



Improving Pre-Service Science Teachers' Technological Pedagogical and Content Knowledge through a Technology-infused Professional Learning Module Emphasized the Nature of Scientific Inquiry

Wacharaporn Khaokhajorn¹ and Niwat Srisawasdi^{2,3*}

¹Science Education Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen

²Division of Mathematics, Science, and Computer Education, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen

³Digital Education and Learning Engineering Association, Nonthaburi

*Email: niwsri@kku.ac.th

Received <5 September 2024>; Revised <1 October 2024>; Accepted <3 October 2024>

Abstract

The integration of digital technology in education is pivotal for enhancing educational quality, especially in science education. This is critical for advancing human capital development in Thailand. Our study developed a specialized modular approach to improve future teachers' essential knowledge by incorporating digital technology. This approach promotes an understanding of the nature of scientific inquiry for pre-service science teachers in the new era. The researchers engaged 50 third-year pre-service science teachers in 10 hours learning module. Their Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) was evaluated through an open-ended situational test both before and after the module. The data analysis utilized descriptive and inferential statistics. Results showed a statistically significant improvement in TPACK scores post-module, highlighting the module's effectiveness in fostering knowledge integration. This research underscores the necessity of integrating digital technology into teacher preparation programs to boost TPACK among science teachers. The design of this technology-infused inquiry-based learning module, rooted in the TPACK framework, equips pre-service science teachers with vital management skills in science learning integrated with digital tools. Our findings advocate for the importance of the modular approach in enhancing the preparedness of pre-service science teachers, enabling them to provide high-quality teacher education in the digital era. This study contributes significantly to the quality of future science teacher preparation, ensuring they are well-equipped for effective teaching practices to new-generation learners. The practical implications of our study are far-reaching, as it provides a roadmap for improving science education through digital technology integration.

Keywords: Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK), Technological integration, Nature of scientific inquiry, Teacher education, Pre-service teacher

การพัฒนาความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยีของนักศึกษาวิชาชีพครู วิทยาศาสตร์ผ่านโมดูลการเรียนรู้เพื่องานวิชาชีพผสานรวมเทคโนโลยีที่เน้นการเข้าใจใน ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ

วัชรภรณ์ เขาเขจร¹ และ นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์^{2,3*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²กลุ่มวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³สมาคมการศึกษาดิจิทัลและวิศวกรรมการเรียนรู้

*Email: niwsri@kku.ac.th

รับบทความ: 5 กันยายน 2567 แก้ไขบทความ: 1 ตุลาคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 3 ตุลาคม 2567

บทคัดย่อ

การบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลในบริบททางการศึกษาในปัจจุบันมีบทบาทสำคัญต่อการยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษาของประเทศ โดยเฉพาะบริบทการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่เป็นความจำเป็นเร่งด่วนหนึ่งตามสถานะคุณภาพของการพัฒนาทุนมนุษย์ปัจจุบันของสังคมไทย งานวิจัยนี้มุ่งศึกษานำเสนอแนวปฏิบัติการจัดการศึกษาแบบโมดูลจำเพาะที่เน้นการพัฒนาความรู้ในการจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการเข้าใจธรรมชาติของกระบวนการวิทยาศาสตร์สืบเสาะสำหรับผู้เรียนยุคใหม่ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ โดยกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 จำนวน 50 คน ที่ได้รับโมดูลการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง โดยมีการทดสอบความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยี (TPACK) ทั้งก่อนและหลังการได้รับโมดูลการเรียนรู้โดยใช้แบบทดสอบอัตนัย การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงบรรยายและเชิงอ้างอิง ผลการวิจัยพบว่าคะแนน TPACK ของนักศึกษาหลังได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านโมดูลนั้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับสิ่งที่ตั้งไว้ถึงผลกระทบของโมดูลการเรียนรู้สำหรับกลุ่มนักศึกษาดังกล่าว ดังนั้นแล้วผลของการวิจัยนี้ได้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการผสมผสานเทคโนโลยีดิจิทัลกับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ในหลักสูตรการเตรียมครูเพื่อการพัฒนา TPACK ของครูวิทยาศาสตร์ให้ดีขึ้นได้ ซึ่งการออกแบบและพัฒนาโมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะบนพื้นฐานของกรอบแนวคิด TPACK ในงานการสอนวิทยาศาสตร์นี้สามารถช่วยให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีการพัฒนาองค์ความรู้ที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการจัดการศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลมาบูรณาการร่วม เพื่อการยกระดับคุณภาพการเตรียมความพร้อมให้กับว่าที่ครูวิทยาศาสตร์ให้ได้มีองค์ความรู้สำคัญในการปฏิบัติงานการสอนในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยี (TPACK) การบูรณาการเทคโนโลยี ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ วิชาชีพครูศึกษา นักศึกษาวิชาชีพครู

บทนำ

ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทสำคัญในทุกภาคส่วนของสังคม เทคโนโลยีได้เข้ามาเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะในบริบทของการศึกษาวิทยาศาสตร์ การบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับกระบวนการเรียนการสอนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเตรียมครูวิทยาศาสตร์ให้พร้อมสำหรับความท้าทายใหม่ ๆ ในศตวรรษที่ 21 ครูวิทยาศาสตร์ยุคปัจจุบันจำเป็นต้องมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสอนและเพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนในด้านการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการสร้างสรรค์นวัตกรรม (Mishra and Koehler, 2006; Koehler and Mishra, 2009) การพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลในห้องเรียนไม่เพียงแต่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เท่านั้นแต่ยังช่วยเพิ่มความสามารถของครูในการสร้างสรรค์วิธีการสอนที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Niess, 2005) และเทคโนโลยีดิจิทัลในบริบทการศึกษามีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในยุคที่การระบาดของโควิด-19 ได้เร่งให้การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามามีบทบาทสำคัญยิ่งขึ้น การเรียนการสอนทางไกลและการใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลกลายเป็นเรื่องจำเป็น และครูทั่วโลกต้องปรับตัวเข้ากับเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (AI), ระบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ (LMS), และเครื่องมือเสริมการเรียนรู้แบบสืบเสาะสอบสวนผ่านเทคโนโลยี AR (Augmented Reality) และ VR (Virtual Reality) (Lai and Bower, 2020; Bond *et al.*, 2021) ครูวิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบันจึงไม่เพียงแต่ต้องมีทักษะในการใช้เทคโนโลยีขั้นพื้นฐานเท่านั้น แต่ยังต้องสามารถบูรณาการเทคโนโลยีขั้นสูงเข้ากับกระบวนการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเตรียมพร้อมสำหรับโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยี หรือที่เรียกว่า TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) เป็นกรอบแนวคิดที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาสมรรถนะของครูวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน TPACK คือความสามารถในการผสมผสานความรู้ในเนื้อหาวิชา การจัดการเรียนการสอนและการใช้เทคโนโลยีเข้าด้วยกันอย่างสอดคล้องกัน ซึ่งทำให้ครูสามารถออกแบบและดำเนินการสอนที่มีประสิทธิภาพได้ (Mishra and Koehler, 2006) การมีความสามารถในการ TPACK ช่วยให้ครูสามารถปรับเปลี่ยนและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในลักษณะที่สนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อความต้องการในยุคที่การศึกษาและเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กันอย่างแนบแน่น (Angeli and Valanides, 2009) นอกจากนี้ การพัฒนา TPACK ยังมีความสำคัญต่อการเสริมสร้างความเป็นมืออาชีพของครูวิทยาศาสตร์ เนื่องจากช่วยให้ครูสามารถปรับตัวและรับมือกับความท้าทายใหม่ ๆ ในการจัดการเรียนการสอน เช่น การสอนออนไลน์ การใช้แอปพลิเคชันและซอฟต์แวร์ทางวิทยาศาสตร์ หรือการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) (Tondeur *et al.*, 2017) ความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการสอนอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยเพิ่มความมั่นใจและความเชี่ยวชาญของครู ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน

ในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนในยุคปัจจุบัน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเตรียมครูที่มีความเชี่ยวชาญใน TPACK ครูที่มีความสามารถในด้านนี้จะสามารถออกแบบและใช้สื่อการเรียนการสอนที่บูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน เช่น ทักษะในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน การคิดเชิงวิเคราะห์ และการสร้างนวัตกรรม (Schmidt *et al.*, 2009) นอกจากนี้ การใช้ TPACK ในการสอนวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้ครูสามารถสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและสามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์จริงได้ (Harris, Mishra and Koehler, 2009) การพัฒนาความสามารถด้าน TPACK ของครูวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญในการเตรียมครูให้พร้อมสำหรับการเผชิญกับความท้าทายในการสอนวิทยาศาสตร์ในยุคดิจิทัล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based Science) มักจะเกี่ยวข้องกับการตั้งคำถาม การสำรวจ และการทดลอง ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบ ดังนั้น การเรียนรู้ที่เน้นการเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ (Nature of Scientific Inquiry, NOSI) จึงมีบทบาทสำคัญในการเตรียมครูให้พร้อมสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา (Lederman, 2013) การบูรณาการ TPACK กับโมดูลการเรียนรู้ NOSI เป็นแนวทางที่สามารถพัฒนาทั้งความรู้ด้านเนื้อหา การสอน และการใช้เทคโนโลยี เพื่อให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สามารถใช้เทคโนโลยีในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น การวิจัยเกี่ยวกับการใช้โมดูล NOSI ที่เน้นการพัฒนา TPACK ของครูวิทยาศาสตร์จะช่วยให้สามารถเข้าใจวิธีการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น และมีความสำคัญอย่างยิ่งในการเตรียมครูวิทยาศาสตร์ให้พร้อมสำหรับการสอนที่ทันสมัย (Niess, 2005)

ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาความสามารถด้าน TPACK ให้กับนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์จึงเป็นประเด็นสำคัญในการเตรียมความพร้อมครูรุ่นใหม่ให้สามารถจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในยุคดิจิทัล การเห็นความสำคัญของการเตรียมครูวิทยาศาสตร์ให้พร้อมด้วยทักษะ TPACK เพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การพัฒนา TPACK ของครูวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยจึงมีบทบาทสำคัญในการเตรียมความพร้อมให้ครูสามารถใช้เทคโนโลยี

เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้แบบสืบเสาะและการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติที่ช่วยส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 (Srisawasdi, 2014) งานวิจัยในประเทศไทยยังพบว่าครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการฝึกฝนและพัฒนา TPACK สามารถนำเสนอเนื้อหาที่ซับซ้อนผ่านการใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ยากได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ การฝึกฝนในด้าน TPACK ยังช่วยสร้างความมั่นใจให้กับครูในการใช้เครื่องมือดิจิทัลต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ที่ทันสมัยและมีความหลากหลาย (Srisawasdi, Pondee and Bunterm, 2018) การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาแนวทางการพัฒนา TPACK ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ผ่านโมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถนี้ให้กับนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ โมดูลนี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้ครูสามารถพัฒนาความรู้ในด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังช่วยให้ครูสามารถบูรณาการเทคโนโลยีและการจัดการเรียนการสอนเข้าด้วยกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Schmidt *et al.*, 2009; Koehler and Mishra, 2005) ดังนั้น การส่งเสริมการพัฒนา TPACK ในครูวิทยาศาสตร์จึงเป็นแนวทางที่สำคัญสำหรับอนาคตของการศึกษาวิทยาศาสตร์ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับการศึกษาที่มีคุณภาพและสามารถปรับตัวให้เข้ากับโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในยุคดิจิทัลได้

คำถามการวิจัย

จากที่มาความสำคัญในการศึกษาวรรณกรรมและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงกำหนดคำถามการวิจัยในครั้งนี้อ่า “นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่องานวิชาชีพผ่านโมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะจะมีความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยีที่ดียิ่งขึ้นหรือไม่”

จุดประสงค์การวิจัย

จากคำถามการวิจัยที่กำหนดนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อศึกษาความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยีของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ

หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะสำหรับครูวิทยาศาสตร์

ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ การเน้นวิธีการสอนแบบสืบเสาะและความเข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (NOSI) มีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาสมรรถนะการสอนแบบสืบเสาะของครู เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์นั้นครูต้องเข้าใจการเรียนรู้แบบสืบเสาะและ NOSI อย่างลึกซึ้ง (Willden *et al.*, 2002) โดยครูควรช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจ NOSI และหลักการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งสมมติฐาน การทดลองและควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลโดยอิงหลักฐาน (Lederman *et al.*, 2019) แนวทางนี้สามารถช่วยสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น มีความสงสัย และคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Hammer *et al.*, 2008) ดังนั้นการบูรณาการ NOSI ในการพัฒนาครูช่วยให้ครูเข้าใจว่าการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม และบริบทของวิธีการ (Schwartz, Lederman and Crawford, 2008) ความร่วมมือระหว่างสาขาวิชาในการเตรียมครูมีความสำคัญที่ช่วยให้ครูได้สัมผัสกับวิธีการสืบเสาะที่หลากหลาย (Lederman, 2009) การพัฒนามาตรฐานวิชาชีพการอบรมเชิงปฏิบัติการ ความร่วมมือในการวิจัย และการประชุมทางวิชาการ สามารถช่วยครูได้พัฒนาทักษะและวิธีการสอนตามแนวปฏิบัติที่ดีในการสอนแบบสืบเสาะ (Hodson, 2008)

ความเข้าใจในธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนสำคัญของของการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Lederman *et al.*, 2002) งานวิจัยทั่วโลกชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาความเข้าใจด้านการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดย Lederman *et al.* (2019) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรดระดับ 7 จำนวน 18 ประเทศ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีนักเรียนจำนวนน้อยที่มีโอกาสได้เข้าร่วมกิจกรรมการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง หากนักเรียนได้ทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในเชิงปฏิบัติจริง พวกเขาจะสามารถเสริมสร้างความรู้และความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น (Gaigher, Lederman and Lederman, 2014) ทั้งนี้ นักเรียนควรมีทั้งความรู้และทักษะเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้สามารถทำงานและเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (National Research Council (NRC), 2000) แบบสอบถาม Views about Scientific Inquiry (VASI) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อวัดความเข้าใจในแง่มุมต่างๆ ของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Lederman

et al., 2014) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าความเข้าใจในกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการทำความเข้าใจข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (Driver et al., 1996) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยพบว่าครูส่วนใหญ่ไม่ได้รับการฝึกฝนด้านการวิจัยทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอ (Gallagher, 1989; Marx et al., 1994) แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (NOSI) ประกอบด้วยหลายองค์ประกอบ เช่น การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นจากการตั้งคำถาม การดำเนินการสืบเสาะไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่ตายตัว การตั้งคำถามเป็นต้นทางในการดำเนินการ การสืบเสาะเดียวกันอาจได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ไม่เหมือนกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และข้อสรุปต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่เก็บรวบรวม นอกจากนี้ การอธิบายจะต้องพัฒนามาจากการรวบรวมข้อมูลและความรู้ที่มีอยู่เดิม (Lederman et al., 2014)

จากแนวคิดที่สำคัญเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการเสริมสร้างความเข้าใจในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ให้กับครูและนักเรียนเพื่อให้มีทักษะและความรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่แท้จริง

กรอบแนวคิดความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยี

กรอบแนวคิดความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยี หรือ TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) เป็นแนวคิดสำคัญในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการจัดการเรียนการสอนในยุคดิจิทัล ได้รับการพัฒนาขึ้นจากการแนวคิดของ Shulman (1986) ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้เนื้อหา (Content Knowledge: CK) ความรู้ด้านการสอน (Pedagogical Knowledge: PK) และความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge: TK) รวมถึงความรู้ที่เกิดจากการบูรณาการระหว่างองค์ประกอบเหล่านี้ ได้แก่ ความรู้ด้านเทคโนโลยีและเนื้อหา (Technological Content Knowledge: TCK) ความรู้ด้านเทคโนโลยีและวิธีสอน (Technological Pedagogical Knowledge: TPK) และความรู้ด้านเทคโนโลยีวิธีสอนและเนื้อหา (Technological Pedagogical Content Knowledge: TPACK) ซึ่งถือเป็นความรู้ที่ครูต้องมีเพื่อสามารถออกแบบและดำเนินการสอนที่บูรณาการเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Mishra and Koehler, 2006)

TPACK จึงเป็นกรอบแนวคิดที่ครอบคลุมถึงทักษะและความรู้ที่จำเป็นในการสอนวิชาต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลให้เหมาะสมกับบริบทของห้องเรียน การพัฒนา TPACK ให้กับครูและนักศึกษาวิชาชีพครูจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการเตรียมความพร้อมสำหรับการจัดการเรียนการสอนในยุคดิจิทัล (Angeli, Valanides and Christodoulou, 2016) ในขณะที่ TCK ช่วยให้ครูมีความเข้าใจในวิธีการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนและเสริมสร้างเนื้อหาวิชา TPK จะเน้นไปที่การบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพ โดยครูจะต้องมีความเข้าใจในกระบวนการเลือกและนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเรียนการสอนอย่างรอบคอบ ซึ่งการผสมผสานกันของความรู้ทั้งสามด้านนี้จะทำให้ครูสามารถสร้างสรรค์กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนในยุคดิจิทัลได้อย่างเหมาะสม จากกรอบแนวคิดนี้ การพัฒนาความสามารถด้าน TPACK ของครูจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการศึกษายุคปัจจุบัน การบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับการสอนและเนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาวิชาได้ดียิ่งขึ้น แต่ยังช่วยพัฒนาทักษะที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Koehler and Mishra, 2009)

วิธีดำเนินการวิจัย

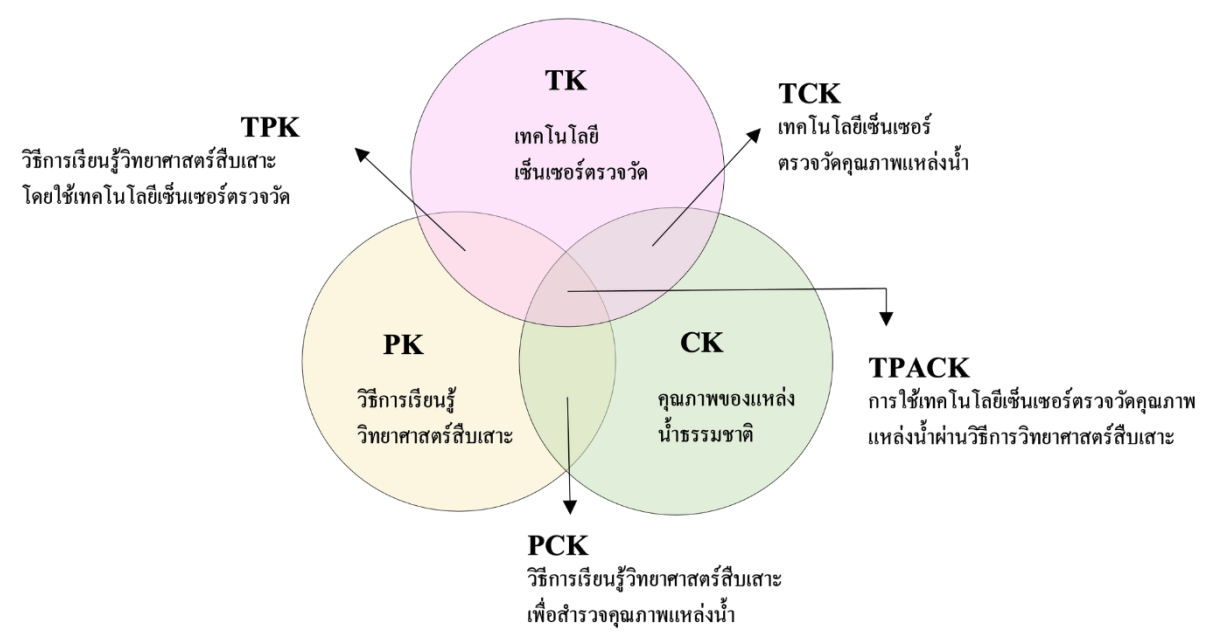
ผู้เข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มคนที่เข้าร่วมการวิจัยมีการเลือกแบบเจาะจงของนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 จำนวน 50 คน ประกอบด้วยนักศึกษาชาย จำนวน 12 คน และนักศึกษาหญิง จำนวน 38 คน ที่กำลังศึกษาในหลักสูตรปริญญาตรี ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ นักศึกษามีการลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาและสมัครใจในการให้ข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ นักศึกษาได้ผ่านการการเรียนรู้ในรายวิชาเกี่ยวกับวิชาชีพครูและวิชาเอกวิทยาศาสตร์ในภาคการศึกษาต่าง ๆ ที่ผ่านมา โดยในปีการศึกษาถัดไป นักศึกษาจะต้องออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในสถานศึกษาเป็นเวลา 1 ปี พร้อมกับการทำวิจัยในชั้นเรียนตามข้อกำหนดของหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต ดังนั้นในการวิจัยนี้เป็นโอกาสในการพัฒนาคุณภาพการเตรียมครูวิทยาศาสตร์เพื่อบ่มเพาะความรู้ในการสอนเนื้อหาจำเพาะที่ผนวกด้วยเทคโนโลยี

กิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยออกแบบโมดูลกิจกรรมการเรียนรู้โดยการสืบเสาะที่สะท้อนลักษณะสำคัญของธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยการศึกษาที่แบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ (1) ดำเนินการวิจัยหนึ่งภาคการศึกษากับนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาการจัดการความรู้วิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา ซึ่งรวมถึงความรู้วิทยาศาสตร์ในสาขาวิชาฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา (2) ใช้โมดูลการเรียนรู้การสอนเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีของธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ (NOSI) ที่มีการพัฒนาและออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยฝังเครื่องมือดิจิทัลเทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ เซนเซอร์วัดค่าทาง

วิทยาศาสตร์แบบเคลื่อนที่ แอปพลิเคชันสำรวจแหล่งน้ำ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ผ่านแนวทางการทำงานร่วมกันอย่างสร้างสรรค์ (Max *et al.*, 2020; Max, Lukas and Weitzel, 2021) เนื่องจากการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลที่เพิ่มขึ้นในการศึกษาร่วมสมัยจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักศึกษาวิชาชีพครูที่กำลังเรียนรู้ในหลักสูตรเตรียมครูเพื่อให้ได้มาซึ่งความเข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและทักษะการสอน (Pondee, Panjaburee and Srisawasdi, 2021; Srisawasdi, Pondee and Bunterm, 2018) นอกจากนี้ นักการศึกษาและนักวิชาการได้เน้นย้ำถึงความจำเป็นที่ครูมืออาชีพจะต้องเชี่ยวชาญในการผสมผสานทักษะด้านเทคโนโลยี การสอน และเนื้อหาตามกรอบแนวคิด TPACK (Chaipidech *et al.*, 2022; Chaipidech and Srisawasdi, 2021; Pondee, Panjaburee and Srisawasdi, 2021; Srisawasdi, Pondee and Bunterm, 2018; Srisawasdi, 2014) โมเดลนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเสริมสร้างความรู้ TPACK ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์โดยใช้แนวทางการพัฒนา TPACK ที่มุ่งเน้นกรณีศึกษาโดย Pondee, Panjaburee and Srisawasdi (2021) ในเนื้อหาที่มีโครงสร้างทั่วไปไปจนถึงมีความจำเพาะที่เริ่มต้นด้วยแนวคิดที่ง่ายไปยากแล้วนำไปสู่งานที่มีรายละเอียดและซับซ้อนมากขึ้น (Reigeluth and Stein, 1983) นอกจากนี้การบูรณาการโมเดลการเรียนรู้ตามกรณีศึกษา Srisawasdi (2012) กับแบบจำลอง SPA (Showing the case, Practice in the team, and Application of the case) (Pondee, Panjaburee and Srisawasdi, 2021) เป็นกลวิธีการสอนที่เป็นระบบและมุ่งเน้นกรณีศึกษาซึ่งช่วยพัฒนา TPACK ให้กับนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยีที่เน้นการพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ หรืออาจเรียกว่า “ความรู้ในการสอนความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้เทคโนโลยี”

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้

ตารางที่ 1 นำเสนอตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างเสริมความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยี สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่สะท้อนลักษณะสำคัญในธรรมชาติของกระบวนการวิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านประสบการณ์เรียนรู้จากกรณีศึกษาแบบ 3 ขั้นตอน ได้แก่ นำเสนอกรณีตัวอย่าง (Showing the Case) ปฏิบัติงานร่วมกันเป็นทีม (Practicing in Team) และ การคิดออกแบบการดำเนินงานโดยการประยุกต์จากกรณีศึกษา (Application of the Case) (Pondee, Panjaburee and Srisawasdi, 2021)

ตารางที่ 1 รายละเอียดกิจกรรมการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะในบริบทการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

กิจกรรมการเรียนรู้หลัก		
ขั้นตอนที่ 1: การนำเสนอกรณีตัวอย่าง (Showing the case) — ระยะเวลา 200 นาที	ผู้สอนนำเสนอกรณีศึกษาเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพน้ำในชุมชนท้องถิ่นนำไปสู่การอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการวัดคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ จากนั้นสาธิตการใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์จากเครื่อง Labquest2 ในการวัดคุณภาพน้ำ เช่น กรดเบส อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ และแสดงวิธีการใช้แอปพลิเคชัน AppSheet บนสมาร์ตโฟนเพื่อเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล จากนั้นให้นักศึกษาดำเนินการสำรวจคุณภาพแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัย (แสดงดังภาพประกอบ) เพื่อเรียนรู้กระบวนการธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะจนถึงอธิบายความสำคัญของการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และการได้มาของข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายและสรุปผล	 
ขั้นตอนที่ 2: ปฏิบัติงานร่วมกันเป็นทีม (Practicing in the team) — ระยะเวลา 200 นาที	ผู้สอนทำการฝึกนักศึกษาในการเตรียมความรู้ของการสอนจากขั้นตอนที่ 1 ที่มีการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ความรู้ในการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีดิจิทัล อุปกรณ์เซนเซอร์จากเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิทัล Labquest2 และแอปพลิเคชัน AppSheet และความรู้ในกลวิธีการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งนักศึกษาเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 5-6 คน แต่ละกลุ่มฝึกฝนการใช้งานและทำภารกิจที่ได้รับมอบหมายเพื่อแสดงถึงความสามารถในการเรียนรู้ในกิจกรรมของแต่ละขั้นตอน (แสดงดังภาพประกอบ)	 
ขั้นตอนที่ 3: การคิดออกแบบการดำเนินงานโดยการประยุกต์จากกรณีศึกษา — ระยะ (Application of	ผู้สอนทำการฝึกนักศึกษาให้มีการนำความรู้ที่ได้รับจากขั้นตอนที่ 1 และ 2 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการใช้ความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ความรู้ในการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีดิจิทัล อุปกรณ์เซนเซอร์ และแอปพลิเคชัน และความรู้ในกลวิธีการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยนักศึกษานำเสนอและอธิบายการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการสอนนักเรียนระดับประถมศึกษาเพื่อให้เกิดธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะได้อย่างไร แล้วจึงให้มีการ	

กิจกรรมการเรียนรู้หลัก		
the case) เวลา 200 นาที	แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและข้อเสนอแนะระหว่างกลุ่มนักศึกษา (แสดงดังภาพประกอบ) จากนั้นผู้สอนให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับ TPACK ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยในแผนงานแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนและหลัง โดยมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเป็นไปตามแบบแผนการวิจัยดังต่อไปนี้

- 1) ผู้วิจัยแจ้งวัตถุประสงค์ของการวิจัยต่อนักศึกษากลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยและแจ้งขอความยินยอมจากนักศึกษากลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัย พร้อมทั้งชี้แจงถึงการเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้ว่าจะไม่มีผลกระทบต่อผลการเรียนในรายวิชาที่ผู้วิจัยทำการสอน และผู้วิจัยจะไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนตัว รวมถึงผลคะแนนที่ระบุถึงตัวตนของผู้เข้าร่วม งานวิจัย
- 2) ผู้วิจัยทดสอบ TPACK ก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะได้รับประสบการณ์เรียนรู้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักศึกษาวิชาชีวศรวิทยาศาสตร์ด้วยโมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะกับนักศึกษากลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยใช้แบบวัด TPACK เป็นระยะเวลา 50 นาที
- 3) ผู้วิจัยทดลองจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ จำนวน 12 คาบ เป็นเวลา 600 นาที ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ ต่อเนื่องกัน
- 4) ผู้วิจัยทดสอบ TPACK หลังกิจกรรมที่ได้รับโมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะกับนักศึกษากลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยใช้แบบวัดต่างกับที่ใช้ในการทดสอบก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ แต่ใช้ระยะเวลาในการทดสอบเท่ากัน

เครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลของแบบวัด TPACK ก่อนและหลังที่นักศึกษาวิชาชีวศรวิทยาศาสตร์ผ่านประสบการณ์เรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ โดยแบบวัด TPACK มีสถานการณ์คำถามก่อนและหลังดำเนินกิจกรรมที่แตกต่างกัน รวมทั้งสิ้นจำนวน 2 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ โดยในองค์ประกอบที่ 1 มีระดับคะแนนสูงสุดที่ 4 คะแนน องค์ประกอบที่ 2 มีระดับคะแนนสูงสุดที่ 3 คะแนน และองค์ประกอบที่ 3 มีระดับคะแนนสูงสุดที่ 2 คะแนน ตามระดับความสมบูรณ์ของแต่ละองค์ประกอบ ดังนั้นจึงคิดเป็นคะแนนเต็มของแบบวัดมีค่าเท่ากับ 9 คะแนน นักศึกษาวิชาชีวศรวิทยาศาสตร์มีเวลาในการดำเนินการทดสอบเป็นระยะเวลา 60 นาที โดยเครื่องมือวิจัยได้รับการตรวจสอบคุณภาพโดยการวัดความสอดคล้องภายในและความน่าเชื่อถือของการประเมิน (Inter-rater Reliability: IRR) โดยใช้ผู้ประเมินคะแนนอิสระ 3 คน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ประกอบด้วยการทดสอบประสิทธิภาพจากประสบการณ์เรียนรู้ 3 ขั้นตอน ได้แก่ นำเสนอกรณีตัวอย่าง (Showing the Case) ปฏิบัติงานร่วมกันเป็นทีม (Practicing in Team) และ การคิดออกแบบการดำเนินงานโดยการประยุกต์จากกรณีศึกษา (Application of the Case) (Pondee, Panjaburee and Srisawasdi, 2021) ในแต่ละขั้นตอนมีการกำหนดโดยใช้กรอบแนวคิด TPACK ที่เน้นย้ำความรู้ทักษะทางด้านเทคโนโลยี วิธีการสอน และเนื้อหาจำเพาะ สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัด TPACK ต้องสะท้อนองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ การจำ การประยุกต์ใช้ และความเข้าใจ โดยองค์ประกอบแรกสะท้อนถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีที่นำมาใช้ องค์ประกอบที่สองสะท้อนการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ความรู้ในการเรียนการสอน และองค์ประกอบที่สามสะท้อนความเข้าใจโดยอภิปรายข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีที่นำมาใช้ และเป็นการพิจารณาแบ่งคะแนนย่อยตามองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบโดยมีคะแนนเต็มเป็น 4 คะแนน 3 คะแนน และ 2 คะแนน ตามลำดับ ดังนั้นแล้ว คะแนนรวมของทุกองค์ประกอบของแบบทดสอบอันนี้ดังกล่าวจึงเท่ากับ 9 คะแนน ดังนำเสนอรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2 นี้

ตารางที่ 2 รายละเอียดกิจกรรมการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะในบริบทการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ระดับ คะแนน	สถานการณ์ประกอบประเด็นถาม				
	สถานการณ์ที่กำหนดให้: ครูต้องการสอนเพื่อให้นักเรียนได้ ทักษะ ในการปฏิบัติงานตามวิธีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อ เก็บรวบรวมข้อมูลดิบ ในประเด็น “ปัญหาฝุ่น PM 2.5” ผ่านการสำรวจตรวจสอบสภาวะการณ์ของอากาศโดยใช้ เซ็นเซอร์ตรวจวัด				
	ประเด็นคำถาม ด้านความจำ		ประเด็นคำถาม ด้านการประยุกต์ใช้	ประเด็นคำถาม ด้านความเข้าใจ	
	ประเด็นคำถามย่อย: เซ็นเซอร์ตรวจวัดมี ลักษณะเป็นอย่างไร	ประเด็นคำถามย่อย: ครูคนนั้นสามารถใช้ ได้อย่างไรบ้างใน กระบวนการ สภาวะการณ์ของ อากาศของนักเรียน	ประเด็นคำถามย่อย: ให้เสนอแนะแนว ปฏิบัติงานการสอน โดยใช้ เซ็นเซอร์ ตรวจวัด ดังกล่าวว่า “ควรจะถูกใช้ใน ขั้นตอนใดและใช้ อย่างไรในขั้นตอน ดังกล่าว” เพื่อให้ ครูคนนั้นบรรลุ วัตถุประสงค์การ ปฏิบัติงานเพื่อมุ่งสร้าง ทักษะปฏิบัติของ นักเรียน	ประเด็นคำถามย่อย: ข้อดีของการ ประยุกต์ใช้ เซ็นเซอร์ตรวจวัด เพื่อการปฏิบัติงาน การสอนเป็นอย่างไร บ้าง	ประเด็นคำถามย่อย: ข้อดีของการ ประยุกต์ใช้ เซ็นเซอร์ตรวจวัด เพื่อการปฏิบัติงาน การสอนเป็นอย่างไร บ้าง
0	ไม่ตอบหรือตอบไม่ ตรงประเด็นถาม	ไม่ตอบหรือตอบไม่ ตรงประเด็นถาม	ไม่ตอบหรือตอบไม่ ตรงประเด็นถาม	ไม่ตอบหรือตอบไม่ ตรงประเด็นถาม	ไม่ตอบหรือตอบไม่ ตรงประเด็นถาม
1	บรรยายความว่าเป็น เครื่องมือตรวจวัดค่า ทางวิทยาศาสตร์แบบ ดิจิทัล แบบเวลาจริง หรือ อุปกรณ์ที่มีการ ประมวลผลแบบ อัตโนมัติ อย่างใด อย่างหนึ่ง	บรรยายความว่า ใช้ ในขั้นตอนเพื่อการ สำรวจตรวจสอบ (ที่ ไม่ใช่การนำเข้าสู่ บทเรียน ไม่ใช่การ สรุปเนื้อหาบทเรียน)	ระบุบางส่วน (ขั้นตอน หรือเป็นกระบวนการ อย่างใดอย่างหนึ่ง) แต่ ไม่เป็นวิธีการสืบเสาะ หรือไม่สอดคล้องต่อ การมุ่งเป้าสร้าง ผลลัพธ์การเกิดทักษะ การปฏิบัติที่เป็นการ สำรวจตรวจสอบ	ระบุได้ประเด็นใด ประเด็นหนึ่ง (เช่น มี การประมวลผลแบบ อัตโนมัติ การ แสดงผลแบบดิจิทัล แบบเวลาจริง มีส่วน ร่วมในการเรียนรู้เชิง รุก เป็นต้น)	ระบุได้ ประเด็นใด ประเด็นหนึ่ง (เช่น มี ราคาสูง มีความรู้ใน การใช้งาน เป็นต้น)
2	บรรยายความว่าเป็น เครื่องมือตรวจวัดค่า ทางวิทยาศาสตร์แบบ ดิจิทัล แบบเวลาจริง และ อุปกรณ์ที่มีการ ประมวลผลแบบ อัตโนมัติ ครบทั้งสอง ลักษณะ	บรรยายความว่า ใช้ ในขั้นตอนเพื่อการ สำรวจตรวจสอบ โดยควบคู่กับเทคนิค การจัดการเรียนรู้ (เช่น การกำหนด คำถามสืบเสาะ การ แบ่งกลุ่มสืบเสาะ เป็นต้น)	ระบุขั้นตอนที่นำไปใช้ ในการสอนสืบเสาะ และ วิธีการใช้เพื่อให้ ได้สืบเสาะ แต่ไม่ สอดคล้องต่อการมุ่ง เป้าสร้างผลลัพธ์การ เกิดทักษะการปฏิบัติที่ เป็นการสำรวจ ตรวจสอบ	ไม่มีการวัดส่วนนี้	ไม่มีการวัดส่วนนี้
3	ไม่มีการวัดส่วนนี้	ไม่มีการวัดส่วนนี้	ระบุขั้นตอนที่นำไปใช้ ในการสอนสืบเสาะ และวิธีการใช้เพื่อให้ได้	ไม่มีการวัดส่วนนี้	ไม่มีการวัดส่วนนี้

ระดับ คะแนน	สถานการณ์ประกอบประเด็นถาม				
			สืบเสาะ และ สอดคล้องต่อการมุ่ง เป้าสร้างผลลัพธ์การ เกิดทักษะการปฏิบัติที่ เป็นการสำรวจ ตรวจสอบ		

นอกจากนั้น ผู้วิจัยนำคำตอบที่มีต่อแบบทดสอบอัตนัยของนักศึกษาวิชาชีพครูให้ผู้ประเมินคะแนนอิสระ (Independent raters) จำนวน 3 คน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและการสอนวิทยาศาสตร์ให้กับนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ เพื่อการประเมินคะแนนสำหรับองค์ประกอบ 3 ด้านดังกล่าวเพื่อเป็นการวัดความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายในโดยใช้วิธีการตรวจสอบความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน ได้แก่ การจำ การประยุกต์ใช้ และความเข้าใจ ข้อมูลถูกวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และวิเคราะห์สถิติเชิงอ้างอิงแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Non-parametric) ในสถิติแบบ Wilcoxon signed-rank test ได้แก่ คะแนนมาตรฐาน (Z) ค่านัยสำคัญทางสถิติ (p) และค่าขนาดอิทธิพล (r) โดยใช้โปรแกรม IBM-SPSS statistic เวอร์ชัน 28

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตอบคำถามวิจัยดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นว่า นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่องานวิชาชีพผ่านโมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะจะมีความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยีที่ดีขึ้นได้หรือไม่ และจากผลการวิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้จากแบบวัด TPACK ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์จำนวน 50 คน โดยมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังผ่านประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะที่ใช้สถิติวิจัย Nonparametric Test ด้วย Wilcoxon signed-rank test ดังแสดงในตารางที่ 3 เปรียบเทียบ TPACK ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

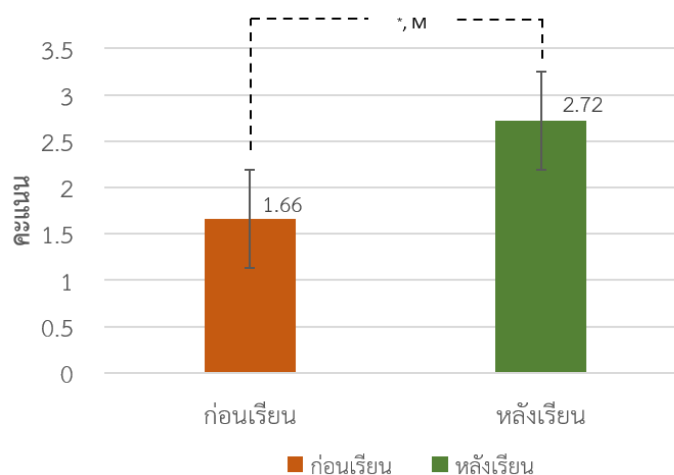
ตารางที่ 3 คะแนน TPACK ก่อนและหลังที่ได้รับที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่องานวิชาชีพผ่านโมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ

การทดสอบ	จำนวน ผู้ร่วมวิจัย	M	SD	Z	p	r
ก่อนเรียน	50	1.66	1.154	-3.908	.001*	0.552
หลังเรียน	50	2.72	1.629			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p < .05)

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการใช้โมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะมีผลต่อการพัฒนา TPACK ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก่อนการเรียนรู้ด้วยโมดูลนี้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ย TPACK อยู่ที่ 1.66 (SD = 1.154) จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน หลังการเรียนรู้ด้วยโมดูล คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 2.72 (SD = 1.629) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Z = -3.908, p < .001, r = 0.552) ดังนั้นผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าการใช้โมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะที่มีการบูรณาการเทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนาTPACK ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในด้านความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การนำความรู้ด้านเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการสอน และความเข้าใจในการวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของการใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแสดงผลที่ได้ดังภาพที่ 5 ของค่าเฉลี่ยของ TPACK ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่องานวิชาชีพผ่านโมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนของคะแนนเฉลี่ย TPACK หลังจากนักศึกษาได้รับการเรียนรู้ผ่านโมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ โดยค่าเฉลี่ยก่อนเรียนอยู่ที่ 1.66 คะแนน และเพิ่มขึ้นเป็น 2.72 คะแนนหลังเรียน ซึ่งแสดงถึงการพัฒนามีความสำคัญในความสามารถด้าน TPACK ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์



หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$), M หมายถึง ค่าขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง

ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของ TPACK ก่อนและหลังได้รับโมดูลการเรียนรู้ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

การอภิปรายผล

การพัฒนาโมดูลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ (NOSI) ที่ผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลมีผลช่วยเพิ่มพูนความรู้และทักษะในการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในด้าน TPACK ซึ่งผลการทดสอบพบว่า นักศึกษามีคะแนน TPACK เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากได้รับการเรียนรู้ผ่านโมดูลดังกล่าว โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 1.66 เป็น 2.72 คะแนน แสดงถึงความสำคัญของการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับแนวคิดของ Pondee, Panjaburee and Srisawasdi (2021) และ Srisawasdi (2012) ที่มุ่งเน้นการพัฒนา TPACK ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ผ่านการใช้โมดูลการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับเนื้อหาและวิธีการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยใช้แนวทางการออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นกรณีศึกษาและการฝึกปฏิบัติร่วมกัน นอกจากนี้ยังสะท้อนความสำคัญของการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ครูสามารถนำความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในด้านความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากการนำความรู้ด้านเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Chaipidech *et al.*, 2022; Chaipidech and Srisawasdi, 2021; Pondee, Panjaburee and Srisawasdi, 2021; Srisawasdi, Pondee and Bunterm, 2018; Srisawasdi, 2014)

นอกจากนี้ผลการวิจัยสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ Padmavathi (2013) และ Keengwe, Onchwari and Wachira (2008) ที่ชี้ให้เห็นความสำคัญของการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อยกระดับกระบวนการเรียนรู้และพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ และการสร้างสรรค์ (Khine, Ali and Afari, 2017; Bell, Maeng and Binns, 2013; Rodriguez, 2015) ทั้งนี้ Linn, Clark and Slotta (2003) ยังระบุไว้ว่า สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีความยืดหยุ่นและรวมเทคโนโลยีที่สามารถตอบสนองความต้องการของครูที่หลากหลายช่วยส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ ดังเช่นการใช้แอปพลิเคชันและอุปกรณ์เซนเซอร์ในการสำรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นแนวทางการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ที่สามารถส่งเสริมสมรรถนะการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการสอนและเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ (Barak, 2014; Barak, 2017; Bell, Maeng and Binns, 2013; Lederman and Lederman, 2015) ซึ่งสอดคล้องกับการเน้นย้ำของสมาคมเทคโนโลยีนานาชาติในการศึกษา (ISTE) (2002) ที่ระบุว่าโปรแกรมการเตรียมครูจำเป็นต้องมอบเครื่องมือที่จำเป็นในการสอนให้ครูสามารถใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้จึงมีความสำคัญต่อการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรการผลิตครูวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับความต้องการของระบบการศึกษายุคใหม่

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มุ่งพัฒนาความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยี (TPACK) ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ โดยใช้โมเดลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 จำนวน 50 คน กิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน: การนำเสนอกรณีศึกษา การปฏิบัติเป็นกลุ่ม และการประยุกต์ใช้ความรู้ โดยบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้เซนเซอร์และแอปพลิเคชันในการสำรวจคุณภาพน้ำ ผลการวิจัยพบว่าหลังจากใช้โมเดลการเรียนรู้วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีคะแนน TPACK เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) จากค่าเฉลี่ย 1.66 เป็น 2.72 คะแนน แสดงให้เห็นว่าโมเดลนี้มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถทาง TPACK ในด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีในการประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผลการวิจัยสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนา TPACK ผ่านการใช้กรณีศึกษา การฝึกปฏิบัติและสะท้อนความสำคัญของการบูรณาการเทคโนโลยีในการพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เพื่อเตรียมความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองความต้องการในศตวรรษที่ 21

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการพัฒนาความสามารถด้าน TPACK ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ผ่านโมเดลการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ส่งผลให้คะแนน TPACK ของนักศึกษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดลการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความรู้และทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การขยายขอบเขตของการศึกษาให้ครอบคลุมกลุ่มตัวอย่างที่มีความหลากหลายมากขึ้นทั้งในระดับชั้นปีและความเชี่ยวชาญของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ รวมถึงการศึกษากการใช้ระยะเวลาที่มากขึ้นในการฝึกฝนและพัฒนาความสามารถทาง TPACK ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในการใช้โมเดลการเรียนรู้ในบริบทที่แตกต่างกันเพื่อประเมินประสิทธิภาพของโมเดลในการจัดการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างและหลากหลาย และงานวิจัยในอนาคตควรมีการพัฒนาเครื่องมือและแนวทางการสอนที่สามารถปรับปรุงและยกระดับความสามารถทาง TPACK ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการพัฒนาทักษะการสอนที่บูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การพัฒนาหลักสูตรและโปรแกรมการเตรียมครูวิทยาศาสตร์ควรให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในการใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดในการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างนักเรียนให้สามารถปรับตัวและใช้ทักษะเทคโนโลยีดิจิทัลในโลกยุคสมัยใหม่ที่เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน ดังนั้นการปรับปรุงการฝึกอบรมให้ครอบคลุมและเน้นการฝึกปฏิบัติอย่างต่อเนื่องจะช่วยสร้างครูวิทยาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญและพร้อมที่จะพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้เรียนรู้ที่มีความสามารถและมีทักษะแห่งอนาคต

จริยธรรมการวิจัย

ผู้วิจัยได้ผ่านการอบรมด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์จากศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ HE663359 โดยดำเนินการวิจัยตามหลักจริยธรรมอย่างเคร่งครัด โดยได้รับความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักการที่เคารพในสิทธิของบุคคล ผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการเก็บข้อมูล การสังเกตการณ์ และการถ่ายภาพ โดยจะไม่ให้ชื่อจริงของชื่อผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บรักษาเป็นความลับและนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น โดยจะไม่มีการระบุชื่อหรือข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อป้องกันความเสียหายหรือผลกระทบใด ๆ ต่อผู้เข้าร่วมวิจัย หลังจากสิ้นสุดการวิจัย ข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำลายเพื่อป้องกันการนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

References

- Angeli, C. and 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.
- Angeli, C., Valanides, N. and Christodoulou, A. (2016). Theoretical considerations of technological pedagogical content knowledge. In *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (pp. 11-32). Routledge.
- Barak, M. (2014). Closing the gap between attitudes and perceptions about ICT-enhanced learning among pre-service STEM teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 23, 1-14.

- Barak, M. (2017). Science teacher education in the twenty-first century: A pedagogical framework for technology-integrated social constructivism. **Research in Science Education**, 47, 283-303.
- Bell, R. L., Maeng, J. L. and Binns, I. C. (2013). Learning in context: Technology integration in a teacher preparation program informed by situated learning theory. **Journal of Research in Science Teaching**, 50(3), 348-379.
- Bond, M., Marín, V. I., Dolch, C., Bedenlier, S. and Zawacki-Richter, O. (2021). Emergency remote teaching in higher education: Mapping the first global online semester. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, 18(1), 1-24.
- Chaipidech, P. and Srisawasdi, N. (2021). Implementation of andragogical teacher professional development training program for boosting TPACK in STEM education: An essential role of personalized ubiquitous learning system. **Educational Technology & Society**, 24(4), 220-239.
- Chaipidech, P., Srisawasdi, N., Kajornmanee, T. and Chapah, K. (2022). A personalized learning system-supported professional training model for teachers' TPACK development. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, 3, 100064.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. and Scott, P. (1996). **Young people's images of science**. McGraw-Hill Education (UK).
- Gaigher, E., Lederman, N. and Lederman, J. (2014). Knowledge about Inquiry: A study in South African high schools. **International Journal of Science Education**, 36(18), 3125-3147.
- Gallagher, J. J. (1989). Research on secondary school science teachers' practices, knowledge and beliefs: A basis for restructuring. In **Looking into windows: Qualitative research in science education** (pp. 43-57).
- Harris, J., Mishra, P. and Koehler, M. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. **Journal of Research on Technology in Education**, 41(4), 393-416.
- Hammer, D., Russ, R., Mikeska, J. and Scherr, R. (2008). Identifying inquiry and conceptualizing students' abilities. In R. Duschl and R. Grandy (Eds.), **Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation** (pp. 138-156). Sense Publishers.
- Hodson, D. (2008). **Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions, and values**. Brill Sense.
- International Society for Technology in Education (ISTE). (2002). National Education Technology Standards for teachers. Retrieved September 4, 2024, from ISTE: <http://www.iste.org>.
- Keengwe, J., Onchwari, G. and Wachira, P. (2008). Computer technology integration and student learning: Barriers and promise. **Journal of Science Education and Technology**, 17, 560-565.
- Khine, M. S., Ali, N. and Afari, E. (2017). Exploring relationships among TPACK constructs and ICT achievement among trainee teachers. **Education and Information Technologies**, 22, 1605-1621.
- Koehler, M. J. and Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. **Journal of Educational Computing Research**, 32(2), 131-152.
- Koehler, M. J. and Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, 9(1), 60-70.
- Lai, J. W. and Bower, M. (2019). How is the use of technology in education evaluated? A systematic review. **Computers & Education**, 133, 27-42.
- Lederman, J. S. (2009). Teaching scientific inquiry: Exploration, directed, guided, and opened-ended levels. **National Geographic Science: Best Practices and Research Base**, 8, 20.
- Lederman, N. G. (2013). Nature of science: Past, present, and future. In **Handbook of research on science education** (pp. 831-879). Routledge.

- Lederman, N. G. and Abell, S. K. (Eds.). (2014). **Handbook of research on science education** (Vol. 2, pp. 600-620). Routledge.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartels, S., Jimenez, J., Akubo, M., Aly, S., Bao, C., Blanquet, E., Blonder, R., Bologna Soares de Andrade, M., Buntting, C., Cakir, M., EL-Deghaidy, H., ElZorkani, A., Gaigher, E., Guo, S., Hakanen, A., Hamed Al-Lal, S., Han-Tosunoglu, C., Hattingh, A., Hume, A., Irez, S., Kay, G., Kivilcan Dogan, O., Kremer, K., Kuo, P. C., Lavonen, J., Lin, S. F., Liu, C., Liu, E., Liu, S. Y., Lv, B., Mamlok-Naaman, R., McDonald, C., Neumann, I., Pan, Y., Picholle, E., Rivero García, A., Rundgren, C. J., Santibáñez-Gómez, D., Saunders, K., Schwartz, R., Voitle, F., von Gyllenpalm, J., Wei, F., Wishart, J., Wu, Z., Xiao, H., Yalaki, Y. and Zhou, Q. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. **Journal of Research in Science Teaching**, 56(4), 486–515.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A. and Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. **Journal of Research in Science Teaching**, 51(1), 65-83.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. and Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, 39(6), 497-521.
- Lederman, N. G. and Lederman, J. S. (2015). The status of preservice science teacher education: A global perspective. **Journal of Science Teacher Education**, 26(1), 1-6.
- Lederman, N. G., Lederman, J. S. and Antink, A. (2014). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, 2(3), 138-147.
- Linn, M. C., Clark, D. and Slotta, J. D. (2003). WISE design for knowledge integration. **Science Education**, 87(4), 517-538.
- Max, A. L., Lukas, S. and Weitzel, H. (2021). How to successfully organize a media project in a pedagogical makerspace for student teachers. In **Proceedings of 15th International Technology, Education and Development Conference** (pp. 6511–6517). IATED.
- Max, A. L., Schmoll, I., Uhl, P., Huwer, J., Lukas, S., Mueller, W. and Weitzel, H. (2020). Integration of a teaching-learning lab and a pedagogical makerspace into a module for media education for STEAM teacher students. In **Proceedings of 14th International Technology, Education and Development Conference** (pp. 2050–2059). Valencia: Spain.
- Marx, R., Blumenfeld, P., Krajcik, J., Blunk, M., Crawford, B., Kelly, B. and Meyer, K. (1994). Enacting project-based science: Experiences of four middle grade teachers. **The Elementary School Journal**, 94, 517–538.
- Mishra, P. and Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. **Teachers College Record**, 108(6), 1017-1054.
- National Research Council. (2000). **Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning**. Washington, DC: National Academies Press.
- 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.
- Padmavathi, M. (2013). A survey of secondary school teachers' perceptions, competency and use of computers. **International Journal of Education and Psychological Research (IJEPR)**, 2(4), 7-16.
- Pondee, P., Panjaburee, P. and Srisawasdi, N. (2021). Preservice science teachers' emerging pedagogy of mobile game integration: A tale of two cohorts improvement study. **Research and Practice in Technology Enhanced Learning**, 16(1), 16.

- Reigeluth, C. M. and Stein, R. (1983). Elaboration theory. In C. M. Reigeluth (Ed.), **Instructional-design theories and models: An overview of their current status** (pp. 335-381). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Rodriguez, A. J. (2015). What about a dimension of engagement, equity, and diversity practices? A critique of the next generation science standards. **Journal of Research in Science Teaching**, 52(7), 1031-1051.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J. and Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. **Journal of Research on Technology in Education**, 42(2), 123-149.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. and Crawford, B. A. (2008). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. **Science Education**, 88(4), 610-645.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, 15(2), 4-14.
- Srisawasdi, N. (2012). Fostering preservice STEM teachers' technological pedagogical content knowledge: A lesson learned from case-based learning approach. **Journal of Korea Association for Science Education**, 32, 1356-1366.
- Srisawasdi, N. (2014). Developing technological pedagogical and content knowledge in using computerized science laboratory environment: An arrangement for science teacher education. **Research and Practice in Technology Enhanced Learning**, 9(1), 123-143.
- Srisawasdi, N., Pondee, P. and Bunterm, T. (2018). Preparing pre-service teachers to integrate mobile technology into science laboratory learning: An evaluation of technology-integrated pedagogy module. **International Journal of Mobile Learning and Organization**, 12(1), 1-17.
- Tondeur, J., Scherer, R., Siddiq, F. and Baran, E. (2017). A comprehensive investigation of TPACK within pre-service teachers' ICT profiles: Mind the gap! **Australasian Journal of Educational Technology**, 33(3), 46-60.
- Willden, J. L., Crowther, D. T., Gubanich, A. A. and Cannon, J. R. (2002). A quantitative comparison of instruction format of undergraduate introductory level content biology courses: Traditional lecture approach vs. inquiry-based for education majors. In **Proceedings of the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science**. Charlotte: NC.