معادلة التفاعل الكيميائي في منهاج الكيمياء بالجزائر: مقاربة تاريخية وتعليمية

The chemical reaction equation in the chemistry curriculum in Algeria: historical and didactic approach

بوعلام بلعيدي[1]، سيد علي ريان[2] ، بوبكر ناجمي[3]

[1]المدرسة العليا للأساتذة بالقبة (الجزائر)boualem.belaidi@g.ens-kouba.dz

[2]المدرسة العليا للأساتذة بالقبة (الجزائر)، sidali.rayane@g.ens-kouba.dz

[3]المدرسة العليا للأساتذة بالقبة (الجزائر)،boubekeur.nadjemi@g.ens-kouba.dz

تاريخ الاستلام: 2022 /9/5 تاريخ القبول: 2023 /12/21 تاريخ النشر: 2023 /12/31

ملخص:

من الأهداف المسطرة لتلاميذ السنة الأولى من التعليم ثانوي في منهاج العلوم الفيزيائية في الجزائر، عندما يدرسون تحولات المادة، إدراك المفاهيم الأساسية المتعلقة بمفهوم التفاعل الكيميائي، وأن يكون لديهم معرفة "باللغة" المستخدمة لوصف ظاهرة أو حادثة كيميائية . تمكنهم معادلة التفاعل الكيميائي من ربط ما يحدث في المستوى المرئي بالتغييرات الذرية والجزيئية الأساسية. القيام بذلك يتطلب قدرا كبيرا من التجريد. سنخدع أنفسنا إذا اعتقدنا أن التلاميذ سيكونون قادرين على إنجاز ذلك، دون صعوبة، إنها عملية فكرية استغرقت قرونا ليبنيها العلماء.

سنحاول من خلال هذه الدراسة تحديد المراحل المختلفة للتطور التاريخي للمفاهيم المتضمنة في المعادلة الكيميائية، وتحليل صعوبات التلاميذ في تعلمها..

الكلمات المفتاحية: معادلة التفاعل، النمذجة، صعوبات التعلم، تاريخ الكيمياء.

Abstract : One of the expected goals of the first year of secondary education in the physical science curriculum in Algeria, when they study the field of matter and its transformations, the awareness of the basic concepts related to the concept of chemical interaction, and that they have knowledge of 'language' used to describe a chemical phenomenon. The chemical reaction equation enables them to link what is happening at the visible level with the basic atomic and molecular changes. Do this requires a great deal of abstraction . We will deceive ourselves if we think that the students will be able to accomplish this, without difficulty, it is an intellectual process that took centuries to be built by scientists.

Through this study, we will try to define the various stages of the historical development of the concepts included in the chemical equation, and analyze the difficulties of students in their learning.

Keywords: The reaction equation, modeling, learning difficulties, the history of chemistry.

المؤلف المرسل: بوعلام بلعيدي

1. مقدمة:

الكيمياء علم تجريبي يدرس الخصائص والتفاعلية وهيكل العديد من الأنواع. في الوقت نفسه، يسعى إلى تنظيم وهيكلة هذا التنوع (Barlet, 1999). فهو يعتبر كمفترق طرق نجده في وقت مبكر في تخصصات أخرى، حيث تتطلب المفاهيم الأولى للبيولوجيا (التنفس والهضم) مثلا معرفة بالكيمياء والتي غالبا ما تكون صعبة." ربما أكثر من العلوم الأخرى، يعتمد فهم الكيمياء على فهم ما هو غير مرئي ولا يمكن لمسه"(Kozma & Russell, 1997). بالنسبة للعديد من المتعلمين، ينظر إلى الكيمياء على أنها مادة صعبة ومعقدة ومجردة تتطلب مواهب فكرية خاصة وجهدا كبيرا لفهمها(Gabel, 1999). وفقا لجونسون(Johnstone) يمكن النظر إلى تعليم الكيمياء وفق ثلاث مستويات على الأقل: هناك المستوى الذي يمكننا من خلاله رؤية المواد والتعامل معها ووصف خصائصها من حيث الكثافة والقابلية للاشتعال واللون وما إلى ذلك. المستوى الثاني، هو المستوى التمثيلي الذي نحاول فيه تمثيل المواد الكيميائية بالرموز والصيغ وتغيراتها بواسطة المعادلات، وهذا جزء من اللغة المتطورة لها. المستوى الثالث، هو المستوى الذري والجزيئي وهو المستوى الذي نحاول فيه شرح سلوك المواد الكيميائية بالطريقة التي تتصرف بها (Cardellini, 2012). يقول غابل (Gabel) : "العائق الأساسي أمام فهم الكيمياء، مع ذلك، ليس وجود المستويات الثلاثة لتمثيل المادة، بل هو أن تعليم الكيمياء يحدث في الغالب على المستوى الأكثر تجريدا، وهو المستوى الرمزي" (Gabel, 1999). يتواصل الكيميائيون بلغة أبجدية ورمزية متقنة للغاية"(Sliwka, 2003)، هذه اللغة المتخصصة التي يستخدمها الكيميائيون يمكن أن تكون حاجزا أمام الفهم.

2. الإشكالية

يدرس التلاميذ في السنة الأولى ثانوي وهم في سن يتراوح بين(15–16) سنة الجانب الكمي لمعادلة التفاعل الكيميائي، وتم تعليمهم سابقا مفاهيم المادة الكيميائية(المحددة بخصائصها)، والجزيء(الذي يتكون من ذرات) والذرة الممثلة بنواة موجبة الشحنة وإلكترونات. كما عرفوا أنه خلال تفاعل كيميائي، تختفي المواد المتفاعلة وتتكون النواتج مع إعادة ترتيب الذرات داخل جزيئات جديدة، يتم الحفاظ

على الكتلة الكلية خلال التحول. تم إدخال المعادلات بمجرد دراسة التفاعلات الأولى، وتم تدريس قواعد موازنة هذه المعادلات(انحفاظ الذرات وانحفاظ الشحنة). ولكن عندما يتقن التلاميذ هذه القواعد، ما هو المعنى الذي يعطونه للمعادلة الكيميائية؟، هل يفهمون التفاعل باتباع هذه القواعد؟، هل يمكنهم استخدامها لتحقيق حصيلة المادة؟.

3. أسئلة الدراسة:

- هل التلاميذ في هذا المستوى(السنة الأولى ثانوي) قادرين على التعبير عن التحولات الكيميائية بمعادلات كيميائية وفهم مدلولاتها ومعانيها؟.
- ما هي العقبات التي يواجهها التلاميذ عند التعبير عن التفاعل الكيميائي بمعادلة كيميائية؟.

4. فرضيات الدراسة:

- يواجه التلاميذ صعوبة في التعبير عن التحولات الكيميائية بمعادلات كيميائية وفهم مدلولاتها ومعانيها.
- تواجه التلاميذ عقبات متعلقة بالانتقال من السجل التجريبي إلى سجل النمذجة في التحولات الكيميائية.

5. الغاية من الدراسة:

الغاية من هذا البحث هي المساهمة في إثراء وتحسين محتوى تعليم وتعلم معادلة التفاعل الكيميائي بالمرحلة ما قبل الجامعية بالجزائر، وذلك من خلال الكشف عن عوائق تعلم معادلة التفاعل الكيميائي في منهاج العلوم الفيزيائية، وتقديم اقتراحات لكيفية بناء نمذجة التفاعل الكيميائي، كون تعليم وتعلم هذا المفهوم له أهداف معرفية ومهارية هامة، منها مثلا تنمية مهارات التعبير بالمصطلحات الكيميائية وفهم مدلولات ومعاني المعادلة الكيميائية وتطبيقاتها.

6. دراسات سابقة

- قامت وحدة البحث في طرائق تدريس العلوم الفيزيائية بالمدرسة العليا للأساتذة بالقبة في عام1995، بتقويم وطني لتدريس العلوم الفيزيائية في السنة الأولى ثانوي، بهدف معرفة مدى استيعاب التلاميذ لبعض المفاهيم الأساسية (التمثيل بواسطة الرموز الكيميائية ومعرفة مدلولها ووضع تصور للنماذج)، ومعرفة الصعوبات التي تواجههم

أثناء دراستها، وكذا معرفة مدى توظيف المعارف والمهارات المكتسبة كالتمثيل بواسطة الرموز ومعرفة مدلولها ووضع تصور للنماذج. وقد جاءت الكيمياء أصعب من الفيزياء بشكل عام. ففي نهاية السنة الأولى ثانوي، لا يبدو أن التلاميذ يتقنون لغة الكيمياء، فهم يحصلون على أفضل النتائج في الاختبارات الحسابية، لكنهم لا يعرفون القواعد والرموز الأساسية، وعندما يعرفونها لا يفهمون معانيها جيدا. من أهم النتائج المحصل عليها في هذه الدراسة:- يفضل التلاميذ حل التمارين على الأعمال المخبرية ثم الدروس النظرية.-عدم تمكن التلاميذ من تصور النماذج المختلفة لتفسير بنية المادة.-معظم التلاميذ لا يعرفون مدلول المعاملات الستكيومترية، وجد أن نسبة (25%) منهم فقط تمكنوا من قراءة معادلة التفاعل الكيميائي(وحدة البحث في طرائق تدريس العلوم الفيزيائية, 1995).

➢ قمنا بدراسة تم فيها تقديم استبيان لتلاميذ السنة الأولى ثانوي (في نهاية السنة الدراسية2016)، مكون من ثلاث فقرات تتعلق بـ: مدلول موازنة معادلة التفاعل ومدلول المعاملات الستكيومترية، التعبير عن التفاعل الكيميائي بمعادلة كيميائية، قراءة معادلة التفاعل على المستويين المجهري والعيانين قانون انحفاظ الكتلة في التفاعل الكيميائي. تكونت عينة الدراسة من خمسين(50) تلميذا يدرسون في السنة الأولى ثانوي موزعين على قسمين(ولاية المدية). نقدم فيما يلي تحليلا للنتائج المحصل عليها:

- استطاع أكثر من نصف التلاميذ(52%) كتابة وموازنة المعادلة(السؤال04) لأن العملية تعتمد عمليات حسابية بسيطة، في حين أن هذه القدرة لا تعني فهم معنى معادلة التفاعل المتوازنة (السؤال01). يتوافق هذا مع نتائج تقييم عام 1995.

- التلاميذ لا يمكنهم قراءة معادلة التفاعل بشكل صحيح على المستويين المجهري والعياني على حد سواء حيث كانت نسبة الإجابات الخاطئة 36% بينما امتنع البقية عن الإجابة لأن المنهاج لا يتضمن بشكل صريح قراءة المعادلة الكيميائية وبالتالي لا تقدم للتلاميذ.

- بالنسبة للسؤال المتعلق بمدلول المعاملات الستكيومترية في معادلة التفاعل فقد بينت النتائج أن التلاميذ غير قادرين على مفهوم مدلولها حيث كانت 60% من الإجابات خاطئة و40 % امتنعوا عن الإجابة.

وعليه يمكن القول: رغم أن التلاميذ في هذه المرحلة يعرفون القواعد التي تمكنهم من كتابة وموازنة معادلة التفاعل(حفظ الذرات وعدم حفظ الجزيئات) إلا أنهم يجدون صعوبة في استخدامها، لأن رمزية اللغة الكيميائية غير مرتبطة بالواقع ارتباطا وثيقا(رؤية الحروف والأرقام لا تعني لهم شيئا)، وهذا بسبب عدم ربط الواقع بالنمذجة.

7. معادلة التفاعل الكيميائي في منهاج الكيمياء من مرحلة التعليم الثانوي بالجزائر

في نهاية مرحلة التعليم المتوسط، وبداية مرحلة التعليم الثانوي، يجب أن يكون التلميذ قادرا على التعرف على تفاعل كيميائي، ملما بمفاهيمه الأساسية، عارفا بكيفية تمثيله، مُجيدا لاستعمال اللغة التي تسمح بنقل المعرفة المتعلقة به. كما يجب عليه معرفة كيفية استخدامه لتحقيق توازن المادة (وزارة التربية الوطنية، 2015). في بداية المرحلة الثانوية تم توسيع المجال التجريبي لموضوع التفاعل الكيميائي بشكل كبير عما كان عليه سابقا، أصبح يشمل التفاعل الكيميائي بين المركبات، سواء كانت جزيئية أو شاردية في المحلول. يمكن وصف الأنواع الكيميائية(المركبات النقية) على مستويين: ظاهرة عيانية(ملاحظة): من خلال الخصائص الفيزيائية(المظهر، اللون، الحالة)، ومن خلال خصائصها المميزة مثل كيفية استخراجها، والكشف عنها. وظاهرة مجهرية(متخيلة): ينظر للمادة من خلال نماذج(خصائص الدقائق، تنظيم الدقائق) (وزارة التربية الوطنية، 2005).

في التحول الفيزيائي(تغيير الحالة) يتم الحفاظ على جسيمات(حبيبات) النموذج، أما في التحول الكيميائي (تفاعل كيميائي) يحدث تغيير في الحبيبات.

تم إدخال مفهوم جديد هو مفهوم العنصر الكيميائي، لتقديم مفهوم الانحفاظ في التحول الكيميائي(لا تتغير الذرات وتتغير الجزيئات). هذا المفهوم عيانيا يتعلق بجميع النوى المتماثلة، ومجهريا يتميز برقم ذري. معرفة مكان عنصر في الجدول الدوري يتيح إمكانية التنبؤ بشحنة الأيون الناتج، وعدد الروابط التي يمكن أن يشكلها. كذلك يتيح استخدام قاعدة الثمانية الإلكترونية والثنائية الإلكترونية، ونموذج لويس تمثيل الأنواع الكيميائية بصيغها(المجملة أو المفصلة). تستعمل هذه المفاهيم السابقة للتعبير عن الظواهر الكيميائية بمعادلة التفاعل المرتبطة بمفهومي المول والتقدم الذين يوضحان مفهوم الانحفاظ في التفاعل الكيميائي من ناحية كمية المادة. المعاملات

المتكافئة ليست مجرد وسيلة رياضية لموازنة معادلة التفاعل، بل تكتسب معنى من حيث النسب المتفاعلة على المستويين المجهري والعياني. تصر المبادئ التوجيهية لتدريس الكيمياء في المرحلتين المتوسطة والثانوية على أهمية نشاط النمذجة، وعلى الاهتمام بالبعد التاريخي لتطور العلوم(وزارة التربية الوطنية، 2005)(وزارة التربية الوطنية، 2015).

تعتمد النمذجة على اللغة الرمزية، فهي لا تستعمل فقط الترميز الموجود في اللغة العادية، بل تلجأ إلى تدقيق هذه اللغة وبناء مفاهيم تتلاءم وموضوعات دراستها. ومن خصائص اللغة قدرتها على الترميز، أي التجريد ونقصد به التعبير عن شيء حسي.

في الواقع، يعود استخدام لغة رمزية إلى أصول الكيمياء؛ فقد كانت طريقة للكيميائيين للحفاظ على أسرارهم منذ القدم. منذ ذلك الحين، استقرت اللغة وتم تقنينها(Fillon, 1997). وراء هذه الأهداف المرجوة من تدريس الكيمياء، كان هناك تفكير وعمل للعلماء والفلاسفة على مدى طويل، وسنوجز فيما يلي تطور المفاهيم العلمية المرتبطة بنمذجة التفاعل الكيميائي ومواقف العلماء إزائها، فعلمية الدروس تكون على قدر محاكاتها لسلوك العلماء في سعيهم لاستجلاء بعض من الحقائق. كما نحاول تقديم دراسة تحليلية للصعوبات التي يواجهها التلاميذ عند نمذجة الظواهر الكيميائية بمعادلات رمزية.

8. مقاربة تاريخية: المراحل المختلفة لتطور المفاهيم المرتبطة بالتفاعل الكيميائي

لقد كان تمثيل المادة وتحولاتها من أول الأسئلة التي شغلت العلماء عبر التاريخ. وسنحاول فيما يلي تلخيص المستويات المختلفة لصياغة التحول الكيميائي عبر التاريخ.

أ- المستوى العياني

حتى وقت لافوازييه (Lavoisie)، كانت المركبات تدرس في حالتها الملموسة، ويتم تحديد خصائصها ببعض الطرق التحليلية. ويعتبر لافوازييه أول من ابتكر طريقة منهجية لدراسة التحول الكيميائي(Laugier & Dumon, 2004):

"...على المرء أن يفترض ، في أي تحول كيميائي ، وجود مساواة (أو معادلة) حقيقية بين مبادئ المركبات المدروسة وتلك المستمدة من عملية التحليل . العنب ينتج حمض الكربونيك والكحول ، يمكنني القول: العنب = حمض الكربونيك + الكحول".

بعد لافوازييه، قدم وينزل وريشتر Wenzel et Richter مفهوم الستكيومترية "القياس المتكافئ"، بالإضافة إلى قانون الأعداد النسبية ومفهوم المكافئ الكيميائي (1792).

استُكمل هذا العمل بعمل بروست proust (من 1797 إلى 1807) حول قانون "النسب المحددة" التي تتحد فيها المواد الكيميائية.

في هذا المستوى، يتم تعريف التفاعل الكيميائي على أنه عملية تعديل لطبيعة المواد المتفاعلة، يتم خلالها حفظ الكتلة وكذلك "العناصر" المكونة للأجسام. المواد مركبات نقية تتميز بخصائصها الفيزيائية والكيميائية.

ب-المستوى الجزيئي الذري

- افترض دالتون(1808) في نظامه الجديد للفلسفة الكيميائية(Dalton, 2010) وجود جسيمات سماها الذرات، بالنسبة له، يرتبط كل جسم بسيط بجسيم وكل جسيم مرتبط برمز ووزن ذري.
- اقترح برزليوس(1813) استبدال الرموز الرسومية لدالتون بأحرف في تمثيل العناصر، وكان ثينارد(1836) من أوائل من استخدم الرموز لتفسير التفاعل بين حمض الكبريت والمعدن(LAUGIER & DUMON, 2001).

$$H^2O + SO^3 + Zn = H^2 + (ZnO, SO^3)$$

بدأ التمييز بين الذرة والجزيء بواسطة (Avogadro 1811) وأصبح فعالا فقط مع كانيزارو Cannizzaro الذي اقترح صيغا قريبة جدا من تلك المستخدمة اليوم، على سبيل المثال:

$$\begin{matrix} NaCl & & HCl \\ & + H^2SO^4 = Na^2SO^4 + & \\ NaCl & & HCl \end{matrix}$$

في هذا المستوى الثاني، التفاعل الكيميائي هو بمثابة إعادة تنظيم لذرات المواد الابتدائية(الأجسام أو المركبات البسيطة)، والتي تعطي مواد جديدة مع الحفاظ على عدد الذرات.

ت-المستوى الفيزيائي الكيميائي

شهدت نهاية القرن التاسع عشر تقاربا بين التخصصات الفيزيائية والكيميائية، وبالتالي نمذجة التحول الكيميائي اقترضت من كلا التخصصين، سواء في السجل المجهري أو العياني(Dumon, 2004).

السجل المجهري	السجل العياني
• ميّز مندليف Mendeleïev بين الأجسام البسيطة والعناصر وعلاقتها مع مفاهيم الذرات والجزيئات. • خضع مفهوم الذرة لتطور عميق، لتصبح "أصغر جسيم له حقيقة مادية". • أدت الاكتشافات إلى الانتقال من ذرة الجسم غير القابلة للكسر إلى "الذرة متعددة الجسيمات": – اكتشاف الإلكترونات بواسطة طومسونThomson (تجربة أشعة الكاثود). – يقترح رذرفوردRutherford واتباعا لعمله فرضية: الشحنة الموجبة والكتلة تتركزان في حجم صغير جدًا والذرة فارغة أساسا. – موسليMoseley وبعد دراساته حول أطياف انبعاث الأشعة السينية بواسطة العناصر ، قدم مصطلح "العدد الذري". – كشف تشادويك Chadwick، بعد عمله على النظائر عن وجود جسيم جديد: "النيوترون". • قدم كوسيل Kossel مفهوم "إلكترونات التكافؤ" وعلاقتها بالسلوك الكيميائي للذرات. ثم قدم لويس Lewisتوضيحا لذلك، وفي عام 1919 قدم لانجمير Langmuirلمفهوم الطبقات والطبقات الفرعية . في هذا المستوى، التحول الكيميائي عملية تنطوي على إلكترونات من غلاف التكافؤ. أثناء التفاعل، يتم كسر الروابط التي تربط الذرات داخل الجزيئات وإعادة تنظيمها لتشكيل مواد أخرى. وبالتالي فإن التفاعل هو رمز لما يحدث على نطاق مجهري أثناء التصادم بين الجزيئات والذرات.	• افترض(1803) Berthollet، بعد التجارب، أن التفاعلات الكيميائية ليست كلها كاملة. • شرح حالة التوازن التي لم يعد يُنظر إليها على أنها حالة من الراحة(توقف التفاعل) بل حالة يحدث فيها تفاعلان متعاكسان في وقت واحد. • أثبت كل من Guldber(1864) و(1867)Waage أن التفاعل الكلي هو استثناء للتفاعل المحدود. • ظهور فكرة المول (Moleküll) تم استخدامه أولا بواسطة أستوالد Ostwald والذي كان بمثابة أداة لتحضير المحاليل في المختبر. • المول "وحدة كمية المادة" في هذا المستوى، التحول الكيميائي بمثابة عملية تحدث بسرعة معينة تؤدي إلى تكوين النواتج. يتم فيه الحفاظ على الكتلة والعناصر. المعادلة تمكن من إجراء توازن في الكتلة والتوازن من حيث الطاقة باستخدام متغير التقدم.

9. مقاربة تعليمية

اهتم العديد من الباحثين بأفكار وتصورات التلاميذ حول موضوع التحولات الكيميائية، والمشكلات التي يواجهونها في مستويات الفهم المختلفة، ونذكر منهم: Dumon & Mzoughi–)(Laugier & Dumon, 2004)(Barker, 2000) (Fillon, 1997) .(Khadhraoui, 2014

لفهم المعنى الكامل لمعادلة التفاعل، يجب أن يكون التلميذ قادرا على الانتقال من الوضع التجريبي الملاحظ (الظواهر الملموسة على المستوى العياني: ما يمكن رؤيته أو لمسه أو الشعور به)، إلى مجال النمذجة حيث يتم وصف المادة وتحولاتها بأشياء غير مرئية (على المستوى المجهري: الذرات، الجزيئات، الشوارد). ويتم ترجمة كل ما سبق من خلال المعادلات (مستوى التمثيلات الرمزية: رموز العناصر وصيغ المركبات والمعاملات الستكيومترية وما إلى ذلك) (Larcher, C., 1994).

التلاميذ لا يستطيعون بمفردهم بناء نموذج للمادة من معرفتهم بالعالم الحسي، لذلك تم إدخال مفهوم نماذج الجسيمات في تدريس الكيمياء، هذا المفهوم يطرح مشاكل عديدة(فمثلا جزيء الماء ليس جزء صغيرا من قطرة ماء). وعليه من الصعب للغاية فهم الانتقال من التركيب الجزيئي للمادة إلى الخصائص العيانية، والعكس، علما أن هذه الخصائص هي التي يدركها التلاميذ والتي تساعدهم على ربط المفهوم بالظاهرة(CARETTO & VIOVY, 1994).

لتوضيح الصعوبات التي يواجهها التلاميذ في فهم هذا الانتقال، وفهم المعادلات، نأخذ مثالين لتفاعل كيميائي. الأول يدرس في منهاج السنة الثالثة من المرحلة المتوسطة، وهو تفاعل احتراق غاز الميثان. والثاني، يدرس في منهاج السنة الرابعة، وهو التفاعل بين حمض كلور الماء والحديد. يتم تعريفهم أولا بمعادلة مماثلة لمعادلة لافوازييه:

الماء + غاز ثاني أكسيد الكربون ⟶ غاز ثنائي الأكسجين + غاز الميثان

كلوريد الحديد + غاز الهيدروجين ⟶ حمض الهيدروكلوريك + الحديد

ثم يطلب تسمية وإعطاء صيغة كل فرد كيميائي متواجد في هذا التفاعل، ثم كتابة المعادلة الكيميائية لهذا التفاعل باستعمال الصيغ الكيميائية.

هذه التمثيلات تنتمي إلى "مجال النمذجة" بالنسبة للكيميائيين(Tiberghien, 1994). في الواقع، تعني هذه الكتابة بالنسبة للتفاعل الأول: " يحترق الغاز المنزلي لإنتاج اللهب والحرارة "، والثاني: " يؤثر الحمض على الحديد وينتج عنه تكوين فقاعات غازية ويتحول المحلول إلى اللون الأخضر" .

لفهم هذه التمثيلات الأولية، يجب على التلميذ أولا إتقان مفهوم التفاعل الكيميائي (حسب IUPAC) "هو العملية التي تؤدي إلى تحويل نوع كيميائي أو أكثر إلى نوع أو أكثر من الأنواع الكيميائية". وتجدر الإشارة هنا أن هذا التعريف الرسمي لا يستخدم المفهوم المجهري للجزيء أو الشاردة أو الذرة، ولكن يستخدم مفهوم الأنواع الكيميائية التي يمكن تعريفها عيانيا من خلال خصائصها، أو مجهريا من خلال بنيتها الإلكترونية(CARETTO & VIOVY, 1994). وإذا راجعنا الكتب المدرسية والمناهج فمن النادر جدا وجود تعريف دقيق للتفاعل الكيميائي. وكذلك يتطلب إدراك أن الغاز مادة كيميائية، وهو أمر بعيد عن القبول بشكل عام بين التلاميذ. أنه يمكن التعرف على المواد المختلفة من خلال اختبارات محددة(طرق الكشف)، ومعرفة التسميات الكيميائية. وأننا ضمن مجال النمذجة.

كذلك، يمكن أن نتساءل هنا كيف يمكن لتلميذ في هذا المستوى، والذي لم يتجاوز نموذج الذرة الكروية(نموذج دالتون) فهم معنى النماذج المدمجة لجزيئات H_2O وO_2 وCO_2 وCH_4، وغيرها التي تقدم له. لماذا O_2 للأكسجين(غاز الأكسجين، ثنائي الأكسجين)؟، لماذا لا يتصرف الكربون دائما بالطريقة نفسها: جزيء رباعي الوجوه للميثانCH_4، وجزيء خطي لثاني أكسيد الكربون CO_2؟، لماذا يمكن العثور على الحديد في المحلول على شكل أيونيFe^{2+} وFe^{3+}، والنحاس والزنك فقط في شكلCu^{2+} وZn^{2+}، والفضة Ag^+؟. كيف يتم كتابة أيون الكبريتات SO_4^{2-} والكربونات CO_3^{2-}؟.

نظرا لغياب مفاهيم يمكن أن تسمح ببناء مثل هذه التمثيلات المختلفة، فليس من المستغرب أن يعجز التلاميذ عن إتقان النمذجة بسهولة، وبالتالي يبنون تمثيلات أخرى، على سبيل المثال: يتم تمثيل هيدروكسيد النحاس بواسطة (CuO,H2O)لأنه عند تسخين المادتين يتم استعادتهما بشكل منفصل. علما أن هذا هو الترميز الذي تم اعتماده في حوالي عام 1830، على أساس حجج متشابهة جدا. يتم تمثيل

هيدروكسيد النحاس أيضا على أنه CuOH وليس $Cu(OH)_2$ مشابها لـ$CuSO_4$، نظرا لوجود أيونات Cu^{2+} في كلا المادتين(Laugier & Dumon, 2003). إن حقيقة عدم امتلاك التلاميذ لمفهوم "التكافؤ" تمنعهم من فهم القاعدة المذكورة أعلاه.

لننظر تمثيل التحولين السابقين باستخدام الصيغ الكيميائية (يدرسها التلميذ ابتداء من مرحلة التعليم المتوسط):

$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$…..1
$Fe(s) + 2\ (H^+ + Cl^-)aq \rightarrow H_2\ (g) + (Fe^{2+} + 2\ Cl^-)aq$.....2
$Fe_{(s)} + 2\ H^+_{\ aq} \rightarrow H_2(g) + Fe^{2+}$ 3.....

المعادلة (3) هي الصيغة "المبسطة" للمعادلة (2)، والتي تنظر فقط في الأنواع الكيميائية المتفاعلة، وهو الشكل الذي أوصت به التعليمات الرسمية للمنهاج(وزارة التربية الوطنية، 2015). ولكن كيف يفترض أن يعرف التلاميذ هذا؟.

تم استخدام هذه التمثيلات لأول مرة في عام 1827 من قبل ثينارد، حيث استخدمت إشارة المساواة(=) لتحل محل إشارة السهم(→) وذلك للإشارة إلى حفظ المادة (الكتلة) والذرات أثناء التغيير الكيميائي(LAUGIER & DUMON, 2001). وهذا المنهج المتبع غير مصرح به في مستوى مرحلة التعليم المتوسط والثانوي.

تساعد المعاملات الستكيومترية على "ضبط" عدد الذرات من كل نوع في النواتج والمتفاعلات. في مرحلة التعليم الثانوي، تتحول إلى أرقام متكافئة وتشير إلى النسب (من حيث كمية المادة) التي يمكن أن تتفاعل فيها المواد المتفاعلة وتتشكل النواتج. يجب عدم الخلط بين هذه المعادلة والمعادلة الرياضية، لأنه في التحول الكيميائي لا توجد مساواة بين الجانبين في كل شيء، ولكن ببساطة الحفاظ على الكتلة والذرات والشحنات الكهربائية (وليس الأحجام أو الجزيئات). ففي دراستنا السابقة أجاب 44٪ من التلاميذ أن موازنة معادلة التفاعل تعني المساواة بين حجم المواد المتفاعلة وحجم المواد الناتجة فيما امتنع 12٪ من التلاميذ عن الإجابة(44٪ إجابات صحيحة فقط).

ليكن تفاعلا كيميائيا يتم فيه قياس أحجام الغازات تحت نفس ظروف درجة الحرارة والضغط. X 1 لتر من المركب Y + 1لتر من المركب Z → 1لتر من المركب

هل هذا التفاعل محتمل؟. طرح هذا السؤال في دراسة سابقة تراوحت نسبة الإجابات الصحيحة من 0٪ في الصف الأول الثانوي إلى أكثر بقليل من 10٪ في الصف الثاني وفي السنة الأولى بالجامعة. بالنسبة لغالبية التلاميذ والطلاب، تقرأ المعادلة الكيميائية من حيث حفظ الأحجام، وكما يقول طالب جامعي هو:"1+1=2 سهل مثل الفطيرة"(Laugier & Dumon, 1994).

هذه إذن مشكلة بالنسبة للتلاميذ، وتضاف إلى الصعوبة التي يشعرون بها عندما يطلب منهم معنى الأرقام الموجودة في الصيغ والمعاملات (والتمييز بين هذين العددين)(Dumon & Mzoughi-Khadhraoui, 2014).

مشكلة ثانية هي أن المعادلات من المفترض أن تمثل حفظ الذرات. إذا كان هذا واضحا للمعادلة(1)أعلاه، فليس كذلك بالنسبة للمعادلة(2). فذرة الحديد، لم تعد نواتها محاطة بـ 26 إلكترونا، ولكن بـ 24 إلكترونا عندما تتحول إلى أيونFe^{2+}(نفس الشيء ينطبق على الهيدروجين، H^+ وH في H_2). إذن، يجب أن يكون التلميذ قادرا على التفريق بين الحديد كجسم مرئي في العالم الحقيقي، والحديد كمادة كيميائية(مركب بسيط من التركيب الذري)، والحديد في الحالة الأيونية، وهنا يجب إدراك مفهوم العنصر الكيميائي، والذي لا يدرس حتى السنة الأولى من المرحلة الثانوية. وحتى في هذا المستوى، يواجه التلاميذ مشاكل في ربط الحديد كشيء ملموس بمفهومي المادة الكيميائية والعنصر(Le Maréchal, 1999). هذا ليس مفاجئا، لأن هذا الربط بين المركب البسيط، والعنصر مع مفاهيم الذرة والجزيء، الذي وضعه مندليف في عام 1879، لا يمكن فهمه إذا لم يكن لدى المرء معرفة واسعة بالتفاعلات الكيميائية. كما يشير باشلارد: "يوجد خلف الظاهرة الكيميائية كما تراها الملاحظة، مستوى جديد من التجريد غير ملموس ولكنه ضروري لفهم التجربة " (Laugier & Dumon, 2004).

يسبب ما ذكرنا سابقا عدم القدرة على إتقان المستوى الرمزي، مما يحدو بالتلاميذ للبحث عن حلول أخرى. على سبيل المثال، عند تفسير تفاعل إرجاع أكسيد النحاس بالكربون، لاحظ (Fillon, 1997) أن التلاميذ يبحثون عن التناظر، إما من اللغة أو من كتابة الصيغ. فبدلا من كتابة التفاعل المدروس تجريبيا بالصيغة:

$$2CuO + C \rightarrow 2Cu + CO_2$$

فهم يفسرون على النحو التالي:

أول أكسيد النحاس + الكربون يعطي أول أكسيد الكربون + النحاس

$$CuO + C \rightarrow CO + Cu$$

وعليه، نستنتج أن اللغة الكيميائية هنا تعمل كعقبة أمام التلاميذ. إلى جانب ذلك عندما يتمكن التلاميذ من ضبط "معاملات" معادلة التفاعل، يفشل الكثيرون منهم في الانتقال بين السجلين العياني والمجهري، ففي أعلى مستوى من الفهم، يدرك التلاميذ المعاني المختلفة للرموز الكيميائية والمعاملات العددية، بينما في أدنى مستوى هو تلاعب رياضي بسيط بالأعداد. تم تأكيد هذا الانفصال بين كتابة وموازنة معادلة التفاعل بنجاح، وفهم أهميتها في السجلات العيانية والمجهرية إلى حد كبير، وذلك من خلال الدراسة التي أجريناها سابقا.

لا ننسى القول، بأنه لا يمكن نمذجة جميع التفاعلات الكيميائية بمعادلة تفاعل واحدة. على سبيل المثال تفاعل احتراق الميثان، إذا كان الأكسجين غير موجود بوفرة (الحد من التفاعل)، يؤدي الاحتراق غير الكامل إلى تكوين أحادي أكسيد الكربون والكربون. ولا يمكن بعد ذلك وصف التفاعل بمعادلة واحدة:

$$4CH_4 + 6\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2CO + C + 8\ H_2O.$$

في الواقع، لا يتم تكوين ثاني أكسيد الكربون والكربون بنفس المقدار من كمية المادة وضعف الكمية من أول أكسيد الكربون. لنمذجة هذا التحول، يلجأ إلى عدة تفاعلات كيميائية، لكل منها تقدمه الخاص، ممثلة بالمعادلات:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \ldots..1$$
$$2CH_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO + 4H_2O \ldots\ldots2$$
$$CH_4 + O_2 \rightarrow + C + 2\ H_2O \ldots..3$$

وينطبق الشيء نفسه على تكوين الصدأ، الذي لا يمكن نمذجته بتفاعل كيميائي واحد.

كل هذه العوائق التي ذكرناها يجب أخذها بعين الاعتبار عند تعليم معادلة التفاعل الكيميائي.

10. نتائج الدراسة :

تشكل اللغة بالنسبة للمتعلمين صعوبات، ويمكن أن يؤدي تعقيد معنى الرمز إلى مفاهيم وتصورات خاطئة إذا لم يتم تقديم تفسيرات واضحة. ومن الصعوبات التي توصلنا إليها بالدراسة نذكر:

– كون اللغة مستعارة من الرياضيات، ونحن نعلم أن الانتقال إلى مجال آخر يعني المخاطرة بتوليد المشاكل أو حتى العوائق المفاهيمية. فالكتابة الرمزية لتفاعل كيميائي تسمى "معادلة كيميائية"، وهي تختلف عن المعادلة الرياضية. فإشارة المساواة مثلا لا تعني المساواة في كل شيء(الحجوم مثلا).

– الصعوبة الثانية، تنبع من حقيقة أن الكتابة الرمزية (الرموز والمعادلات) لها معنيين مجهري وعياني، نتحدث عن الذرة والجزيء، عندما نوازن بين طرفي المعادلة، ونتحدث عن كمية المادة والمول، خلال العمليات الحسابية. في بعض الأحيان، نقدم فكرة العنصر الكيميائي، وهي فكرة ماكروسكوبية، بالتوازي مع فكرة الذرة والجزيء.

مثال: لتمثيل تفاعل اصطناع الماء، نستعمل المعادلات الكيميائية التالية:

$$H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \ldots\ldots\ldots 1$$
$$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H2O \ldots\ldots 2$$
$$2H_2 + O_2 \rightleftarrows 2H_2O \ldots\ldots\ldots 3$$
$$2H_2 + O_2 = 2H_2O \ldots\ldots\ldots 4$$

فعادة ما يتم تعريف النموذج 4 بوضوح على أنه تمثيل كمي متكافئ، من ناحية الكتلة وعدد الذرات والشحنة. لا يتم تدريس معنى السهم المزدوج، في النموذج3، (يقصد به تفاعل في الاتجاهين). تجدر الإشارة إلى أنه لا ينبغي أبدا استخدام النموذج2 مع التفسير المجهري، لأنه لا يوجد نصف جزيء أكسجين، فنكتب O بدل $1/2O_2$.

وبالتالي، هناك حاجة لأنشطة محددة، والتي من خلال يسمح للتلاميذ بتبادل وجهات نظرهم حول التغييرات وما يتم حفظه أثناء تفاعل كيميائي، يكون هدفها تطوير لغة الكيمياء(Hesse & Anderson, 1992) (Laugier & Dumon, 2004).

– عدم ربط الواقع بالنمذجة. وعليه يمكن القول: رغم أن التلاميذ في هذه المرحلة يعرفون القواعد التي تمكنهم من كتابة وموازنة معادلة التفاعل(حفظ الذرات وعدم حفظ الجزيئات) إلا أنهم يجدون صعوبة في استخدامها، لأن رمزية اللغة الكيميائية غير مرتبطة بالواقع ارتباطا وثيقا(رؤية الحروف والأرقام لا تعني لهم شيئا).

11. توجيهات في التدريس–اقتراحات–

في مواجهة هذا الكم من المشاكل، هل ينبغي الاستسلام؟، إن هذا ما يجعل الكيمياء مميزة، ويمنحها سحرها، بحسب بعض المختصين(Barlet, 1999)، وفي نفس الوقت يزيد من صعوبة تعليمها(مع مراعاة القدرات المعرفية للتلاميذ). وهنا تكمن ضرورة المزاوجة بين المستويين المجهري والعياني؛ بين ما يمكن ملاحظته والنموذج؛ بين الملموس والمجرد. يجب إدراك الصعوبات ومن ثم تذليلها بجعل التلاميذ يواجهون منطق (التجريب – النمذجة)، وذلك من خلال الربط المفسر لكلا المستويين.

وفقا لبارليت، فإن "استخدام النماذج العقلية هو وسيلة للتنبؤ بسلوك العديد من الأنواع الكيميائية". على عكس النمذجة في الفيزياء، فإن لها وظيفة توضيحية وليست تنبؤية.

إن تعلم النمذجة في الكيمياء، أو على الأقل فهم استعمال الكيمياء للنماذج مكسب ثمين للتنشئة العلمية للتلميذ في مراحل التعليم الأولى(أمين شبوني، 2014). فتعليم الكيمياء(وهي العلم الذي يستعمل النماذج بامتياز وعلى حد تعبير "جان بيران" العلم الذي يفسر المرئي المعقد باللامرئي البسيط) على هذا النحو، سيبدو أكثر صلة بالواقع وبالتالي أكثر جاذبية. فالنماذج الكيميائية بانتقالها من المستوى العملي المحسوس إلى المستوى المفهومي المجرد، تبدو بأنها تكتسب بعدا تفسيريا أوسع، وذلكم هو ثمن علمية الكيمياء.

لمساعدة التلاميذ على الانخراط في مثل هذه النمذجة، يجب أن يكون منهاج التدريس العلمي واضحا من خلال تحديد ما ينتمي إلى المستوى التجريبي وما ينتمي إلى مستوى النمذجة(Orange, 2017). وجعل التلاميذ يواجهون عقبات مثل التي ذكرناها سابقا في طرح الإشكالية. فقد نخدع أنفسنا إذا اعتقدنا بأن التلاميذ قادرون على بناء المفاهيم أو النماذج، بمفردهم، والتي استغرق الكيميائيين قرونا لتأسيسها.

نأخذ كمثال تجربة حرق الفحم (مستوى التعليم المتوسط). سيكون الوصف الأول لهذا التحول، باستخدام اللغة اليومية، هو: عند حرق الفحم في الهواء، يلاحظ لهب خفيف، يتحول الفحم إلى اللون الأحمر وهناك انطلاق للحرارة.

تتمثل الخطوة الأولى لنمذجة التحول في : – معرفة أنواع المواد المتفاعلة والمواد الناتجة معرفة تامة، ويتم عمليا في المختبر. ثم جعل التلاميذ يجرون هذا التفاعل عمليا ويصفون الحقيقة التجريبية له باستخدام لغة الكيمياء: يحترق الكربون في وجود غاز الأكسجين(من الهواء)، ويتكون غاز يعكر ماء الجير وهو غاز ثاني أكسيد الكربون. نحن نهمل في الوقت الحالي عددا معينا من الظواهر الإدراكية (اللهب، والحرارة ، واللون، وبدء التفاعل، والسرعة)، والتي يمكن أن تتدخل لتكون بمثابة مرجع تجريبي لإدخال خصائص التحول (آني، سريع أو بطيء ، طارد للحرارة أو ماص للحرارة).

في المراحل التالية، مما يسميه مارتيناند "صياغة النمذجة"(Martinand, s. d.)، يتم صياغة الظاهرة في الشكل، يتفاعل الكربون مع الأكسجين لإعطاء ثاني أكسيد الكربون (لم نعد نذكر اختبار ماء للجير)، والتي سيتم ترجمتها بعد ذلك في شكل علاقة حرفية بين المواد المتفاعلة والنواتج:

ثاني أكسيد الكربون ⟵ ثنائي الأكسجين+ الكربون(المعروف باسم خطاطة التفاعل).

الخطوة الأخرى تتمثل في ثم استبدال أسماء المتفاعلات والنواتج بصيغها:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

ثم ننظر في المعادلة من وجهة نظر قانون حفظ الكتلة، ويتم ذلك عن طريق التحكم في معاملات المعادلة(الأعداد التي تكتب على يسار الصيغ بغرض موازنة المعادلة) التي تعكس الحفاظ على المادة أثناء التحول. وتجدر الإشارة إلى أنه لا يمكن تغيير الصيغ الكيميائية أثناء موازنة المعادلة الكيميائية. ذلك، لأن المعادلة تعبر عن واقع تجريبي ينبغي القيد به.

من الضروري أحيانا أن تبين المعادلة الكيميائية الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة، حيث يرمز للمادة الموجودة في الحالة الصلبة(Solide) بالرمز (s) أو$(\downarrow)$، وفي الحالة السائلة(Liquide) بالرمز (l)، وفي الحالة الغازية(gas) بالرمز (g)أو$(\uparrow)$. أما المواد الذائبة في الماء أي الموجودة في المحلول المائي فيرمز لها بالرمز (aq). وفي بعض الأحيان توضع رموز فوق سهم المعادلة لتدل على شروط (ظروف)التفاعل. فمثلا إذا كان التفاعل يتم تحت درجة حرارة عالية فإنه يستخدم

الرمز(Δ) ليدل على التسخين وقد تكتب درجة الحرارة عوضا عن الرمز(Δ) فوق السهم. وإذا استعمل عامل مساعد (وسيط) في التفاعل فإن صيغته تكتب فوق السهم

في عملية النمذجة تحتل اللغة الكيميائية، برموزها، مكانا أساسيا لتوصيل المعلومات التي تسمح بتفسير الظواهر المرصودة. وفقا لـ(Jacob, s. d.)، فإن اللغة الكيميائية لها عدة مستويات. المستوى الأول من اللغة لتسمية الأفراد الكيميائية. مستوى متعلق بالمفردات يسمح للكيميائي بالتحدث عن المواد بشكل عام(أجسام نقية، أجسام بسيطة أو مركبة، أيونات، راسب، حمض، كحول...). مستوى يحتوي على مصطلحات لغة النظرية الكيميائية: القوانين قانون النسب المحددة أو المتعددة، قانون حفظ المادة...)، النماذج والنظريات(الذرة، الجزيء، الرابطة التساهمية، سرعة وحرارة التفاعل...). أخيرا، مستوى رمزي يتضمن الرموز الكيميائية للمواد وله قواعده الخاصة. تحتوي اللغة الرمزية على أبجدية (رموز العناصر)، وبناء جمل معين (قواعد تأخذ في الاعتبار التكافؤ، وحالة الأكسدة، والكهرسلبية الكهربية، وآليات التفاعل...) وسلسلة من القواعد الدلالية (انحفاظ العناصر والشحنات، والسهم الفردي(→) أو علامة المساواة(=)). يمكن دمج رموز العناصر لتكوين "كلمات" وهي الصيغ الكيميائية، حيث تعبر المؤشرات عن عدد العناصر لكل نوع من الأنواع المكونة للفرد وفقا لقواعد تهجئة معينة. يمكن دمج الكلمات لتكوين "جمل" وهي معادلات التفاعل، من خلال احترام قواعد نحوية معينة. في الكتابة الرمزية للتفاعل، تعني العلامة (+) أن المواد المتفاعلة مجتمعة تتفاعل بالنسب المشار إليها بواسطة المعاملات المتكافئة لإعطاء (التطور الذي يرمز إليه السهم) النواتج التي تكون بالنسب المشار إليها بواسطة معاملاتها المتكافئة، وفي أثناء هذا التطور يتم حفظ العناصر. وهكذا فإن لغة الكيمياء تشبه اللسانيات الحقيقية(Barlet, 1999) (Mzoughi-Khadhraoui & Dumon, 2011).

تقديم نمذجة هذا التحول على المستوى العياني من خلال ربط الأشياء والأحداث في العالم المرئي (الكربون، الهواء، الاحتراق، تعكر ماء الجير) بأشياء وأحداث العالم اللامرئي(الكربون، الأكسجين). فنقول يتفاعل الكربون وثنائي الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون، ثم يتم تمثيله باستخدام لغة رمزية (مخطط التفاعل، معادلة التفاعل

التي تعكس الحفاظ على المادة). ولكن لشرح تسميات الأنواع الكيميائية المعنية للتلاميذ، كان من الضروري تقديم مفاهيم الذرة والجزيء والقول إن الأسماء ناتجة عن التركيب الذري للجزيئات (وهو ليس دائما بهذه البساطة في هذا المثال). وبالمثل، فإن شرح قيمة المعاملات الستكيومترية، في حالة مثال معادلة التفاعل التي ترمز إلى احتراق الميثان: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$. يتضمن تقديم ما تترجم إليه هذه المعادلة على المستوى المجهري: حفظ "الذرات" (أو بالأحرى العناصر).

بالنسبة للمعلم فإن التداول بين السجل الرمزي والمستويين المجهري والعياني لتفسير الكيمياء، هو قدرة ناتجة عن خبرته الطويلة في الكيمياء، ولكن بالنسبة للتلميذ لا يزال هناك وقت وطريق طويل أمامه لتحقيق ذلك(Barlet & Plouin, 1994; De Jong & Van Driel, 2004). وعليه يجب على جميع معلمي الكيمياء ممارسة المصطلحات الأساسية للوصف حتى تصبح مؤشرات معتادة للتحولات في تفسيراتهم(Taber, 2001)، مثل:

"... وهذا على المستوى الجزيئي... "

"... مما يؤدي إلى كون المادة على المقياس المولي ..." إلخ

12. توصيات الدراسة

بناء على النتائج المتحصل عليها نقترح ما يلي:

- يجب أن يُعلم التلميذ الثقافة المزدوجة للمستويين المجهري والعياني. لأنه يتطور بشكل دائم بين مستوى الفرد الكيميائي المعزول، خاصة عندما يدرس البنية، ومستوى مجموعة ضخمة من الأفراد(الأنواع)، وذلك عندما يدرس الظواهر والتفاعلات الكيميائية الملحوظة. إن الانتقال من هذه النمذجة المجهرية إلى الواقع العياني يميز بقوة نظرية المعرفة(الابستمولوجيا) للكيمياء. إن النمذجة المجهرية والبنيوية هي الوسيلة التي يستخدمها الكيميائي لشرح وتبرير سلوك أنواع كيميائية متعددة. وهي التي تجعل الملاحظات التجريبية المختلفة مفهومة وقابلة للتفسير(Barlet, 1999).
- تدريب التلاميذ على النمذجة، لأنه كفيل أن يكسبهم الملكات والمفاهيم اللازمة، التي من شأنها أن تجعلهم قادرين على التعلم مدى الحياة والاستزادة من العلم، ولربما، الزيادة فيه

- تقديم المفاهيم المحسوسة ثم شبه المحسوسة قبل الوصول إلى المجردة، وتقديم المفاهيم بصورة مبسطة أولا مع تهيئة التلميذ إن أمكن ذلك إلى تقديمها بشكل معمق مستقبلا.
- تقديم جميع الموارد الضرورية لتحقيقها ومنها: – مصطلحات ورموز كتابة معادلة التفاعل،– النشاطات التي تعلم التلميذ مدلول مخططات ومعادلات التفاعل الكيفية والكمية،– التدريب على كفاءة قراءتها.
- إعطاء فرص للتلاميذ لتعلم لغة الكيمياء، فمعاني الكيميائيين لمصطلحات معادلة التفاعل تختلف اختلافا كبيرا عن المعاني المتداولة يوميا.
- العمل على النصوص التاريخية التي تظهر تطور النماذج على مر السنين لتفسير التغييرات في المواد، يسمح للتلاميذ باكتشاف:

• ما يتوافق مع نشاط النمذجة: النموذج ليس وصفا للواقع على المستوى المجهري، ولكنه يتوافق مع الفكرة التي يمكن إجراؤها من التغييرات الملاحظة على المستوى العياني. قام الكيميائيون، ببناء النماذج أو المفاهيم.

• سماتها الأساسية: قوتها التفسيرية، وطابعها الافتراضي القابل للتغيير، وارتباطها غير المباشر بالواقع، وصلاحيتها المحدودة.

• ما هي أغراض النماذج المطورة في العلم؟.

• ما هي العلاقة الموجودة بين المجالين التجريبي والنظري؟.

من خلال مثل هذه الأنشطة يكون النقاش في الفصل مهما، يقوم التلاميذ بطرح أسئلة حول أشياء لم يفكروا بها من قبل: كيف يمكننا تمثيل تغيير في المادة؟، ما هو النموذج؟، كيف يختار الكيميائي الغرض من النموذج؟، ما هي القيود الموجودة على النماذج؟. هذه أسئلة تنتمي إلى جوهر النشاط العلمي ومقاصد التربية العلمية، فهي تسهل دفعهم للقفز بين المستويين، ويعد تطوير هذه المهارة أمرا ضروريا عندما يتم تمثيل تفاعل كيميائي.

خاتمة:

تعتبر معادلة التفاعل الكيميائي مفهوم متكامل، لأنه يمكن من وصف الملاحظة التجريبية لعدد كبير جدا من الأفراد الكيميائية، ولكنه يكون منطقيا فقط عند استخدامه على المستوى الذري والجزيئي(Barlet & Plouin, 1994).

يتضمن الانتقال من ما يمكن ملاحظته إلى المعادلة إتقان مفاهيم ثلاثة مستويات حسب جونسون(Johnstone) :

- السجل العياني (الأنواع الكيميائية، المركبات البسيطة، وغيرها ، الكتلة المولية)؛
- السجل المجهري (ذرة، عنصر، جزيء، أيون ، كتل ذرية وجزيئية)؛
- السجل الرمزي (رموز العناصر، صيغ الأنواع الكيميائية، المعاملات الستكيومترية).

وظائف المعادلات معقدة ويتطلب إتقانها درجة عالية من التجريد. سيكون من الوهم الاعتقاد أنه في حين استغرق العلماء قرونا لبنائها، سيكون التلاميذ قادرين على استخدامها لتحقيق مبدأ انحفاظ الذرات والكتلة بسهولة (قدرة متوقعة في نهاية مرحلة التعليم المتوسط).

في مواجهة الصعوبات العديدة التي تمت الإشارة إليها أعلاه، يجب أن لا نشعر بالإحباط، بل علينا أن نكون مدركين لها، وأن نواجه التحدي من خلال جعل التلاميذ يواجهونها من خلال ربط صريح بين المستويين(ملموس– مجرد).

نخلص في نهاية الدراسة إلى إن تعليم الكيمياء أمامه مشروع واسع، نأمل أن تكون هذه الدراسة قد ساهمت في تشخيص صعوبات إدراك مفاهيم معادلة التفاعل الكيميائي.

قائمة المراجع:

قائمة المراجع العربية:

أمين شبوني. (2014). النماذج والنمذجة في تعليم الكيمياء في مرحلة التعليم الثانوي العام في الجزائر –مقاربة ابستمولوجية وتعليمياتية–. المدرسة العليا للأساتذة القبة.

وحدة البحث في طرائق تدريس العلوم الفيزيائية. (1995). تقويم تدريس العلوم الفيزيائية في السنة الأولى ثانوي. المدرسة العليا للأساتذة.

اللجنة الوطنية للمناهج . (2005). منهاج مادة العلوم الفيزيائية للسنة الأولى ثانوي. وزارة التربية الوطنية. الديوان الوطني للمطبوعات المدرسية.

اللجنة الوطنية للمناهج. (2015). منهاج العلوم الفيزيائية والتكنولوجيا متوسط الجيل الثاني. وزارة التربية الوطنية.

قائمة المراجع الأجنبية:

−Barker, V. (2000). Beyond appearances : Students' misconceptions about basic chemical ideas. Durham: Royal Society of Chemistry. https://doi. org/10.1017/CBO9781107415324.

−Barlet, R. (1999). L'espace épistémologique et didactique de la chimie. 93, 26.

−Barlet, R., & Plouin, D. (1994). L'équation-bilan en chimie un concept intégrateur source de difficultés persistantes. Aster, 18. https://doi.org/10.4267/2042/8597

−CARETTO, J., & VIOVY, R. (1994). Relevé de quelques obstacles épistémologiques dans l'apprentissage du concept de réaction chimique. Aster, 18, 11‑26.

−Dalton, J. (2010). A new system of chemical philosophy (Vol. 1). Cambridge University Press.

−De Jong, O., & Van Driel, J. (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics. International Journal of Science and Mathematics Education, 2(4), 477‑491.

−Dumon, A. (2004). L'équation de réaction : Approche historique et didactique de la modélisation de la transformation chimique. Bulletin de l'Union des Physiciens, 1131‑1144.

−Dumon, A., & Mzoughi-Khadhraoui, I. (2014). Teaching chemical change modeling to Tunisian students : An "expanded chemistry triplet" for analyzing teachers' discourse. Chemistry Education Research and Practice, 15(1), 70‑80.

−Fillon, P. (1997). Des élèves dans un labyrinthe d'obstacles. Aster, 25. https://doi.org/10.4267/2042/8682

−Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research : A look to the future. Journal of Chemical education, 76(4), 548.

−Hesse, J. J., & Anderson, C. W. (1992). Students' conceptions of chemical change. Journal of Research in Science Teaching, 29(3), 277‑299. https://doi.org/10.1002/tea.3660290307

−*Jacob, C. (s. d.). Analysis and Synthesis : Interdependent Operations in Chemical Language and Practice. 20.*

−*Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding : Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 34(9), 949‑968.*

−*Larcher, C. (1994). Point de vue à propos des équilibres chimiques.*

−*Laugier, A., & Dumon, A. (1994). Les obstacles à la conceptualisation de la réaction chimique en classe de seconde. Actes du 4ème séminaire de recherche en didactique des sciences physiques.*

−*LAUGIER, A., & DUMON, A. (2001). D'aristote à Mendeleev : Plus de 2000 ans de symbolisme pour représenter la matière et ses transformations. L'Actualité chimique (Paris. 1973), 3, 38‑50.*

−*Laugier, A., & Dumon, A. (2003). Obstacles épistémologiques et didactiques à la construction du concept d'élément chimique : Quelles convergences ? Didaskalia, 22. https://doi.org/10.4267/2042/23921*

−*Laugier, A., & Dumon, A. (2004). THE EQUATION OF REACTION : A CLUSTER OF OBSTACLES WHICH ARE DIFFICULT TO OVERCOME. Chem. Educ. Res. Pract., 5(3), 327‑342. https://doi.org/10.1039/B4RP90030H*

−*Le Maréchal, J. F. (1999). Modelling student's cognitive activity during the resolution of problems based on experimental facts in chemical education. Practical work in science education, 195‑209.*

−*Martinand, J.-L. (s. d.). INTRODUCTION À LA MODÉLISATION. 12.*

−*Mzoughi-Khadhraoui, I., & Dumon, A. (2011). Le savoir à enseigner relatif à la transformation chimique en première année de lycée en Tunisie et sa perception par les enseignants. 10, 25.*

−*Orange, C. (2017). Enseigner les sciences : Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe. De Boeck (Pédagogie et Formation).*

−*Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. Learning and instruction, 4(1), 71‑87.*