرق التدريس -علم النفس وصحة نفسية -تكنولوجيا التعليم -تربية الطفل.

الترقيم الدولي الموحد للطباعة ٢٣٥٦-٨٣٤٨
الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني ٢٣٥٦-٨٣٥٦

التواصل عبر الإيميل
jsre.journal@gmail.com

استقبال الأبحاث عبر الموقع الاكترونى للمجلة
https://jsre.journals.ekb.eg

فهرسة المجلة وتصنيفها
١- الكشاف العربي للاستشهادات المرجعية
The Arabic Citation Index -ARCI
٢- Publons
٣- Index Copernicus International
Indexed in the ICI Journals Master List
٤- دار المنظومة - شمعة

تقييم المجلس الأعلى للجامعات
حصلت المجلة على (٧ درجات) أعلى درجة في تقييم المجلس الأعلى للجامعات قطاع الدراسات التربوية.

رئيس التحرير

أ.د/ أميرة أحمد يوسف سليمان
عميدة كلية البنات للآداب والعلوم والتربية
جامعة عين شمس

نائب رئيس التحرير

أ.د/ حنان محمد الشاعر
وكيلة كلية البنات للدراسات العليا والبحوث
جامعة عين شمس

مدير التحرير

أ.م.د/ أسماء فتحي توفيق
أستاذ علم النفس المساعد بقسم تربية الطفل
كلية البنات - جامعة عين شمس

المحرر الفني

أ.نور الهدي علي أحمد

سكرتير التحرير
نجوى إبراهيم عبد ربه عبد النبى

التمثيلات الكيميائية فى الصف الأول الثانوى فى ضوء معايير العلوم للجيل القادم NGSS: دراسة تقويمية للكتاب المدرسى، وأداءات الاستقصاء، ونواتج التعلم.

د/ نيفين حلمى عبد الحميد الخيال*

المستخلص:

هدفت الدراسة الحالية إلى تعرف واقع التمثيلات الكيميائية بالصف الأول الثانوى فى ضوء معايير العلوم للجيل القادم NGSS؛ بتحليل كتاب الكيمياء المدرسى، وأداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية داخل الفصل الدراسى، وكفاءة التمثيلات الكيميائية لدى الطلاب؛ لقياس نواتج التعلم فى الكيمياء. اتبعت الباحثة كلا المنهجين: المنهج الوصفى التحليلى؛ والمنهج النوعى، وشملت الدراسة: الوحدات الثلاث: (الكيمياء الكمية، والمحاليل والأحماض والقواعد، والكيمياء الحرارية) من كتاب الكيمياء للصف الأول الثانوى، و(٣٢١) طالبًا وطالبة من طلاب الصف الأول الثانوى من (٦) مدارس بمحافظة الإسكندرية بإدارتى: وسط وشرق التعليمية، وجميع معلمو الكيمياء للصف الأول الثانوى فى المدارس الست، وعددهم (١٣) معلم. كما شملت أدوات الدراسة كل من: بطاقة تحليل التمثيلات الكيميائية فى الكتاب المدرسى، وبطاقة ملاحظة أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية، واختبار كفاءة التمثيلات الكيميائية، واستمارتا المقابلات الشخصية. وإجمالًا كشفت نتائج الدراسة عن وجود قصور فى معايير التمثيلات الكيميائية فى الكتاب المدرسى، وانخفاض المتوسط الكلى لأداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية بفصول الصف الأول الثانوى، فضلًا عن إنخفاض مستوى كفاءة التمثيلات الكيميائية لدى الطلاب. وخلصت الدراسة إلى تقديم رؤية مقترحة؛ لتحسين واقع التمثيلات الكيميائية، كما طُرحت عدة توصيات، ومقترحات ببعض الدراسات ذات الصلة.

الكلمات المفتاحية: التمثيلات الكيميائية، معايير العلوم للجيل القادم، الكتاب المدرسى، أداءات الاستقصاء، نواتج التعلم، الكفاءة التمثيلية.

مقدمة:

أُشير – وخاصة فى الآونة الأخيرة – إلى ضرورة وأهمية أن تتشكل الفصول الدراسية؛ للتعامل مع الخصائص المعرفية epistemic characteristics للمجالات العلمية، وما تتضمنه من ممارسات أصيلة تجمع - بمصطلحاتها الخاصة – تصورات حول نظرية المعرفة epistemology التي يضعها المجتمع العلمي، وتشكل مجموعة من الالتزامات حول طبيعة المعرفة، وأسسها التي تساعد في تحديد ما يُعد طريقة علمية؛ لتوليد الأفكار الجديدة، والتحقق من صحتها، كما أنها أحد الأبعاد المهمة التى أكدتها جهود الإصلاح المختلفة فى تعليم العلوم.

* قسم المناهج وطرق التدريس، كلية التربية، جامعة الإسكندرية، جمهورية مصر العربية.
* البريد الإلكتروني: nievenhelmy@yahoo.com
nevien.helmy@alexu.edu.eg

تاريخ إستلام البحث : ٢٥/ ٧ / ٢٠٢٢ تاريخ قبول البحث : ٢٢ / ٨ / ٢٠٢٢

وصيغ – مؤخرًا - فى إطار عمل تعليم العلوم لمرحلة التعليم قبل الجامعى A Framework for K-12 Science Education مخطط، وتصور للممارسات العلمية، متضمن – فى طياته – ثلاثة مجالات من النشاط؛ هى: الاستقصاء، والتقييم، وتطوير التفسيرات والحلول (National Research Council [NRC], 2012, p. 45)[1]، وقد تُرجمت رؤية الإطار فى وثيقة معايير العلوم للجيل القادم Next Generation Science Standards (NGSS) التى نشرت فى عام ٢٠١٣؛ إلى مجموعة من توقعات الأداء حول ما يجب أن يعرفه الطالب، ويكون قادرًا على أدائه لإظهار كفاءته فى العلوم، وتنمية قدراته على فهم المعرفة العلمية، وتطبيقها بما يتلائم مع طبيعة المجتمع العلمى، وممارساته العلمية؛ ليتمكن – عندئذ – من الاستدلال بصورة علمية؛ ومن ثم يمكن بناء نظام تعليمى قائم على التداخل بين طبيعة العلم، وتعزيز استخدام الممارسات العلمية داخل بيئة الفصل الدراسى (National Science Teachers Association [NSTA], 2011, P. 1; NRC, 2013, p. xv).

وتعد أحد المكونات المهمة والحاسمة فى دمج الممارسات العلمية الرئيسة فى التربية العلمية، هو تعزيز استخدام اللغة الخاصة بالمجال العلمى، والتى تتعلق فى مجال الكيمياء بأشكال اللغة المستخدمة لشرح الظواهر الطبيعية في سياق كيميائى. وتعد التمثيلات العلمية الكيميائية هى عناصر لغة الكيمياء (Mathewson, 2005; Rees et al., 2021)، ويستخدمها الكيميائيون في كل جزء من أجزاء الممارسات الكيميائية المختلفة، فيشارك الكيميائيون فى استخدام أنماط التمثيل المختلفة للتعبير عن أفكارهم العلمية، وممارساتهم، ونماذجهم العقلية، وتطوير فهم أكثر شمولًا للظواهر الكيميائية، وعرض النتائج التى توصلوا إليها، والتواصل داخل المجتمع العلمى، وهو ما قد يعزى إلى طبيعة الكيمياء المجردة، وكذا الاعتماد - فى فهمها - على كل ما هو غير مرئى ولا يمكن المساس به من خلال استخدام التمثيلات المختلفة(Kozma & Russel, 2005, p. 130; (Taber, 2013; Talanquer, 2021) .

وتتضمن لغة الكيمياء ثلاثة مستويات للتمثيلات؛ للتعبير عن الأفكار الكيميائية، ووصف كل عنصر من عناصرها الأساسية؛ هى: *المستوى الماكروسكوبى (الظاهرى)؛* أى: ما يمكن ملاحظته وفق الحس البشرى، ويتضمن الخبرات المباشرة التى تنتجها التجارب المعملية، أو الحياة اليومية، أو من خلال مشاهدة الظواهر الكيميائية من خلال وسائط مختلفة؛ مثل: المحلول، والعنصر، والتفاعل الانعكاسى؛ *والمستوى تحت الميكروسكوبى (الجزيئى/المجهرى)؛* الداعم التفسير النوعى للظواهر الكيميائية، ويشمل بنية وحركة الجسيمات غير القابلة للملاحظة؛ أى: الذرات، والجزيئات، والأيونات، الإلكترونات، والأوربيتالات؛ *والمستوى الرمزى؛* الداعم التفسير الكمى؛ ويشمل: الرموز، والحروف، والأرقام، والعلامات المستخدمة لتمثيل الذرات، والجزيئات والأيونات، والمواد والظواهر الكيميائية، شاملة الصيغ الكيميائية، والمعادلات الكيميائية، وآليات التفاعل، والرسوم البيانية والمعادلات الجبرية، فيما مفاده أن لكل مستوى من مستويات التمثيل الكيميائى لغته المميزة الخاصة، والتى يمكن للكيميائيين الخبراء – فى ضوء تمكنهم منها – استخدامها بكفاءة، وفاعلية (Gkitzia et al., 2011; Gulacar et al., 2014, Luviani et al., 2021; Seo, 2016; Taber, 2013; Talanquer, 2011).

[1] اتبعت الباحثة - فى توثيق مصادر الدراسة – توثيق جمعية علم النفس الأمريكية APA، الإصدار السابع.

وبرغم تباين ما اصطلح عليه من مسميات لهذه المستويات؛ كمستويات التمثيل، والمستويات المفاهيمية، ومستويات التفكير، ومقاييس التحليل؛ فإنه قد أتفق على كونها مستويات رئيسة في الكيمياء، وتعد عمودها الفقرى، وأضحت فكرة أن المعرفة الكيميائية يمكن تمثيلها بثلاث طرق رئيسة (ثلاثية الكيمياء)، نموذجًا فكريًا paradigmatic فى الكيمياء والتربية العلمية؛ فقد خَدمت كقاعدة للأطر النظرية التي توجه البحث في التعليم الكيميائى، وكفكرة مركزية في مشروعات المناهج المختلفة، وواحدة من أقوى الأفكار وأكثرها إنتاجية فى مجال التربية الكيميائية (Gilbert & Treagust, 2009; Johnstone, 1991, 1993, 2000; Liu & Taber, 2016; Sujak & Daniel, 2017; Taber, 2013; Talanquer, 2011).

ويتواءم التركيز على التمثيلات العلمية، مع المناداة بإشراك الطلاب في طبيعة الخطاب العلمي، وهو ما أشار إليه Moje (2008) بأن تطوير الثقافة العلمية الخاصة بالمجال لدى الطلاب، مرهون – من دون شك – بمعرفة المجال، وممارساته، والاعتقاد بأهميته وضرورته، وتوصيله؛ إذ إن التمثيلات مفتاح لنسج الأساس المعرفي للعلم epistemic foundation، والثقافة العلمية؛ فتعمل كأداة معرفية وإبستمولوجية قيّمة لتعلم الكيمياء، وللانخراط في الممارسة العلمية الأصيلة، وتدعم أهميتها عديد من نتائج الأبحاث. فتنسيق المعلومات عبر مستويات متعددة في نظام معقد أمر مهم؛ لتحقيق استيعاب مفاهيمى عميق في مجال الكيمياء (Stieff et al., 2011).

ومن أجل فهم معمق للكيمياء؛ أوضح الباحثون أن الطلاب بحاجة إلى تعلم الكيمياء على مستويات التمثيل المختلفة؛ لفهم الظواهر الماكروسكوبية التي يمكن ملاحظتها بمصطلحات المستوى تحت الميكروسكوبى الذى لا يمكن ملاحظته، ووصفها بلغة رمزية ذات معنى (Tasker, 2014). وقد سلط Taber (٢٠١٣) الضوء على دورها فى الكيمياء، وأنه يجب تعليمها للطلاب؛ لاستخدامها عند التفكير في المفاهيم وتبادل الفهم، وأن المتعلم الناجح يجب أن يطور المستويات المرتبطة بها، وهو ما أكده Al-Balushi and Al- Harthy (2015) بأن فهم الظاهرة الكيميائية يتطلب التأكيد على مستويات التمثيل المختلفة، وأن تعليم الكيمياء يجب أن يشجع الطلاب على تطوير "كفاءة التمثيلات الكيميائية" والتى تشمل عدة جوانب؛ منها: معرفة التمثيلات المختلفة، والقدرة على الترجمة بين المستويات المختلفة، وإنشاء أو اختيار التمثيل المناسب لتقديم الشرح والتنبؤ والتبرير لظاهرة معينة ... إلى غير ذلك؛ أى: القدرة على استخدام مجموعة من التمثيلات الكيميائية اللازمة لإجراء استقصاء كيميائى.

ولتحقيق ذلك كانت هناك بعض المحاولات لفحص، ودمج التمثيلات الكيميائية في تصميم المناهج، ولا سيما مناهج المرحلة الثانوية، بما في ذلك الكتب المدرسية، وكتيبات المعامل، ... إلى غير ذلك؛ فالتمثيلات الكيميائية الصحيحة علميًا، وذات الصلة في كتب الكيمياء يمكن أن تساعد الطلاب فى تطوير نماذج عقلية صحيحة للظواهر الكيميائية، وتمكنهم من الترجمة بين مستويات التمثيل المختلفة، والتغلب على الصعوبات التى يواجهونها فى أثناء تعرفهم المفاهيم الكيميائية المجردة، وفهمها (Demirdöğen , 2017; Hrast & Savec, 2017)؛ فضلًا عن أن توافر التمثيلات الكيميائية - بمستوياتها الثلاثة - فى محتوى كتب الكيمياء قد يعزز من فرص تعلم الطلاب للمفاهيم الكيميائية المجردة والظواهر العلمية؛ بوصفها الأسلوب الأنسب لفهم ما يحدث فيها بشكل سليم، لذا تعد الكتب المدرسية

المصممة بعناية الداعمة للتمثيلات مُعينة لفهم الطلاب المفاهيم الصعبة، وتجنب الفهم الخطأ (Khine, 2013).

كما وُضعت توصيات بضرورة أن يولى معلمو الكيمياء اهتمامًا كبيرًا بكيفية تقديم مستويات التمثيل فى عديد من الأبحاث الخاصة بتعليم العلوم (Lewthwaite & Wiebe, 2010; Sande, 2010)، وقد أظهرت عدة دراسات سابقة أنه بدون التدريس المناسب، يفشل الطلاب عادةً في إنتاج روابط مفيدة عبر المستويات التمثيلية؛ فدور المعلم مهمٌ ورئيس فى تعلم الطلاب، ويجب عليه دعم الطلاب في استقصاءات تتضمن مستويات مختلفة من التمثيل والانتقالات بين هذه المستويات؛ إذ تعتمد عملية التعلم - بشكل كبير - على كيفية اختيار المعلمين، ودمجهم، ومناقشتهم - بشكل صريح - للتمثيلات الخارجية للمفاهيم التي لا يمكن رؤيتها (Hilton and Nichols, 2011; Patron et al., 2017; Taber, 2013; Wu and Puntambekar, 2012).

مشكلة الدراسة:

إن ما يشهده النظام التعليمى المصرى حاليًا تُعد محاولات جادة للتطوير فى مراحل التعليم المختلفة، ولا سيما المرحلة الثانوية على مختلف الأصعدة، سواء على مستوى المناهج، أو التدريس، أو منظومة التقويم. وتُدرّس الكيمياء كمجال تخصصى بدءًا من المرحلة الثانوية، بوصفها الأساس العلمى الأكثر عمقًا فى مراحل التعليم العام. وتتضمن الموضوعات الكيميائية فى الكتاب المدرسى عديدًا من المفاهيم المجردة، والتى لا يزال الطلاب يجدون صعوبة فى فهم كثير منها، وكذا فهم الظواهر العلمية المتعلقة بها؛ فيما نتاجه اعتبارها مادة صعبة التعلم (Kelly et al., 2010; Nyachwaya and Gillaspie, 2016; Pavlin, et al., 2019; Upahi and Ramnarain, 2019، أحمد، ٢٠٢٠).

كما أظهرت دراسات أخرى أن طلاب الكيمياء لديهم عديد من المفاهيم الكيميائية الخطأ والبديلة، وأنهم يحفظون المعادلات الكيميائية وحتى حل المشكلات بطريقة حسابية دون وعى منهم بتلك المفاهيم الكيميائية الأساسية (Naah and Sanger, 2012; Nyachwaya et al., 2011; Ramnarain & Joseph, 2012; Santos & Arroio, 2016؛ أحمد وكاظم، ٢٠١٥؛ إسماعيل، ٢٠٢١).

وقد ناقش كل من: Taber (2013); Lansangan et al., (2018) أن أحد أسباب تلك الصعوبات التى يجابهها متعلموا الكيمياء هو ما يطلق عليه "الفكر متعدد المستويات multilevel though؛ فالكيمياء تتضمن مفردات متخصصة، وعمليات، وتمثيلات تنفرد بها عن غيرها من المجالات؛ ويتطلب الفهم المعمق لطبيعتها المجردة، وموضوعاتها مهارات يجب توافرها لدى الطلاب، وغالبًا ما تتضمن هذه المهارات تمثيلات مفاهيمية أعمق تؤدى إلى فهم ناجح لمجال التخصص. فترتبط الأدوات التفسيرية – مثل: التمثيلات الكيميائية - بقوة كأساس للفهم الكيميائى، وضرورية لتعلم الظواهر والمفاهيم الكيميائية؛ لتعزيز تعلم الطلاب، وتعوض حدود طبيعتها المجردة (Sim & Daniel, 2014; Stojanovska et al., 2017)، لذا فقد صارت الكفاءة التمثيلية ضرورية في تعليم الكيمياء، وتعلمها، وينبغى معرفة إلى أى مدى طور الطلاب كفاءاتهم التمثيلية (Jaber & BouJaoude, 2012; Milenkovic et al., 2014).

ومن ثم فإن فحص كفاءة التمثيلات الكيميائية لدى الطلاب يعد وسيلة أساسية في تقييم مدى فهمهم للمجال؛ فأحد الأشياء المهمة التى تقيس مستوى فهم الطالب فى الكيمياء هو إنجازه الأكاديمى في هذه المستويات الثلاثة؛ كمقياس بديل لتقييم نواتج التعلم فى الكيمياء (Prain et al., 2009; Rakhmawan et al., 2019; Slapničar, 2018).

وأشار Hubber et al., (2010) أن تعرف المصادر التمثيلية للطلاب وتطويرها، هو المفتاح لتوفير بيئات تعليمية أفضل، بينما أكد كل من: Kozma and Russell (2005); Stanford (2016) أن توافر مصادر التعلم وسياقات التدريس المناسبة، مؤداه أن يطور الطلاب مهارات تمثيلية متقدمة يمكن دمجها في تفكيرهم حول الممارسات الكيميائية؛ كونهما - مصادر التعلم وسياقات التدريس - عاملين رئيسين مؤثرين فى تطور هذا الإنجاز.

وفى هذا الصدد أوصت دراسة Jaber and BouJaoude (2012) بضرورة أن تراعى - فى تصمم الكتب المدرسية - المعايير الداعمة فهم التمثيلات الكيميائية؛ كخطوة رئيسة نحو مساعدة الطلاب فى التفكير في الظواهر الكيميائية، ومناقشتها فى ضوء تمكنهم منها. كما أشار Taskin et al., (2017) بأن عدم كفاية التمثيلات في كتب الكيمياء يمكن أن يؤدي إلى مزيد من المشكلات المتعلقة باستيعاب المفاهيم الكيميائية المجردة، وإدراكها، واستمرار صعوبات فهم الطلاب للمفاهيم المجردة والظواهر الكيميائية التي لا يمكن رؤية كثير منها بالعين المجردة، وهذا يتفق مع ما أشار إليه Chen et al., (2019) إلى أن عدم توافر التمثيلات في كتب الكيمياء بشكل كافٍ، لا يضمن دعم عملية تعلم الطلاب المفاهيم المجردة بكفاءة.

فالدراسة والتحليل المنهجيين لخصائص التمثيلات الكيميائية في كتب الكيمياء المدرسية، والتأكد من توافرها – بوصفها أداة تعليمية رئيسة فى النظام التعليمى، وأكثر المصادر التعليمية استخدامًا على نطاق موسع - يمكن أن يزودنا بمعلومات تتعلق بالطريقة التي يمكن للطلاب استيعابها؛ لذا أوصى Souza and Porto (2012) بضرورة التوسع فى إجراء تحليل محتوى للكتب المدرسية فيما يتعلق بالسمات النصية والتمثيلات المرئية؛ مما قد يوفر معلومات قيمة لعدد من العوامل المؤثرة فى فهم الطلاب للتمثيلات الكيميائية، وتعلمها، وكذلك فى إجراءات تدريسها.

كما تعد دراسة دور المعلمين، وخصائص أداءاتهم في تعليم الكيمياء، وفى دعم المستويات التمثيلية للكيمياء من العوامل المهمة لفهم النطاق الأوسع للتمثيلات التي قد يتبناها المعلم في الممارسة، والتى تؤثر فى تعلم الطلاب للتمثيلات الكيميائية؛ إلا أنه ثمة ندرة فى الدراسات العلمية ذات الصلة بدور المعلمين فى مساعدة الطلاب فى فهم، المفاهيم والظواهر الكيميائية، واستقصائها؛ فقد ركزت معظم الدراسات على الطلاب دون المعلمين، وقد أكد كل من: Ainsworth and Newton (2014); Ainsworth (2018) وجود فجوة في الدراسات المتعلقة بدور المعلم في التوسط في الطرق التي تُستخدم بها التمثيلات لدعم تعلم الطلاب؛ مما يعنى أهمية دراسة دور المعلمين فى تعليم الكيمياء، وعنايتهم بالمستويات التمثيلية المختلفة.

ومن ثم لما امتازت به التمثيلات الكيميائية من أهمية، وما آل إليه الحال من عدّها معيارًا رئيسًا لتعليم العلوم فى المعايير الدولية ولا سيما معايير NGSS - باعتبارها تمثل الأجندة الحالية للتربية العلمية

- جاءت هذه الدراسة محاولة لتقويم واقع التمثيلات الكيميائية بصورة متكاملة؛ من خلال تحليل كتاب الكيمياء المدرسى، وأداءات الاستقصاء - ذات العلاقة بالتمثيلات الكيميائية - التى يدعمها المعلم داخل الفصل الدراسى، وكفاءة التمثيلات الكيميائية؛ لقياس نواتج التعلم فى الكيمياء لدى الطلاب؛ إذ لم تُقدم – فى حدود اطلاع الباحثة – دراسات عُنيت بواقع التمثيلات الكيميائية، ومن ثم كانت الدراسة؛ لمساعدة القائمين على التطوير فى مراعاة إشكالات التمثيلات التي قد ترد فى الدراسة الحالية، ومعالجتها بعد ذلك فى كافة المستويات التعليمية.

أسئلة الدراسة:

يسعى البحث للاجابة عن السؤال الرئيسى التالى:

ما واقع تعليم التمثيلات الكيميائية فى الصف الأول الثانوى فى ضوء معايير العلوم للجيل القادم NGSS؟

ويتطلب ذلك الإجابة عن الأسئلة الفرعية التالية:

١. ما واقع التمثيلات الكيميائية المتضمنة فى كتاب الكيمياء بالصف الأول الثانوى فى ضوء معايير NGSS؟
٢. ما واقع أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية فى فصول الكيمياء بالصف الأول الثانوى فى ضوء معايير NGSS؟
٣. ما مستوى كفاءة التمثيلات الكيميائية لدى طلاب الصف الأول الثانوى فى ضوء معايير العلوم للجيل القادم NGSS؟
٤. ما الرؤية المقترحة؛ لتحسين واقع التمثيلات الكيميائية فى الصف الأول الثانوى؟

أهداف الدراسة:

هدفت الدراسة إلى:

١. تعرف واقع التمثيلات الكيميائية المتضمنة في كتاب الكيمياء بالصف الأول الثانوى.
٢. تعرف واقع أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية فى فصول الكيمياء بالصف الأول الثانوى.
٣. تعرف مستوى كفاءة التمثيلات الكيميائية لدى طلاب الصف الأول الثانوى.
٤. تقديم رؤية مقترحة؛ لتحسين واقع التمثيلات الكيميائية فى الصف الأول الثانوى.

أهمية الدراسة:

تمثلت أهمية الدراسة فى:

١. مساعدة القائمين على تطوير مناهج الكيمياء على مراعاة إشكالات التمثيلات التي قد ترد في الدراسة، ومعالجتها فى الإصدارات الأحدث لكتب الكيمياء.
٢. تقديم أداة لتحليل التمثيلات الكيميائية يمكن أن تفيد مصممى المناهج، ومطوريها فى مراعاة المعايير المتضمنة عند تصميم الكتب المدرسية، ومواردها المصاحبة.

٣. تقديم أداة ملاحظة أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية التى قد تفيد الباحثين، والموجهين فى عمليات متابعة وتقييم جودة أداء المعلمين داخل فصول الكيمياء.
٤. تقديم اختبار فى كفاءة التمثيلات الكيميائية قد يفيد كلًا من: المعلمين، والطلاب، ومراكز التقييم فى فحص إنجازات الطلاب كبديل لأسئلة التقييم التقليدية.
٥. إفادة المعنيين (مؤلفي كتب الكيمياء، والمعلمين، ومطورى المناهج) من الرؤية المقترحة؛ لتحسين واقع التمثيلات الكيميائية بما تتضمنه من إجراءات، وتوصيات ذات صلة.
٦. توجيه الباحثين إلى أهمية، وضرورة إجراء الدراسات التى تستكشف واقع سياق التعليم المؤثر فى تعلم الطلاب؛ لتعرف المشكلات، وأسبابها، ومن ثم طرح الحلول المناسبة.

حدود الدراسة:

اقتصرت هذه الدراسة على:

١. الوحدات الثلاث: (الكيمياء الكمية، المحاليل والأحماض والقواعد، والكيمياء الحرارية) من كتاب الكيمياء للصف الأول الثانوى (طبعة ٢٠١٨/٢٠١٩م).
٢. مجموعة من (٣٢١) طالبًا وطالبة من طلاب الصف الأول الثانوى، من (٦) مدارس من إدارتى: وسط وشرق التعليمية فى محافظة الإسكندرية، (٣) منها للبنين؛ هى: طارق بن زياد، وشهداء ٢٥ يناير العسكرية، والشهيد خالد كمال عثمان، و(٣) منها للبنات، هى: الرمل، والبحر المتوسط، والفواطم.
٣. جميع معلمو الكيمياء للصف الأول الثانوى فى المدارس الست، والقائمين بالتدريس لمجموعة الطلاب، وبلغ عددهم (١٣) معلم.
٤. فحص كفاءة التمثيلات الكيميائية للطلاب؛ لقياس نواتج التعلم فى الكيمياء.

منهج الدراسة، وأدواتها:

اتبعت الباحثة فى الدراسة الحالية كلا المنهجين: المنهج الوصفى التحليلى، وذلك فى وصف واقع المشكلة، وجمع البيانات المتعلقة بها، وتحليلها، وتفسيرها؛ فضلًا عن استخدام المنهج النوعى باستخدام المقابلات الشخصية. وقد أعدت ـ تحقيقًا لأهداف الدراسة، وطبيعة مشكلتها ـ الأدوات الآتية:

١. **بطاقة تحليل الكتاب المدرسى:** وتضمنت (٤) معايير، وهى: نوع التمثيل، وارتباط التمثيل بالنص، ووظيفية التمثيل، وملامح سطح التمثيل والتسمية التوضيحية.
٢. **بطاقة ملاحظة أداءات الاستقصاء:** تضمنت (٣) محكات للأداء، وهى: نوع التمثيل، توظيف التمثيل، جودة لغة الخطاب العلمى حول التمثيلات.
٣. **اختبار كفاءة التمثيلات الكيميائية**: وتضمن (٣) أبعاد للتمثيلات الكيميائية، وهى: فهم الرموز الكيميائية، وفهم المعنى تحت الميكروسكوبى للمستويين: الماكروسكوبى أو الرمزى، وفهم التحول بين التمثيلات الكيميائية، وتفسيره.
٤. **استمارتا المقابلات الشخصية**: تضمنت استمارة الطلاب (٦) أسئلة حول الاختبار، والتمثيلات الكيميائية، وآرائهم فى عمليتى: التدريس، والتقييم فى الكيمياء، بينما تضمنت استمارة المعلمين (٥) أسئلة، مركزة على أداءات الاستقصاء المرتبطة بالتمثيلات الكيميائية، وأشكال التقييم، والتطوير المهنى.

خطوات الدراسة، وإجراءاتها:

١. مراجعة معايير العلوم للجيل القادم NGSS، والأدبيات، والدراسات السابقة ذات الصلة بالتمثيلات الكيميائية، والإفادة منها فى تصميم أدوات الدراسة (بطاقة تحليل الكتاب المدرسى، وبطاقة ملاحظة أداءات الاستقصاء، واختبار كفاءة التمثيلات الكيميائية).

٢. تحليل التمثيلات الكيميائية المتضمنة فى الوحدات الثلاث (الكيمياء الكمية، والمحاليل والأحماض والقواعد، والكيمياء الحرارية) من كتاب الكيمياء بالصف الأول الثانوى باستخدام بطاقة تحليل التمثيلات الكيميائية.

٣. إجراء ملاحظات أداءات الاستقصاء داخل فصول الكيمياء بالصف الأول الثانوى فى المدارس الست، وتطبيق بطاقة الملاحظة فى كل حصة.

٤. تطبيق اختبار كفاءة التمثيلات الكيميائية على مجموعة الطلاب من الصف الأول الثانوى فى المدارس الست.

٥. إجراء المقابلات الشخصية مع كل من: الطلاب، والمعلمين (مجموعة الدراسة).

٦. تحليل نتائج كل من: الاختبار، وبطاقة ملاحظة أداءات الاستقصاء كميًا؛ لإجراء المعادلات الإحصائية، باستخدام حزمة البرامج الإحصائية للعلوم الاجتماعية فى إصداره (SPSS 25).

٧. تحليل بيانات المقابلات الشخصية نوعيًا؛ بناءً على الإطار المفاهيمي للدراسة وأسئلتها.

٨. التوصل إلى نتائج الدراسة، وتفسيرها، وطرح – فى ضوئها - رؤية مقترحة؛ لتحسين واقع التمثيلات الكيميائية فى الصف الأول الثانوى.

٩. تقديم بعض التوصيات، والمقترحات لدراسات أخرى في ضوء ما خلصت إليه نتائج الدراسة.

مصطلحات الدراسة:

١. التمثيلات الكيميائية:

تُعرّف التمثيلات الكيميائية - إجرائيًا - فى الدراسة الحالية بأنها جميع الصور البصرية، والأشكال، والرسوم التوضيحية، والرسوم البيانية، والرموز والصيغ الكيميائية، والنماذج المرتبطة بها، المتضمنة فى كتاب الكيمياء بالصف الأول الثانوى، أو تستخدم فى أداءات الاستقصاء داخل فصول الكيمياء، والتى تعكس المستويات الثلاث: الماكروسكوبى، أو تحت الميكروسكوبى، أو الرمزى؛ لدعم عملية تعلم الطلاب للمفاهيم والظواهر الكيميائية.

٢. أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية:

وتعرف بأنها مجموعة من الإجراءات التدريسية التى يجريها المعلم داخل فصول الكيمياء بالصف الأول الثانوى والمرتبطة بالتمثيلات الكيميائية، وتقاس إجرائيًا - فى الدراسة الحالية - بالدرجة التى يحصل عليها المعلم فى بطاقة الملاحظة التى تتضمن (٣) محكات للأداء، هى: نوع التمثيل، وتوظيف التمثيل، وجودة لغة الخطاب العلمى حول التمثيلات.

٣. كفاءة التمثيلات الكيميائية:

وتُعرف بتمكن الطلاب من استخدام مجموعة متنوعة من التمثيلات؛ للتفكير فى الظواهر الكيميائية من حيث الكيانات والعمليات المتضمنة، وتقاس إجرائيًا – فى الدراسة الحالية - بالدرجة التى يحصل عليها الطالب فى اختبار كفاءة التمثيلات الكيميائية، الذى يشمل (٣) أبعاد، هى: فهم الرموز الكيميائية، وفهم المعنى تحت الميكروسكوبى للمستويين: الماكروسكوبى أو الرمزى، وفهم التحولات بين التمثيلات الكيميائية، وتفسيره.

الإطار النظرى، والدراسات السابقة

سيُعنى فيما يأتى بعرض مفصل، والتأصيل النظرى لمحاور الدراسة ممثلة فى: معايير العلوم للجيل القادم والتمثيلات الكيميائية، وطبيعة التمثيلات الكيميائية، والتمثيلات الكيميائية فى الكتب المدرسية، وأداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية فى فصول الكيمياء، وكفاءة التمثيلات الكيميائية، وذلك فيما يأتى:

أولًا - معايير العلوم للجيل القادم والتمثيلات الكيميائية:

سلطت المعايير والمبادئ التوجيهية للتربية العلمية والكيميائية - على مستوى العالم - الضوء على أهمية تطوير معرفة الطلاب، وقدراتهم على تعرف الظواهر فى محيطهم، وتعرُف – كذلك – مبررات حدوثها، وتفسيرها، ومن ثم كان هناك تأكيد متزايد لإيجاد فرص متعددة ومتنوعة للطلاب للمشاركة في صنع المعنى وبناء تفسيرات وحجج ومبررات قائمة على النماذج، وقائمة على الأدلة فى سياقات مختلفة.

وقد أسهمت عديد من الجهود والمشروعات المتعلقة بتطوير تعليم العلوم، وتعلمها - وبخاصة الكيمياء - فى تأكيد ذلك بصور متعددة، ففى خمسينيات القرن الماضى كان التأكيد على الاستقصاء كطريقة للتعلم؛ فيتعرف الطلاب أفكار العلماء، وطريقتهم الخاصة فى البحث؛ فضلًا عن توضيح كيف يتطور العلم عبر التاريخ (Chiappetta, 2008, p. 25)، كما ظهر فى نهاية الثمانينيات وبداية تسعينيات القرن الماضى تقريران لإصلاح تعليم العلوم؛ أولهما: مشروع ٢٠٦١: العلم لكل الأمريكيين Project 2061: Science for All Americans، والذى عُنى بالثقافة العلمية Scientific Literacy، وعمل على تقديم مجموعة من التوصيات حول المفاهيم والعادات الذهنية اللازمة لجميع المواطنين فى مجتمع مثقف علميًا، ثم ترجمت أهدافه فى التقرير الثانى للمجلس الوطنى للبحوث National Research council الصادر فى عام ١٩٩٦ بعنوان "المعايير الوطنية لتعليم العلوم National Science Education Standards (NSES)، والذى أولى الاستقصاء فى تعليم العلوم

عناية، معرفًا إياه بأنه: "الطرق المختلفة التى يدرس بها العلماء العالم الطبيعى، واقتراح تفسيرات علمية قائمة على الأدلة المشتقة من عملهم (NRC, 1996, P. 23).

واستمر تعليم العلوم القائم على الاستقصاء نموذجًا سائدًا منذ نشر المعايير الوطنية لتعليم العلوم، بيد أن أن العقود الأخيرة شهدت تطورًا فى تعليم العلوم، وبخاصة فى محتوى العلوم فى مراحل التعليم قبل الجامعى (K-12)؛ مما مثل خطوة داعمة فى تعليم العلوم، وتعلمها، ومحاولة مراجعة وإعادة تنشيط معايير تعليم العلوم؛ حيث شكلت مؤسسة Carnegie فى نيويورك - بالتعاون مع معهد الدراسات المتقدمة Institute for Advanced study - لجنة أصدرت تقريرًا فى عام ٢٠٠٩، داعية فيه إلى ضرورة تطوير مجموعة مشتركة من معايير تعليم العلوم عالية الجودة، وقد تجلت أهداف المشروع فى هدفين رئيسين؛ أولهما: تطوير إطار العمل الخاص بتعليم العلوم من مرحلة رياض الأطفال، وحتى الصف الثانى عشر(A framework for K-12 science education) من خلال المجلس الوطنى للبحوث National Research Council (NRC)؛ وثانيهما: تقديم معايير العلوم للجيل القادم Next Generation Science Standards (NGSS) القائم على إطار العمل (NRC, 2012; 2013).

ويعكس إطار عمل تعليم العلوم فى مرحلة التعليم قبل الجامعى Framework for K-12 A Science Education الأجندة الحالية فى التربية العلمية، والذى يهدف إلى "تنمية العادات العلمية العقلية لدى الطلاب، وتطوير قدرتهم على المشاركة في البحث العلمي، وتعليمهم كيفية التفكير في سياق علمى؛ حيث قدم وصفًا لمحتوى التعلم، والنتائج المتوقعة من الطلاب خلال المراحل الدراسية المختلفة (NRC, 2012, P. 42).

وقد تُرجمت رؤية الإطار فى وثيقة معايير العلوم للجيل القادم Next Generation Science Standards (NGSS) التى نشرت فى عام ٢٠١٣؛ إلى مجموعة من توقعات الأداء حول ما يجب أن يعرفه الطالب، ويكون قادرًا على أدائه (NRC, 2013, P. xv)، وفى هذا الصدد قُدم مصطلح "الممارسات العلمية Science practices" كتوضيح أكثر شمولًا لمواقف تعلم تتلاءم مع طبيعة المعرفة العلمية، وطبيعة التفاعل داخل المجتمع العلمى. وتؤدى الممارسات العلمية - بوصفها بعدًا رئيسًا من معايير تعليم العلوم - وإحدى أبرز الدعائم التى أكدتها جهود الإصلاح – دورًا مهمًا فى إعداد مواطنين ذوى فهم جيد للعلوم، وقادرين على المشاركة الفعالة أو المسؤولة فى عملية صنع القرار القائم على العلم، والإبداع القائم على المعرفة، ولتحقيق ذلك تحول تعليم العلوم من إدراك ما يتوصل إليه العلماء من معرفة علمية إلى ضرورة توفير فرص للطلاب؛ لفهم الكيفية التى تُبنى بها المعرفة العلمية؛ بل والمشاركة فى بنائها؛ أى: التحول نحو الكيفية التى يكتشف – من خلالها– العالم الطبيعى؛ فضلًا عن استخدام الأدلة لتبرير سبب الاقتناع بما لدينا من معرفة علمية؛ فكان التحَّول نحو استخدام المعرفة وتحقيق مشاركة الطلاب فى الممارسات العلمية على السواء (Duschl, 2019, P.1).

وقد شغلت الممارسات العلمية اهتمامًا محوريًا فى ضوء توصيات تلك الجهود؛ إذ أن فهم الطلاب للعلم، وتنمية كفاءاتهم العلمية، يتطلبان – بالضرورة - المشاركة فى الممارسات العلمية (Jiménez-Aleixandre & Crujeiras, 2017, P. 73). وقد أشار Osborne (٢٠١٤) إلى الممارسات العلمية بأنها: مجموعة من العمليات لا تسهم فى تنمية الأفكار الرئيسة للعلم وحدها؛ بل تتعدى ذلك لتنمية فهم الطلاب حول كيف يعمل العلم، والكيفية التى ثبنى بها معرفة علمية موثوقة، وهو ما يُمثل هياكل المعرفة

الإجرائية والإبستمولوجية لممارسة العلم، وعرفها Stroupe (2015) بأنها مجموعة من الأبعاد القابلة للتعلم، وذات قيمة مميزة للعمل التخصصى. وكذلك عرفها كل من:De Moura and Guerra (2016) بأنها: أداءات ذهنية أو بدنية؛ تُقيّم فى ضوء قواعد تُعد جزءًا من الممارسة، كما تتداخل الممارسات العلمية داخل المجتمع العلمى وتتفاعل معًا؛ لتكوين المعنى، ونمو المعرفة العلمية.

وقد أوصت الجمعية الوطنية لمعلمى العلوم NSTA (2016) بأن تدعم الممارسات التعليمية التي تدعم البحث العلمى، بما يتماشى مع معايير الجيل القادم من العلوم؛ لتطوير الفهم الإبستمولوجى للمعرفة العلمية وطبيعة العلم، وأهمها فى هذا السياق الانخراط في الممارسات العلمية التي ترتبط ارتباطًا مباشرًا بتطوير التمثيلات العلمية (NRC, 2012; 2013).

ويتوائم التركيز على التمثيلات العلمية مع التركيز على إشراك الطلاب في طبيعة الخطاب العلمى، ويعد هذا تحديًا فى الكيمياء؛ والتى تتطلب استخدام أنماط متعددة من التمثيلات الكيميائية للتعبير عن ظواهرها المختلفة، وتفسيرها (Talanquer, 2021). ومن ثم يمكن أن تُعزى أهمية تلك الممارسات العلمية إلى حاجة الطلاب إليها؛ ليتمكنوا من التواصل حول الأفكار العلمية، وإتقان التمثيلات المستخدمة في الخطاب العلمى المتخصص كما نصت عليه وثائق معايير تعليم العلوم الحالية؛ بغية تحقيق تعلم ذى معنى.

ثانيًا ـ طبيعة التمثيلات الكيميائية:

أشار Johnstone (1991) إلى أنه يمكن للكيميائيين الخبراء عرض موضوعاتهم - نظرًا لما تمتاز به الكيمياء من طبيعة خاصة - على مستويات ثلاثة من التمثيلات؛ وهى:

- الوصفى والوظيفي: المستوى الذي يتم فيه اختبار الظواهر، وملاحظتها، ووصفها.
- التفسيرى: المستوى الذي يتم فيه شرح الظواهر، وتفسيرها.
- التمثيلي: المستوى الذي تستخدم فيه الرموز والعلامات؛ لتمثيل المفاهيم، والأفكار، وتوصيلها.

ومن خلال سلسلة من الدراسات والمقالات المنشورة لاحقًا بنى Johnstone (1993, 2000) ارتباطًا قويًا بين المستوى "الوصفي والوظيفي" أو ما أُطلق عليه الماكروسكوبى macroscopic، والذى يشير إلى الكيانات والظواهر الملموسة والمرئية في عالمنا، وبين المستويين: "التفسيرى" أو ما أُطلق عليه تحت الميكروسكوبى submicroscopic[1]، والذى يشير إلى النظرية الجسيمية ونماذج المادة والصيغ الهيكلية، و"التمثيلي" أو ما أُطلق عليه الكيمياء الرمزى Symbolic؛ أى اللغة الرمزية للمجال والتى تشمل الرموز الكيميائية، والرياضية، وما بينهما من علاقات، وكذا الرسوم البيانية وآليات التفاعل.

ومن ثم فوفقًا لـ Johnstone (1991)؛ فإن المستوى الماكروسكوبى ملموس، ويصاحب الأشياء الكيميائية التي يمكن ملاحظتها والتي قد تكون - أو لا تكون - جزءًا من الخبرات اليومية، ويمكن ملاحظة

[1] أُشير إلى هذا المستوى في البداية باسم "المستوى الميكروسكوبى microscopic"، ثم عُرف - مؤخراً - باسم "تحت الميكروسكوبى submicroscopic" فى إشارة إلى الكيانات متناهية الصغر (الذرات، والجزيئات)، التى لا يمكن رؤيتها حتى باستخدام المجهر الضوئى.

الظواهر الكيميائية عن طريق التجارب. كما أن المستوى تحت الميكرو حقيقى أيضًا، ولكنه مجرد؛ حيث يشكل المستوى الجسيمى، والذي يمكن استخدامه لوصف ما يتم ملاحظته على المستوى تحت الميكروسكوبى؛ مثل: حركة الإلكترونات، أو الجزيئات، أو الجسيمات، أو الذرات؛ بينما يمكن أن يشير المستوى الرمزى إلى الذرات والجزيئات على المستويين: تحت الميكروسكوبى، والماكروسكوبى.

وبتحليل كتابات Johnstone؛ فإنه قد أشار إلى مستويات الكيمياء الثلاثية بمصطلحات مختلفة؛ مثل: مستويات الفكر (Johnstone, 1991)، والمكونات أو الأنماط (Johnstone, 1993)، وأشكال المادة (Johnston, 2000)، وقد اكتسبت فكرة النموذج الثلاثي أو ما أطلق عليه "الكيمياء الثلاثية" أهميتها لدى معلمى الكيمياء، وأساتذة التربية العلمية، ومفيدة في تسليط الضوء على المكونات الأساسية للمعرفة الكيميائية، كما أدرك عديد من الباحثين الحاجة إلى تحديد المستويات المختلفة التي تُبنى – فى ضوئها - المعرفة الكيميائية، من ثم فإن تنفيذ النموذج الثلاثى - سواء للبحث، أو التعليم - يتطلب تحديدًا واضحًا له والجوانب التي يجب التأكيد عليها، وهو ما سيُعنى بسرده تفصيلًا فيما يأتى:

- *المستوى الماكروسكوبى:*

شملت طبيعة المستوى الماكروسكوبى منظورات أو تفسيرات مختلفة؛ فاتفق بعض الباحثين مع آراء Johnstone بأن المستوى الماكروسكوبى يتضمن - بشكل أساسى - الظواهر الفعلية التي نمر بها في حياتنا اليومية أو في المعمل؛ فهو مستوى ما يمكن ملاحظته، ولمسه، كما يمكن قياسه؛ فضلًا عن قابليته للتكرار؛ فقد أكد Talanquer (2011) أن المستوى الماكروسكوبى هو المستوى الحسي، والذي يمكن رؤيته، أو شمه، أو لمسه، أو الشعور به، واستخدم كل من: Lin et al., (2016) للتعبير عن ذلك المستوى كلمة "macroscale"، مؤكدين تضمنه فقط الظواهر التى يتم اختبارها من خلال الحواس؛ مثل: الكثافة، والقابلية للاشتعال، واللون. وقد يشمل ذلك أيضًا التمثيلات الرسومية للخصائص التي يمكن ملاحظتها (Taber, 2013).

ومع ذلك، يصف آخرون المستوى الماكروسكوبى بأنه تمثيلي بطبيعته، فقد أشار كل من: Gilbert and Treagust (2009) أن تعلم الكيمياء لا يبدأ بالنظر إلى العالم بكل تعقيداته. ويتم تشكيل المستوى الماكروسكوبى من خلال المفاهيم والأفكار المستخدمة لتمثيل خواص المواد؛ حيث يتشكل هذا المستوى - بشكل أساسى - من خلال تلك المفاهيم والأفكار المستخدمة لوصف الخصائص الضخمة bulk للمادة؛ مثل: الأس الهيدروجينى، ودرجة الحرارة، والضغط، والكثافة، والتركيز (Bradley, 2014; Chandrasegaran et al., 2007; Gilbert & Treagust, 2009)، كما شمل المستوى نفسه – فى نظر كل من: Adams and Luft (2018); Johnstone (2000) كلًا من الظواهر الفعلية، وكذا المفاهيم المستخدمة فى وصفها.

ويميز بعض الباحثين؛ مثل: Berg et al., (2019); Dumon and Mzoughi-khadhraoui (2014); Taber (2013) بين الظواهر والمستوى الماكروسكوبى؛ فيشير المستوى الماكروسكوبى – فى نظرهم - إلى تلك الظواهر التي يمر بها الطلاب في فصول الكيمياء والمختبرات، والتي يُنظر إليها على أنها مختلفة عن العالم "الحقيقى" في حياتهم اليومية، فالظواهر التي يتم ملاحظتها مباشرة تسمى المستوى التجريبي؛ بينما يُعاد - على المستوى الماكروسكوبى - تصور الظواهر بما تتضمنه من أفكار

علمية؛ ومن ثم فالمستوى الماكروسكوبي هو ظاهرة يختبرها الطلاب فقط في الفصل والمختبر، ويختلف عن الظواهر الموجودة في الحياة اليومية.

ويمكن استنتاج – فى ضوء ما تقدم – الأهمية التربوية للمعاني المختلفة المنسوبة إلى المستوى الماكروسكوبى في أدبيات التعليم الكيميائى؛ إذ يواجه الطلاب – فى ضوء ما آلت إليه نتائج الدراسات ذات الصلة - مشكلات في بناء الجسور بين الظواهر التي يرونها أو يختبرونها، والأدوات الفكرية المستخدمة في الكيمياء لوصفها أو شرحها (Gabel, 1999). فبرغم من أنه من المفترض أن وصف الظواهر الطبيعية لا يمكن فصله عن التركيبات العقلية التي نستخدمها لفهم ما نلاحظه؛ فإن الطلاب فى حاجة فى تعلمهم الكيمياء إلى أن يكونوا قادرين على ربط الظواهر التي يلاحظونها، ويصفونها باستخدام المفاهيم العلمية.

- *المستوى تحت الميكروسكوبى:*

يستخدم هذا المستوى - الذى يشار إليه أحيانًا باسم "عالم الجسيمات" أو "المستوى الجسيمى للمادة"؛ لشرح وتفسير ظواهر المستوى الماكروسكوبى، ويتكون من كيانات لا يمكن ملاحظتها بالعين المجردة؛ مثل: الجزيء، والذرة، والأيون، والإلكترون، والبنية، والنماذج الجزيئية، ومخططات وحركة الجسيمات (Gilbert & Treagust, 2009; Kern et al., 2010; Talanquer, 2011)، ويعتمد الكيميائيون على مجموعة متنوعة من نماذج المادة؛ لوصف خصائص المواد، والعمليات الكيميائية، والتنبؤ بها، وتمثل هذه النماذج المادة على مقاييس مختلفة، وقد قسم Sana et al. (2018) ; (1998) Jensen فى تحليلهم للبنية المنطقية للكيمياء - مفاهيم هذا البعد إلى ثلاثة مستويات مفاهيمية فرعية؛ هى:

- الولارية molar (المستوى الولارى): ويتضمن المفاهيم والنماذج المستخدمة لوصف وشرح الخصائص الكلية bulk للمواد والعمليات، والتنبؤ بها دون أى إشارة إلى هيكلها تحت الميكروسكوبى.
- الجزيئي molecular: يشير إلى نماذج للمادة تعتمد على توصيف عدد وأنواع الذرات أو الجزيئات أو الأيونات في نظام ما، وتفاعلاتها.
- الكهربى electrical: يركزعلى المكونات تحت الذرية، وخاصة توزيع الإلكترونات وحركاتها.

وأكد Gilbert and Treagust (2009); Meijer et al., (2008)، أيضًا أهمية التعرف على هذا التدرج للنماذج، مع إبراز وجود نماذج على مستوى الميزوسكوب (المتوسط meso) التي تفيد في فهم خصائص عديد من المواد الحديثة، وهذا يكشف عن الطبيعة متعددة الطبقات للمستوى التفسيرى في الكيمياء.

وتتنوع الكلمات المستخدمة من قبل الباحثين فيما يتعلق بهذا المستوى؛ فيتضمن أيضًا مصطلح النموذج. ويقترح بعض الباحثين أن مصطلح النموذج معادل للمستوى تحت الميكروسكوبى؛ فيتم بناء النموذج من كيانات متناهية الصغر؛ مثل: الذرة، والجزيء، والأيون، والإلكترون، ... وما إلى ذلك (Gilbert & Treagust, 2009; Talanquer, 2011)، والتى تستخدم لوصف بنية وتكوين وآلية الأنظمة الكيميائية. فالتفسير على المستوى تحت الميكروسكوبى يجب أن يتم تمثيله (Gkitzia et al., 2011; Lin et al., 2016)، ويمكن أن يكون التمثيل تحت الميكروسكوبى فى شكل نموذج جزيئي ثلاثي الأبعاد أو ثنائي الأبعاد متضمنًا صورة، أو رسومًا متحركة، أو نموذج الكرة والعصا،.... إلى غير ذلك.

كما يضيف بعض الباحثين مصطلحات جديدة لهذا المستوى؛ فعلى سبيل المثال: يضيف Dori and Hameiri (2003)مستوى العملية، والذى يشمل العمليات التي تحدث في التفاعلات الكيميائية؛ فلا يغطي المستوى تحت الميكروسكوبى الجسيمات الموجودة في المادة فقط، ولكن يتضمن العمليات التي تحدث في هذه الجسيمات في مستوى العملية.

لذا فإن التفسيرات تحت الميكروسكوبية للكيمياء هي مجال اهتمام رئيس في تعليم الكيمياء، وتعلمها، وتتطلب قبول المتعلمين وجود - أو على الأقل قبول فرضية - هذه الكيانات النظرية الدقيقة، وتعرف طبيعتها، ومن ثم تعرف كيفية استخدامها كأدوات في بناء التفسيرات.

- *المستوى الرمزى:*

يشمل هذا المستوى الرموز الكيميائية أو الرياضية المستخدمة لتمثيل المفاهيم والأفكار في المجال، فيتضمن الرموز ومعادلات التفاعل، والصيغ والمعالجة الرياضية، والرسوم البيانية، وتظهر كلمة المستوى الرمزي فى مقترح Johnstone (1993) لتحل محل مستوى التمثيل. ومع ذلك لاحظ Talanquer (2011) أن "المستوى الرمزى" قد تم تصوره بشكل مختلف إلى حد ما من قبل عديد من الباحثين، وأنه لا يوجد إجماع على مدى المستوى الرمزي. فيوضح Taber (2009) بأن أهمية المستوى الرمزى تتعلق بالتمثيل والتواصل؛ فمفاهيم الكيمياء - سواء من المجال الماكروسكوبى؛ مثل: "المحلول"، "العنصر"، "التفاعل الانعكاسى"، أو من المجال تحت الميكروسكوبى؛ مثل: "الإلكترون"، "المدار،" الأيون يجب تمثيلها رمزيًا، ويتضمن هذا مفردات محددة يمكن استخدامها للتعبير عن تلك المفاهيم؛ لتسهيل تفكير الفرد والتواصل مع الآخرين. فعلى المستوى الماكروسكوبى يمكن تمثيل الظواهر الكيميائية باستخدام رموز مختلفة بما في ذلك الرسوم والأشكال البيانية والحسابية، والحالات الفيزيائية للمادة، .... إلى غير ذلك، وعلى المستوى تحت الميكروسكوبى يمكن تمثيل الذرات، وآليات التفاعل برموز كيميائية (Gilbert & Treagust, 2009).

وبرغم أن مجال المعرفة الرمزية - في الواقع - لغة للتواصل وتمثيل المفاهيم الكيميائية، وضروري لتعلم الكيمياء الفعال؛ فإنه من الضرورى عدم التفكير في هذا على أنه مستوى منفصل من المعرفة الكيميائية أي عنصر واحد من ثالوث وجودى ontological مكون من ماكروسكوبى - تحت الميكروسكوبى - رمزى كما تصوره Johnestone. فقد ناقش كل من: Stieff (2013); Taber (2009, 2013); Talanquer (2011) أن العلامات والرموز المستخدمة للإشارة إلى مواد معينة قد تكون غامضة إذا كانت تشير إلى المواد نفسها على المستوى الماكروسكوبى، أو إلى الجزيئات والأيونات على المستوى تحت الميكروسكوبى؛ فقد تشير الرموز الدالة على مادة معينة – مثل: الميثان CH_4 - إلى المادة على المستوى الماكروسكوبى أو المستوى تحت الميكروسكوبى. ليس ذلك فحسب، بل يحدث الغموض أيضًا عند استخدام المعادلة الكيميائية؛ فعلى المستوى تحت الميكروسكوبى، يمكن للمعادلة الكيميائية أن توضح العمليات التي تحدث في التفاعلات الكيميائية، مثل الجزيئات الموجودة قبل التفاعل وبعده، بينما على المستوى الماكروسكوبى تمثل المتفاعلات والنواتج.

وهذا مصدر محتمل للارتباك إذا لم يكن المعلم أو الكتاب المدرسي واضحًا حول كيفية استخدام الرمز في سياق معين، ففى معادلة كيميائية، فلا تمثل الرموز المستخدمة فى أى معادلة كيميائية المواد وحدها؛ بل وما بين تلك المواد من عمليات تفاعل، كما تمثل هذه المجموعة من الرموز - على المستوى

الماكروسكوبى - المواد المتفاعلة والنواتج؛ إذ توضح أى المواد المتفاعلة الأكثر تأثيرًا فى تشكيل مواد جديدة؛ بينما تُظهر هذه الرموز - على المستوى تحت الميكروسكوبى - الجزيئات الموجودة قبل التغيير، وبعده، وبأى نسب.

ومن ثم تسمح هذه الرموز بالانتقال بين المستويين: الماكروسكوبى، تحت الميكروسكوبى، وهذا مهم لأن الكيمياء الحديثة تشمل فى كثير من جوانبها تفسير الظواهر التي نلاحظها، ويتم هيكلتها على المستوى الماكروسكوبي - خصائص المواد وتفاعلاتها – بمصطلحات نماذج نظرية لما يحدث للجزيئات، والأيونات، والإلكترونات. ويقترح Taber (2013) أن المستوى الرمزى لا يمكن فصله عن المستويين: الماكروسكوبى، وتحت الميكروسكوبى، بل يعمل كجسر للتنقل بين المستويين فى تفسيراتنا.

كما أشار كل من: Naah and Sanger (2012); Nyachwaya et al. (2011) إلى أن بعض التمثيلات المستخدمة فى الكيمياء - مثل: البنية الجزيئية - برغم توضيحها ملامح النماذج تحت الميكروسكوبية، تشير أيضًا إلى عينات ماكروسكوبية للمواد الممثلة أيضًا. كما يمكن أن يمثل الرسم البيانى فى كتاب الكيمياء ملاحظة على مستوى الماكروسكوبى.

ويمكن فى ضوء ما تقدم استنتاج أهمية هذه التحولات في بناء المخططات التفسيرية التي تجعل من الكيمياء علمًا، لا تاريخًا طبيعيًا يُعنى بفهرسة المواد، وتمييز خصائصها. ومن ثم يمكن استخدام التمثيل الرمزى نفسه للدلالة على أشياء مختلفة؛ وهو ما قد يؤدى - تدريسيًا – إلى احتمال إساءة التفسير؛ فعلى سبيل المثال: في لحظة معينة قد يتحدث المعلم عن الجزيئات، ولكن قد يفسره الطالب على أنها تمثل عينات من المواد؛ ومن ثم يجب توخي الحذر فى أثناء التدريس، وتوضيح ما الذى يشير إليه التمثيل كى لا يسبب سوء فهم لدى الطلاب عن المستوى الذى يشير إليه المعلم (Taber, 2013).

ثالثًا ـ التمثيلات الكيميائية فى الكتب المدرسية.

يعتمد معلمو الكيمياء على الكتب المدرسية كأدوات تعليمية أساسية، ومصدر أساسى للمعلومات حول المفاهيم الكيميائية التي يجب تدريسها، وكيف يتوقع من الطلاب تعلمها، كما أنها تعد مصدرًا رئيسًا لتعلم الطلاب، وتنمية معرفتهم، ومهاراتهم المتعددة (Gkitzia et al., 2011; Lee, 2010; Upahi & Jimoh, 2016)، وتزداد قيمة الكتب المدرسية بمقدار ما يبذل فيها من جهود تطويرية؛ وفق أسس منهجية علمية سليمة.

ويوضح Rau (2017) أنه نظرًا للطبيعة الجوهرية لعلم الكيمياء؛ فإن كتب الكيمياء تستخدم عادة تمثيلات متعددة؛ لتوضيح تلك المفاهيم المستهدفة، حيث تصور التمثيلات جوانب مختلفة منها، وأكد كل من: Nyachwaya and Gillaspie (2016) أن تضمين كتب الكيمياء للتمثيلات بمستوياتها الثلاثة (الماكروسكوبى، وتحت الميكروسكوبى، والرمزي) يؤثر بشكل إيجابي فى قدرة الطلاب على تفسير المفاهيم المجردة والظواهر الكيميائية المتعلقة بها، وأشار كل من:(Upahi and Ramnarain 2019) - فى الصدد نفسه - إلى أن ثمة إجماعًا كبيرًا داخل مجتمع تعليم الكيمياء على ضرورة وأهمية دمج مستويات التمثيلات الكيميائية الثلاثة، وإبرازها في محتوى كتب الكيمياء؛ مما قد يعزز من فرص تعلم

الطلاب للمفاهيم الكيميائية المجردة والظواهر العلمية، بوصفها – مستويات التمثيل - الأسلوب الأنسب لفهم ما يحدث فيها بشكل سليم.

ويعتمد بناء المعنى في تعلم الكيمياء على فهم هذه المستويات (McTigue & Flowers, 2011)، ويشير Mayer (2002, p.60) إلى ذلك استنادًا إلى مبادىء النظرية المعرفية موضحًا أن الإنسان لديه نظام معرفي يتألف من قناتين لتمثيل المعرفة ومعالجتها، وهما: قناة تصويرية بصرية، وأخرى سمعية لفظية؛ فالصور والتمثيلات التصويرية تدخل بصريًا إلى النظام المعرفي، ويمكن معالجتها كتمثيلات في قناة التصوير المرئي، بينما تدخل الكلمات المنطوقة سمعيًا إلى النظام المعرفي، ويمكن معالجتها على أنها تمثيلات لفظية في القناة السمعية اللفظية، ولكل قناة في النظام المعرفي لدى الإنسان قدرة محدودة على الاحتفاظ بالمعرفة ومعالجتها، ومن ثم يحدث التعلم ذو المعنى عندما تحدث معالجات نشطة فى داخل القناتين: التصويرية البصرية، والسمعية اللفظية، بحيث يتم اختيار الكلمات والصور ذات الصلة، وإعادة تنظيمها، ودمجها معًا لتنسجم مع المعرفة السابقة لدى المتعلم، فيحدث التعلم النشط.

ويشير Cook (2011) إلى أن استخدام التمثيلات فى العملية التعليمية يمكن أن يقلل من العبء المعرفى على ذاكرة المتعلم، ومن ثم فإن عملية التعلم القائمة على التمثيلات البصرية تساعد على تنمية معارف المتعلمين، والتى قد لا تتحقق من خلال تعلمهم من التفسيرات اللفظية وحدها دون التمثيلات البصرية المصاحبة لنصوص الكتاب. وبالمثل، يرى Irez (2009) أن تقديم التفسيرات العلمية للطلاب من خلال الكلمات والصور معًا أفضل من تقديمها بالكلمات فقط، مما يؤكد أهمية الجمع بين كل من العناصر البصرية واللفظية في العملية التعليمية؛ لجعلها عملية تعليمية فاعلة.

وتقدم الكتب المدرسية كلًا: من المحتوى النصى، والتمثيل المرئى للطلاب، ويعد جزءًا كبيرًا من التمثيلات الكيميائية بنصوص الكتب المدرسية صورًا، وأشكالًا؛ حيث توفر تمثيلًا مرئيًا لمحتوى النص، ولها أهمية فى جذب انتباه الطالب للمعلومات النصية أكثر، وقدرة على تحويل "آلاف الكلمات" إلى شكل أكثر كفاءة من المعلومات، وتحويل النصوص المعقدة التى يصعب تفسيرها إلى نصوص يسهل فهمها(Furıo-Mas et al., 2005; Gkitzia et al., 2011)، إلا أن مجرد وجود التمثيل في الكتاب المدرسي لا يعني بالضرورة أنه سينقل وييسر فهم المحتوى المقصود ولكي يكون التمثيل في الكتاب المدرسي مفيدًا، يجب أن يكون مناسبًا للناتج المعرفى المتوقع، وأن يتمكن الطلاب من استنتاج المعنى الصحيح المقصود منه؛ ومن ثم يجب على مؤلفي كتب الكيمياء المدرسية أن يدرجوا تلك التمثيلات بصورة تشجع الطلاب على التفكير ككيميائيين أثناء قراءتهم للكتاب المدرسي، وتسهيل تعلمهم للكيمياء، فدراسة متطلباتها في الكتب المدرسية يعد أمرًا مهمًا.

وتوجد عدة محاولات لدمج مستويات التمثيل الثلاثة فى كتب الكيمياء، وتحديد دورها في تعلم الطلاب (Hein, 2012)، كما أن الأبحاث الحديثة أيضًا أظهرت التناول الصريح لهذه التمثيلات يمكن أن يساعد الطلاب على الترجمة والانتقال بين المستويات المختلفة (Schwonke et al., 2009)، وعادة ما يتم ذلك في شكل إضافة نصية تفسيرية صغيرة أو الوسائل التعليمية التصويرية للتمثيلات، وتوجد عديد من التوصيات بمزيد من العمل لاستكشاف المواد التعليمية فيما يتعلق بالسمات النصية والمرئية للتمثيلات.

فتحليل الكتاب المدرسي يكتسب اهتمامًا متزايدًا فى تعليم الكيمياء بشكل عام (على سبيل المثال: Gkitzia et al., 2011; Khaddoor et al., 2017; Upahi & Ramnarain, 2019)، ومن ثم لابد من العناية بتصميم التمثيلات في كتب الكيمياء من صور، وأشكال، ورسوم توضيحية، ورسوم بيانية، أو رموز وصيغ كيميائية ونماذج لكل منهما، وعرضها في تلك الكتب من خلال مستويات التمثيلات الثلاثة، وقد طور Gkitzia et al. (2011) أداة يمكن استخدامها لتحليل أو تقييم أو تصميم تمثيلات كتب الكيمياء متضمنة خمسة معايير أساسية، هى:

- *المعيار الأول: نوع التمثيل:*

يفحص هذا المعيار نوع كل تمثيل مستخدم في كتب الكيمياء، ويتضمن هذا المعيار ست فئات، وهى: تمثيل ماكروسكوبى، وتمثيل تحت ميكروسكوبى، وتمثيل رمزى، وتمثيل مختلط عندما يشتمل التمثيل على خصائص مستوى واحد على الأقل من التمثيلات الكيميائية مع خصائص نوع آخر من التصوير مثل: التشبيه، وتمثيل هجين عندما يتضمن التمثيل خصائص مستويين أو ثلاثة من مستويات التمثيلات الكيميائية بعضها مع الآخر، مكونة تمثيلاً واحداً، وتمثيل متعدد عندما توضح التمثيلات ظاهرة كيميائية على مستويين أو ثلاثة من مستويات التمثيلات الكيميائية، بحيث يتم الجمع بين نوعين أو ثلاثة أنواع من التمثيلات بصورة تكاملية في شكل واحد.

- *المعيار الثاني: تفسير سمات تمثيل الظاهرة:*

يفحص هذا المعيار مدى وضوح سمات التمثيل، ويتضمن هذا المعيار ثلاث فئات من التمثيلات (صريح Explicit، وضمني Implicit، وغامض Ambiguous)؛ حيث يصنف التمثيل على أنه تمثيل صريح عندما تكون سمات التمثيل واضحة، بينما يصنف التمثيل على أنه تمثيل ضمني عندما تكون بعض سمات الظاهرة غير واضحة بحيث لا يكون للتمثيل معنى دقيق فضلًا عن عدم وضوح بالصورة، كما يصنف التمثيل على أنه تمثيل غامض عندما لا يتوافر في التمثيل مؤشرات ذات معنى للظاهرة الكيميائية المستهدفة بالتمثيل.

المعيار الثالث: علاقة التمثيلات بالنص:

يفحص هذا المعيار مدى علاقة محتوى النصوص بالتمثيلات المصاحبة لها في كتب الكيمياء، وما إذا كان هناك ارتباط مباشر بين النص والتمثيل المصاحب له، بحيث يتم الإشارة في النص إلى التمثيل بعبارة يمكن من خلالها إحالة القارئ من النص إلى التمثيل المصاحب؛ كأن يكتب فى النص عبارات؛ مثل: "يُظهر الشكل، يوضح الشكل، ...إلى غير ذلك. ويتضمن هذا المعيار خمس فئات من التمثيلات، هى: تمثيلات ذات صلة كلية ومرتبطة، وتمثيلات ذات صلة كلية وغير مرتبطة، وتمثيلات ذات صلة جزئية ومرتبطة، وتمثيلات ذات صلة جزئية وغير مرتبطة، وتمثيلات ليست ذات صلة.

المعيار الرابع: خصائص التعليق المصاحب للتمثيل:

يفحص هذا المعيار ما إذا كان التعليق المصاحب مناسبًا، أو غير مناسب للتمثيل الكيميائي المستهدف بالنص، أو ليس للتعليق أي وجود في التمثيل، وبناء على ذلك فإن هذا المعيار يتضمن ثلاث

فئات؛ هي: التمثيلات التي تتضمن تعليق مناسب، والتمثيلات التي يوجد بها مشكلة في شرح التعليق، والتمثيلات التي لا يتوافر بها تعليق نهائيًا.

المعيار الخامس: درجة الارتباط بين مكونات التمثيل المشتملة على أكثر من مستوى تمثيلى:

يفحص هذا المعيار مدى وضوح العلاقة بين سمات التمثيل المتضمن أكثر من مستوى من مستويات التمثيل الثلاثة في شكل واحد، بحيث يتم توضيح هذا الارتباط الذي يبرز العلاقة بين تلك المستويات؛ من خلال استخدام أسهم، أو دوائر، أو أي علامة، أو أي مؤشر. ويتضمن هذا المعيار ثلاث فئات؛ هي: مرتبط بشكل كاف، غير مرتبط بشكل كاف، غير مرتبط.

وقد عُنيت عدة دراسات فى مجال تعليم الكيمياء بعملية تحليل التمثيلات الكيميائية الواردة في محتوى كتب الكيمياء، وفحصها من وجهات نظر مختلفة، وتصنيفها بمعايير مختلفة حسب الغرض من كل دراسة. وعند مراجعة الأدبيات التى استقصت التمثيلات في كتب الكيمياء المدرسية سواء في مستوى المدرسة الثانوية أو المستوى الجامعى ظهرت ثلاث فئات يمكن تصنيف هذه الدراسات تحتها؛ الأولى: التمثيلات المستخدمة في كتب الكيمياء، الثانية: التمثيلات المستخدمة في بعض موضوعات الكيمياء، الثالثة التمثيلات المستخدمة في الأسئلة.

فقد عُنيت دراسة Nakiboğlu and Yıldırır (2011) بتحليل أسئلة كتاب الكيمياء في المدرسة الثانوية، وكانت نتائجها أن معظم الأسئلة كانت حسابية بنسبة (63%) وكان هناك عدد أقل من الأسئلة المفاهيمية بنسبة (33%) كما لم تتضمن الأسئلة المفاهيمية التمثيلات في المستوى تحت ميكروسكوبى. وفى دراسة Aydin, Sinha et al., (2014) حُللت التمثيلات في كتب الكيمياء بالمدارس الثانوية فى موضوع التفاعلات الكيميائية، وكانت النتائج أن اشتملت كتب الكيمياء على التمثيل الرمزي أكثر من غيره (47%)، وكانت النسب المئوية للتمثيلات الماكروسكوبية (٣٥٪) والتمثيلات المتعددة (12%).

كما اختار كل من: Nyachwaya and Wood (2014) عددًا من الكتب المدرسية الأكثر شيوعًا وفقًا لعدد النسخ المبيعة في الولايات المتحدة، وقاما بتحليلها من خلال استخدام نموذج التقييم الذي طوره Gkitzia et al. (2011)؛ لتحديد مستوى التمثيلات (الرمزية أو الماكروسكوبية أو التحت ميكروسكوبية) التي تم تقديمها للطلاب. وقد خلصت الدراسة إلى أن عديد من هذه الكتب المدرسية اقتصرت فقط على مناقشة مفاهيم المستوى الرمزى من (81% إلى 100%) من التمثيلات، ولم تتضمن مناقشة حول كيفية ارتباط المعادلات الرياضية بالمستويات الماكروسكوبية أو الميكروسكوبية. علاوة على ذلك، كانت الغالبية العظمى من جميع التمثيلات ذات سمات سطحية واضحة ومرتبطة تمامًا بالنص، كما كانت التسميات التوضيحية لجميع التمثيلات مناسبة للطلاب لفهمها، كما استخدمت تمثيلات متعددة في الأشكال في أقل من ١٪ من الأشكال لجميع الكتب المدرسية.

كما هدفت دراسة Nyachwaya and Gillaspie (2016) إلى فحص التمثيلات في كتب الكيمياء العامة المستخدمة في الولايات المتحدة الأمريكية، ومقدار الحمل المعرفي الذي كان لهذه

التمثيلات على الطلاب. وتشير أبرز النتائج أن معظم التمثيلات خدمت وظيفة التمثيل، بينما الجزء الآخر منها كان بمنزلة تمثيلات شكلية جمالية لا تحقق هدف التمثيل الحقيقي.

كما عنيت دراسة Shehab and BouJaoude (2017) بتحليل التمثيلات المتضمنة في سبعة كتب للكيمياء في المرحلة الثانوية بلبنان، وقد أظهرت نتائج الدراسة أن التمثيلات المتضمنة في كتب الكيمياء؛ قد ركزت على المستوى الماكروسكوبى، مع تسميات ضمنية أو غامضة ووجود إشكالية في التعليق أو عدم وجود تعليق نهائيًا فى معظم التمثيلات الكيميائية؛ أى: أن تفسير السمات السطحية للظواهر الكيميائية متروك للقراء، وثلث التمثيلات فقط ذكرت ميزات السطح صراحة.

وعنيت دراسة Demirdogen (2017) بفحص التمثيلات الكيميائية المعروضة في أربعة كتب للكيمياء في المدارس الثانوية بتركيا، وخلصت نتائجها إلى أن الصور المستخدمة بشكل متكرر كانت على المستويات الماكروسكوبية والرمزية والهجينة، وفيما يتعلق بميزات السطح، كانت التمثيلات صريحة لمحتوى النص مع التسميات التوضيحية المناسبة، كما كانت التمثيلات مرتبطة تمامًا بالنصوص، وكان للتمثيلات المتعددة المحددة في النصوص روابط كافية لمحتوى النص.

كما هدفت دراسة Papageorgiou et al. (2017) إلى تحليل التمثيلات الكيميائية المتعلقة بالمستوى تحت الميكروسكوبى (Submicroscopic level) وعددها (٢٢١) تمثيلاً بصريًا، والمتضمنة في تسعة كتب للكيمياء بالمرحلة الثانوية في اليونان، وقد استخدمت الدراسة أداة تكونت من ستة معايير؛ وهى: نوع التمثيل، وطرق التعبير، والإشارات المستخدمة في التمثيل، والأبعاد، والنص المضمن بالتمثيل، والتعقيد.

بينما هدفت دراسة Chen et al. (2019) إلى الكشف عن كيفية تمثيل كتب الكيمياء للمحتوى المتعلق بـتفاعلات الأكسدة والاختزال في جمهورية الصين الشعبية، وطور الباحثون أداة التحليل باستخدام ثلاثة معايير بفئاتها المتعددة؛ هي: مستوى التمثيل، ودرجة الارتباط بين التمثيلات المتعددة، وعلاقة التمثيل بالنص. وقد كشفت نتائج هذه الدراسة وجود قصور في تضمين كتب الكيمياء للتمثيلات الكيميائية على المستوى تحت الميكروسكوبى؛ حيث ركزت كتب الكيمياء على التمثيلات على المستوى (الماكروسكوبى – الرمزى).

وفى السياق نفسه حلل كل من Upahi and Ramnarain (2019) تمثيلات الظواهر الكيميائية في كتب الكيمياء بجمهورية جنوب إفريقيا، وعددها (٣) كتب، من خلال توظيف أداة تكونت من ثلاثة معايير؛ هي: نوع التمثيل، وعلاقة التمثيل بالنص، وخصائص التعليق. وقد أظهرت نتائج الدراسة هيمنة التمثيلات الكيميائية بالمستوى الرمزي، تلتها التمثيلات بالمستوى تحت الميكروسكوبى.

ومن ثم تلبى الدراسة الحالية نقص الدراسات التي تبحث في التمثيلات المستخدمة في كتب الكيمياء في المدارس الثانوية المصرية.

رابعًا ـ أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية فى فصول الكيمياء:

يعد المعلم المؤثر الأكبر فى نواتج تعلم طلابه؛ لما له من دور بارز فى تغيير النظرة السلبية السائدة نحو تعلم الكيمياء. ولأن التمثيلات الكيميائية تمثل حجر الزاوية فى عملية تدريس المفاهيم والظواهر الكيميائية، يعتمد فهم تلك المفاهيم والظواهر - إلى حد كبير- على جودة تفسير المعلم للمعلومات الواردة فى التمثيل الكيميائى، وتوضيح الروابط بين التمثيلات المختلفة. وهذه العملية تدعمها نظريات التعلم الاجتماعى والثقافى، وبناء على ذلك تعتمد عملية التعلم فى الكيمياء - بشكل كبير- على كيفية اختيار المعلمين ودمجهم للتمثيلات المختلفة (Patron et al., 2017; Rees et al., 2021; Stanford, 2016; Taber, 2013; Wu & Puntambekar, 2012;).

وقد أُجرى عدد قليل من الدراسات التى تستكشف بالفعل هذا الجزء فى بيئة التعلم؛ فقد أجرى كل من: Prain and Waldrip (2006) دراسة حالة استكشافية، وخلصا إلى أن تعلم العلوم يمثل تحديًا تمثيليًا وأن الطلاب يحتاجون إلى مجموعة متنوعة من السياقات التي يطورون فيها فهمهم العلم والتمثيلات العلمية، وشددا على الحاجة إلى تعليم صريح حول الاتفاقيات ووظيفية التمثيلات، وحاجة المعلمين إلى تقديم ممارسة واضحة للتعامل مع التمثيلات، وأوصت دراسة Prain et al., (2009) بأهمية التفاوض بشأن معنى التمثيلات بشكل صريح في بيئة غنية بالتمثيل، كما أشار Hubber et al. (2010) إلى أن المعلمين بحاجة إلى تغيير طريقة تدريسهم إلى نهج تمثيلي قائم على وجهة نظر نشطة للمعرفة والتعلم، لفهم دور التمثيلات في تعلم العلوم، وتوفير بيئة غنية بالتمثيل مع فرص متنوعة للطلاب لتطويرها، وكشف دور التمثيلات في تعلم العلوم لطلابهم.

وفى نفس السياق طور Philipp et al., (2014) بروتوكول التمثيل فى تعليم الكيمياء؛ لتقييم تعليم الكيمياء الفعال باستخدام التمثيلات الكيميائية فى المرحلة الثانوية، وتضمن عدة أبعاد؛ هى: (١) من المستخدمون للتمثيلات (معلم أم طالب)، (٢) دور التمثيلات فى تحسين الاستيعاب المفاهيمى، (٣) جودة الخطاب حول التمثيلات، (٤) درجة دمج التمثيلات الثلاثة فى الدروس.

فى حين صمم Nitz et al., (٢٠١٤) أداة لتحليل التمثيلات العلمية المستخدمة في الفصل الدراسي في المستوى الثانوي من خلال رؤى ووجهات نظر الطلاب، تضمنت الأبعاد: (١) تفسير التمثيلات المرئية، (٢) بناء التمثيل المرئي، (٣) استخدام النصوص العلمية (التمثيلات اللفظية)، (٤) استخدام التمثيلات الرمزية، (٥) عدد المصطلحات المستخدمة في الفصل، (٦) مدى إمكانية البناء الاجتماعي الفعال للمعرفة في الفصل.

وتشترك هذه الدراسات في النتيجة التي تفيد بأن التدريس الصريح حول التمثيلات، وتوفير فرصًا متنوعة لمشاركة الطلاب بنشاط في المهام التمثيلية والربط بين المستويات المتعددة للتمثيلات؛ أمر بالغ الأهمية لتطويرها لدى الطلاب. ومن مجمل نتائج الدراسات التى أجريت لمعالجة الصعوبات التى يواجهها الطلاب في فهم وتفسير التمثيلات الكيميائية، وفي عمل الترجمة بين المستويات المختلفة، وفي تكوينها، طُرحت عدة اقتراحات فيما يتعلق بتدريس التمثيلات فى الكيمياء، وهى: (Ardac & Akaygun, 2005; Kozma & Russell, 2005; Chittleborough & Treagust, 2008):

- تدريس الكيمياء في وقت واحد على المستوى الماكروسكوبى، وتحت الميكروسكوبى، والرمزى، واستخدام تمثيلات متعددة لتصوير الظاهرة نفسها.
- تعليم الطلاب بشكل منهجي العلاقات بين أنواع التمثيلات المختلفة، وكيف يمكن إجراء الترجمة من نوع إلى آخر.
- التأكيد على الروابط والمعادلات بين الأنواع المختلفة من التمثيلات وتوضيحها، وتعليم الطلاب تفسير ومعنى الرموز المستخدمة في التمثيلات الكيميائية.

وتشير هذه المقترحات إلى الحاجة الملحة للتوسع فى التدريس الاستقصائى، وتنفيذ استراتيجيات التعليم والتعلم، الداعمة نشاط الطلاب فى عملية تعلمهم، والمخاطبة قدراتهم على المعالجة المعرفية، وتهيئة بيئة التعلم الموجهة نحو الاستقصاء، والتى توفر فرصًا كبيرة لطرح الأسئلة على مستويات متعددة من التمثيل؛ وربط التمثيلات كأمر رئيس فى تعليم الكيمياء، وتعلمها. ومن ثم يتحول دور المتعلم من مجرد مستقبل ومترجم للتمثيلات، إلى كونه مولدًا لها؛ كجزء مهم من المسعى العلمى الكيميائى (Melville & Bartley, 2010; Minner et al., 2010; Opera & Oguzor, 2011; Stieff, 2013; Taber, 2018).

وقد خلصت عدة دراسات - أمثال: Jaber and BouJaoude (2012); Lin et al. (2016); Milenkovic et al, (2014); Sanchez (2017); Tima and Sutrisno (2018); Yuanita and Ibrahim (2015); Wood (2013) – إلى أن الطرق والاستراتيجيات التدريسية المستخدمة فى مساعدة الطلاب على تصور الكيمياء على المستويين: الماكروسكوبى، والرمزي، هى: طرق التغير المفاهيمي، وعرض التطور التاريخى للنظرية، واستخدام النماذج الملموسة. كما يمنح استخدام الأدوات التكنولوجية التي تدمج التمثيلات المتعددة الطلاب فرصًا لتصور الكيمياء، وإشراكهم في تجارب متعددة الحواس؛ لتعزيز الفهم المفاهيمى؛ فقد استنتج Akaygun and Jones, (2013); Devetak et al., (2010); Kelly et al., (2017); Turkoguz, (2012) أن التصور للمستوى تحت الميكروسكوبى يمكن ان يطور تعلم الطلاب خاصة مع استخدام الوسائط المتعددة؛ كمقاطع الفيديو أو الرسوم المتحركة، والتي يمكن أن تتضمن التمثيل المرئى، واللفظى على التوازى. كما أن استخدام المعامل الافتراضية أعطت نتائج جيدة فى تعلم مستويات التمثيل (Herga et al., 2015; Herga et al., 2016)؛ أى أن التمثيلات الخارجية المتعددة يمكن أن تسهل عملية تعلم الطلاب، ولكنها تتطلب تكاملًا دقيقًا، وعرضًا بصورة تدمج التمثيلات؛ ليكون لها تأثيرًا إيجابيًا على المعالجة المعرفية.

وقد أظهرت نتائج دراسة Nichols et al., (2015) أن الطلاب الذين تلقوا تدريسًا يركز على التفسيرات باستخدام التمثيل (شرط التفسير) حققوا أعلى أداء من حيث الاستيعاب المفاهيمى، وتفسير التمثيل. كما أنه وبالانخراط فى خطاب موسع عبر تمثيلات متعددة مرتبطة، تبين أن الطلاب يكتسبون فهمًا علميًا أفضل للكيانات؛ مما يشير إلى أهمية استخدام التمثيل في توفير الدعم المعرفى لدعم بناء الفهم العلمي. إلا أنه - وفق نتائج عدة دراسات – لا تزال الطرق التقليدية هي الشكل الأكثر شيوعًا فى تدريس الكيمياء؛ ففى دراسة Lewthwaite and Wiebe (2010) تابع الباحثان (٧٤) معلمًا للكيمياء للصفين (١١ و ١٢) فى كندا على مدى أربع سنوات، ووجدا أن تمثيلات الفصل الدراسي تركزت في إشراك الطلاب في إجراء عمليات حسابية أكثر من عمليات عرض الصور المرئية والعروض التوضيحية والمحاكاة.

ووضح Talanque (2011) أن تدريس الكيمياء يركز على المستوى الرمزى أو تحت ميكروسكوبى – الرمزى، ولا يساعد الطلاب في ربط المفاهيم عبر جميع المستويات الثلاثة؛ مما يؤثر سلبًا فى دافعية الطلاب وتحصيلهم للكيمياء، وأكد Dangur et al., (2014) أن التدريس في الكيمياء قد اتخذ تقليديًا نهجًا كميًا، مع القليل من التركيز على الجوانب النوعية للفهم في المجال.

كما أكدت دراسات مثل: Devetak and Glažar (2010); Kelly et al. (2017); Slapničar et al. (2017) أن المفاهيم الكيميائية غالبًا تُمثل على المستوى الرمزي وحده؛ مما يوفر احتمالية كبيرة للطلاب لتكوين المفاهيم الخطأ، وحرمان الطلاب من فرصة رؤية الظواهر الكيميائية على مستويات مختلفة؛ وقدرتهم على الترجمة بينها.

خامسًا ـ كفاءة التمثيلات الكيميائية كناتج للتعلم فى الكيمياء:

يتطلب تعليم الكيمياء من الطلاب التفكير في كيفية فهم العالم المرئى (الماكروسكوبى) من خلال عدسة العالم غير المرئى (تحت الميكروسكوبى). وهذا الانتقال بين المستويات الماكروسكوبية وتحت الميكروسكوبية أمر لا غنى عنه لتطوير فهم هادف للمعرفة الكيميائية، وتعد أحد الأشياء التي تقيس مستوى فهم الطالب في الكيمياء هو الإنجاز في هذه المستويات الثلاثة من التمثيل؛ فينجح الطلاب في حل المشكلات الكيميائية حال تمكنهم من ربط المستويات الثلاثة للمفاهيم الكيميائية في آن واحد وبشكل صحيح (Taber, 2013).

وقد اتفقت عدة دراسات، مثل: Chittleborough and Treagust (2008); Davidowitz and Chittleborough (2009); Naah and Sanger (2012); Nyachwaya et al., (2011); Ramnarain and Joseph (2012) على ما يواجهه الطلاب من صعوبات فى فهم الكيمياء في كل مستوى تمثيلى، وفى الانتقال بسهولة بين المستويات المختلفة، وفى الربط بين المستويات الثلاثة لتمثيل المادة، وبنائهم نماذج ذهنية مجزأة للمفاهيم الكيميائية. الأمر الذى يستدعى ضرورة تطوير الكفاءة التمثيلية لدى الطلاب؛ التى تمكنهم من فهم الكيمياء، فضلًا عن أنها إحدى السمات الرئيسة المتضمنة فى المعنى الأساسى للثقافة العلمية (Yore et al., 2007; Santos & Arroio, 2016).

ويسهم تطوير الكفاءة التمثيلية – فى ضوء ما اطلع عليه من أدبيات ودراسات ذات صلة – فى إشراك الطلاب في الممارسة المعرفية للعلم Epistemic Practice، وإشراكهم - كذلك - في الممارسة المفاهيمية Conceptual Practice، وتُعرف "الممارسة المعرفية للعلم" وفقًا لـ Kelly (2008, p. 99) على أنها الطرق المحددة التى يقترح بها أعضاء المجتمع العلمى المعرفة، ويبررونها، ويقَيمونها ضمن إطار مجال التخصص؛ أى تركز على بناء المعرفة وعملية مراجعتها، إضافة إلى ممارسات الاتصال، التي تشكل مجال العلم وثقافاته. وفى مجال يسمح تمثيل الأفكار العلمية أن يقدم العلماء أدلة داعمة لظواهر قد تكون غير قابلة للملاحظة بطرق مختلفة، وتم الاعتراف بالاستخدام الهادف للتمثيلات كممارسة معرفية قائمة، عند تعزيز فرص التعلم التي تحاكي ممارسات العلماء، والسماح للطلاب بالتعبير عن أفكارهم بطرق تمثيلية مختلفة (Prain & Tytler, 2012 ; Ruivenkamp and Rip, 2010).

بينما تتضمن الممارسة المفاهيمية استخدام التمثيل فى اللغة العلمية؛ مما يسهم فى عملية الاحتفاظ بالمعلومات، وتحسين الأداء فى حل المشكلات، ودعم تكامل المعرفة الجديدة مع السابقة (Roth et al., 1999)، وتوضح نظريات التعلم باستخدام التمثيلات - أن استخدام التمثيلات للتعلم أو كفاءة التمثيل تتطلب من الطلاب في المقام الأول فهم كل تمثيل بمفرده؛ أى: يجب أن يفهم المتعلمون أى أجزاء من المجال يتم تمثيلها، فضلًا عن قدرتهم على ربط التمثيلات ببعضها البعض، وتفسير أوجه التشابه والاختلاف في السمات المقابلة لتمثيلين أو أكثر (Ainsworth, 2006, 2008; Airey and Linder, 2017; Stieff et al., 2011; Eriksson et al., 2014; Jaber & BouJaoude, 2012; Talanquer, 2011; Dori et al., 2014).

وتُعرف الكفاءة التمثيلية - فى ضوء ما أورده Lansangan et al. (2018) - بأنها جملة من المهارات والممارسات التي تسمح للشخص باستخدام مجموعة متنوعة من التمثيلات بشكل انعكاسى، فرديًا كان أو جماعيًا؛ للتفكير والتواصل، والعمل على الظواهر الكيميائية من حيث الكيانات، والعمليات الفيزيائية الإدراكية الأساسية، وتتطور بشكل متبادل؛ ووضح Kozma and Russell (2005, p.131) أنها تتضمن القدرة على: (أ) استخدام التمثيلات لوصف المفاهيم العلمية، (ب) إنشاء و / أو اختيار التمثيل وشرح مدى ملاءمته لغرض معين، (ج) تحديد سمات التمثيلات، ووصفها، وتحليلها، (د) مقارنة التمثيلات المختلفة ومحتوى المعلومات الخاص بها، (هـ) التواصل عبر تمثيلات مختلفة، ووضع خريطة لميزات أحد أنواع التمثيل على تلك الخاصة بنوع آخر، وشرح العلاقة بينهما، (و) إدراك أن التمثيلات تتوافق مع الظواهر ولكنها تختلف عنها، (ز) استخدام التمثيلات في الخطاب لدعم الادعاءات واستخلاص الاستنتاجات، وصوغ التنبؤا، ومن ثم يمكن النظر إلى هذه المستويات على أنها مسار تنموي لكفاءة التمثيل، والأخذ بها فى تطوير الموارد التعليمية، وفى أثناء عملية التدريس ذاتها.

بينما أشار Ainsworth (2006) إلى أن الكفاءة التمثيلية تشمل أن يعرف الطلاب كيف يشفروا التمثيل، ويعرضوا المعلومات، وكيفية اختيار أو إنشاء تمثيل مناسب. كما تضمنت الكفاءة التمثيلية على ربط المفاهيم عبر المستويات: الرمزية، والماكرسكوبية، وتحت الميكروسكوبية، والانتقال بينها، وفهم التحولات بينها، وهو ما يطلق عليه مفهوم "الترجمة". وتعد القدرة على ترجمة المعلومات إحدى الطرق التي يمكن للطلاب من خلالها إظهار فهمهم لموضوع ما؛ إذ إنها - الترجمة – غير مقصورة على إعادة صوغ الحقائق والمعلومات؛ بل إن التعلم يحدث عندما يشارك الطلاب بنشاط في مثل هذه المهمة (الترجمة) عند حاجتهم إلى إنشاء نسختهم الخاصة من التمثيل؛ مما يعزز عملية صنع المعنى لديهم، كما أكد كل من: Yore and Hand (2010, p. 96) أن التحول بين التمثيلات يعزز التعلم ويعمق المعالجة. وتعد العمليات المعرفية للترجمة بين التمثيلات، ودمجها أمرًا بالغ الأهمية للاستيعاب المفاهيمى، وفهم مبادئ المجال العلمى (Seufert & Brunken, 2006).

وقد أظهرت بعض الدراسات السابقة فوائد تطوير الكفاءة التمثيلية كناتج لتعلم الكيمياء، إذ أشارت نتائج دراسة Stieff and McCombs (2006) إلى أن الطلاب الذين يتعلمون استخدام التمثيلات الكيميائية المناسبة علميًا ينتجون مخططات صحيحة من الناحية المفاهيمية للظواهر الكيميائية بصورة أكبر؛ مما يعنى ارتباط الاستيعاب المفاهيمي للظواهر الكيميائية بتطوير الكفاءة التمثيلية.

كما أكدت نتائج دراسة Tytler et al., (2007, p. 804); Taber (2018) أن التطور المفاهيمي للتعلم كان مرتبطًا بشكل أساسي بتطوير أنماط التمثيل، وأظهرت النتائج أن الاستيعاب المفاهيمي كان مرتبطًا بتطوير قدرة الطلاب على الاندماج داخل وعبر أنماط التمثيل المختلفة، وأن تعديل التمثيلات وتنسيقها يمكن أن يلعب دورًا رئيسًا فى معرفة متماسكة للمحتوى العلمى.

ولوحظ نمط مماثل فى دراسة Hand et al. (2009) مع طلاب المدارس الثانوية والتى أظهرت أن القدرة على التنقل بين التمثيلات متعددة الوسائط تشير إلى وجود معرفة مفاهيمية أكثر ثراءً حول المحتوى العلمى.

كما أكد Hubber et al., (2010) أن هناك علاقة متبادلة بين الكفاءة التمثيلية، وبين الاستيعاب المفاهيمى لدى متعلمى الكيمياء. ومن ثم، فإن التطوير الفعال للكفاءة التمثيلية يجب أن يصبح هدفًا رئيسًا محددًا ومشتركًا يجب تضمينه في مناهج الكيمياء فى جميع المراحل التعليمية، فضلًا عن ضرورة دعمه من خلال تدريس الكيمياء باستخدام طرق الاستقصاء الملائمة.

الإجراءات المنهجية للدراسة

وتتناول الإجابة عن أسئلة الدراسة، وذلك فيما يأتى:

أولًا: منهج الدراسة:

اتبعت الباحثة فى الدراسة الحالية كلا المنهجين: المنهج الوصفي التحليلى، وذلك فى وصف واقع المشكلة، وجمع البيانات المتعلقة بها، وتحليلها، وتفسيرها؛ فضلًا عن استخدام المنهج النوعى باستخدام المقابلات الشخصية، وتحليلها بهدف التعمق فى فهم واقع المشكلة، وتفسيره؛ ومن ثم وضع رؤى تسهم فى تحسينه.

ثانيًا: تحديد مجموعة الدراسة:

شملت مجموعة الدراسة الآتى:

١. بالنسبة للكتاب المدرسى: شملت مجموعة الدراسة الوحدات (الكيمياء الكمية، المحاليل والأحماض والقواعد، والكيمياء الحرارية) من كتاب الكيمياء للصف الأول الثانوى (طبعة ٢٠١٨/٢٠١٩م).
٢. بالنسبة للطلاب: تضمنت (٣٢١) طالبًا وطالبة من طلاب الصف الأول الثانوى، ممن تتراوح أعمارهم ما بين (١٦ إلى ١٧) عامًا من (٦) مدارس من إداراتى: شرق، ووسط التعليمية فى محافظة الإسكندرية، (٣) منها للبنين؛ هى: طارق بن زياد، وشهداء ٢٥ يناير العسكرية، والشهيد خالد كمال عثمان، و(٣) منها للبنات، هى: الرمل، والبحر المتوسط، والفواطم.
٣. بالنسبة للمعلمين؛ شملت جميع معلمو الكيمياء للصف الأول الثانوى فى المدارس الست، والقائمين بالتدريس لمجموعة الطلاب، وبلغ عددهم (١٣) معلمًا، وتراوحت أعمارهم ما بين (٤٧) و (٥٨) عامًا، وجميعهم خريجو كلية التربية، ويحمل اثنان منهم درجة الدبلوم الخاص فى التربية، وتراوحت خبراتهم فى تدريس الكيمياء بالمرحلة الثانوية ما بين (٤-٣٦) عامًا.

ثالثًا: بناء أدوات الدراسة:

١. *بطاقة تحليل التمثيلات الكيميائية فى الكتاب المدرسى:*

اتُبعت – فى إعداد بطاقة التحليل – مجموعة من الإجراءات ممثلة فى:

(١) تحديد الهدف من بطاقة التحليل: هدفت البطاقة إلى تعرف واقع التمثيلات الكيميائية المتضمنة فى كتاب الكيمياء المدرسى بالصف الأول الثانوى.

(٢) إعداد الصورة الأولية للبطاقة: بعد الاطلاع معايير العلوم للجيل القادم NGSS، وعلى الدراسات السابقة ذات الصلة بتحليل التمثيلات فى كتب الكيمياء في دول مختلفة من العالم؛ كدراسات: (Chen et al., 2019; Gkitzia et al., 2011; Nyachwaya and Gillaspie, 2016; Papageorgiou et al., 2017; Shehab and BouJaoude, 2017; Upahi and Ramnarain, 2019)، وُضعت البطاقة فى صورتها الأولية، متضمنة (٤) معايير تنسجم مع أهداف هذه الدراسة، هى:

– **نوع التمثيل**: يفحص هذا المعيار نوع كل تمثيل مدرج بالكتاب المدرسى، ويحدد المستوى الذى تركز عليه التمثيلات الكيميائية فى الكتاب المدرسي، ويشمل هذا المعيار (ثلاث) فئات؛ هى:

- *التمثيل المنفرد*: عندما يصور التمثيل ظاهرة كيميائية على مستوى واحد من التمثيلات الكيميائية، إما ماكروسكوبي، وذلك عندما تصور التمثيلات الظواهر التي يمكن الوصول إليها مباشرة بالحس البصري البشري، والمرئيات التي تمثل كائنات ومفاهيم ملموسة ويمكن ملاحظتها ولمسها؛ أو تحت ميكروسكوبى، عندما تصور التمثيلات بنية وحركة الذرات ومشتقاتها، مثل: الأيونات، والجزيئات، والإلكترونات، والبروتونات، والنيوترونات والمدارات، .... وما إلى ذلك، وهى تشكل العالم غير المرئى؛ أو رمزية، وهى الوسيط بين المستويين: الماكروسكوبى وتحت الميكروسكوبى، وتشمل العلامات والرموز والصيغ الكيميائية، والرسوم البيانية.

- *التمثيل الهجين*: عندما يصور التمثيل ظاهرة كيميائية على مستويين من مستويات التمثيل؛ إما ماكروسكوبى وتحت ميكروسكوبى أو ماكروسكوبى ورمزى، أو تحت ميكروسكوبى ورمزى، وكل منهما يكمل الآخر.

- *التمثيل المتعدد*: عندما يصور التمثيل ظاهرة كيميائية في وقت واحد على الثلاثة مستويات.

– **ارتباط التمثيل بالنص**: ويحدد هذا المعيار ما إذا كانت التمثيلات الكيميائية المدرجة في الكتاب المدرسي مرتبطة بشكل كافٍ بالمواد ذات الصلة (المفاهيم، أو المبادئ، أو الظواهر) الواردة في النص. وما إذا كان هناك رابط مباشر بين النص والتمثيل المصاحب له، ويعنى الرابط المباشر: العبارات التي تشير للقارئ إلى التمثيل من النص؛ مثل: كما هو موضح فى الشكل أو الصورة أو انظر النموذج التالى، أو الإشارة الصريحة إلى التمثيل بين قوسين كما يمكن رؤيته في التمثيل،...إلى غير ذلك. ويتضمن هذا المعيار (ثلاث) فئات، هى:

- *مرتبطة كليًا وذات صلة*: إذا كان التمثيل مرتبطًا بمحتوى النص بشكل دقيق، ويشار في النص إلى التمثيل المصاحب باستخدام عبارة مباشرة.
- *مرتبطةً جزئيًا، وغير ذات صلة*: إذا كان التمثيل ليس له علاقة ببعض محتوى النص فلا يمثله بدقة، وقد لا يشار في النص إلى التمثيل المصاحب بأي عبارة.
- *غير مرتبطة وغير ذات صلة*: إذا كانت التمثيلات الواردة لا ترتبط بالظاهرة الكيميائية المشار إليها في النص نهائيًا، أو لا علاقة بينهما.

– **وظيفية التمثيل**: يفحص هذا المعيار ما إذا كان هناك تكامل بين التمثيل والتعليق أو الشرح المصاحب، وما كان مناسبًا أو غير مناسب، وبناء على ذلك فإن هذا المعيار يتضمن (ثلاث) فئات، هي:

- *تفسيرية*: عندما يصاحب التمثيل شرح أو تعليق مفصل؛ يساعد على فهم المفاهيم والأفكار.

- *تنظيمية*: عندما يساعد التمثيل فى تنظيم المعلومات فى النص بصورة مجملة دون تفصيل.

- *ديكورية/ تجميلية*: عندما يكون التمثيل لا صلة له بالمحتوى، ولا يوجد تعليق نهائيًا، ولكنه يساعد فى الاستمتاع بالكتاب المدرسي بجعله أكثر جاذبية.

– **سمات سطح التمثيل**: يفحص هذا المعيار مدى وضوح سمات تمثيل خصائص الظاهرة الكيميائية، وعناصرها، والتى يمكن ذكرها إما في النص أو في البيانات على الرسم أو التسميات التوضيحية الداخلية. ويتضمن هذا المعيار (ثلاث) فئات؛ هى:
- *صريح*: عندما تكون سمات التمثيل واضحة، ومذكور معنى كل منها بوضوح بما فى ذلك السمات الداخلية، وملاءمتها.

- *ضمنى*: عندما تكون بعض سمات الظاهرة غير واضحة أو مذكورة؛ بحيث لا يكون للتمثيل معنى دقيق، وواضح.

- *غامض*: عندما لا تتوافر في التمثيل مؤشرات ذات معنى للظاهرة الكيميائية المستهدفة بالتمثيل، ولا توجد إشارة إلى معنى أى سمة سطحية، ولا تتضمن تسميات توضيحية.

(٣)**صدق بطاقة التحليل:** عُرضت بطاقة تحليل التمثيلات الكيميائية بالكتاب المدرسى على (٤) محكمًا من أساتذة المناهج وطرق تدريس العلوم، وتم تزويدهم بعنوان الدراسة، وأهدافها، وأسئلتها؛ وذلك لمعرفة وجهة نظرهم في مدى مناسبتها، والمعايير التى تضمنتها لاستخدامها في عملية تحليل التمثيلات الكيميائية في كتب الكيمياء بالصف الأول الثانوى، وقد أشار المحكمون إلى مناسبتها أهداف الدراسة، وإجراء بعض التعديلات اللغوية.

(٤)**ثبات بطاقة التحليل:** اتُبعت - للتحقق من ثبات بطاقة التحليل - الإجراءات الآتية:

- تحديد وحدة التحليل: تمثلت وحدة التحليل في جميع الصور البصرية، والأشكال والرسوم التوضيحية، والرسوم البيانية، والرموز والصيغ الكيميائية، والنماذج المتعلقة بالظواهر الكيميائية، ومعادلات التفاعل الكيميائي إذا كانت جزءًا من الصور، أو الأشكال، أو الرسوم التوضيحية، والرسوم البيانية، أما الجداول والمعادلات الكيميائية التي تكون جزءًا من نصوص الكتاب فلا تعد ضمن وحدة التحليل؛ لأنها في هذه الحالة لا تعد تمثيلات بصرية.
- تحديد عدد التمثيلات الكيميائية: حُصرت التمثيلات الكيميائية في كتاب الكيمياء بالصف الأول الثانوى فى (٣) فترات زمنية مختلفة، بفارق زمنى (٣) أسابيع بين كل منها، وقد بلغت نسبة التجانس بينها عبر الزمن (١٠٠%)؛ ومن ثم فإن عدد التمثيلات الكيميائية فى جميع الفترات الزمنية متساوٍ، وبلغ عددها (٦٤) تمثيلات كيميائية. ويوضح الجدول (١) الآتى وحدات الكتاب المشتملة فى التحليل، وعدد صفحاتها، وعدد التمثيلات الكيميائية المتضمنة:

جدول (١): وحدات كتاب الكيمياء المتضمنة فى التحليل، وعدد صفحاتها، وعدد التمثيلات الكيميائية بها:

الوحدة	عدد الصفحات	عدد التمثيلات الكيميائية
الوحدة الأولى: الكيمياء الكمية. • المول والمعادلة الكيميائية. • حساب الصيغة الكيميائية.	٣١	١٣
الوحدة الثانية: المحاليل-الأحماض والقواعد • المحاليل والغرويات. • الأحماض والقواعد.	٤١	٣٤
الوحدة: الكيمياء الحرارية • المحتوى الحرارى. • صور التغير فى المحتوى الحرارى	٢٧	١٧
المجموع	**٩٩**	**٦٤**

- تحديد عينة عشوائية من التمثيلات البصرية بلغ عددها (١٣) تمثيلًا بنسبة (20%) من إجمالى التمثيلات الكيميائية المتضمنة بكتاب الكيمياء للصف الأول الثانوى.
- دعوة مقيّم خارجي واحد (مدرس مساعد، تخصص مناهج وتعليم الكيمياء)، وتزويدها بنسخة من أداة الدراسة وصور لجميع الصفحات للتمثيلات الكيميائية المحددة، كما قُدم لها شرح مبسط بطبيعة أداة التحليل، ومعاييرها، وفئاتها.
- حُسب معامل الثبات باستخدام معادلة(Miles and Huberman 1994)، والذى بلغ نسبة (٨٧%)؛ مما يشير إلى ثبات أداة التحليل، ومناسبة البطاقة للاستخدام وفق الهدف المحدد لها.

(٥)**إعداد الصورة النهائية لبطاقة التحليل**: بعد التحقق من صدق البطاقة، وثباتها، صارت - فى شكلها النهائى - صالحة للتطبيق، متضمنة (٤) معايير، ويتضمن كل معيار منها (٣) فئات.

٢. بطاقة ملاحظة أداءات الاستقصاء:

اتُبعت – فى إعداد بطاقة ملاحظة أداءات الاستقصاء – مجموعة من الإجراءات ممثلة فى:

(١) تحديد الهدف من بطاقة الملاحظة: هدفت البطاقة إلى تعرف واقع أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية فى فصول الكيمياء بالصف الأول الثانوى.

(٢) إعداد الصورة الأولية للبطاقة: بمراجعة وتحليل معايير NGSS، والأدب التربوي، و الدراسات السابقة ذات العلاقة، أعدت الباحثة البطاقة فى صورتها الأولية متضمنة (٣) محكات للأداء؛ هى: نوع التمثيل، توظيف التمثيل، جودة لغة الخطاب العلمى حول التمثيلات.

(٣) تقدير درجات البطاقة: حددت الباحثة ثلاثة مستويات لكل محك؛ لتكون مقاييس التقدير المتدرجة Rubrics (١،٢،٣)؛ لتعبر – على الترتيب - عن مستوى أداء (متميز، مقبول، دون المستوى)، وقد وُصف الأداء فى كل مستوى من المستويات، وأُعطي (ثلاث درجات) للأداء المتميز، (ودرجتين) للأداء المقبول، و(درجة واحدة) للأداء دون المستوى؛ ومن ثم تكون النهاية العظمى للبطاقة (٩) درجات.

(٤) صدق البطاقة: عُرضت البطاقة - فى صورتها الأولية - على (٤) محكمًا من أساتذة المناهج وطرق تدريس العلوم، وقد دلت آراء السادة المحكمين على مناسبة كل أداء البعد الذى يقيسه، ووضوح تعليمات البطاقة، وأُجريت – فى ضوء ما اقتُرح - بعض التعديلات فى الصياغات اللغوية.

(٥) حساب ثبات البطاقة: استخدمت الباحثة طريقة اتفاق الملاحظين لحساب ثبات البطاقة؛ باستخدام معادلة Cooper، وقد لاحظت الباحثة - بالتعاون مع زميلتها - الأداء التدريسى لعدد (٥) من معلمى العلوم، قد بلغ متوسط نسبة الاتفاق لمجمل محاور البطاقة (٨٥%)؛ مما يدل على أن البطاقة تتمتع بدرجة عالية من الثبات، ومن ثم صارت - فى شكلها النهائى - صالحة للتطبيق على مجموعة الدراسة.

(٦) إعداد الصورة النهائية للبطاقة: أُعدت الصورة النهائية لبطاقة ملاحظة أداءات الاستقصاء، متضمنة (٣) محكات للأداء، وهو ما يوضحه تفصيلًا الجدول (2) الآتى:

جدول (2): محكات الأداء، ومقاييس التقدير المتدرجة لبطاقة ملاحظة أداءات الاستقصاء

المحك	مقاييس التقدير المتدرجة		
	١ استقصاء دون المستوى	٢ استقصاء مقبول	٣ استقصاء متميز
نوع التمثيل	يستخدم المعلم نوعًا واحدًا من التمثيل (ماكروسكوبى أو تحت ميكروسكوبى أو الرمزى)؛ لشرح ظاهرة/ مفهوم كيميائى معين.	يوجه المعلم طلابه إلى استخدام أكثر من نوع من التمثيل لوصف المفهوم الكيميائى.	يستخدم الطلاب التمثيلات المختلفة؛ لشرح المفاهيم الكيميائية، ويمكنهم ترجمة تمثيل إلى آخر (على سبيل المثال، ماكروسكوبى إلى رمزي، أو رمزي إلى تحت ميكروسكوبى).
توظيف التمثيل	يعرض المعلم التمثيلات دون توظيف حقيقى، ويعتمد على الشرح اللفظى للظواهر الكيميائية.	يستخدم المعلم التمثيلات بصورة توضيحية؛ لدمج مستوى أو عدة مستويات للتمثيل في الدرس، ويستخدمها الطلاب بصورة محدودة.	يستخدم المعلم التمثيلات بصورة تفسيرية؛ لدمج مستوى أو عدة مستويات للتمثيل في الدرس، ويستخدمها أو يطورها الطلاب بشكل متكرر.
جودة لغة	لا يوجد أى مناقشة مع	يناقش المعلم التمثيل المستخدم،	يشارك المعلم، والطلاب فى

الخطاب العلمى حول التمثيلات	الطلاب حول مستويات التمثيل.	موضحًا سمات للتمثيل وحدودها، وقد يشارك الطلاب فى عملية الوصف بشكل محدود.	مناقشة موسعة حول سمات كل تمثيل، ونطاقه وحدوده.

٣. ***اختبار كفاءة التمثيلات الكيميائية***: اتُبعت - فى عملية إعداد الاختبار - مجموعة من الإجراءات، نسردها فيما يأتى:

(١) تحديد الهدف من الاختبار: هدف الاختبار إلى تعرف مستوى كفاءة التمثيلات الكيميائية لدى طلاب الصف الأول الثانوى.

(٢) صوغ أسئلة الاختبار: بعد الإطلاع على معايير العلوم الجيل القادم NGSS للمرحلة الثانوية، وتحليلها، والدراسات، والأدبيات ذات الصلة بالتمثيلات الكيميائية، فضلًا عن المفاهيم المتضمنة بالوحدات الثلاث (الكيمياء الكمية، والمحاليل والأحماض والقواعد، والكيمياء الحرارية) صيغت فى صورة موضوعية أسئلة الاختبار من نمط الاختيار من متعدد ذى البدائل الأربعة، وعددها (٣١) سؤالًا، وتخاطب الأسئلة (٣) أبعاد لكفاءة التمثيلات الكيميائية، هى:

- *البعد الأول (فهم الرموز الكيميائية)*: ويتضمن هذا البعد تعرف رموز العناصر والمركبات الكيميائية، وكتابة الصيغ، والمعادلات الكيميائية، وموازنتها بشكل صحيح، والقدرة على وصف المتفاعلات، ونواتجها، وشروط التفاعل.

- *البعد الثانى (فهم المعنى تحت الميكروسكوبى للمستويين: الماكروسكوبى أو الرمزى)*: ويتضمن التمكن من فهم المعنى الذى يمثله المستوى الماكروسكوبى أو الرمزى، ووصفه باستخدام مصطلحات تعكس الطبيعة الجسيمية للمادة.

- *البعد الثالث* (فهم التحول بين التمثيلات الكيميائية، وتفسيره): ويتضمن الترجمة بين مستويات التمثيل الثلاثة، والتحول بينها.

وتضمن الاختبار (٣) مهام أدائية يُطلب من الطلاب الإجابة عن متطلباتها المتضمنة، حيث تطلبت المهمة الأولى التحويل من المستوى تحت الميكروسكوبى إلى المستوى الرمزى؛ بينما تطلبت المهمة الثانية التحويل من المستوى الرمزى إلى المستوى تحت الميكروسكوبى؛ فى حين ركزت المهمة الثالثة على التحويل بين المستويات الثلاثة.

(٣) طريقة تصحيح الاختبار: بالنسبة لأسئلة الاختيار من متعدد أُعطيت الإجابة الصواب (درجة واحدة)، والإجابة الخطأ أو المتروكة يُعطى عنها الطالب (صفرًا)، بينما فى المهام الأدائية أُعطيت (درجتان) فى حالة الإجابة الصواب، ومستوفاة لكل متطلبات المهمة، و(درجة واحدة) فى حالة الإجابة غير المكتملة، و(صفر) فى حالة الإجابة الخطأ أو عدم الإجابة. وتم إعداد مفتاح تصحيح الاختبار.

(٤) إعداد الصورة الأولية للاختبار: تكون الاختبار - فى صورته الأولية - من (٣٤) سؤالًا، وصيغت تعليمات الاختبار مع مراعاة الإيجاز، والوضوح؛ بحيث تؤدى إلى فهم الهدف منها.

(٥) صدق الاختبار: تم التحقق من مدى تمثيل أسئلة الاختبار الأهداف المحددة لها؛ عن طريق صدق المحتوى؛ بعرض الصورة الأولية للاختبار على (٤) من السادة المحكمين من أساتذة التربية

العلمية؛ لإبداء الرأى حول: التدقيق العلمى لأسئلة الاختبار، وأسلوب صوغها، وتمثيل كل سؤال الهدف الذى وضعت لقياسه، واقتراح أى تعديلات يرونها مناسبة لضبط الاختبار. وقد أشار السادة المحكمون إلى عدم مناسبة أحد الأسئلة، واقتراح بعض التعديلات فى صوغ بعض الأسئلة، وقد التزمت الباحثة بإجراء التعديلات المقترحة.

(٦) التجربة الاستطلاعية للاختبار فى صورته الأولية:

- طبقت الباحثة الاختبار - فى صورته الأصلية - على مجموعة قوامها (١٠٠) من طلاب الصف الأول الثانوى (غير مجموعة الدراسة الأصلية)؛ لحساب ثبات الاختبار، باستخدام معامل الثبات لألفا كرونباخ، وكانت قيمة معامل الثبات تقريبًا (٧٠%) بعد حذف أحد أسئلة الاختبار؛ مما يعنى أنه على درجة مقبولة من الثبات، ويمكن تطبيقة على مجموعة الدراسة. كما حُسب الاتساق الداخلى للاختبار: عن طريق حساب معاملات الارتباط بين درجة كل سؤال من أسئلة الاختبار، والدرجة الكلية. وقد تراوحت معاملات الارتباط ما بين (٠.٣٧٨ – ٠.٥٩٣) وجميعها دالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (٠.٠١)؛ مما يعنى اتساق أسئلة الاختبار مع درجته الكلية.
- تحديد معاملات السهولة لأسئلة الاختبار: عُد السؤال الذى يزيد معامل سهولته عن (٠.٩) سؤال شديد السهولة، والسؤال التى يقل معامل سهولته عن (٠.١) سؤال شديد الصعوبة، ومن ثم حُذفت (٣) أسئلة يقل معامل سهولتها عن (٠.١).
- تحديد معاملات التمييزية لأسئلة الاختبار: حُسب معامل التمييزية لكل سؤال من أسئلة الاختبار، وقد عُدّ السؤال الذى يقل معامل تمييزه عن (٠.٢) سؤال غير مميز، وقد حُذفت (٣) أسئلة من أسئلة الاختبار؛ لانخفاض تمييزها.
- حساب زمن تطبيق الاختبار: حُسب الزمن المناسب لتطبيق الاختبار بتسجيل الزمن الذى استغرقه كل طالب من طلاب العينة الاستطلاعية فى الإجابة عن الاختبار، ثم حُسب متوسط الأزمنة، فبلغ (٥٠) دقيقة.

(٧) إعداد الصورة النهائية للاختبار: جاء الاختبار - فى صورته النهائية - مكونًا من (٢٦) سؤالًا، منها (٢٣) اختيار من متعدد، و (٣) مهام أدائية. ومن ثم تكون النهاية العظمى للاختبار (٣٢) درجة. ويوضح الجدول (3) توزيع أسئلة الاختبار على مستويات التمثيل الثلاثة:

جدول (3): توزيع أسئلة الاختبار على أبعاد الاختبار الثلاثة:

البعد	أرقام الأسئلة
الأول: فهم الرموز الكيميائية.	١ - ٢ - ٤ - ١٣ - ١٤ - ١٥ - ١٧ - ١٨ - ١٩ – ٢٢
الثانى: فهم المعنى تحت الميكروسكوبى للمستوى الماكروسكوبى أو الرمزى.	٣ - ٥ - ٦ - ٨ - ٩ - ١٢- ٢١ - مهمة (١)، مهمة (٢)
الثالث: فهم وتفسير التحول بين التمثيلات.	٧ - ١٠ - ١١ - ١٦ - ٢٠ - ٢٣ - مهمة (٣)
المجموع	**٢٦ سؤال**

٤. المقابلات الشخصية:

(١)تحديد الهدف من المقابلات الشخصية: تعرف مزيد من المعلومات عن التفاعلات التى تنطوي عليها عمليتا: تعليم الكيمياء، وتعلمها؛ لمزيد من الفهم المعمق، ودعم نتائج تحليل الكتاب المدرسى، وأداءات الاستقصاء، ونواتج التعلم.

(٢) إعداد استمارة المقابلات الشخصية: أعدت الباحثة أسئلة المقابلات الشخصية من نوع المقابلات شبه المقننة، وتضمنت استمارتى مقابلة؛ إحداها موجهة للطلاب، تدور أسئلتها حول الاختبار، وآرائهم فى عمليتى: التدريس، والتقييم فى الكيمياء، وأخرى: موجهة لمعلميهم، ركزت أسئلتها على أداءات الاستقصاء المرتبطة بالتمثيلات الكيميائية في الفصول الدراسية، وأشكال التقييم، والإعداد، والتطوير المهنى.

(٣) صدق الاستمارة: عُرضت استمارتا المقابلة على مجموعة من المتخصصين فى ميدان التربية العلمية؛ لتعرف مناسبتهما، وقد اتفق السادة المحكمون على مناسبة الأسئلة الهدف الذى وُضعت من أجله.

رابعًا: إجراءات التطبيق:

١. حُللت التمثيلات الكيميائية المتضمنة فى الوحدات الثلاث (الكيمياء الكمية، والمحاليل والأحماض والقواعد، والكيمياء الحرارية) من كتاب الكيمياء بالصف الأول الثانوى باستخدام بطاقة تحليل التمثيلات الكيميائية.
٢. أُجريت ملاحظات أداءات الاستقصاء داخل فصول الكيمياء بالصف الأول الثانوى فى المدارس الست خلال أشهر: نوفمبر، ديسمبر، فبراير، مارس من العام الدراسى 2019/ 2020، وهى توقيت تدريس الوحدات الثلاث (الكيمياء الكمية، والمحاليل والأحماض والقواعد، والكيمياء الحرارية) طبقًا لخطة توزيع المنهج المعتمدة من وزارة التربية والتعليم.
٣. طُبقت بطاقة الملاحظة فى كل حصة، وتراوحت عدد الحصص الملاحظة لكل معلم كيمياء ما بين: (٣-٤) حصص، وبلغ إجمالى عدد الحصص الملاحظة (٤٣) ومن ثم كان إجمالى بطاقات الملاحظة التى حُللت (٤٣) بطاقة.
٤. طُبق الاختبار على مجموعة تتكون من (٣٢١) طالبًا وطالبة من طلاب الصف الأول الثانوى من المدارس الست بعد الانتهاء من إجراء ملاحظات الفصل الدراسى؛ وذلك فى شهر مارس ٢٠٢٠.
٥. أُجريت المقابلات الشخصية - بعد إجراء ملاحظات الفصل الدراسى، وتطبيق الاختبار - حيث:
   - أُجريت المقابلات مع (٥) معلمين من معلمى الكيمياء بالمدارس الآتية: الفواطم الثانوية، وطارق بن زياد، وشهداء ٢٥ يناير العسكرية، والشهيد خالد عثمان. وقد استغرقت كل مقابلة ما بين (20 – 40) دقيقة بمتوسط زمنى قدره (٢٥) دقيقة.
   - أجريت المقابلات مع (٣٦) طالبًا وطالبة من طلاب المدارس الست، وقد استغرقت كل مقابلة ما بين (٢٥ - 45) دقيقة بمتوسط زمنى قدره (٣٥) دقيقة.
   - طُرحت أسئلة المقابلة شفاهة، وطُلب الإجابة عنها بصورة شفهية، وسُجلت تسجيلًا صوتيًا – بعد أخذ الموافقة من كل مجموعة - تمهيدًا لتفريغها، وتحليلها.
٦. حُللت نتائج كل من: الاختبار، وبطاقة ملاحظة أداءات الاستقصاء كميًا؛ لإجراء المعادلات الإحصائية، وقد استخدمت الباحثة فى التحليل الإحصائي للبيانات حزمة البرامج الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS 25).
٧. حُللت بيانات المقابلات الشخصية نوعيًا؛ حيث حُللت مجموعة البيانات الخاصة بمقابلات الطلاب والمعلمين، وجميع الردود عليها، واستُخلصت؛ فى ضوء الإطار المفاهيمي للدراسة وأسئلتها؛

بغية دعم نتائج تحليل الكتاب المدرسى، وأداءات الاستقصاء، ونواتج التعلم، وقد عُرضت نتائجها بشكل مدمج مع تفسيرات نتائج أسئلة الدراسة: الثانى، والثالث.

٨. التوصل إلى نتائج الدراسة، وتفسيرها، وتقديم – فى ضوئها - رؤية مقترحة تشمل إجراءات، وتوصيات؛ لتحسين واقع التمثيلات الكيميائية فى الصف الأول الثانوى.

٩. تقديم بعض التوصيات، والمقترحات لدراسات أخرى في ضوء ما خلصت إليه نتائج الدراسة الحالية.

نتائج الدراسة ومناقشتها، وتفسيرها

يتضمن هذا الجزء نتائج الدراسة، وتفسيرها، ومناقشتها؛ فى ضوء الإطار النظرى، وما اطُلع عليه من دراسات وأدبيات ذات صلة، ومن ثم الانتهاء إلى مجموعة من التوصيات، والبحوث المقترحة.

أولًا: إجابة السؤال الأول:

للإجابة عن السؤال الأول للدراسة، ونصه **"ما واقع التمثيلات الكيميائية المتضمنة فى كتاب الكيمياء بالصف الأول الثانوى فى ضوء معايير NGSS؟"** حُسبت التكرارات، والنسب المئوية، ومربع كاى، والمتوسط الوزنى، ونسبة التوافر، وتقدير الإجابة لمعايير التمثيلات الكيميائية المتضمنة فى الوحدات الثلاث: (الكيمياء الكمية، والمحاليل والأحماض والقواعد، والكيمياء الحرارية) فى كتاب الكيمياء للصف الأول الثانوى، وهو ما يوضحه الجدول (4) الآتى:

جدول (4) التكرارات والنسب المئوية لمعايير التمثيلات الكيميائية المتضمنة فى الوحدات الثلاث فى كتاب الكيمياء للصف الأول الثانوى (ن=٦٤)

معايير التحليل، وفئاته	التكرارات	النسبة المئوية %	المتوسط الوزنى	نسبة التوافر %	تقدير الإجابة	كا٢(*) القيمة	كا٢(*) الدلالة	الرتبة
المعيار (١): نوع التمثيل:								
منفرد:								
– ماكروسكوبى.	١٢	18.75%						
– تحت ميكروسكوبى.	٠	0						
– رمزى.	٢٥	39.06%						
➢ هجين:								
– ماكروسكوبى + تحت ميكروسكوبى	٣	4.68%	1.48	49.3%	صغيرة	25.7	0.01	٤
– ماكروسكوبى + رمزى.	٣	4.68%						
– تحت ميكروسكوبى+رمزى.	١٧	26.56%						
➢ متعدد	٤	6.25%						
المعيار (٢): ارتباط التمثيل بالنص:								
➢ مرتبطة كليًا وذات صلة.	33	51.6%	2.48	82.6%	كبيرة	26.6	0.01	١

(*) قيمة "كا٢" الجدولية عند درجات حرية (٢)، ومستوى دلالة (٠.٠٥) = ٥.٩٩.

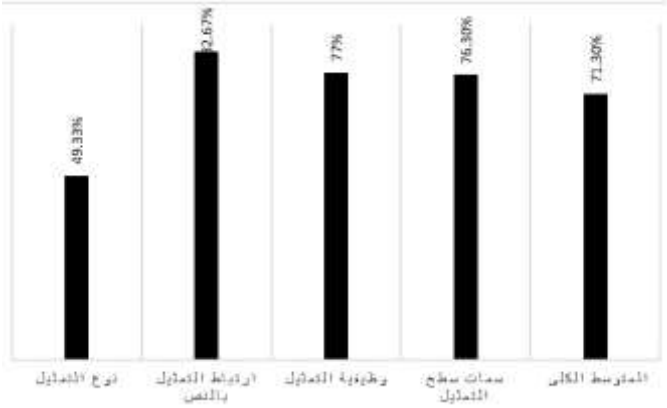
➢ مرتبطة جزئيًا، وغير ذات صلة.	29	45.3%						
➢ غير مرتبطة وغير ذات صلة.	2	3.1%						
المعيار (٣): وظيفية التمثيل:								
➢ تفسيرية.	24	37.5%	٢	0.01	24.5	متوسطة	77%	2.31
➢ تنظيمية.	36	56.3%						
➢ ديكورية.	4	6.3%						
المعيار (٤): سمات سطح التمثيل:								
➢ صريح.	٣٥.٥	55.45%	٣	0.01	14.3	متوسطة	76.3%	2.28
➢ ضمنى.	١١.٥	17.95%						
➢ غامض.	١٧	26.6%						
المتوسط الكلى			**متوسطة**				**71.3%**	**٢.١٣**

يلاحظ من جدول (4) أنه:

وُجد فروق دالة إحصائيًا عند مستويى دلالة (٠.٠٥، ٠.٠١) فى معايير التمثيلات الكيميائية المتضمنة فى الوحدات الثلاث فى كتاب الكيمياء للصف الأول الثانوي؛ حيث:

١. حاز معيار (ارتباط التمثيل بالنص) الرتبة الأولى بين معايير التمثيلات الكيميائية، بمتوسط وزنى بلغ (٢.٤٨)، وبنسبة مئوية بلغت (82.6%)، وبتقدير إجابة (بدرجة كبيرة).
٢. حاز معيار (نوع التمثيل) الرتبة الأخيرة بين معايير التمثيلات الكيميائية، بمتوسط وزنى بلغ (١.٤٨)، وبنسبة مئوية بلغت (49.3%)، وبتقدير إجابة (بدرجة صغيرة).
٣. بلغ المتوسط الوزنى الكلى لمعايير التمثيلات الكيميائية (٢.١٣)، وبنسبة مئوية بلغت (٧١.٣) وبتقدير إجابة (بدرجة متوسطة).

ويوضح الشكل (1) النسب المئوية لمعايير التمثيلات الكيميائية المتضمنة فى الوحدات الثلاث فى كتاب الكيمياء للصف الأول الثانوى.



شكل (1) النسب المئوية لمعايير التمثيلات الكيميائية المتضمنة فى الوحدات الثلاث فى كتاب الكيمياء للصف الأول الثانوى.

وفيما يلى توضيح مفصل لكل معيار من المعايير:

١. **بالنسبة للمعيار الأول "نوع التمثيل"** الذى يخاطب أنواع التمثيلات الكيميائية؛ فقد جاءت التمثيلات المنفردة الأعلى تكرارًا بنسبة (57.8%)، وحاز فيها التمثيل الرمزى المرتبة الأولى فى التكرارات

بنسبة (39.06%)، يليه الماكروسكوبى بنسبة (18.75%) بينما لم يحز التمثيل تحت الميكروسكوبى أى نسبة تذكر، وتوزعت باقى النسب فكان التمثيل الهجين - الذى تعرض من خلاله الظواهر الكيميائية بدمج مستويين من التمثيلات الكيميائية معًا لتصبح تمثيلاً واحدًا – بنسبة (35.92%)، وأعلاها تكرارًا التمثيل الهجين (تحت الميكروسكوبى والرمزى) بنسبة (26.56%) ثم يأتى التمثيل المتعدد المتضمن التمثيلات الثلاثة بنسبة منخفضة لا تتعدى (6.25%).

ومن ثم فقد كان التمثيل الرمزى أكثر التمثيلات الكيميائية توافراً، وهو ما يتفق مع ما توصلت إليه دراسة Nyachwaya and Wood (2014)، والتى أفضت نتائجها إلى أن المستوى الرمزى كان أكثر توافرًا بالتمثيلات الكيميائية دون غيره من المستويات كأساس لفهم ما يحدث فى الظواهر الكيميائية.

ويؤثر هذا التوجه للاهتمام بالرموز الكيميائية والحسابات الرياضية - من خلال التركيز على المستوى الرمزى - فى تعلم الطلاب للمفاهيم والظواهر الكيميائية، وميلهم إلى استخدام الرموز والمعادلات، وهو ما أكدته دراسة Upahi and Ramnarain (2019)، فضلًا عن أنه يثير مخاوف من هيمنة التمثيلات الرمزية، وتقييد المتعلمين من رؤية الظواهر الكيميائية على مستويات تمثيلية مختلفة؛ ونتيجة لذلك، قد يواجه الطلاب صعوبات في تطوير الاستيعاب المفاهيمى للمفاهيم الكيميائية، وقد يتعرضون لزيادة الحمل المعرفى، والدافع المتضائل لتعلم الكيمياء (Dangur et al., 2014; Milenković et al., 2014; Talanquer, 2011)؛ لأن ما يتم تقديمه في الكتب المدرسية هو ما يتم تعلمه؛ باعتبار أن الكتب المدرسية أساسية فى تعليم الكيمياء، وتعلمها لكل من: المعلم، والمتعلم.

بالإضافة إلى ذلك، أشارت النتائج إلى قصور فى التمثيلات تحت الميكروسكوبية فى الكتب المدرسية، برغم الدور الحاسم الذى يلعبه هذا المستوى في مساعدة الطلاب فى تطوير الصور الذهنية للمفاهيم غير الملموسة، وهو ما يتفق مع دراسة كل من:Chen et al., 2019 حيث أظهروا انخفاض فى استخدام المستوى تحت الميكروسكوبى فى التفسيرات الكيميائية. ومن ثم يصبح من المهم أن يولى مؤلفو كتب الكيمياء المدرسية اهتمامًا أكبر بهذا النمط من التمثيل.

كما أشارت النتائج إلى انخفاض فى توافر "التمثيل المتعدد"، والذى يشمل المستويات الثلاثة معًا، أو بالأحرى ارتفاع معدل انتشار المستويات المنفصلة، والتي تعزز المعرفة المجزأة عندما يواجه الطلاب ظواهر كيميائية على مستوى واحد بشكل مستقل عن المستويات الأخرى، فقد أكد Chittleborough and Treagust (2008) أن تصوير نفس الظواهر على مستويات متعددة فى الكتب المدرسية يحمل إمكانية انتقال القراء بين المستويات المختلفة، كما أكد Nyachwaya and Gillaspie (2016) أن الاهتمام بتضمين المستويات الثلاثة معًا؛ يؤثر إيجابًا فى قدرتهم على تفسير الظواهر الكيميائية المرتبطة بالمفاهيم الكيميائية المجردة. وتتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه دراسة Shehab and BouJaoude (2017)، والتي أشارت إلى أن عدد التمثيلات الكيميائية من فئة التمثيل المتعدد فى كتب الكيمياء منخفض للغاية، وربما يعزى ذلك إلى أن تصميم التمثيل المتعدد يتطلب دقة عالية في عملية الدمج لتظهر في شكل واحد، وهو ما أشار إليه Gkitzia et al., (2011)؛ إذ أوصوا بأن يكون مطورو كتب الكيمياء حذرين عند دمج الجوانب الرمزية بالجوانب الماكروسكوبية وتحت الميكروسكوبية، وهو ما يتطلب تخطيطًا دقيقًا لدمج العديد من تلك الجوانب فى تمثيل واحد.

٢. **بالنسبة للمعيار الثانى "ارتباط التمثيل بالنص"** والذى تناول علاقة التمثيلات الكيميائية بالنصوص المصاحبة لها؛ وقد أظهرت النتائج أن هناك علاقة عالية بين التمثيلات والنصوص.

ويتضح من الجدول (٦) أن التمثيلات المرتبطة كليًا، وذات صلة بالنصوص المصاحبة كانت الأعلى تكرارًا بنسبة (51.6%)، يليها التمثيلات المرتبطة جزئيًا بالنصوص المصاحبة، وغير ذات صلة بنسبة (45.3%)، وكانت التمثيلات غير المرتبطة وغير ذات صلة الأقل تكرارًا بنسبة (3.1%).

ويتضح من تلك النتائج أن غالبية التمثيلات الكيميائية كانت ذات صلة ومرتبطة بالنصوص المصاحبة لها، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة Upahi and Ramnarain (2019)، والتي أشارت إلى أن غالبية التمثيلات الكيميائية كانت مرتبطة بالنصوص المصاحبة لها. وربما يعزى ذلك إلى أنه من معايير تصميم الكتب والمواد الدراسية أن ترتبط الصور بمحتوى النصوص بشكل دقيق، وهو ما قد يسهم فى منح الطلاب فرصًا جيدة لتعلم المفاهيم العلمية والظواهر الكيميائية؛ من خلال توجيههم بالربط بين التمثيلات الكيميائية والنصوص المصاحبة لها. وهو ما أكده Chen et al. (2019) بأن التعلم الجيد يحدث عندما تكون التمثيلات الكيميائية مرتبطة بالنصوص المصاحبة لها بصورة دقيقة.

وتكمن أهمية ارتباط النص بالتمثيلات فى عمليتى: الاكتمال، والربط؛ فالطلاب لا يمكنهم إنشاء رابط وتفسير للصورة مع النص بأنفسهم؛ فالتمثيلات غير المرتبطة قد تسبب عبئًا معرفيًا يمكن أن يؤول إلى عدم فهم الطلاب ما يدرسونه. كما قد يجرى الطلاب تفسيرات غير صحيحة للصور غير المرتبطة أو المرتبطة جزئيًا بمحتوى النص Kapici and Acikalin-Savasci (2015)، وأظهرت عدة دراسات أن المتعلمين يستفيدون عندما تكون العلاقات بين المستويات المختلفة واضحة وصريحة ومرتبطة جيدًا بالنص، ومرتبطة – كذلك - بسياقات ذات مغزى للطلاب؛ ففى كتب الكيمياء من الضرورى أن تكون التمثيلات مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بالنص حتى يتمكن الطلاب من فهم الارتباط بينهما بسهولة.

ويجب على مؤلفى كتب الكيمياء المدرسية، التفكير في كيفية جعل الطلاب يفكرون فى الروابط بين المستويات الثلاثة للكيمياء؛ والتى لا يمكنهم استنتاجها بسهولة بأنفسهم، كما أشار Mocerino et al. (2009) إلى أنه يجب إبراز الروابط بين هذه التمثيلات.

٢-بالنسبة للمعيار الثالث "وظيفية التمثيل"، والذى يخاطب وظيفية التمثيلات الكيميائية وتوافر الشرح والتعليق المصاحب لها:

يتضح من خلال الجدول (٦) أن نسبة التمثيلات التى يصاحبها شرح وتعليق مناسب يساعد فى تفسير المفاهيم والظواهر الكيميائية المتوافرة بالنصوص كان بنسبة (37.5%)، بينما كانت للتمثيلات التى لها وظيفة تنظيمية، وليست تفسيرية تحتل النسبة الأكبر بتكرار بنسبة (56.3%)، في حين جاءت التمثيلات التى تعد ديكورية ولا يوجد تعليق مصاحب، ولا صلة لها بالمحتوى تفسيرًا أو توضيحًا بنسبة منخفضة لا تتعدى (6.3%).

وتعد التعليقات المصاحبة للتمثيلات الكيميائية – فى ضوء ما أشار إليه Rau (2017) - ذات أهمية كبرى، ودور حيوي في عملية تعلم المفاهيم والظواهر الكيميائية، وقد يكون أهمية توافرها أكثر تأكيدًا عندما يكون التمثيل ذاته غير مألوف، وصُمم في محاولة لتقريب المعنى للمتعلم، ورفع مستوى

قدراته التخيلية لبعض المفاهيم المجردة. فتتعلق تعليقات الصور في الكتب المدرسية بالشرح الذي تقدمه للتمثيل، والفهم الذي تنقله للقراء.

ويسبب وجود مشكلات في التعليق المصاحب للتمثيل – فى ضوء ما أوردته دراسة (Taskin and Parchman (2017 – زيادة فى تفاقم مشكلة عدم قدرة المتعلم على استيعاب المفاهيم المجردة، والأسوأ من ذلك ألا يتوافر تعليق مصاحب للتمثيل نهائيًا؛ حيث إن ذلك يؤدى إلى زيادة المشكلات المفاهيمية لدى المتعلم؛ فوجود نسبة (٦.٣%) من التمثيلات الكيميائية لا يوجد بها أى تعليق نهائيًا من المرجح أن يضيف عبئًا معرفيًا زائدًا على الطلاب، وقد كانت تلك التمثيلات متضمنة فى بعض التمثيلات الماكروسكوبية التى تشمل أدوات معملية / مختبرية بدون تسميات أو تمثيلات زخرفية أو تمثيلات لا تحتوي على تعليق؛ ولذلك يؤكد Gkitzia et al., (2011) ضرورة رفع مستوى الاهتمام بالتعليقات المصاحبة للتمثيلات والتي تجعل من محتوى ورسالة التمثيلات أكثر وضوحًا للطلاب، وذلك من خلال التعليق والإشارة إلى الأجزاء المهمة للرسوم التوضيحية، والصور المصاحبة للتمثيل.

٣- بالنسبة للمعيار الرابع "سمات سطح التمثيل"، والذى يخاطب توافر بيانات سطح التمثيل والتسمية التوضيحية:

يتضح من خلال الجدول (٦) أن نسبة التمثيلات التى تتوافر بها بيانات سطح التمثيل والتسمية التوضيحية بشكل صريح، وواضح لكل أجزاء التمثيل كانت تمثل تكرارًا مرتفعًا إلى حد ما بنسبة (55.45%)، بينما كانت التمثيلات التى لم تكن تتوافر بها بعض البيانات بوضوح تمثل (17.95%)، في حين جاءت التمثيلات التى لم تكن هناك إشارة لأى معنى من مكونات التمثيل أو ينقصها تسمية توضيحية تمثل (26.6%).

وتتفق هذه النتائج مع دراسة : Nyachwaya and Wood (2014) ؛ حيث كانت الغالبية العظمى من جميع التمثيلات ذات سمات سطحية واضحة، كما كانت التسميات التوضيحية لجميع التمثيلات مناسبة للطلاب لفهمها. إلا أن وجود نسبة من التمثيلات لا تتوافر بها بعض البيانات بوضوح أو ينقصها وجود البيانات والتسميات التوضيحية يثير مشكلة عدم فهمها من قبل الطلاب، وقد أكد كل من: Kapici and Acikalin-Savasci (2015, p. 526); Savec et al., (2016) أن السمات السطحية يجب أن تشرح التمثيل بالكامل؛ وأن تساعد على فهم المفاهيم والظواهر الكيميائية المتضمنة.

ويتضح فى ضوء ما تقدم – أن هناك حاجة ماسة – إلى إدراك مصممى الكتب المدرسية، ومؤلفيها، أن دمج التمثيلات الكيميائية فى الكتب المدرسية، يجب أن يفي بمجموعة من المتطلبات والمعايير الأساسية، وهو ما نادت به عدة دراسات مثل: (Gkitzia et al., 2011, 2019; Scalco et al. , 2018; Harza et al., 2021)، وهذا يسهم فى الحد من ما يجابهه الطلاب من صعوبات فى الكيمياء، بل وتعزيز تعلمهم المفاهيمى، وتحسين نواتج التعلم المرجوة. فضلًا عن مساعدة المعلمون أيضًا من استخدام الكتب المدرسية لدعم التعلم الهادف في كل مستوى، ومن ثم مساعدة الطلاب على فهم التمثيلات الكيميائية المختلفة؛ كجزء من جهود الإصلاح في الكيمياء، وإبراز طبيعتها.

ثانيًا: إجابة السؤال الثانى:

١. **للإجابة عن السؤال الثانى، ونصه "ما واقع أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية فى فصول الكيمياء بالصف الأول الثانوى فى ضوء معايير NGSS؟"**، حُسب المتوسط الحسابى، والنسبة المئوية، والرتبة، ومعامل الاختلاف؛ لتقدير واقع أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية فى فصول الصف الأول الثانوى، وهو ما يوضحه الجدول (5) الآتى:

جدول (5): المتوسط الحسابى، والنسبة المئوية، والرتبة، ومعامل الاختلاف؛ لتقدير واقع أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية فى فصول الكيمياء (ن=١٣):

المعلم	محكات الأداء				النسبة المئوية لمتوسط أداءات الاستقصاء %	الرتبة	معامل الاختلاف
	المحك الأول	المحك الثاني	المحك الثالث	متوسط الأداءات			
المعلم الأول.	1.00	2.00	1.00	4.00	44.44%	9	17.8 %
المعلم الثاني.	1.67	1.67	1.33	4.67	51.89%	3	
المعلم الثالث.	2.00	1.50	1.25	4.75	52.78%	2	
المعلم الرابع.	1.00	1.00	1.00	3.00	33.33%	12	
المعلم الخامس.	1.00	1.00	2.00	4.00	44.44%	9	
المعلم السادس.	1.50	1.50	1.00	4.00	44.44%	9	
المعلم السابع.	1.50	1.50	1.50	4.50	50.00%	5	
المعلم الثامن.	1.00	1.00	1.00	3.00	33.33%	12	
المعلم التاسع.	1.00	1.00	1.00	3.00	33.33%	12	
المعلم العاشر.	1.50	1.75	1.25	4.50	50.00%	5	
المعلم الحادي عشر.	1.67	2.00	1.67	5.33	59.22%	1	
المعلم الثاني عشر.	1.50	2.00	1.00	4.50	50.00%	5	
المعلم الثالث عشر.	1.33	1.67	1.33	4.33	48.11%	7	
المتوسط الكلى	1.36	1.51	1.26	4.12	45.79%		
النسبة المئوية للمتوسط الكلى %	**45.31 %**	**50.23 %**	**41.87 %**	**45.79 %**			

يلاحظ من جدول (5) أنه:

١. **بالنسبة للمحك الأول "نوع التمثيل":** بلغ المتوسط الكلي لأداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية بفصول الصف الأول الثانوي لدى المعلمين جميعهم (١.٣٦)، بنسبة مئوية قدرها (45.31%)، وقد

وصل (١٢) معلمًا إلى مستوى "استقصاء دون المستوى" والذى استخدم فيه المعلمون نوعًا واحدًا من التمثيلات لشرح الظاهرة الكيميائية، والتى ارتكزت على المستوى الرمزى بصورة رئيسة. بينما لم يتمكن سوى معلم واحد (المعلم الثالث) من الوصول إلى المستوى التالى، وهو مستوى "استقصاء مقبول" والذى كان هناك توجيه للطلاب لاستخدام أكثر من نوع من التمثيلات الكيميائية.

٢. **بالنسبة للمحك الثانى "توظيف التمثيل":** بلغ المتوسط الكلى لأداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية بفصول الصف الأول الثانوى لدى المعلمين جميعهم (١.٥١) بنسبة مئوية قدرها (50.23%)، وقد اعتمد معظم المعلمون (١٠) معلمين على الشرح اللفظى للظواهر الكيميائية، وعرض التمثيلات كما بالكتاب دون توظيفها بصورة مناسبة بحيث توضح أو تفسر الظاهرة، بينما تمكن (٣) معلمين (الأول، والحادى عشر، والثانى عشر) من الوصول إلى مستوى "استقصاء مقبول"؛ حيث استخدموا التمثيلات الكيميائية بصورة توضيحية لوصف مفهوم كيميائى، دون تعزيز الفهم العميق لها مع مشاركة محدودة من الطلاب؛ حيث كان يتحكم المعلمون فى خطاب الفصل حول التمثيلات المستخدمة فى الدرس، دون تشجيع الطلاب على استخدام التمثيلات لشرح المفاهيم الكيميائية بكلماتهم الخاصة.
٣. **بالنسبة للمحك الثالث "جودة لغة الخطاب العلمى حول التمثيلات":** بلغ المتوسط الكلى لأداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية بفصول الصف الأول الثانوي لدى المعلمين جميعهم (١.٢٦)، بواقع نسبة مئوية قدرها (41.87%)؛ فلم يجرِ (١٢) معلمًا أى مناقشات مع الطلاب حول التمثيلات التى يعرضونها، فى حين تمكن معلم واحد (المعلم الخامس) من الوصول إلى مستوى "استقصاء مقبول" حيث وظفها بطريقة مناسبة بتوضيح كل سمة سطحية من سمات التمثيل للطلاب، ووظيفة التمثيل المعروض مع مشاركة الطلاب – إلى حد ما - فى المناقشة. ولم يُشرك أى معلم من مجموعة الدراسة طلابه فى شرح المفاهيم الكيميائية الأساسية باستخدام التمثيلات أو مناقشة حدود وقيود التمثيلات التى كانوا يستخدمونها.
٤. بلغ المتوسط الكلي لأداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية بفصول الصف الأول الثانوي لدى المعلمين مجموعة الدراسة (٤.١٢)، بواقع نسبة مئوية قدرها (45.79%).
٥. بلغ معامل الاختلاف بين المعلمين الثلاثة عشر فى أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية بفصول الصف الأول الثانوى (17.8%)، وهى قيمة معامل اختلاف منخفضة مما يشير إلى التقارب بين المعلمين مجموعة الدراسة في أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية بفصول الصف الأول الثانوى.

كما لوُحظ فى أثناء متابعة التدريس داخل فصول الكيمياء ما يأتى:

- تضمنت عروض الفيديو أو الباوربوينت التى عرضها بعض المعلمين على عديد من الأخطاء العلمية تتعلق بأحجام الذرات، وأشكالها،.... إلى غير ذلك.

- فى خلال (٤٣) حصة تدريسية لم يستخدم المعمل أو الأدوات المعملية التى تمثل التمثيلات الماكروسكوبية - والتى هى من أساس طبيعة الكيمياء - غير مرة واحدة فقط، ومن معلم واحد، وهو ما يعد أمرًا مقلقًا لا يتغاضى عنه.

- معظم الأسئلة المطروحة - والتى ترتبط بالتمثيلات بشكل رئيس - كانت ذات إجابات محددة (ذات نهايات مغلقة)، مما يدعم التفكير منخفض المستوى - الذاكرة المعرفية، والتفكير المتقارب - بغض النظر عن مستوى التمثيل المطروح فى الأسئلة وإن كان يركز معظم المعلمين على المستوى الرمزى.

ويمكن تفسير النتائج السابقة كما يلى:

١. الاعتماد على الكتب المدرسية كأداة رئيسة فى محتوى التدريس وتوجيهه، والتى يشوبها بعض جوانب قصور – كما أظهرت نتائج السؤال الأول - فى عرض التمثيلات الكيميائية، وكذلك قصور اهتمامها على المستوى الرمزى وحده دون المستويات الأخرى. ويتفق ذلك مع نتائج دراسة: Bergqvist and Rundgren (2017) التى أظهرت أن هناك علاقة قوية بين التمثيلات المستخدمة فى الكتب الدراسية، وما يقدمه المعلم من تمثيلات فى الفصل الدراسى؛ فمحتوى الكتب يؤثر فى اختياراتهم، كما أشار مهدى (٢٠١٨) فى دراسته إلى أن من أسباب عدم وعى المعلمين بأهمية العلاقة بين التمثيلات الكيميائية؛ وجود قصور في كتب الكيمياء، وعدم التركيز على التمثيلات بمستوياتها المختلفة. وفى قول أحد المعلمين[١]:

"فيه قصور فى إعداد الكتاب وإعداد المعلومة وكمها والخطة الزمنية وعدم تطبيقها بأنشطة مناسبة تناسب إمكانات المدرسة، أنا باتكلم كمعلم عايش فى ثقافة ووسط المعلمين مش هنقول ما يبرر تجاهل المستويات دى لكن احنا بنتكلم عن محتوى ضخم غير متناسب مع الفترة الزمنية، الكتب بره يكون محتوى أقل من دا يكاد يكون العشر لكن بيدرس بطريقة تطبيقية على مستوى الفهم وتطبيق المعلومة استفدت منها ايه. كل دى أسباب لا تخلى الطالب يبقى مهتم وينصرف عنها فهو عاوز اللى يحفظة المعلومة".

كما أوضح معلم آخر:

"كنت ٣ شهور بلندن زمان فى تدريب تبع الوزارة، وكان الكتاب حوالى ٢٠ ورقة بيركز على حاجة معينة، ولكن المنهج عندنا عام من كل مجال فى الكيمياء نلاقى حتة، وإذا وضحتها بطريقتى خرجت عن النص ومحتاج وقت أطول وأنا لازم ألتزم وإذا التزمت وأنقل الكتاب حرفيا أى ناقل للكتاب عمرها ما هتوصل زى اللى أنا عايزه، فأنا مقيد بالروتين والاعمال الادارية مفيش مجال للانطلاق والإبداع وإلا فى الحالة دى سأحاسب من المتابعين ولا الموجهين".

٢. اعتقاد المعلم بأنه غير مؤهل للتدريس فى المستويات الثلاثة أو التحويل والترجمة بينهم، وقد كشفت دراسة Duis (2011) أن عددًا كبيرًا من معلمى الكيمياء كان وعيهم بالمستوى تحت الميكروسكوبى ضعيفًا، كما خلصت دراسة Dangur et al. (2014) فى نتائجها إلى أن المعلمين لا يدمجون التمثيلات الثلاثة فى مناقشاتهم، وغالبًا ما يتحولون بينها دون توضيح ما بينها من روابط؛ لعدم إدراكهم أهميتها. ففى إحدى المقابلات وضح أحد المعلمين:

[١] التزمت الباحثة بعرض تعبيرات المعلمين، والطلاب فى أثناء المقابلات الشخصية كما هى دون إجراء تعديلات لغوية.

"أنا مش مؤهل لاشتغل فى المستوى اللى حضرتك بتتكلمى عنه فأنا عندى كلمتين فى المنهج بأقولهم زى ما هم مكتوبين، دا لو قلتهم زى ما هم مكتوبين دا كده يبقى ممتاز وعندى ضمير. دا حتى الكلمتين موجودين بشكل مجرد فى كتاب المدرسة على ورق ولا يعبروا أى حاجة عن الواقع، ولا عن المستويين التانيين اللى حضرتك بتتكلمى عنهم فهم أساسًا مش موجودين. أنا علشان أشتغل علي المستويين دول لازم اشتغل وأبحث وأدور وأجيب فيديوهات، ورسومات".

٣. اعتقاد المعلمين بأنه من الأفضل التحدث في المستوى الرمزى لأن طلابهم غير قادرين على التفكير في المستوى تحت الميكروسكوبى، ومن ثم يميل المعلمون إلى هيكلة تدريسهم الذي يركز أكثر على المستوى الرمزى؛ ليتوافق مع معتقداتهم. وهو ما دعمته دراسة Lewthwaite and Wiebe (2010)؛ حيث تابع الباحثان (74) معلمًا للكيمياء للصفين: (١١ و ١٢) فى كندا على مدى أربع سنوات، ووجدا أن تمثيلات الفصل الدراسي تركزت في إشراك الطلاب في إجراء عمليات حسابية أكثر من عمليات عرض الصور المرئية والعروض التوضيحية والمحاكاة. وكذلك دراسة Dangur et al., (2014) التى أوضحت أن التدريس في الكيمياء قد اتخذ تقليديًا نهجًا كميًا، مع القليل من التركيز على الجوانب النوعية للفهم في المجال. كما أكدت دراسات مثل: Kelly et al., 2017; Slapničar et al., 2017; أن المفاهيم الكيميائية غالبًا تُمثل على المستوى الرمزي وحده. ويؤكد ذلك قول أحد المعلمين:

"شرحى بالمستويات اللى بتتكلمى عنها دا بيعتمد على قدرة الفصل؛ وأنا فصلى مستواه مش كويس. إذا شرحت على المستوى تحت الميكروسكوبى اللى حضرتك بتقوليه، مش هيحصلوا على المعرفة المطلوبة، دول فئة ضعيفة، والولد نفسة ما عندوش قدرة على التخيل".

٤. منظومة التقويم التى قد تركز على الكم المعرفى أكثر من الجوانب الأخرى، ورغم توجه وزارة التربية والتعليم لتغيير ذلك؛ فإنه لا تزال ثقافة تقييم التعلم Assessment of learning هى السائدة بين المعلمين، وليس التقييم من أجل التعلم assessment for learning. وقد أشار أحد المعلمين فى أثناء المقابلة الشخصية إلى أن:

"فكرة ما لايدرك كله لا يترك كله لا يمكن نطبقه على مستوى التعليم، ودا اللى حصل؛ المنظومة يمكن حصل فيها تغيير على مستوى التقويم، لكن فيه حاجات تانية لازم تتغير؛ فالتقويم جزء من منظومة التعليم ككل فكده احنا غيرنا منظومة التقويم لكن باقى مكونات المنظومة من غير تغيير، ودا غير منطقى ..... طيب احنا حفظنا البوكليت وإجاباته وعرفنا وضع الامتحان بيكون ازاى، وبنحفظها للولاد وبعد سنتين ثلاثة هتتحفظ الاسئلة دى وخلاص".

٥. وجود قصور فى برامج إعداد المعلم، وتنميته المهنية فى دعم فهم مستويات التمثيل الكيمياء، وطبيعة علم الكيمياء، فلا يمكن للمعلمون – فى ضوء ما أوردته دراسات: Adams and Luft, (2018); Lewthwaite and Wiebe, (2010); Sande (2010) - استخدام تمثيلات متعددة دون تلقيهم إعدادًا، دعمًا مهنيًا للقيام بذلك، وقد أظهرت دراسة: Rodić et al. (2018) غالبية الطلاب معلمي الكيمياء يفتقرون إلى الدقة اللغوية المتوقعة والضرورية لمجال الكيمياء من منظور التمثيلات الكيميائية المختلفة، واللازمة لفهم مفاهيم وظواهر الكيمياء، فضلًا عن تمكنهم من شرحها. وقد وضح ذلك أحد المعلمين قائلًا:

"النظام بتاعنا بيعتمد كله على الرموز .. أنا تعلمت كده فى الكلية بس الأفضل زى ما شفت بره موضوع رسم الذرات، والمستويات دى، كمان أسلوب التدريب من التوجيه تقليدى ليس به نقاش وأحيانا تكون لدينا خبرة أكبر من المدرب لأننا فى المجال وعارفين كل خباياه وهو ممكن ما يكونش عارف وقد يكون فاضى علميا فلا يجيب عن أسئلتنا ".

٦. اعتقاد المعلم بأنه ليس له حرية الإبداع فى الشرح لتوضيح المحتوى، وأن عليه الالتزام حرفيًا بمحتوى الكتاب المدرسى. وفى قول أحد المعلمين:

"مفيش تعليمات بإننا نشتغل كده من الإدارة العامة أو التوجيه، كان زمان ممكن حد عنده ابتكار ممكن يشتغل بنظام المجسمات، بس احنا مش بنقدر كل شىء بيعتمد أخذت تعليمات بأيه .. فتعودنا من زمان لا نحاول نعطى آرائنا؛ فالتركيز *من الإدارة على الكم مش مهم الكيف ومش مهم الجانب الأكاديمى*".

٧. الإطار الزمني الضيق المتاح لمقررات الكيمياء والتى لا تسمح للمعلمين بمناقشة تلك الجوانب والتركيز على الكم المعرفى بوصفه ناتج التعلم الأكثر أهمية.

ثالثًا: إجابة السؤال الثالث:

للإجابة عن السؤال الثالث للدراسة، ونصه **"ما مستوى كفاءة التمثيلات الكيميائية لدى طلاب الصف الأول الثانوى فى ضوء معايير العلوم للجيل القادم NGSS؟"**؛ حُسب المتوسط، والمتوسط الاعتبارى، واختبار *t*، والنتائج يوضحها جدول (6) للاختبار ككل، ولكل بعد من أبعاده:

جدول (6): المتوسط، والمتوسط الاعتبارى، واختبار *t* ودلالته؛ لاختبار كفاءة التمثيلات الكيميائية ككل، ولكل بعد من أبعاده (ن=٣٢١)

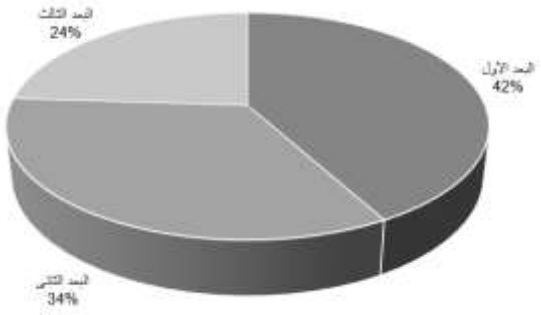
المعلم	المتوسط	المتوسط الاعتبارى[١]	الانحراف المعيارى	*T*	الدلالة
البعد (١)	3.8224	٥	1.76323	11.965	دالة ٠.٠٠
البعد (٢)	3.1184	٣.٥	1.17460	5.821	دالة ٠.٠٠
البعد (٣)	2.1589	٣	1.22844	12.268	دالة ٠.٠٠
المتوسط الكلى	**9.0997**	**١١.٥**	**2.93727**	**١٤.٦٤**	**دالة ٠.٠٠**

ويتضح من الجدول (6):

١. وجود فرق دال إحصائيًا عند مستوى ($\alpha<0.01$) بين متوسط درجات طلاب الصف الأول الثانوى، وبين المتوسط الاعتبارى للاختبار ككل؛ وذلك لصالح المتوسط الاعتبارى.
٢. وجود فرق دال إحصائيًا عند مستوى ($\alpha<0.01$) بين متوسط درجات طلاب الصف الأول الثانوى، وبين المتوسط الاعتبارى لكل بعد من أبعاد الاختبار؛ وذلك لصالح المتوسط الاعتبارى.

[١] جدير بالذكر أن المتوسط الاعتبارى عُد ٥٠% من الدرجة الكلية للاختبار ككل، ولكل بعد من أبعاده.

من ثم تُظْهِر النتائج السابقة انخفاض المتوسط العام لمستوى كفاءة التمثيلات الكيميائية لدى طلاب الصف الأول الثانوى عن المتوسط الاعتبارى، ويوضح الشكل (2) النسب المئوية لمتوسط درجات الطلاب فى كل بعد من أبعاد الاختبار:



شكل (2): النسب المئوية لمتوسط درجات الطلاب فى كل بعد من أبعاد كفاءة التمثيلات الكيميائية

ويتضح من شكل (١) أن متوسط درجات الطلاب كان أعلى فى البعد الأول المتعلق بالتمثيل الرمزى بنسبة (42%) يليه البعد الثانى المرتبط بالتمثيل تحت الميكروسكوبى والذى مثل نسبة (34%) يليهم البعد الثالث المرتبط بالترجمة بين المستويات الثلاثة بنسبة (24%).

ويدعم ذلك نتائج المهام الأدائية المطلوبة من الطلاب، ويوضح الجدول (7) الآتى النسب المئوية لإجابات الطلاب عن كل مهمة من المهام الثلاثة:

جدول (7): النسب المئوية لإجابات الطلاب فى المهام الأدائية الثلاثة (ن=٣٢١)

المهمة	النسب المئوية للإجابات الصحيحة %	النسب المئوية للإجابات غير المكتملة %	النسب المئوية للإجابات غير الصحيحة %
مهمة (١)	30.2%	13.8%	56%
مهمة (٢)	5.2%	34.8%	60%
مهمة (٣)	22.7%	28.3%	49%

ويتضح من الجدول (7) أن نسبة الإجابات الصحيحة عن أى مهمة من المهام الثلاثة لم تتعد نسبة (50%)؛ مما يؤكد انخفاض إنجازهم فيما يتعلق بالأبعاد الثلاثة، والمفاهيم المتضمنة بها؛ حيث:

- *فى المهمة الأولى*، المتعلقة بحساب التركيزات الكيميائية، والتى تتطلب التحويل من المستوى تحت الميكروسكوبى إلى المستوى الرمزى؛ تركزت غالبية الاستجابات فى محاولة إجراء الحسابات الرياضية من معطيات المهمة دون النظر للشكل المصاحب، ومحاولة ترجمته لإجراء الحسابات المطلوبة بشكل صحيح، ومن ثم كان التركيز على المستوى الأول فيه "الرمزى"؛ حيث لم يتمكن من الإجابة عنها بشكل صواب غير (30.2%) من الطلاب، بينما أجاب (13.8%) من الطلاب إجابات

غير مكتملة، فى حين لم يتمكن (56%) من الطلاب من إجابة السؤال فإما لم يتمكنوا من رسم العدد الصحيح من جزيئات المذاب؛ لتوضيح التركيز المطلوب للحل أو تركوا المهمة دون إجابة كلية.

- كما أظهر الطلاب نمطًا مشابهًا في كتابة المعادلات الكيميائية أو شرح الظواهر الكيميائية *فى المهمة الثانية* (والتى تطلبت التحويل من المستوى الرمزى إلى المستوى تحت الميكروسكوبى)؛ حيث كان أداء الطلاب ضعيفًا في المهمة الثانية ككل؛ فتمكن (5.2%) من الطلاب من كتابة المعادلة الكيميائية وتوضيحها بالرسم تحت الميكروسكوبى، ووضع تفسير لاستجاباتهم؛ بينما لم يتمكن (34.8%) من الطلاب من أداء المهمة كاملة، وتوقفوا عند وزن المعادلة الكيميائية دون محاولة التفسير من خلال الرسم تحت الميكروسكوبى؛ بينما أخطأ (60%) من الطلاب فى وزن المعادلة ومن ثم فى الرسم تحت الميكروسكوبى أو لم يعطوا إجابة للمهمة.
- تطلبت *المهمة الثالثة* التحويل بين المستويات الثلاثة، وفيها تمكن (22.7%) من الطلاب من إعطاء الاستجابة الصواب مع تقديم تفسير لإجاباتهم، ولم يتمكن (28.3%) منهم من الإجابة الكاملة؛ فقد جاءت استجاباتهم إما بوضع الرسم دون تفسير أو عدم وضع أى رموز للذرات والجزيئات، بينما قدم (49%) إجابات خطأ، أو تركوا جميع أجزاء المهمة فارغة.

وقد أظهرت المهمتين: الثانية، والثالثة أن معظم الطلاب كانت لديهم مفاهيم خطأ حول أحجام الذرات عند تقديمها باستخدام الرسم؛ فلا يأخذ الطلاب في الحسبان حجم الذرات عند تمثيلها، وأن الذرات المختلفة من العناصر المختلفة لها أحجام مختلفة عند عرضها مجهريًا خاصةً عند ارتباطها ببعضها البعض؛ بسبب فقدان الإلكترونات أو اكتسابها أو مشاركتها. فضلًا عن اعتمادهم على نماذجهم العقلية البديهية للذرات والجزيئات فى تفسيراتهم أو أوصافهم حول هذه التمثيلات دون فهم حقيقى.

وإجمالًا كشفت نتائج السؤال الثانى، عن إنخفاض مستوى كفاءة التمثيلات الكيميائية لدى الطلاب؛ وتتفق هذه النتائج بوجه عام مع الدراسات التى أجراها كل من: Gkitzia et al., 2019; Lansangan et al. (2018); Milenković et al., 2014; Rakhmawan et al. (2019); Slapničar et al., 2018; Sunyono & Sudjarwo, (2018).

ويمكن تفسير النتائج السابقة كالتالى:

١. عدم تعرض الطلاب لهذا النمط من الأسئلة من قبل؛ ومن ثم لا يُتوقع منهم الإجابة عنها، إضافة إلى شيوع اعتقاد بأن أى أسئلة تختلف عن النمط التقليدى ليست أسئلة سهلة، ولكنها تتطلب متطلبات معرفية عالية، وإعمال للعقل، وهو ما لم يتمكنوا من القيام به نتيجة عدم مرورهم – مسبقًا - بهذه الخبرة. وهو ما اتضح فى المقابلات الشخصية التى تمت مع الطلاب، وهو ما يتفق مع نتائج دراسة Li and Arshad (2014) فعلى سبيل المثال قالت إحدى الطالبات فى أثناء المقابلات الشخصية:

***"الأسئلة دى ما شفتهاش قبل كده، فأنا مش فاهمة علشان كده ما كنتش عارفه أفكر ازاى، متعوداش على الأسئلة دى، ودا بيعمل تمييز بين الطلاب المتميزين والعاديين فهى محتاجة طلاب عندهم نسبة ذكاء عالى فى معظم الأسئلة. إحنا عقلنا متعود على السرد مش عمل العقل فإحنا* عاوزين أسئلة شبيهة زى دى نتدرب عليها ونفهم إزاى نفكر فيها".**

٢. قد يُعزى سبب الإنجاز المنخفض فى المستوى تحت الميكروسكوبى إلى أنه يتميز بمستوى عالٍ من التجريد، فيصاب الطلاب - لعدم فهمهم خصائص الجسيمات على المستوى الجزيئى، وبعده عن خبرتهم المباشرة - بالارتباك، ولما يتطلبه ذلك المستوى من جهد عقلى يمثل حملًا معرفيًا زائدًا؛ مما يجعله غير جاذب للتعلم، وهو ما يؤكده كل من: Harza et al. (2021); Taber (2018).

٣. وجود صعوبات لدى الطلاب فى تبني نموذج الجسيمات؛ فيواجهون صعوبة في تصور الوجود والعمليات التي تحدث في العالم تحت الميكروسكوبى؛ وذلك نتيجة عدم الاهتمام بتكوين النماذج العقلية الصحيحة لدى الطلاب، والتى تربط بين الظواهر المرصودة والتفسيرات العلمية، والتى تتطلب الكشف عما لدى الطلاب من معرفة مسبقة، وتعديلها، أو البناء عليها؛ ومن ثم إتاحة أنشطة تعليمية تثير قدرة الخيال العلمى الإبداعي لدى الطلاب فى محاولة لتحسين القدرة على التفكير، وتفسير وتمثيل الظواهر الكيميائية ذات المقياس الميكروسكوبى. ففى قول أحد الطلاب:

***"أنا عندى مشكلة فى التخيل فى الكيمياء رغم حبى لها، وللعلم جدًا، فأنا طول عمرى بادرس نظرى* على مستوى المعادلات. المدرس يحط معادلة ويشتغل عليها ونوزنها بس، *ولم ندرس عملى إلا نادرًا ولا المستويات دى،* المفروض الكيمياء أكثر حاجة تدرس عملى ويتشرح لى بالرسم والعملى".**

٤. عدم امتلاك الطلاب المعرفة الأساسية للكيمياء أو القدرة على ربط النتائج الماكروسكوبية بالتفسيرات على المستوى تحت الميكروسكوبى، وتسجيلاتها على المستوى الرمزي، وهو ما يتطلبه التفكير الكيميائي، مما ينتج عنه معرفة مجزأة يتم نسيانها بسرعة، ويصاحب ذلك شعور بصعوبة فهم الكيمياء.

٥. التعلم السطحي في المقررات التمهيدية فى المراحل السابقة؛ فالتعلم بالنسبة لبعض الطلاب يعتمد على الحفظ عن ظهر قلب بدلًا من الفهم العميق للمفاهيم الكيميائية الأساسية، ومن ثم فهناك احتمال كبير أن يعودوا إلى المفاهيم أو المعرفة السابقة في وقت لاحق، وهو ما أكدته دراسات مثل: Corradi et al. (2014)، ففى قول أحد الطلاب:

"إحنا من ٩ سنين شغالين بنظام عادى وتعودنا على الحفظ وكله دروس، مش دلوقتى هنفكر... لازم تأسيس من الأول من الابتدائى، دا لما باحاول أسأل المدرس عن جزء مش فاهمه يقول مش جاية فى الامتحان وإحنا مش عاوزين نتعلم علشان الامتحان .. كل حاجة يقول الامتحان ودا من زمان".

ويؤكد ذلك قول أحد معلمى الكيمياء:

"التعليم الأساسى بيلعب دور كبير جدًا، والجزئية دى المفروض الطالب يفهمها، فمن بداية أولى إعدادى، بيدرس الذرة وتركيبها والجزىء، والفرق بين الذرة والجزىء وغيرها إحنا بنتفاجىء إن الطالب طالع لنا ما عندوش أى خلفية وأنا كمدرس ما ينفعش اشتغل كده، وأبنى على لا شىء فكده هيقع فبنضطر نحط بعض الأساسيات بس مش هنديها الوقت الكافى شىء طبيعى لأن عندى منهج مش من المفترض أنى أؤسس معلومة أنا مفروض بس أكمل البناء، بس باعمل تكمله للطالب اللى عنده المعلومة فيكمل، والتانى مش مهم لأن الأساس اللى طالع به مش موجود".

٦. يمكن أن يُعزى تسجيل أخطاء مختلفة من إجابات الطلاب فى أسئلة الترجمة بين المستويات شيوع أنماط تفكير معينة أحادية المسار بين الطلاب تتضمن النظر فى بعد واحد، وهو ما يتضح من تحليل إجاباتهم؛ حيث لم يتمكنوا من مراعاة متغيرين أو أكثر للتمثيل تحت الميكروسكوبى؛ مثل حجم الجسيمات، والمسافات البينية بينها، وعددها ..... وما إلى ذلك.

٧. مواجهة بعض الطلاب صعوبات فى الفهم على المستوى الرمزى؛ فقد تولد الرموز الكيميائية تفسيرات خطأ إضافية لدى الطلاب؛ إذ يستخدم - في كثير من الأحيان – الرموز نفسها لكل من المستويين: الماكروسكوبى وتحت ميكروسكوبى، فيستخدم – على سبيل المثال - الرمز (H_2) للتعبير عن الجزيء على المستوى الميكروسكوبى، وكذلك عن المادة على المستوى الماكروسكوبى.

٨. قصور محتوى الكتب المدرسية – المصدر الأساسى لكل من: الطلاب، والمعلمين – وما يتضمنه من أنشطة تعليمية وأسئلة تقييمية فى عرض التمثيلات الكيميائية الثلاثة، أو التحويلات فيما بينها، وهو ما أكدته نتائج السؤال الأول. وقد أكد ذلك أحد الطلاب بقوله:

"المنهج معقد، والمحتوى ضخم جدًا فيه حاجات كتيره بتتحفظ من غير فهم، ومفيش وقت للمعلم علشان يشرحها، ومفيش فيه الكلام اللى حضرتك بتقوليه وكمان وعى الأستاذ بالكلام دا مفيش".

وقول طالب آخر:

"فيه بعض الأسئلة بامتحان حضرتك الرسم موجود بالضبط فى الكتاب، بس مفيش شرحها كل اللى بنعمله بنكتب المعادلة".

٩. استخدام المعلمين، ومؤلفى الكتب المدرسية نماذج لبناء التمثيلات الكيميائية تعد نسخًا مبسطة (مثل: النماذج الفيزيائية البسيطة، .... وما إلى ذلك) للنماذج العلمية المقابلة التي يستخدمها الكيميائيون، وقد تكون مصدرًا لإرباك متعلمى الكيمياء؛ حيث يراها الطلاب - في كثير من الأحيان - نسخ للواقع، لا مفسرة.

١٠. عدم توافر أنشطة تعليم، وتعلم تتطلب من الطلاب استخدام تمثيلات مختلفة؛ فضلًا عن التحويل بين التمثيلات رغم أهميتها للكشف عن مدى فهمهم للكيمياء، حيث تلعب طريقة التعلم دورًا مهمًا لتكون قادرة على التكامل بين مستويات التمثيل الثلاثة، ومن المتوقع أن تكون قادرة على التغلب على صعوبات التعلم لدى الطلاب في الكيمياء، وهو ما أكدته دراسة كل من: Stains and Talanquer (2007)؛ إذ أشارت إلى أن الارتباط العقلى بين المفاهيم الكيميائية كان أقوى لدى الطلاب الذين تعرضوا لخبرات تعليمية جيدة.

١١. عدم توافر الوقت الكافى للتدريس؛ كى يُحدث فرقًا فى نواتج التعلم قابلًا للقياس؛ فتأثير التدريس الذى يركز على التمثيلات يزداد مع التعرض المتكرر لها بصورة واضحة؛ وهو ما يؤكد الحاجة إلى توفير الوقت الكافى لبناء الكفاءة التمثيلية لدى الطلاب.

١٢. أداءات الاستقصاء التى يتبناها المعلم فى أثناء ممارساته التدريسية لا تخاطب مستويات التمثيل المختلفة، والتركيز بوجه عام يركز على حل المشكلات المرتبطة بالمستوى الرمزى للتمثيل الذى يخدم كجسر وسيط يربط بين المستويين: الماكروسكوبى، وتحت الميكروسكوبى، وهو ما أكدته نتائج السؤال الثانى للدراسة.

فهناك علاقة وثيقة بين أداءات الاستقصاء، ونواتج التعلم الممثلة فى كفاءة التمثيلات الكيميائية، ويمكن توضيح ذلك - فى هذه الدراسة - باستخدام أسلوب تحليل الانحدار المتعدد لمعرفة العلاقة بين **(أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية)**، و**(كفاءة التمثيلات الكيميائية)** (أبو علام، ٢٠٠٣). ويوضح الجدول (٨) ملخص تحليل الانحدار المتعدد:

جدول (٨) ملخص تحليل الانحدار المتعدد (ن= عدد العلاقات ٣٢١):

البُعد	معامل الانحدار	الخطأ المعياري	معامل الانحدار المعياري	قيمة "ت"	الدلالة	قيمة "ف"	الدلالة	معامل التفسير R^2
الثابت	18.171	1.911	----	9.507	.01	9.201	0.01	2.8%
أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية	1.354-	.446	.167	3.033	.01			

تُشير قيمة (R^2) في جدول (٨) إلى نسبة التباين فى كفاءة التمثيلات الكيميائية، والتى يُفسرها تباين أداءات الاستقصاء؛ وهذا يعني أن **(أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية)** تُفسر (٢.٨%) من التباين فى **(كفاءة التمثيلات الكيميائية)** لدى مجموعة من طلاب الصف الأول الثانوي، بينما النسبة المتبقية من التباين ترجع إلى متغيرات أخرى (البواقي) لم تؤخذ في الحسبان فى معادلة الانحدار. كما يلاحظ من جدول (٨) أن قيمة "ت" للمقدار الثابت لمعامل الانحدار دالة إحصائيًا عند مستوى (٠.٠١)، كما أن قيم "ت" لمعامل انحدار أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية دالة إحصائيًا عند مستوي الدلالة نفسه؛ مما يدل على أهمية أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية فى التنبؤ بنواتج التعلم لدى مجموعة من طلاب الصف الأول الثانوي. وهكذا يمكن صوغ معادلة الانحدار المتعدد المعينة على التنبؤ بنواتج التعلم لدى مجموعة من طلاب الصف الأول الثانوي من خلال أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية كالتالى:

نواتج التعلم (كفاءة التمثيلات الكيميائية) = ١٨.١٧١- ١.٣٥٤(أداءات استقصاء التمثيلات الكيميائية)

ومن ثم فإذا تمركزت أداءات الاستقصاء حول المستوى المنخفض الذى يركز على المستوى الرمزى، وخاصة المعادلات والصيغ، فإن ذلك مؤداه التشجيع على حفظ الطلاب الكيمياء، لا فهمها؛ فيما نتاجه انخفاض نواتج التعلم، وقد اتفقت دراسات كل من: Devetak & Glažar (2010); Kelly et al., (2017); Slapničar et al., (2017) على أنه بدون التدريس المناسب، يفشل الطلاب عادةً في إنتاج روابط مفيدة عبر المستويات التمثيلية. وعلى صعيد مغاير فإن استخدام مستويات مختلفة من التمثيل فى أثناء تدريس – فى ضوء ما أورده Cheng & Gilbert (2009); Hilton and Nichols (2011) يعزز فهمها، واستيعابها لدى الطلاب، ويجب على المعلمين دعم الطلاب في الأنشطة التي تتضمن مستويات مختلفة من التمثيل والانتقال بينها. كما أشار Evagorou et al. (2015) إلى أنه يجب أن يتحول التركيز فى تدريس العلوم إلى إشراك الطلاب في عمليات التمثيل، بدلاً من فهم المحتوى وإتقانه فحسب. وألا يتم التعامل مع التمثيلات على أنها نماذج عقلية؛ بل ككائن معرفي يمثل أساس عملية إنتاج

المعرفة، ونموها؛ إذ إنه لا توجد فكرة علمية – فى ضوء ما أشار إليه Kozma and Russell (2005, p. 129) - منفصلة عن تمثيلها.

وإجمالًا؛ فى ضوء نتائج أسئلة الدراسة: الأول، والثانى، والثالث نستنتج أن محتوى الكتب المدرسية، وأداءات الاستقصاء عاملين مؤثرين على انخفاض "كفاءة التمثيلات الكيميائية" كناتج للتعلم فى الكيمياء؛ ومن ثم تسهم هذه النتائج في إثراء معرفتنا حول أسباب انخفاض نواتج تعلم الطلاب في مستويات التمثيل الثلاثة، والدور الأساسى الذى تلعبه الكتب المدرسية، وأداءات التدريس فى ذلك، وأهمية تطويرهما.

رابعًا: إجابة السؤال الرابع:

للإجابة عن السؤال الرابع للدراسة، ونصه **"ما الرؤية المقترحة؛ لتحسين واقع التمثيلات الكيميائية فى الصف الأول الثانوى؟"** طُرحت – فى ضوء نتائج أسئلة الدراسة: الأول، والثانى، والثالث - رؤية تشمل بعض الإجراءات، والتوصيات موجهة لمؤلفى كتب الكيمياء، ومطورى المناهج، ومعلميها، ... إلى غير ذلك من المسئولين، وهو ما يوضحه الجدول (٩) الآتى:

جدول (٩): الرؤية المقترحة؛ لتحسين واقع التمثيلات الكيميائية فى الصف الأول الثانوى

المحور	المسئول	إجراءات التنفيذ
المعايير القومية	الهيئة القومية للاعتماد، والجودة.	– تشكيل لجان قومية، تقود عملية مراجعة المعايير القومية المصرية، وتعديلها لمناهج التعليم، وبخاصة الكيمياء؛ فى ضوء المعايير الدولية، ولا سيما معايير العلوم للجيل القادم Next Generation Science Standards.
		– إدراج معايير خاصة بالتمثيلات الكيميائية فى المراحل التعليمية المختلفة من رياض الأطفال وحتى المرحلة الثانوية؛ تحقيقًا للتتابع، والتناسق بين موضوعات الكيمياء عبر السنوات الدراسية المختلفة.
		– تحديد المؤشرات المتضمنة لكل معيار من معايير التمثيلات الكيميائية؛ للاسترشاد بها فى صوغ المحتوى العلمى للمناهج الدراسية، وبرامج إعداد المعلم، والتطوير المهنى.
		– وضع مقاييس متدرجة (rubrics)؛ للحكم على نوعية المناهج، والمواد التعليمية المقدمة؛ للتحقق من ملائمة المحتوى طبيعة مجال التخصص.
المنهج المدرسى	مركز تطوير المناهج، والمواد التعليمية	– الاستعانة بتوصيات البحوث الأكاديمية في مراجعة وإعداد مناهج الكيمياء بما يناسب طبيعتها؛ للتحقق من أنها تتضمن التمثيلات، والسمات المفيدة المعززة التعلم.
		– يجب عند كتابة الكتب المدرسية والمواد التعليمية الأخرى، أو تصميم الأنشطة التعليمية ، أن تؤخذ فى الحسبان نتائج البحث في تعليم العلوم؛ مثل: الصعوبات الشائعة التي تم الكشف عنها التى يواجهها الطلاب فى الكيمياء، والمفاهيم البديلة المرتبطة بالتمثيلات الكيميائية، والميل إلى الاهتمام بالتمثيل الرمزى، وما إلى ذلك.
		– تطوير مناهج الكيمياء من قبل فريق من الخبراء، يمثلون مجموعة واسعة من الباحثين، وأساتذة الجامعات، ومصممي البرامج، والمعلمين الممارسين، والطلاب.
		– اهتمام مطورى كتب الكيمياء للمرحلة الثانوية فى الإصدارات الأحدث من الكتب المدرسية؛ بمراعاة معايير وضع التمثيلات الكيميائية فى مناهج الكيمياء؛ من حيث: o نوع التمثيل: تنوع التمثيلات المتضمنة، وزيادتها، وإبراز العلاقة والارتباط بينها، مع الاهتمام بتضمين تمثيلات من فئة المتعدد في تلك الكتب.

المحور	المسئول	إجراءات التنفيذ
		o ارتباط النص بالتمثيلات الكيميائية المصاحبة بصورة تامة. o العناية بالشرح والتعليق المصاحب للتمثيلات الكيميائية بصورة أكبر ليكون له وظيفة تفسيرية. o توافر ملامح سطح التمثيل، والتسمية التوضيحية بصورة ملائمة وفق نوع التمثيل.
		– إثراء المنهج بموارد أخرى مساعدة (كتب مساعدة، عروض تقديمية وفيديوهات توضيحية ... إلى غير ذلك)، تتضمن التمثيلات كجزء من محتواها؛ لضمان حصول الطلاب على المعرفة اللازمة.
		– الارتكاز في وضع المنهج على أسس علمية تربوية سليمة، ملائمة لطبيعة الكيمياء، وطبيعة تعليمها، وتعلمها حيث يكون التركيز على الطالب student-centered، وتسهم فى تعلم الطلاب المستقبلي future learning، ومصحوبة بعديد من المصادر الإثرائية.
		– صوغ مناهج تدعم التقدم التدريجي لموضوعات الكيمياء بمستويات متزايدة التعقيد، إما عن طريق زيادة الإطار الزمني المتاح، أو عن طريق تقليل موضوعات التدريس. وبالتحديد، يجب أن توفر المناهج للمعلمين الإطار الزمني اللازم لشرح المفاهيم ذات الصلة في جميع مستويات الكيمياء الثلاثة؛ لمناقشة التمثيلات الكيميائية، وقيودها، والتأكيد على اصطلاحات الرموز.
		– منح المعلمين والطلاب مزيدًا من الحرية، والمرونة في تنفيذ مناهج الكيمياء، وتطبيق أفكار، ومشروعات علمية، يشعرون بالحاجة إليها.
		– تصميم المناهج الدراسية لتكرار دوري لنماذج ومفاهيم الكيمياء الأساسية والرموز، مع مراعاة الصعوبات التي يواجهها المتعلمون المبتدئون في هذه الموضوعات؛ لتعزيز تعلم الطلاب بالفهم بدلًا من تراكم المعرفة التي يتم تعلمها عن ظهر قلب؛ بما يعنى عدها أسسًا قوية لدعم عملية التعلم.
عمليتا: التعليم، والتعلم.	**المعلمون**	– استخدام المعلمين - فى أثناء تدريسهم - مجموعة متنوعة من التمثيلات الكيميائية، وتزويد المتعلمين بالدعم اللازم لهم للتفكير فيها، والتأكيد على المفاهيم الكيميائية على المستويات المختلفة في فصول الكيمياء.
		– استكشاف الموارد البديلة الأخرى؛ مثل: النماذج المفاهيمية أو النماذج المستندة إلى الكمبيوتر (2D و 3D)، والإنترنت لتوفير تجارب غنية للطلاب؛ لتطوير الصور الذهنية للظواهر غير الملموسة التى يمكن أن تعزز الفهم الهادف للكيمياء.
		– تعريف الطلاب بالنموذج الثلاثى لتمثيل المحتوى فى أثناء مراحل تعليمهم الأولي.
		– التوسع في استخدام الطرق القائمة على المشروعات، وغيرها من أنشطة التعليم والتعلم النشط فى تعليم الكيمياء؛ لوضع المحتوى في سياق مشكلات العالم الحقيقي وما يتضمنه من ظواهر ماكروسكوبية.
		– زيادة الوقت المخصص للتعلم القائم على الاستقصاء فى تدريس التمثيلات الكيميائية، والمتسق مع معايير التعليم المستقبلية NGSS.
		– تكوين فريق عمل من المعلمين المختصين؛ لجمع وسائط، ونماذج تعليمية متنوعة متاحة للجميع، وتقييمها، وتطويرها؛ لدعم تعليم الكيمياء.
		– إتاحة مصادر الإنترنت المتنوعة؛ من مواقع تعليمية، وقواعد البيانات، وبرامج

المحور	المسئول	إجراءات التنفيذ
		إلكترونية....إلى غير ذلك، تساعد الطلاب على السواء فى الوصول إلى مصادر تعلم تسهم فى إثراء تعليم الكيمياء، وتعلمها.
		– تطوير المعامل، وإمدادها بالأدوات اللازمة لإجراء الاستقصاءات اللازمة لتعليم الكيمياء.
		– تدريس المفاهيم العلمية بشكل منهجي واستقرائى؛ إذ يجب تعليم الكيمياء بترتيب تسلسلي من الملموس إلى المجرد، واستخدام الطرق المختلفة للتمثيل ليتغير منظور الطلاب، واعتقادهم بصعوبة الكيمياء، والتأكيد على قيمة النموذج ثلاثي المستويات للتعلم ومثلث الكيمياء في بيئات التعلم في القرن الحادي والعشرين.
		– ضرورة التفاعل المستمر بين المستوى الماكروسكوبى، وتحت الميكروسكوبى والرمزي في تدريس الكيمياء؛ دون تجاهل أو تفضيل مستويات معينة لتكوين نظام مرن للمعرفة الكيميائية؛ كأحد الأهداف الرئيسة للتعليم في مجال كيمياء.
		– مساعدة الطلاب فى أن يصبحوا مؤهلين تمثيليًا، بتزويد الطلاب بفرص متعددة لإنشاء تمثيلات بأنفسهم، مع إتاحة فرص متعددة لهم لانتقاد تمثيلات الآخرين، وتشجيعهم على التعبير عن أنفسهم وفهمهم باستخدام التمثيلات المتعددة بأي طريقة مناسبة.
		– تأسيس استراتيجية قادرة على تحسين قدرة الخيال الإبداعي للطلاب في محاولة لتحسين القدرة على التفكير، وتفسير وتمثيل الظواهر الكيميائية ذات المقياس الجزيئي؛ بحيث يمكن للطلاب بسهولة حل المشكلات الكيميائية المرتبطة بالمفاهيم المجردة.
		– حث التعلم من خلال تضمين التمثيلات المرئية المتعلقة بالظواهر الكيميائية لتعزيز النماذج العقلية للطلاب المؤثرة فى تطورهم المعرفي.
		– تحديد ما يعرفه الطلاب مرتبط – أولًا - بالتمثيلات الكيميائية بالفعل، وتعديل وتوضيح المفاهيم الخطأ أو البديلة، وإضافة مفاهيم جديدة وارتباطاتها بالهيكل المفاهيمي للفرد.
		– إجراء تقييمات أصيلة بمهام مفتوحة؛ يتعين فيها على الطلاب شرح قراراتهم المتعلقة بالتمثيل. ومنها يمكن للمعلم الحصول على معلومات حول طرق تفكير الطلاب في ظواهر معينة. ومن ثم يمكنه اختيار استراتيجية تدريس أخرى مناسبة لتجنب سوء الفهم المحتمل للمفاهيم الكيميائية.
		– التركيز بشكل خاص في توضيح معنى التمثيلات الكيميائية، وفي التأكد من أن المتعلمين يعرفون كيفية قراءة، واستقراء المعلومات المتضمنة فيها.
		– استخدام أنواع متعددة من النماذج، وتأكيد هدفها، وأدوار هذه النماذج للمتعلمين.
نواتج تعلم الطلاب والتقييم.	**المركز القومى للامتحانات، والتقويم التربوى.**	– تعزيز الاختبارات بأنماط أسئلة ومهام تخاطب مستويات التمثيل فى الكيمياء، وخاصة أسئلة الترجمة بين التمثيلات كأداة تعليمية قيمة في تعزيز الفهم الهادف، وأداة موثوقة في أيدي المعلمين لاستنباط المفاهيم البديلة لدى الطلاب وتقديم نظرة ثاقبة لفهم الطلاب للمفاهيم الكيميائية، وهو لا يتضح بسهولة من خلال مطالبتهم بحل المشكلات العددية أو الرمزية
		– التركيز على استراتيجيات التقييم من أجل التعلم، والتقييم للتعلم بديلًا لتقييم التعلم، لمنح فرص إثارة مستويات التفكير المختلفة.
		– توظيف مدى واسع من تقنيات التقييم البديل، والأصيل؛ مثل: ملف الإنجاز الورقي والإلكترونى، ومهام الأداء، والمشروعات... إلى غير ذلك.
		– الاستعانة بنماذج التقييم العالمية في تطوير نظم التقييم فى الكيمياء، ووضع نموذج تكاملى للتقويم، يجمع كلا التقويمين: القومى، والدولى.
		– استخدام نتائج التقييمات؛ للحكم على مدى التقدم المحرز في تعلم الطلاب للكيمياء، وكتغذية راجعة لكافة المعنيين.

المحور	المسئول	إجراءات التنفيذ
		– تطوير أنظمة التقويم، والمحاسبية؛ وفقًا لمؤشرات أداء الطلاب، ونتائج إنجازهم الأكاديمى، ووفق نتائج الدراسات الأكاديمية.
إعداد المعلم.	كليات التربية.	– تجديد برامج كليات التربية لإعداد معلمى الكيمياء بالمحتوى العلمى، والتربوى الملائمين؛ بحيث تتوافر مقررات في الكيمياء مصممة لفهم طبيعة المجال، ومتطلباته، ولغته؛ لتؤثر بشكل إيجابي على فهمهم لطبيعة المادة ومعتقداتهم حول قدرات الطلاب على تعلمها؛ ليكونوا على استعداد لمواجهة تحديات التدريس، وضمان حصولهم على درجة عالية من الإعداد الملائم.
		– تضمين برامج إعداد المعلمين المهارات اللازمة لاستخدام أساليب التعلم القائمة على استخدام وتصميم الموارد التعليمية المساعدة فى تطوير استيعاب التمثيلات الكيميائية.
		– تكليف كليات التربية إجراء تحليل بعدي لنتائج البحوث، والدراسات المرتبطة بتعليم الكيمياء بصورة دورية مستمرة؛ للحصول على التوصيات، والمقترحات اللازمة لتحسين تعليم الكيمياء، وتنفيذها.
التطوير المهنى للمعلم.	الأكاديمية المهنية للمعلمين	– توفير مزيد من التطوير المهني في الكيمياء للمعلمين الممارسين؛ بحيث يركز هذا التطوير المهني على المحتوى وفق طبيعة مجال الكيمياء، وطبيعة ممارساته.
		– إجراء مسح مستمر لاحتياجات معلمى الكيمياء، ولا سيما فيما يتعلق بالتمثيلات الكيميائية ولغة علم الكيمياء؛ لتصميم برامج متنوعة؛ للوفاء بتلك الاحتياجات.
		– إنشاء مجتمعات التعلم المهنية على مستوى المدارس بين معلمى الكيمياء؛ من أجل التنمية المهنية، وتبادل الخبرات، تتماشى مع مبادئ نظرية تعلم الكبار في كونها محددة، ومستمرة، ومرتبطة بتجارب المعلمين، واحتياجاتهم.
		– توفير البعثات العلمية للمعلمين، وخاصة في الكيمياء؛ لبناء كوادر تدريسية للمستقبل.
		– منح تراخيص العمل للمعلمين، تجدد في فترات زمنية محددة؛ لضمان جودة العملية التعليمية.

توصيات الدراسة:

في ضوء النتائج التى أسفرت عنها الدراسة، يُوصى بما يلي :

١. تطوير المعايير القومية المصرية، وإدراج معايير خاصة بالتمثيلات الكيميائية فى المراحل التعليمية المختلفة، ولا سيما المرحلة الثانوية.
٢. إجراء تقويم مستمر لمناهج الكيمياء، وتطويرها؛ بما يناسب فلسفتها، وطبيعتها؛ لتتضمن التمثيلات الكيميائية، بمستوياتها المختلفة.
٣. اهتمام مطورى كتب الكيمياء فى الإصدارات الأحدث من الكتب المدرسية؛ بمراعاة معايير وضع التمثيلات الكيميائية فى المناهج الدراسية.
٤. التوسع في استخدام طرق، وأنشطة التعليم، والتعلم التى تدعم الممارسات العلمية فى تعليم الكيمياء؛ لوضع المحتوى في سياق مشكلات العالم الحقيقي وما يتضمنه من ظواهر ماكروسكوبية، وتفسيرها بالمستويات تحت الميكروسكوبية، والرمزية

٥. تعزيز الاختبارات بأنماط أسئلة، ومهام تقييمية تخاطب مستويات التمثيل فى الكيمياء، والترجمة بينها؛ لتعزيز الفهم العميق.
٦. التطوير المستمر لبرامج كليات التربية لإعداد معلمى الكيمياء بالمحتوى العلمى، والتربوى الملائمين؛ بحيث تتوافر مقررات في الكيمياء مصممة لفهم فلسفة، وطبيعة المجال، وممارساته؛ لتؤثر بشكل إيجابي على فهم الطلاب المعلمين لطبيعة المادة، وضمان حصولهم على درجة عالية من الإعداد الملائم لتدريس الكيمياء.
٧. تحديد احتياجات التطوير المهنى لمعلمى الكيمياء؛ لتوفير البرامج التى تتفق معها احتياجاتهم لتدريس علم الكيمياء وفق طبيعته، وممارساته العلمية.

مقترحات الدراسة:

يمكن - في ضوء ما خلصت إليه نتائج الدراسة الحالية – اقتراح الدراسات الآتية:

١. تحليل التمثيلات الكيميائية في كتب العلوم في المرحلتين: الإبتدائية، والإعدادية؛ لتعرف مستويات التمثيلات الكيميائية المتضمنة.
٢. دراسات تجريبية؛ لقياس مدى فاعلية التمثيلات الكيميائية المتضمنة في كتب الكيمياء بالمراحل المختلفة.
٣. دراسة ميدانية لتعرف وجهات نظر المختصين في تطوير مناهج الكيمياء للمرحلة الثانوية، ومدى إدراكهم للتمثيلات الكيميائية المتضمنة في كتب الكيمياء للمرحلة الثانوية.
٤. تحديد تأثير تحسين كفاءة التمثيلات الكيميائية للطلاب في الاختبارات عالية المستوى من التفكير.
٥. تحليل طبيعة وأنواع التمثيلات الواردة في المصادر التكميلية المختلفة التى قد تصاحب الكتب المدرسية.

المراجع:

أولًا: المراجع العربية:

١. أحمد، زينب؛ كاظم، عباس. (٢٠١٥). أثر استخدام استراتيجية التمثيل الدقائقي للمادة في مهارات التفكير البصري لدى طلاب الصف الرابع العلمي في مادة الكيمياء. *مجلة الفتح*، جامعة ديالى، العراق، ١١(٦٣)، ١٦٩-١٩٦.

٢. أحمد، عصام محمد سيد. (٢٠٢٠). فاعلية استخدام تكنولوجيا الواقع المعزز لعلاج صعوبات تعلم الكيمياء وتنمية الدافعية للإنجاز لدى طلاب المرحلة الثانوية العامة. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢٣(٢)، ١٨٥-٢٤٦.

٣. إسماعيل، دعاء سعيد محمود. (٢٠٢١). فاعلية التعلم الاستقصائي الموجه نحو العملية POGIL في علاج التصورات البديلة عن الترابط الكيميائي في الكيمياء لدى طلاب المرحلة الثانوية. *مجلة كلية التربية، جامعة بنها*، ٣٢(١٢٨)، ٤٣٣ – ٤٨٨.

٤. أبو علام، رجاء محمود. (٢٠٠٣). *التحليل الإحصائي للبيانات باستخدام برنامج SPSS*. القاهرة: دار النشر للجامعات.

٥. مهدى، ياسر (٢٠١٨). نموذج مقترح فى تدريس الكيمياء العضوية قائم على نظرية معالجة المعلومات لتنمية التنبؤ بخصائص المادة وخفض العبء المعرفى لدى طلاب المرحلة الثانوية بالمملكة العربية السعودية. *الجمعية المصرية للمناهج وطرق التدريس*، مجلة كلية التربية، جامعة عين شمس، (٢٣٧)، ٦٦-١١٥.

ثانيًا: المراجع الأجنبية:

1. Adams, K. & Luft, J. (2018). Beginning Chemistry Teachers' Depictions of the Chemistry Content. *International Journal of Environmental & Science Education*, 13(1), 65-95. Article Number: ijese.2018.006.

2. Ainsworth S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001.

3. *Ainsworth S. (2008). The educational value of multiple representations when learning complex scientific concepts.* In Gilbert J. K., Reiner M. and Nakhleh M. (eds.), Visualization: Theory and practice in science education, pp. 191–208. New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5267-5_9.

4. Ainsworth, S. (2018). *Multiple representations and multimedia learning.* In Fischer F., Hmelo-Silver C. E., Goldman S. R. and Reimann P. (eds.), International handbook of the learning sciences, , pp. 96–105. New York: Routledge.
5. Ainsworth S., & Newton L. (2014). *Teaching and researching visual representations: shared vision or divided worlds?* In Eilam B. and Gilbert J. K. (eds.), Science teachers' use of visual representations, pp. 29–49. Dordrecht, The Netherlands: Springer International Publishing.
6. Airey J., & Linder C., (2017). *Social semiotics in university physics education.* In Treagust D. F., Duit R. and Fischer H. E. (eds.), Multiple representations in physics education, pp. 95–122. Dordrecht, The Netherlands: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58914-5_5.
7. Akaygun, S., & Jones, L. L. (2013). *Dynamic Visualizations: Tools for Understanding the Particulate Nature of Matter*. In: Tsaparlis, G., Sevian, H. (eds) Concepts of Matter in Science Education. Innovations in Science Education and Technology, pp. 281–300, vol 19. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5914-5_13.
8. Al-Balushi, S., & Al-Harthy, I. (2015). Students' mind wandering in macroscopic and submicroscopic textual narrations and its relationship with their reading comprehension. *Chemistry Education Research and Practice*,16(3), 680-688. https://doi.org/10.1039/C5RP00052A.

9. Ardac D., & Akaygun S., (2005), Using static and dynamic visuals to represent chemical change at molecular level .*International Journal of Science Education*, 27(11), 1269-1298. https://doi.org/10.1080/09500690500102284.

10. Aydin, S., Sinha, S., Izci, K., & Volkmann, M. (2014). Turkish, Indian, and American

chemistry textbooks use of inscriptions to represent 'Types of Chemical Reactions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10 (5), 383-393. https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1060a.

11. Berg, A., Orraryd, D., Pettersson, A., J, & Hultén, M. (2019). Representational challenges in animated chemistry: self-generated animations as a means to encourage students' reflections on submicro processes in laboratory exercises *Chemistry Education Research and Practice*, 20, 710–737. https://doi.org/10.1039/C8RP00288F.
12. Bergqvist, A., & Rundgren, S. (2017). The influence of textbooks on teachers' knowledge of chemical bonding representations relative to students' difficulties understanding. *Research in Science and Technological Education*, 35(1):1-23. https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1295934
13. Bradley, J. (2014). The chemist's triangle and a general systemic approach to teaching, learning and research in chemistry education. *African Journal Chemical Education*, 4(2), 64-79.
14. Chandrasegaran, A., L., Treagust, D., F., & Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293–307. https://doi.org/10.1039/B7RP90006F.
15. Chen, X., de Goes, L., Treagust, D. & Eilks, I. (2019). An Analysis of the Visual Representation of Redox Reactions in Secondary Chemistry Textbooks from Different Chinese Communities. *Education Sciences*, 9(1), 42. https://doi.org/10.3390/educsci9010042.
16. Cheng, M., & Gilbert, J.K. (2009). *Towards a Better Utilization of Diagrams in Research into the Use of Representative Levels in Chemical Education.* In: Gilbert, J.K., Treagust, D. (eds) Multiple Representations in Chemical Education. Models and Modeling in Science Education, (pp. 55-73), vol 4. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_4
17. Chiappetta, E. L. (2008). *Historical development of teaching science as inquiry*. In J. Luft, R. Bell, & J. Gess- Newsome (Eds.), Science as inquiry in the secondary setting, (PP. 21-30). NSTA press.
18. Chittleborough, G., & Treagust, D. (2008). Correct interpretation of chemical diagrams requires transforming from one level of representation to another. *Research in Science Education*, 38, 463–482. https://doi.org/10.1007/s11165-007-9059-4
19. Cook, M. (2011). Teachers' Use of Visual Representations in the Science Classroom. *Science Education International*, 22(3), 175-184.
20. Corradi D. M. J, Elen J., Schraepen B., & Clarebout G., (2014). Understanding Possibilities and Limitations of Abstract Chemical Representations for Achieving Conceptual Understanding. *International Journal of Science Education*, 36(5), 715–734, https://doi.org/10.1080/ 09500693.2013.824630.
21. Dangur V., Avargil S., Peskin U., & Dori J. Y. (2014). Learning quantum chemistry via visual-conceptual approach: students' bidirectional textual and visual understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 297–310. https://doi.org/10.1039/C4RP00025K.
22. Davidowitz B., & Chittleborough G. (2009). *Linking the macroscopic and sub-microscopic levels: diagrams.* In Gilbert J. K. and Treagust D. (ed.), Multiple

representations in chemical education, pp. 169–191. Netherlands: Springer.
23. De Moura, C., & Guerra, A. (2016). Cultural History of Science: A Possible Path for Discussing Scientific Practices in science Teaching? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(3), 749 – 771. Scribbr. https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4587/2992
24. Demirdogen B. (2017). Examination of chemical representations in Turkish high school chemistry textbooks. *Journal of Baltic Science Education*, 16(4), 472–499. https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.472.

25. Demirdöğen, B. (2017). Examination of chemical representations in Turkish high school chemistry textbooks. *Journal of Baltic Science Education*, 16(4), 472-499. https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.472

26. Devetak, I., & Glažar, S. A. (2010). The influence of 16-year-old students' gender, mental abilities, and motivation on their reading and drawing sub-micro representations achievements. *International Journal of Science Education*, 32 (12), 1561-1593. https://doi.org/10.1080/09500690903150609.

27. Devetak, I., Vogrinc, J., & Glažar, S. A. (2010). States of matter explanations in Slovenian textbooks for students aged 6 to 14. *International Journal of Environmental & Science Education*, 5 (2), 217-235.
28. Dori, Y. J., & Hameiri M. (2003). Multidimensional analysis system for quantitative chemistry problems: Symbol, macro, micro, and process aspects. *JRST*, 40 (3), 278–302. https://doi.org/10.1002/tea.10077.
29. Dori, Y.J., Dangur, V., Avargil, S., & Peskin, U. (2014). Assessing Advanced High School and Undergraduate Students' Thinking Skills: The Chemistry--From the Nanoscale to Microelectronics Module. *Journal of Chemical Education, 91(9)*, 1306-1317. https://doi.org/10.1021/ed500007s.

30. Duis, J. (2011). Organic chemistry educators' perspectives on fundamental concepts and misconceptions: An exploratory study. *Journal of Chemical Education*, 88(3), 346-350. https://doi.org/10.1021/ed1007266.
31. Dumon, A & Mzoughi-khadhraoui, I. (2014). Research and Practice Teaching chemical change modeling to Tunisian students: an "expanded chemistry triplet" for analyzing teachers' discourse. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1),70–80. https://doi.org/10.1039/C3RP00126A.

32. Duschl, R. A. (2019). Learning progressions: Framing and Designing Coherent Sequences for STEM Education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(4), 1-10. https://doi.org/10.1186/s43031-019- 0005-x.
33. Eriksson U., Linder C., Airey J., & Redfors A., (2014). Who needs 3D when the universe is flat? *Science Education*, 98(3), 412–442. https://doi.org/10.1002/sce.21109.
34. 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) . https://doi.org/10.1186/s40594-015-0024-x
35. Furio-Mas C., Calatayud M. L., Guisasola J., & Furio-Gomez C., (2005), How are the concepts and theories of acid–base reactions presented? Chemistry in textbooks and as presented by teachers. *International Journal of Science Education*, 27(11), 1337–1358.

https://doi.org/10.1080/09500690500102896.

36. Gabel D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548–554. https://doi.org/10.1021/ed076p548.
37. Gilbert, J.K., & Treagust, D.F. (2009). *Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship Between Them: Key Models in Chemical Education*. In: Gilbert, J.K., Treagust, D. (eds) Multiple Representations in Chemical Education. Models and Modeling in Science Education, vol 4. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_1.
38. Gkitzia V., Salta K., & Tzougraki C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(1), 5–14. https://doi.org/10.1039/C1RP90003J.
39. Gkitzia, L, Salta, K.**,** & Tzougraki, C. (2019). Students' competence in translating between different types of chemical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 307-330. https://doi.org/10.1039/C8RP00301G.

40. Gulacar, O., Eilk, I., & Bowman, C. (2014). Differences in General Cognitive Abilities and Domain-Specific Skills of Higher- and Lower-Achieving Students in Stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 91(7), 961-968. https://doi.org/ 10.1021/ed400894b

41. Hand, B., Gunel, M., & Ulu, C. (2009). Sequencing embedded multimodal representations in a writing to learn approach to the teaching of electricity. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 225-247. https://doi.org/10.1002/tea.20282.
42. Harza, A, Wiji, W., & Mulyani, S. (2021). Potency to overcome misconceptions by using multiple representations on the concept of chemical equilibrium. *Journal of Physics*: Conference Series, 1806 012197.

43. Hein, S. M. (2012). Positive Impacts Using POGIL in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89 (7), 860-864. https://doi.org/10.1021/ed100217v.

44. Herga, N., R., Čagran, B., & Dinevski, D. (2016). Virtual Laboratory in the Role of Dynamic Visualisation for Better Understanding of Chemistry in Primary School. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education,* 12(3), 593-608. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1224a.

45. Herga, N., R., Glažar, S. & Dinevski, D. (2015). Dynamic visualization in the virtual laboratory enhances the fundamental understanding of chemical concepts. *Journal of Baltic Science Education*, 14(3):351-365. https://doi.org/10.33225/jbse/15.14.351
46. Hilton A., & Nichols K., (2011), Representational classroom practices that contribute to students' conceptual and representational understanding of chemical bonding. *International Journal of Science Education*, 33(11), 2215–2246. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.543438.

47. Hrast, S., & Savec, V. (2017). The Integration of Submicroscopic Representations Used in Chemistry Textbook Sets into Curriculum Topics. *Acta Chimica Slovenica*, 64, 959-967. https://doi.org/10.17344/acsi.2017.3657.

48. Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. (2010). Teaching and Learning about Force with

a Representational Focus: Pedagogy and Teacher Change. Research in *Science Education*, 40, 5-28. https://doi.org/10.1007/s11165-009-9154-9.

49. Irez, S. (2009). Nature of science as depicted in Turkish biology textbooks. *Science Education*, 93(3), 422– 447. https://doi.org/10.1002/sce.20305.
50. Jaber, L. Z. & BouJaoude S. (2012). A macro–micro–symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science education*, 34(7), 973–998. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.569959.
51. Jensen, W. (1998). "Does chemistry have a logical structure? *Journal of Chemical Education*, 75(6), 679-687. https://doi.org/10.1021/ed075p679.
52. Jiménez-Aleixandre, M., & Crujeiras, B. (2017). *Epistemic practices and scientific practices in science education*. In K. Taber, & B. Akpan (Eds.), Science education: an international Course, PP. 69-80. Companion Sense publishers. Scribbr. https://brill.com/view/book/edcoll/9789463007498/BP000006.xml
53. Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x.
54. Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand, *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701–705. https://doi.org/10.1021/ed070p701.
55. Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry: Logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice,* 1(1), 9–15. https://doi.org/10.1039/A9RP90001B.

56. Kapici H. & Acikalin-Savasci F. (2015). Examination of visuals about the particulate nature of matter in Turkish middle school science textbooks. *Chemistry Education Research and Practice,* 16, 518–536. https://doi.org/10.1039/C5RP00032G.

57. Kelly, G. J. (2008). *Inquiry, Activity, and Epistemic Practice*. In R. Duschl & R. Grandy (Eds.) Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation (pp. 99-117; 288-291). Rotterdam: Sense Publishers.
58. Kelly, R. M., Akaygun, S., Hansen, S. J. R., & Villalta-Cerdas, A. (2017). The effect that comparing molecular animations of varying accuracy has on students' submicroscopic explanations. *Chemistry Education Research and Practice*, 18, 582-600. https://doi.org/10.1039/C6RP00240D.
59. Kelly, R., Barrera, J., & Mohamed, S. (2010). An analysis of undergraduate general chemistry students' misconceptions of the submicroscopic level of precipitation reactions. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 113 – 118. https://doi.org/10.1021/ed800011a
60. Kern, A. L., Wood, N. B., Roehrig, G. H., & Nyachwaya, J. (2010). A qualitative report of the ways high school chemistry students attempt to represent a chemical reaction at the atomic/molecular level. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 165-172. https://doi.org/10.1039/C005465H.
61. Khaddoor, R., Al-Amoush, S. & Eilks, I. (2017). A comparative analysis of the intended curriculum and its presentation in 10th grade chemistry textbooks from seven Arabic countries. *Chemistry Education Research and Practic*e, 18, 375–385. https://doi.org/10.1039/C6RP00186F.
62. Khine, M. S. (2013). Analysis of science textbooks for instructional effectiveness. In M. S. Khine (Ed.), Critical analysis of science textbooks (pp. 303-310). Netherlands: Springer.
63. Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing

representational competence. In J. Gilbert (Ed.), Visualization in science education. Models and Modeling in Science Education (pp. 121–145), vol 1. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_8.

64. Lansangan, R, V., Orleans, A, V., & Camacho, V, M. (2018). Assessing Conceptual Understanding in Chemistry Using Representation. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 24(11), 7930-7934. https://doi.org/10.1166/asl.2018.12459.

65. Lee, V.R. (2010). Adaptations and continuities in the use and design of visual representations in US middle school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 32, 1099–1126. https://doi.org/10.1080/09500690903253916.

66. Lewthwaite, B., & Wiebe, R. (2010). Fostering teacher development to a tetrahedral orientation in the teaching of chemistry. *Research in Science Education*, 41(5):667-689. https://doi.org/10.1007/s11165-010-9185-2.

67. Li, W., & Arshad, M. (2014). Chemistry Teacher's Questions at Multiple Representation Levels in Inquiry-Based Chemistry Lessons. *Sains Humanika*, 1(1), 31–36. https://doi.org/10.11113/sh.v1n1.287

68. Lin, Y., Son, J., & Rudd, J. (2016). Asymmetric translation between multiple representations in chemistry. *International Journal of Science Education*, 38(4), 644-662. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1144945

69. Liu, Y., & Taber, K. S. (2016). Analysing symbolic expressions in secondary school chemistry: their functions and implications for pedagogy. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 439-451. https://doi.org/10.1039/C6RP00013D

70. Luviani, S, Mulyani' S & Widhiyanti' T. (2021). A review of three levels of chemical representation until 2020. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806 012206. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012206.

71. Mathewson, J. H., (2005), The visual core of science: definitions and applications to education, Int*ernational Journal of Science Education*, 27(5), 529-548. https://doi.org/10.1080/09500690500060417.

72. Mayer, R. (2002). Cognitive theory and the design of multimedia instruction: an example of the two-way street between cognition and instruction. *New Directions for Teaching and Learning*, (89), 55-71. https://doi.org/10.1002/tl.47.

73. McDermott, M.A., & Hand, B. (٢٠١٣). The impact of embedding multiple modes of representation within writing tasks on high school students' chemistry understanding. *Instructional Science*, 41, 217–246. https://doi.org/10.1007/s11251-012-9225-6

74. McTigue, E., & Flowers, A. (2011). Science visual literacy: Learners' perceptions and knowledge of diagrams. *The Reading Teacher*, 64(8), 578-589. https://doi.org/10.2307/41203457.

75. Meijer, M. R., Bulte, A. M. W., & Pilot, A. (2008). Structure–property relations between macro and micro representations: Relevant meso-levels in authentic tasks. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Eds.), Multiple representations in chemical education (pp. 195–213). the Netherlands: Springer.

76. Melville, W., & A. Bartley. (2010). Mentoring and Community: Inquiry as Stance and Science as Inquiry. *International Journal of Science Education*, 32(6), 807– 828. https://doi.org/10.1080/09500690902914641.

77. Milenkovic, D. D., Segedinac, M. D., & Hrin T. N. (2014). Increasing high school students' chemistry performance and reducing cognitive load through an instructional strategy based on the interaction of multiple levels of knowledge representation. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1409–1416. https://doi.org/10.1021/ed400805p.
78. Miles, M., & Huberman, A. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
79. Minner, D. D., Levy, A. J., & J. Century. (2010). Inquiry-based Science Instruction-What Is It and Does it Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research Science Teaching*, 47(4), 474–496. https://doi.org/10.1002/tea.20347.
80. Mocerino, M, Chandrasegaran, A., & Treagust, D. (2009). Emphasizing multiple levels of representation to enhance students' understandings of the changes occuring during chemical reactions. *Journal of Chemical Education*, 86(12), 1433-1436. https://doi.org/10.1021/ed086p1433.
81. Moje, B. (2008). Foregrounding the disciplines in secondary literacy teaching and learning: A call for change. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 52(2), 96-107. https://doi.org/10.1598/JAAL.52.2.1

82. Naah B. M. & Sanger M. J. (2012). Student misconceptions in writing balanced equations for dissolving ionic compounds in water. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 186–194. https://doi.org/10.1039/C2RP00015F.
83. Nakiboğlu, C., & Yildirir, H. E. (2011). Analysis of Turkish high school chemistry textbooks and teacher-generated questions about gas laws. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9 (5), 1047-1071. https://doi.org/10.1007/s10763-010-9231-6.
84. National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/4962.
85. National Research Council (NRC). (2012). *A framework for k-12 science education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13165.
86. National Research Council (NRC). (2013*). Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/18290.
87. National Science Teachers Association (NSTA). (2011). *Quality science education and 21st - century skills*. Scribbr. https://static.nsta.org/pdfs/PositionStatement_21stCentury.pdf.
88. National Science Teachers Association (NSTA). 2016. NSTA Position Statement: The National Science Teachers Association. Scribbr. https://www.nsta.org/nstas-official-positions/next-generation-science-standards

89. Nichols, K., Stevenson, M., Hedberg, J., & Gillies, R. (2015). Primary teachers' representational practices: from competency to fluency. *Cambridge Journal of Education*, 46(4), 509-531. https://doi.org/10.1080/0305764X.2015.1068741.
90. Nitz, S., Prechtl, H., & Nerdel, C. (2014). Survey of classroom use of representations:

development, field test and multilevel analysis. *Learning Environ Res,* 17, 401–422. https://doi.org/10.1007/s10984-014-9166-x.

91. Nyachwaya, J. M., & Wood N. B. (2014). Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*. 15(4), 720–728. https://doi.org/10.1039/C4RP00113C.
92. Nyachwaya J. M., Mohamed A., Roehrig G. H., Wood N. B., Kern A. L., & Schneider J. L., (2011). The development of an open-ended drawing tool: An alternative diagnostic tool for assessing students' understanding of the particulate nature of matter. *Chemistry Education Research and Practice,*12, 121–132. https://doi.org/10.1039/C1RP90017J.
93. Nyachwaya, J., & Gillaspie, M. (2016). Features of representations in general chemistry textbooks: a peek through the lens of the cognitive load theory. *Chemistry Education Research and Practice,* 17(1), 58-71. https://doi.org/10.1039/C5RP00140D.

94. Opera, J. A., & Oguzor, N. (2011). Inquiry Instructional Method and the School Science Curriculum. *Current Research Journal of Social Science*, 3(3), 188–198.
95. Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196. https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1
96. Papageorgiou G., Amariotakis V., & Spiliotopoulou V. (2017). Visual representations of microcosm in textbooks of chemistry: constructing a systemic network for their main conceptual framework. *Chemistry Education Research and Practice,*18(4), 559-571. https://doi.org/10.1039/ C6RP00253F.

97. Patron E., Wikman S., Edfors I., Johansson-Cederblad B., & Linder C. (2017). Teachers' reasoning: classroom visual representational practices in the context of introductory chemical bonding. *Science Education*, 101(6), 887–906. https://doi.org/10.1002/ sce.21298.
98. Pavlin, J., Glažar, S. A., Slapničar, M., & Devetak, I. (2019). The impact of students' educational background, interest in learning, formal reasoning and visualisation abilities on gas context-based exercises achievements with submicro-animations. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(3), 633-649. https://doi.org/10.1039/C8RP00189H.
99. Philipp, S., Johnson, D., & Yezierski, E .(2014). Development of a protocol to evaluate the use of representations in secondary chemistry instruction. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 777-786. https://doi.org/10.1039/c4rp00098f.

100. Prain V., & Waldrip B., (2006), An Exploratory Study of Teachers' and Students' Use of Multi-modal Representations of Concepts in Primary Science, *International Journal of Science Education,* 28(15), 1843–1866. https://doi.org/10.1080/09500690600718294.
101. Prain, V., & Tytler, R. (2012). Learning Through Constructing Representations in Science: A framework of representational construction affordances. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2751-2773. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.626462.

102. Prain, V., Tytler, R., & Peterson, S. (2009). Multiple representation in learning about evaporation. *International Journal of Science Education*, 31(6), 787–808.

https://doi.org/10.1080/09500690701824249.

103. Rakhmawan, A., Firman, H., Redjeki, S., & Mulyani, S. (2019). Achievement profile of high school students on chemical dynamics material at three levels of representation. *Journal of Physics*: Conference Series,1157 042027. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042027.
104. Ramnarain U., & Joseph A., (2012). Learning difficulties experienced by grade 12 South African students in the chemical representation of phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 462–470. https://doi.org/10.1039/C2RP20071F.
105. Rau M. A., (2017), Conditions for the effectiveness of multiple visual representations in enhancing STEM learning. *Educational Psychology Review*, 29, 727–761. https://doi.org/10.1007/s10648-016-9365-3.
106. Rees, S.W., Kind, V., & Newton, D. (2021). The development of chemical language usage by "non-traditional" students: the interlanguage analogy. *Research in science education*, 51 (2). pp. 419-438. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9801-0.

107. Rodić,D, Rončević, T., & Segedinac, M. (2018). The Accuracy of Macro–Submicro–Symbolic Language of Future Chemistry Teachers. *Acta Chimica Slovenica,* 65(2), 394–400. https://doi.org/10.17344/acsi.2017.4139. doi.org/10.17344/acsi.2017.4139.
108. Roth, W. M., Bowen, G. M., & McGinn, M. K. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of research in science teaching*, 36(9), 977-1019. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199911)36:9<977::AID-TEA3>3.0.CO;2-V.
109. Ruivenkamp, M, & Rip, A. (2010). Visualizing the invisible nanoscale study: visualization practices in nanotechnology community of practice. *Science & Technology Studies*, 23(1), 3–36. https://doi.org/10.23987/sts.55255.
110. Russ, R. S. (2014). Epistemology of science vs. epistemology for science. *Science Education*, 98(3), 388–396. https://doi.org/10.1002/sce.21106
111. Sana, S , Adhikary, C., & Chattopadhyay, K. (2018). Evolutionary Paradigm Shift in the Instructional Strategies of Chemical Concepts. *Bhatter College Journal of Multidisciplinary Studies. 8(1).* Scribbr. www.bcjms.bhattercollege.ac.in/v8/n1/v8n1sc06.pdf

112. Sanchez, J. (2017). Integrated Macro-Micro-Symbolic Approach in Teaching Secondary Chemistry. *KIMIKA*, 28(2), 22-29. https://doi.org/10.26534/kimika.v28i2.22-29.

113. Sande, M. E. (2010). Pedagogical content knowledge and the gas laws: A multiple case study. *Doctor of Philosophy*, University of Minnesota. Retrieved from the University of Minnesota Digital Conservancy. Scribbr. https://hdl.handle.net/11299/95498.
114. Santos, V., & Arroio, A. (2016). The representational levels: Influences and contributions to research in chemical education. *Journal of Turkish Science Education*,13(1), 3-18. https://doi.org/10.12973/tused.10153a.

115. Savec, V., Hrast, S., Devetak, I., & Torkar, G. (2016). Beyond the use of an Explanatory Key Accompanying Submicroscopic Representations. *Acta Chimica Slovenica*, 63, 864–873. https://doi.org/10.17344/acsi.2016.2835.

116. Scalco, K., Talanquer, V., Kiill, K., & Cordeiro, M. (2018). Making Sense of Phenomena from Sequential Images versus Illustrated Text. *Journal of Chemical Education*, 95(3), 347-354. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00716.

117. Schwonke, R., Berthold, K., & Renkl, A. (2009). How multiple external representations are used and how they can be made more useful. *Applied Cognitive* Psychology, 23 (9), 1227-1243. https://doi.org/10.1002/acp.1526.

118. Seo, K. (2016). *Representation as a language of scientific practice: exploring students' views on the use of representation and the linkage to understanding of scientific models*. (PhD dissertation), University of Iowa. ProQuest Number: 10188641. https://doi.org/10.17077/etd.38hclrvd.

119. Seufert, T., & Brünken, R. (2006). Cognitive Load and the Format of Instructional Aids for Coherence Formation. *Applied Cognitive Psychology*, *20*(3), 321–331. https://doi.org/10.1002/acp.1248

120. Shehab S. S., & BouJaoude S. (2017). Analysis of the chemical representations in secondary Lebanese chemistry textbooks. *International Journal of Science and Mathematics Education,* 15(5), 797–816. https://doi.org/10.1007/s10763-016-9720-3.

121. Sim J. H., & Daniel, E. G. S. (2014). Representational competence in chemistry: a comparison between students with different levels of understanding of basic chemical concepts and chemical representations. *Cogent Education*, 1(1), 991180. https://doi.org/10.1080/2331186X.2014.991180.

122. Slapničar, M, Tompa, V., Glažar, S., A., & Devetak, I. (2018). Fourteen-year-old students' misconceptions regarding the sub-micro and symbolic levels of specific chemical concepts. *Journal of Baltic Science Education*, 17(4), 620-632. https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.620.

123. Slapničar, M., Devetak, I., Glažar, S. A., & Pavlin, J. (2017). Identification of the understanding of the states of matter of water and air among Slovenian students aged 12, 14 and 16 years through solving authentic tasks. *Journal of Baltic Science Education*, 16 (3), 308-323. https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.308.

124. Souza A. F. D. K., & Porto A. (2012). Chemistry and Chemical Education through Text and Image: Analysis of Twentieth Century Textbooks Used in Brazilian Context. *Science and Education*, 21(5), 705–727. https://doi.org/10.1007/s11191-012-9442-z

125. Stains M., & Talanquer V. (2007). Classification of chemical substances using particulate representations of matter: An analysis of student thinking. *International Journal of Science Education*, 29(5), 643–661. https://doi.org/10.1080/09500690600931129.

126. Stanford, C. (2016). *Using Discourse Analysis to Investigate the Influences of Instructor Facilitation and Course Materials on Student Argumentation and Conceptual Understanding in Pogil Physical Chemistry Classrooms.* The University of Iowa. PhD dissertation. ProQuest Number: 10189603.

127. Stieff M., Hegarty M., & Deslongchamps G. (2011). Identifying representational competence with multi-representational displays. *Cognition and Instruction*, 29(1),

123–145. https://doi.org/10.1080/07370008.2010.507318.

128. Stieff, M., & McCombs, M. (2006). Increasing representational fluency with visualization tools. In S. Barab, K. E. Hay & D. T. Hickey (Eds.), Proceedings of the Seventh International Conference of the Learning Sciences (ICLS) (Vol. 1, pp. 730–736). Mahwah, NJ: Erlbaum.
129. Stieff, M., Ryu, M., & Yip, J. (2013). Speaking across levels – generating and addressing levels confusion in discourse. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 376-389. https://doi.org/10.1039/c3rp20158a.

130. Stojanovska, M, Petruševski, V., & Šoptrajanov, B. (2017). STUDY OF THE USE OF THE THREE LEVELS OF THINKING AND REPRESENTATION. *Contributions, Section of Natural, Mathematical and Biotechnical Sciences*, 35(1). https://doi.org/10.20903/csnmbs.masa.2014.35.1.52.

131. Stroupe, D. (2015). Describing science practice in learning settings. *Science Education*, 99(6), 1033-1040. https://doi.org/10.1002/sce.21191.
132. Sujak, K., & Daniel, E. (2017). Understanding of Macroscopic, Microscopic and Symbolic Representations among Form Four Students in Solving Stoichiometric Problems. Malaysian Online *Journal of Educational Sciences*, 5(3), 83-96.

133. Sunyono, S., & Sudjarwo, S. (2018). Mental models of atomic structure concepts of 11th grade chemistry students. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 19(1), Article 9.
134. Taber K. S. (2009). Learning at the symbolic level. in J.K. Gilbert and David F. Treagust (eds.), Multiple Representations in Chemical Education, pp. 75–108. Dordrecht: Springer.
135. Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14 (2), 156-168. https://doi.org/10.1039/C3RP00012E
136. Taber, K. S. (2018). Representations and visualisation in teaching and learning chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 19, 405-409. https://doi.org/10.1039/C8RP90003E.
137. Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry triplet. *International Journal of Science Education* 33(2), 179-195. https://doi.org/10.1080/09500690903386435.

138. Talanquer, V. (2021). Multifaceted Chemical Thinking: A Core Competence. *Journal of Chemical Education*, 98, 11, 3450–3456. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00785.

139. Tasker, R. (2014). Research into Practice: Visualising the Molecular World for a Deep Understanding of Chemistry. *Teaching Science*, 60 (2), 6-27.

140. Taskin, V., Bernholt, S., & Parchmann, I. (2017). Student teachers' knowledge about chemical representations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 39-55. https://doi.org/10.1007/s10763-015-9672-z.
141. Tima, M.T., & Sutrisno, H. (2018). Effect of Using Problem-Solving Model Based on

Multiple Representations on the Students' Cognitive Achievement: Representations of Chemical Equilibrium. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 19(1).

142. Turkoguz, S. (2012). Learn to teach chemistry using visual media tools. *Chemical Education Research and Practice*, 13, 401-409. https://doi.org/10.1039/C2RP20046E.
143. Tytler, R., Prain, V., & Peterson, S. (2007). Representational issues in students learning about evaporation. *Research in Science Education*, 37(3), 313-331. https://doi.org/10.1007/s11165-006-9028-3.

144. Upahi J. E., & Jimoh M. A. (2016). Classification of end-of chapter questions in senior school chemistry textbooks used in Nigeria. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 4(1), 90–102. https://doi.org/10.30935/scimath/9456.
145. Upahi, J., & Ramnarain, U. (2019). Representations of chemical phenomena in secondary school chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(1), 146-159. https://doi.org/10.1039/C8RP00191J.
146. Wood L. (2013). *Representing Chemistry: How instructional use of symbolic, microscopic and macroscopic modes influences student conceptual understanding in Chemistry*. PhD dissertation. Arizona: Arizona State University. ERIC Number: ED559486.
147. Wu H.-K., & Puntambekar S. (2012). Pedagogical Affordances of Multiple External Representations in Scientific Processes, *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 754–767. https://doi.org/10.1007/s10956- 011-9363-7.

148. Yore, L. D., & Hand, B. (2010). Epilogue: Plotting a research agenda for multiple representations, multiple modality, and multimodal representational competency. *Research in Science Education*, 40(1), 93-101. https://doi.org/10.1007/s11165-009-9160-y.
149. Yore, L., Pimm, D., & Tuan, H. (2007). The literacy component of mathematical and scientific literacy. *American Educational Research Journal*, 5 (4), pp. 559-589 . https://doi.org/10.1007/s10763-007-9089-4.

150. Yuanita, L., & Ibrahim, M. (2015). Mental Models Of Students On Stoichiometry Concept In Learning By Method Based On Multiple Representation. *The Online Journal of New Horizons in Education*, 5(2), 30-45.

Chemical Representations in the First-year Secondary School in the Light of the Next Generation Science Standards NGSS: An Evaluative Study of the Textbook, Inquiry Performances and Learning Outcomes.

Dr/ Nevien Helmy Elkhaial

Curriculum and Methods of teaching department, Faculty of Education, Alexandria University, Egypt.

Abstract

The purpose of this study was to explore the reality of chemical representations in the first-year secondary school in the light of the next generation science standards NGSS; By analyzing the chemistry textbook, inquiry performances, and students' chemical representations competency. A mixed methods was employed. The study sample included: three units (quantitative chemistry, solutions, acids and bases, and thermal chemistry) from the chemistry textbook, (321) students of the first-year secondary, and (13) chemistry teachers. The study tools included: the textbook's chemical representations analysis sheet, the inquiry performances observation sheet, the chemical representations competency test, and interview forms. The results revealed deficiencies in the chemical representations standards in the textbook, also there was a decrease in the classrooms' chemical representations inquiry performances, and a low level of chemical representations competency among the students. The study ended up with a proposed perspective for enhancing chemical representations learning. Several recommendations and proposals were also suggested with some related studies.

Key words: Chemical representations, Next generation science standards, Textbook, Inquiry performances, Learning outcomes, Representational competence.

Received on: 25/7 /2022 **Accepted for publication on:22 /8/ 2022**