Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus
Vol.37 No.3 September - December 2026, pp. 255-270

Research Article

An Investigation of Technology Integration Ability among Pre-service Science Teachers based on the TPACK Framework for Online Learning

Chutima Vichaidit*
Ph.D. (Science Education), Lecturer
General Science Program, Faculty of Education, Suratthani Rajabhat University
Bannarak Khumraksa
Ph.D. (Chemistry) Assistant Professor
General Science Program, Faculty of Education, Suratthani Rajabhat University
*Corresponding author: chutima.vic@sru.ac.th

Received: December 23, 2025/ **Revised:** April 5, 2026/ **Accepted:** April 28, 2026

Abstract

The integration of technology into technological pedagogical content knowledge aims to promote content understanding, enhance instructional effectiveness, and create engaging and meaningful learning experiences for learners in the digital age through the utilization of technology as a tool for science instruction. The purpose of this study was to examine the ability to integrate technology according to the TPACK framework of third-year pre-service science teachers enrolled in the Science Teaching Observation and Practicum course during the first semester of the 2022 academic year, comprising 54 participants. A mixed methods research design was employed, utilizing online classroom observation, lesson plan analysis, interviews, learning journals, and post-teaching reflections for qualitative data collection. A TPACK assessment instrument was used for quantitative data collection. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics, including mean and standard deviation, while qualitative data were analyzed through content analysis and interpretive synthesis to construct conclusions.

The research findings revealed that the ability to Integrate technology according to the TPACK framework among pre-service science teachers in online learning was at a moderate level (M = 2.33, SD = 0.41). Furthermore, the teaching practicum in online classrooms indicated that only a minority of pre-service science teachers were able to fully integrate technology into their technological pedagogical content knowledge for science instruction in an online format. The majority demonstrated perspectives and practices in which technology was incorporated into only isolated components of instructional activities, rather than being seamlessly embedded within the learning activities as a whole. Consequently, some pre-service science teachers employed multiple applications across various learning activities in a fragmented and disconnected manner. These findings reflect that participation in the Science Teaching Observation and Practicum course alone is insufficient to effectively promote the ability to integrate technology with pedagogical knowledge in subject-specific content.

Keywords: Integration of technology into TPACK, Online learning, The digital age

วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ปีที่ 37 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน - ธันวาคม 2569, หน้า 255-270

บทความวิจัย

การศึกษาความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิด TPACK ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ สำหรับจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์

ชุติมา วิชัยดิษฐ*
ปร.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา), อาจารย์
สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
บรรณรักษ์ คุ้มรักษา
ปร.ด. (เคมี), ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
*ผู้ประสานงาน: chutima.vic@sru.ac.th

วันรับบทความ: 23 ธันวาคม 2568/ **วันแก้ไขบทความ:** 3 เมษายน 2569/ **วันตอบรับบทความ:** 24 เมษายน 2569

บทคัดย่อ

การบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน มีเป้าหมายในการส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหา พัฒนาประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน สร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่น่าสนใจและมีความหมายสำหรับผู้เรียนในยุคดิจิทัล โดยการนำเทคโนโลยีมาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จุดประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิด TPACK ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ สำหรับจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ ชั้นปีที่ 3 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาสังเกตและปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1/2565 จำนวน 54 คน ใช้รูปแบบการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยการสังเกตชั้นเรียนออนไลน์ วิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ สัมภาษณ์ บันทึกการเรียนรู้และบันทึกหลังสอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ และใช้แบบประเมิน TPACK เป็นเครื่องมือเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหาและการตีความสร้างข้อสรุป

ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิด TPACK ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์อยู่ในระดับปานกลาง (M=2.33, SD=0.41) และจากการทดลองสอนในชั้นเรียนออนไลน์ พบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ส่วนน้อยที่สามารถบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนวิทยาศาสตร์ในรูปแบบออนไลน์ได้สมบูรณ์ ซึ่งส่วนใหญ่มีมุมมองและวิถีปฏิบัติโดยการนำเทคโนโลยีมาผสานเข้ากับส่วนใดส่วนหนึ่งของกิจกรรมเท่านั้น โดยไม่ได้ผนวกเทคโนโลยีเข้าเป็นเนื้อเดียวกับกิจกรรมการเรียนรู้ จึงทำให้นักศึกษาบางส่วนนำเทคโนโลยีมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายแอปพลิเคชันในลักษณะแยกส่วนและขาดความเชื่อมโยง ซึ่งสะท้อนว่าการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาการสังเกตและปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอต่อการการส่งเสริมความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีผนวกศาสตร์การสอนในเนื้อหาจำเพาะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน การจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ ยุคดิจิทัล

บทนำ

การบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication Technology; ICT) ในการสอนวิทยาศาสตร์ได้รับการยอมรับว่าสอดคล้องกับเป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญในฐานะที่เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของผู้เรียน และเป็นเครื่องมือสำหรับการสอนของครูเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ นับเป็นความท้าทายและโอกาสของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในยุคดิจิทัล (Bybee, 2010)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่านักการศึกษาและผลจากการวิจัยจำนวนมากจะเห็นตรงกันว่าเทคโนโลยีมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แต่ทั้งนี้ควรจะต้องมีการศึกษาและทำความเข้าใจว่าการบูรณาการเทคโนโลยีนั้นควรจะเป็นอย่างไร จึงสามารถที่จะสนับสนุนในกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการที่ผู้สอนจะจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปสู่การสอนวิทยาศาสตร์ได้ดีนั้น รากฐานที่สำคัญคือครูจะต้องมีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge; PCK) ในระดับวิชาหรือในเนื้อหาเฉพาะเพื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Magnusson et al., 1999) ซึ่งการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปสู่การสอนวิทยาศาสตร์ หรือนักการศึกษาบางท่านเรียกว่า “ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี” (Technological Pedagogical Content Knowledge) หรือ TPACK จะเป็นการบูรณาการความรู้ของ 3 องค์ประกอบหลักที่มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อน คือ เนื้อหาวิชา ศาสตร์การสอน และเทคโนโลยี (Koehler & Mishra, 2009; Mishra & Koehler, 2006) ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ โดยผลงานวิจัยจำนวนหนึ่งได้บ่งชี้ประสิทธิภาพของการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการส่งเสริมการเรียนรู้ กล่าวคือ สื่อเทคโนโลยีช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างมโนทัศน์ช่วยแปลงสาระที่มีลักษณะเป็นนามธรรมให้มีความเป็นรูปธรรม ลดข้อจำกัดในกระบวนการจัดการเรียนการสอน กระตุ้นความสนใจและเสริมสร้างเจตคติเชิงบวกต่อรายวิชา ตลอดจนส่งเสริมให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน และระหว่างผู้เรียนด้วยกันในระดับที่สูงขึ้น (Zhang et al., 2025)

แม้ว่าเทคโนโลยีจะมีประโยชน์อย่างมากต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แต่จากการสำรวจความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของนักศึกษาครูที่ผ่านมา พบว่ายังไม่สามารถนำเทคโนโลยีเข้าไปบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากขาดความรู้และความคุ้นเคยในการใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหา ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าจะใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้อย่างไร (McCrory, 2008; Mishra & Koehler, 2008) ตัวอย่างเช่น ไม่สามารถยกตัวอย่างได้ครอบคลุมและยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในความรู้ของแต่ละองค์ประกอบของ TPACK (Caglar & Calik, 2024) หรือแม้กระทั่งในงานวิจัยของ Khasanah et al. (2025) ที่ระบุว่านักศึกษาครูไม่ได้ขาดความรู้ด้านเทคโนโลยีหรือเนื้อหาวิชา แต่ขาดความสามารถในการเชื่อมโยงและบูรณาการความรู้ทั้งสามด้าน (TK, CK และ PK) ให้เป็น TPACK เพื่อใช้ในการวางแผนและจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เหล่านี้นับเป็นตัวอย่างของงานวิจัยบางส่วนที่สะท้อนว่าควรมีการพัฒนาการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนในชั้นเรียนโดยใช้แนวทางที่เหมาะสม เนื่องจาก TPACK เป็นกรอบแนวคิดหลักของการพัฒนาวิชาชีพครูที่สะท้อนถึงความสามารถในการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีเข้ากับเนื้อหาวิชาและวิธีการสอน ซึ่งปัจจุบันได้กลายเป็นทิศทางสำคัญของการผลิตครูในระดับสากล สอดคล้องกับผลจากการวิจัยของ Zhang et al. (2025) ที่ระบุว่าโปรแกรมการผลิตครูที่เน้นการพัฒนา TPACK ส่งผลเชิงบวกต่อความรู้ของนักศึกษาครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามงานวิจัยบางส่วนยังพบว่าอาจารย์ในสถาบันผลิตครูหลายแห่งยังมีข้อจำกัดในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการสอน ส่งผลให้นักศึกษาครูมักไม่ได้รับการเตรียมพร้อมด้าน TPACK อย่างเพียงพอ (Mahbera et al., (2025) ดังนั้นสถาบันผลิตครูจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนา TPACK อย่างเป็นระบบ ซึ่งสะท้อนให้เห็นได้จากงานวิจัยในช่วงสองทศวรรษ

ที่ผ่านมาที่ได้นำกรอบแนวคิด TPACK ไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย อันบ่งชี้ว่ากรอบแนวคิดนี้มีคุณค่าในการพัฒนาครูให้สามารถจัดการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีได้อย่างแท้จริง (Zou et al., 2022)

การเรียนการสอนรูปแบบออนไลน์ (Online Learning) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการระบาดของโรคโควิด-19 ซึ่งนับเป็นตัวเร่งสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างในระบบการศึกษาทั่วโลก ส่งผลให้การศึกษาในรูปแบบดิจิทัลเปลี่ยนสถานะจากทางเลือกเสริม กลายเป็นกลยุทธ์หลักของระบบการศึกษา (Mhlanga, 2024) จากการสังเคราะห์งานวิจัย ระหว่างปี ค.ศ. 2017–2023 ของ Boztas et al., (2025) เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเรียนรู้ในระบบการศึกษาทางไกลยุคดิจิทัล พบว่า ภายหลังการระบาดของโควิด-19 การศึกษารูปแบบดิจิทัลได้เปลี่ยนบทบาทจากการแก้ปัญหาเฉพาะหน้ามาเป็นส่วนสำคัญของนโยบายและการปฏิรูปการศึกษาในระยะยาว นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มที่น่าสนใจและกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ได้แก่ การนำปัญญาประดิษฐ์ (AI) เกมิฟิเคชัน และความเป็นจริงเสมือน (VR) มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงทิศทางการพัฒนาการศึกษาดิจิทัลที่ซับซ้อนและหลากหลาย อย่างไรก็ตามแม้ว่าความก้าวหน้าดังกล่าวจะเป็นการเปิดโอกาสใหม่ ๆ สำหรับการจัดการเรียนการสอน แต่งานวิจัยหลายชิ้นพบว่าการสอนออนไลน์ที่ผ่านมายังไม่ได้ผลเต็มที่ โดยเฉพาะในกรณีที่ครูผู้สอนขาดการเตรียมความพร้อมที่ดี (Jiang et al., 2022) สิ่งนี้ชี้ให้เห็นว่าการสอนออนไลน์ที่มีคุณภาพจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อครูได้รับการพัฒนาอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะการพัฒนา TPACK อันเป็นกรอบแนวคิดที่บูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี วิธีสอน และเนื้อหาวิชาเข้าด้วยกัน ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบในงานวิจัยของ Masry-Herzallah and Watted (2025) ที่ระบุว่าการพัฒนา TPACK มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิภาพการสอนออนไลน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยเหตุนี้การพัฒนาสมรรถนะด้าน TPACK ของผู้สอนจึงมีความสำคัญอย่างมากสำหรับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในรูปแบบออนไลน์ แม้ว่าการสอนในรูปแบบออนไลน์และการสอนในชั้นเรียนปกติจะมีจุดร่วมเช่นเดียวกันในแง่ที่ผู้สอนต้องออกแบบกิจกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เหมาะสมให้แก่ผู้เรียน แต่การสอนออนไลน์มีความท้าทายเฉพาะที่แตกต่างออกไป นั่นคือผู้สอนต้องสามารถจัดการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายภายใต้ข้อจำกัดทั้งด้านเวลาและช่องทางการสื่อสาร (Ferraro et al., 2020) อีกทั้งต้องคำนึงถึงหัวใจของการสอนวิทยาศาสตร์คือกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แม้จะต้องดำเนินการภายใต้ข้อจำกัดของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ก็ตาม

ผู้วิจัยจึงเห็นว่าจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เตรียมความพร้อมให้แก่นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ได้ตระหนักถึงความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เนื่องจากความรู้ด้านเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างรวดเร็วจึงมีความเสี่ยงที่จะล้าสมัยได้ในระยะเวลาอันสั้น (Mishra et al., 2023) อีกทั้งครูจะประสบความสำเร็จในการบูรณาเทคโนโลยีเข้าสู่ห้องเรียนได้เมื่อมีความรู้นี้ที่เหมาะสม (Mishra & Koehler, 2006) ด้วยเหตุนี้ นักศึกษาครูจึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจและสามารถนำความรู้ด้านเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไปใช้ได้อย่างถูกต้องและชัดเจนก่อนเข้าสู่การฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู เพื่อลดปัญหาความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความรู้ด้านเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี เนื่องจากปัญหาดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู และอาจก่อให้เกิดความกังวลแก่ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นนักศึกษาครู อาจารย์ประจำรายวิชา อาจารย์ผู้สอนในหลักสูตร และครูพี่เลี้ยงในช่วงการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิด TPACK ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์สำหรับจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ โดยมีคำถามการวิจัย 2 ข้อ คือ

1) ความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิด TPACK ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์สำหรับจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ อยู่ในระดับใด

2) ความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิด TPACK ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ สำหรับจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์เป็นอย่างไร

กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษาความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิด TPACK ใน 7 องค์ประกอบของ Koehler and Mishra (2009) มาดัดแปลงเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ เนื่องจากกรอบแนวคิดดังกล่าวมีรากฐานมาจากความรู้ด้านเนื้อหาบูรณาการกับวิชาครู (PCK) ของ Shulman (1986) และได้รับการขยายโดยการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีเพิ่มเติมโดย Mishra & Koehler (2006) กรอบแนวคิดนี้มีความชัดเจนและครอบคลุมความสามารถของครูทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา (CK) ความรู้วิชาครู (PK) และความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) โดยได้รับการยอมรับและนำไปปรับใช้ในการศึกษาและพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์อย่างแพร่หลาย รวมทั้งสอดคล้องกับบริบทและเป้าหมายของการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย

1. ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge - CK) ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเฉพาะที่สอน รวมถึงความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง แนวคิด หลักการ กฎ ทฤษฎีภายในเนื้อหาวิทยาศาสตร์

2. ความรู้ด้านวิธีสอน (Pedagogical Knowledge - PK) ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการและแนวปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการจัดการชั้นเรียน การพัฒนาแผนการสอน การประเมินผลผู้เรียนและความเข้าทฤษฎีทางสังคมและพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียน

3. ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge - TK) ความรู้ ทักษะ ความสามารถในใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ในด้านรูปแบบและวิธีการ เข้าใจลักษณะ การใช้ การจัดการและการบริหารเทคโนโลยี รวมถึงสามารถเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่สามารถบูรณาการเข้ากับการเรียนการสอนได้

4. ความรู้ด้านเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge - PCK) ความรู้เกี่ยวกับแนวทางการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาจำเพาะในวิชาวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการจัดวิธีสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาและเกิดความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

5. ความรู้ด้านเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (Technological Content Knowledge - TCK) ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการจัดการเนื้อหา การแสวงหาความรู้ การนำความรู้ที่อยู่บนคลาวด์มาใช้ให้เกิดประโยชน์

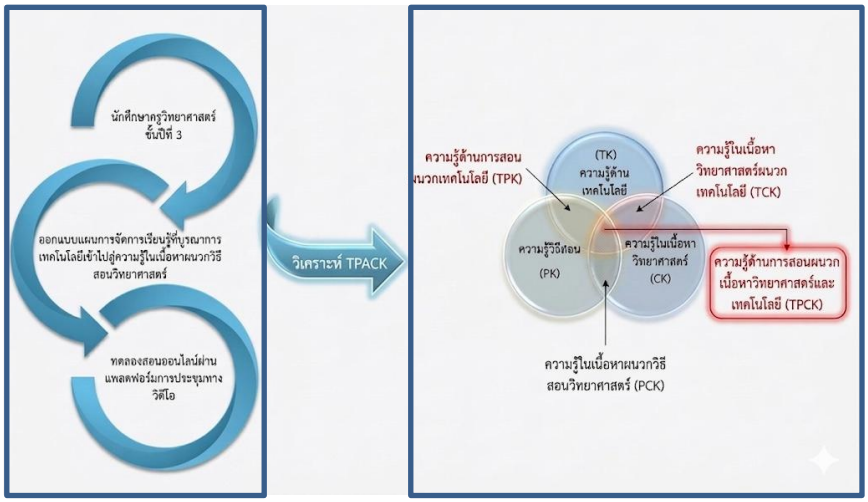
6. ความรู้ด้านวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Knowledge - TPK) ความรู้ความสามารถด้านเทคโนโลยีมาช่วยในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น การสร้างห้องเรียนบนคลาวด์ การใช้แอพพลิเคชั่นหรือเกมส์ในการดึงดูดผู้เรียน

7. ความรู้ด้านเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge - TPACK) ความรู้ความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยี เนื้อหา และวิธีสอนการสอน เพื่อให้ครูสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน

แต่อย่างไรก็ตาม กรอบแนวคิดเกี่ยวกับ TPACK ใน 7 องค์ประกอบนี้ก็มีนักวิชาการบางส่วนออกมาโต้แย้งถึงความซับซ้อนและความไม่ชัดเจนของนิยามในแต่ละองค์ประกอบ รวมทั้งยังคงเป็นที่ถกเถียงว่าบางองค์ประกอบ เช่น TPK สามารถวัดได้จากการปฏิบัติหรือไม่ (Tanak, 2018; Angeli & Valanides, 2009; Graham, 2011) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษา TPACK ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ใน 4 องค์ประกอบตามกรอบแนวคิดของ Graham et al. (2009) ได้แก่ TK, TCK, TPK และ TPACK เพราะมีชัดเจนทั้งในส่วนของความหมายและองค์ประกอบที่ความสัมพันธ์กับเทคโนโลยี โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้

ภาพประกอบ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

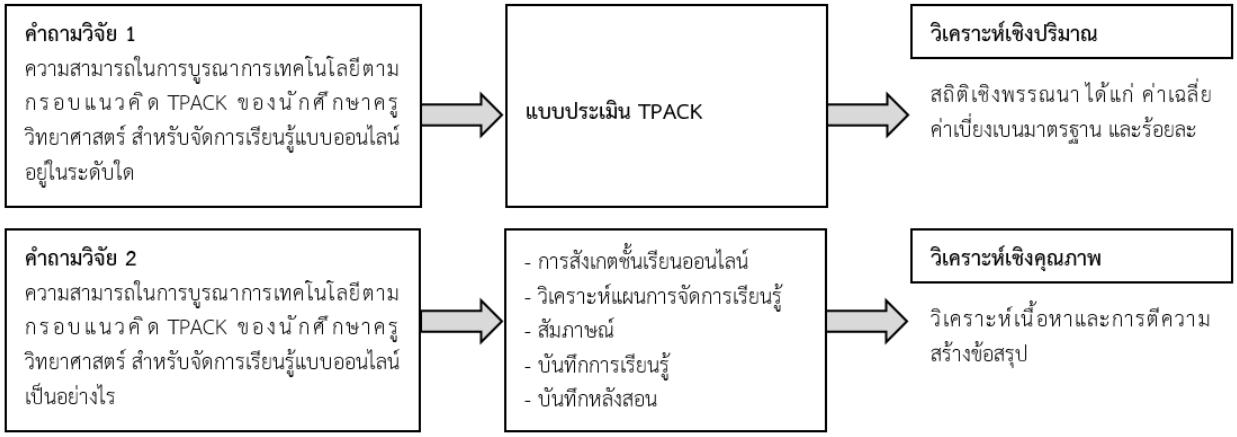
การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยการสังเกตชั้นเรียนออนไลน์ วิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ สัมภาษณ์ บันทึกการเรียนรู้และบันทึกหลังสอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ และใช้แบบประเมิน TPACK เป็นเครื่องมือเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหาและการตีความสร้างข้อสรุป

กลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาสังเกตและปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1/2565 จำนวน 54 คน มีผู้สอนจำนวน 2 คน คือผู้วิจัยและอาจารย์ในสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยผู้วิจัยได้แจ้งนักศึกษาครูก่อนว่าการเรียนการสอนในภาคเรียนนี้จะนำผลไปใช้ในการดำเนินการวิจัย เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวสถานการณ์โรคโควิดยังไม่คลี่คลาย กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ.2563 จึงประกาศให้ปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนเป็นแบบออนไลน์โดยสมบูรณ์ จึงเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการศึกษาความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้และทดลองสอนแบบ

ออนไลน์ผ่านแพลตฟอร์มการประชุมทางวิดีโอ ในช่วง 3 สัปดาห์สุดท้ายของการจัดการเรียนการสอน โดยให้นักศึกษาจับคู่สอน (Co-teaching) เพื่อปฏิบัติการสอนแบบจุลภาค (Micro teaching) ไม่เกิน 100 นาที ภายหลังปฏิบัติการสอนเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะประมาณ 20 นาที ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาและเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยด้วยรูปแบบออนไลน์เพื่อตอบคำถามการวิจัย ดังภาพ

ภาพประกอบ 2

เครื่องมือวิจัยและแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย



ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ สำหรับการวิจัยเชิงปริมาณใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจะวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย โดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ภายใต้กระบวนทัศน์การตีความ (Interpretative Paradigm) โดยการจำแนกและจัดระบบข้อมูลจากการวิเคราะห์เหตุการณ์ตามเรื่องราวที่ปรากฏ โดยอาศัยกรอบแนวคิดของ TPACK เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ ทั้งนี้ผู้วิจัยสร้างความน่าเชื่อถือของผลการวิจัยด้วยวิธีการตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) (Cohen et al., 2018) โดย 1) พิจารณาพฤติกรรมการสอนร่วมกับการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ 2) ผู้วิจัยสองคนแยกวิเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเดียวกัน โดยสร้างข้อสรุปชั่วคราว ตีความหมายข้อมูล และจัดหมวดหมู่ (Theme) จากนั้นนำข้อสรุปมาเปรียบเทียบและยืนยันร่วมกันจนได้ข้อสรุปสุดท้าย และ 3) ผู้วิจัยอธิบายผลการวิจัยโดยเชื่อมโยงกับหลักฐานที่สะท้อนปรากฏการณ์จริง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลไปพร้อมกับการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผลการวิจัย

จากคำถามการวิจัยข้อที่ 1 **“ความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิด TPACK ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ สำหรับจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ อยู่ในระดับใด”** ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการประเมิน TPACK นักศึกษาครู โดยผู้สอน (ผู้วิจัยและอาจารย์ที่สอนร่วม) จำนวน 2 คน จากแบบประเมิน TPACK แบบประเมินค่า 3 ระดับ (Rating Scale) คือ ระดับ 1 2 และ 3 ซึ่งหมายถึง มีความรู้ความสามารถน้อย ปานกลาง มาก ตามลำดับ จำนวน 40 ข้อ (องค์ประกอบละ 10 ข้อ) ครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่ TK, TCK, TPK และ TPACK โดยผู้วิจัยได้ทำการประเมินในช่วงปลายภาคเรียน จากนั้นนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาครูมีความสามารถใน

การบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ มีค่าเฉลี่ยเป็น 2.33 อยู่ในระดับปานกลาง ดังผลการวิจัยของแต่ละองค์ประกอบในตารางที่ 1

ตาราง 1

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการประเมินนักศึกษาเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ออนไลน์

องค์ประกอบ	ค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความรู้ความสามารถ
ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี (TK)	2.46	0.32	มาก
ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีผนวกวิธีสอน (TPK)	2.27	0.45	ปานกลาง
ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีผนวกเนื้อหา (TCK)	2.30	0.46	ปานกลาง
ความรู้ด้านการสอนผนวกเนื้อหาวิชาและเทคโนโลยี (TPACK)	2.31	0.39	ปานกลาง
ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมทุกด้าน	**2.33**	**0.41**	**ปานกลาง**

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าองค์ประกอบด้าน TK มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 2.46 (ระดับมาก) และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ (0.32) สะท้อนว่านักศึกษาครูมีความรู้ในด้านนี้ใกล้เคียงกันไม่แตกต่างมากนัก ส่วนองค์ประกอบด้าน TPK, TCK, TPCK มีค่าคะแนนเฉลี่ยใกล้เคียงกันซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง แต่มีค่า S.D. ค่อนข้างสูง (TPK=0.45, TCK=0.46) สะท้อนถึงความสามารถที่ต่างกันของนักศึกษาครูค่อนข้างมาก

จากคำถามการวิจัยข้อที่ 2 **“ความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิด TPACK ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ สำหรับจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์เป็นอย่างไร”** มีข้อค้นพบแต่ละด้าน ดังนี้

1) นักศึกษาครูส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีที่เป็นระบบคลาวด์เป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการทำงานร่วมกัน (ความรู้ของครูด้าน TK) จากการสังเกตการทดลองสอนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ พบว่า มีความโดดเด่นหลายประการในการใช้เทคโนโลยี โดยเทคโนโลยีระบบคลาวด์ที่นักศึกษาครูนำมาใช้ ได้แก่ บริการซอฟต์แวร์ผ่านระบบคลาวด์ ซึ่งประกอบด้วย 1) เครื่องมือประชุมออนไลน์ ได้แก่ Google Meet, Zoom 2) เครื่องมือสร้าง/นำเสนอเนื้อหาออนไลน์ ได้แก่ Canva, Mozaik 3D, 3D Model Inspector, Heyhi Interactive Whiteboard, Miro, Mentimeter, Peardeck, Poll Everywhere, Classroomscreen, Eclipse Simulation, PhET Interactive Simulations, Edpuzzle 3) เครื่องมือแบบทดสอบ/เกมการเรียนรู้ ได้แก่ Wordwall, Blooket, Quizalize, Wheel of Name, Liveworksheet, Google Form 4) แพลตฟอร์มสื่อวิดีทัศน์/สื่อความรู้ ได้แก่ YouTube, ข่าว (เว็บไซต์ออนไลน์) 5) แพลตฟอร์มชั้นเรียน/พื้นที่ทำงานร่วมกัน ได้แก่ Padlet, Miro, Peardeck, AR/VR ทั้งนี้หากพิจารณาแพลตฟอร์มที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการทำงานร่วมกัน พบว่านักศึกษาครูส่วนใหญ่ใช้ Padlet จำนวน 17 แผนการเรียนรู้ จากทั้งหมด 27 แผนการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 62.96 เพื่อสร้างสรรค์เนื้อหาและระดมความคิดร่วมกันแบบเรียลไทม์ ดังเช่น นักศึกษาครู A27 ส่วนประกอบและหน้าที่ของดอก ดังภาพประกอบ 3

ภาพประกอบ 3

กิจกรรม ผู้เรียนสังเกตและวาดส่วนประกอบของดอกและส่งใน Padlet



นอกจากนี้ยังมีนักศึกษาครูที่ใช้ Padlet โดยการนำเสนองานทั้งเป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม เช่น A14 ให้ผู้เรียนเขียนสรุปความรู้เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม A18 ให้ผู้เรียนวาดแบบจำลองชั้นบรรยากาศ A24 ให้ผู้เรียนวาดแบบจำลองซากดึกดำบรรพ์ A26 ให้ผู้เรียนวาดแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับวัฏจักรน้ำ จากตัวอย่างกิจกรรมเหล่านี้ส่วนใหญ่นักศึกษาครูจะให้ผู้เรียนนำเสนอภาพวาดแบบจำลองทางความคิด

2) นักศึกษาครูบางส่วนใช้เทคโนโลยีเสริมสภาพจริง เพื่อช่วยทำความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนเป็นนามธรรมยากต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน (ความรู้ของครูด้าน TCK) จากการสังเกตการทดลองสอนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ พบว่า นักศึกษาครูใช้เทคโนโลยีเสริมสภาพจริงช่วยในการทำความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน มีการใช้เทคโนโลยีด้านนี้ จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ จากทั้งหมด 27 แผนจัดการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 14.8 ดังนี้

ตาราง 2

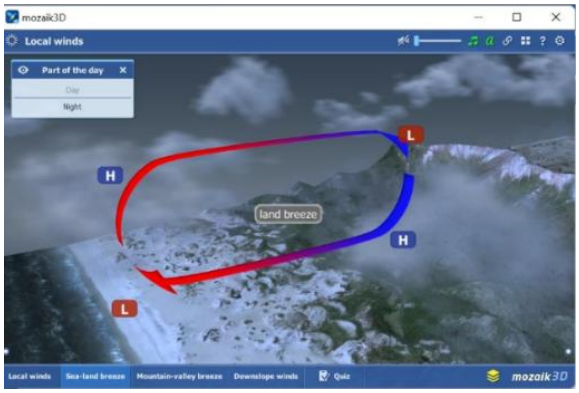
แผนการจัดการเรียนรู้ที่นำเทคโนโลยีเสริมสภาพจริงมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้

นักศึกษาครู	แผนการจัดการเรียนรู้	ชนิดของเทคโนโลยีเสริมสภาพจริง
A4	ระบบหายใจ (ม.2)	ใช้ AR เพื่อสำรวจและค้นหาลำดับการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านอวัยวะต่าง ๆ เข้าและออกจากปอด
A11	หินแปร (ป.6)	ใช้ 3D model inspector เพื่อสังเกตลักษณะทางกายภาพของหิน
A13	เซลล์พืชเซลล์สัตว์ (ม.1)	ใช้ AR เพื่อสำรวจและค้นหาโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์
A25	ลมบกลมทะเล (ป.6)	ใช้ Mozaik 3D เพื่ออธิบายและลงข้อสรุปเปรียบเทียบให้เห็นถึงการเกิดลมบกลมทะเล

ทั้งนี้จะเห็นได้ว่านักศึกษาครูเลือกเนื้อหาได้เหมาะสมกับเทคโนโลยีเสริมสภาพจริง เนื่องจากช่วยทำให้สิ่งที่มองไม่เห็นตามธรรมชาติกลายเป็นรูปธรรม เช่น การไหลของอากาศในระบบหายใจหรือโครงสร้างภายในของเซลล์ โดย AR ช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพสามมิติ เข้าใจลำดับขั้นตอนและความเชื่อมโยงได้ดีขึ้น และส่งเสริมการเรียนรู้แบบสำรวจได้เป็นอย่างดี เพราะผู้เรียนสามารถหมุน ซูม ขยาย และสำรวจโมเดลด้วยตนเอง อย่างไรก็ตามครูจะต้องมีความรู้ในเนื้อหาเชิงลึกด้วยจึงจะทำให้สื่อนี้มีประสิทธิภาพ ดังเช่นตัวอย่างภาพประกอบ 4

ภาพประกอบ 4

Mozaik 3D ใช้อธิบายการเกิดลมบกลมทะเล

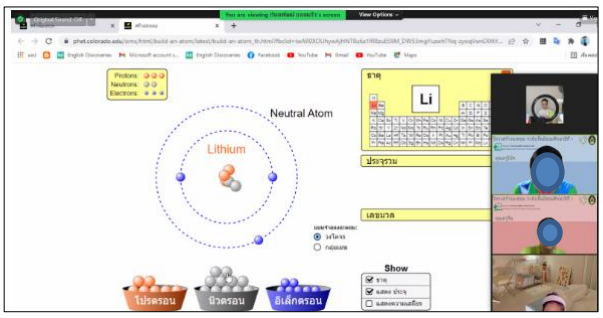


ตัวอย่าง นักศึกษาครู A25 ใช้ Mozaik 3D เพื่อสรุปเนื้อหาการเกิดลมบกลมทะเล ซึ่งขณะใช้ภาพจำลองนี้ นักศึกษาครูไม่สามารถชี้ภาพพร้อมอธิบายทิศทางการเคลื่อนที่ของลมได้อย่างชัดเจน เนื่องจากขาดความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับเนื้อหาและไม่คุ้นเคยกับการใช้งาน Mozaik 3D จึงไม่สามารถใช้งานได้อย่างคล่องแคล่ว ดังนั้นแม้ว่า Mozaik 3D จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ แต่ความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้ยังขึ้นอยู่กับความสามารถของครูในการใช้เครื่องมือควบคู่กับความรู้ด้านเนื้อหาและทักษะการสอน

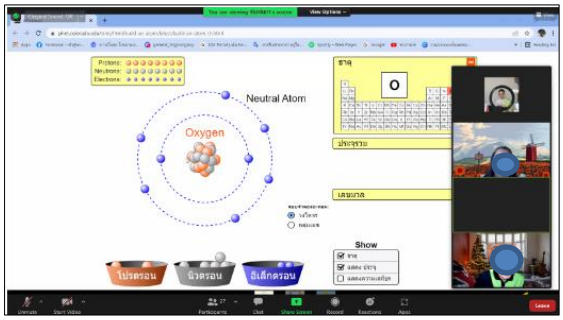
3) นักศึกษาครูส่วนน้อยเลือกใช้เทคโนโลยีมาสร้างหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ความรู้ของครูด้าน TPK) จากการสังเกตการทดลองสอนในชั้นเรียนออนไลน์ พบว่าจากทั้งหมด 27 แผนการเรียนรู้ มีเพียง 1 แผนการเรียนรู้เท่านั้นที่มีความชัดเจนในประเด็นนี้ คิดเป็นร้อยละ 3.7 โดยนักศึกษาครู A3 เลือกใช้แอปพลิเคชันการทดลองเสมือนในแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องโครงสร้างอะตอม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองอะตอมของธาตุ B, C, N, O และ F ผ่านซิมูเลชันบนเว็บไซต์ PhET และบันทึกภาพหน้าจอลงในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง “แบบจำลองโครงสร้างอะตอมจากธาตุของฉัน” ในกิจกรรมดังกล่าวผู้เรียนจะได้สร้างหลักฐานเชิงประจักษ์ผ่านการทดลองเสมือนจริงโดยทดลองปรับจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนในแบบจำลอง แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้นทันทีบนหน้าจอ ซึ่งยากต่อการดำเนินการในการทดลองจริง เมื่อผู้เรียนได้สร้างหลักฐานเชิงประจักษ์แล้วก็สามารถนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ เช่น เมื่อเปลี่ยนจำนวนโปรตอนชื่อธาตุจะเปลี่ยนเสมอ ซึ่งนำไปสู่คำอธิบายว่า “จำนวนโปรตอนหรือเลขอะตอมคือสิ่งที่กำหนดชนิดของธาตุ” ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการทดลองเสมือนจริงช่วยกระตุ้นความสนใจในการทดลองด้วยรูปแบบสื่อที่ทันสมัย ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการทดลองด้วยตนเองจนเกิดความเข้าใจในเนื้อหา แต่ในขณะเดียวกัน การพิจารณานำการทดลองเสมือนจริงมาใช้จะต้องคำนึงถึงความจำเพาะของเนื้อหา ตลอดจนความรู้ความเข้าใจทั้งในเนื้อหาและขั้นตอนการใช้ซิมูเลชันอย่างถ่องแท้

ภาพประกอบ 5

โปรแกรม phET เพื่อสร้างแบบจำลองอะตอมของธาตุ



ก. แบบจำลองอะตอมของธาตุลิเธียม



ข. แบบจำลองอะตอมของธาตุออกซิเจน

4) นักศึกษาครูส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีและวิธีการสอนเพื่อส่งเสริมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่กำลังสอน แต่ยังไม่ชัดเจนในเชิงปฏิบัติ (ความรู้ของครูด้าน TPACK) จากการสังเกตการทดลองสอนในชั้นเรียนออนไลน์ พบว่านักศึกษาครูบางส่วนสามารถเลือกและใช้เทคโนโลยีร่วมกับวิธีการสอนที่ส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้ในเนื้อหาที่สอนได้เหมาะสม ดังเช่น นักศึกษาครู A12 สอนเรื่องโครงสร้างภายในโลก โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ในขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลอง ครูกระตุ้นความสนใจโดยให้ผู้เรียนสังเกตลักษณะและองค์ประกอบภายในของไข่ต้มโดยการเปรียบเทียบกับโลกในลักษณะของอุปมาอุปไมย (Analogy) จากนั้นนักศึกษาครูให้ผู้เรียนออกแบบจำลองโครงสร้างโลกตามความรู้เดิม โดยการวาดภาพลงในแอปพลิเคชัน HeyHi และนำเสนอบน Padlet ขั้นที่ 2 ประเมินแบบจำลอง ครูให้ผู้เรียนนำเสนอและเปรียบเทียบแบบจำลองของแต่ละกลุ่ม จากนั้นใช้สื่อแอนิเมชันและ PPT ร่วมกับการใช้คำถามเพื่ออภิปรายร่วมกัน ขั้นที่ 3 แก้ไขแบบจำลอง ครูให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มแก้ไขแบบจำลองแล้วนำลงใน Padlet อีกครั้ง ขั้นที่ 4 ขยายแบบจำลอง ครูให้ผู้เรียนนำเสนอการแบ่งโครงสร้างภายในโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และทำกิจกรรมใน Live Worksheets เพื่อสรุปบทเรียน ทั้งนี้นักศึกษาครูได้เลือกเทคโนโลยีและวิธีการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา แต่บางขั้นตอนยังขาดความชัดเจนเชิงกระบวนการ โดยเฉพาะในขั้นขยายแบบจำลอง ซึ่งครูควรให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่เพื่อขยายความเข้าใจให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

อภิปรายผล

ผลการวิจัยของคำถามข้อที่ 1 สรุปได้ว่าความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิด TPACK ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบ พบว่า TK มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าองค์ประกอบอื่น เนื่องจากบริบทการเรียนแบบออนไลน์หลัง COVID-19 เป็นเหตุการณ์บังคับให้นักศึกษาครูใช้เครื่องมือดิจิทัลอย่างต่อเนื่อง จนเกิดความคุ้นเคยด้านเทคโนโลยี สอดคล้องกับแนวคิด Technology Acceptance Model (Davis, 1989) โดยระบุว่าการใช้เทคโนโลยีซ้ำในบริบทที่มีความหมายส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้สึกว่ามีประโยชน์และใช้งานได้ไม่ยาก จนนำไปสู่การพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยี อีกทั้ง TK เป็นทักษะที่สามารถพัฒนาได้ด้วยตนเองจากแหล่งเรียนรู้ที่เข้าถึงได้ง่าย ในทางตรงข้าม องค์ประกอบด้าน TPK, TCK และ TPACK จะมีความซับซ้อนในเชิงการบูรณาการความรู้หลายมิติพร้อมกัน จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์การสอนจริงในบริบทห้องเรียนเป็นสำคัญ ซึ่งนักศึกษาครูที่ยังอยู่ในระหว่างการฝึกหัดยังมีข้อจำกัด ซึ่งสอดคล้องกับ Mishra and Koehler (2006) ที่ระบุว่า TK เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจาก TPACK ต้อง

อาศัยการบูรณาการความรู้ด้านเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยีอย่างลึกซึ้งและเชื่อมโยงกัน สอดคล้องกับทฤษฎีของ Kolb (1984) ที่ระบุว่าสมรรถนะเชิงบูรณาการเกิดจากวงจรประสบการณ์ครบ 4 ขั้น ได้แก่ การลงมือปฏิบัติ การสะท้อนคิด การสรุปหลักการ และการนำไปประยุกต์ใช้ รวมถึงงานวิจัยของ Chai et al. (2013) และ Voogt et al. (2013) ที่พบว่าโปรแกรมผลิตครูมักเน้น TK มากกว่า TPACK ดังนั้นโปรแกรมผลิตครูวิทยาศาสตร์ควรออกแบบกิจกรรมที่เน้นฝึกปฏิบัติบูรณาการ TCK, TPK และ TPACK ผ่านสถานการณ์การสอนจริงอย่างเป็นระบบและสอดแทรกลงในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการสอน โดยให้นักศึกษาได้ฝึกเลือกและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอนในบริบทจริง

ผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 2 ความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิด TPACK ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ สำหรับจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์เป็นอย่างไร ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ส่วนน้อยที่สามารถบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในรูปแบบออนไลน์ได้สมบูรณ์ ซึ่งส่วนใหญ่มีมุมมองและวิถีปฏิบัติโดยการนำเทคโนโลยีมาผนวกเข้ากับส่วนใดส่วนหนึ่งของกิจกรรมเท่านั้น โดยไม่ได้ผสานเทคโนโลยีเข้าเป็นเนื้อเดียวกับกิจกรรมการเรียนรู้ จึงทำให้นักศึกษาบางส่วนใช้เทคโนโลยีมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายแอปลิเคชันและใช้แบบแยกส่วน จากข้อค้นพบนี้ผู้วิจัยขออภิปรายและให้ข้อเสนอแนะใน 3 ประเด็นหลักดังนี้

1. มุมมองของนักศึกษาครูในการใช้เทคโนโลยีผนวกศาสตร์การสอนในเนื้อหาเฉพาะ จากวิถีปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์รูปแบบออนไลน์ สะท้อนให้เห็นว่านักศึกษาครูมองการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าสู่การสอนในลักษณะของการเสริม (Enhancement) หรือทดแทน (Substitution) การสอนรูปแบบเดิม เช่น ใช้แบบทดสอบออนไลน์แทนกระดาษ ซึ่งไม่ได้นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการสอนวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ผู้ที่เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญกับมุมมองของนักศึกษาครูในเรื่องนี้เนื่องจากมุมมองของครูครอบคลุมถึงจุดมุ่งหมาย ความเข้าใจ และเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งเป็นตัวชี้แนวทางในการตัดสินใจออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Shulman (1987) ที่ว่าการออกแบบการสอนต้องประกอบด้วยการทำความเข้าใจเนื้อหา การปรับเนื้อหาสำหรับการสอน การเลือกวิธีสอน และการเลือกสื่อและเครื่องมือ หากนักศึกษาครูมองเทคโนโลยีเป็นเพียงตัวเสริม แสดงว่าการให้เหตุผลเชิงวิธีสอน (Pedagogical Reasoning) ยังไม่ได้รับการพัฒนาเต็มที่ จนไม่สามารถทำให้เทคโนโลยีกลายเป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธ์การสอนได้ สอดคล้องกับ Niess (2005) ที่ระบุว่าหากครูขาดความเข้าใจในเทคโนโลยีผนวกวิธีสอน (TPK) อย่างชัดเจน จะไม่สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการสร้างตัวแทนของแนวคิดทางเนื้อหา (Conceptual Representation) ได้ ทำให้การสอนยังคงยึดติดกับวิธีการเดิม ดังนั้นการเตรียมนักศึกษาครูให้สามารถบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับเนื้อหาและวิธีสอนได้อย่างกลมกลืน จึงควรดำเนินการผ่านกระบวนการออกแบบ ทดลองสอน และสะท้อนคิด (Reflection) ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญอย่างต่อเนื่อง (Koehler & Mishra, 2009) เพื่อเปลี่ยนมุมมองจากการมองเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือเสริม ไปสู่การมองว่าเทคโนโลยีเป็นส่วนสำคัญของวิธีสอน และสามารถตัดสินใจเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม

2. รูปแบบการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในรายวิชาการสังเกตและปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาครูส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีและวิธีการสอนเพื่อส่งเสริมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่กำลังสอน แต่ยังไม่ชัดเจนในเชิงปฏิบัติ และจากผลการวิจัยยังพบอีกว่านักศึกษามีการใช้เทคโนโลยีผนวกเข้ากับลักษณะที่สำคัญของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (NRC, 2000) แต่ปรากฏพฤติกรรมที่ส่งเสริมการสืบเสาะอย่างชัดเจนใน 3 จาก 5 ประการ โดยพฤติกรรมที่ไม่ปรากฏชัด คือการเปิดโอกาสให้

ผู้เรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ และเชื่อมโยงความรู้ที่ได้กับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากนักศึกษาไม่เข้าใจลักษณะที่สำคัญของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Aumann et al. (2024) ที่ได้ระบุว่าแม้นักศึกษาครูจะได้รับการฝึกฝนเกี่ยวกับการผนวกเทคโนโลยีกับการสอนวิทยาศาสตร์ แต่ยังมีข้อจำกัดในการถ่ายโอนความรู้ TPACK ที่ได้รับจากหลักสูตรผลิตครูไปสู่การปฏิบัติจริงในชั้นเรียน นอกจากนี้ Strat et al. (2024) ได้ระบุแนวทางในการใช้เทคโนโลยีร่วมกับการสืบเสาะที่ให้ผลอย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อครูได้รับการฝึกฝนแบบมีการชี้นำ (Modelling) ผ่านตัวอย่างที่ดี โดยการวางแผนและดำเนินขั้นตอนที่เป็นระบบ เพื่อสนับสนุนนักศึกษาครูในการออกแบบและใช้เทคโนโลยีในกิจกรรมสืบเสาะให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้อาจเปิดโอกาสให้นักศึกษาครูได้รับประสบการณ์ตรงจากครูที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบลงมือปฏิบัติ (Chamrat, 2019)

3. ข้อมูลย้อนกลับที่ได้จากการทดลองสอนในชั้นเรียนออนไลน์มีผลต่อการพัฒนา TPACK ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาการสังเกตและปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถส่งเสริมความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีผนวกศาสตร์การสอนในเนื้อหาเฉพาะได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังพบว่าอีกว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ส่วนน้อยที่สามารถบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในรูปแบบออนไลน์ได้สมบูรณ์ ซึ่งส่วนใหญ่มีมุมมองและวิถีปฏิบัติโดยการนำเทคโนโลยีมาผนวกเข้ากับส่วนใดส่วนหนึ่งของกิจกรรมเท่านั้น โดยไม่ได้ผสานเทคโนโลยีเข้าเป็นเนื้อเดียวกับกิจกรรมการเรียนรู้ จึงทำให้นักศึกษาบางส่วนใช้เทคโนโลยีมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายแอพพลิเคชันและใช้แบบแยกส่วน การนำเทคโนโลยีไปใช้ในการสอนจริงและการให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาครูมีความรู้ความสามารถเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเรียนรู้ว่าจะบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในรูปแบบออนไลน์จะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อนักศึกษาครูได้ปฏิบัติจริง ได้รับประสบการณ์ใหม่ที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น กระบวนการดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ (Experiential Learning) ของ Kolb and Kolb (2011) ซึ่งเน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงผ่านการลงมือปฏิบัติ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phuaphan & Kijkuakul (2022) ระบุว่าการที่นักศึกษาครูได้ฝึกปฏิบัติการสอนและออกแบบกิจกรรมการสอนที่หลากหลายส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความรู้ด้านเทคโนโลยี นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยอีกมากมายที่ชี้ให้เห็นว่าการพัฒนา TPACK ของนักศึกษาครูเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อมีโอกาสใช้เทคโนโลยีในการปฏิบัติการสอนในชั้นเรียนจริง ตัวอย่างเช่น Pondee et al. (2021) ระบุว่านักศึกษาครูที่ออกแบบและใช้เกมเกมดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สามารถบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับเนื้อหาและวิธีสอนได้อย่างเหมาะสม ขณะที่ Deng et al. (2023) พบว่าการใช้เครื่องมือ data-logging ในการสอนเคมีช่วยให้นักศึกษาครูสามารถพัฒนา TPACK จากระดับความเข้าใจเชิงแนวคิดไปสู่การประยุกต์ใช้จริงในชั้นเรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

จากข้อค้นพบมุ่งหวังสื่อสารถึงสถาบันผลิตครู (วิทยาศาสตร์) ทบทวนหลักสูตรให้สอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะหลักสูตรรายวิชา ควรมีการระบุในคำอธิบายรายวิชาไว้อย่างชัดเจนเกี่ยวกับการบูรณาการ

เทคโนโลยีเข้าไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน เพื่อสร้างกระบวนทัศน์ศาสตร์การสอนแนวใหม่ที่เหมาะสมกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ออกแบบโมเดลในการพัฒนา TPACK อย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การกำหนดสมรรถนะ TPACK ที่คาดหวังอย่างชัดเจน ดำเนินกิจกรรมที่ครอบคลุมความรู้เชิงทฤษฎีและทักษะเชิงปฏิบัติของ TPACK โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเป็นเครื่องมือในสนับสนุนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตลอดจนให้ความสำคัญกับการสะท้อนคิดในการปฏิบัติ (Reflective Practice) ก่อให้เกิดความเข้าใจความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเชิงคุณภาพและการพัฒนาวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT–TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & education, 52*(1), 154-168.

Aumann, A., Schnebel, S., & Weitzel, H. (2024). Teaching biology lessons using digital technology: A contextualized mixed-methods study on pre-service biology teachers' enacted TPACK. *Education Sciences*, *14*(5), 538.

Boztas, G. D., Berigel, M., Altinay, F., & Altinay, Z. (2025). Learning modalities shaped by digital transformation in distance education: A bibliometric analysis of trends and reflections (2017-2023). *Open Praxis*, *17*(2), 349-362.

Bybee, R. W. (2010). *The teaching of science: 21st century perspectives*. NSTA press.

Çağlar, D., & Çalik, M. (2024). Pre-service primary school teachers' technological pedagogical content knowledge regarding a science unit. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *24*(1), 5-22.

Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Technology & Society*, *16*(2), 31-51.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education*. Routledge.

Chamrat, S. (2019). Technology Integrated Science Learning. *Walailak Journal of Learning Innovations, 5*(1), 39-64. [in Thai]

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, *13*(3), 319-340.

Deng, F., Lan, W., Sun, D., & Zheng, Z. (2023). Examining pre-service chemistry teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) of using data-logging in the chemistry classroom. *Sustainability, 15*(21), 15441.

Ferraro, F. V., Ambra, F. I., Aruta, L., & Iavarone, M. L. (2020). Distance learning in the covid-19 era: Perceptions in Southern Italy. *Education Sciences, 10*(12), 355.

Graham, C. R. (2011). Theoretical considerations for understanding technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & education, 57*(3), 1953-1960.

Graham, C.R., Burgoyne, N., Cantrell, P., Smith, L., Clair, L. S., & Harris, R. (2009). TPACK development in science teaching: measuring the TPACK confidence of in-service science teachers. *TechTrends, 53*(5), 70-79.

Jiang, B., Li, X., Liu, S., Hao, C., Zhang, G., & Lin, Q. (2022). Experience of online learning from COVID-19: Preparing for the future of digital transformation in education. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(24), 16787.

Khasanah, A. N., Septiyanto, A., Jumadi, J., Wilujeng, I., & Hidayah, E. N. (2025). Analysis of Pre-service Science Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK). *Journal of Science Education Research, 9*(1), 62–74.

Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Contemporary issues in technology and teacher education, 9*(1), 60-70.

Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2011). *Kolb's learning styles and experiential learning cycle*. In N. M. Seel (Ed.), Encyclopedia of the sciences of learning (pp. 1698–1703). Springer.

Mahbera, M. M., Yimer, B. M., & Bishaw, A. T. (2025). TPACK implementation in higher education: an assessment of teacher educators' competence. *Research in Learning Technology*, *33*.

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). *Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching*. In examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education (pp. 95-132). Springer Netherlands.

Masry-Herzallah, A. (2025). TPACK, technological self-efficacy, gender, and online teaching effectiveness: Insights from the COVID-19 crisis. *Humanities and Social Sciences Communications*, *12*(1), 1-9.

McCrory, R., Putnam, R., & Jansen, A. (2008). Interaction in online courses for teacher education: Subject matter and pedagogy. *Journal of Technology and Teacher Education, 16*(2), 155-180.

Mhlanga, D. (2024). Digital transformation of education, the limitations and prospects of introducing the fourth industrial revolution asynchronous online learning in emerging markets. *Discover Education, 3*, 45. https://doi.org/10.1007/s44217-024-00115-9

Mishra, P., Warr, M., & Islam, R. (2023) TPACK in the age of ChatGPT and generative AI. *Journal of Digital Learning in Teacher Education, 39*(4), 235–251.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record, 108*(6), 1017-1054.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2008, March). Introducing technological pedagogical content knowledge [Paper presentation]. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, New York, NY, United States.

National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/9596

Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and teacher education, 21*(5), 509-523.

Phuaphan, N., & Kijkuakul, S. (2022). Development of an Innovative Methods Course Supporting Pre-service Science teachers' Technological Pedagogical and Content Knowledge: A Critical Participatory Action Research. *Journal of Education Naresuan University, 24*(2), 159-169. [in Thai]

Pondee, P., Panjaburee, P., & Srisawasdi, N. (2021). Preservice science teachers' emerging pedagogy of mobile game integration: A tale of two cohort's improvement study. *Research* and *Practice in Technology Enhanced Learning, 16*(1), 1-27.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher, 15*(2), 4-14.

Strat, T. T. S., Henriksen, E. K., & Jegstad, K. M. (2024). Inquiry-based science education in science teacher education: a systematic review. *Studies in Science Education, 60*(2), 191-249.

Tanak, A. (2018). The Enactment of Technological Pedagogical Content Knowledge in Classroom of Science Student Teachers in a 2 years Teacher Preparation Program. *Journal of Education research, Faculty of Education, Srinakarinwirot University, 13*(2), 207-220. [in Thai]

Voogt, J., Fisser, P., Pareja Roblin, N., Tondeur, J., & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge: A review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning, 29(2), 109–121*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00487.x

Zhang, H., Wang, Z., Jiang, R., & Wu, H. (2025). Exploring the influence of technology-enhanced active learning environments on pre-service teachers' TPACK and technology beliefs. *Sage Open, 15*(3). https://doi.org/10.1177/21582440251359823

Zou, D., Huang, X., Kohnke, L., Chen, X., Cheng, G., & Xie, H. (2022). A bibliometric analysis of the trends and research topics of empirical research on TPACK. *Education and Information Technologies*, 27(8), 10585–10609. https://doi.org/10.1007/s10639-022-10991-z