JSSE Journal of Science & Science Education
http://jsse.sci.ubu.ac.th/
วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีที่ 1 เล่มที่ 1 (ม.ค. - มิ.ย. 2561)

บทความวิชาการ

ความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีในห้องเรียนเคมีโดยใช้สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET

นินนาท จันทร์สูรย์[1,*] และนวศิษฏ์ รักษ์บำรุง[2]
[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
**Email : ninnajansoon@gmail.com*

รับบทความ: 13 กุมภาพันธ์ 2561 ยอมรับตีพิมพ์: 16 มีนาคม 2561

บทคัดย่อ

ความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีมีความสำคัญกับครูเคมีมืออาชีพ โดยครูเคมีควรมีความสามารถในการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านการสอน และความรู้ด้านเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม วิชาเคมีนั้นมีลักษณะจำเพาะเนื่องจากเนื้อหาเป็นนามธรรม และการได้มาซึ่งความรู้ทางเคมีประกอบด้วยการจัดจำแนก ปฏิบัติการทางเคมีรวมถึงการคิดทางเคมี ในวิชาเคมีจะศึกษาสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารในทางทฤษฎีและปฏิบัติการ รวมถึงการทำความเข้าใจในระดับอนุภาคด้วย ดังนั้นเพื่อให้ได้มาซึ่งความเข้าใจในวิชาเคมีอย่างลุ่มลึก นอกจากความเข้าใจในเนื้อหาแล้วควรนำการอธิบายปรากฏการณ์ 3 ระดับมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้โดยเลือกวิธีการสอนและเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ที่เหมาะสม บทความนี้นำเสนอความรู้ในเนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีในห้องเรียนเคมีที่เน้นการอธิบายปรากฏการณ์ 3 ระดับ และยกตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมีที่ใช้กรอบแนวคิดความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีโดยใช้สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET

คำสำคัญ: ความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยี ห้องเรียนเคมี สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET

อ้างอิงบทความนี้
นินนาท จันทร์สูรย์ และนวศิษฏ์ รักษ์บำรุง. (2561). ความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีในห้องเรียนเคมีโดยใช้สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET. **วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา**, 1(1), 109-121.

Academic Article

TPACK in chemistry classroom using PhET interactive simulations

Ninna Jansoon[1,*] and Nawasit Rakbamrung[2]

[1]Division of Basic science and mathermatic, Faculty of Science, Thaksin University

[2]Department of Chemistry Faculty of Science, Burapha University

**Corresponding Author's Email: ninnajansoon@gmail.com*

Received: <13 February 2018>; Accepted <16 March 2018>

Abstract

Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) has been important to the professional chemistry teacher. Teacher should be able to integrate 3 types of knowledge in term of technological knowledge (TK), content knowledge (CK) and pedagogical knowledge (PK). The nature of chemistry subject is truly specific due to the abstract contents and the way to obtain the chemistry knowledge which includes the classification, practical laboratory and thinking in chemistry. Chemistry is a science that deals with the composition, structure, and properties of substances with the transformations including the understand in the particle level are also involved. To be able to deeply understand the contents, three levels of representation should be applied and included in the learning management by using the Technological Pedagogical Content Knowledge. This article proposes Technological Pedagogical Content Knowledge which introduces the three levels of representation including the examples of learning management in chemistry concepts combined with the Technological Pedagogical Content Knowledge using PhET interactive simulations.

Keywords: TPACK, Chemistry classroom, PhET interactive simulations

Cite this article:

Jansoon, N. and Rakbamrung, N. (2018). TPACK in chemistry classroom using PhET interactive simulations (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 1(1), 109 - 121.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทนำ

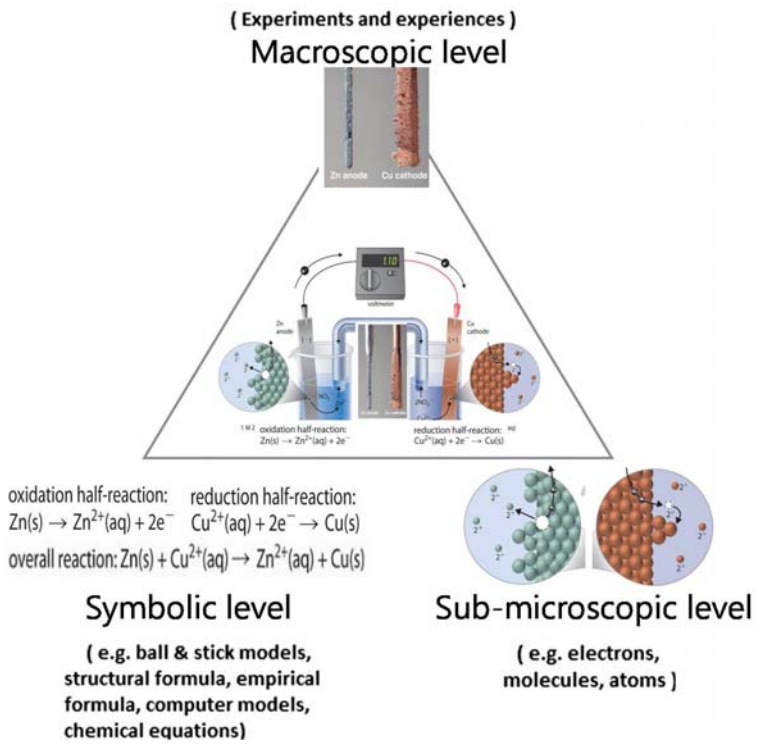
ศตวรรษที่ 21 การเรียนรู้ควร “ก้าวข้ามสาระวิชา” ไปสู่การเรียนรู้ “ทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21” สารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยีเป็นทักษะหนึ่งที่สำคัญในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ดังนั้นครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพควรมีความรู้เกี่ยวกับความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge) เพื่อให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้อย่างจำเพาะเจาะจงกับเนื้อหาที่ตอบสนองต่อกระบวนการเรียนรู้ที่ต่างกันของผู้เรียนโดยเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้ ความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นการผสานความรู้ 3 ด้านได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านการสอน และความรู้ด้านเทคโนโลยี โดยความรู้ด้านเนื้อหาเป็นความรู้ในเนื้อหาที่เป็นข้อเท็จจริง แนวคิดหลัก ทฤษฎี หลักการ ข้อปฏิบัติ ธรรมชาติขององค์ความรู้และธรรมชาติของการสืบเสาะเพื่อได้มาซึ่งองค์ความรู้ในเนื้อหาจำเพาะ

เคมีเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบ โครงสร้าง สมบัติ และการเปลี่ยนแปลงของสาร วิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางเคมีประกอบด้วย การจัดจำแนก ปฏิบัติการทางเคมี และการคิดทางเคมี นักเคมีจัดจำแนกสาร สิ่งต่างๆ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา ตัวอย่างเช่น การจัดจำแนกสารเป็นสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม และการจัดธาตุโดยอาศัยสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเป็นคาบและหมู่ในตารางธาตุเป็นต้น นอกจากนี้นักเคมีทำการทดลองเพื่อให้เข้าใจสมบัติและปฏิกิริยาของสาร เช่นการทดลองการหาจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของน้ำ และใช้ภาพ/แบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนการอธิบายและการทำนายพฤติกรรมของสารในระดับอนุภาคเรียกว่าการคิดทางเคมี ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าความรู้ด้านเนื้อหา “เคมี” มีความจำเพาะ เป็นความรู้เกี่ยวกับสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารที่ได้จากการจัดจำแนก การทดลอง และการคิดทางเคมี นอกจากผู้เรียนจะศึกษาวิชาเคมีจากการทำการทดลองแล้วต้องเข้าใจและอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ในระดับอะตอม โมเลกุล หรือไอออน และสื่อสารโดยใช้สูตรเคมี สมการเคมี หรือกลไกในการเกิดปฏิกิริยาเป็นต้น

บทความนี้นำเสนอความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีในห้องเรียนเคมี โดยคำนึงถึงความจำเพาะของวิชาเคมีที่ผู้สอนสามารถนำการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี 3 ระดับมาแทรกในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมมาเป็นเครื่องมือร่วมในการจัดการเรียนรู้ และยกตัวอย่างความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีในห้องเรียนเคมีโดยนำสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์

การอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี 3 ระดับ

นักเคมีอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีต่างๆ เป็นตัวแทนใน 3 ระดับที่แตกต่างกันได้แก่ ระดับมหภาค ระดับสัญลักษณ์ และระดับจุลภาค กล่าวคือระดับมหภาค (macroscopic level) เป็นการสังเกตปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงจากทดลองที่ทำได้แก่ การเปลี่ยนสี การเกิดสารผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือการหายไปของสาร เป็นต้น และเพื่อเป็นการสื่อสารปรากฏการณ์ดังกล่าวนักเคมีใช้ระดับสัญลักษณ์ (symbolic level) เช่น การวาดภาพ การใช้สัญลักษณ์ การใช้ตัวเลข การคำนวณทางคอมพิวเตอร์ อันได้แก่ สมการเคมี กราฟ กลไกการเกิดปฏิกิริยาเพื่อแสดงการดำเนินไปของปฏิกิริยา ส่วนระดับจุลภาค (sub-microscopic level) เป็นการนำแบบจำลองมาใช้เป็นตัวแทนของอนุภาคอาศัยพื้นฐานทางทฤษฎีเพื่ออธิบายให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจากการสังเกตในระดับมหภาคเป็นตัวแทนการเคลื่อนที่ของอนุภาคต่างๆ เช่น อิเล็กตรอน โมเลกุล และอะตอม ที่มีขนาดเล็กเกินกว่าที่จะสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยนักเคมีอาจอธิบายลักษณะเฉพาะและพฤติกรรมของอนุภาคโดยใช้สัญลักษณ์แทนภาพที่สร้างขึ้นจากความคิด (mental images) ทั้งนี้ความเข้าใจในระดับต่างๆ สามารถเชื่อมโยงซึ่งกันเรียกว่า การอธิบายปรากฏการณ์ 3 ระดับ (three levels of representation) ดังแสดงในภาพที่ 1 (Treagust et al., 2003)



ภาพที่ 1 การอธิบายปรากฏการณ์ 3 ระดับ เรื่องเซลล์กัลวานิก (ดัดแปลงจาก Treagust et al., 2003)

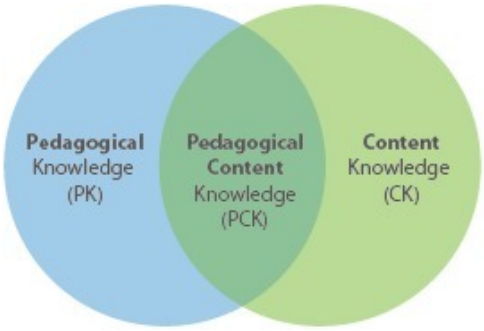
ภาพที่ 1 แสดงการอธิบายปรากฏการณ์ 3 ระดับ เรื่องเซลล์กัลวานิก จากการทำปฏิบัติการทดลองเรื่องเซลล์กัลวานิก นำแผ่นสังกะสีใส่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุสารละลาย $ZnSO_4$ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ และนำแผ่นทองแดงใส่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุสารละลาย $CuSO_4$ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ เชื่อมต่อขั้วไฟฟ้าด้วยสายไฟและโวลต์มิเตอร์ นำท่อแก้วรูปตัวยูคว่ำที่บรรจุสารละลาย KCl ใส่ลงไปในบีกเกอร์เพื่อทำหน้าที่เป็นสะพานเกลือ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรเข็มของโวลต์มิเตอร์จะเบนไปทางขั้วแคโทดและแสดงค่าศักย์ไฟฟ้าได้ 1.10 โวลต์ ถ้าสังเกตที่ขั้วไฟฟ้าจะเห็นแผ่นสังกะสีผุกร่อนและมีทองแดงมาเกาะที่แผ่นทองแดงหนาขึ้น **(ระดับมหภาค)** ในเซลล์กัลวานิกเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่เนื่องจากเกิดการให้และรับอิเล็กตรอน ที่ขั้วแอโนดสังกะสีเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีการให้อิเล็กตรอนกลายเป็น Zn^{2+} [$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ **(ระดับสัญลักษณ์)**] โดย Zn^{2+} ไอออนจะเคลื่อนที่ไปยังสารละลาย $ZnSO_4$ อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสายไฟและโวลต์มิเตอร์ไปยังแผ่นทองแดงที่ทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทด (เข็มของโวลต์มิเตอร์จะเบนไปตามทิศการไหลของอิเล็กตรอน) ทำให้แผ่นทองแดงจะมีทองแดงมาเกาะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยารีดักชัน Cu^{2+} ในสารละลาย $CuSO_4$ ได้รับอิเล็กตรอน [$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ **(ระดับสัญลักษณ์)**] กลายเป็นโลหะทองแดงเกาะที่ผิวของแผ่นทองแดง **(ระดับจุลภาค)** แทนด้วยแผนภาพเซลล์เคมีไฟฟ้าดังนี้ $Zn|Zn^{2+}(1M)||Cu^{2+}(1M)|Cu$ **(ระดับสัญลักษณ์)**

ความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยี

ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพควรมีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเนื่องจากเป็นความรู้ที่แสดงถึงความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ ทักษะ และเจตคติให้กับผู้เรียน โดยความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge) เป็นกรอบแนวคิดที่นำเสนอเมื่อ ค.ศ. 1987 โดย นักจิตวิทยาการศึกษาชื่อ Lee S. Shulman กล่าวว่า “the blending of content and pedagogy into an understanding of how particular topics, problems, or issues are organized, represented, and adapted to the diverse interests and abilities of learners, and presented for instruction “ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเป็นความรู้ที่เกิดจากการบูรณาการความรู้ 2 ด้าน

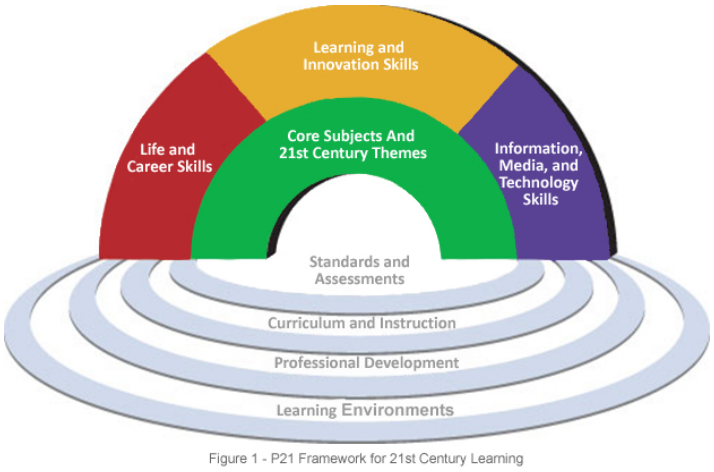
Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ได้แก่ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge) และความรู้ด้านการสอนหรือศาสตร์การสอน (Pedagogical Knowledge) เพื่อจัดการเรียนรู้อย่างจำเพาะเจาะจงกับเนื้อหาที่ตอบสนองต่อกระบวนการเรียนรู้ที่ต่างกันของผู้เรียนได้ (นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2555) ความสัมพันธ์ระหว่าง ความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านการสอน และความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (ที่มา https://www.scoop.it/t/shulman-s-pck)

ศตวรรษที่ 21 การเรียนรู้ต้อง “ก้าวข้ามสาระวิชา” ไปสู่การเรียนรู้ “ทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21” เตรียมคนออกไปเป็นคนทำงานที่ใช้ความรู้ (knowledge worker) และบุคคลพร้อมเรียนรู้ (learning person) เพราะต้องเตรียมคนไปเผชิญการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว รุนแรง พลิกผัน และคาดไม่ถึง คนยุคใหม่ จึงต้องมีทักษะสูงในการเรียนรู้และปรับตัว (วิจารณ์ พานิช, 2555) ทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะชีวิตและอาชีพ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 21st Century Learning Framework (ที่มา https://en.wikipedia.org)

ในปี ค.ศ. 2006 Punya Mishra และ Matthew J. Koehler นักวิชาการการศึกษาด้านเทคโนโลยีศึกษา มหาวิทยาลัยแห่งรัฐมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา นำเสนอกรอบแนวคิดที่ต่อยอดจาก PCK โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการจัดการสอน เรียกว่า Technological Pedagogical Content Knowledge ราชบัณฑิตยสถาน (2558) ได้ให้คำจำกัดความความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge : TPCK , TPACK) คือหลักและแนวทางในการผสานความรู้ 3 ด้านได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านการสอน และความรู้ด้านเทคโนโลยี เพื่อช่วยให้การสอนโดยใช้เทคโนโลยีเกิดประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีและเร็วขึ้น

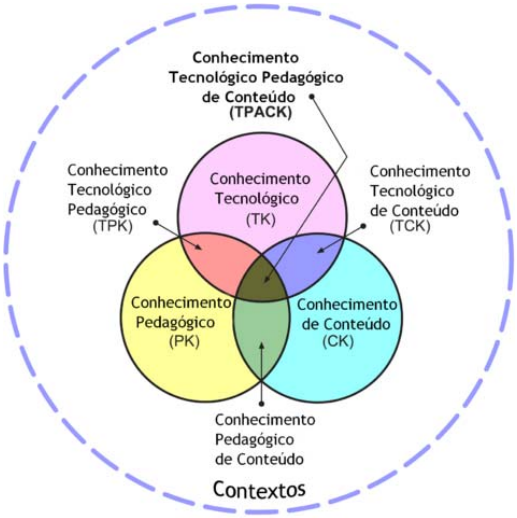
ความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีถ้าวิเคราะห์เชิงองค์ประกอบสามารถจำแนกความรู้เป็น 2 กลุ่ม คือความร้องค์ประกอบพื้นฐาน (Fundamental Knowledge Object) และความรู้เชิงบูรณาการ (Integrated Knowledge Object) ความรู้องค์ประกอบพื้นฐานจำแนกความรู้เป็น 3 ด้าน (นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2555) ดังนี้

1) ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge: CK) หมายถึงความรู้เกี่ยวกับตัวองค์ความรู้ในเนื้อหาที่เป็นข้อเท็จจริง แนวคิดหลัก ทฤษฎี หลักการ ข้อปฏิบัติ ธรรมชาติขององค์ความรู้และธรรมชาติของการสืบเสาะเพื่อได้มาซึ่งองค์ความรู้ในเนื้อหาจำเพาะ

2) ความรู้ด้านวิธีการสอน (Pedagogical Knowledge : PK) หมายถึงความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ วิธีการสอน เทคนิค และกลวิธีการสอน รวมถึงหลักการทั่วไปในกระบวนการเรียนรู้ การจัดการขั้นเรียน การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้

3) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge: TK) หมายถึงความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีมาตรฐาน เทคโนโลยีขั้นสูง รวมถึงความสามารถในการเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่และปรับเปลี่ยนลักษณะการใช้งานให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีนั้นๆ เพื่อนำมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ได้

ความรู้เชิงบูรณาการจำแนกเป็น 2 ประเภทคือความรู้องค์ประกอบเชิงทวิบูรณาการ (Dual-integrated Knowledge Object: DIKO) และความรู้องค์ประกอบเชิงพหุบูรณาการ (Multiple-integrated Knowledge Object: MIKO) โดยแต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กัน (นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2555) แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 The technological pedagogical content knowledge framework
(ที่มา Koehler et al., 2014)

จากภาพที่ 4 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) ความรู้ด้านศาสตร์การสอนผนวกเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Knowledge : TPK) หมายถึงความรู้ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านศาสตร์การสอนและความรู้ในเทคโนโลยี เกี่ยวกับการใช้วัตถุหรือโปรแกรมประกอบ และอุปกรณ์เสริมของเครื่องมือเทคโนโลยีต่างๆ ที่มีอยู่แล้วมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้

2) ความรู้ด้านเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (Technological Content Knowledge : TCK) หมายถึงความรู้ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ในเนื้อหาและความรู้ในเทคโนโลยี โดยเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการเปลี่ยนรูปแบบสิ่งแสดงความรู้ (Knowledge representation) ให้อยู่ในรูปแบบหรือลักษณะที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

3) ความรู้ด้านศาสตร์การสอนผนวกเนื้อหา (Pedagogical Content Knowledge : PCK) หมายถึงความรู้ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านศาสตร์การสอน และความรู้ในเนื้อหา โดยเกี่ยวกับเทคนิคเชิงกลยุทธ์ของการสอนที่ประยุกต์เพื่อใช้ในการสอนเนื้อหาจำเพาะ หรือนำมาใช้เป็นตัวแทนแนวคิดหลักได้อย่างเหมาะสมเพื่อสร้างความเข้าใจต่อแนวคิดหลักที่มีลักษณะจำเพาะ

4) ความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge TPACK) หมายถึงความรู้ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านศาสตร์การสอน ความรู้ในเนื้อหา และความรู้ในเทคโนโลยี โดยเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือเพื่อสร้างสิ่งแสดงความรู้ที่เอื้ออำนวยต่อการสอนเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาที่จำเพาะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ลดระยะเวลาการเรียนรู้ เรียนรู้ได้มากขึ้น และมีต้นทุนต่ำ โดยสอดคล้องกับบริบท (context) ที่เกี่ยวข้อง

ความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีในห้องเรียนเคมี

การพัฒนาความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยี แบ่งเป็น 3 รูปแบบ PCK to TPACK, TPK to TPACK และ PCK & TPACK (Koehler et al., 2014) PCK to TPACK เป็นรูปแบบการพัฒนาที่นำเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาและวิธีสอนมาใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้สนับสนุนและส่งเสริมการเปลี่ยนรูปแบบสิ่งแสดงความรู้ ให้อยู่ในรูปแบบหรือลักษณะที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2559) การจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนเคมี เรื่องกรด-เบส: สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์สามารถออกแบบโดยอาศัยความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีรูปแบบ PCK to TPACK โดยแบ่งเป็น 2 ระยะคือ การพัฒนา PCK และ การนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาบูรณาการกับ PCK

ระยะที่ 1 การพัฒนา PCK เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์เป็นการนำความรู้ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์และการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี 3 ระดับเพื่อสร้างความเข้าใจต่อแนวคิดทางเคมีผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กลวิธีการสอนแบบ 5-Es Learning Cycle ดังรูปที่ **5**

ภาพที่ 5 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์
(ดัดแปลงจาก https://www.scoop.it/t/shulman-s-pck)

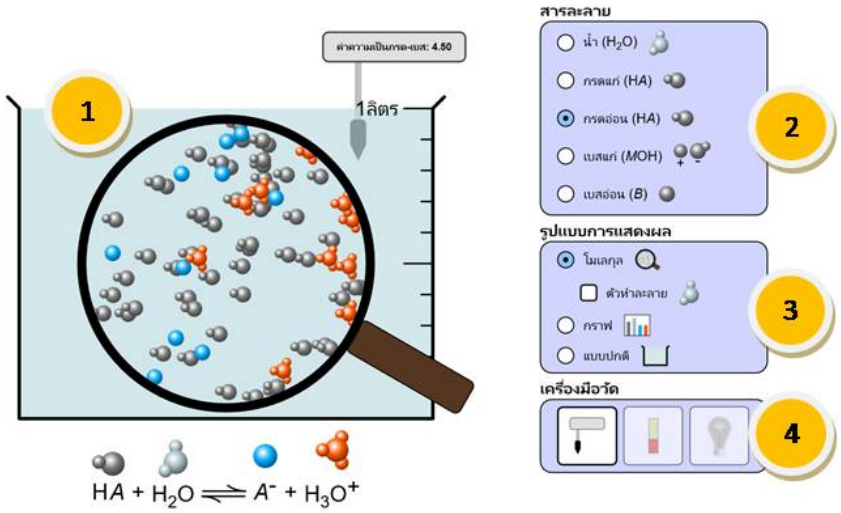
ระยะที่ 2 การนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาบูรณาการกับ PCK เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ ความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีในห้องเรียนเคมีโดยใช้รูปแบบการพัฒนา PCK to TPACK นำสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มาใช้เป็นเครื่องมือในการเปลี่ยนรูปแบบของการนำเสนอตัวแทน (transform representation) การอธิบายปรากฏการณ์ 3 ระดับ เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์จากนามธรรมให้เป็นรูปธรรม ผนวกกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้จากกลวิธีการสอนแบบ 5-Es Learning Cycle

สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET (PhET INTERACTIVE SIMULATIONS) เป็นโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย ออกแบบมาเพื่อสร้างความสนุกและให้ผู้เรียนเข้าใจการมีปฏิสัมพันธ์ในระหว่างการเรียนเพื่อรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางกายภาพ สถานการณ์จำลองประกอบด้วย 5 วิชาดังนี้ ฟิสิกส์ ชีววิทยา เคมี วิทยาศาสตร์ของโลก และคณิตศาสตร์ เนื่องจากสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET สร้างขึ้นจากข้อค้นพบที่ได้จากการลงมือทำวิจัยจึงทำให้มั่นใจว่าสามารถช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างมีความหมายและมีความตระหนักรู้ในปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET แสดงดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET (ที่มา https://phet.colorado.edu/th/)

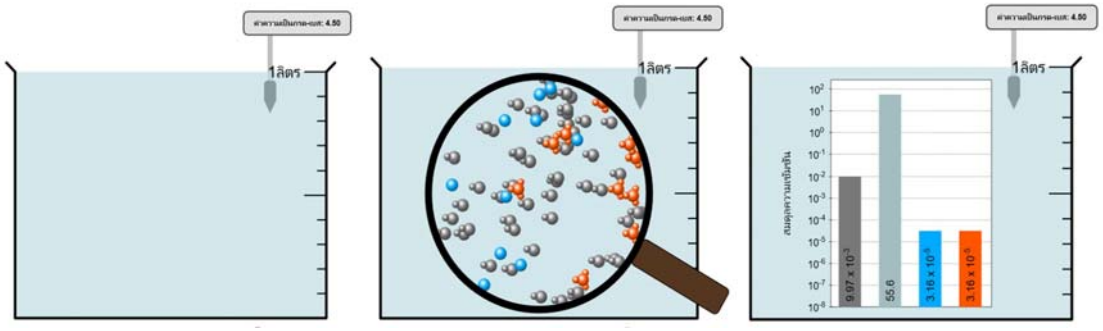
ผลจากการศึกษาพบว่าสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ส่งผลต่อการเรียนรู้เป็นอย่างดีต่อความเข้าใจโนมติ (Conceptual Understanding) ของผู้เรียน การใช้สถานการณ์จำลองยังไม่สามารถตอบสนองการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการปฏิบัติการทดลองได้อย่างสมบูรณ์นักแต่อย่างไรก็ตามจะขึ้นอยู่กับเป้าหมายการเรียนรู้ที่ถูกกำหนดโดยผู้สอน ซึ่งอาจจะส่งผลอย่างมีประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้มากกว่าถ้าใช้สถานการณ์จำลองร่วมกับการลงมือปฏิบัติการทดลองในชั้นเรียน สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มีประสิทธิภาพต่อการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย กิจกรรมในชั้นเรียน ปฏิบัติการทดลอง และการบ้าน นอกจากนี้สถานการณ์จำลองถูกออกแบบให้นำเสนอในลักษณะที่เป็นตัวอักษรให้น้อยลง ทำให้ผู้สอนสามารถที่จะนำไปใช้บูรณาการร่วมเพื่องานปฏิบัติการสอนในชั้นเรียนได้โดยง่ายขึ้น (https://phet.colorado.edu/th/)

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University



ภาพที่ 7 สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่อง สารละลายกรด-เบส
(ดัดแปลงจาก https://phet.colorado.edu/th/)

สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ประกอบด้วย 4 ส่วน ดังภาพที่ 7 คือ (1) การทดลองเสมือนจริง เรื่องสารละลายกรด-เบส (2) ตัวอย่างสารละลายกรด-เบส เช่น น้ำ กรดแก่ กรดอ่อน เบสแก่ และเบสอ่อน (3) รูปแบบการแสดงผล เช่น แบบปกติ โมเลกุล และกราฟ (4) เครื่องมือวัด เช่น pH มิเตอร์ กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ และการทดสอบการสว่างของหลอดไฟ รูปแบบการแสดงผลของสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ประกอบด้วยการนำเสนอ 3 รูปแบบ ดังภาพที่ 8



(ก) แบบปกติ (ข) โมเลกุล (ค) กราฟ

ภาพที่ 8 รูปแบบการแสดงผล ของสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่อง สารละลายกรด-เบส
(ดัดแปลงจาก https://phet.colorado.edu/th/)

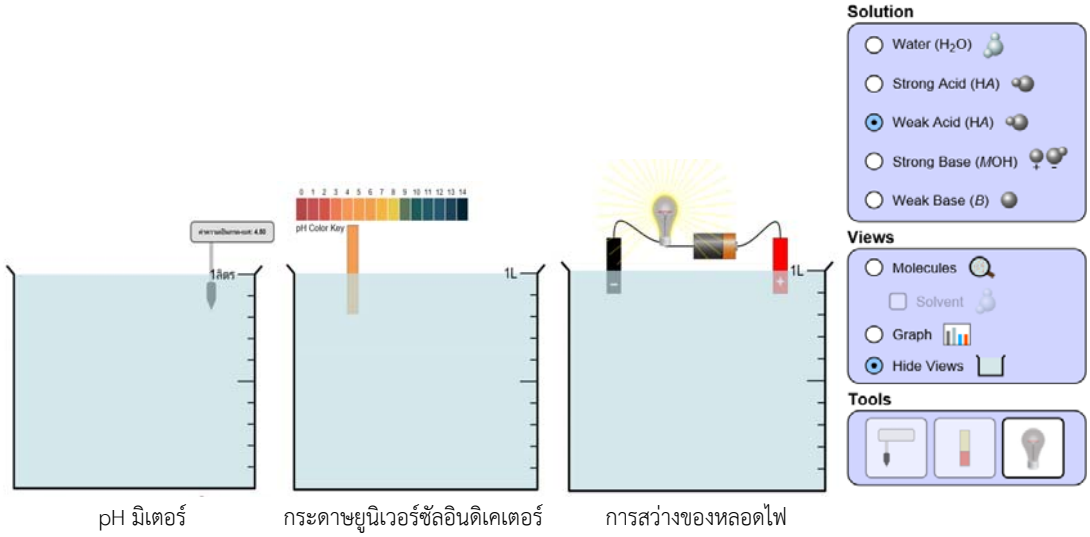
แบบปกติ เป็นภาพแสดงการทดลองเสมือนจริง เรื่องการวัดความเป็นกรด-เบสของสารละลายต่างๆ เช่น น้ำ กรดแก่ กรดอ่อน เบสแก่ และเบสอ่อน โดยใช้เครื่องมือ 3 ชนิดคือ pH มิเตอร์ กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ และการทดสอบการสว่างของหลอดไฟ

โมเลกุล เป็นภาพแสดงอนุภาคและปริมาณของอนุภาคของสารนั้นๆ ในบีกเกอร์เช่นกรดอ่อน (HA) เมื่อละลายในน้ำอนุภาคที่ปรากฏในบีกเกอร์ คือ อนุภาคของ HA, H_2O, A^- และ H_3O^+ และมีปริมาณแตกต่างกัน

กราฟ เป็นภาพกราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมดุลความเข้มข้นและชนิดของสารละลาย โดยแกน Y แทนด้วยความเข้มข้นของสาร (M) และแกน X แทนด้วยชนิดของอนุภาคในบีกเกอร์

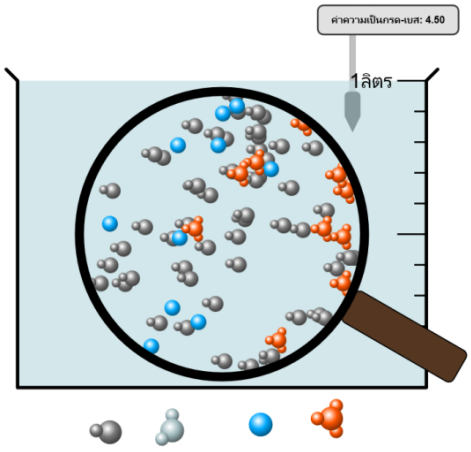
สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET แสดงการอธิบายปรากฏการณ์ 3 ระดับในเรื่องสารละลายกรด-เบสดังนี้

1) ระดับมหภาค การนำเสนอการทดลองเสมือนจริงในการศึกษาสมบัติของกรด-เบสของสารละลาย ต่างๆ เช่น น้ำ (H_2O) กรดแก่ (HA) กรดอ่อน (HA) เบสแก่ (MOH) และเบสอ่อน (B) โดยใช้เครื่องมือ 3 ชนิดคือ pH มิเตอร์ กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ และการสว่างของหลอดไฟ เช่นนำ pH มิเตอร์จุ่มลงในบีกเกอร์ที่บรรจุกรด HA ค่า pH ของสารละลายมีค่า 4.5 เมื่อนำกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์จุ่มในสารละลายพบว่ากระดาษมีสีเหลือง และหลอดไฟจะสว่างเมื่อนำไปจุ่มในสารละลาย HA ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ระดับมหภาค เรื่องสารละลายกรด-เบส ในสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET (ดัดแปลงจาก https://phet.colorado.edu/th/)

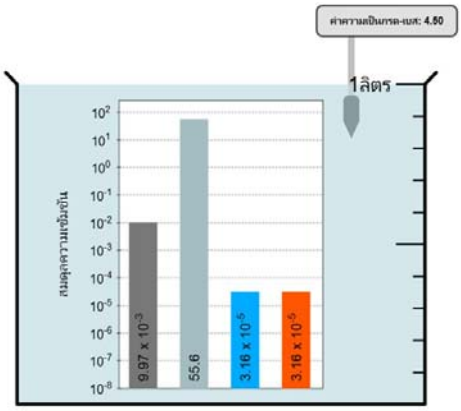
2) ระดับจุลภาค การนำเสนอภาพและปริมาณของอนุภาคในบีกเกอร์เช่น เมื่อนำกรด HA มาละลายน้ำกรดจะแตกตัวเป็น A^- และ H_3O^+ เนื่องจาก HA เป็นกรดอ่อนไม่แตกตัว 100% ดังนั้นในบีกเกอร์จะปรากฏภาพ และ แทนอนุภาคของ A^- H_3O^+ HA และ H_2O ตามลำดับ ดังภาพที่ 10



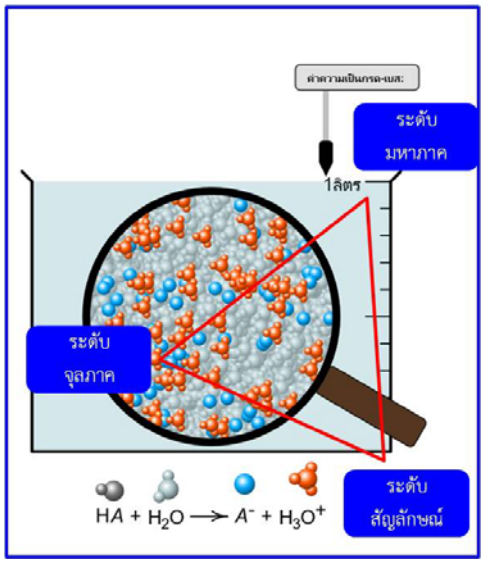
ภาพที่ 10 ระดับจุลภาค เรื่องสารละลายกรด-เบส ในสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET (ดัดแปลงจาก https://phet.colorado.edu/th/)

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

3) ระดับสัญลักษณ์ การนำเสนอสมการการแตกตัวของกรดอ่อน และการนำเสนอกราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมดุลความเข้มข้นและชนิดของสารที่ปรากฏในบีกเกอร์ กรด HA เป็นกรดอ่อนเมื่อละลายน้ำจะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ $HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$ โดย HA, H_2O, A^- และ H_3O^+ มีความเข้มข้นเท่ากับ 9.97×10^{-3}, 55.6, 3.16×10^{-5} และ 3.16×10^{-5} M ตามลำดับ ความเข้มข้นของอนุภาคสัมพันธ์กับความสามารถการแตกตัวของกรดและเบส ดังภาพที่ 11

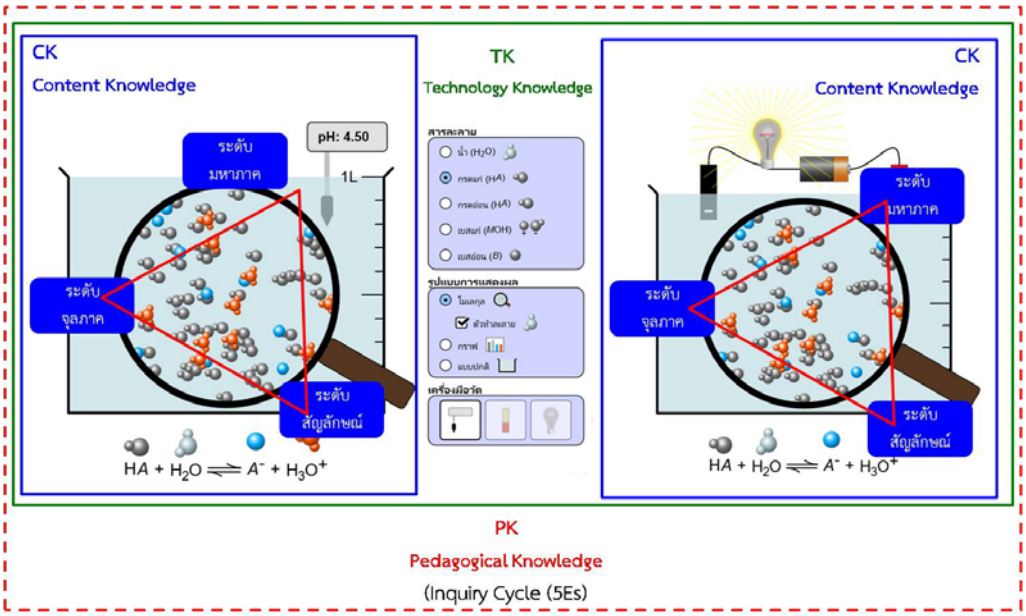


ภาพที่ 11 ระดับสัญลักษณ์ เรื่องสารละลายกรด-เบส ในสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET (ดัดแปลงจาก https://phet.colorado.edu/th/)



ภาพที่ 12 การอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี 3 ระดับ ในสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET (ดัดแปลงจาก https://phet.colorado.edu/th/)

จากภาพที่ 12 สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจในระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์ และการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี 3 ระดับ ผู้เรียนสามารถศึกษาความเป็นกรด-เบสของสารละลายประเภทต่างๆ เช่น น้ำ กรดแก่ กรดอ่อน เบสแก่ และเบสอ่อน จากการทดลองเสมือนจริงโดยใช้เครื่องมือ 3 ชนิดคือ pH มิเตอร์ กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ และการสว่างของหลอดไฟ ในขณะเดียวกันผู้เรียนเห็นภาพอนุภาคและปริมาณของไอออนในบีกเกอร์ และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นโดยมีความสอดคล้องกัน นอกจากนี้เข้าใจที่มาของการหาค่า pH จากความเข้มข้นของ H_3O^+ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องกรด-เบสอย่างลุ่มลึก จากการนำสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มาใช้เป็นเครื่องมือในการเปลี่ยนรูปแบบของการนำเสนอตัวแทนโดยเปลี่ยนองค์ความรู้เคมีที่เป็นนามธรรมเป็นรูปธรรม



(ก) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (ข) ขั้นขยายความรู้

ภาพที่ 13 TPACK ในสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ (ดัดแปลงจาก https://phet.colorado.edu/th/)

สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการเปลี่ยนรูปแบบของการนำเสนอตัวแทนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจใน ระดับมหภาค ระดับจุลภาค ระดับสัญลักษณ์ และการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี 3 ระดับ เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้จากกลวิธีการสอนแบบ 5-Es Learning Cycle ตามกรอบแนวคิดความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยี จากภาพที่ 13 แสดงการจัดการเรียนรู้เรื่องกรด-เบส : สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ ผู้สอนสามารถนำสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มาใช้เป็นเครื่องมือในการอธิบายปรากฏการณ์ 3 ระดับโดยใช้รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) : ครูทบทวนความรู้เรื่องสมบัติของกรด-เบส โดยเปิดคลิปวีดีโอ https://www.youtube.com/watch?v=4WillWjxRWw และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อสร้างความสนใจว่าเหตุใดหลอดไฟจึงสว่างไม่เท่ากัน

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) : แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ทำการทดลองเรื่องสมบัติบางประการของสารละลาย เพื่อทดสอบการเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัส ทดสอบการนำไฟฟ้าโดยดูการสว่างของหลอดไฟ และครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นในประเด็นการจำแนกประเภทของสารละลายโดยใช้เกณฑ์การเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัสและการนำไฟฟ้า และเหตุใดสารแต่ละชนิดนำไฟฟ้าได้ต่างกัน

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) : นักเรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และร่วมกันลงข้อสรุปข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และครูอธิบายการอธิบายปรากฏการณ์ 3 ระดับโดยใช้สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET เชื่อมโยงการทดลองกับสถานการณ์เสมือนจริง อธิบายโดยใช้ภาพและปริมาณของอนุภาคและสมการการแตกตัวของสารแต่ละชนิด

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) : ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายขยายแนวคิด “นักเรียนคิดว่าเหตุใดสารละลายแต่ละชนิดนำไฟฟ้าต่างกัน” ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายด้วยการอธิบายปรากฏการณ์ 3 ระดับโดยใช้สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET เพื่อให้เข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของสารละลายมีความสัมพันธ์กับปริมาณไอออนจากการแตกตัวของสารละลายกรด-เบส เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ระหว่างการนำไฟฟ้าของสารละลายแต่ละชนิด สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ดีจะแตกตัวเป็นไอออนได้หมดเรียกว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ สามารถแสดงดังสมการ $HA + H_2O \rightarrow A^- + H_3O^+$

5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) : ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 8.1 เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์

บทสรุป

ความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีมีความสำคัญในการพัฒนาเพื่อนำไปสู่ครูเคมีมืออาชีพเนื่องจากเป็นความรู้ที่เกิดจากการบูรณาการใน 3 ด้านคือความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านการสอน และความรู้ด้านเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสมตามบริบทที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากวิชาเคมีมีลักษณะจำเพาะและเพื่อได้มาซึ่งความเข้าใจในวิชาเคมีอย่างลุ่มลึกนอกจากเข้าใจในเนื้อหาแล้วควรมีความรู้ในการอธิบายปรากฏการณ์ 3 ระดับ ดังนั้นในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ครูเคมีควรตระหนักถึงการนำความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีเนื่องจากแสดงถึงความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาอย่างลุ่มลึกเป็นการนำแบบจำลองมาใช้เป็นตัวแทนของอนุภาค (ไอออน โมเลกุล อะตอม) เพื่ออธิบายให้สอดคล้องกับปรากฏการณ์หรือผลการทดลอง และสื่อสารด้วยสัญลักษณ์ (สมการเคมีและกราฟ) รวมถึงการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเปลี่ยนรูปแบบของการนำเสนอตัวแทนจากนามธรรมเป็นรูปธรรม สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET เป็นตัวอย่างหนึ่งที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากผู้เรียนสามารถทำการทดลองเสมือนจริงในเรื่องนั้นๆ โดยมีภาพอนุภาค เช่น ไอออน โมเลกุล หรืออะตอมที่สอดคล้องกับการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในการทดลองนั้นๆ และสื่อสารด้วยสัญลักษณ์ เช่นสมการเคมี สูตรเคมี หรือกราฟ ซึ่งจะส่งผลต่อการเรียนรู้วิชาเคมีของผู้เรียนจากการท่องจำและการใช้สูตรคณิตศาสตร์ เป็นการเรียนเคมีด้วยความเข้าใจในบริบทของเคมี

เอกสารอ้างอิง

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2559). การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์. **วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร**, 6(2), 1-13.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2558). **กลยุทธ์การสอนเคมีอย่างมืออาชีพ**. กรุงเทพ: บริษัท วิสต้า อินเตอร์ปริ๊นท์ จำกัด.

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2555). ความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยีในวิชาชีพครูศึกษา. **วารสารสภาคณบดีคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์แห่งประเทศไทย**, 4(2), 20-37.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). **พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน**. กรุงเทพฯ: สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2558). **พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย ฉบับราชบัณฑิตยสภา**. กรุงเทพฯ: สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.

วิจารณ์ พานิช. (2555). **วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพ: บริษัทตถาตาพับลิเคชั่น จำกัด.

Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S. and Graham, C. R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. In J. M. Spector et al. (Eds.), **Handbook of Research on Educational Communications and Technology** (pp. 101-111). New York: Springer.

Treagust, D., Chittleborough, G. and Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. **International Journal of Science Education**, 25(11), 1353-1368.

University of Colorado Boulder. PhET: Interactive Simulations for Science and Math. Retrieved 2 February 2018, from **PhET Interactive Simulations**: https://phet.colorado.edu/