المجلّة الدّوليّة للبحث والتّطوير التّربويّ
International Journal for Research and Educational Development
مجلّة علميّة – دوريّة – محكّمة – مصنّفة دوليّاً

النماذج في الكيمياء وأهميتها في عمليتي البحث العلمي والتعليم

أ. أمـــــين شـــبوني [1]
أ. د. سيد علي ريان [2]
أ. بوعلام بلعيدي [3]
أعضاء بمخبر تعليميات العلوم (LDS) -المدرسة العليا للأساتذة الشيخ بشير الإبراهيمي بالقبة

Models in chemistry and their importance in scientific research and education

AMINE CHABOUNI*[1]
PROF .SID ALI RAYANE*[2]
BOUALEM BELAIDI*[3]
Members of the Science didactics laboratory (LDS)
Establishment: Normal Higher School Of Kouba-Algeria

Email: amine.chabouni@g.ens-kouba.dz

الكلمات المفتاحيّة
النماذج، البحث العلمي، التعليم، الكيمياء، الأحماض والأسس

KEY WORDS
Models, scientific research, education, chemistry, acids and bases

مستخلص البحث:

نهدف في عملنا المتواضع هذا إلى دراسة أهمية النماذج في البحث العلمي والتعليم. فقد مكننا هذا العمل من ملامسة بعض جوانب كيفية تمثيل العلم للواقع من خلال النماذج، التي من وظائفها الأساسية الوصف، والتمثيل، والتفسير، والتنبؤ. وأنّ النماذج والنظريات العلمية تبقى خاضعة لمعايير تصديق متّفق عليها .

كما تبين لنا أن الحدث العلمي ليس بالحدث الخام أي أنّ الباحث في العلوم يُجري على الواقع تبسيطات، ويُسقط من حسابه متغيرات يُقدّر أن تأثيرها على الظاهرة المدروسة يمكن إهماله. فالحدث العلمي إذن هو حاصل اختزال لواقع معقد إلى بسيط مصطنع قابل للدراسة.

كما تأكد لدينا أن العلم حاصل جهد جماعي، وأن الحقائق العلمية التي تبدو اليوم بديهية كانت محل أخذ وردّ بين كبار العلماء بل ومحل جدل طويل بينهم قبل أن تُقبل ويُسلّم بها. فالعلم لا يعدو، في نهاية المطاف أن يكون محاولة تفسير لواقع، لكنه تفسير مفتوح أي أنّه ليس بالنهائي.

كما أدركنا أيضاً خصوصية النماذج في الكيمياء من خلال دراسة حالة خاصة: نماذج الأحماض والأسس. فهي تنتقل من تعريفات تستند إلى الحس إلى مفاهيم مجردة ليس لها بينها وبين الواقع صلة مباشرة. فالكيمياء كيما ترتقي إلى العلمية فإن عليها أن تنتقل من المحسوس المدرك إلى صورة مجردة. أي بقدر ما يمكن من التعميم بقدر ما تنفصل عن الواقع المدرك مباشرة.

ABSTRACT

In our work, we aim to study the importance of models in scientific research and education.

This work also enabled us to touch some aspects of how science represents by models, whose basic functions are description, representation, interpretation, and prediction. And that scientific models and theories remain subject to agreed of standards certification, it is important to emphasize here that abandoning a model or theory does not often mean abandoning it completely, or denying the effort of scientists who have developed it. It always preserves some aspects of the truth.

It has became clear to us that the scientific event is not a raw event, that is, the researcher in science is actually simplifying, and the calculation variables whose impact on the studied phenomenon can be neglected. The scientific event, then, is the product of reducing a complex reality to a simple, artificial one that can be studied.

It is also confirmed that science is a collective effort, and that the scientific facts that seem to be intuitive today were taken among the senior scientists, and even a Longstanding polemic between them before accepting over, Science is no more than an attempt to interpret reality, but it is an open interpretation, that is, it is not the final.

We also recognized the specificity of models in chemistry through a special case study: models of acids and bases. They move from definitions based on sense to abstract concepts that have no direct link with reality. chemistry has to rise to science, it has to move from perceived to an abstract. That is to say, to the extent that it is possible to generalize in so far it is separated from the directly understood reality.

مقدمة:

تعد مسألة النماذج في البحث العلمي والتعليم من مسائل الساعة في حقل الأبحاث الجارية في مجالات تعليميات العلوم والابستومولوجيا.

ومعلوم أنّه لم يشع استعمال هذه المفردة من قبلُ شيوعها في أيامنا هذه، وفي ذلكم دليل على أهمية الموضوع وجدته، ولقد راج استعمالها في كل مجالات المعرفة من الرياضيات إلى العلوم الإنسانية، إلا أن العلوم الفيزيائية عموما والكيمياء خصوصا تعد المجال الأمثل الذي ترسّخ فيه استعمال النماذج في البحث والتعليم.

وجدير بالملاحظة أن عديد الدول ذات السبق في الميدان التربوي والتعليمياتي أولت اهتماما بالغا باستعمال النماذج وبالنمذجة في التعليم منذ أواخر القرن المنصرم. كما دعت الجهات المسؤولة على التربية في بلادنا على إيناس المتعلمين بالنماذج، لترسيخ ملكات المنهج العلمي لديهم إضافة إلى إكسابهم المعارف في ميدان العلوم الفيزيائية (الفيزياء والكيمياء).

لذا ارتأينا في عملنا المتواضع هذا أن نسلط الضوء على مسألة النماذج في البحث العلمي والتعليم، من خلال دراسة تاريخية وابستمولوجية لنماذج الأحماض والأسس كمثل.

أهداف البحث:

نطمح في هذا العمل إلى تحقيق جملة من الأهداف نذكر منها على الخصوص:

- إبراز دور النماذج وأهميتها في تعليم المفاهيم العلمية.
- إبراز خصائص النماذج في الكيمياء من خلال دراسة حالة خاصة: نماذج الأحماض والأسس.
- التربية على اكتساب السلوك العلمي الصحيح لدى المتعلمين عن طريق استعمال النماذج في تعليم المفاهيم الكيميائية.

إطار البحث:

يندرج موضوع بحثنا هذا، ضمن محاور بحث **التعليميات** عموما وتعليميات العلوم خصوصا. ولا بأس أن نذكر هنا بإيجاز شديد أن التعليميات ترجمة للمصطلح الأجنبي (La didactique)، وهو لفظ أصله من الكلمة اليونانية (Didaktikos)، التي تعني كل ما يختص بالتدريس، أو التعليم (حمروش،1995، ص63).

وجدير بالملاحظة أن " **أندري لالاند**" قد عنى بالكلمة في قاموسه الشهير "جزءًا من علم التربية موضوعه التدريس" (لالاند،2001، ص276).

وشاع استعمال مصطلح التعليميات (الديداكتيك) منذ أواسط القرن الماضي، بوصفه اسماً دالاً على الدراسة المنهجية لطرق التعليم عامة أو لطرق تعليم مادة ما، التي تهتم بالجوانب المعرفية والمحتويات الدراسية، وببعدها الابستمولوجي، والتقويم، أي بقيمة المعارف المدرّسة وعلاقتها بالواقع والحقيقة.

وزيادة في حصر موضوع بحثنا، ينبغي القول بأنه متعلق في مجال تعليميات العلوم **بالتحويل التعليمي** وهو من المفاهيم الأساسية في التعليميات.

ويعد عالم الاجتماع "فيري" أول من استعمل مفهوم التحويل التعليمي سنة 1975م. وقد حظي بأهمية كبيرة بعد استعماله في تعليميات الرياضيات من قبل "شوفلار"، فالتحويل التعليمي يشمل التغيرات التي تحدث على المعرفة العلمية حتى تصبح قابلة للتعليم، أي تحويل المعرفة إلى نشاط تعليمي صفي (حمروش،1995، ص69).

ويرى "مارتينان"، أن المعرفة العلمية (المعرفة المرجعية) تخضع لتحويلات مختلفة لتصبح معرفة معلّمة مما جعل بعض الاختصاصيين في حقل التعليميات يميزون بين مستويين من المعرفة وهما المعرفة العلمية المرجعية، والمعرفة المعلّمة وأن الانتقال من الأولى إلى الثانية لا يكون مباشرا، إذ لا بد من إخضاع المعرفة المرجعية إلى معالجة خاصة لتصبح معرفة قابلة للتعليم (Laurence Vergnioux,1992).

مفاهيم عامة حول النماذج:

مفهوم النموذج:

النموذج لغة:

لم ترد كلمة نموذج في القواميس العربية: لسان العرب والصحاح في اللغة والعباب الزاخر. وجاء في بعض القواميس بأنها معربة من كلمة " نموذه " الفارسية. كما وردت في القاموس المحيط كما يلي: النموذج، بفتح النون: مثال الشيء (معربة)، وأن الأنموذج: لحن.

ويجدر بالملاحظة أنه بدا لنا أن كلمة مثال في اللغة العربية تؤدي كل المعاني المحتملة لكلمة نموذج. فمن معانيها حسب السياق، المماثلة لا التكافؤ، فهي إذاً تشابه جزئي، والمثل النظير والشيء الذي يضرب لشيء مثلاً. ومثل الشيء صفته والمثل الند، والمثال المقدار الذي يُحذى عليه ، والأمثل الأفضل والأشرف، ومثّل له الشيء صوّره حتى كأنه ينظر إليه، والمثال الإمام الذي يقتدى به (ابن منظور،تحقيق عبد الله الكبير،1981).

والمثال: هو ما يشارك الشيء الحقيقي في صفة أو أكثر ولا يستوعب جميع الصفات، أو هو العقد على أحد الشيئين يسد مسد الآخر في الحس والعقل (الجرجاني، تعليق محمود شاكر،1991).

النموذج اصطلاحا:

ليس هناك إجماع على مدلول مصطلح النموذج، وسبب ذلك استعمال هذا المصطلح في مجالات عديدة ومختلفة. فلقد وضعت للنموذج تعريفات عديدة مما يوحي بأهميته البالغة، والمكانة التي يحتلها، ونورد هنا على سبيل الذكر لا الحصر بعض هذه التعريفات:

- النموذج بالمعنى الأفلاطوني، هو المثل الذي يُراد الوصول إليه، والقدوة التي يُحتذى بها،
- النموذج بالمعنى التقني، يقصد به تجسيد بشكل مصغر لخصائص شيء كبير الأبعاد.وهو بهذا المعنى منحدر من الكلمة الايطالية " Modello " المستعملة في القرن السادس عشر والمشتقة من الكلمة اليونانية " Modulus " تصغيراً لـ " Modus " التي تعني تمثيلا مصغراً، بمعنى الرمز

الذي هو ترجمة لكلمة " Prototype " من " Protos " التي تعني إنشاءً أوليًا (Parochia,2000).

- النموذج ببساطة، هو مجموعة من العلاقات الرياضية التي تصف صوريا بعض الظواهر،
- النموذج بناء فكري، يكون أداة لفهم الظواهر الطبيعية،
- النموذج هو صورة، وتمثيل مبسط ومجرد للواقع (Pascal,2002).
- النموذج نقل تجريدي، خاضعٌ للفكر الرّياضي وللمنطق، يُعبر عن واقع ملموس النظرية،
- النموذج بناء فكري، يقربنا من معرفة حقيقة الظواهر، يبني تدريجيا النظري.(Noil, 2011)

كل هذه التعريفات تشترك في أن النموذج تمثيل ومن ثم فإن النموذج هو صورة تقريبية للواقع. وعليه فيمكن أن نعتبر بأنّ النموذج، هو إما شيء مجسم أو هو تمثيل خيالي، أو جملة من المعادلات التي تعوض الواقع المعقد أو الذي لا يمكن لن نصل إليه عن طريق التجربة.

أما النماذج التي نعتد بها في بحثنا هذا فهي "تصور ذهني هدفه تبسيط واقع معقد".

وخلاصة القول فإن النموذج لا يعدو إلا أن يكون " تمثيل محسوس بمحسوس أو تمثيل محسوس بمجرد أو تمثيل مجرد بمحسوس أو تمثيل مجرد بمجرد" وفق درجات في عالم الحس أو عالم التجريد (حواتيس،2004).

دور النماذج:

النماذج هي من الوسائل التي يستعين بها العلماء لتصوير الأشياء وإبرازها في أحسن الصور وأبهاها، ولها دور هام وفوائد جليلة ومقاصد عدة يمكن تحقيقها في جميع العلوم. والعلوم الفيزيائية (والكيمياء خصوصاً) كغيرها من العلوم لا يمكن لها الاستغناء عن هذه الوسيلة الفكرية القوية، بل هي شديدة الصلة بها سواء على المستوى العلمي أو التعليمي، لأن الغرض من النموذج في العلوم الفيزيائية هو قبل كل شيء التصوير المختصر للحدث أو النظام قصد الفهم والإفهام (جمال حواتيس،2004).

فالنموذج يبرز لنا المجرّد في صورة المحسوس الذي نلمسه، فيتقبله العقل لأن المعاني المعقولة لا تستقر في الذهن إلا إذا صيغت في صورة حسية قريبة الفهم.

وتكشف النماذج عن الحقائق، وتعرض الغائب الذي لا يُعتاد في معرض الحاضر المُعتاد، وتنقلنا من الشيء البعيد المبهم إلى القريب الواضح كما تزيد المعنى وضوحا وتكسبه تأكيدا.

وإذا كان الشيء يحتاج إلى تثبيت مع الإيضاح فبالمثال نستطيع تقرير حاله في نفس السامع.

" والنفس تأنس بالتمثيل لإخراجه إياها من الخفي إلى الجلي، ولرده لها من الشيء الذي تعلمه إلى ما هي أعلم، كأن ينقلها من المعقول إلى المحسوس ومن النظري إلى الضروري ويعود التمثيل إلى ما تألفه وتطمئن إليه" (الجرجاني،تعليق محمود شاكر،1991).

والتمثيل يصور الأشياء في عبارة موجزة فنحصل على قليل يُفهَم، فإدراك الشيء مجملا أسهل من إدراكه مفصلا. والمثال ثري ومُنتج فيجب أن يستعين به المربون ويتخذونه من وسائل الإيضاح والتشويق، به تَبلُغ المعاني قلب المتعلم فتُمكِّنه في نفسه كتَمَكُّنه في نفوسهم مع صورة مقبولة ومعرض حسن وقد قيل:**"من لا يُحسن التصوير لا يصلح للتعليم".** فإذا أردنا أن نفهم الظواهر في العلوم الفيزيائية فلا بد لنا من تصويرها أو تمثيلها. فالتمثيل وسيلة قوية للفهم لا يمكن الاستغناء عنها. فكما أن التعبير الرياضي ضروري للوصف والاكتشاف فإن التمثيل ضروري للفهم والاطمئنان.

ذكرنا بعض ثمار التمثيل وفوائده الكثيرة في البحث والتعليم، فهو ثري ومنتج يجعل من العلوم الفيزيائية تنفتح على العلوم الأخرى، ويعطينا نظرة شاملة لها، يوسع الفكر ويعطي للأشياء معاني كثيرة، يتجاوز حدود التبسيط فقط إلى الفهم، **و" كلما كان عمل الخيال فيه أوسع كانت صورته أعجب والنفس به أطرب"**

(الجرجاني،تعليق محمود شاكر،1991).

وأما على المستوى التعليمي فهو يُسهّل الصعب، ويُوضِّح الإبهام، ويُبسِّط المعقد، يدفع الملل ويجعلنا نُقبِل عليه، فالنفس تأنس بالنظير وتألفه، كما أنه يُوَسِّع الفكر ويجعلنا نأخذ صورة شاملة عن العلوم.

وظائف النماذج:

الوصف:

ينبغي للنموذج أن يصف ما يمثله وصفا دقيقا كاملا، والوصف الدقيق مرحلة أساسية في بناء المعرفة العلمية تعتمد عليها كل العلوم، ولم يكن طموح الكثير من العلوم في بداياتها يتجاوز الوصف الدقيق لموضوعات دراستها، نذكر على سبيل المثال، لترموديناميكا الكلاسيكية التي كانت تقف عند الوصف الظاهري لموضوع دراستها، من أجل ذلك كانت توصف بالظاهرتية.

التفسير:

التفسير من الفِسر، وهو البيان وكشف المغطّى، والتفسير كشف المراد عن اللفظ المشكل.

وللتفسير يُلجأ إلى مدركات حسية مباشرة أو محصلة بصورة غير مباشرة من المدركات الحسية عن طريق تجارب خيالية أو استدلال فكري، وتعد التفاسير التي تقترب من المدركات الحسية أفضل لأنها تقرب من الإفهام.

التنبؤ:

من وظائف النموذج الأساسية، ما يسمّى بقدرته التنبؤية، أي صفة تجعله يستوعب الجديد وتتيح له إمكانية استباقه وتوقعه.

وإذا كانت النماذج تُبنى على أساس الاستقراء، أي تعتمد الانتقال من معرفة عامة إلى معرفة خاصة فإنّ عليها أن تمكّن أيضا من الاستنتاج، أي أن تمكن-انطلاقا من صورة عن واقع راهن – تصوّر واقع لم يبرز للوجود، ذلك أنّ العلم ليس بالمنفصل عن أغراض منفعية مباشرة مادية وغير مادية.

إنّ التوقع أو بعبارة أدق القدرة على التوقع الصادق بعد أساسي في النماذج العلمية، فعلى قدر ما لنموذج من إمكانات توقع صادقة يكون ثباته ورسوخه.

حدود النموذج:

عندما يصبح النموذج غير قادر على أداء إحدى وظائفه (الوصف، التفسير، التنبؤ)، فإنه يُلجأ إلى وضع نموذج جديد إمّا لتعويض النموذج القديم كليا أو جزئيا، ويستبدل النموذج

كليا عند الانقلابات الكبرى في تاريخ العلوم، كما هو الشأن عندما حلت مفاهيم الميكانيكا الموجية محل مفاهيم الميكانيكا الكلاسيكية ويُستكمل عند التغييرات الجزئية.

النموذج والنظرية:

يلاحظ أن المفردتين تستعملان أحيانا كثيرة كمترادفتين إذ يقال على سبيل المثال نموذج بور ونظرية بور، غير أن بعض الباحثين يرون بأنّ النظرية أكثر تجريدا، حيث أن النظرية تعنى بالعام أكثر من عنايتها بالخاص، بينما النموذج يعنى بالخاص أكثر من عنايته بالعام.

وتُعد النظرية مجموعة من المفاهيم والتعريفات والافتراضات المترابطة التي تقدم نظرة نظامية إلى الظواهر من خلال تحديد العلاقات بين المتغيرات بهدف وصف هذه الظواهر وشرحها والتنبؤ بها. أما النموذج، ليس هو النظرية ذاتها ولكنه يمكن أن يكون الوسيلة لفهم النظرية فالنموذج عمل أولى يشتمل جوانب معينة من الظواهر المعقدة ومحاولة فهمها. أي أن النموذج تصور نظري له افتراضات ولم يخضع بعد للتجريب، أما النظرية فهي نموذج تجريبي أُختبر ميدانيا ثم وصل إلى النظرية.

نماذج المحاكاة:

تعد المحاكاة ضربا من ضروب النمذجة، ويعد علم الكيمياء من أبرز العلوم اهتماماً بالمحاكاة، سواء من أجل محاكاة التجارب الصعبة والخطيرة التي يصعب إجراؤها في المختبرات أو يُخشى على الكيميائي فيها من المخاطر، أو تلك التي تكلفتها كبيرة، أو من أجل المحاكاة الجزيئية التي تسهل على الدارس فهم واستيعاب وتصور كيفية بناء تركيب هذه الجزيئات.

إنّ برامج المحاكاة الكيميائية توفر على الدارس والباحث كثيرا من الجهد والوقت في أثناء دراسته وأبحاثه. وهذه البرامج كثيرة ومتعددة وفي شتى فروع الكيمياء سواء النظرية فيها أو العملية وتساعدهم على إنجاز أبحاثهم في أزمنة وجيزة.

ومن البرامج المشهورة في محاكاة ونمذجة الجزيئات الكيميائية برنامج "ChimOffice" وهو برنامج نمذجة ومحاكاة يمكن به عرض الجزيئات والذرات بعدة طرق بناءا على المعلومات التي نريدها، وإعطاء معلومات عن الذرات المكونة للجزيء، مثل الزوايا بين الذرات، وحساب طول الروابط، وغيرها. كما أنه مدمج بالنسخة الأخيرة من "ChimOffice" بعض البرامج والشهيرة مثل برنامج "Gaussian" الذي يقوم بعدد من الحسابات الكيميائية المرتبطة بميكانيكا الكم، ويتيح عرض أطياف الرنين النووي المغناطيسي(^{13}C , ^{1}H) وطيف الأشعة تحت الحمراء (IR) أطياف "رامان" (Raman) وغيرها. ومدمج به كذلك برنامجي ("Jaguar" و"Gamess ") اللذان يختصان بحسابات ميكانيكا الكم، وغيرها من البرامج.

ومن برامج المحاكاة الشهيرة أيضًا المعمل الكيمياء (Chemlab)الذي يحاكي التجارب العملية في مختلف فروع الكيمياء. ويهدف مصممو هذا البرنامج إلى إدخال تكنولوجيا الحاسوب إلى المناهج الدراسية، وتوفير بديل للمعامل الكيميائية التي تكلف مبالغ باهظة وما تحتويه من مخاطر على الطلاب والباحثين وعلى البيئة أيضاً.

إن (Chemlab)يعد نموذجاً فريداً من نوعه نابع من العمل الأكاديمي في محاكاة الكمبيوتر وتصميم البرمجيات في جامعة "ماك ماستر" (McMaster) الكندية، وقد استمر تطويره على نطاق واسع مع أخذ مقترحات ومداخلات المربين والمهتمين في إمكانية تطبيق المحاكاة الحاسوبية في قاعات الدراسة والتعليم عن بعد في المدارس الثانوية والمرحلة الجامعية. ويتضمن المنتج محاكاة تفاعلية للمعمل الكيميائي وأجهزته ومعداته في شكل مماثل لمعمل التجارب الحقيقية.

إن الكيمياء بمختلف فروعها، وكذلك الهندسة الكيميائية قد أخذت نصيبها من المحاكاة، فبرامج المحاكاة الكيميائية كثيرة ومتنوعة، ذكرنا نبذة يسيرة عن مثالين بارزين فيها لبيان أهمية المحاكاة في الكيمياء. (مطهر آل مطهر،2008)

خصائص النماذج في الكيمياء:

خصائص الحدث في الكيمياء:

تُعد العلوم الفيزيائية (الفيزياء والكيمياء) من علوم الطبيعة، أو هي علوم تدرس الطبيعة على ما هي عليه. وما من شك في أنّ موضوع العلوم الفيزيائية هذا، أي دراسة الطبيعة، هو الذي جعلها من أوائل العلوم التي تنفصل عن الفلسفة الأم وتستقل عنها، فلا شيء أكثر بداهة في الوجود من الطبيعة بواقعيتها المجسدة الملموسة. إلاّ أن هناك اختلافا في موضوعاتها، فأصالة علم الكيمياء تكمن في كونه يبني موضوعه، فهو يثري الواقع ويزيد في موجوداته، في حين أنّ الفيزياء تكتشف هذا الواقع ومظاهره. (MALERIEU, 2000)

فالحدث في العلوم الفيزيائية ليس بالحدث في حالته "الخام"، في حالته الوليدة، إنه دوماً نتيجة اختيار وانتقاء لما يتميز به من دلالات على غيره من الأحداث في تقدير الباحث، أي أن الحدث العلمي هو **حدث منمذج** وأنه مؤوّل بعمل الفكر.

وهكذا يبدو جليا أن الواقع في العلوم الفيزيائية واقع مختزل مبسط، فالكيميائي لا يُعنى– على سبيل المثال-بالخلائط كما هي موجودة في الطبيعة، إنّه ينقيها بتقنيات معروفة إلى أن تصبح جسماً نقياً بخصائص شدية متميزة.

دراسة نماذج الأحماض والأسس كمثل:

تعد الأحماض والأسس (القواعد) من المواد الكيميائية التي عُرفت منذ القديم، حيث وردت مصطلحات الحمض والأساس والملح في الكتابات الكيميائية في العصور الوسطى. كما عُرفت الأحماض عند العرب والمسلمين وكانوا يُسمونها بالمياه الحارة، حيث استطاع العلماء العرب المسلمين ومنهم جابر بن حيّان الكوفي تحضير حمض سمّاه زيت الزاج (حمض الكبريت حالياً)، وكذلك الرازي الذي قام بتحضير حمض سمّاه روح الملح (حمض كلور الماء).

لقد تطوّر مفهوم الأحماض والقواعد بالنموذج الأيوني في ثمانينات القرن التاسع عشر ميلادي على يد أرينيوس (Arrhenius)(1895-1927)، ثم في القرن العشرين نموذج برونشتد (Bronsted) (1866-1951) ولوري (Lowry)(1874-1936) اللذان عملا انفراد وجاءا بمفاهيم متماثلة. كما قدم لويس(Lewis) (1875) النموذج الإلكتروني مستفيداً من النظرية الذرية للمادة.

ويبيّن الجدول الموالي التعاقب التاريخي لمختلف نماذج الحمض والأساس:

الحقبة التاريخية	النموذج المقترح
العصور القديمة	الحمض الوحيد المعروف هو الخل
1600-1100	السيميائيون استخلصوا زيت الزاج (H_2SO_4)؛ الماء القوي (HNO_3) والماء الملكي (خليط $3HCl + 1HNO_3$ مركزة)
1660-1650	يُثبت "غلوبر"(GLAUBER) و"بويل" (BOYLE) أنّ الأحماض والأسس سلوكها متعاكس
1777	عرّف "روال"(ROUELLE) الأساس بأنه المادة التي تتفاعل مع الحمض لينتج الملح
	افترض "لافوازييه" (LAVOISIER) أن جميع الأحماض تحتوي على الأكسجين
1778	افترض"لافوازييه" (LAVOISIER) أنه عند إذابة الأكاسيد غير المعدنية في الماء تنتج محاليل حامضية.
1810	بيّن "دافي" (DAVY) أن حمض كلور الماء لا يحتوي على أكسجين، وأشار إلى أن الهيدروجين هو مسبب الحموضة
1816	أثبت "دافي" أن الأحماض هي مركبات هيدروجينية (تحتوي على الهيدروجين)
1838	"ليبيغ"(LIEBIG) أيّد فكرة "دافي" (DAVY)، وأضاف أنّ كل الأحماض هي مركبات هيدروجينية، حيث يمكن استبدال الهيدروجين بمعدن.
1840	ساهم "جيرارد" (GERHARDT) بفعالية في فرض هذا النموذج من خلال تحضير بلاماءات الأحماض الكربوكسيلية.
1884	وضع "أرينيوس" النموذج الأيوني للأحماض والأسس.
1923	"برونستيد" و"لوري" وضعا أولا النموذج البروتوني، ثم وضع "لويس" النموذج الإلكتروني للأحماض والأسس.

الجدول(1): التعاقب التاريخي لنماذج الأحماض والأسس (Innocent, 2011)

من بين كل هذه النماذج توجد ثلاثة نماذج رئيسية للأحماض والأسس وهي نموذج: ("أرينيوس"، برونشتد، ولويس). وهذه النماذج ليست متناقضة فيما بينها. وُضعت في مستويات مفاهيمية مختلفة لحساب ظواهر مماثلة، ويتم معالجة كل نموذج من هذه النماذج في المستوى المفاهيمي الذي يمكن أن يتحقق فيه وصف أو تفسير ظواهر حمض-أساس الملاحظة.(Innocent, 2011)

3.5. النماذج الكبرى للأحماض والأسس:

لقد عُرفت الأحماض بأنها تلك المواد التي لها طعم لاذع، وتلون ورق تباع الشمس باللون الأحمر. والقواعد بأنها تلك المواد التي لها طعم مر، وتلوّن ورق تباع الشمس باللون الأزرق، وملمسها لزج وحارقة.

والتعريفات السابقة تعد من أبسط التعريفات، حيث توالت بعد ذلك العديد من النماذج التي تعرضت للأحماض والقواعد بتعريفات مختلفة ومتفاوتة.

وسنعرض فيما يلي أهم النماذج التي اهتمت بتعريف وتفسير سلوك الأحماض والأسس (الهزازي، د.ت.).

1.3.5. نموذج أرينيوس:(ARRHENIUS)

استطاع العالم "أرينيوس" في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي (عام 1884) تطوير نموذج يتعلق بتصرف [illegible] والقواعد.

ويتلخص نموذجه فيما يلي:

»عند إذابة الإلكتروليت في الماء، تتفكك جزيئاته إلى أيونات (شوارد) ، تتحرك في المحلول وتنقل التيار الكهربائي (عند مروره) ، وتجعل من ذلك المحلول موصلاً للتيار الكهربائي.«

وقد عرّف "أرينيوس" الحمض بأنه " المركب الذي يتفكك في الماء ويحرر شوارد الهدروجين."

وعرّف الأساس بأنه: " المركب الذي يتفكك في الماء ويحرر شوارد الهدروكسيد."

وحسب نموذج أرينيوس، يحدث تفاعل التعادل نتيجة اتحاد شوارد الهدروجين مع شوارد الهيدروكسيد لتكوين الماء. طبقا للمعادلة التالية :

عندما طبق أرينيوس نموذجه، وجد أن ثابت الاتزان للتفاعل الأيوني هو مقياس مباشر لقوة الحمض. فكلما زاد ثابت الاتزان (ثابت التأين)، زاد تركيز شوارد الهدروجين، وزادت قوة الحمض.

وقد وُجد مثلا: أن ثابت التأين لحمض النتريت أكبر 25 مرة من ثابت التأين لحمض الخل (CH_3COOH).

وهذا معناه أن حمض النتريت أقوى من حمض الخل.

أهم فروض نموذج أرينيوس:

- الإلكتروليت يتفكك في المحلول المائي إلى أيونات.
- الحمض هو المركب الذي يحرر شوارد (H^+) في المحلول المائي.

- الأساس هو المركب الذي يحرر شوارد (OH^-) في المحلول المائي.
- قوة الحمض أو الأساس تعمد على درجة تفكك المركب في المحلول المائي.

عيوب نموذج "أرينيوس":

بقدر ما تمكن نموذج أرينيوس من تقديم العديد من التفسيرات لكثير من العمليات التي تصاحب عمليات الذوبان في الماء، إلا أنّه فشل في تقديم الإجابة للعديد من التساؤلات ومن أهمها:

- نموذج "أرينيوس" محدودة فقط بالمحاليل المائية، أما في حالة المحاليل غير المائية، فإنه لا يقدم أي تفسيرات أو معالجات.
- هناك مواد كالنشادر (NH_3) وبعض المركبات الأزوتية التي لا تحتوي على مجموعات الهدروكسيد، ولا تحررها عند ذوبانها في الماء، إلا أنها عند ذوبانها في الماء تكون محاليل قاعدية.
- هناك بعض الأملاح لا تكوّن محاليل متعادلة عند إذابتها، ولا يستطيع نموذج "أرينيوس" إعطاء تفسير لذلك. ومثال ذلك:

ملح خلات الصوديوم (CH_3COONa) لا يحتوي على مجموعة الهدروكسيد (OH^-)، ولكنه يعطي محلولاً قاعدياً في الماء. وكذلك ملح كلوريد الأمونيوم (NH_4Cl) لا يحتوي على أيونات الهدروجين (H^+)، ولكنه يعطي محلولاً حامضياً في الماء.

نموذج برونشتد – لوري-(BRONSTED-LOWRY):

اقترح العالمان" برونشتد " و " لوري " في مطلع القرن العشرين الميلادي (1923م) مفهوماً للحمض والقاعدة بناءً على اكتسابها أو فقدها للبروتون.

- **الحمض:** هو المادة (مركب أو أيون) التي لها القدرة على منح بروتون (H^+) أو أكثر.
- **القاعدة:** هي المادة (مركب أو أيون) التي لها القابلية لاكتساب بروتون (H^+) أو أكثر.

فتفاعل التعادل بين الحمض والقاعدة ما هو إلا انتقال للبروتون من الحمض واكتسابه من القاعدة.

وطبقاً لنموذج أرينيوس، يُهمل أي احتمال لمشاركة المذيب في عملية التفكك:

$$HCl_{(g)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

ولكن حسب نموذج برونشتد – لوري، فإنه يمكن وصف التفاعل طبقاً للمعادلة التالية:

$$HCl_{(g)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

من المعادلة، ووفقاً لنموذج برونشتد – لوري يعتبر (HCl) هو الحمض لأنه يفقد البروتون، في حين يعتبر الماء هو القاعدة لأنه يكتسب البروتون.

ونتيجة لتفاعل (HCl) و (H_2O) يتكون حمض جديد يسمى "الحمض المرافق"، وقاعدة جديدة تسمى "الأساس المرافق". أي أنه عندما يفقد الحمض بروتونه يصبح أساساً، كما أن الأساس الذي يكتسب ذلك البروتون يصبح حمضاً. وهكذا نجد أن لكل حمض أساسا مرافقا له، ولكل أساس حمض مرافق له. ومن هنا ظهر مفهوم الثنائية (أساس/ حمض).

$$HCl_{(g)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

الأساس المرافق الحمض المرافق

الأساس الحمض

والثنائيات (أساس/ حمض):

في ضوء نموذج برونشتد-لوري، أمكن تفسير تفكك الماء على اعتبار أن جزيئات الماء أمفوتيرية (بعضها يتصرف كحمض والبعض الآخر يتصرف كأساس).

$$H_2O + H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH^-$$

أساس مرافق حمض مرافق أساس حمض الفرق الرئيس

بين نموذج أرينيوس ونموذج برونشتد-لوري هو في تعريف الأساس. فلقد تمكن نموذج برونشتد-لوري من أن يعطي تفسيراً لقاعدية مركبات كثيرة لا تحتوي على مجموعة الهيدروكسيد.

$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH^+_4 + OH^-$$

أساس مرافق حمض مرافق حمض أساس

قوة أحماض وقواعد(برونشتد – لوري):

يعبر عن قوة حمض (برونشتد – لوري) بمدى قدرته على فقد البروتونات، ويعبر عن قوة الأساس بمدى قدرته على اكتساب البروتونات. والحمض القوي (مثل (HCl)) يكون له أساس مرافق ضعيف (Cl^-) والحمض الضعيف (مثل حمض الخل (CH_3COOH)) يكون أساسه المرافق (CH_3COO^-) قوياً.

والعكس صحيح حيث أن الأساس القوي حمضه المرافق يكون ضعيفاً.

القصور في نموذج (برونشتد – لوري):

لم يفسر السلوك الحمضي أو القاعدي لبعض المواد، فمثلاً لم يفسر حمضية ثاني أكسيد الكربون (ليس له القدرة على منح بروتون)، وعلى الرغم من ذلك فإن سلوكه حمضي عند إذابته في الماء ويعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$ (حمض الكربونيك)

نموذج لويس (LEWIS):

لقد عالج العالم لويس موضوع الحمض والأساس بطريقة تختلف تماماً عن تلك التي اتبعها أرينيوس أو برونشتد-لوري. فهو أعطى تعريفات جديدة تعتمد على المشاركة بزوج من الالكترونات الحرة بدلاً من البروتون.

فالأســـاس هو: "المادة التي لها القدرة على منح زوج أو أكثر من الإلكترونات ".

والحمض هو: "المادة التي لها القدرة على استقبال زوج أو أكثر من الإلكترونات".

وتبعاً لتعريف لويس فإن حمض لويس يمكن أن يكون على سبيل المثال:

أيوناً موجباً	جزيئا معتدلاً
الأيونات الموجبة التي ليس لها تركيب إلكتروني يشبه الغازات الخاملة، ويشمل هذا النوع معظم كاتيونات العناصر الانتقالية مثل: $(Cu^{2+}, Zn^{2+}, Ag^{+})$ ، حيث تستطيع استقبال أكثر من زوج من الإلكترونات.	يحتوي على ذرة لم تصل إلى حالة الاستقرار الثمانية مثل: ثلاثي فلور البور (BF_3) ، ثلاثي كلور الأليمنيوم $(AlCl_3)$ ، حيث تستطيع كل من ذرة البور والأليمنيوم استقبال زوج من الإلكترونات.
جميع الكاتيونات التي تحمل شحنة ثلاثية (Al^{3+}) أو أكثر.	جزيئات بها رابطة تساهمية مزدوجة أو أكثر بين ذرتين مختلفتين في الكهروسلبية، كثاني أكسيد الكربون (CO_2)، وثلاثي أكسيد الكبريت (SO_3).

أما قاعدة لويس فيمكن أن تكون على سبيل المثال:

أيوناً سالباً	جزيئاً متعادلاً
تعتبر جميع الأيونات السالبة قواعد لويس، وكلما زادت الشحنة السالبة على الأيون زادت قدرته على إعطاء زوج من الإلكترونات، ويتفاعل بقوة أكبر مع أحماض لويس. مثال: $SO_4^{2-}, O^{2-}, OH^-, CN^-, \ldots$	الجزيئات التي تحتوي على ذرة بها زوج أو أكثر من الإلكترونات الحرة مثل: النشادر (NH_3) والماء (H_2O) والإيثانول (CH_3CH_2OH) والإيثر (CH_3-O-CH_3) حيث تستطيع كل من ذرة النيتروجين والأكسجين منح زوج الإلكترونات لمادة أخرى.
	المركبات العضوية التي تحتوي على رابطة مزدوجة بين ذرتي كربون مثل: غاز الإيثين $(CH_2=CH_2)$ والبنزن (C_6H_6).

<u>شمولية نموذج لويس:</u>

استخدم لويس مفهوم أعم للحمض، حيث اعتبره المادة التي لها القدرة على استقبال الالكترونات من الأساس لتكوين الرابطة التساندية معتمدا على البنية الالكترونية للذرة. (الهزازي، د.ت.)

فهي تشمل أحماض أرينيوس وأحماض (برونشتد – لوري) بالإضافة إلى العديد من المركبات الأخرى.

ويلخص الجدول الموالي أهم الفروق بين النماذج الثلاثة وحدودها:

الجدول(2): أهم فروق نماذج الأحماض والأسس (Innocent, 2011)

نموذج	أرينيوس	برونشتد-لوري	لويس
	النموذج الأيوني	**النموذج البروتوني**	**النموذج الإلكتروني**
المستوى المفاهيمي	الماكروسكوبي (العياني)	الشبه مجهري	المجرد
الحمض	المركب الذي يتفكك في الماء ويحرر شوارد الهيدروجين (H^+)	المادة (مركب أو أيون) التي لها القدرة على منح بروتون (H^+) أو أكثر	المادة التي لها القدرة على استقبال زوج أو أكثر من الإلكترونات
الأساس	المركب الذي يتفكك في الماء ويحرر شوارد الهيدروكسيد (OH^-)	المادة (مركب أو أيون) التي لها القابلية لاكتساب بروتون (H^+) أو أكثر	المادة التي لها القدرة على منح زوج أو أكثر من الإلكترونات
التفاعل حمض-أساس	ينتج ملح وماء	تبادل البروتونات بين الحمض والأساس	تبادل الإلكترونات وتشكل رابطة تساندية
المعادلة الكيميائية	$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$	$HA + B \rightarrow HB + A$	$A + \|B \rightarrow A-B$
حدود النموذج	المحاليل المائية فقط	تفاعل مع تبادل البروتون (مذيب بروتوني)	نموذج شامل

من خلال ما سبق تبيّن أنه من خصائص النموذج في الكيمياء أنه ينتقل من تعريفات تستند إلى الحس إلى مفاهيم مجردة ليس بينها وبين الواقع صلة مباشرة.

إن الكيمياء كيما ترتقي إلى العلمية فإن عليها أن تنتقل من المحسوس المدرك إلى تصور مجرد (أي صورة مجردة)، أي بقدر ما يمكن من التعميم بقدر ما ينفصل عن الواقع المدرك مباشرة.

الأسس التاريخية والإبستمولوجية للنماذج في التعليم:

نشأت الحاجة إلى النماذج في القرن التاسع عشر لمّا اتسعت مجالات الفيزياء والكيمياء، وتعددت علومهما بانفتاح حقوق معرفية جديدة مثل الكهرباء والكهرومغناطيسية، فنسجت بعض القوانين في الحقوق المعرفية الجديدة على منوال قوانين أثبتت نجاعتها في حقول معرفية قديمة، مثال ذلك اعتبار القوانين المتحكمة في نقل الحرارة مثلا للقوانين المتحكمة في نقل الكهرباء.

ولئن إن كان مفهوم النماذج في البحث العلمي بهذا المعنى قد ظهر منذ 1890م فإن هذا المفهوم لم يظهر في التعليم إلا في أواسط القرن المنصرم، ومردّ ذلك يعود إلى النهضة التربوية التي ظهرت في بلاد الغرب بإعادة النظر في البرامج التعليمية في نهاية الخمسينيات لاسيما برامج ومناهج العلوم العلمية.

والغاية من استعمال النماذج في المجال التربوي إنما هي جعل تدريس العلوم أكثر جاذبية بحيث تنمّي ملكة اكتساب المعارف واكتساب المقومات السلوكية للمنهج العلمي على حد سواء، وليس اكتساب جملة من المعارف فحسب.

فلقد كان الحرص على أن تحاكي الدروس في العلوم الفيزيائية (فيزياء وكيمياء) نشاط العلماء، فتبدأ من مشاهدة إشكال والعمل على حلّه بجمع المعلومات وانتقاء المفيد منها وفرض الفرضيات، وتصور بروتوكول تجريبي وإنجازه، والتحقق من كونه يؤكد التجربة أو ينقضها.

وما يُمكن استخلاصه من خلال دراستنا لنماذج الأحماض والقواعد هو الأسس التي يمكن أن تستند إليها النماذج في تعليم العلوم الفيزيائية عامة وتعليم الكيمياء خاصة، والتي لمسنا فيها جانبين، لأحدهما ابستمولوجي يتصل بالمبادئ التي تُبنى عليها العلوم وعلاقتها بالحقيقة والواقع وقيمة المعرفة العلمية، وثانيهما تاريخي يروي تطور المفاهيم العلمية ومواقف العلماء تجاهها، فبدراسة تاريخ العلوم يتجلّى لنا سلوك العلماء في سعيهم الدؤوب وجهدهم المتواصل لاستظهار بعض الحقائق الكونية والسنن الطبيعية كما يحفظها التاريخ.

ويلخص الجدولان التاليان كلا من الأسس التاريخية والابستمولوجية في التعليم والحاصل التربوي من ذلك:

الجدول(3): الأسس التاريخية للنماذج في السلوك التعليمي والحاصل التعلّمي (سعداني،1995)

المعطى التاريخي	النموذج التعليمي	الحاصل التربوي
البدء بدراسة العالم المَكروسكوبي	– الانطلاق من المحسوس ثم التدرج في التجريد. – استعمال الأمثلة الحسية، رسوم، وسائل تقريب.	حصول الفهم بالطريق الأصوب.
العلم عملية بنائية عسيرة مصطنعة.	– التأني في تقديم الحقائق العلمية. – عدم اعتبارها بديهيات. – تجزئة هذه العملية إلى وحدات بسيطة.	– إدراك منطقية البناء العلمي. – التحلي بالصبر في اكتساب العلم.
النماذج العلمية: – استنتاج من فرضية – معالجة رياضية – تجريب	مراعاة هذه الأبعاد في تدريس العلوم	تحصيل المنهج العلمي.
النماذج العلمية: – متطورة ذات طابع نسبي	إظهار جانبها المفتوح وتجنب النمط الدوغماتي.	فكر نقدي يقظ وثقة في النفس
العلم طرح سديد للأسئلة	أهمية سداد السؤال في سير الدروس وتوجيه الجواب	كيفية طرح الأسئلة وتنمية الملاحظات الاصطفائية
العلم عمل إنساني متواصل	إبراز دور العلماء واسهاماتهم	إجلال العلماء، تقدير العمل
العلم مرتبط بنمو العمران	توضيح العلاقة بين العلم والمجتمع	العلم عامل قوة

الجدول(4): الأسس الابستمولوجية للنماذج في السلوك التعليمي والحاصل التعلّمي (سعداني،1995)

المنطلق الابستمولوجي	النموذج التعليمي	الحاصل التربوي
النماذج العلمية مفتوحة	إبراز تعاقب النماذج	إدراك ديناميكية العلم
العلم يدرس الواقع	ربط محتوى الدرس بالواقع أهمية مدخل حل المشاكل	إسهام العلم في حل مشاكل الإنسان
العلم يبحث عن تفسير للواقع التفسير العلمي: مجرد، عام، موجد لعلاقات.	– التركيز على وظيفة التفسير * العلم ليس جمعا لأحداث متناثرة، إنه إبداع إنساني بواسطة أفكار ومفاهيم مختلفة بكل حرية * إظهار ما هو ثابت في المتغيرات * تنقية اللغة	– مشاركة نشطة في طرح الأسئلة – أهمية الفكر في السيطرة على الواقع – ضبط الأسلوب اللغوي
العلم يخضع لمعايير صدق	ما هو علمي يمكّن من التنبؤ	-تنمية القدرة عل الاستنتاج

الخاتمة:

لقد مكننا هذا العمل كذلك من ملامسة بعض جوانب كيفية تمثيل العلم للواقع من خلال النماذج، التي من وظائفها الأساسية الوصف، والتمثيل، والتفسير، والتنبؤ. وأنّ النماذج والنظريات العلمية تبقى خاضعة لمعايير تصديق متّفق عليها، ويهمنا أن نؤكد هنا أنّ التخلي عن نموذج لا يعني في غالب الأحيان التخلي عنه تماماً، أو إنكار جهد العلماء الذين وضعوه، إنّه يظل يحفظ دوماً بعض الجوانب من الحقيقة، بل وقد يصبح حالة خاصة للحالة الجديدة.

كما أدركنا أيضاً خصوصية النماذج في الكيمياء من خلال دراسة حالة خاصة: نماذج الأحماض والأسس. فهي تنتقل من تعريفات تستند إلى الحس إلى مفاهيم مجردة ليس لها بينها وبين الواقع صلة مباشرة. فالكيمياء كيما ترتقي إلى العلمية فإن عليها أن تنتقل من المحسوس المدرك إلى صورة مجردة.أي بقدر ما يمكن من التعميم بقدر ما تنفصل عن الواقع المدرك مباشرة.

كما تأكد لدينا أن العلم حاصل جهد جماعي، وأن الحقائق العلمية التي تبدو اليوم بديهية كانت محل أخذ وردّ بين كبار العلماء بل ومحل جدل عنيد طويل بينهم قبل أن تُقبل ويُسلّم بها. فالعلم لا يعدو، في نهاية المطاف أن يكون محاولة تفسير لواقع، لكنه تفسير مفتوح أي أنّه ليس بالنهائي.

8. قائمة المراجع:

1.8. المراجع باللغة العربية:

حمروش، ابراهيم. (1995). *التعليمية: موضوعها، مفاهيمها، الآفاق التي تفتحها*، المجلة الجزائرية للتربية.1(2).63-74. الجزائر. الديوان الوطني للمطبوعات المدرسية.

ابن منظور، جمال الدين محمد بن مكرم الأنصاري. تحقيق عبد الله على الكبير وآخرون. (1981). *لسان العرب*. مصر. دار المعارف

الجرجاني، أبي بكر عبد القاهر بن عبد الرحمان بن محمد النحوي. تعليق محمود محمد شاكر. (1991). أسرار البلاغة. السعودية. دار المدني للطباعة والنشر .

لا لاند، أندري. تعريب خليل، أحمد خليل. (2001). الموسوعة الفلسفية. لبنان: المجلد الأول، الطبعة الثانية،

حواتيس، جمال. (2004). دراسة بعض النماذج في الفيزياء. أطروحة ماجستير (غير منشورة) تخصص الفيزياء. الجزائر. المدرسة العليا للأساتذة بالقبة.

مطهر آل مطهر، عبد الله بن أحمد. (2008). تطوير برنامج لمحاكاة حركية التفاعلات الكيميائية بطريقة محصلة

الحدث – مونت كارنو-، السعودية: قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة الملك سعود.

الهزازي، عمر بن عبد الله. (د,ت.).نظريات الأحماض والقواعد. الفصل العاشر. قسم الكيمياء. كلية العلوم التطبيقية. جامعة أم القرى. المملكة العربية السعودية

سعداني، محمد الطيب. (1995). نحو رؤية جديدة لتدريس العلوم في الجزائر. المجلة الجزائرية للتربية. العدد الثالث. الجزائر. الديوان الوطني للمطبوعات المدرسية والتربوي.

2.8. المراجع باللغة الأجنبية:

ASTOLFI, .J.P, E.DAROT, Y.GINSBUR-VOGEL, J.TOUSSAINT.(1997-1998).*Mots-clés de la didactique des sciences*. paris-bruxelles.

Innocent, Mano Machumu.(2011). *Les modèles et la modélisation de la réaction acide-base dans le curriculum scolaire, Une contribution en didactique de la chimie dan l'enseignement secondaire supérieur en République Démocratique du Congo.* Faculté de Psychologie et Sciences de l'éducation. Université de Mons.Congo.

Laurence, Cornu. Vergnioux, Alain.(1992). *La didactique en questions*. HACHETTE Education.France.

MALERIEU, J.P.(2000). *La chimie quantique*, France

Noil, M. Raymound, B. et Jean, Goguel,(2011).*Modèle*.Encyclopaedia Universalis. France.

Parochia, Danial.(2000). *les notions de système et de modèle (aspects épistémologiques et didactique)*. Université Jean-Moulin - Lyon III. France.

Pascal, Nouvel.(2002). *Enquête sur le concept*