Journal of Intellect Education (IEJ), Volume 5, No.5
(September – October 2026) ISSN: 2822-0218 (Online)

Integrating Generative AI and Digital Platforms in Hybrid Learning: A POE-Based Instructional Case Study for Pre-Service Science Teachers

Sutha Luelamai[1*]

[1] *Faculty of Science and Technology, Muban Chombueng Rajabhat University, Thailand*
[*] *Corresponding author. E-mail: suthalue@mcru.ac.th*

Abstract

This article presents the AI–Tech Integrated Instructional Pipeline, a five-phase model integrating Generative AI and digital platforms into hybrid science instruction. A practice-based case study involving ten pre-service science teachers (40% online, 60% on-site) was conducted over a 120-minute POE-based activity using a candle-and-inverted-glass experiment. Data from Padlet posts and reflections were analyzed thematically. Students' reflections suggest that experiential engagement deepened their understanding of hybrid learning as a matter of instructional design. Students also perceived that the shared digital platform reduced participatory inequity between online and on-site learners, although infrastructure instability remains a challenge. Practical implications for instructors and teacher development programs are discussed.

Keywords: Generative AI, Hybrid Learning, POE Instructional Approach, Pre-Service Science Teachers

Received: 2026-03-02; Revised: 2026-07-01; Accepted: 2026-07-01 **ISSN: 2822-0218 (Online)**

การบูรณาการ Generative AI และแพลตฟอร์มดิจิทัลในการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริด: กรณีศึกษาการจัดกิจกรรม POE สำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

สุธา เหลือลมัย[1*]

[1] *คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง*

[*] *Corresponding author. E-mail: suthalue@mcru.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ซึ่งเป็นโมเดลการออกแบบการสอน 5 ระยะที่บูรณาการ Generative AI และแพลตฟอร์มดิจิทัลเข้ากับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบไฮบริด กรณีศึกษาเชิงปฏิบัติได้ดำเนินการกับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์จำนวน 10 คน (ออนไลน์ 40% และออนไซต์ 60%) ผ่านกิจกรรม POE ระยะเวลา 120 นาที โดยใช้การทดลองเทียนไขกับแก้วคว่ำเป็นบริบทการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงประเด็นจากโพสต์และการสะท้อนคิดใน Padlet ผลการสะท้อนคิดของผู้เรียนชี้ให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมผ่านประสบการณ์ตรงช่วยให้เข้าใจการเรียนรู้แบบไฮบริดในฐานะการออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้ลึกซึ้งขึ้น และผู้เรียนรับรู้ว่าการใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลช่วยลดความเหลื่อมล้ำในการมีส่วนร่วมระหว่างผู้เรียนออนไลน์และออนไซต์ แม้ว่าความไม่เสถียรของโครงสร้างพื้นฐานยังคงเป็นข้อท้าทาย บทความอภิปรายข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติสำหรับผู้สอนและการพัฒนาวิชาชีพครู

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์, การเรียนรู้แบบไฮบริด, วิธีการสอนแบบ POE, นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ก่อนประจำการ

บทนำ

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัลในศตวรรษที่ 21 ได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบของการศึกษาอย่างลึกซึ้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายหลังการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เร่งให้สถาบันการศึกษาต้องปรับตัวสู่รูปแบบการเรียนการสอนออนไลน์ การเรียนรู้แบบผสมผสาน และการเรียนรู้แบบไฮบริดอย่างรวดเร็ว (Bond et al., 2021; Imran et al., 2023; Koh & Daniel, 2022) ในบริบทนี้ ครูยุคดิจิทัลไม่เพียงต้องเชี่ยวชาญเนื้อหาวิชาและวิธีสอนแบบเดิม แต่ต้องสามารถออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ที่ผสานระหว่างสภาพแวดล้อมออนไลน์และออนไซต์อย่างไร้รอยต่อ พร้อมทั้งบูรณาการเทคโนโลยีอย่างมีเหตุผลและมีจุดมุ่งหมายทางการสอน (Mishra & Koehler, 2006)

การเติบโตอย่างรวดเร็วของ Generative AI ตั้งแต่ปี 2022 เป็นต้นมา ได้เพิ่มมิติใหม่ที่มีความสำคัญต่อวงการการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นการสร้างเนื้อหา การออกแบบคำถามหรือแบบทดสอบ การสรุปเนื้อหา การให้ข้อมูลป้อนกลับ และการสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ที่ปรับตามผู้เรียน (Chiu, 2024; Kasneci et al., 2023;

Ogunleye et al., 2024) สำหรับนักศึกษาครูในฐานะผู้เรียนที่จะกลายเป็นผู้สอนในอนาคต การได้สัมผัสกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ AI และแพลตฟอร์มดิจิทัลจากประสบการณ์ตรงจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะพวกเขาจะได้เรียนรู้ทั้งในฐานะผู้เรียนและสังเกตการณ์กระบวนการออกแบบการสอนไปพร้อมกัน

ในเชิงปัญหาที่เกิดขึ้น การจัดการเรียนรู้แบบไฮบริดยังเผชิญข้อท้าทายในระดับปฏิบัติหลายประการ โดยเฉพาะความไม่เท่าเทียมของประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนออนไลน์และออนไซต์ ความเสถียรของโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล ตลอดจนข้อจำกัดในการออกแบบกิจกรรมที่ต้องอาศัยการมีส่วนร่วม การสังเกต และการปฏิสัมพันธ์สูง เช่น กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติ งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนออนไลน์ในประเทศไทยช่วงโควิด-19 ยังสะท้อนว่า การเปลี่ยนผ่านสู่ระบบออนไลน์มีข้อจำกัดหลายด้านที่ส่งผลต่อประสบการณ์และความพึงพอใจของผู้เรียน (Kornpitack & Sawmong, 2022)

ในเชิงช่องว่างทางวิชาการ แม้การศึกษาที่ผ่านมาจะให้ความสนใจกับการใช้ AI ในการศึกษา (Holmes et al., 2019) การพัฒนาการเรียนรู้แบบออนไลน์ (Means et al., 2013) และการประยุกต์ใช้ Generative AI เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนเพิ่มมากขึ้น (Crompton & Burke, 2024; Zhang et al., 2024) แต่งานส่วนใหญ่ยังมักศึกษาประเด็นเหล่านี้แบบแยกส่วน หรือมุ่งอภิปรายศักยภาพ ความเสี่ยง และแนวทางเชิงนโยบายมากกว่าการนำเสนอกรอบการออกแบบการสอนที่บูรณาการ Generative AI เข้ากับแพลตฟอร์มดิจิทัลในฐานะผู้ช่วยในกระบวนการคิด ออกแบบ และดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้แบบไฮบริดอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในบริบทของการเตรียมนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ก่อนประจำการ

ช่องว่างดังกล่าวนำสู่คำถามสำคัญว่า จะออกแบบวงจรการสอนที่บูรณาการ Generative AI และแพลตฟอร์มดิจิทัลเข้ากับการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริดได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิผลได้อย่างไร โดยเฉพาะในกิจกรรมที่เน้นกระบวนการสืบเสาะสำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ บทความนี้จึงนำเสนอ AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ในฐานะโมเดลการออกแบบการสอนที่เชื่อมโยง Generative AI แพลตฟอร์มดิจิทัล และกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบไฮบริดเข้าด้วยกัน

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อนำเสนอ AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ในฐานะโมเดลการออกแบบการสอน 5 ระยะที่บูรณาการ Generative AI และแพลตฟอร์มดิจิทัลเข้ากับการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริดอย่างเป็นระบบ
2. เพื่อนำเสนอกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติจากการจัดกิจกรรม POE สำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พร้อมการวิเคราะห์ผลลัพธ์และบทเรียนที่ได้
3. เพื่อให้ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติสำหรับผู้สอน ผู้บริหาร และผู้รับผิดชอบการพัฒนาวิชาชีพครู ในการออกแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดที่เป็นธรรมและมีคุณภาพ

หลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โมเดล AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ที่นำเสนอในบทความนี้ตั้งอยู่บนฐานคิดเชิงบูรณาการระหว่างการออกแบบการเรียนรู้ เทคโนโลยีดิจิทัล และจิตวิทยาการเรียนรู้ โดยทฤษฎีที่นำมาใช้ไม่ได้มี

สถานะเท่ากันทั้งหมด หากแต่ทำหน้าที่สนับสนุนโมเดลในระดับที่แตกต่างกัน กล่าวคือ กรอบ TPACK และการออกแบบการสอนเชิงระบบทำหน้าที่เป็นฐานคิดระดับมหภาคสำหรับการออกแบบบทเรียน ส่วน Constructivism, Social Constructivism และ POE ทำหน้าที่เป็นฐานคิดระดับกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และ Self-Determination Theory ทำหน้าที่เป็นฐานคิดด้านแรงจูงใจและความเท่าเทียมในการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในสภาพแวดล้อมแบบไฮบริด มีกรอบแนวคิดที่รองรับการออกแบบ ดังนี้

การออกแบบการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล

การจัดการเรียนรู้ในบริบทไฮบริดจำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจเชิงบูรณาการระหว่างเนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับกรอบแนวคิด TPACK (Mishra & Koehler, 2006) ที่ชี้ว่า การสอนที่มีประสิทธิผลเกิดจากการผสานองค์ความรู้ทั้งสามด้านอย่างสมดุล มิใช่การเพิ่มเทคโนโลยีเข้าไปในกระบวนการสอนโดยปราศจากจุดมุ่งหมายทางการเรียนรู้

ขณะเดียวกัน หลักการออกแบบการสอนเชิงระบบ (Dick et al., 2015) ช่วยกำหนดลำดับการออกแบบอย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่การวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้ การออกแบบกิจกรรม การเลือกสื่อและเครื่องมือ จนถึงการประเมินและปรับปรุงผลการจัดการเรียนรู้ ดังนั้น ในโมเดลที่นำเสนอ Generative AI จึงไม่ได้ถูกใช้แทนการตัดสินใจของครู แต่ถูกจัดวางเป็น “ผู้ช่วยทางปัญญา” ที่สนับสนุนการคิด การร่างทางเลือก และการตรวจสอบความสอดคล้องของแผนการสอน โดยครูยังคงเป็นผู้กำกับและรับผิดชอบการตัดสินใจเชิงวิชาชีพในทุกขั้นตอน

การสร้างองค์ความรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะ

รากฐานสำคัญของกิจกรรมในบทความนี้ตั้งอยู่บนแนวคิด Constructivism (Piaget, 1952) และ Social Constructivism (Vygotsky, 1978) ซึ่งมองว่าผู้เรียนสร้างความรู้ผ่านการกระทำ การเผชิญความขัดแย้งทางปัญญา และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ความเข้าใจเชิงแนวคิดจึงไม่ได้เกิดจากการรับข้อมูลโดยตรง แต่เกิดจากกระบวนการตีความ เปรียบเทียบ และปรับโครงสร้างความคิดเดิมของผู้เรียน

วิธีการสอนแบบ Predict–Observe–Explain หรือ POE ของ White และ Gunstone (1992) ทำหน้าที่เป็นกลไกเชิงปฏิบัติที่ถ่ายทอดหลักการ Constructivism สู่กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคาดเดา สังเกต และอธิบายปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล ในโมเดลนี้ POE จึงไม่ได้เป็นเพียงเทคนิคการสอนเฉพาะกิจ แต่เป็นโครงสร้างการเรียนรู้ที่เชื่อมระหว่างการออกแบบคำถาม การใช้สื่อดิจิทัล การสร้างปฏิสัมพันธ์ และการสะท้อนคิดของผู้เรียนทั้งออนไลน์และออนไซต์

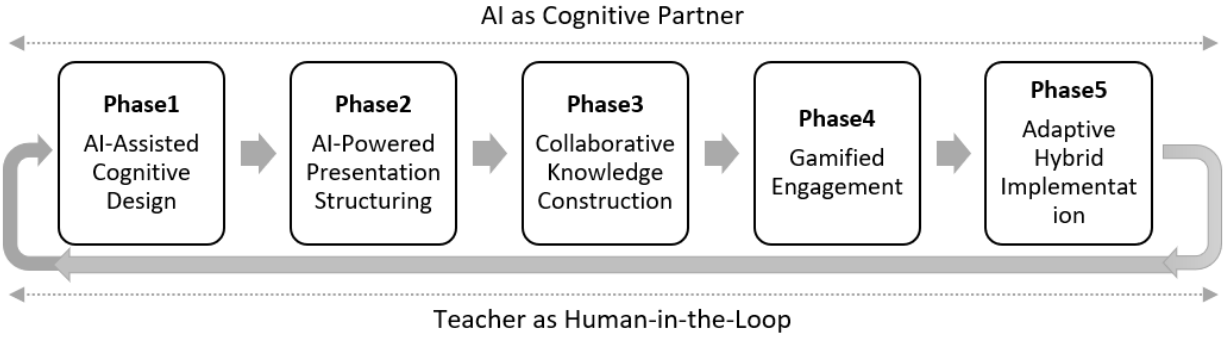
แรงจูงใจและความเท่าเทียมในการมีส่วนร่วม

การออกแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดที่มีคุณภาพต้องคำนึงถึงแรงจูงใจ ความรู้สึกปลอดภัย และโอกาสในการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ซึ่ง Self-Determination Theory (Deci & Ryan, 1985) อธิบายว่าแรงจูงใจภายในเกิดจากความต้องการพื้นฐาน 3 ประการ ได้แก่ ความสามารถในตนเอง ความเป็นอิสระ และความสัมพันธ์ทางสังคม

ในบทความนี้ SDT ถูกใช้เป็นกรอบในการพิจารณาว่าเครื่องมือดิจิทัลและกิจกรรมที่ออกแบบขึ้นสามารถลดข้อจำกัดของผู้เรียนออนไลน์ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกวิธีแสดงความคิด และสร้างพื้นที่ทางสังคมที่

ปลอดภัยได้หรือไม่ การใช้แพลตฟอร์ม collaborative อย่าง Padlet จึงไม่ได้มีบทบาทเป็นเพียงเครื่องมือรับคำตอบ แต่เป็นพื้นที่กลางที่ช่วยสนับสนุนความเท่าเทียมในการมีส่วนร่วมระหว่างผู้เรียนออนไลน์และออนไซต์

จากกรอบแนวคิดข้างต้น โมเดล AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ไม่ได้เกิดจากการนำหลายทฤษฎีมาวางรวมกันอย่างหลวม ๆ แต่เป็นการจัดวางทฤษฎีให้ทำหน้าที่เฉพาะในแต่ละระดับของการออกแบบ กล่าวคือ TPACK และการออกแบบการสอนเชิงระบบช่วยกำหนดโครงสร้างของโมเดล Constructivism และ POE ช่วยกำหนดกลไกการเรียนรู้ภายในกิจกรรม ส่วน SDT ช่วยกำกับให้การใช้เทคโนโลยีคำนึงถึงแรงจูงใจ ความปลอดภัย และความเท่าเทียมของผู้เรียน ทั้งสามมิติจึงหลอมรวมกันเป็นฐานคิดของการใช้ Generative AI และแพลตฟอร์มดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการออกแบบการเรียนรู้ ไม่ใช่เพื่อแทนที่บทบาทของครู โมเดล AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ประกอบด้วย 5 ระยะที่ดำเนินการในลักษณะวงจรต่อเนื่องและปรับปรุงได้ (iterative cycle) โดยมี AI เป็นผู้ช่วยในกระบวนการคิด และมีครูเป็นผู้ตัดสินใจในทุกขั้นตอน ดังกรอบแนวคิดการศึกษาที่แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการ 5 ระยะของการออกแบบการเรียนรู้โดยบูรณาการ AI และเทคโนโลยีดิจิทัล พร้อมวงจรสะท้อนคิดและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (AI–Tech Integrated Instructional Pipeline)

วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) ในรูปแบบกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติ (practice-based case study) ตามแนวทางของ Yin (2018) ซึ่งเหมาะสมกับการศึกษาปรากฏการณ์ร่วมสมัยที่มีความซับซ้อนในบริบทจริงและมีขอบเขตชัดเจน (bounded system) โดยกรณีศึกษานี้มีขอบเขตคือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict–Observe–Explain (POE) ภายใต้โมเดล AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบไฮบริด ระยะเวลา 120 นาที โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อบรรยายและทำความเข้าใจกระบวนการ ผลลัพธ์ และบทเรียนที่เกิดขึ้นจริงจากการนำโมเดลไปปฏิบัติ มากกว่าการทดสอบสมมติฐานเชิงสถิติ

ผู้ให้ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้คือนักศึกษาครูสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 จำนวน 10 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในภาคเรียนที่จัดกิจกรรม โดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) ในลักษณะเลือกทั้งประชากร (total population sampling) กล่าวคือ นักศึกษาทุกคนที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาดังกล่าวได้รับเชิญเข้าร่วมกิจกรรมและเป็นผู้ให้ข้อมูลทั้งหมด แบ่งเป็นผู้เรียนที่เข้าชั้นเรียนในสถานที่ (on-site) จำนวน 6 คน และผู้เรียนที่เข้าร่วมผ่านโปรแกรมประชุมทางไกล (online)

จำนวน 4 คน คิดเป็นสัดส่วนออนไซต์ร้อยละ 60 และออนไลน์ร้อยละ 40 การเลือกผู้ให้ข้อมูลในลักษณะนี้สอดคล้องกับธรรมชาติของกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติที่มุ่งทำความเข้าใจปรากฏการณ์ในบริบทเฉพาะ มากกว่าการสรุปอ้างอิงเชิงสถิติไปยังประชากรกลุ่มใหญ่

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) แผนกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE เรื่อง การทดลองเทียนไขกับแก้วคว่ำ ซึ่งพัฒนาขึ้นตามหลักการ Predict–Observe–Explain ของ White และ Gunstone (1992) โดยมี Generative AI ช่วยร่างและขัดเกลาคำถามในแต่ละขั้นตอนภายใต้การตรวจสอบของผู้สอน (2) แพลตฟอร์มดิจิทัล Padlet ซึ่งทำหน้าที่เป็นพื้นที่กลางให้ผู้เรียนทั้งออนไลน์และออนไซต์บันทึกการคาดเดา การสังเกต คำอธิบาย และการสะท้อนคิดระหว่างกิจกรรม และ (3) แบบบันทึกการสะท้อนคิดหลังกิจกรรม (post-activity reflection) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนสะท้อนมุมมองที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ทั้งในประเด็นความเข้าใจเนื้อหา ความเท่าเทียมในการมีส่วนร่วม และกระบวนการคิดที่เกิดขึ้น

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการใน 2 ช่วง คือ ข้อมูลระหว่างกิจกรรม (in-activity data) ได้แก่ ข้อความ ภาพ และคำอธิบายที่ผู้เรียนโพสต์ลงใน Padlet ตลอดขั้นตอน Predict, Observe และ Explain ร่วมกับบันทึกภาคสนาม (field notes) ของผู้สอนที่บันทึกปฏิสัมพันธ์ ปัญหาเชิงเทคนิค และเหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นระหว่างกิจกรรมตามโครงสร้างเวลาที่ปรากฏในภาพที่ 3 และข้อมูลหลังกิจกรรม (post-activity data) ได้แก่ ข้อมูลการสะท้อนคิดที่ผู้เรียนทั้ง 10 คนเขียนลงใน Padlet ภายหลังเสร็จสิ้นกิจกรรมทันที เพื่อให้ข้อมูลสะท้อนความรู้สึกและความเข้าใจที่เพิ่งเกิดขึ้น การใช้ข้อมูลหลายแหล่งเพื่อช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของกรณีศึกษาเชิงคุณภาพ

ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้ถูกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เชิงประเด็น (thematic analysis) ตามแนวทาง 6 ขั้นตอนของ Braun และ Clarke (2006) ได้แก่ การทำความคุ้นเคยกับข้อมูล การสร้างรหัสเบื้องต้น การค้นหาประเด็น การทบทวนประเด็น การนิยามและตั้งชื่อประเด็น และการเขียนรายงานผล โดยผู้วิจัยอ่านข้อมูลจาก Padlet และบันทึกการสะท้อนคิดซ้ำหลายรอบเพื่อสร้างรหัสเปิด (open coding) ก่อนจัดกลุ่มรหัสที่มีความหมายใกล้เคียงกันเป็นประเด็นย่อยและประเด็นหลัก กระบวนการนี้นำไปสู่ประเด็นสำคัญ 3 ประการที่นำเสนอในส่วนผลการศึกษา ได้แก่ การปรับกรอบความเข้าใจเกี่ยวกับ Hybrid Learning การรับรู้ถึงความเท่าเทียมในการมีส่วนร่วม และการกระตุ้นการคิดผ่านโครงสร้าง POE

เพื่อเสริมสร้างความน่าเชื่อถือของผลการศึกษาตามเกณฑ์ของ Lincoln และ Guba (1985) ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้ ด้านความเชื่อถือได้ (credibility) ใช้การตรวจสอบข้อมูลระหว่างกิจกรรมและข้อมูลหลังกิจกรรมร่วมกับการอ้างอิงคำพูดของผู้เรียนโดยตรงประกอบการตีความ ด้านการยืนยันได้ (confirmability) ผู้วิจัยบันทึกและเก็บรักษาข้อมูลดิบจาก Padlet ไว้เป็นหลักฐานตลอดกระบวนการวิเคราะห์ ด้านความสามารถถ่ายโอนได้ (transferability) ผู้วิจัยบรรยายบริบทของกรณีศึกษาอย่างละเอียด ทั้งด้านผู้เรียน กิจกรรม และข้อจำกัดด้านโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อให้ผู้อ่านสามารถพิจารณาความเหมาะสมในการนำผลไปปรับใช้กับบริบทอื่นได้ด้วยตนเอง และด้านความคงเส้นคงวา (dependability) ผู้วิจัยบันทึกขั้นตอนการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลไว้อย่างเป็นระบบเพื่อให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้

การศึกษาครั้งนี้เก็บข้อมูลจากกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามปกติของรายวิชา ซึ่งมีความเสี่ยงต่อผู้ให้ข้อมูลในระดับต่ำ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักจริยธรรมการวิจัย โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการศึกษา รวมถึงการนำข้อมูลไปเผยแพร่ในบทความทางวิชาการ และแจ้งขอความยินยอมจากนักศึกษาครูทุกคนก่อนเริ่มกิจกรรม การเข้าร่วมเป็นไปด้วยความสมัครใจ กิจกรรมนี้ไม่มีการให้คะแนนและไม่มีผลต่อการตัดสินผลการเรียนของรายวิชา นักศึกษาสามารถเลือกโพสต์ข้อความใน Padlet ด้วยชื่อจริงหรือนามแฝงได้ตามความสบายใจ เพื่อลดแรงกดดันทางสังคมในการแสดงความคิดเห็น ข้อมูลที่เก็บรวบรวมถูกนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการและการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเท่านั้น และผลการศึกษาที่นำเสนอ รวมถึงภาพประกอบ ได้ปกปิดข้อมูลที่อาจระบุตัวตนของผู้เรียนเป็นรายบุคคล

โดยการเชื่อมโยงระหว่างกรอบแนวคิดกับโมเดลอย่างเป็นระบบ แต่ละระยะของ AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ถูกออกแบบให้สะท้อนฐานคิดทางทฤษฎีที่แตกต่างกัน ไม่ได้เป็นเพียงลำดับของการใช้เครื่องมือดิจิทัล แต่เป็นกระบวนการออกแบบการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงระหว่างเป้าหมายการเรียนรู้ วิธีสอน เทคโนโลยี ปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียน และการตัดสินใจเชิงวิชาชีพของครู ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความเชื่อมโยงระหว่างฐานคิดทางทฤษฎีกับระยะของ AI–Tech Integrated Instructional Pipeline

ระยะของโมเดล	ฐานคิดที่เกี่ยวข้อง	บทบาทในโมเดล
Phase 1: AI-Assisted Cognitive Design	TPACK, Instructional Design, Constructivism	ใช้ AI ช่วยร่างและขัดเกลาแนวทางการออกแบบกิจกรรม โดยครูตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา วิธีสอน เทคโนโลยี และบริบทผู้เรียน
Phase 2: AI-Powered Presentation Structuring	TPACK, Multimedia/Instructional Design	แปลงแผนกิจกรรมเป็นสื่อและลำดับการนำเสนอที่ผู้เรียนออนไลน์และออนไซต์ใช้เป็นจุดอ้างอิงร่วมกัน
Phase 3: Collaborative Knowledge Construction	Social Constructivism, POE	สร้างพื้นที่กลางให้ผู้เรียนคาดเดา สังเกต อธิบาย และแลกเปลี่ยนความคิดร่วมกันผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล
Phase 4: Gamified Engagement	Self-Determination Theory	ส่งเสริมแรงจูงใจ ความรู้สึกมีส่วนร่วม และการตรวจสอบความเข้าใจ โดยลดความเสียเปรียบจากความแตกต่างด้านสถานที่และการเชื่อมต่อ
Phase 5: Adaptive Hybrid Implementation	Human-in-the-loop, Reflective Practice	ครูตัดสินใจ ปรับกิจกรรม และสะท้อนผลการสอนตามสภาพจริง โดยใช้ข้อมูลจากผู้เรียนทั้งออนไลน์และออนไซต์

สรุปผลการศึกษาและอภิปรายผล

สรุปผลการศึกษา

1. การนำเสนอ AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ในฐานะโมเดลการออกแบบการสอน 5 ระยะที่บูรณาการ Generative AI และแพลตฟอร์มดิจิทัลเข้ากับการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริดอย่างเป็นระบบ สรุปได้ว่า จากฐานคิดทางทฤษฎีแต่ละชุดมีบทบาทเฉพาะในโมเดล โดย TPACK และการออกแบบการสอนเชิงระบบช่วยกำกับการออกแบบในระดับโครงสร้าง Constructivism, Social Constructivism และ POE ช่วยอธิบายกระบวนการสร้างความรู้ของผู้เรียน ขณะที่ Self-Determination Theory ช่วยกำกับมิติด้านแรงจูงใจและความเท่าเทียมในการมีส่วนร่วม ดังนั้น โมเดลนี้จึงไม่ได้เป็นเพียงการนำ Generative AI และแพลตฟอร์มดิจิทัลมาใช้ร่วมกัน แต่เป็นการจัดวางเทคโนโลยีให้ทำหน้าที่สนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ตามฐานคิดทางทฤษฎีอย่างมีจุดมุ่งหมาย 5 ระยะ ดังนี้

Phase 1: AI-Assisted Cognitive Design

วัตถุประสงค์เพื่อแปลงเป้าหมายการเรียนรู้ให้เป็นโครงสร้างกิจกรรมที่สอดคล้องกับบริบทผู้เรียนและข้อจำกัดของสภาพแวดล้อมไฮบริด Input คือผลลัพธ์การเรียนรู้ที่คาดหวัง ข้อมูลผู้เรียน และสภาพบริบท Output คือแผนกิจกรรมและคำถาม POE เบื้องต้น ในระยะนี้ ผู้สอนใช้ Generative AI (Claude) เพื่อสร้างและขัดเกลาคำถาม Prediction ที่กระตุ้นความขัดแย้งทางปัญญา ออกแบบลำดับกิจกรรมให้เหมาะกับการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริด และตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการเรียนรู้กับกิจกรรมที่ออกแบบ ประเด็นสำคัญคือ ผู้สอนต้องตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาที่ AI สร้างขึ้นทุกครั้ง โดยเฉพาะในบริบทวิทยาศาสตร์ที่ต้องการความแม่นยำสูง ตัวอย่างที่ชัดเจนของความจำเป็นในการตรวจสอบเนื้อหา เกิดขึ้นในขั้นการร่างคำอธิบายสำหรับขั้น Explain โดย Generative AI อธิบายว่าน้ำในแก้วสูงขึ้น เพราะออกซิเจนถูกใช้ไปในการเผาไหม้ ซึ่งเป็นมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเดียวกับที่กิจกรรมนี้มุ่งแก้ไข เนื่องจากการเผาไหม้ได้คาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำออกมาแทนที่ออกซิเจนที่ถูกใช้ไป ผู้สอนจึงปรับคำอธิบายให้เน้นการขยายตัวและหดตัวของอากาศตามอุณหภูมิ ร่วมกับการควบแน่นของไอน้ำ และใช้กรณีนี้เป็นเครื่องเตือนว่า AI อาจสร้างเนื้อหาที่ทำให้เกิดมโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้ หากผู้สอนไม่ตรวจสอบก่อนนำไปใช้

Phase 2: AI-Powered Presentation Structuring

วัตถุประสงค์เพื่อแปลงแผนกิจกรรมสู่สื่อการสอนที่ใช้งานได้จริงในสภาพแวดล้อมแบบไฮบริด Input คือโครงร่างกิจกรรมและเนื้อหาที่ผ่านการตรวจสอบ Output คือสื่อนำเสนอที่ผสานทั้งองค์ประกอบภาพและคำถามเชิงโต้ตอบ ในระยะนี้ ผู้สอนใช้แพลตฟอร์มนำเสนอที่ขับเคลื่อนด้วย Generative AI (Gamma) เพื่อสร้างสไลด์ที่มีโครงสร้างชัดเจน สามารถดูพร้อมกันได้ทั้งผู้เรียนออนไลน์และออนไซต์ หลักการออกแบบสื่อที่เหมาะสมกับการเรียนรู้แบบไฮบริด คือการใช้ภาพหลักที่ทุกคนมองเห็นพร้อมกัน เพื่อสร้างจุดอ้างอิงร่วม และลดการพึ่งพาเสียงพูดของครูเพียงอย่างเดียว

Phase 3: Collaborative Knowledge Construction

วัตถุประสงค์เพื่อสร้างพื้นที่การเรียนรู้ที่ผู้เรียนออนไลน์และออนไซต์มีส่วนร่วมอย่างเท่าเทียม Input คือคำถาม POE และสื่อการสอนในรูปแบบคลิปวิดีโอ Output คือการแสดงความคิด คำอธิบาย และการ

อภิปรายของผู้เรียน ในระยะนี้ Padlet ทำหน้าที่เป็นพื้นที่กลาง (neutral space) ที่ผู้เรียนทุกคนสามารถโพสต์การคาดเดา บันทึกการสังเกต และเขียนคำอธิบายโดยไม่มีข้อจำกัดด้านสถานที่ ลักษณะสำคัญของระยะนี้คือการออกแบบคำถามที่กระตุ้นให้เกิดการอธิบายเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ไม่ใช่เพียงการตอบถูก-ผิด ทำให้เกิดการพัฒนาทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู

Phase 4: Gamified Engagement

วัตถุประสงค์เพื่อสร้างแรงจูงใจและทบทวนความเข้าใจผ่านกิจกรรมที่มีความสนุกสนาน Input คือเนื้อหาหลักที่ผ่านการสอน Output คือการทบทวนความเข้าใจและข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้สอน การออกแบบกิจกรรม game-based ในสภาพแวดล้อมแบบไฮบริด ต้องคำนึงถึงความหน่วงของระบบ และความเสถียรของการเชื่อมต่อ ดังนั้น การเลือกรูปแบบเกมที่ไม่ต้องพึ่งพาความเร็วในการกดตอบมากเกินไปจะช่วยลดความเสียเปรียบของผู้เรียนออนไลน์ที่อยู่ในพื้นที่ที่สัญญาณอินเทอร์เน็ตอาจไม่เสถียร ในกรณีศึกษานี้ ผู้สอนเลือกใช้ Padlet แทนแพลตฟอร์มเกมที่แข่งขันด้วยความเร็ว เนื่องจากไม่ขึ้นกับเวลาในการตอบ ใช้ทรัพยากรของระบบน้อย และผู้เรียนคุ้นเคยกับการใช้งานจากกิจกรรมช่วงก่อนหน้าแล้ว รูปแบบโจทย์ท้าทายเป็นสถานการณ์ต่อยอดจากการทดลองเทียนไข โดยจัดบอร์ดแบบคอลัมน์ ให้แต่ละคอลัมน์เป็นโจทย์หนึ่งข้อ และใช้ฟังก์ชันลิงก์เฉพาะคอลัมน์ (breakout link) ของ Padlet ส่งโจทย์ให้ผู้เรียนทีละข้อ ผู้เรียนจึงเห็นเฉพาะโจทย์ที่กำลังทำ ช่วยให้มีสมาธิกับข้อนั้นโดยไม่ถูกรบกวนจากโจทย์ข้อถัดไป ผู้เรียนโพสต์คำตอบพร้อมเหตุผล แล้วร่วมกันโหวตคำอธิบายที่มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ดีที่สุด จากนั้นผู้สอนสรุปและส่งลิงก์ของโจทย์ข้อถัดไป รูปแบบนี้ให้ความสำคัญกับคุณภาพของการให้เหตุผลมากกว่าความเร็ว จึงไม่ทำให้ผู้เรียนออนไลน์เสียเปรียบ

Phase 5: Adaptive Hybrid Implementation

วัตถุประสงค์เพื่อนำกิจกรรมทั้งหมดไปใช้จริงในสภาพแวดล้อมแบบไฮบริด พร้อมการปรับตัวแบบเรียลไทม์ Input คือแผนกิจกรรมทั้งหมดและสภาพบริบทจริง Output คือประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดขึ้น บทสะท้อนคิด และข้อมูลสำหรับการปรับปรุงในรอบต่อไป ระยะนี้เป็นจุดที่ความเป็นผู้ตัดสินใจในแต่ละขั้น (human-in-the-loop) ของครูมีความสำคัญสูงสุด เพราะระบบ AI ในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดในการตัดสินใจเชิงการสอนแบบเรียลไทม์ให้เหมาะสมในบริบทที่ซับซ้อนและหลากหลายเช่นนี้ ครูต้องสังเกต ตีความ และปรับกิจกรรมตามสัญญาณจากผู้เรียนทั้งออนไลน์และออนไซต์พร้อมกัน

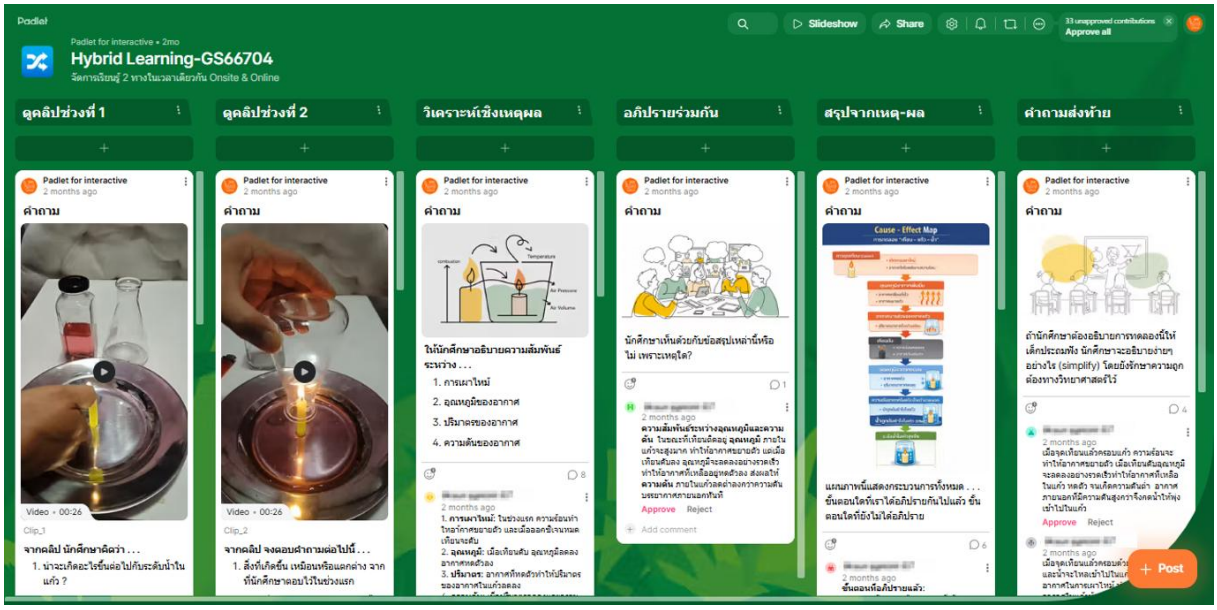
2. การนำเสนอกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติจากการจัดกิจกรรม POE สำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พร้อมการวิเคราะห์ผลลัพธ์และบทเรียนที่ได้ สรุปได้ดังนี้

สรุปผลกรณีศึกษา: การจัดการเรียนรู้แบบไฮบริด

2.1 บริบทของการจัดการเรียนรู้ กรณีศึกษานี้ดำเนินการกับนักศึกษาครูสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 จำนวน 10 คนที่ลงทะเบียนรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเป็นผู้เรียนที่เข้าชั้นเรียนในสถานที่ (on-site) จำนวน 6 คน และผู้เรียนออนไลน์ผ่านโปรแกรมประชุมทางไกล (online) จำนวน 4 คน ระยะเวลาการจัดการเรียนรู้รวม 120 นาที โดยมีวัตถุประสงค์เชิงซ้อน 2 ระดับ คือ (1) ระดับเนื้อหา เป็นการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์จากการทดลองเทียนไข และ (2) ระดับกระบวนการสอน ที่จะได้สัมผัสประสบการณ์การเรียนรู้แบบไฮบริดในฐานะผู้เรียน เพื่อเป็นต้นแบบในการออกแบบการสอนของตนเอง

ในอนาคต ข้อจำกัดเชิงบริบทที่สำคัญได้แก่ การที่ผู้เรียนออนไลน์บางคนใช้งานอุปกรณ์สื่อสารในพื้นที่ที่มีความเสถียรของสัญญาณต่ำ มีผู้เรียน 2 คนเข้าร่วมออนไลน์ช้ากว่ากำหนด 10–15 นาที และปัญหาเสียงสะท้อนในห้องประชุมออนไลน์ที่เกิดขึ้นในช่วงต้นของกิจกรรม ข้อจำกัดเหล่านี้เป็นสภาพแวดล้อมจริงที่ครูในระบบไฮบริดต้องเผชิญ จึงถูกรวมไว้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ในกรณีศึกษานี้ด้วย

2.2 การออกแบบกิจกรรม POE เทียนไขกับระดับน้ำในแก้วคว่ำ การทดลองเทียนไขกับแก้วคว่ำเป็นการทดลองคลาสสิกที่มักสร้างความขัดแย้งทางปัญญา เนื่องจากผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเชื่อเริ่มต้นว่า น้ำขึ้นเพราะออกซิเจนถูกใช้ไปในการเผาไหม้ ในขณะที่กลไกหลักที่แท้จริงเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศและอุณหภูมิ การเลือกหัวข้อนี้จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการสาธิตคุณค่าของ POE ในการเปิดเผยและแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconceptions) คำถามในขั้นตอนคาดเดา (Predict) ที่ใช้ในกิจกรรมคือ เมื่อครอบแก้วบนเทียนที่กำลังเผาไหม้ ระดับน้ำจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร และเพราะเหตุใด ผู้เรียนบันทึกการพยากรณ์พร้อมระบุเหตุผลลงใน Padlet โดยสามารถเลือกโพสต์ด้วยชื่อจริงหรือนามแฝงก็ได้ เพื่อลดแรงกดดันทางสังคมในการแสดงความคิดที่อาจไม่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการ Self-Determination Theory ที่เน้นความรู้สึกปลอดภัยในการเรียนรู้ ในระยะการสังเกต (Observe) ผู้เรียนทุกคนทั้งออนไลน์และออนไซต์ดูวิดีโอการทดลองที่ฉายพร้อมกัน โดยผู้สอนใช้การแชร์หน้าจอและการฉายวิดีโอร่วมกัน เพื่อให้ผู้เรียนทั้งออนไลน์และออนไซต์รับชมวิดีโอเดียวกันพร้อมกัน จากนั้นผู้เรียนบันทึกสิ่งที่สังเกตเห็นลงใน Padlet และเปรียบเทียบกับการคาดเดาของตนเอง ระยะการอธิบาย (Explain) เปิดพื้นที่สำหรับการอภิปรายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนใช้การตั้งคำถามอย่างเป็นระบบเพื่อนำผู้เรียนสู่การอธิบายกลไกที่ถูกต้อง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการที่ความร้อนทำให้อากาศในแก้วขยายตัวและบางส่วนหลุดออกทางใต้ปากแก้วขณะครอบ เมื่อเปลวไฟดับ อากาศที่เหลือเย็นตัวลงและไอน้ำที่เกิดจากการเผาไหม้ควบแน่น ส่งผลให้ความดันอากาศในแก้วต่ำกว่าภายนอก น้ำจึงถูกดันขึ้นด้วยความดันบรรยากาศ การอภิปรายดำเนินการผ่านการโพสต์ลงใน Padlet พร้อมกัน ดังแสดงในภาพที่ 2 ทำให้มีพื้นที่สำหรับผู้เรียนทุกคนเท่าเทียมกัน



ภาพที่ 2 การใช้ Padlet เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างผู้เรียนออนไลน์และออนไซต์เพื่อให้เกิดความเท่าเทียม

2.3 โครงสร้างเวลาและเครื่องมือที่ใช้ การจัดสรรเวลา 120 นาทีออกแบบดังนี้: ในช่วง 0–15 นาที เป็นการแนะนำวิธีการเรียนรู้แบบไฮบริดและชี้แจงบทบาทผู้เรียนในทั้งสองรูปแบบ ช่วง 15–30 นาที เป็นช่วงการคาดเดาผ่าน Padlet โดยผู้เรียนต้องคาดเดาและให้เหตุผลประกอบ ช่วง 30–45 นาที เป็นช่วงการสังเกตโดยรับชมวิดีโอการทดลองและบันทึกการสังเกต ช่วง 45–75 นาที เป็นช่วงการอธิบายกลไกและอภิปรายกลุ่ม ช่วง 75–100 นาที เป็นช่วงเกมถามตอบเชิงเหตุผลผ่าน Padlet เพื่อทบทวนความเข้าใจและเชื่อมโยงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่กว้างขึ้น และช่วง 100–120 นาที เป็นช่วง Reflection โดยผู้เรียนสะท้อนคิดทั้งเรื่องเนื้อหาและประสบการณ์การเรียนรู้แบบไฮบริดลงใน Padlet กิจกรรมแต่ละช่วง แสดงดังภาพที่ 3

เวลา	0–15 นาที	15–30 นาที	30–45 นาที	45–75 นาที	75–100 นาที	100–120 นาที
	บทนำ Hybrid Learning	Prediction (พยากรณ์)	Observation (สังเกต)	Explanation (อธิบาย)	Q&A (ถามตอบ)	Reflection (สะท้อนคิด)
เครื่องมือ	AI Presentation + แนะนำ Hybrid	Padlet (โพสต์พยากรณ์)	Video Demo (Screen Share)	Padlet + Discussion (อภิปรายกลุ่ม)	Game-based Review (Padlet)	Padlet (สะท้อนคิด)
รูปแบบ	Synchronous	Asynchronous	Synchronous	Synchronous + Asynchronous	Synchronous	Asynchronous
Online	พัง + สังเกต	โพสต์ Padlet	ดูวิดีโอ	โพสต์ + ตอบ	ร่วมเล่นเกม	สะท้อนคิด Padlet
On-site	พัง + ซักถาม	โพสต์ Padlet	ดูวิดีโอ	อภิปรายกลุ่ม	ร่วมเล่นเกม	สะท้อนคิด Padlet

POE (Predict – Observe – Explain)

ภาพที่ 3 Hybrid Lesson Blueprint แสดงโครงสร้างเวลา กิจกรรม และเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริด ระยะเวลา 120 นาที

2.4 ผู้เรียนเข้าใจการเรียนรู้แบบไฮบริดจากประสบการณ์ตรง ผลลัพธ์ที่โดดเด่นที่สุดจากกรณีศึกษา คือ การที่นักศึกษาครูพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบไฮบริดในเชิงลึก ซึ่งไม่ได้เกิดจากการฟังคำบรรยาย แต่เกิดจากการได้สัมผัสประสบการณ์ตรงในฐานะผู้เรียน การสะท้อนคิดในช่วงท้ายของผู้เรียนออนไลน์บ่งชี้ว่า พวกเขาตระหนักถึงความท้าทายในการมีส่วนร่วม เมื่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่เสถียร และเข้าใจความสำคัญของการมีช่องทางสำรอง ขณะที่ผู้เรียนออนไซต์เริ่มมองเห็นมุมมองของผู้เรียนออนไลน์ที่มักถูกมองข้ามในการออกแบบการสอนแบบไฮบริดทั่วไป ปรากฏการณ์นี้สอดคล้องกับหลักการ experiential learning (Kolb, 1984) ที่ว่าประสบการณ์ตรงเป็นจุดเริ่มต้นของวงจรการเรียนรู้ และกรณีนี้ ยิ่งมีความหมายมากขึ้น เมื่อผู้เรียนคือนักศึกษาครูที่จะต้องออกแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดด้วยตนเองในอนาคต

2.5 ความเท่าเทียมในการใช้สื่อ การใช้ Padlet เป็นแพลตฟอร์มกลางช่วยลดความเหลื่อมล้ำในการมีส่วนร่วมระหว่างผู้เรียนออนไลน์และออนไซต์ เนื่องจากผู้เรียนทั้งสองประเภทสามารถโพสต์ความคิดเห็น อ่านความเห็นของเพื่อน และตอบสนองได้พร้อมกัน ซึ่งแตกต่างจากการอภิปรายปากเปล่าที่ผู้เรียนออนไซต์มักได้เปรียบกว่า นอกจากนี้ ผู้เรียนออนไลน์ที่เข้าร่วมช้ากว่ากำหนด ก็สามารถอ่านบริบทการเรียนก่อนหน้านั้นจาก Padlet ทำให้สามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้อย่างราบรื่น จุดนี้แสดงคุณค่าของช่องทาง asynchronous ในสภาพแวดล้อมแบบไฮบริดได้อย่างชัดเจน

2.6 การเปลี่ยนบทบาทครูสู่ผู้ออกแบบระบบ กรณีศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบไฮบริดที่มีคุณภาพต้องการให้ครูเปลี่ยนบทบาทจากผู้บรรยาย (lecturer) ที่ยืนอยู่หน้าชั้นเรียน ไปสู่ ผู้ออกแบบระบบ (system designer) ที่ออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ล่วงหน้า เตรียมเครื่องมือและแนวทางสำรอง และตัดสินใจปรับเปลี่ยนกิจกรรมแบบเรียลไทม์ตามสัญญาณจากผู้เรียน บทบาทใหม่นี้ต้องการทักษะที่แตกต่างออกไป โดยเฉพาะทักษะการออกแบบระบบ การจัดการเทคโนโลยี และการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน

2.7 ปัญหาอินเทอร์เน็ตและแนวทางแก้ไข ปัญหาสัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่เสถียรของผู้เรียนออนไลน์ได้รับการแก้ไขโดยผู้สอนเตรียมสไลด์ PDF สำหรับดาวน์โหลดล่วงหน้าเพื่อให้ผู้เรียนสามารถอ่านเนื้อหาโดยไม่ต้องสตรีม การใช้ Padlet ที่มีข้อมูลขนาดเล็กและแสดงผลเร็วแทนการพิมพ์ใน chat และวิดีโอการทดลองถูกจัดวางให้ดูบนจอกลางในห้องและส่ง link แก่ผู้เรียนออนไลน์เพื่อให้สามารถดูที่ความละเอียดต่ำลงได้ บทเรียนสำคัญคือ การมีแผนสำรองเสมอสำหรับทุกกิจกรรมที่พึ่งพาการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

2.8 การสะท้อนจากการนำรูปแบบไปใช้จริง เพื่อสะท้อนประสบการณ์จากการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการปัญญาประดิษฐ์ (AI) แพลตฟอร์มดิจิทัล และโครงสร้างกิจกรรมแบบ Predict–Observe–Explain (POE) ไปใช้ในบริบท Hybrid Learning ผู้สอนได้เก็บข้อมูลการสะท้อนคิดจากนักศึกษาครูจำนวน 10 คน ภายหลังเสร็จสิ้นกิจกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสะท้อนมุมมองของผู้เรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ทดลองใช้ในสภาพจริง

จากการวิเคราะห์เชิงประเด็น พบประเด็นสำคัญ 3 ประการ ดังนี้

2.8.1 การปรับกรอบความเข้าใจเกี่ยวกับ Hybrid Learning นักศึกษา 4 จาก 10 คนสะท้อนว่าความเข้าใจเกี่ยวกับ Hybrid Learning เปลี่ยนจากการมองในเชิงเครื่องมือ ไปสู่การมองในเชิงการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น นักศึกษาทางฝั่งออนไซต์คนหนึ่งระบุว่า “เดิมหนูเข้าใจว่า ถ้าเปิด ZOOM ไว้ด้วย ก็เป็น Hybrid learning แล้ว” ภายหลังจากเข้าร่วมกิจกรรม นักศึกษา 7 จาก 10 คนสะท้อนว่าตนเข้าใจความแตกต่างระหว่าง Hybrid Learning และ Blended Learning ชัดเจนขึ้น และตระหนักถึงบทบาทของการออกแบบกิจกรรมมากกว่าการใช้เครื่องมือเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ นักศึกษาส่วนใหญ่กล่าวถึงคุณภาพของสื่อดิจิทัล เช่น คลิปวิดีโอและภาพประกอบ ว่าช่วยให้เข้าใจแนวคิดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น สะท้อนให้เห็นว่า สื่อดิจิทัลทำหน้าที่สนับสนุนกระบวนการเรียนรู้เชิงความเข้าใจ มิใช่เพียงองค์ประกอบด้านเทคโนโลยี

2.8.2 การรับรู้ถึงความเท่าเทียมในการมีส่วนร่วม นักศึกษา 5 จาก 10 คนสะท้อนว่า การใช้ Collaborative Platform อย่าง Padlet ช่วยให้เกิดความรู้สึกถึงความเท่าเทียมระหว่างผู้เรียนในห้องเรียนและผู้เรียนออนไลน์ โดยเฉพาะเมื่อผู้สอนกำหนดเงื่อนไขการตอบคำถามในรูปแบบเดียวกัน คำสะท้อนจากผู้เรียนในกลุ่มออนไลน์ว่า “ทำให้เรากับเพื่อนที่เรียนในห้องมีโอกาสไม่ต่างกัน” สะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบกิจกรรมมีส่วนลดความเหลื่อมล้ำเชิงโครงสร้าง อย่างไรก็ตาม นักศึกษาส่วนใหญ่ในกลุ่มออนไซต์สะท้อนถึงความชอบในการสื่อสารด้วยการพูดมากกว่าการพิมพ์ แสดงให้เห็นว่าแม้เครื่องมือดิจิทัลจะช่วยส่งเสริมความเท่าเทียม แต่บริบทและความถนัดส่วนบุคคลยังคงมีอิทธิพลเช่นกัน

2.8.3 การกระตุ้นการคิดผ่านโครงสร้าง POE นักศึกษา 6 จาก 10 คนสะท้อนว่าโครงสร้าง Predict–Observe–Explain ช่วยกระตุ้นให้ตนเองเกิดคำถามกับความเข้าใจเดิม และพัฒนาการให้เหตุผลทาง

วิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น “ช่วยให้ได้คิดว่า ทำไมถึงเข้าใจผิดในตอนแรก” หรือ “ทำให้รู้ว่า ก่อนหน้านี้ เรารู้จริงหรือไม่” สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมดังกล่าวช่วยกระตุ้นกระบวนการคิดเชิงแนวคิดและการทบทวนตนเอง ในขณะเดียวกัน มีนักศึกษาฝั่งออนไซต์ 3 คนเสนอว่า การได้ลงมือปฏิบัติจริง น่าจะช่วยเสริมความเข้าใจได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าในการพัฒนารูปแบบในอนาคต

สรุปเชิงสะท้อนจากการนำไปใช้

จากการสะท้อนคิดของนักศึกษาทั้ง 10 คน รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ AI เข้ากับแพลตฟอร์มดิจิทัล และโครงสร้าง POE มีศักยภาพในการส่งเสริมความเข้าใจ Hybrid Learning ในเชิงการออกแบบ, ลดความเหลื่อมล้ำในการมีส่วนร่วมในบริบท Hybrid, กระตุ้นการคิดเชิงแนวคิดและการทบทวนความเข้าใจเดิม ข้อมูลดังกล่าวทำหน้าที่เป็นหลักฐานเชิงประสบการณ์ (practice-based evidence) ที่สนับสนุนความเป็นไปได้ของรูปแบบที่เสนอ

ปรากฏการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิด Constructivism และ Experiential Learning ที่มองว่าความเข้าใจเชิงแนวคิดเกิดจากการเผชิญประสบการณ์จริงและการทบทวนความเข้าใจเดิมของผู้เรียน การที่นักศึกษาครูสามารถสะท้อนการเปลี่ยนแปลงความคิดของตนเองได้ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้ไม่ได้เกิดจากการรับข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการสร้างความหมายผ่านการมีส่วนร่วมและการสะท้อนคิดอย่างเป็นระบบ

อย่างไรก็ตาม ควรตระหนักว่ากรณีศึกษานี้ดำเนินการในบริบทของนักศึกษาครูจำนวนจำกัด (n = 10) ภายในระยะเวลา 120 นาที ผลสะท้อนที่นำเสนอจึงมีลักษณะเป็นหลักฐานเชิงบริบท (context-bound evidence) มากกว่าข้อสรุปที่สามารถอ้างอิงเชิงสถิติในวงกว้าง ทั้งนี้ จุดมุ่งหมายของบทความคือการนำเสนอแนวทางการออกแบบที่สามารถปรับใช้ได้ตามบริบทของแต่ละสถาบันเท่านั้น ไม่ได้ครอบคลุมถึงการสรุปผลในเชิงทั่วไป

จากบทเรียนของกรณีศึกษา ผู้วิจัยสังเคราะห์เป็นรายการตรวจสอบแบบ Checklist เพื่อใช้สำหรับการออกแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดอย่างมีความเท่าเทียม

☑ ระบุผลลัพธ์การเรียนรู้ให้ชัดเจนก่อนเลือกใช้ AI หรือเครื่องมือดิจิทัล

☑ ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาทั้งหมดที่ AI สร้างขึ้นก่อนนำไปใช้สอน

☑ เลือกแพลตฟอร์มกลางที่ผู้เรียนทั้งออนไลน์และออนไซต์เข้าถึงได้เท่าเทียมกัน

☑ เตรียมช่องทาง asynchronous สำรองสำหรับผู้เรียนที่มีปัญหาการเชื่อมต่อ

☑ ออกแบบคำถามและกิจกรรมที่ประเมินจากการมีส่วนร่วมและกระบวนการคิด ไม่ใช่การพูดหน้าชั้นเท่านั้น

☑ ทดสอบเครื่องมือและการเชื่อมต่อก่อนเริ่มชั้นเรียนอย่างน้อย 15 นาที

☑ วางแผน B สำหรับกิจกรรมที่พึ่งพาอินเทอร์เน็ตทุกกิจกรรม

☑ สะท้อนคิดและบันทึกบทเรียนหลังทุกครั้งที่จัดการเรียนรู้เพื่อปรับปรุงในรอบต่อไป

3. ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติสำหรับผู้สอน ผู้บริหาร และผู้รับผิดชอบการพัฒนาวิชาชีพครู ในการออกแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดที่เป็นธรรมและมีคุณภาพ จากผลการนำโมเดลไปใช้ในกรณีศึกษา ข้อเสนอแนะ

เชิงปฏิบัติสำหรับการออกแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดที่เป็นธรรมและมีคุณภาพ สามารถจำแนกตามกลุ่มผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ ครูผู้สอน ผู้บริหาร และผู้รับผิดชอบการพัฒนาวิชาชีพครู ดังนี้

3.1 สำหรับครูผู้สอนควรเริ่มต้นจากการกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ชัดเจนก่อนเลือกใช้เครื่องมือ AI หรือดิจิทัลใด ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการเลือกเครื่องมือจากความน่าสนใจมากกว่าจากความเหมาะสมกับการเรียนรู้ การบูรณาการ Generative AI ในกระบวนการออกแบบการสอน จะใช้ AI เป็นผู้ช่วยสร้างร่างแรก โดยผู้สอนต้องตรวจสอบ ปรับแต่ง และรับผิดชอบต่อเนื้อหาที่นำไปใช้กับผู้เรียนเสมอ นอกจากนี้ ผู้สอนควรฝึกทักษะการสังเกตและตอบสนองต่อผู้เรียนทั้งออนไลน์และออนไซต์พร้อมกัน ซึ่งต้องการการฝึกฝนและพัฒนาทักษะการจัดการห้องเรียนในรูปแบบใหม่

3.2 สำหรับผู้บริหารในระดับสถาบัน การออกแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดที่เป็นธรรมและมีคุณภาพไม่อาจเกิดขึ้นจากความสามารถของผู้สอนเพียงฝ่ายเดียว แต่ต้องอาศัยการสนับสนุนด้านโครงสร้างพื้นฐาน นโยบาย และวัฒนธรรมองค์กรจากผู้บริหาร ดังนั้น ผู้บริหารสถาบันการศึกษาควรลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุนการเรียนรู้แบบไฮบริด โดยเฉพาะระบบอินเทอร์เน็ตที่เสถียรในห้องเรียน และการจัดหาอุปกรณ์สำรองสำหรับผู้เรียนที่ขาดแคลน นอกจากนี้ควรสร้างวัฒนธรรมองค์กรที่สนับสนุนการทดลองและเรียนรู้จากความผิดพลาด (growth mindset culture) เพื่อให้ผู้สอนกล้าออกแบบการสอนในรูปแบบใหม่โดยไม่กังวลกับการถูกประเมินในระยะสั้น การกำหนดนโยบายการใช้ AI ในการเรียนการสอนที่ชัดเจนและสมดุลระหว่างการเปิดโอกาสและการกำกับดูแลทางจริยธรรมก็ถือเป็นเรื่องที่สำคัญ

3.3 สำหรับผู้รับผิดชอบการพัฒนาวิชาชีพครู หลักสูตรการพัฒนาวิชาชีพครูควรออกแบบให้ครูประจำการและนักศึกษาครูก่อนประจำการได้มีโอกาสสัมผัสประสบการณ์การเรียนรู้แบบไฮบริดในฐานะผู้เรียนก่อน เพื่อสร้างความเข้าใจเชิงประสบการณ์ที่ไม่สามารถได้รับจากการอ่านหรือฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว การฝึกอบรมควรครอบคลุมทั้งทักษะทางเทคนิค (การใช้เครื่องมือ) ทักษะการออกแบบ (Instructional Design สำหรับไฮบริด) และทักษะการสะท้อนคิด (Reflective practice) เพื่อให้ครูสามารถปรับตัวต่อเทคโนโลยีใหม่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างต่อเนื่อง

อภิปรายผล

จากผลการศึกษามีประเด็นสำคัญที่ควรนำมาอภิปรายผล ดังนี้

1. Generative AI ในฐานะผู้ช่วยออกแบบที่มีขอบเขตจำกัด ผลจากกรณีศึกษานี้สะท้อนว่า Generative AI สามารถทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยในกระบวนการออกแบบการสอนได้ โดยเฉพาะในระยะต้นของ AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ที่ผู้สอนต้องระดมความคิด ออกแบบคำถาม POE จัดลำดับกิจกรรม และเตรียมสื่อการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทไฮบริด ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยร่วมสมัยที่ชี้ว่า Generative AI สามารถสนับสนุนงานของผู้สอน เช่น การสร้างแผนการสอน การออกแบบคำถาม การสร้างสื่อ และการให้ข้อเสนอแนะเบื้องต้นแก่ผู้เรียน (Crompton & Burke, 2024; Kasneci et al., 2023) อย่างไรก็ตาม บทบาทของ Generative AI ในกรณีศึกษานี้ไม่ได้เทียบเท่ากับ “ผู้ออกแบบการสอน” แต่ควรถูกเข้าใจในฐานะผู้ช่วยทางปัญญาที่มีข้อจำกัด ผู้สอนยังคงต้องเป็นผู้กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ตัดสินใจเลือกกิจกรรม และปรับการสอนตามบริบทจริง ความแตกต่างสำคัญระหว่าง

โมเดลที่นำเสนอกับการใช้ AI แบบทั่วไปจึงอยู่ที่การจัดวาง AI ให้อยู่ภายใต้กระบวนการตัดสินใจของครู หรือ human-in-the-loop มากกว่าการมอบหมายให้ AI สร้างบทเรียนโดยอัตโนมัติทั้งหมด นอกจากนี้ แนวทางดังกล่าวยังสอดคล้องกับหลักการของกรอบ TPACK ที่ว่า เทคโนโลยีไม่ควรถูกใช้แยกจากเนื้อหาและวิธีสอน แต่ต้องสัมพันธ์กับเป้าหมายการเรียนรู้และธรรมชาติของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ในกรณีนี้ AI ถูกใช้เพื่อช่วยจัดโครงสร้างกิจกรรมและคำถาม ขณะที่ POE และ Padlet ถูกใช้เพื่อสร้างกระบวนการคิดและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ดังนั้น จุดเน้นของโมเดลจึงไม่ใช่การเพิ่มเครื่องมือใหม่เข้าไปในชั้นเรียน แต่เป็นการจัดระบบความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา วิธีสอน เทคโนโลยี และบริบทผู้เรียนอย่างมีเจตนา

2. การเรียนรู้แบบไฮบริดจากการถ่ายทอดชั้นเรียนสู่การออกแบบประสบการณ์ร่วม ผลการสะท้อนคิดของนักศึกษาครูชี้ให้เห็นว่า การเรียนรู้แบบไฮบริดที่มีคุณภาพไม่สามารถเกิดจากการเปิดห้องเรียนออนไลน์ควบคู่กับชั้นเรียนปกติเท่านั้น แต่ต้องออกแบบให้ผู้เรียนออนไลน์และออนไซต์มีจุดอ้างอิงร่วม มีภารกิจร่วม และมีช่องทางแสดงความคิดที่เข้าถึงได้ใกล้เคียงกัน ประเด็นนี้สอดคล้องกับแนวคิด blended learning ซึ่งเป็นฐานคิดสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริด ที่เน้นการบูรณาการกิจกรรมออนไลน์และออนไซต์อย่างมีเจตนา ไม่ใช่เพียงการถ่ายทอดเนื้อหาผ่านระบบประชุมทางไกล (Garrison & Kanuka, 2004; Graham, 2006) ในขณะเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริดทั่วไปที่มักเน้นการบริหารช่องทางการสื่อสาร โมเดล AI–Tech Integrated Instructional Pipeline พยายามขยับจุดเน้นไปสู่การออกแบบ “ประสบการณ์การเรียนรู้ร่วม” โดยใช้กิจกรรม POE เป็นโครงสร้างกลางในการคิด การสังเกต และการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ การที่ผู้เรียนได้เผชิญความขัดแย้งระหว่างการคาดเดาเดิมกับผลการสังเกตจริง ช่วยให้การเรียนรู้แบบไฮบริดไม่ใช่เพียงประสบการณ์ด้านเทคโนโลยี แต่เป็นประสบการณ์ทางปัญญาและทางสังคมร่วมกัน อย่างไรก็ตาม ผลจากกรณีศึกษานี้ควรตีความอย่างระมัดระวัง เนื่องจากเป็นกิจกรรมระยะสั้นกับผู้เรียนจำนวนจำกัด จึงยังไม่อาจสรุปได้ว่าโมเดลดังกล่าวจะสร้างผลลัพธ์เช่นเดียวกันในทุกบริบท ข้อค้นพบนี้จึงควรถูกมองในฐานะหลักฐานเชิงปฏิบัติที่แสดงความเป็นไปได้ของแนวทาง มากกว่าหลักฐานเชิงสถิติที่ยืนยันประสิทธิผลในวงกว้าง

3. แพลตฟอร์มดิจิทัลกับความเท่าเทียมในการมีส่วนร่วม การใช้ Padlet เป็นพื้นที่กลางช่วยให้ผู้เรียนออนไลน์และออนไซต์สามารถคาดเดา สังเกต อธิบาย และสะท้อนคิดผ่านช่องทางเดียวกันได้ จุดนี้สอดคล้องกับแนวคิด Social Constructivism ที่มองว่าเครื่องมือและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทสำคัญในการสร้างความรู้ ในกรณีนี้ Padlet ไม่ได้เป็นเพียงเครื่องมือรับคำตอบ แต่ทำหน้าที่เป็น mediating tool ที่ทำให้ความคิดของผู้เรียนทุกคนปรากฏร่วมกันในพื้นที่เดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับการอภิปรายปากเปล่าหรือการใช้ช่อง chat ในโปรแกรมประชุมออนไลน์ แพลตฟอร์มลักษณะ collaborative ช่วยลดข้อได้เปรียบของผู้เรียนออนไซต์ที่มักมีโอกาสสื่อสารกับผู้สอนได้ง่ายกว่า อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องมือดิจิทัลไม่ได้ทำให้ความเหลื่อมล้ำหายไปทั้งหมด เพราะยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วม เช่น ความเสถียรของสัญญาณอินเทอร์เน็ต อุปกรณ์ของผู้เรียน ความถนัดในการพิมพ์ และความมั่นใจในการแสดงความคิดผ่านข้อความ ดังนั้น ความเท่าเทียมในการเรียนรู้แบบไฮบริดจึงไม่ควรถูกมองว่าเกิดจากการเลือกใช้เครื่องมือใดเครื่องมือหนึ่ง แต่เกิดจากการออกแบบระบบสนับสนุนหลายระดับร่วมกัน นอกจากนี้ กรณีศึกษานี้ยังสะท้อนว่าความเท่า

เทียมในการเรียนรู้แบบไฮบริดไม่ได้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลเพียงอย่างเดียว แต่สัมพันธ์กับความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานด้วย โดยเฉพาะคุณภาพของสัญญาณอินเทอร์เน็ต อุปกรณ์ที่ผู้เรียนใช้ และสภาพแวดล้อมในการเข้าร่วมกิจกรรมของผู้เรียนออนไลน์ ดังนั้น แม้ Padlet และช่องทาง asynchronous จะช่วยลดอุปสรรคบางประการในการมีส่วนร่วมได้ แต่ก็ไม่อาจทดแทนความจำเป็นของการออกแบบระบบสนับสนุนที่คำนึงถึงผู้เรียนที่มีทรัพยากรจำกัดที่สุด หลัก equity by design จึงควรถูกนำมาใช้ในการวางแผนกิจกรรมไฮบริด โดยเริ่มจากการออกแบบทางเลือกสำรองสำหรับผู้เรียนที่มีข้อจำกัดด้านการเชื่อมต่อ ไม่ใช่ออกแบบจากสมมติฐานว่าผู้เรียนทุกคนมีทรัพยากรดิจิทัลเท่ากัน

4. ความเสี่ยงของ Generative AI ต่อความถูกต้อง ความลำเอียง และคุณภาพการเรียนรู้ แม้ Generative AI จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบการสอน แต่การนำมาใช้ในบริบทการศึกษา โดยเฉพาะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องตระหนักถึงความเสี่ยงสำคัญอย่างน้อยสามประการ ได้แก่ hallucination, bias และ accuracy กล่าวคือ AI อาจสร้างคำอธิบายที่ฟังดูน่าเชื่อถือแต่ไม่ถูกต้อง อาจสะท้อนอคติจากข้อมูลที่ใช้ฝึกระบบ และอาจให้ข้อมูลที่ไม่แม่นยำพอสำหรับการใช้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ต้องการความถูกต้องสูง งานด้าน LLMs ในการศึกษาจึงเน้นว่าครูและผู้เรียนจำเป็นต้องมีความสามารถในการตรวจสอบข้อเท็จจริง เข้าใจข้อจำกัดของระบบ และใช้ AI ภายใต้การกำกับดูแลของมนุษย์ (Kasneci et al., 2023; Miao & Holmes, 2023) ในกรณีศึกษานี้ ความเสี่ยงดังกล่าวถูกจัดการผ่านหลัก human-in-the-loop โดยผู้สอนใช้ AI เฉพาะในฐานะผู้ช่วยร่างและจัดโครงสร้างเบื้องต้น จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ปรับภาษา และพิจารณาความเหมาะสมของคำถามก่อนนำไปใช้จริง โดยเฉพาะคำอธิบายเกี่ยวกับกลไกของการทดลองเทียนไขกับแก้วคว่ำ ซึ่งต้องระวังการอธิบายที่คลาดเคลื่อนว่าเกิดจากการใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียว ดังตัวอย่างที่เกิดขึ้นใน Phase 1 ทั้งนี้ การออกแบบกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่ใช้ AI สนับสนุนจึงควรมีขั้นตอนตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาอย่างเป็นระบบ เช่น การตรวจสอบกับแหล่งวิชาการที่เชื่อถือได้ การทบทวนโดยผู้เชี่ยวชาญ และการทดลองใช้คำถามก่อนนำไปใช้กับผู้เรียน ดังนั้น ประเด็นนี้ทำให้โมเดลที่นำเสนอแตกต่างจากการใช้ Generative AI ในลักษณะเร่งผลิตสื่อการสอนหรือสร้างชิ้นงานอัตโนมัติ เพราะโมเดลไม่ได้ให้คุณค่ากับความเร็วเพียงอย่างเดียว แต่เน้นความรับผิดชอบต่อความถูกต้องของเนื้อหาและผลกระทบต่อความเข้าใจของผู้เรียน โดยเฉพาะในบริบทการผลิตครูวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนไม่ได้เพียงเรียนรู้เนื้อหา แต่กำลังเรียนรู้มาตรฐานการออกแบบการสอนที่ตนจะนำไปใช้ในอนาคต

5. การใช้ AI อย่างมีจริยธรรมในการพัฒนาวิชาชีพครู การใช้ Generative AI ในการศึกษาไม่ควรถูกพิจารณาเฉพาะในมิติของประสิทธิภาพ แต่ต้องพิจารณามิติทางจริยธรรมควบคู่กันด้วย ได้แก่ ความโปร่งใสในการใช้ AI ความรับผิดชอบของผู้สอนต่อเนื้อหาที่นำไปใช้ ความเป็นส่วนตัวของข้อมูลผู้เรียน ความเป็นธรรมในการเข้าถึงเทคโนโลยี และการป้องกันไม่ให้ผู้เรียนหรือผู้สอนพึ่งพา AI จนลดทอนการคิดด้วยตนเอง แนวทางของ UNESCO เน้นให้สถานศึกษาตรวจสอบความเหมาะสมของ Generative AI ทั้งด้านจริยธรรมและด้านการสอน และวางการใช้ AI ไว้ภายใต้แนวคิด human-centred approach ที่คุ้มครอง human agency, inclusion และ equity (Miao & Holmes, 2023) ซึ่งในกรณีศึกษานี้ การใช้ AI อยู่ในระดับการออกแบบโดยผู้สอน ไม่ใช่การให้ผู้เรียนใช้ AI สร้างคำตอบโดยตรง จึงมีความเสี่ยงด้านความซื่อสัตย์ทางวิชาการค่อนข้างต่ำ

อย่างไรก็ตาม หากนำโมเดลนี้ไปใช้ในบริบทที่ให้ผู้เรียนใช้ AI ร่วมด้วย ผู้สอนควรกำหนดขอบเขตการใช้ให้ชัดเจน เช่น ผู้เรียนใช้ AI เพื่อช่วยตั้งคำถามหรือทบทวนความเข้าใจได้เพียงใด ต้องอ้างอิงหรือเปิดเผยการใช้ AI อย่างไร และงานส่วนใดต้องสะท้อนการคิดของผู้เรียนเองโดยตรง การกำหนดข้อตกลงเหล่านี้จะช่วยให้ AI เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ ไม่ใช่เครื่องมือแทนที่กระบวนการคิด ดังนั้น บทเรียนสำคัญจากกรณีศึกษานี้คือการบูรณาการ AI ในการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริดควรตั้งอยู่บนหลักการ “AI supports, teachers decide, learners construct understanding” กล่าวคือ AI ทำหน้าที่สนับสนุนการออกแบบ ครูเป็นผู้ตัดสินใจและรับผิดชอบทางวิชาชีพ ส่วนผู้เรียนยังคงเป็นผู้สร้างความเข้าใจผ่านการมีส่วนร่วม การสังเกต การอธิบาย และการสะท้อนคิดด้วยตนเอง

องค์ความรู้ใหม่จากการศึกษา

องค์ความรู้ใหม่จากบทความนี้มิได้อยู่ที่การนำเสนอ Generative AI หรือแพลตฟอร์มดิจิทัลในฐานะเครื่องมือใหม่เพียงอย่างเดียว หากแต่อยู่ที่การจัดวางความสัมพันธ์ระหว่าง Generative AI แพลตฟอร์มดิจิทัล กิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE และบทบาทการตัดสินใจของครูไว้ในกรอบการออกแบบการสอนแบบเป็นระบบ องค์ความรู้ที่ได้จึงมีลักษณะเป็นข้อเสนอเชิงโมเดลและองค์ความรู้เชิงปฏิบัติจากกรณีศึกษา มากกว่าข้อสรุปเชิงสถิติทั่วไป

ประการแรก บทความนี้เสนอแนวคิดการใช้ Generative AI ในฐานะ “ผู้ช่วยทางปัญญาในวงจรออกแบบการสอน” มากกว่าการใช้ AI เป็นเพียงเครื่องมือผลิตเนื้อหา สื่อ หรือแบบทดสอบแบบแยกส่วน โมเดล AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ชี้ให้เห็นว่า AI สามารถสนับสนุนผู้สอนได้ตั้งแต่การออกแบบคำถาม การจัดโครงสร้างกิจกรรม การเตรียมสื่อ ไปจนถึงการสะท้อนคิดและปรับปรุงบทเรียน แต่การตัดสินใจเชิงวิชาชีพยังคงอยู่ที่ครูในฐานะ human-in-the-loop

ประการที่สอง บทความนี้แสดงให้เห็นแนวทางการเชื่อมโครงสร้างกิจกรรม Predict–Observe–Explain เข้ากับการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริด โดยใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลเป็นพื้นที่กลางในการคาดเดา สังเกต อธิบาย และสะท้อนคิดร่วมกัน องค์ความรู้สำคัญในประเด็นนี้คือ POE ไม่ได้ทำหน้าที่เพียงเป็นเทคนิคการสอนวิทยาศาสตร์ แต่สามารถทำหน้าที่เป็นโครงสร้างกลางที่ช่วยให้ผู้เรียนออนไลน์และออนไซต์มีภารกิจทางปัญญาร่วมกัน และมีศักยภาพในการลดความเหลื่อมล้ำในการมีส่วนร่วมระหว่างพื้นที่การเรียนรู้ที่แตกต่างกัน

ประการที่สาม บทความนี้เสนอหลักคิดในการออกแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดที่บูรณาการ AI อย่างมีความรับผิดชอบ กล่าวคือ “AI supports, teachers decide, learners construct understanding” ดังกล่าวข้างต้น หลักคิดนี้ช่วยป้องกันการใช้ AI แบบลดทอนบทบาทของครูหรือแทนที่กระบวนการคิดของผู้เรียน

ดังนั้น องค์ความรู้ใหม่ของบทความนี้จึงอยู่ที่การเสนอกรอบการออกแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดที่ผสาน Generative AI แพลตฟอร์มดิจิทัล และกิจกรรมสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกันอย่างมีหลักการ โดยเน้นทั้งประสิทธิภาพของการออกแบบ ความถูกต้องของเนื้อหา ความเท่าเทียมในการมีส่วนร่วม และความรับผิดชอบทางจริยธรรมในการใช้ AI ในบริบทการผลิตครูวิทยาศาสตร์

โดยสรุปบทความนี้นำเสนอ AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ในฐานะกรอบการออกแบบการสอนที่บูรณาการ Generative AI และแพลตฟอร์มดิจิทัลเข้ากับการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริดอย่างเป็นระบบและมีเหตุผลทางทฤษฎีรองรับ โมเดล 5 ระยะที่นำเสนอ ได้แก่ AI-Assisted Cognitive Design, AI-Powered Presentation Structuring, Collaborative Knowledge Construction, Gamified Engagement และ Adaptive Hybrid Implementation ไม่ได้มุ่งเสนอสูตรสำเร็จที่ทุกคนใช้ได้เหมือนกัน แต่เป็นกรอบความคิดที่ยืดหยุ่นได้ตามบริบท ในกรณีศึกษากิจกรรม POE เรื่องเทียนไขกับระดับน้ำในแก้วคว่ำสะท้อนว่า การจัดการเรียนรู้แบบไฮบริดที่เน้นการสืบเสาะและการมีส่วนร่วมผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่เหมาะสมสามารถสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีคุณค่าได้ แม้ในสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดด้านโครงสร้างพื้นฐาน บทเรียนสำคัญที่สุดที่ได้จากกรณีศึกษานี้ อาจไม่ใช่เรื่องของเครื่องมือ แต่เป็นเรื่องของการปรับบทบาทครู ครูยุคดิจิทัลที่มีประสิทธิผลไม่ใช่ผู้ที่ใช้เทคโนโลยีมากที่สุด แต่คือผู้ที่ออกแบบระบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้เรียนของตน ในบริบทที่ Generative AI และเทคโนโลยีดิจิทัลพัฒนาอย่างรวดเร็ว การมีกรอบการออกแบบที่ยึดถือหลักการทางทฤษฎีที่มั่นคงและปรับตัวได้ตามบริบทจึงมีความสำคัญมากกว่าการตามทันเครื่องมือล่าสุด การลงทุนในการพัฒนาทักษะการออกแบบการเรียนรู้และความสามารถในการสะท้อนคิดของครูจึงเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าและยั่งยืนที่สุดสำหรับการศึกษาในยุคดิจิทัล

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1. สถาบันผลิตครูควรนำโมเดล AI–Tech Integrated Instructional Pipeline ไปทดลองใช้กับรายวิชาอื่นที่เน้นกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมในบริบทเนื้อหาที่หลากหลายกว่าการทดลองเทียนไขกับแก้วคว่ำที่ใช้ในกรณีศึกษานี้

2. ผู้สอนที่นำโมเดลไปใช้ควรกำหนดบทบาทของ Generative AI ให้ชัดเจนตั้งแต่ขั้นออกแบบกิจกรรม พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาที่ AI สร้างขึ้นทุกครั้งก่อนนำไปใช้สอน โดยเฉพาะในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ต้องการความแม่นยำสูง เพื่อป้องกันความเสี่ยงด้าน hallucination และความลำเอียงของ AI

3. สถานศึกษาที่จัดการเรียนรู้แบบไฮบริดควรเตรียมแผนสำรอง เช่น สไลด์ที่ดาวน์โหลดล่วงหน้าและแพลตฟอร์มที่แสดงผลเร็วแม้สัญญาณไม่เสถียร สำหรับทุกกิจกรรมที่พึ่งพาการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เพื่อลดผลกระทบของความไม่เสถียรของโครงสร้างพื้นฐานต่อผู้เรียนออนไลน์

4. ผู้บริหารและหน่วยงานพัฒนาวิชาชีพครูสามารถนำ Checklist สำหรับการออกแบบการเรียนรู้แบบไฮบริดอย่างมีความเท่าเทียมที่นำเสนอในบทความนี้ไปใช้เป็นเครื่องมือเบื้องต้นในการนิเทศและพัฒนาครู ก่อนขยายผลสู่การกำหนดเป็นแนวปฏิบัติระดับสถาบันต่อไป

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการวิจัยที่ขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างและระยะเวลาการจัดกิจกรรมให้มากขึ้น รวมถึงใช้การออกแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental design) เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์การเรียนรู้ระหว่างกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้โมเดล AI–Tech Integrated Instructional Pipeline อย่างเป็นระบบมากขึ้น

2. ควรศึกษาการนำโมเดลไปใช้กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์อื่นที่มีลักษณะแตกต่างจากการทดลองเทียนไขกับแก้วคว่ำ เช่น เนื้อหาเชิงนามธรรมหรือเนื้อหาที่ต้องใช้อุปกรณ์ปฏิบัติการที่ซับซ้อนกว่า เพื่อตรวจสอบขอบเขตการประยุกต์ใช้ของโมเดล

3. ควรมีการวิจัยติดตามผลระยะยาว (longitudinal study) เพื่อตรวจสอบว่าประสบการณ์การเรียนรู้แบบไฮบริดที่บูรณาการ AI ในฐานะนักศึกษาครู ส่งผลต่อการออกแบบการสอนของครูเหล่านั้นเมื่อสำเร็จการศึกษาและปฏิบัติงานจริงในโรงเรียนอย่างไร

4. ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเสี่ยงด้าน hallucination และความลำเอียงของ Generative AI ในบริบทการออกแบบการสอนวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ เช่น การพัฒนากรอบตรวจสอบคุณภาพเนื้อหาที่ AI สร้างขึ้น (AI content verification framework) ที่ผู้สอนสามารถนำไปใช้ได้จริงในการปฏิบัติงาน

เอกสารอ้างอิง

Bond, M., Bedenlier, S., Marín, V. I., & Händel, M. (2021). Emergency remote teaching in higher education: Mapping the first global online semester. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 18, Article 50. https://doi.org/10.1186/s41239-021-00282-x

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Chiu, T. K. F. (2024). The impact of generative AI (GenAI) on practices, policies and research direction in education: A case of ChatGPT and Midjourney. Interactive Learning Environments, 32(10), 6187–6203. https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253861

Crompton, H., & Burke, D. (2024). The educational affordances and challenges of ChatGPT: State of the field. TechTrends, 68, 380–392. https://doi.org/10.1007/s11528-024-00939-0

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. New York: Plenum Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7

Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2015). The Systematic Design of Instruction (8th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson.

Garrison, D. R., & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. The Internet and Higher Education, 7(2), 95–105. https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.02.001

Graham, C. R. (2006). Blended learning systems: Definition, current trends, and future directions. In C. J. Bonk & C. R. Graham (Eds.), The handbook of blended learning (pp. 3–21). Pfeiffer.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.

Imran, R., Fatima, A., Salem, I. E. B., & Allil, K. (2023). Teaching and learning delivery modes in higher education: Looking back to move forward post-COVID-19 era. The International Journal of Management Education, 21(2), Article 100805. https://doi.org/10.1016/j.ijme.2023.100805

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., … Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. Learning and Individual Differences, 103, Article 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Koh, J. H. L., & Daniel, B. K. (2022). Shifting online during COVID-19: A systematic review of teaching and learning strategies and their outcomes. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 19, Article 56. https://doi.org/10.1186/s41239-022-00361-7

Kolb, D. A. (1984). Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Kornpitack, P., & Sawmong, S. (2022). Empirical analysis of factors influencing student satisfaction with online learning systems during the COVID-19 pandemic in Thailand. Heliyon, 8(3), Article e09183. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09183

Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). Naturalistic Inquiry. Sage Publications.

Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., & Baki, M. (2013). The effectiveness of online and blended learning: A meta-analysis of the empirical literature. Teachers College Record, 115(3), 1–47. https://doi.org/10.1177/016146811311500307

Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. Teachers College Record, 108(6), 1017–1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Ogunleye, B., Zakariyyah, K. I., Ajao, O., Olayinka, O., & Sharma, H. (2024). A systematic review of generative AI for teaching and learning practice. Education Sciences, 14(6), 636. https://doi.org/10.3390/educsci14060636

Piaget, J. (1952). The origins of intelligence in children. (M. Cook, Trans.). W. W. Norton & Company. https://doi.org/10.1037/11494-000

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.

White, R., & Gunstone, R. (1992). Probing Understanding (1st ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203761342

Yin, R. K. (2018). Case Study Research and Applications: Design and Methods (6th ed.). SAGE Publications.

Zhang, X., Zhang, P., Shen, Y., Liu, M., Wang, Q., Gašević, D., & Fan, Y. (2024). A systematic literature review of empirical research on applying generative artificial intelligence in education. Frontiers of Digital Education, 1(3), 223–245. https://doi.org/10.1007/s44366-024-0028-5