บทความวิชาการ

ธรรมชาติของวิชาเคมี และการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชา

พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ*

บทคัดย่อ

ผู้เรียนส่วนใหญ่มักประสบปัญหาในการเรียนวิชาเคมี และเห็นว่าเนื้อหาวิชาเคมีนั้นเข้าใจยาก นักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้อธิบายสาเหตุหลักของความยากของวิชาเคมีว่า เนื้อหาวิชาเคมีมีความเป็นนามธรรม ผู้เรียนมีอุปสรรคเกี่ยวกับภาษาสัญลักษณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอน และการจัดการเรียนการสอนของครูมักจะขัดแย้งกับธรรมชาติการเรียนรู้ของผู้เรียน ทั้งนี้นักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้อธิบายธรรมชาติของวิชาเคมีว่า แนวคิดทางเคมีจำแนกเป็น แนวคิดในระดับมหภาค ระดับอนุภาค และภาษาสัญลักษณ์ ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี ครูผู้สอนต้องจัดให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาเคมี และธรรมชาติของการเรียนรู้ของผู้เรียน การเรียนวิชาเคมีจึงจะไม่ใช่สิ่งที่ยากเกินไปสำหรับผู้เรียน

คำสำคัญ: การนำเสนอแนวคิดทางเคมี 3 ระดับ ธรรมชาติของวิชาเคมี การนำเสนอแนวคิดระดับมหภาค การนำเสนอแนวคิดระดับอนุภาค การนำเสนอแนวคิดที่เป็นภาษาสัญลักษณ์ ทฤษฎีการเรียนรู้

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, E-mail: patcharee_swu@hotmail.com

Nature of Chemistry and Performing an Instruction to be Consistent with Its Nature

Patcharee Rompayom Wichaidit*

ABSTRACT

Most students often face with difficulty in learning chemistry and perceive that the chemistry content is difficult to understand. Science educators describe the main causes of the difficulty of learning chemistry. For example, the chemistry content is abstract, the students have difficulties with symbolic language used in teaching, and chemistry teaching is often performed in the way that distorted with the nature of student learning. Moreover, the science educators explain the nature of chemistry that chemical knowledge can be explained in three different levels: macroscopic level, microscopic level and symbolic level. Therefore, during the instruction, the teacher needs to be consistent with the nature of chemistry and also the nature of student learning. By doing so, learning chemistry is not too difficult to learn and chemistry may not be a tough subject.

Keywords: Multiple representations in chemistry, Nature of chemistry, Macroscopic representation, Microscopic representation, Symbolic representation, Learning theory

Department of General Science, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University
*E-mail: patcharee_swu@hotmail.com

บทนำ

ผู้เรียนส่วนใหญ่ประสบปัญหาในการเรียนวิชาเคมี และเห็นว่าการเรียนและการทำความเข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีนั้นเป็นเรื่องยาก จากงานวิจัยในต่างประเทศตลอดระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา มีการศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Alternative conceptions) ของผู้เรียนในการเรียนวิชาเคมีและการหาวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว นักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้รวบรวมและพิมพ์เผยแพร่หนังสือเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเคมี โดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้ แนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ยุคโบราณ สารและสสาร อนุภาคและแนวคิดเกี่ยวกับอนุภาคของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติของสาร สมดุลเคมี ปฏิกิริยากรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์ ปฏิกิริยาของสารประกอบเชิงซ้อน และแนวคิดเรื่องพลังงาน [1] ส่วนในประเทศไทย ได้มีการศึกษาปัญหาของการเรียนวิชาเคมีและการมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิชาเคมีหลายเนื้อหา เช่น สารและการจำแนก [2] พันธะเคมี [3, 4, 5, 6] และปริมาณสัมพันธ์ [7] เป็นต้น ประกอบกับการประเมินผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในระดับนานาชาติตามโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS) ซึ่งประเมินความสามารถทางพุทธิปัญญาทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ ความรู้ความจำ (Knowing) การประยุกต์ใช้ (Applying) และการให้เหตุผล (Reasoning) นอกจากนี้ การประเมินนี้ยังมีการวิเคราะห์ตามเนื้อหาสาระ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีคริสต์ศักราช 2007 ในเนื้อหาวิชาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ โลกและดาราศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 478 (S.D. 4.5), 462 (S.D. 4.1), 458 (S.D. 4.2) และ 488 (S.D. 3.8) ตามลำดับ [8] และในปีคริสต์ศักราช 2011 มีค่าเท่ากับ 460 (S.D. 4.3), 436 (S.D. 4.6), 430 (S.D. 4.5) และ 466 (S.D. 4.1) [9] ตามลำดับ (คะแนนเฉลี่ยของการสอบ TIMSS 2007 และ 2011 ทั่วโลกมีค่าเท่ากับ 500) จากข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้านวิทยาศาสตร์ข้างต้น จะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั่วโลก ซึ่งผลการประเมินความสามารถเมื่อแยกวิเคราะห์ตามเนื้อหาสาระ (ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ โลกและดาราศาสตร์) พบว่าคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนไทยลดลงทุกวิชา [8, 9] โดยเฉพาะเนื้อหาสาระวิชาเคมี ดังนั้นบทความนี้จะนำเสนอประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหาของการเรียนวิชาเคมี โดยจะกล่าวถึงสาเหตุของความยากของวิชาเคมี จากมุมมองของนักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิชาเคมี และแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาเคมี

นักการศึกษาอธิบายเหตุผลความยากของวิชาเคมีว่าอย่างไร

นักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้วิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อที่จะตอบคำถามที่ว่า “เพราะเหตุใดวิชาเคมีจึงเป็นวิชาที่เข้าใจยากสำหรับผู้เรียน และผู้เรียนส่วนใหญ่ก็ไม่ชอบเรียนวิชาเคมี” ซึ่งสรุปได้เป็น 3 ประเด็น คือ ความเป็นนามธรรมของเนื้อหาทางเคมี อุปสรรคทางด้านภาษา และการจัดการเรียนการสอนที่ขัดแย้งกับธรรมชาติการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งทั้ง 3 ประเด็นสรุปได้ดังนี้

1. ความเป็นนามธรรม วิชาเคมีเป็นวิชาที่มีคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่ได้อยู่ในระดับที่ผู้เรียนจะสังเกตเห็นได้ เช่น ระดับอะตอม หรือโมเลกุล เมื่อการเรียนเคมีเป็นการพยายามทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยผู้เรียนต้องสามารถสร้างคำอธิบายในระดับอะตอมหรือโมเลกุล จึงอาจทำให้ผู้เรียนนึกภาพไม่ออก และไม่สามารถทำความเข้าใจแนวคิดหลักทางเคมีได้ [10] ปกติแล้วบุคคลทั่วไป

จะคุ้นเคยกับสิ่งที่มองเห็นหรือสัมผัสได้ เช่น เมื่อเห็นแมว ซึ่งเราคุ้นเคยและรู้ว่าแมวเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดหนึ่ง เมื่อเห็นเสือ ก็จะรู้ว่าเป็นเสือไม่ใช่แมว แม้ว่าเสือจะมีรูปร่างคล้ายแมวแต่มีขนาดใหญ่กว่า ดุร้ายกว่า และรู้ว่าเสือมีลักษณะที่เหมือนกับแมวที่เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มี 4 ขา มีหาง เมื่อเปรียบเทียบกับการเรียนวิชาเคมี ถ้าครูให้ผู้เรียนระบุความแตกต่างระหว่างธาตุ (Element) และสารประกอบ (Compound) ผู้เรียนจะไม่สามารถตอบคำถามนี้ได้ จากการใช้ข้อมูลที่สังเกตจากภายนอกเท่านั้น แต่ผู้เรียนจะต้องอธิบายจากลักษณะจากภายในของสารนั้น ซึ่งผู้เรียนไม่เคยเห็นอะตอมหรือโมเลกุลด้วยตาเปล่า ถ้าผู้เรียนจะตอบคำถามนี้ได้ ผู้เรียนจะต้องทดสอบสมบัติบางประการ เพื่อระบุความแตกต่างของธาตุและสารประกอบ จะเห็นได้ว่า ความเป็นนามธรรมของวิชาเคมี เป็นอุปสรรคที่ทำให้วิชานี้ เป็นวิชาที่ยากสำหรับผู้เรียน [10]

2. อุปสรรคด้านภาษา ในการเรียนวิชาเคมี คำอธิบายที่ผู้เรียนพบในหนังสือเรียน หรือคำอธิบายจากครูผู้สอนนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้ศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ การใช้ภาษาสัญลักษณ์ และการใช้ภาษาอังกฤษ โดยคำบางคำอาจมีความหมายแตกต่างจากที่ผู้เรียนใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น คำว่า “พันธะ” ความหมายตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน หมายถึง ผูก มัด ตรึง ข้อผูกมัด ข้อผูกพัน ซึ่งในชีวิตประจำวันคำเหล่านี้มักจะใช้กับสิ่งมีชีวิต แต่ในวิชาเคมี คำว่า “พันธะ” คือ การมีแรงกระทำต่อกัน อาจเป็นแรงดึงดูดที่เกิดระหว่างอะตอมกับอะตอมทำให้อยู่ในรูปโมเลกุล หรือแรงดึงดูดระหว่างไอออนที่มีประจุต่างชนิดกัน ซึ่งพันธะในการเรียนวิชาเคมีไม่ได้สื่อความหมายถึงสิ่งมีชีวิตแต่อย่างใด [11]

นอกจากปัญหาเกี่ยวกับความหมายของศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์แล้ว เทเบอร์ [11] กล่าวถึงปัญหาในการเรียนวิชาเคมีว่า ขึ้นอยู่กับการใช้ภาษาสัญลักษณ์ กล่าวคือ ผู้เรียนจะต้องรู้ว่าบทเรียนที่กำลังเรียนนั้นมีการใช้ภาษาสัญลักษณ์อะไรบ้าง และสัญลักษณ์แต่ละสัญลักษณ์มีความหมายว่าอย่างไร ผู้เรียนจึงจะสามารถทำความเข้าใจแนวคิดเรื่องนั้นได้ ซึ่งเทเบอร์ [11] จำแนกประเภทของภาษาสัญลักษณ์ในหนังสือเรียนวิชาเคมี ไว้ดังนี้

ตารางที่ 1 ภาษาสัญลักษณ์ที่ปรากฏในหนังสือเรียนวิชาเคมี [11]

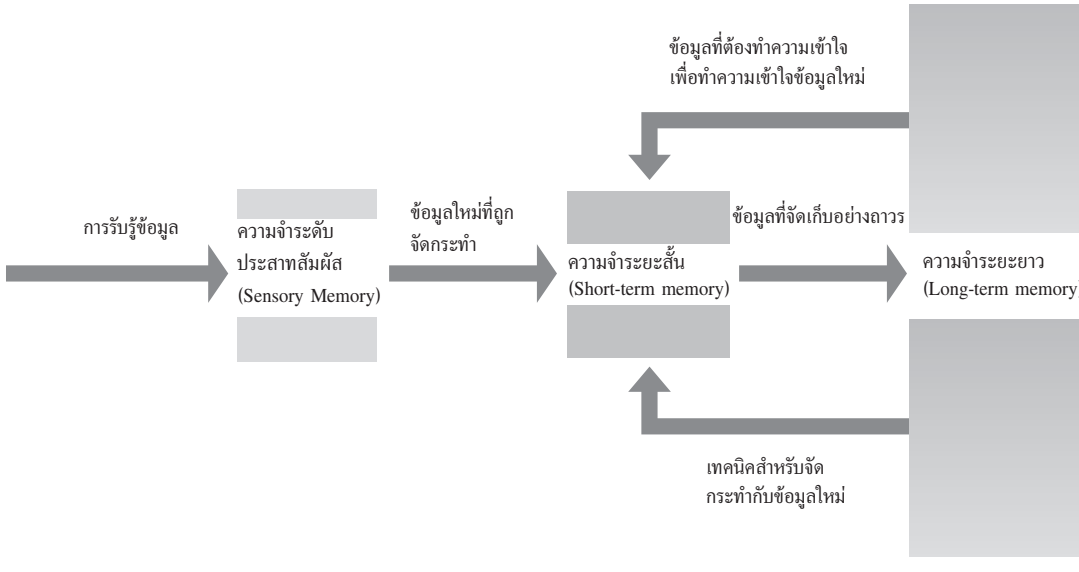
ประเภทของภาษาสัญลักษณ์	ตัวอย่าง
สัญลักษณ์ของธาตุ	ภาษาอังกฤษ เช่น H แทนธาตุไฮโดรเจน He แทนธาตุฮีเลียม
	ภาษาละติน เช่น Pb แทนธาตุตะกั่ว Sn แทนธาตุดีบุก
สัญลักษณ์แสดงเลขมวลและเลขอะตอมของธาตุ	${}^{A}_{Z}X$ ซึ่งทั้ง A และ Z มาจากภาษาเยอรมัน Atomgewichte และ Zahl แทนเลขมวลและเลขอะตอม ตามลำดับ
ปริมาณที่สามารถวัดได้	มวล (m) ปริมาตร (V) ความดัน (P) ความยาวคลื่น (λ) อุณหภูมิ (T)
หน่วยของปริมาณที่สามารถวัดได้	โมล (mole) กิโลกรัม (kg) กรัม (g) ลูกบาศก์เดซิเมตร (dm^3) เคลวิล (K) โมลต่อลิตร (mol/dm^3) จูลต่อโมล (J/mol)
ค่าคงที่	ค่าคงที่สมดุลเคมี (k) ค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อน (Ka)
สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์	เลขยกกำลัง (6.02×10^{23}) ผลต่าง (Δ) หรือ $pH = -\log[H^+]$
สัญลักษณ์แสดงประจุทางไฟฟ้า	เลขออกซิเดชันของธาตุ [+1, +2, 0] ไอร์ออน (III) คลอไรด์

นอกจากนี้ อุปสรรคสำหรับผู้เรียนไทยอีกประการหนึ่ง คือ ความไม่คุ้นเคยกับคำศัพท์ภาษาอังกฤษที่ใช้แทนคำไทย เช่น ไอออน (Ion) ไอร์ออน (Iron) หรือพลังงานไอออไนเซชัน (Ionization Energy) เป็นต้น และการบัญญัติคำภาษาไทยแทนคำในภาษาอังกฤษ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคำศัพท์ที่ผู้เรียนไม่คุ้นเคยและไม่ได้ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (Electron Affinity) เลขออกซิเดชัน หรือ โมล เป็นต้น ปัญหาที่เกิดจากอุปสรรคทางด้านภาษาที่กล่าวไปแล้ว ไม่ว่าจะเป็นปัญหาจากความหมายของคำศัพท์ในการเรียนวิชาเคมีและความหมายที่ผู้เรียนใช้จริงในชีวิตประจำวันไม่สอดคล้องกัน ปัญหาจากการไม่เข้าใจภาษาสัญลักษณ์ การใช้คำศัพท์ภาษาอังกฤษในคำไทย และการบัญญัติคำศัพท์ภาษาไทยแทนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ เมื่อผู้เรียนไม่เข้าใจความหมายของคำศัพท์พื้นฐานของเรื่องที่กำลังเรียน จึงทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจสิ่งที่เรียน

3. การจัดการเรียนรู้วิชาเคมีขัดแย้งกับธรรมชาติการเรียนรู้ของผู้เรียน

จอห์นสโตน [10] กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่ได้คำนึงถึงธรรมชาติของการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจากครูผู้สอนพยายามใส่ข้อมูลให้ผู้เรียนให้ได้มากที่สุด และบางครั้งการจัดการเรียนการสอนยังเป็นการส่งผ่านความรู้ (Transmission) โดยครูเป็นผู้ส่งสารและผู้เรียนเป็นผู้รับสาร โดยปราศจากการตั้งคำถามว่า ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างไร ซึ่งการเรียนรู้ที่แท้จริงไม่ใช่การส่งผ่านความรู้จากครูสู่ผู้เรียน เนื่องจากผู้เรียนอาจจะไม่เข้าใจทุกอย่างตามที่ครูต้องการ และผู้เรียนไม่ใช่กระดานชนวนที่ว่างเปล่า (Tabula Rasa) ที่เข้าห้องเรียนมาเพื่อรับข้อมูลเพียงอย่างเดียว

นักวิทยาศาสตรศึกษากล่าวว่าการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีมักจะขัดแย้งกับธรรมชาติการเรียนรู้ของผู้เรียน นักการศึกษาได้อธิบายธรรมชาติของการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยใช้ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theory)] [10] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล อ้างอิงข้อมูลจาก [13]

จากรูปที่ 1 ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลได้อธิบายการเรียนรู้ของผู้เรียนไว้ว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้สิ่งใหม่ได้เมื่อประสาทสัมผัสทั้ง 5 มีการรับสิ่งเร้าและความรู้ใหม่นั้นจะถูกบันทึกไว้ในความทรงจำระยะสั้น (Short-term Memory) การบันทึกความทรงจำใหม่ของผู้เรียนนั้นขึ้นอยู่กับการรู้จัก (Recognition) หรือความใส่ใจ (Attention) ซึ่งความรู้ใหม่ที่รับเข้ามาในความทรงจำระยะสั้นนั้นจะอยู่ได้ไม่นาน หากต้องการให้ความทรงจำนั้นบันทึกในความทรงจำระยะยาว (Long-term Memory) ต้องทำให้ข้อมูลที่อยู่ในความจำระยะสั้นเข้าไปอยู่ในความจำระยะยาว โดยการใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การจัดกลุ่มคำให้ไม่เกิน 7 ± 2 หรือใช้การท่องจำ เมื่อผู้เรียนมีความทรงจำระยะยาวในเรื่องนั้นแล้ว ก็สามารถเรียกข้อมูลนั้นออกมาใช้ได้ อาจแสดงความคิดภายในออกมาเป็นพฤติกรรมที่สังเกตเห็นได้ นักการศึกษาอธิบายว่า คนที่ “ลืม” ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง คือคนที่ไม่สามารถเรียกข้อมูลที่อยู่ในความทรงจำระยะสั้นหรือระยะยาวให้ขึ้นมาในระดับจิตสำนึก (Conscious Level) ได้ [12] ดังนั้น จึงทำให้เกิดข้อสงสัยเกี่ยวกับวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี ว่าจะสามารถทำได้อย่างไร เนื่องจากในการเรียนเคมีนั้น ข้อมูลที่ผู้เรียนจะได้รับมักจะเป็นสิ่งใหม่สำหรับผู้เรียน ผู้เรียนอาจไม่มีข้อมูลที่เป็นแนวคิดทางเคมีเหล่านี้อยู่เลยในความจำระยะสั้นหรือระยะยาว เมื่อครูสอนแนวคิดใหม่ ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถดึงข้อมูลเดิมมาเพื่อที่จะทำความเข้าใจข้อมูลใหม่ได้ ผู้เรียนจึงไม่เกิดการเรียนรู้ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

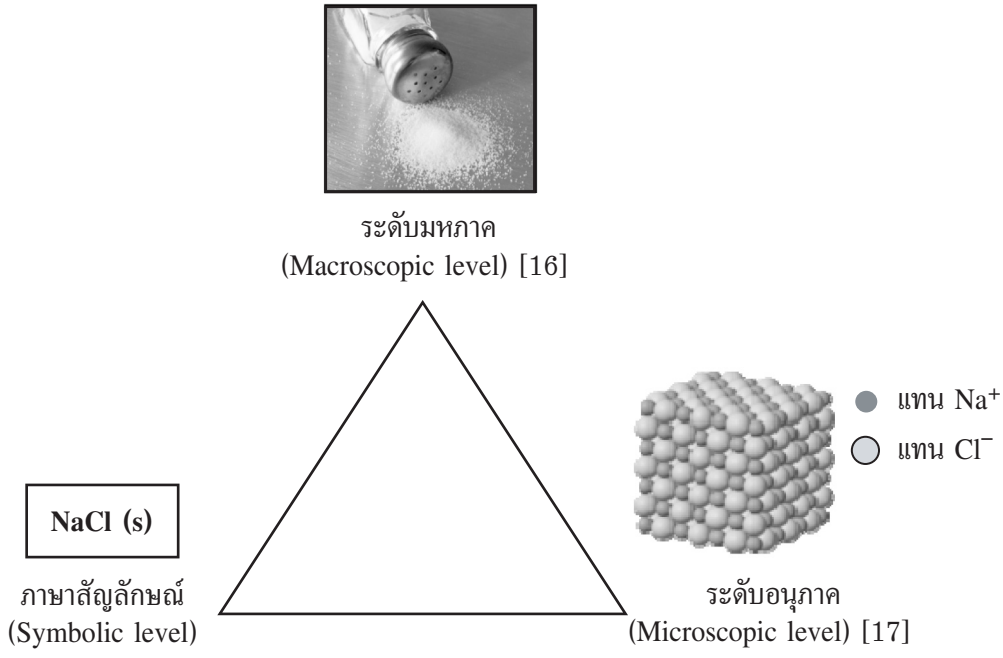
การเรียนรู้ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ จะเกิดขึ้นได้ เมื่อผู้เรียนรับข้อมูลใหม่เข้ามาโดยตรง (Assimilation) หรือเกิดการปรับและจัดระบบ (Accommodation) ซึ่งการเรียนวิชาเคมีนั้น แนวคิดใหม่อาจไม่ได้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียน การเรียนรู้ของผู้เรียนจึงเป็นการปรับและจัดระบบ (Accommodation) ซึ่งกระบวนการเรียนรู้แบบนี้ ผู้เรียนต้องใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการรับข้อมูลใหม่เพื่อให้เกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) การจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีที่ผ่านมา จึงเป็นการพยายามเทียบเคียงแนวคิดทางเคมีที่ซับซ้อนให้ตรงกับประสบการณ์ที่ผู้เรียนสังเกตเห็นหรือเข้าใจง่าย (Analogy teaching) เช่น การอุปมาการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงานรอบนิวเคลียสกับวงโคจรของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ หรือการใช้แบบจำลองเพื่อทำให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ในระดับอนุภาค (Model and Modeling) เป็นต้น การเรียนการสอนที่กล่าวถึงนี้ เป็นการพยายามหาวิธีการสอนเพื่อให้ผู้เรียนรับแนวคิดใหม่เข้าไปอยู่ในความทรงจำระยะสั้นหรือระยะยาว ซึ่งต่อไปข้อมูลเหล่านี้มีความจำเป็นในการตีความหรือทำความเข้าใจแนวคิดใหม่ นักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ผู้เรียนเก็บไว้ในความจำระยะสั้นหรือระยะยาวนั้นอาจไม่ถูกต้องเสมอไป ถ้าข้อมูลที่ผู้เรียนมีอยู่เดิมนั้นคลาดเคลื่อนก็จะส่งผลต่อการทำความเข้าใจข้อมูลใหม่ และทำให้ผู้เรียนไม่ได้เรียนวิชาเคมีด้วยความเข้าใจ แต่เป็นการเรียนแบบท่องจำและจำแบบแยกส่วน [10] ดังนั้นนักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์จึงให้ความสำคัญและได้ศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนอย่างแพร่หลาย [1] เนื่องจากการเรียนแบบท่องจำ และท่องจำโดยปราศจากความเข้าใจนั้น จะขัดแย้งกับทฤษฎีการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Intellectual Development Theory) ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของเดวิด ออซูเบล (Theory of Meaningful Verbal Learning) และทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theory) เป็นต้น

จากที่กล่าวมา จะเห็นว่าธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเคมีเองเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ และถ้าการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีไม่ได้อ้างอิงทฤษฎีการเรียนรู้ของผู้เรียน และเน้นการบรรยายข้อมูลใหม่ให้ได้มากที่สุด

ผู้เรียนก็จะประสบปัญหาในการเรียน เนื่องจากผู้เรียนประมวลผลข้อมูลใหม่ไม่ทัน ไม่ได้เรียนวิชาเคมีด้วยความเข้าใจ ซึ่งทำให้วิชาเคมีเป็นวิชาที่ยากสำหรับผู้เรียนนั่นเอง

ธรรมชาติของเนื้อหาในวิชาเคมี

ธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเคมีที่จะกล่าวถึงในที่นี้ เป็นการนำเสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการเรียนวิชาเคมี โดยเนื้อหาสาระที่อยู่ในวิชาเคมีเอง ไม่ได้กล่าวถึงธรรมชาติของวิชาเคมีในลักษณะที่เหมือนหรือแตกต่างจากศาสตร์ทางฟิสิกส์ ชีววิทยา หรือวิทยาศาสตร์แขนงอื่น โดยนักเคมีศึกษาได้จำแนกเนื้อหาในวิชาเคมีไว้ 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับอนุภาค และภาษาสัญลักษณ์ จอห์นสโตน [10] กล่าวว่าการเรียนวิชาเคมีจำเป็นต้องให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับนี้



รูปที่ 2 การนำเสนอแนวคิดทางเคมี 3 ระดับ [10]

1. การนำเสนอแนวคิดในระดับมหภาค (Macroscopic Representations) หมายถึงปรากฏการณ์ที่ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็นหรือจับต้องได้ เช่น การเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัส การตกตะกอน การเกิดแก๊ส และการได้กลิ่นของสาร เป็นต้น ตัวอย่างของการนำเสนอแนวคิดในระดับมหภาค เช่น เมื่อนำเกลือแกงมาละลายในน้ำ สิ่งที่ผู้เรียนสังเกตเห็นได้ คือ ได้สารละลายใส ไม่มีสี

2. การนำเสนอแนวคิดในระดับอนุภาค (Microscopic Representations) หมายถึงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับอะตอม โมเลกุล หรือไอออน นอกจากคำว่า “Microscopic” แล้ว ผู้อ่านอาจจะพบคำอื่นที่แทนการนำเสนอแนวคิดในระดับอนุภาค เช่น Molecular world of chemistry, Atomic world หรือ Submicroscopic เป็นต้น ตัวอย่างการนำเสนอแนวคิดในระดับอนุภาค เช่น เมื่อ

เกลือแกงละลายในน้ำ อธิบายในระดับอนุภาคได้ว่า ไอออนบวกและไอออนลบจะแยกจากกัน และโมเลกุลของน้ำเข้าล้อมรอบ โดยโมเลกุลของน้ำจะหันขั้วลบเข้าล้อมรอบโซเดียมไอออน และหันขั้วบวกเข้าล้อมรอบคลอไรด์ไอออน

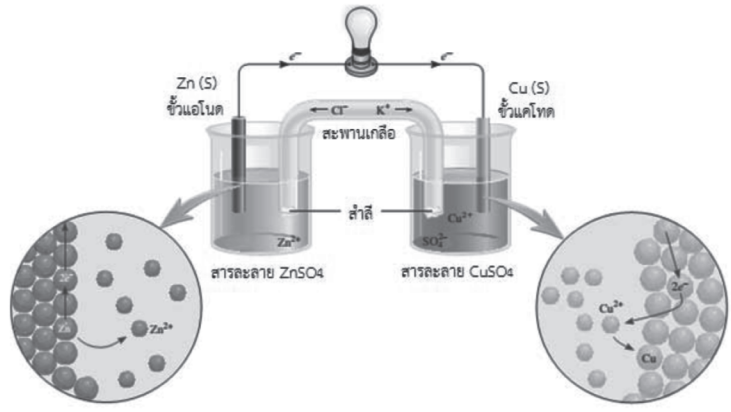
3. การนำเสนอแนวคิดที่เป็นภาษาสัญลักษณ์ (Symbolic Representations) หมายถึง การใช้สัญลักษณ์ทางเคมี สูตร สมการ รูปภาพแสดงโครงสร้างโมเลกุล แผนภาพ หรือโมเดล เพื่อนำเสนอแนวคิดทางเคมีในระดับมหภาคหรืออนุภาค ซึ่งสัญลักษณ์ทางเคมีจะเป็นการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีระดับมหภาคและระดับอนุภาค เช่น เมื่อเกลือแกงละลายในน้ำ สามารถเขียนสมการเคมีได้ดังนี้ $NaCl(s) + H_2O(l) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$ ซึ่งสัญลักษณ์ NaCl(s) แทนโซเดียมคลอไรด์ในสถานะของแข็ง $H_2O(l)$ แทนโมเลกุลของน้ำในสถานะของเหลว $Na^+(aq)$ และ $Cl^-(aq)$ แทนโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนที่มีโมเลกุลของน้ำล้อมรอบ และสัญลักษณ์ aq (aqueous) หมายถึง มีโมเลกุลของน้ำล้อมรอบ เป็นต้น

การจัดการเรียนการสอน ครูผู้สอนอาจไม่ได้คำนึงถึงความสำคัญของการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับนี้กับผู้เรียน เนื่องจากแนวคิดนี้อาจเป็นสิ่งที่ครูเข้าใจอยู่แล้ว เนื่องจากครูมีประสบการณ์ในการทำการทดลอง สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาค ได้เรียนรู้คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง ศึกษาและเข้าใจความหมายของคำศัพพ์เหล่านั้นมีประสบการณ์การสอนและใช้คำศัพท์เหล่านั้นอย่างต่อเนื่องทำให้ครูอาจคิดว่าสิ่งที่ครูกำลังอธิบายหรือสอนผู้เรียนนั้นไม่ใช่เรื่องที่เข้าใจยาก แต่สำหรับผู้เรียนแล้ว การสังเกตเห็นเกลือแกงละลายน้ำ ก็อาจจะคิดเพียงว่า “เกลือแกงละลายน้ำ แล้วเกิดสารละลายใส ไม่มีสี มีรสเค็ม” โดยไม่ได้คำนึงถึงว่า เกลือแกงมีสูตรทางเคมีคือ NaCl ประกอบไปด้วยโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออน ไอออนบวกและไอออนลบเกิดแรงยึดเหนี่ยวกันไปเรื่อยๆ จนเกิดโครงสร้างสามมิติ และเมื่อละลายในน้ำไอออนบวกและไอออนลบจะแยกออกจากกัน เนื่องจากเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้ากับโมเลกุลของน้ำ และไม่ได้คิดเชื่อมโยงไปถึงภาษาสัญลักษณ์ที่ครูกำลังเขียนหรืออธิบายบนกระดานแต่อย่างใด จากตัวอย่างที่กล่าวมานี้ทำให้เห็นว่า ผู้เรียนอาจเรียนวิชาเคมีโดยปราศจากความเข้าใจ ไม่ได้เชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ และเป็นการเรียนแบบท่องจำแบบแยกส่วนกัน ซึ่งการเรียนโดยปราศจากความเข้าใจนั้นจะทำให้ผู้เรียนไทยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำเมื่อเทียบกับประเทศอื่น [8, 9]

ครูควรจะจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีอย่างไร

นักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์จึงให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีเพื่อให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาเคมี ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในระดับมหภาค เนื่องจากเนื้อหาวิชาเคมีส่วนใหญ่เป็นนามธรรม หากผู้เรียนไม่ได้เห็นสิ่งที่เรียนนั้นมีลักษณะอย่างไร ก็จะทำให้ผู้เรียนจินตนาการไม่ออก การเรียนเฉพาะคำอธิบายในระดับโมเลกุลและภาษาสัญลักษณ์ โดยไม่ได้เชื่อมโยงไปยังปรากฏการณ์ที่ผู้เรียนสังเกตเห็นได้ การเรียนรู้นั้นก็จะไม่เกิดความหมายกับผู้เรียน ดังนั้นจึงควรให้ผู้เรียนได้ทำการทดลอง เพื่อให้เห็นภาพ หรือเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาค เพื่อเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมของคำอธิบาย [14]

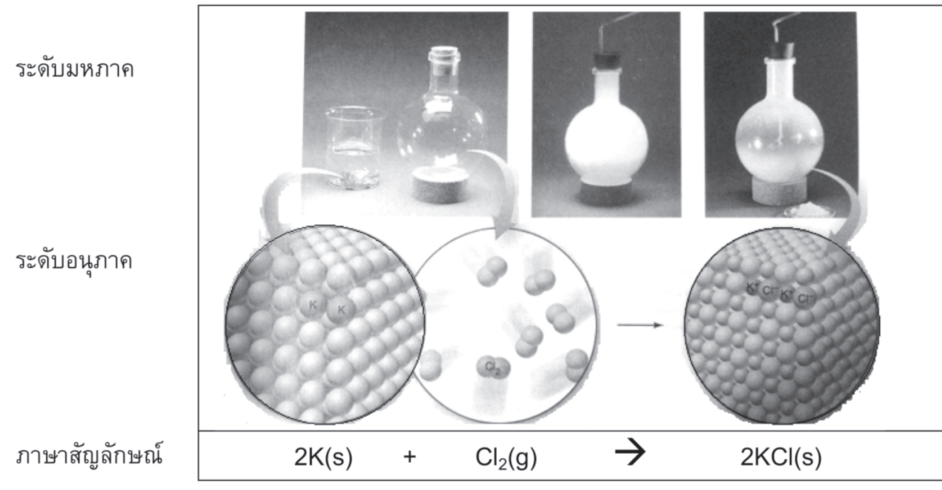


รูปที่ 3 เซลล์ไฟฟ้าเคมี [18]

จากรูปที่ 3 การทดลอง เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยการทดลองนี้เป็นเซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) อุปกรณ์การทดลองประกอบด้วยบีกเกอร์ 2 ใบ ใบหนึ่งบรรจุสารละลายซิงค์ (II) ซัลเฟต อีกใบหนึ่งบรรจุสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต บีกเกอร์แต่ละใบต่อกับขั้วซึ่งเป็นแท่งโลหะสังกะสีและทองแดง และสะพานเกลือ เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไป ใน*ระดับมหภาค* นักเรียนจะสังเกตเห็นหลอดไฟสว่างขึ้น แท่งสังกะสีในสารละลายซิงค์ซัลเฟตผุกร่อน และเกิดตะกอนสีน้ำตาลเกาะที่แท่งทองแดง คำอธิบาย*ในระดับอนุภาค*ของปฏิกิริยานี้ คือ โลหะสังกะสีถูกออกซิไดซ์เป็นซิงค์ (II) ไอออน และคอปเปอร์ (II) ไอออนถูกรีดิวซ์เกิดเป็นโลหะคอปเปอร์ อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่จากตัวรีดิวซ์ (Zn) ไปยังตัวออกซิไดส์ (Cu^{2+}) ส่วน*ภาษาสัญลักษณ์*ที่เป็นสมการเคมีแสดงการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยานี้คือ $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

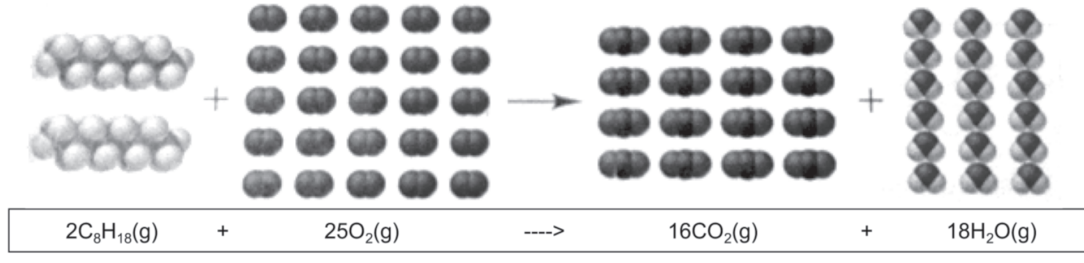
เนื่องจากผู้เรียนไม่ได้เห็นทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนที่เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอน ครูควรเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมี 3 ระดับโดยให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองเพื่อเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคก่อน แล้วใช้การตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้พยายามคิดหาเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้นเพื่อโยงเข้าสู่คำอธิบายในระดับอนุภาค แล้วจึงค่อยนำเสนอภาษาสัญลักษณ์ที่เป็นสมการเคมีแสดงการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยา ควบคู่กับการใช้คำถามกระตุ้น การจัดการเรียนการสอนดังกล่าวจะทำให้ผู้เรียนได้เห็นของจริงหรือได้เห็นตัวอย่างของเรื่องที่กำลังเรียน จะทำให้สิ่งที่กำลังเรียนนั้นมีความหมายกับผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีในระดับอนุภาค และภาษาสัญลักษณ์ได้ง่ายขึ้น

2. ให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในระดับอนุภาค นักการศึกษาได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีในระดับอนุภาค ด้วยการใช้สื่อการเรียนรู้รูปแบบต่างๆ เช่น การใช้แผนภาพ รูปภาพ แบบจำลอง และสื่อแอนิเมชัน เป็นต้น นอกจากนี้นักเคมีศึกษายังได้ตระหนักถึงความสำคัญของการทำให้ผู้เรียนเรียนวิชาเคมีด้วยความเข้าใจ และสามารถเชื่อมโยงการนำเสนอแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ ดังจะเห็นจากหนังสือเรียนวิชาเคมีในปัจจุบัน ที่พยายามนำเสนอแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ (รูปที่ 4) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เห็น (ปรากฏการณ์ระดับมหภาค) คำอธิบายทางเคมีที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอะตอม โมเลกุลหรือไอออน (ปรากฏการณ์ระดับอนุภาค) และเข้าใจการสื่อสารด้วยภาษาสัญลักษณ์



รูปที่ 4 การนำเสนอแนวคิดทางเคมี 3 ระดับในหนังสือเรียน [15]

3. ให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในระดับสัญลักษณ์ นักเคมีใช้ภาษาทางเคมีในการสื่อสารให้เข้าใจตรงกัน ไม่ว่าจะเป็นการเขียนภาษาสัญลักษณ์แทนชื่อของธาตุ โมเลกุล สารประกอบ หน่วยของการวัด การเปลี่ยนแปลงของสาร ในการจัดการเรียนการสอน ครูควรให้เวลากับผู้เรียนเพื่อทำความเข้าใจภาษาสัญลักษณ์เหล่านั้น เทเบอร์ [11] เปรียบเทียบการเรียนภาษาสัญลักษณ์ในวิชาเคมี เช่นเดียวกับการเรียนภาษาที่สอง กล่าวคือ เมื่อผู้เรียนเรียนภาษาที่สอง ก่อนที่ผู้เรียนจะอ่านบทความ นิทาน หรือนิยายในภาษานั้นได้ ผู้เรียนต้องรู้จักคำศัพท์ เข้าใจความหมายของคำศัพท์ รู้หน้าที่ของคำศัพท์เหล่านั้น ก่อนที่จะนำคำเหล่านั้นมาเขียนเป็นประโยคได้ การเรียนวิชาเคมีก็เช่นกัน ผู้เรียนต้องรู้จักสัญลักษณ์ทางเคมี ความหมายของสัญลักษณ์นั้น จึงจะสามารถนำสัญลักษณ์นั้นมาเขียนเป็นสมการเคมีเพื่อทำให้เกิดเป็นแนวคิดทางเคมีได้ (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 การเชื่อมโยงภาษาสัญลักษณ์กับแนวคิดทางเคมีในระดับอนุภาค [15]

จากรูปที่ 5 อธิบายการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคได้ว่า ออกเทน (C_8H_{18}) 2 โมเลกุลเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้กับแก๊สออกซิเจน 25 โมเลกุล และเกิดสารผลิตภัณฑ์เป็น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 16 โมเลกุล และน้ำ 18 โมเลกุล การนำเสนอภาพของโมเลกุลที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารพร้อมกับจำนวนโมเลกุลของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาและสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจตัวเลขที่แสดงจำนวนโมลอะตอมและโมเลกุลของสารในสมการเคมีมากขึ้น ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจภาษาสัญลักษณ์ ครูควรปฏิบัติดังนี้ 1) ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้คำศัพท์ และสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้อง 2) ให้ผู้เรียนรู้หลักการเขียนสมการเคมี ตำแหน่งของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ และ 3) ให้ผู้เรียนฝึกเขียนสมการเคมี พร้อมวาดรูปแสดงการเปลี่ยนแปลงอะตอม โมเลกุล หรือไอออนประกอบ (ถ้าเป็นไปได้) นอกจากนี้ ครูควรเชื่อมโยงการนำเสนอแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาคที่ผู้เรียนจะสังเกตเห็นได้จากการทดลองหรือปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน ภาษาสัญลักษณ์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงจำนวนโมลของสารที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยา เมื่อผู้เรียนได้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสาร และเข้าใจภาษาสัญลักษณ์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในระดับอนุภาคที่เป็นการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

สรุป

ผู้เรียนส่วนใหญ่มักประสบปัญหาในการเรียนวิชาเคมี และเห็นว่าวิชาเคมีเป็นวิชาที่เข้าใจยาก เนื่องจากเนื้อหาเคมีมีความเป็นนามธรรม มีคำอธิบายอยู่ในระดับอนุภาค (อะตอม โมเลกุล หรือไอออน) และมีการใช้ภาษาสัญลักษณ์ประกอบการอธิบาย เช่น สูตร สมการทางเคมี หรือค่าคงที่ต่างๆ เป็นต้น ซึ่งผู้เรียนอาจไม่เข้าใจภาษาสัญลักษณ์ที่ใช้จึงทำให้ผู้เรียนเรียนวิชาเคมีด้วยการท่องจำ สาเหตุอีกประการหนึ่งคือ ผู้เรียนไม่สามารถจินตนาการการเปลี่ยนแปลงในระดับอะตอม โมเลกุล หรือไอออนได้ จึงทำให้ไม่เข้าใจการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาค นอกจากนี้ในการเรียนการสอนวิชาเคมีแต่ละครั้ง ครูอาจให้ข้อมูลใหม่มากเกินไป ทั้งคำศัพท์เฉพาะที่ผู้เรียนไม่คุ้นเคย และแนวคิดทางเคมีที่เป็นนามธรรม จึงทำให้ผู้เรียนประมวลผลข้อมูลไม่ทัน ทำให้เกิดความสับสน และไม่เข้าใจเนื้อหา ดังนั้นแนวทางในการแก้ปัญหา โดยจัดการเรียนการสอนให้เป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้ ครูไม่ควรให้ข้อมูลใหม่มากเกินไป ในการสอนแต่ละครั้ง เนื่องจากจะทำให้ผู้เรียนประมวลผลข้อมูลไม่ทัน และควรเน้นการสอนวิชาเคมีให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชา โดยเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ สิ่งที่สังเกตเห็น คำอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอนุภาค และทำให้ผู้เรียนเข้าใจภาษาสัญลักษณ์ที่ใช้ในการสื่อสาร ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาการเรียนการสอนวิชาเคมีและสอดคล้องกับธรรมชาติของวิชา

เอกสารอ้างอิง

1. Barke, Hans-Dieter; Hazari, A. & Yitbarek, S. 2010. *Misconceptions in Chemistry.* DOI 10.1007/978-3-540-70989-3. p. 4.
2. นิกร สีกวนชา และปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. 2556. การศึกษามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สารและการจำแนก. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น,* 1(3), หน้า 1-9.
3. สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. 2554. การเปรียบเทียบมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง พันธะเคมีตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น,* 1(1), หน้า 38-57.
4. อารีวรรณ ขัตติยะวงศ์ เนตรชนก จันทร์สว่าง และนิตยา แซ่ซิ้ม. 2556. การศึกษาผลการเรียนรู้โดยใช้แผนผังมโนมติเรื่องพันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์),* 7(2), หน้า 213-220.
5. Rompayom, Patcharee; Tambunchong, Chinda; Wongyounoi, Somson; Dechsri, Precharn. 2011. Using Open-Ended Questions to Diagnose Students' Understanding of Inter-and Intramolecular Forces. *US-China Education Review B,* 1, p. 12-23.
6. Rompayom, Patcharee. 2014. Incorpoarated Elicitation Assessment Technique Improving Students' Understanding of Chemistry Concepts. *The International Journal of Science, Mathematics and Technology Learning,* 20(1), p. 29-40.
7. Dahsah, C., and Coll, R.K. 2008. Thai Grade 10 and 11 Students' Understanding of Stoichiometry and Related Concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education,* 6(3), p. 573-600.
8. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). 2008. TIMSS 2007 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades. Edited by Michael O. Martin, Ina V.S. Mullis, Pierre Foy. In collaboration with John F. Olson, Ebru Erberfer, Corinna Preuschoff, & Joseph Galia. (497 page). Boston College: TIMSS & PIRLS International Study Center. p. 117.
9. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). 2012. TIMSS 2011 International Results in Science. Edited by Michael O. Martin, Ina V.S. Mullis, Pierre Foy and Gabrielle M. Stanco. (528 page). Boston College: TIMSS & PIRLS International Study Center. p. 146-147.
10. Johnstone, A. H. 1993. Why Is Science Difficult to Learn? Things Are Seldom What They Seem. In Teaching, Learning and Assessment in Science Education. Edwards, D., Scanlon, E. and West, D., Editors. London. Paul Chapman Publishing Ltd. p. 118.
11. Taber, K. 2009. Learning at the Symbolic Level. In Multiple Representations in Chemical Education: Model and Modeling in Science Education 4. Gilbert, J.K., and Treagust, D.F. Editors. DOI 10.1007/978-1-4020-8872-8. p. 78.

12. ทิศนา แขมณี. 2547. ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพมหานคร. ด่านสุทธาการพิมพ์. หน้า 81.
13. Huitt, W. 2003. The Information Processing Approach to Cognition. *Educational Psychology Interactive.* Available from URL: http://www.edpsycinteractive.org/topics/cognition/infoproc.html. 23 September 2014.
14. De Jong, O., Blonder, R., and Oversby, J. 2013. How to Balance Chemistry Education between Observating Phenomena and Thinking in Models. In Teaching Chemistry-A Studybook. Eilks, I., and Hofstein, A. Editors. Rotterdam. Sense Publishers. p. 107.
15. Silberberg, M.S. 2013. Chemistry: the Molecular Nature of Matter and Change. 6th Edition. New York. McGraw-Hill Companies, Inc. p. 101 and 161.
16. Table salt. Available from URL: http://mylifeinapyramid.com/2012/02/debunking-myths-not-all-salt-is-created-equal-which-kind-of-salt-is-healthiest/. 16 June 2015.
17. NaCl. Available from URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NaCl.png 16 June 2015.
18. Chang, R. and Overby, J. 2011. General Chemistry: The Essential Concepts. 6th Edition. New York. McGraw-Hill Companies, Inc. p. 665.

ได้รับบทความวันที่ 13 มีนาคม 2558
ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 26 มิถุนายน 2558