TPACK ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: TPACK ในเคมี*

TPACK TO LEARN FOR SCIENCE: TPACK TO LEARN FOR CHEMISTRY

[1]อานนท์ มีซอง Anon Misong, [2]ศิริรัตน์ ศรีสะอาด Sirirat Srisa-ard,
[3]นาตยา ปิลันธนานนท์ Nataya Pilanthananond
[1,2,3]มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Kasetsart University, Thailand
Corresponding Author E-mail: anon.mis@ku.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการเสนอทางเลือกในการจัดการเรียนรู้ของครูที่เกิดจากการเลือก Content Pedagogy และ Technology ที่เหมาะสมอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดงานวิจัยนี้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินสถานการณ์การสอนในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ดำเนินการวิจัยโดยการกำหนดมโนทัศน์ทางเคมีและพัฒนาเส้นทาง TPACK ในเคมี นำเส้นทางที่พัฒนาขึ้นไปสร้างสถานการณ์การสอน ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสม โดยมีผู้เชี่ยวชาญที่เป็นกลุ่มตัวอย่างคือผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ในระดับอุดมศึกษา ผู้เชี่ยวชาญสาขาเคมีจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และศึกษานิเทศก์ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์หรือเคมี โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์การสอนเนื้อหาเคมีกับการเรียนรู้ในรูปแบบ TPACK ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น วิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูล ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาและสถิติพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้คลังเส้นทางการเรียนรู้เคมีภายใต้ Concept เรื่อง สาร โดยแบ่งเป็น 4 Concept ย่อย ในแต่ละ Concept ย่อยจะมี 4 เส้นทางการเรียนรู้ รวม 16 เส้นทางการเรียนรู้ 2) ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าสถานการณ์การสอน มีความเหมาะสมมาก และมากที่สุด น่าจะช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของการสอนเคมีได้

คำสำคัญ:, การเรียนรู้, วิทยาศาสตร์, เคมี, วิธีการสอน, เทคโนโลยี

*Received: March 02, 2021, Revised: June 23, 2021, Accepted: June 25, 2021.

Abstract

This article presents teachers' learning management alternatives with appropriate content, pedagogy, and technology selection are the reasons of this research. The objectives were to develop and evaluate teaching scenarios in form of TPACK in chemistry for lower secondary level. The research methodology was to define chemistry concepts and develop TPACK learning guidelines. These data developed were required exactness and appropriateness by sample expert participants; consisted of university science teachers, chemistry experts from The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, and educational supervisors. The research tool was a questionnaire about teaching scenario assessment. Data were analyzed by descriptive statistics and content analysis. The research findings are as follows 1) The chemistry learning guidelines under the concept of matter were divided into 4 sub-concepts. Each sub-concept consisted of 4 learning guidelines, a total of 16 learning guidelines. 2) Most of the experts considered that chemistry teaching scenarios were appropriate at high and the highest levels and would be increased the learning efficiency of teaching chemistry.

Keywords: Learn, Science, Chemistry, Teaching Method, Technology.

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในสาขาวิชาที่มีความสำคัญและมีบทบาทอย่างยิ่งในโลกยุคปัจจุบัน ทั้งยังมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างยากที่จะแยกออก ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ สิ่งอำนวยความสะดวก ด้วยเหตุนั้น หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานจึงได้กล่าวให้เห็นถึงความสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ว่า วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ทั้งนี้ การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เน้นกระบวนการที่นักเรียนเป็นผู้คิดลงมือปฏิบัติ ศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบด้วยกิจกรรมหลากหลาย ทั้งการทำกิจกรรมภาคสนาม การสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลองในห้องปฏิบัติการ การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ และการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า การเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นจะเน้นการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้สร้างให้เกิดขึ้นจากกระบวนการที่นักเรียนต้องคิดและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นจะเน้นการเรียนรู้ที่เกิดจากนักเรียน หากจะเน้นไปที่การเรียนการสอนแบบบรรยายเป็นหลักก็อาจทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายและขาดความสนใจในบทเรียน ดังเช่น กนกวรรณ แปงใจ (2555) ได้กล่าวไว้ว่าในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ถ้าครูผู้สอน ไม่ได้ออกแบบบทเรียนให้นักเรียนมีการลงมือปฏิบัติพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความสนใจในบทเรียน เนื่องจากกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น ครูผู้สอนเน้นการอธิบายและให้นักเรียนจดบันทึกเพื่อจดจำความรู้จากครู เมื่อนักเรียน

ทำการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของทางโรงเรียนทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่ทางโรงเรียนกำหนด ซึ่งบ่งบอกลักษณะของการเรียนการสอนที่มักจะใช้รูปแบบที่ยึดครูเป็นหลักในการจัดการเรียนการสอน นั่นหมายถึง การตัดสินใจเลือกใช้รูปแบบการสอนตลอดจนสื่อจะขึ้นอยู่กับครูผู้สอนเท่านั้น ซึ่งรูปแบบนี้จัดว่าไม่สอดคล้องกับการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่คำนึงถึงประโยชน์สูงสุดของผู้เรียน โดยครูผู้สอนหรือผู้จัดการเรียนรู้พยายามหารูปแบบวิธีการที่เหมาะสมกับผู้เรียนที่จะให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาและเกิดการเรียนรู้ได้มากที่สุด ดังที่ ทิศนา แขมมณี (2545) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนและผู้จัดการศึกษาแบบเดิมนั้นมีลักษณะที่ยึดครูเป็นศูนย์กลาง ดังนั้น ครูผู้สอนและผู้จัดการศึกษาต้องเปลี่ยนบทบาทของตน จากการเป็นผู้ชี้นำและถ่ายทอดความรู้ไปเป็นผู้ช่วยเหลือส่งเสริมและสนับสนุนผู้เรียนในการแสวงหาความรู้จากสื่อและแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ และให้ข้อมูลที่ถูกต้องแก่ผู้เรียนเพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้สร้างสรรค์ความรู้ของตนเอง

หากกล่าวถึงการหารูปแบบวิธีการที่เหมาะสมกับผู้เรียนแล้ว วิธีการสอนบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศ (Technological Pedagogical Content Knowledge : TPACK) ก็เป็นแนวคิดที่สำคัญของการปรับปรุง พัฒนา และยกระดับมาตรฐานการศึกษาให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพโดยอาศัยเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานสำคัญของการปรับเปลี่ยน ซึ่งในการจัดกระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดนี้จะต้องตระหนักถึงดำเนินการใช้เทคโนโลยีเป็นฐานที่จะก้าวไปสู่เป้าหมายโดยรวมในอนาคต โดยผลที่จะเกิดขึ้นนั้นจะส่งผลโดยตรงไปสู่ผู้เรียนเป็นสำคัญ (ฉัตรชัย มณีนาค, 2553) แต่ถึงอย่างนั้น แนวโน้มงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ TPACK ในประเทศไทยนั้นมักจะอยู่ในรูปแบบการพัฒนารูปแบบ TPACK กับบางเทคโนโลยี หรือบางรูปแบบการเรียนการสอน แต่หากพิจารณาจากความหมายตามที่ Shulman (1987) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับ PCK ไว้ว่า “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” (เป็นการผสานองค์ความรู้และการเรียนการสอนเข้าด้วยกันเพื่อที่เข้าใจ เนื้อหาที่มีความเฉพาะเจาะจง, ปัญหา, และประเด็นที่เกี่ยวข้อง เพื่อจัดการปัญหาและประยุกต์ให้เข้ากับความสนใจและความสามารถที่หลากหลายของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอน) และจากนักวิชาการท่านอื่นที่ได้อธิบายความหมายของ PCK ไว้อย่างชัดเจนดังนี้ “knowledge of pedagogy that is applicable to the teaching of specific content. This knowledge includes knowing what teaching approaches fit the content, and likewise, knowing how elements of the content can be arranged for better teaching” (ความรู้เกี่ยวกับการเรียนการสอนใช้กับการสอนเนื้อหาที่มีความเฉพาะซึ่งความรู้นั้นหมายรวมไปถึง การสอนที่มีความเหมาะสมกับองค์ความรู้และรู้ว่าจะจัดเรียงเนื้อหาอย่างไรเพื่อให้การสอนนั้นดีขึ้น) (Mishra and Koehler, 2006)

เมื่อพิจารณาความหมายจากข้อความข้างต้นจะเห็นได้ว่า PCK กล่าวถึงความรู้ที่เกิดจากการบูรณาการความรู้ทางด้านเนื้อหาและวิธีการสอนอย่างเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน อันหมายรวมไปถึงแนวการสอนที่มีความเหมาะสมกับเนื้อหาการจัดเรียงเนื้อหาให้เหมาะสมสำหรับวิธีการสอน และด้วย Mishra and Koehler (2006) เป็นอาจารย์ทางด้านเทคโนโลยีการศึกษานำแนวคิดเกี่ยวกับการบูรณาการความรู้ด้านเนื้อหากับวิชาชีพครูของ Shulman (1986) มาขยายเพิ่มโดยการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีเข้ากับแนวคิดดังกล่าวโดยเรียกกรอบแนวคิดนี้ว่า TPACK โดยสิ่งสำคัญสำหรับกรอบแนวคิดนี้คือ ส่วนที่ทับซ้อนกันระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยี ด้านวิชาครูและด้านเนื้อหา และสอดคล้องกับที่ เจนศึก โพธิศาสตร์ (2555) ได้กล่าวว่า การจัด

กระบวนการเรียนการสอนที่ต้องอาศัยทั้งความรู้ทางเนื้อหาและความเข้าใจถึงหลักการสอนที่จะทำให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายจะต้องมีการจัดกระบวนการเรียนการสอนที่สร้างทักษะการเรียนรู้แก่นักเรียน ตลอดจนการใช้สื่อจากเทคโนโลยีที่แสดงถึงการผสมผสานความรู้ที่เกี่ยวกับเนื้อหาและความรู้ที่เกี่ยวกับวิธีการสอนเข้าด้วยกัน

เนื่องจากเห็นว่า ในเนื้อหาเคมีนั้น บางกระบวนการสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและบางกระบวนการไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งทำให้เนื้อหาเคมียากต่อการจดจำและเข้าใจ ดังที่ วีระพงษ์ แสงชูโต (2532) ได้กล่าวไว้ว่า เนื้อหาวิชามีลักษณะที่ต้องอาศัยทั้งการท่องจำและความเข้าใจ อีกทั้งยังต้องใช้จินตนาการในเรื่องที่ไม่สามารถมองเห็นได้จริง ด้วยเหตุนี้ การอธิบายที่ไม่ชัดเจนอาจส่งผลถึงความเข้าใจของนักเรียนได้ จากที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า ในแต่ละ Content จะมีความเหมาะสมกับ Pedagogy ที่แตกต่างกัน การเลือกใช้ Pedagogy ที่เหมาะสมก็จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถได้รับองค์ความรู้ได้อย่างครบถ้วน ในขณะเดียวกัน การเลือกใช้ Technology ที่เหมาะสมและสอดคล้องก็จะช่วยส่งเสริม Pedagogy ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่า หากเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นเคมี เมื่อใช้วิธีการสอนและการบูรณาการเทคโนโลยีในรูปแบบต่างๆ อย่างเหมาะสมจะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มมากขึ้น และทำให้ความสัมพันธ์ของเนื้อหาเคมีกับรูปแบบการสอนและสื่อเทคโนโลยีนั้นชัดเจนขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจที่ศึกษาวิธีการสอนและสื่อการสอนที่เหมาะสมในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในด้านเคมี ระดับชั้นมัธยมตอนต้น ซึ่งข้อมูลจากการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปเป็นแนวทางในการศึกษาวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสถานการณ์การสอนในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เพื่อประเมินสถานการณ์การสอนในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

TPACK ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: TPACK ในเคมี เป็นงานวิจัยพื้นฐาน (Basic Research) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินสถานการณ์การสอนในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มี 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การพัฒนาสถานการณ์การสอน (Scenario) ในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการในรายละเอียด ดังนี้

1.1. ผู้วิจัยศึกษาเอกสาร งานวิจัย ทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับ 1) กรอบแนวคิด TPACK 2) กรอบมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิทยาศาสตร์ 3) ขอบข่ายและสาระที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเคมี

1.2. สังเคราะห์องค์ความรู้ (Knowledge) ทางเคมี ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1.3. กำหนด Concept เคมี ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1.4. ปรับปรุงแก้ไข Concept ภายใต้การดูแลของกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1.5. พัฒนาเส้นทางการเรียนรู้ ในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1.6. นำเส้นทางการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เสนอคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณา

1.7. ปรับปรุงเส้นทางการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1.8. นำเส้นทางการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น แต่ละเส้นทางมาเขียนสถานการณ์การสอน

1.9. นำสถานการณ์การสอนที่พัฒนาขึ้น เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความถูกต้อง และเหมาะสม

1.10. ปรับปรุงแก้ไข สถานการณ์การสอนที่พัฒนาขึ้น ตามความเห็นของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

เครื่องมือ เป็นตารางวิเคราะห์เนื้อหาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น วิเคราะห์ผล โดย การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) เคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ขั้นที่ 2 ประเมินสถานการณ์การสอน (Scenario) ในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2.1. ผู้วิจัยนำสถานการณ์การสอนที่พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสม

2.2. ปรับปรุงแก้ไข concept และสถานการณ์การสอนตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญภายใต้การดูแลของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

2.3. นำสถานการณ์การสอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มเดิมพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสมอีกครั้ง

และมีรายละเอียดวิธีวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คุณภาพของสถานการณ์การสอนที่พัฒนาขึ้น ได้จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติ ในรายละเอียด ดังนี้ 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ หรือ ด้านการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ ซึ่งเป็นอาจารย์ในระดับอุดมศึกษาที่มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และ/หรือปฏิบัติงานสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ท่าน 2) ผู้เชี่ยวชาญสาขาเคมี หรือสาขาเคมีและเทคโนโลยีจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จำนวน 3 ท่าน 3) ศึกษานิเทศก์ที่มีประสบการณ์ในการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือเคมี หรือเคมีและเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีประสบการณ์ในการสอนมากกว่า 5 ปี จำนวน 3 ท่าน

2. เครื่องมือในการวิจัย แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์การสอน ในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

3. วิธีการสร้างเครื่องมือ แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์การสอน ในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่พัฒนาขึ้น 1) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบถามความคิดเห็น 2) สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์การสอน ในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 3) นำแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์การสอน รูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ 4) ปรับแก้แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์การสอน รูปแบบใน TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ตามความเห็นของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

4. การวิเคราะห์ผล วิเคราะห์โดยใช้สถิติพรรณนา (descriptive statistics) โดยใช้ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) และการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis)

สรุปผลการวิจัย

1. การพัฒนาสถานการณ์การสอนในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

การกำหนด Concept ในเคมีสามารถกำหนด มี Concept หลักเพียง Concept เดียว ได้แก่เรื่องสาร และสามารถแบ่ง Concept ย่อยได้อีก 4 Concept ย่อย ในแต่ละ Concept ย่อย ประกอบไปด้วย 2 Pedagogy ในแต่ละ Pedagogy ประกอบไปด้วย 2 Technology จึงทำให้ 1 Concept ย่อยประกอบไปด้วย 4 เส้นทางการเรียนรู้ หลังจากนั้นจึงพัฒนาเส้นทางการเรียนรู้ในรูปแบบ TPACK ได้ทั้งหมด 16 เส้นทางการเรียนรู้ โดย Pedagogy ที่เลือกใช้ผู้วิจัยได้แบ่งการเลือกใช้ Pedagogy ออกเป็นสองกลุ่ม นั่นคือ กลุ่มพฤติกรรมนิยม (Behaviorism) และกลุ่มสร้างสรรค์องค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) แล้วจึงเลือก Pedagogy ในแต่ละกลุ่มที่มีความเหมาะสมกับ Concept ย่อย เช่น Concept เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสาร ที่เป็น Concept ที่มีความซับซ้อนน้อย สามารถเรียนรู้ในรูปแบบกลุ่ม หรือเรียนรู้ด้วยตนเองได้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ Pedagogy เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ MURDER และรูปแบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-directed learning) และเมื่อได้ Pedagogy แล้ว ผู้วิจัยจึงได้เลือกTechnology ที่เหมาะสมกับแต่ละ Pedagogy และ Concept ย่อย โดย Technology ที่ควรจะเลือกใช้ ควรเป็น Technology ที่สามารถแสดงให้นักเรียนเห็นความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีให้นักเรียนเห็นได้ชัดเจน

2. การประเมินสถานการณ์การสอนในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ผลประเมิน Concept และสถานการณ์การสอน (Scenario) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญสาขาเคมีจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ศึกษานิเทศก์ที่มีประสบการณ์ในการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ หรือเคมี โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับ Concept และสถานการณ์การสอนในรูปแบบ TPACK ในเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยสรุปได้ผลการประเมินดังนี้

2.1 ผลการประเมิน Concept เนื้อหาเคมีผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ มีความเห็นว่ามโนทัศน์เนื้อหาเคมีที่กำหนดขึ้นมีความเหมาะสมกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับมากที่สุด ดังในตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อ Concept เคมีระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (รอบที่ 1)

(n=8)

	ความถี่ของความคิดเห็นแต่ละระดับ				
	มากที่สุด	**มาก**	**ปานกลาง**	**น้อย**	**น้อยที่สุด**
Concept ที่ 1	3	2	1	2	
Concept ที่ 2	3	2	1	1	1
Concept ที่ 3	5	3			
Concept ที่ 4	5	3			
คิดเป็นร้อยละ	**50.00**	**31.25**	**6.25**	**9.38**	**3.125**

จากตารางที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ มีความเห็นว่า Concept ที่กำหนดขึ้น มีความเหมาะสมมากที่สุด แต่ใน Concept ที่ 1 และ 2 ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นที่หลากหลาย ตั้งแต่ระดับมากที่สุดไปจนถึงน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อ Concept เคมีระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (รอบที่ 2)

(n=6)

	ความถี่ของความคิดเห็นแต่ละระดับ				
	มากที่สุด	**มาก**	**ปานกลาง**	**น้อย**	**น้อยที่สุด**
Concept ที่ 1	**3**	**2**	**1**		
Concept ที่ 2	**5**		1		
Concept ที่ 3	**5**	1			
Concept ที่ 4	**6**				
คิดเป็นร้อยละ	**79.16**	**12.5**	**8.33**	**0**	**0**

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ มีความเห็นในระดับมากที่สุดเกี่ยวกับความเหมาะสมของ Concept ที่กำหนดขึ้น

จากผลการสอบถามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในรอบที่ 2 พบว่า ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญครั้งที่ 2 ส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากที่สุด และมีบาง Concept และสถานการณ์การสอนที่มีความเห็นในระดับมากซึ่งแตกต่างจากครั้งที่ 1 ที่แม้ส่วนใหญ่ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นในระดับมากที่สุดและมาก แต่ในทุก Concept และสถานการณ์ก็มีความเห็นตั้งแต่ระดับมากที่สุดถึงน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่า Concept และสถานการณ์การสอนที่ได้นำไปปรับปรุงและพัฒนา มีความถูกต้อง ชัดเจน และเหมาะสมมากขึ้น

2.2 ผลประเมินสถานการณ์การสอน (Scenario) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าสถานการณ์การสอนที่สร้างขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และมากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพบประเด็นสำคัญที่สามารถอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

1. ผลประเมิน Concept ผลการประเมิน Concept เนื้อหาเคมีผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ มีความเห็นว่า Conceptเนื้อหาเคมีที่กำหนดขึ้นมีความเหมาะสมกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับมากที่สุด โดยมี 2 Concept ย่อย ที่ผู้เชี่ยวชาญบางท่านให้ความเห็นว่าเป็นเนื้อหาที่เกินหลักสูตร นั่นคือ Concept ย่อยที่ 1 อะตอมประกอบไปด้วยอนุภาคมูลฐานที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ซึ่งต่างออกแรงกระทำต่อกัน ส่งผลให้อนุภาคนั้นๆ มีการเคลื่อนที่แตกต่างกัน และ Concept ย่อยที่ 2 ตารางธาตุจะบอกสมบัติที่แตกต่างกันของธาตุแต่ละชนิด อันเป็นผลมาจากตำแหน่งของอนุภาคในอะตอม ซึ่งผู้เชี่ยวชาญมองว่ามีพื้นความรู้บางอย่างที่ไม่มีในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์องค์ความรู้ทางเคมี ทั้งในประเทศและต่างประเทศนั้น ผู้วิจัยพบว่า การเรียนการสอนในเนื้อหาเคมีนั้นจะมีองค์ความรู้หลักคือการศึกษา เรื่องสารการเปลี่ยนแปลงของสารและคุณสมบัติของสารเหมือนกัน เพราะองค์ความรู้เคมีที่นำมาวิเคราะห์นั้นมีลักษณะที่เป็นความรู้ที่เป็นพื้นฐานเดียวกัน มีลักษณะที่ชัดเจน แน่นอน และเหมือนกัน (science is general

knowledge) แต่เนื่องมาจากการกำหนดลำดับในการสอนเนื้อหาลงในระดับชั้นต่างๆ จึงทำให้ผู้เชี่ยวชาญเกิดความเข้าใจว่า การวิเคราะห์องค์ความรู้เพื่อมาสร้างเป็น Concept หลักนั้นยึดโยงกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เมื่อนำมาเทียบกันจึงทำให้เห็นว่ามทัศน์ย่อยที่กำหนดมีขอบเขตของเนื้อหาที่เกินกว่าหลักสูตรกำหนด

ที่เป็นเช่นนั้นเพราะในการกำหนด Concept ผู้วิจัยจึงเริ่มจากการตั้งสิ่งที่นักเรียนจะรู้ เมื่อเรียนเรื่องนั้นแล้วนำมาประกอบกับช่วงวัยและองค์ความรู้เดิม โดยไม่ได้ใช้ Content หรือหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นตัวกำหนด เพราะการกำหนด Concept นั้น สิ่งที่สำคัญคือการบูรณาการของความรู้ ข้อเท็จจริง และองค์ความรู้ที่มีอยู่ทั่วไปอย่ากลมเกลียว มิได้เป็นการนำแต่ละองค์ความรู้ที่มีอยู่แล้ว รวมทั้งข้อเท็จจริงต่างๆ มาผูกรวมกันไว้เท่านั้น

2. ผลประเมินสถานการณ์การสอนในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า สถานการณ์การสอนที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และมากที่สุด

ซึ่งจากการวิจัย TPACK ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: TPACK ในเคมี ผู้วิจัยได้แบ่งการเลือกใช้ Pedagogy ออกเป็นสองกลุ่ม นั่นคือ กลุ่มพฤติกรรมนิยม (Behaviorism) และกลุ่มสร้างสรรค์องค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) แล้วจึงเลือก Pedagogy ในแต่ละกลุ่มที่มีความเหมาะสมกับ Concept ย่อย เช่น Concept เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสาร ที่เป็น Concept ที่มีความซับซ้อนน้อย สามารถเรียนรู้ในรูปแบบกลุ่ม หรือเรียนรู้ด้วยตนเองได้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ Pedagogy เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ MURDER และรูปแบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-directed learning) และเมื่อได้ Pedagogy แล้ว ผู้วิจัยจึงได้เลือกTechnology ที่เหมาะสมกับแต่ละ Pedagogy และ Concept ย่อย โดย Technology ที่ควรจะเลือกใช้ ควรเป็น Technology ที่สามารถแสดงให้นักเรียนเห็นความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีให้นักเรียนเห็นได้ชัดเจน เช่น การทดลองในห้องปฏิบัติการ หรือสื่อที่นักเรียนสามารถใช้เรียนรู้ด้วยตนเองได้ เช่น WebQuest เมื่อได้ทั้งสามส่วนก็จะเกิดเป็นเส้นทางการเรียนรู้ ที่สามารถนำไปทำเป็นสถานการณ์การสอนได้

ในการสร้างสถานการณ์การเรียนรู้นั้น เริ่มจากการสร้างคลังเส้นทางการเรียนรู้ ที่ประกอบไปด้วย Concept Pedagogy และ Technology ที่มีความสอดคล้องกัน โดยปกตินั้น มุมมองของครูที่ใช้ TPACK ทั่วไปจะเน้นไปที่ตัวของ Technology ที่จะนำมาใช้เติมเต็มและเสริมในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มักจะทำให้นักเรียนไม่บรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียน กล่าวคือ อาจได้องค์ความรู้ใน Concept นั้นๆ ไม่ครบถ้วน เพราะแท้จริงแล้วในแต่ละ Concept ย่อยของเคมี มีความเหมาะสมกับ Pedagogy ที่แตกต่างกัน เมื่อใช้ Pedagogy ที่มีความเหมาะสมก็จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนที่มากยิ่งขึ้น แต่ในทางกลับกัน เมื่อใช้ Pedagogy ที่ไม่ได้มีความเหมาะสม และสอดคล้องกับธรรมชาติวิชา แม้ว่าจะใช้ Technology ที่ดีและเหมาะเพียงใดก็อาจไม่สามารถทำให้นักเรียนเรียนรู้ Concept ได้อย่างครบถ้วน เพราะ TPACK นั้นคือ ความเข้าใจในการเลือกใช้ Pedagogy และ Technology ที่มีความผสมกลมเกลียวกับเนื้อหาความรู้ในวิชาได้เป็นอย่างดี

ในการกำหนด Technology ที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์การสอนนั้น ผู้วิจัยกำหนดจากความเหมาะสมและสอดคล้องกับ Concept และ Pedagogy ซึ่งในองค์ความรู้ทางเคมีนั้นมีความพิเศษตรงที่ในหลายๆ เรื่อง มักจะเป็นการเรียนรู้ในเรื่องที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า หรือในเรื่องการเปลี่ยนแปลง

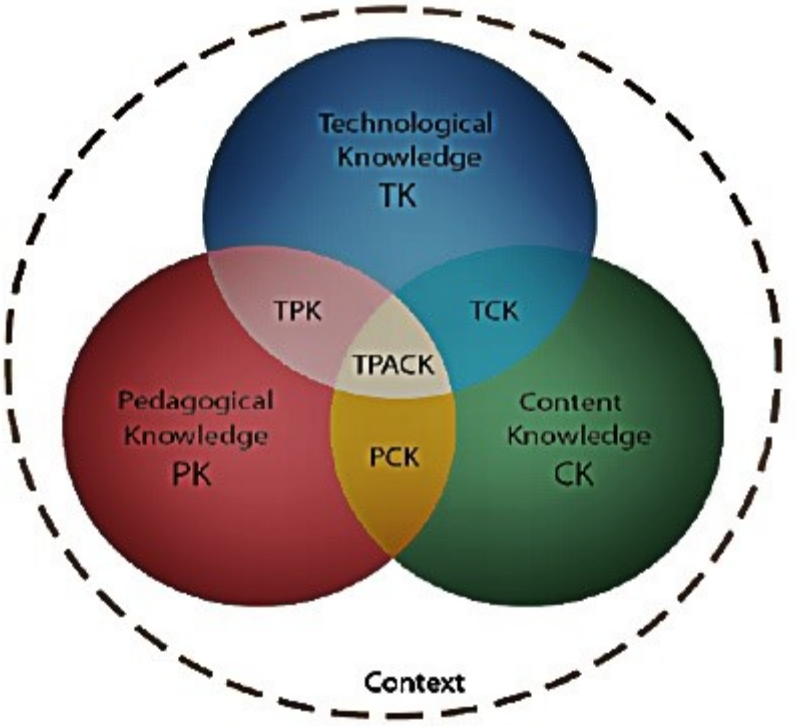
บางอย่างนั้นเกิดขึ้นเร็วและทำซ้ำได้ยาก การเลือกใช้ Technology จึงต้องเลือกTechnology ที่สามารถแสดงผลให้ผู้เรียนเห็นได้อย่างชัดเจนและให้อิสระในการดูซ้ำ และศึกษาได้อย่างต่อเนื่อง และในบางองค์ความรู้ก็มีเนื้อหาที่ยากเกินกว่าที่ Pedagogy จะสามารถสอนได้อย่างครอบคลุมได้ทั้ง Concept การเลือกใช้ Technology ที่ไม่สอดคล้องและไม่สามารถเติมเต็ม Pedagogy ให้ทำงานได้สมบูรณ์ ย่อมทำให้การเรียนการสอนไม่บรรลุวัตถุประสงค์ นอกจากนั้นเมื่อระดับของผู้เรียนสูงขึ้นก็มักจะต้องใช้ทักษะและความสามารถในการเรียนรู้ที่สูงขึ้น การเลือกใช้ Technology จึงต้องมีความสอดคล้องและคำนึงถึงความเหมาะสมกับช่วงวัยด้วย

ในการประเมินสถานการณ์การสอนผู้เชี่ยวชาญประเมินสถานการณ์การสอน โดยที่ไม่เห็นว่า Pedagogy หรือ Technology ที่เลือกใช้นั้นคืออะไร เพราะฉะนั้นการเขียนสถานการณ์การสอนจึงต้องมีความชัดเจนและมีลำดับขั้นตอนที่สามารถแสดงให้เห็นถึงลักษณะของ Pedagogy และการใช้ Technology ที่เป็นขั้นเป็นตอน เพราะถ้าไม่มีความชัดเจนก็จะส่งผลให้ผู้ที่อ่านสถานการณ์การสอนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและไม่สามารถแยกได้ว่าในสถานการณ์การสอนนั้นใช้ Pedagogy และ Technology อะไร ทำให้สถานการณ์การสอนไม่ได้ผลการประเมินที่ตรงตามประสิทธิภาพ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์การสอนในรูปแบบ TPACK ในเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้น้ำหนักคะแนนความความคิดเห็นเป็นมาตรส่วนประมาณค่าโดยใช้มาตรวัดแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ (5 - Point Likert Scale) คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อยและน้อยที่สุด และวิเคราะห์ข้อมูลเป็นสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยใช้ค่าความถี่ (Frequency) บรรยายข้อมูลตามค่าความถี่เป็นจำนวน และค่าร้อยละ (Percentage) และการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) การที่งานวิจัยนี้ มีกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากการเลือกอย่างเฉพาะเจาะจง (Purposive Selection) โดยกำหนดคุณสมบัติที่เหมาะสมกับงานวิจัยจึงส่งผลให้มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนน้อยและผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีความเห็นว่า Concept เคมี และสถานการณ์การสอนที่สร้างขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากและมากที่สุด ซึ่งเป็นความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันและเห็นพ้องต้องกันจึงไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางและการวัดการกระจายของข้อมูล

องค์ความรู้การวิจัย

องค์ความรู้การวิจัยเป็นองค์ความรู้ TPACK มีที่มาจากกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีความรู้ด้านเนื้อหาบูรณาการกับวิชาครู (Pedagogical Content Knowledge: PCK) ของ Shulman (1986) ที่ให้ความสำคัญกับความรู้ของครูในด้านเนื้อหาและวิชาครู โดยมีจุดเน้นที่สำคัญคือความรู้ในส่วนที่ทับซ้อนกันโดยครูผู้สอนสามารถถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหาวิชาที่ตนเองสอนได้โดยมีวิธีการสอนที่แตกต่างกันซึ่งส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ ต่อมา Koehler and Mishra (2009) ได้กำหนดกรอบแนวคิดTPCK ขยายจากแนวคิดของ Shulman โดยเพิ่มเติมคุณลักษณะและบทบาทของครูด้านเทคโนโลยีเข้าไป เพื่อทำให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถแบ่งกรอบแนวคิด TPCK เป็น 7 องค์ประกอบ สรุปดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 องค์ความรู้ “TPACK”

จากภาพที่ 1 องค์ความรู้ “TPACK” มีอธิบายดังนี้

TPCK คือ แนวคิดที่เกิดจากการนำความรู้ เทคโนโลยี และวิธีการสอน มาบูรณาการร่วมกัน โดยในการบูรณาการนั้นมีจุดเน้นอยู่ที่การเลือกกระบวนการที่ทับซ้อนกันให้เหมาะสมกับการสอนและเกิดประสิทธิภาพในการเรียนให้สูงที่สุด ซึ่งผู้สอนนั้นจำเป็นที่จะต้องมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในแต่ละองค์ประกอบเพื่อที่จะได้นำมาบูรณาการกัน ได้แก่

1. ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technology Knowledge: TK) คือ ความรู้ความสามารถและความเชี่ยวชาญของครูมืออาชีพและนิสิตนักศึกษาครูที่ดีเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้กันเป็นมาตรฐานได้แก่ สมดุ ชอล์กและกระดานดำ เป็นต้น จนถึงเทคโนโลยีที่ทันสมัยได้แก่ อินเทอร์เน็ตและสื่อวีดีโอในระบบดิจิตอล (digital video) เป็นต้น โดยด้านเทคโนโลยีดิจิตอลครูและนิสิต นักศึกษาครูต้องมีความรู้เกี่ยวกับระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ และสามารถใช้โปรแกรมซอร์ฟแวร์ต่างๆ ได้ เช่น โปรแกรมปฏิบัติการสำหรับจัดการด้านเอกสาร (word processors) โปรแกรมแผ่นตารางทำการ (spreadsheets) บราวเซอร์ (browsers) และอีเมล์ (email) เป็นต้น สามารถติดตั้งและถอดถอนโปรแกรมซอร์ฟแวร์ต่างๆ อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์สร้างและจัดเก็บเอกสาร

2. ความรู้ด้านวิชาครู (Pedagogical Knowledge: PK) คือ ความรู้ ความสามารถ และความเชี่ยวชาญของครูมืออาชีพและนิสิตนักศึกษาครูที่ดีเกี่ยวกับกระบวนการและวิธีการจัดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ เป้าหมายและคุณค่าทางการศึกษา โดยมีจุดเน้นที่การเรียนรู้ของนักเรียน การจัดการชั้นเรียน การพัฒนาแผนการสอน สามารถนำแผนการสอนไปปฏิบัติได้จริง การประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน เทคนิคและวิธีการที่ใช้ในชั้นเรียน ธรรมชาติของนักเรียน กลยุทธ์สำหรับการประเมินความเข้าใจของนักเรียน สามารถสร้างองค์ความรู้มาพัฒนาทักษะให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยต้องมีความเข้าใจและสามารถ

ประยุกต์ใช้ทฤษฎีพุทธพิสัย ทฤษฎีทางสังคม และทฤษฎีพัฒนาการการเรียนรู้สำหรับนักเรียนในชั้นเรียนของตนเองได้

3. ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge: CK) คือ ความรู้เกี่ยวกับสาระวิชาที่ครูมืออาชีพและนิสิตนักศึกษาครูที่ดีต้องมีในวิชาที่ตนเองสอนซึ่งประกอบด้วยข้อเท็จจริงที่ถูกต้อง (facts) ความคิดรวบยอด (concepts) ทฤษฎี (theory) กระบวนการที่ได้มาของความรู้นั้นๆขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้สอน การจัดระบบและเชื่อมโยงแนวคิดต่างๆ และความรู้ในกฎแห่งหลักฐานและการพิสูจน์ โดยครูมืออาชีพและนิสิตนักศึกษาครูที่ดีครูต้องเข้าใจธรรมชาติและการได้มาซึ่งความรู้ในสาขาวิชาที่แตกต่างกัน เช่น การพิสูจน์ในวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างจากการอธิบายในทางประวัติศาสตร์หรือการตีความบทกวีอย่างไร หากไม่มีความรู้ด้านนี้แล้วจะไม่สามารถถ่ายทอดความรู้ที่ถูกต้องให้กับนักเรียนได้

4. ความรู้ด้านเทคโนโลยีบูรณาการกับความรู้ด้านวิชาครู (Technology Pedagogical Knowledge: TPK) คือ ความรู้ ความสามารถและความเชี่ยวชาญของครูมืออาชีพและนิสิตนักศึกษาครูที่ดีเกี่ยวกับองค์ประกอบและความสามารถของเทคโนโลยีที่หลากหลายสามารถประยุกต์เทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในทางกลับกัน การจัดการเรียนรู้อาจจะต้องเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีนั้นๆ ดังนั้นครูมืออาชีพและนิสิตนักศึกษาครูที่ดีจะต้องมีความสามารถในการคัดเลือกเครื่องมือและประยุกต์กลยุทธ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีดังกล่าวได้ โดยอาจรวมไปถึงความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการตรวจสอบการเข้าชั้นเรียน การตัดเกรด รวมทั้ง การจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี เช่น Web Quests, กระดานสนทนา (discussion boards) และห้องแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (chat rooms)

5. ความรู้ด้านเทคโนโลยีบูรณาการกับความรู้ด้านเนื้อหา (Technology Content Knowledge: TCK) คือ ความรู้ ความสามารถและความเชี่ยวชาญของครูมืออาชีพและนิสิตนักศึกษาครูที่ดีในการคัดเลือกหรือประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาที่ตนสอน เช่น โปรแกรม Geometer's Sketchpad (GSP) เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสอนเรขาคณิตที่ให้นักเรียนสามารถเข้าใจที่มาของทฤษฎีและสูตรต่างๆ ได้ง่ายขึ้น รวมทั้งสามารถให้นักเรียนทดลองสร้างรูปเรขาคณิตและพิสูจน์ที่มาของสูตรต่างๆทางเรขาคณิตได้

6. ความรู้ด้านวิชาครูบูรณาการกับความรู้ด้านเนื้อหา (Pedagogical Content Knowledge: PCK) คือ ความรู้ ความสามารถและความเชี่ยวชาญของครูมืออาชีพและนิสิตนักศึกษาครูที่ดีในด้านกลยุทธ์ (strategies) และวิธี (methods) ในการถ่ายทอดเนื้อหาได้ถูกต้องตามหลักวิชาชีพครูโดยครูมืออาชีพและนิสิตนักศึกษาครูที่ดีต้องทราบพื้นความรู้เดิมของนักเรียน ความรู้ที่นักเรียนเข้าใจผิดมาก่อน เพื่อสามารถจัดการเรียนรู้และแก้ไขปัญหาของนักเรียนในเรื่องดังกล่าวได้โดยต้องปรับเปลี่ยนตามความสนใจและความสามารถของนักเรียนที่หลากหลาย

7. ความรู้ด้านเทคโนโลยีบูรณาการกับความรู้ด้านวิชาครูและเนื้อหา(Technological Pedagogical Content Knowledge: TPACK) คือ ความรู้ ความสามารถและความเชี่ยวชาญของครูมืออาชีพและนิสิตนักศึกษาครูที่ดีในการบูรณาการเทคโนโลยีที่หลากหลายเข้าสู่กระบวนการและวิธีการจัดการเรียนการสอนสำหรับเนื้อหาที่ตนเองสอน ส่งผลให้เกิดการจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพรวมทั้งนักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ในเนื้อหาวิชาที่สอนได้ด้วยการใช้เทคโนโลยี

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 บุคลากรทางการศึกษา สามารถนำงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้โดยตรง ทั้งการนำแนวทางการสร้างเส้นทาง TPACK เคมี ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างคลังเส้นทาง TPACK ของสาขาวิชาตนเอง หรือการนำเส้นทาง TPACK เคมี ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษา ซึ่งสามารถเลือกใช้และศึกษาเส้นทาง TPACK เคมีในคลังที่เหมาะสมกับบริบทของสถานศึกษาของตนเองได้

1.2 งานวิจัยนี้ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการอบรมและพัฒนาครู และบุคลากรทางการศึกษา ตลอดจนองค์กรที่เกี่ยวกับการศึกษา เพื่อพัฒนาศักยภาพในการจัดการเรียนการสอนในด้านของการใช้ TPACK ในการจัดการเรียนรู้

1.3 หน่วยงานและองค์กรต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องและทำหน้าที่ผลิตสื่อโดยตรง สามารถนำคลังเส้นทาง TPACK เคมี ไปใช้เป็นแนวทางในการผลิตสื่อให้ตรงต่อความต้องการ และเหมาะสำหรับการใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการนำเส้นทาง TPACK เคมี ไปทดลองใช้ในการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษาที่เป็นผู้เรียนในระดับชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพว่าในแต่ละเส้นทาง TPACK เคมี มีความเหมาะสมและสามารถใช้ได้ในสภาวะห้องเรียนจริงหรือไม่ และเส้นทางใดมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้จริงที่สุด

2.2 ควรนำแนวทางการสร้างเส้นทาง TPACK ไปปรับใช้ในศาสตร์วิชาอื่นที่มีธรรมชาติวิชาแตกต่างจากวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าหลักการของ TPACK สามารถนำไปใช้ในศาสตร์อื่นๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ แปงใจ. (2555). **การพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ธรณีพิบัติภัย โดยการจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว.

กฤษณา ชุติมา. (2556). **หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1**. พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เจนศึก โพธศาสตร์. (2555). บทบาทผู้สอนตามระบบการศึกษาในปัจจุบัน. **วารสารพัฒนาการเรียนการสอนมหาวิทยาลัยรังสิต.** 6(20). 97-108.

ฉัตรชัย มณีนาค. (2553). **เทคโนโลยีเพื่อการปฏิรูปการศึกษาโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**. แหล่งที่มา http://www.school.net.th/library/create-web/10000/generality/10000-8890.html. สืบค้นเมื่อ 1 ธ.ค. 2561.

ทิศนา แขมมณี. (2545). **ศาสตร์การสอน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีระพงษ์ แสงชูโต. (2532). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการสอนซ่อมเสริมวิชาเคมี โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนปกติ**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ฟ.

Archambault, L. M., and J. H. Barnett. (2010). **Revisiting technological pedagogical content knowledge: Exploring the TPACK framework.** Computers & Education. Arizona State University.

Koehler, M. J., Mishra, P., & Yahya, K. (2007). **Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. Computers & Education**. Michigan State University. United States.

Mishra and Koehler. (2006).**Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Teachers College**. Columbia University. Michigan USA.

Shulman, L. S. (1987). **Those who understand: Knowledge growth in teaching**, Stanford University. California USA.