



Research Article

Development of Scientific Explanation Competency and Science Motivation of Secondary School Students Using Seamless STEM Learning Approach

Kwanjira Chaimoon¹, Kornchawal Chaipah² and Niwat Srisawasdi^{3,*}¹*Science and Technology Education Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Thailand*²*Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Thailand*³*Division of Mathematics, Science, and Computer Education, Faculty of Education, Khon Kaen University, Thailand***Email: niwsri@kku.ac.th*

Received <13 January 2023>; Revised <29 February 2023>; Accepted <5 March 2024>

Abstract

The scientific explanation competency and science motivation are recognized as superior learning outcomes in science education to lead students to success in science literacy. This research studied the progression of scientific explanatory competence and science motivation in high school students who were engaged in a seamless STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) learning approach that integrates both formal (in-class) and informal (out-of-class) learning settings. The researchers developed and implemented the seamless STEM learning approach with 23 high school students for over 400 minutes. Data were collected before and after the learning sessions using a performance test to measure self-generated scientific explanations and a 5-point Likert scale questionnaire to assess their science motivation. The data were analyzed by calculating the Normalized Gain in learning progress. The results revealed that the students progressed in all three sub-components of scientific explanatory competence - claims, evidence, and reasoning - and all five aspects of science motivation: intrinsic motivation, self-determination, self-efficacy, career motivation, and grade motivation. Thus, the seamless STEM learning approach effectively enhanced scientific explanatory competency and science motivation learning outcomes. This approach could serve as a new instructional direction for school science education and provide an emerging approach to science learning for teachers at the school level.

Keywords: Seamless learning, STEM education, Physics instruction, Science motivation, Scientific explanation

บทความวิจัย

การพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายผ่านกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาแบบไร้รอยต่อ

ขวัญจิรา ชัยมูล¹, กรชวล ขายผา², และ นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์^{3,*}

¹สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย

²สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย

³กลุ่มวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย

*Email: niwsri@kku.ac.th

รับบทความ: 13 มกราคม 2567 แก้ไขบทความ: 29 กุมภาพันธ์ 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 5 มีนาคม 2567

บทคัดย่อ

สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ถูกยอมรับว่าเป็นผลลัพธ์ของการเรียนรู้ที่สำคัญของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับโรงเรียนอันจะนำไปสู่การประสบผลสำเร็จในการรู้วิทยาศาสตร์ได้ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อในบริบทที่เป็นการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้แบบเป็นทางการ (ในชั้นเรียน) และไม่เป็นทางการ (นอกชั้นเรียน) ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อดังกล่าวและทดลองใช้ในการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 23 คน เป็นระยะเวลา 400 นาที โดยเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยกลวิธีดังกล่าวของนักเรียนโดยใช้แบบวัดการสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย และแบบสอบถามวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการคำนวณหาค่าความก้าวหน้าทางการเรียนรู้แบบที่เป็น Normalized Gain ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ครบถ้วนทั้ง 3 องค์ประกอบย่อย ได้แก่ คำกล่าวอ้าง ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล และมีความก้าวหน้าในแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ครบถ้วนทั้ง 5 ด้านย่อย ได้แก่ ความสนใจภายใน การตัดสินใจด้วยตนเอง ประสิทธิภาพของตนเอง ความสนใจในการทำงาน และความสนใจในผลการเรียน หลังจากที่ได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ในกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อของการวิจัยในครั้งนี้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อนี้มีประสิทธิภาพที่สามารถสร้างความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ในมิติผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เป็นสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งกลวิธีการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถที่จะเป็นอีกแนวทางใหม่ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับโรงเรียนและเป็นบริบทของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กลวิธีใหม่สำหรับครูผู้สอนในระดับโรงเรียนได้

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อ สะเต็มศึกษา การสอนฟิสิกส์ แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์

การสร้างคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ จากผลสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงด้านวิทยาศาสตร์ ในการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ปี ค.ศ. 2022 ขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ 409 คะแนน โดยตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไปเพียง 47% (ค่าเฉลี่ย OECD 76%) จาก 6 ระดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับคุณภาพของสมรรถนะต่ำ (IPST, 2023) โดยที่สมรรถนะหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้รับการกำหนดไว้สำหรับการประเมินของ PISA โดย OECD นั้นคือ สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation) อันเกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะที่มีแนวทางเชิงวิธีการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ของเหล่านักวิทยาศาสตร์เพื่อการค้นคว้าให้ได้ค้นพบองค์ความรู้ของธรรมชาติ แล้วนำเสนอผลการค้นคว่านั้นในรูปแบบของคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของประจักษ์พยานที่ถูกตรวจสอบมาด้วยวิธีการที่เชื่อถือได้ ดังเช่นหลักแนวคิดของ Berland and Reiser (2009) ที่ได้กล่าวไว้ว่า เป้าหมายสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสืบเสาะนั้นมี 2 ประการ โดยประการที่หนึ่ง คือ ผู้เรียนควรมีความสามารถในการใช้ข้อมูลและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างรูปแบบหรือคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และประการที่สอง คือ ผู้เรียนควรได้รับการกระตุ้นให้นำเสนอและโต้แย้งทางความคิดบนฐานของประจักษ์พยานที่สืบเสาะมาได้ ฉะนั้นแล้วความสำคัญของการสร้างคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์โดยผ่านกระบวนการวิทยาศาสตร์สืบเสาะนั้นจึงถูกนำมาสู่การปรับเปลี่ยนกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบันใหม่ จากเดิมที่เป็นการเน้นให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพื่อบอกได้ มาเป็นการเน้นให้สร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์โดยการเชื่อมโยงความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ไปสู่หลักฐานและการให้เหตุผลเพื่อสื่อสารผ่านการอธิบายความได้ (Beyer and Davis, 2008)

การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะสำคัญหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ โดยที่การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์นั้น หมายถึง การอธิบายว่าสิ่งต่าง ๆ เกิดขึ้นได้อย่างไรโดยมีการใช้หลักฐานและเหตุผลเพื่อสนับสนุนคำอธิบายนั้นอย่างเป็นแบบแผน ซึ่งคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์นั้นมีองค์ประกอบโดยพื้นฐานที่ประกอบด้วย 1) คำกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง ข้อยืนยันคำตอบของคำถามที่นักเรียนต้องการค้นคว้าคำตอบ 2) ประจักษ์พยาน (Evidence) หมายถึง ข้อมูลหรือสารสนเทศทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้าง โดยที่ประจักษ์พยานนี้อาจได้มาจากการสังเกตโดยตรงในปรากฏการณ์ในธรรมชาติ การปฏิบัติงานทดลอง การอ่านศึกษาค้นคว้าจากเอกสารหรือแหล่งสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง และการอภิปรายของผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่มีประสบการณ์ตรงสูง เป็นต้น และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) หมายถึง ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานกับคำกล่าวอ้าง (McNeill and Krajcik, 2008) ดังนั้นหากพิจารณาจากสถานการณ์ทางการศึกษาจากผลการประเมินของ PISA ของประเทศไทยในปัจจุบันแล้วนั้น อาจจะมีสมรรถนะที่เป็นไปได้ว่าแนวทางการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับโรงเรียนนั้นยังมีได้มุ่งเน้นการสร้างเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรมและแม่นยำต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เป็นลักษณะผลลัพธ์การเรียนรู้เชิงบูรณาการทั้งความรู้ ทักษะ เจตคติ และค่านิยม ซึ่งก็คือ สมรรถนะ ของผู้เรียน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องปรับเปลี่ยนกลวิธีและแนวทางการจัดการเรียนการสอนการรู้วิทยาศาสตร์เพื่อเร่งพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนที่จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศไทยในอนาคตให้ได้มีสมรรถนะสำคัญ เช่น การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ อันต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ ทักษะ และเจตคติที่จำเป็น และรวมไปถึงค่านิยมที่เหมาะสมทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และเน้นให้ผู้เรียนสามารถที่จะนำผลลัพธ์การเรียนรู้ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตประจำวันและการประกอบสัมมาอาชีพได้อย่างอย่างแม่นยำ โดยปัจจุบันนั้นกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็ม (STEM มาจากคำว่า Science, Technology, Engineering และ Mathematics) เป็นแนวทางสำคัญของการเปลี่ยนรูปการจัดการเรียนรู้อาชีววิทยาศาสตร์สืบเสาะเพื่อให้ได้ผลลัพธ์การเรียนรู้เชิงบูรณาการหรือสมรรถนะของผู้เรียนที่สอดคล้องเป็นไปตามเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนการรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทยในยุคปัจจุบันนี้ หากพิจารณาในมิติจิตพิสัยของผลลัพธ์ในการเรียนรู้ในแขนงวิชาวิทยาศาสตร์แล้วนั้น แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ (Science motivation) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการเรียนรู้สาระวิชาทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก แต่ทว่ารายงานผลการวิจัยของ Vedder-Weiss and Fortus (2012) ที่ผ่านมาได้เน้นย้ำให้เห็นถึงแนวโน้มที่น่าเป็นห่วงถึงการลดลงอย่างชัดเจนของระดับแรงจูงใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในการศึกษาในช่วงเป็นเด็กถึงช่วงเป็นวัยรุ่น ดังนั้นแล้ว การคิดค้นหาแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อเหนี่ยวนำและเสริมสร้างแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์นั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งเช่นกันกับการเสริมสร้างสมรรถนะที่จำเป็นทางวิทยาศาสตร์ อันจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพการจัดการศึกษาสำหรับผู้เรียนยุคปัจจุบันอย่างแน่นอน

การจัดการศึกษาแบบสะเต็ม หรือ สะเต็มศึกษา (STEM education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาประยุกต์ที่ออกแบบให้กระบวนการเรียนรู้ครอบคลุมในขอบเขตสาระแบบบูรณาการใน 4 แขนงวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการเรียนรู้แบบการประยุกต์ใช้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ในการดำเนินชีวิตจริง รวมทั้งการ

คิดค้นเพื่อออกแบบและพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงานในยุคปัจจุบัน (Chamrat, 2017) ปัจจุบันกลวิธีการจัดการเรียนรู้แบบที่เป็นสะเต็มศึกษานั้นมีการนำเสนอไว้ในหลากหลายรูปแบบและแนวทาง โดยขึ้นอยู่กับมุมมองและวิธีการตีความของกระบวนการเรียนรู้ที่อิงหลักคิดของการจัดการศึกษาดังกล่าว ดังจะเห็นได้จาก ผลงานวิจัยของ Phaprom and Srisawasdi (2018) ทำการศึกษาการส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดหลักและการปฏิบัติงานทาง วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เรื่อง วิทยาศาสตร์ระดับนาโน ของนักเรียนด้วยโมดูลการเรียนรู้สะเต็มบนฐานวิทยาศาสตร์ สืบเสาะ ผลการศึกษาพบว่ากลวิธีดังกล่าวสามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ทั้งในมิติความเข้าใจแนวคิดหลัก ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์เชิงบูรณาการได้ นอกจากนั้นแล้ว จากผลงานวิจัยของ Sritawan and Srisawasdi (2022) ที่คิดออกแบบและพัฒนากลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่เรียกว่า กลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อ (Seamless STEM learning) เพื่อการเสริมสร้างสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็น วิทยาศาสตร์ในขอบเขตเนื้อหาเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และพบว่ากลวิธี การจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อจึงเป็นอีกกลวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายเชิง วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ดีมากกว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยพื้นฐานแบบอื่น ดังนั้นแล้วกลวิธีการจัดการเรียนรู้ สะเต็มแบบไร้รอยต่อจึงเป็นอีกวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นแล้ว จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีดิจิทัลนั้นมีความเชื่อมโยงกับการพัฒนาแรงจูงใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (Ginzberg and Barak, 2023) แต่ทว่าในส่วนของการศึกษาผลของกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาแบบไร้รอยต่อที่มีต่อแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์นั้นก็ยังไม่ พบการศึกษาในบริบทดังกล่าวมาก่อน ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นโอกาสในการได้ข้อค้นพบใหม่ที่สามารถเติมเต็มความ เข้าใจที่บริบูรณ์มากขึ้นในบริบทของงานการจัดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ในระดับโรงเรียนได้

จากสารสนเทศดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และ แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อ โดยคาดหวัง ว่าจะได้ข้อค้นพบในแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มที่ตอบสนองและเอื้ออำนวยต่อการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน และอาจเหนี่ยวนำให้นักเรียนสามารถใช้สมรรถนะและความสามารถในการ เรียนรู้ได้ดังกล่าวยุติไปประยุกต์ในการดำรงชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพในอนาคตได้อีกด้วย

คำถามการวิจัย

จากที่มา ความสำคัญ และการศึกษาวรรณกรรมและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนหน้านี้แล้วนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดคำถาม การวิจัยในครั้งนี้ดังต่อไปนี้

- 1) กลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อจะสามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation competency) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้หรือไม่
- 2) กลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อจะสามารถส่งเสริมแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ (Science motivation) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้หรือไม่

วัตถุประสงค์การวิจัย

จากคำถามการวิจัยที่กำหนดนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาดังต่อไปนี้

- 1) เพื่อศึกษาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับประสบการณ์ การเรียนรู้ในกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อ
- 2) เพื่อศึกษาแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ในกลวิธี การจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อ

หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เพื่อศึกษาผลลัพธ์ของกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อที่มีต่อสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในงานวิจัยนี้แล้วนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับ หลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ ดังต่อไปนี้

การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อผ่านเทคโนโลยีการสื่อสารแบบพกพา (Mobile Seamless Learning)

การจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อ (Seamless Learning) เป็นกลวิธีจัดการเรียนรู้ให้เกิดความต่อเนื่องจากการเรียนรู้นอกห้องเรียนและการเรียนรู้ในห้องเรียน โดยนักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติการสืบเสาะนอกห้องเรียนผ่านงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง ซึ่งความรู้และประสบการณ์นั้นจะต่อเนื่องกับการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในห้องเรียนผ่านวิธีการสอนอย่างเหมาะสม (Wong and Looi, 2011) นอกจากนี้ Chan *et al.*, (2006) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อไว้ว่า เป็นบริบทการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกเมื่อที่ต้องการในสถานการณ์หลากหลาย และสามารถเปลี่ยนจากสถานการณ์หนึ่งไปยังอีกสถานการณ์หนึ่งได้อย่างง่ายและรวดเร็วโดยใช้อุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพา (Mobile device) เป็นเครื่องมือสื่อกลางซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจส่วนตัวของนักเรียน และเกิดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารแบบพกพา (Mobile Seamless Learning: MSL) ในกลวิธีต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1) MSL1 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ (Encompassing formal and informal learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครอบคลุมทั้งกิจกรรมนอกห้องเรียนและกิจกรรมในห้องเรียน โดยออกแบบให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องผ่านอุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพา

2) MSL2 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบบุคคลและสังคม (Encompassing personalized and social learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครอบคลุมการเรียนรู้จากเรียนรู้ตัวเองและการเรียนรู้ผ่านกระบวนการกลุ่มโดยใช้อุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพา

3) MSL3 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อข้ามเวลา (Across time) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาผ่านอุปกรณ์พกพา

4) MSL4 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อข้ามสถานที่ (Across locations) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ผ่านการใช้อุปกรณ์พกพา

5) MSL5 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อโดยการเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย (Ubiquitous knowledge access) โดยการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตที่แพร่หลาย

6) MSL6 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบสถานการณ์จริงและสถานการณ์เสมือน (Encompassing physical and digital worlds) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้การปฏิบัติจริงและการปฏิบัติในสถานการณ์จำลองให้เกิดความต่อเนื่องโดยใช้อุปกรณ์พกพา.

7) MSL7 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อโดยใช้อุปกรณ์หลากหลายประเภทร่วมกัน (Combined use of multiple device types) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยออกแบบให้มีการใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายที่มีความเสถียร เช่น อุปกรณ์พกพา คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

8) MSL8 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อจากชิ้นงาน (Seamless switching between multiple learning tasks) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้ระหว่างสร้างชิ้นงาน จากการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสื่อสารผ่านอุปกรณ์พกพา

9) MSL9 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบสังเคราะห์ความรู้ (Knowledge synthesis) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนนำความรู้เดิมและประสบการณ์ที่ผ่านมาประยุกต์ใช้ผ่านทักษะการคิดและการเรียนรู้แบบสหสาขาวิชาชีพ

10) MSL10 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบใช้การจัดการเรียนรู้หลากหลายวิธี (Encompassing multiple pedagogical or learning activity models) เป็นการนำรูปแบบการจัดการเรียนที่หลากหลายมาจัดกระทำให้เกิดความต่อเนื่องในการเรียนรู้ของนักเรียน นั่นคือการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อหมายถึง การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ (Encompassing formal and informal learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครอบคลุมทั้งกิจกรรมนอกห้องเรียนและกิจกรรมในห้องเรียน โดยออกแบบให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องผ่านอุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อพบว่ามีการนำการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อไปใช้ในวงการวิชาการดังนี้

Song (2018) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการร่วมมือกันแก้ปัญหาโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์เป็นฐาน ร่วมกับการเรียนรู้จากความไม่สมบูรณ์ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ไร้รอยต่อในชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2 ห้องเรียน โดยใช้โครงงาน เรื่องการปรับตัวของพืช ในห้องเรียนที่ 1 มีนักเรียน 27 คน จัดการเรียนรู้ด้วยโครงงานด้วยการออกแบบการสอนแบบการเรียนรู้จากความไม่สมบูรณ์ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ไร้รอยต่อ ในชั้นเรียนที่ 2 มีนักเรียน 26 คน เป็นการเรียนรู้แบบปกติ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ครอบคลุมทั่วทั้งฟาร์ม ชั้นเรียน บ้าน และพื้นที่ออนไลน์ที่รองรับโดยอุปกรณ์พกพา เก็บข้อมูลจากผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้นในกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน การสะท้อนผลจากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เรียน และการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่านักเรียนห้องเรียนที่ 1 มีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งซึ่งเกี่ยวกับแนวคิด และมีการร่วมมือกันแก้ปัญหา

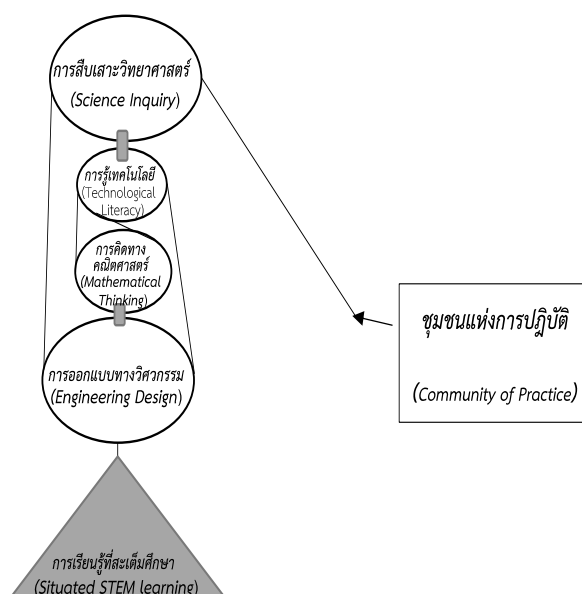
ร่วมกันมากกว่า ห้องเรียนที่ 2 และนักเรียนในห้องเรียนที่ 1 มีแนวคิดเชิงบวกมากขึ้น ในการเผชิญกับความท้าทายในการเรียนรู้ด้วยโครงงานเป็นฐาน และพัฒนาถึงความรู้สึกของเป็นเจ้าของการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ผลการวิจัยบ่งชี้ว่าการออกแบบการเรียนการสอนของการเรียนรู้จากความไม่สมบูรณ์ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ไร้รอยต่อเอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาาร่วมกันของนักเรียนระดับประถมศึกษาในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสภาพแวดล้อมไร้รอยต่อ

Song (2014) ทำการศึกษาการนำอุปกรณ์พกพาส่วนตัว (Bring Your Own Device: BYOD) เพื่อการสืบเสาะวิทยาศาสตร์แบบไร้รอยต่อสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ในประเทศฮ่องกง โดยทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 1 ปี ซึ่ง BYOD ในการศึกษาหมายถึง "รูปแบบเทคโนโลยีที่นักเรียนนำอุปกรณ์พกพาส่วนตัวที่มีแอปพลิเคชันและฟีเจอร์ฝังตัวต่าง ๆ ไปใช้ได้ทุกที่ ทุกเวลา เพื่อจุดประสงค์ในการเรียนรู้" การศึกษานี้เพื่อตรวจสอบ 1) ความก้าวหน้าของความรู้ด้านเนื้อหาที่นักเรียนทำในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ไร้รอยต่อ ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากอุปกรณ์มือถือส่วนตัว 2) นักเรียนได้พัฒนาความรู้เนื้อหาในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างไร และ 3) การรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับประสบการณ์การเรียนรู้ที่ได้รับการสนับสนุนจากอุปกรณ์พกพาส่วนตัว โดยหัวข้อของการสืบเสาะคือ "กายวิภาคของปลา" รวบรวมข้อมูลโดยการทดสอบก่อนและหลังเรียน แบบรายงานการประเมินตนเอง ผลงานของนักเรียน การสังเกตการณ์ในชั้นเรียน และบันทึกผลภาคสนาม ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาจากผลงานของนักเรียนในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบและติดตามความก้าวหน้าทางความรู้ของนักเรียน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับกายวิภาคของปลามากขึ้นกว่าที่มีอยู่ในตำราเรียน และมีการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบไร้รอยต่อซึ่งสนับสนุนโดยอุปกรณ์พกพาส่วนตัวของพวกเขาเอง

กรอบแนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาแบบสะเต็มบูรณาการ (Integrated STEM Education)

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เป็นจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

Kelley and Knowles (2016) ได้นำเสนอกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาระดับมัธยมปลาย เพื่อให้แนวปฏิบัติ ดังภาพที่ 1 แสดงตุ่มน้ำหนักและรอกสี่ตัวเพื่อยกน้ำหนัก นั่นคือ "การเรียนรู้สะเต็มศึกษา" โดยที่ตุ่มน้ำหนักและรอกเป็นระบบรอกที่ช่วยสร้างความได้ความได้เปรียบเชิงกลในการยกของได้ง่ายขึ้น จากภาพประกอบด้วย ชุมชนแห่งการปฏิบัติ (Community of Practice) เชื่อมต่อการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ (Science Inquiry) การออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design) ความคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) และการรู้เทคโนโลยี (Technological Literacy) เป็นระบบการบูรณาการ โดยรอกแต่ละตัวจะเชื่อมต่อกันภายในสาขาวิชาสะเต็ม และถูกผูกเชื่อมด้วยชุมชนแห่งการปฏิบัติ โดยองค์ประกอบของวิชาสะเต็มจะต้องเกิดขึ้นในทุกประสบการณ์เรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งครูต้องมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในความสัมพันธ์ของวิชาสะเต็ม และข้อจำกัดในการบูรณาการสู่ชุมชนแห่งการปฏิบัติ



ภาพที่ 1 กรอบแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการ (Kelley and Knowles, 2016)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้สะเต็มพบว่าการนำการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปใช้ในวงการวิชาการ
ดังนี้

Phaprom and Srisawasdi (2018) ทำการศึกษาการส่งเสริมแนวคิดหลักและการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์และ
วิศวกรรมศาสตร์ ด้วยโมดูลการเรียนรู้สะเต็มบนฐานวิทยาศาสตร์สืบเสาะ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจแนวคิดหลักและ
การปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เรื่อง วิทยาศาสตร์ระดับนาโน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยโมดูลการ
เรียนรู้สะเต็มบนฐานวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ซึ่งโมดูลการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 2 หน่วย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง
เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 22 คน ของโรงเรียนภาครัฐแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น เก็บข้อมูลโดยการทดสอบทั้ง
ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบวัดความเข้าใจแนวคิดหลัก เรื่อง วิทยาศาสตร์ระดับนาโน และแบบวัดการปฏิบัติงานทาง
วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบ
ที แบบสัมพันธ์กัน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจแนวคิดหลัก เรื่อง วิทยาศาสตร์ระดับนาโน และคะแนนการปฏิบัติงาน
ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์หลังเรียนที่สูงขึ้นกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งชี้ให้เห็นได้
ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้สะเต็มบนฐานวิทยาศาสตร์สืบเสาะนั้น สามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของ
นักเรียนได้ทั้งในมิติความเข้าใจแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์และ
วิศวกรรมศาสตร์เชิงบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาของประเทศไทยได้

Fung, Poon and Ng (2022) ศึกษาการส่งเสริมทักษะสำหรับนักศึกษาวิชาชีพครูในศตวรรษที่ 21 โดยใช้รูปแบบพลิก
กลับด้าน ด้วยการสอนสะเต็มศึกษา การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบว่าการเรียนรู้แบบกลับด้าน ส่งเสริมการสอนสะเต็ม
ศึกษาอย่างไร ผ่านการพัฒนาความเข้าใจและทักษะในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน ด้วยการใช้วิดีโอก่อนชั้นเรียน 7-12 นาทีตาม
ด้วยช่วงในชั้นเรียน 40 นาที ผลการวิจัยพบว่าการเรียนรู้แบบพลิกกลับสามารถสร้างความเข้าใจของนักเรียน ความสนใจในการ
เรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์ และSoft skill ในทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ดังนั้นการเรียนรู้แบบพลิกกลับด้านอาจเป็นแนวทางที่มี
ประสิทธิภาพสำหรับวิธีการสะเต็มศึกษา (STEM Education)

กลวิธีการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดกระบวนการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ

กระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบที่เน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Buck, Bretz and Towns
(2008) ได้ถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานของการประยุกต์ออกแบบกลวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะในผลงานวิจัยของ
Soodjai and Srisawasdi (2021) และ Yodsanga and Srisawasdi (2021) และในบริบทกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้
รอยต่อที่ถูกนำเสนอไว้ในงานวิจัยของ Sritawan and Srisawasdi (2022) โดยเกณฑ์การจัดระดับกระบวนการวิทยาศาสตร์
สืบเสาะในการจัดการเรียนรู้ไว้โดยแบ่งองค์ประกอบของกระบวนการสืบเสาะ 6 องค์ประกอบ ตามลักษณะของกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ ได้แก่ ปัญหาหรือคำถาม ทฤษฎีหรือข้อมูลพื้นฐาน กระบวนการหรือรูปแบบในการแก้ปัญหา ผลการวิเคราะห์
ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และการสรุปผล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดระดับ โดยแบ่งระดับการสืบเสาะได้เป็น 5 ระดับตาม
องค์ประกอบที่ให้นักเรียน รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์เชิงปริมาณในการจัดระดับการสืบเสาะในการปฏิบัติการทดลอง (Buck, Bretz and Towns, 2008)

องค์ประกอบ กระบวนการ	การสืบเสาะ แบบยืนยัน	การสืบเสาะ แบบนำทาง	การสืบเสาะแบบ ชี้แนะแนวทาง	การสืบเสาะ แบบเปิด	การสืบเสาะตาม บริบทจริง
ปัญหา/คำถาม	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
ทฤษฎี	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
วิธีการ/การออกแบบ	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
การวิเคราะห์ข้อมูล	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
การสื่อสารความหมาย	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
การสรุปผล	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้

โดยที่แต่ละองค์ประกอบกระบวนการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ปัญหาหรือคำถาม เป็นส่วนนำกระบวนการเรียนรู้โดยจะต้องเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อของการค้นคว้า และคำถาม
จะไม่เป็นคำถามที่ซับซ้อนและบ่งบอกถึงการศึกษาค้นคว้า
- 2) ทฤษฎีหรือข้อมูลเบื้องต้น เป็นข้อมูลความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการค้นคว้าหาคำตอบของปัญหาหรือคำถามที่ถูก
กำหนดไว้

- 3) วิธีการหรือการออกแบบ เป็นการวางแผน ออกแบบ และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการตอบคำถามหรือการแก้ไขปัญหาตามที่กำหนด
- 4) การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลดิบหรือสารสนเทศที่ได้จากลงมือปฏิบัติเพื่อการตีความข้อมูลหรือสารสนเทศที่ค้นพบมาได้
- 5) การสื่อสารความหมาย เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยนักเรียนสามารถออกแบบการนำเสนอเองหรือตามที่กำหนดไว้ได้
- 6) การสรุปผล เป็นการลงข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้ศึกษาค้นคว้าหรือรายการผลการสังเกตและข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติการทดลอง

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้พิจารณาเลือกใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบชี้แนะแนวทางเป็นกลวิธีในการจัดการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดกระบวนการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ดังนั้น กลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อเป็นการจัดการเรียนรู้ไร้รอยต่อการจัดการเรียนรู้แบบสถานการณ์ แบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ ให้เกิดความต่อเนื่องโดยใช้อุปกรณ์พกพาเพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่เกิดขึ้นในห้องเรียนและนอกห้องเรียนที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เป็นนามธรรมได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ (MSL1) และบูรณาการการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ในมิติต่าง ๆ ให้เกิดความต่อเนื่องในบริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยการนำเทคโนโลยี ได้แก่ แอปพลิเคชัน KCU Smart iNote และสถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ (Computer simulation) ของ PhET นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง และใช้หลักวิศวกรรมในการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบ สมมติฐานที่ตั้งไว้บนเงื่อนไขการตรวจสอบ เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงกับชีวิตจริงได้ โดยมีการนำคณิตศาสตร์เข้ามาคำนวณ ในการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ (Encompassing formal and informal learning)

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มคนที่เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 14 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 9 คน รวมจำนวนทั้งสิ้น จำนวน 23 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยใช้ห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบงานการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในฐานะครูประจำการของสถานศึกษามัธยมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น ที่ไม่เคยผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะมาก่อน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงโดยใช้ห้องเรียนที่ผู้วิจัยในฐานะครูประจำการที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบงานการสอนรายวิชาฟิสิกส์โดยสถานศึกษา

กลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง พฤติกรรมของเสียง (การสะท้อนของคลื่นเสียง การหักเหของคลื่นเสียง การเลี้ยวเบน และการแทรกสอดของคลื่นเสียง) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้รวมทั้งสิ้น 6 ชั่วโมง และเรื่อง ไฟฟ้า (ความสัมพันธ์กระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ ความต้านทานในเส้น และการต่อวงจรตัวต้านทาน) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้รวมทั้งสิ้น 6 ชั่วโมง โดยแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน 3 ขั้นตอน (Sritawan and Srisawasdi, 2023) ได้แก่ (1) ขั้นก่อนปฏิบัติการสืบเสาะ (Pre - Laboratory) คือ การกำหนดสถานการณ์ปัญหาและคำถามปลายเปิดเกี่ยวกับการสืบเสาะ และศึกษาแนวคิดทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง แต่แนวคิดทฤษฎีพื้นฐานนั้นต้องไม่แนะนำคำตอบของคำถาม ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ ขั้นตอนนี้จะเป็นการมอบหมายภารกิจการเรียนรู้โดยใช้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้แบบไม่เป็นทางการ (Informal learning) นอกห้องเรียน (2) ขั้นปฏิบัติการสืบเสาะ (Laboratory) คือ การดำเนินการสืบเสาะ โดยมีการออกแบบวิธีการสืบเสาะหรือทดลอง สังเกตสำรวจตรวจสอบ จากนั้นนำผลที่ได้การทดลองปฏิบัติการสืบเสาะมาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามหรือปัญหานั้น และ (3) ขั้นหลังปฏิบัติการสืบเสาะ (Post - Laboratory) คือ การนำเสนอข้อมูลผลการสืบเสาะหรือทดลอง เพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดและอภิปรายผลร่วมกัน เพื่อนำไปสู่การสรุปผลการปฏิบัติการสืบเสาะ และในการออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ดังกล่าว ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบชี้แนะแนวทาง (Guided inquiry) ซึ่งก็คือครูเตรียมสารสนเทศที่เป็น คำถาม ทฤษฎี และวิธีการสำหรับผู้เรียน ส่วนผู้เรียนจะเน้นลงมือปฏิบัติจริงในส่วนที่เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอ และการสรุปผล

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ทดลองวิจัย

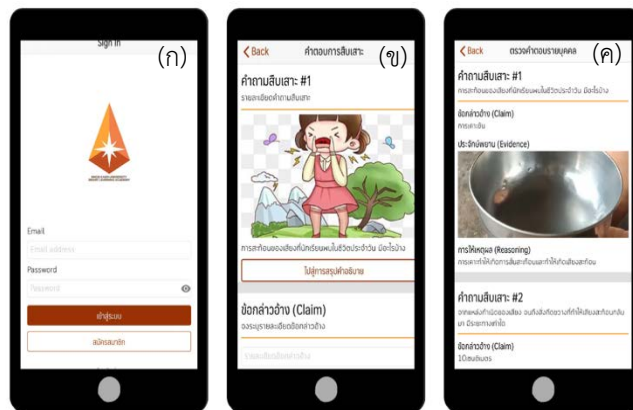
ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อเรื่อง พฤติกรรมของเสียง ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสะท้อนของเสียง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ขั้นตอนปฏิบัติการทดลอง

1) ปัญหา/คำถาม (ประสบการณ์นอกห้องเรียน)

บทบาทของครู : การนำเข้าสู่ขั้นตอนปฏิบัติการทดลองมีการสร้างความสนใจและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับเรื่องที่จะศึกษา โดยให้นักเรียนนำเสนอสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของเสียงที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน และร่วมกันอภิปรายว่า “จากสถานการณ์ที่นักเรียนแต่ละคนได้ตอบมานั้น ในการสะท้อนของเสียงมีปัจจัยใดที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง” จากนั้นครูใช้คำถามเพื่อปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้ออกแบบการสำรวจตรวจสอบสถานการณ์ที่นักเรียนได้ตอบผ่านแอปพลิเคชัน KCU Smart iNote (ดังแสดงในภาพที่ 2) ว่า “นักเรียนจะสามารถทราบได้อย่างไรว่าเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ที่นักเรียนพบนั้นเกิดการสะท้อนของเสียงขึ้น นักเรียนมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร”

บทบาทของนักเรียน : นักเรียนร่วมอภิปรายถึงสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของเสียงที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน ร่วมตอบคำถามเพื่อแบบแผนคิดในการหาคำตอบเพื่อเป็นหลักฐาน (Evidence) นำมาสู่ข้อกล่าวอ้างของเรียน (Claim) โดยระบุข้อกล่าวอ้างผ่านแอปพลิเคชัน KCU Smart iNote



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน KCU iStyle Science Note : หน้าจอการลงเข้าใช้งาน (ก) หน้าจอตัวอย่างบทเรียนสะเต็มศึกษาที่สร้างขึ้นมาโดยครู (ข) หน้าจอตัวอย่างการตอบคำถามผ่านกระบวนการวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักเรียน (ค)

2) ทฤษฎี (ประสบการณ์ในห้องเรียน)

บทบาทของครู : นำสถานการณ์ของนักเรียนที่ได้พบขึ้นมาอภิปรายในชั้นเรียนถึงพฤติกรรมของเสียงที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนของเสียง ซึ่งเป็นการแสดงพฤติกรรมของคลื่นกล ตั้งคำถามให้ผู้เรียนตอบเกี่ยวแนวคิดในการสะท้อนของเสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร เมื่อเสียงเดินทางไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก ส่งผลให้พฤติกรรมของเสียงเป็นอย่างไร การได้ยินเสียงก้องวาลเกิดขึ้นได้อย่างไร และมีปัจจัยใดที่เกี่ยวข้องบ้าง พร้อมทั้งให้แนวคิดผู้เรียนถึงความเร็วของเสียงในอากาศมีปัจจัยใดเกี่ยวข้องบ้าง ในการหาความเร็วของเสียงสามารถหาค่าได้อย่างไร หลังจากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้และนำเสนอแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการสะท้อนของเสียง

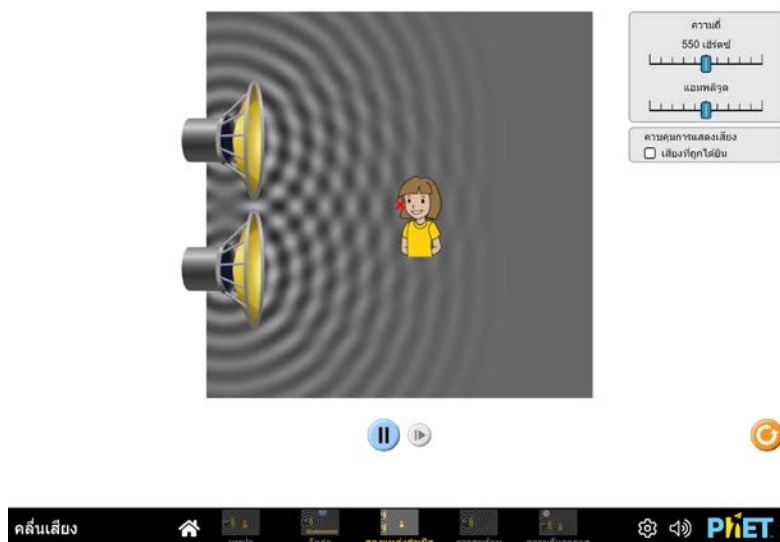
บทบาทของนักเรียน : นักเรียนตอบคำถาม เพื่อเข้าสู่แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการสะท้อนของเสียงนักเรียนต้องทราบก่อนเริ่มทำการทดลอง

- ขั้นตอนปฏิบัติการทดลอง (ประสบการณ์ในห้องเรียน)

3) วิธีการ/การออกแบบ

บทบาทของครู : เป็นผู้อำนวยความสะดวกและแนะแนวทางผู้เรียนในดำเนินการทดลองผ่านสถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ (ดังแสดงในภาพที่ 3) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถควบคุมค่าตัวแปรต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

บทบาทของนักเรียน : นักเรียนกำหนดตัวแปรในการทดลอง (ตัวแปรต้น ตัวแปรควบคุม ตัวแปรตาม) ออกแบบตารางการบันทึกผลการทดลอง สังเกตปรากฏการณ์ ดำเนินการสืบเสาะจัดกระทำ เก็บผลหรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ โดยทำการทดลองจริงและเก็บค่าผลการทดลองต่อไป



ภาพที่ 3 ตัวอย่างสถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ของ PhET เรื่อง คลื่นเสียง ที่นำมาใช้ในการทดลองจัดการเรียนรู้

4) การวิเคราะห์ข้อมูล

บทบาทของครู : ทบทวนความรู้แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการสะท้อนของเสียง การหาค่าความเร็วที่เสียงเดินทางในอากาศ

บทบาทของนักเรียน : เก็บผลหรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ โดยทำการทดลองจริง และเก็บค่าผลการทดลอง ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจะประกอบด้วยเวลาของเสียงตั้งแต่เริ่มปล่อยจากแหล่งกำเนิดเสียง จนสะท้อนกลับมาและได้ยินอีกครั้งหนึ่ง และระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงจนถึงสิ่งกีดขวาง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยระบุหลักฐาน (Evidence) ผ่านแอปพลิเคชัน KKU Smart iNote

- ขั้นหลังปฏิบัติการทดลอง (ประสบการณ์ในห้องเรียน)

5) การนำเสนอ

บทบาทของครู : ครูกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสืบเสาะ พร้อมทั้งร่วมกันสร้างข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับพฤติกรรมในการสะท้อนของเสียง โดยหาหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างให้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

บทบาทของนักเรียน: นักเรียนนำเสนอผลการสืบเสาะที่ได้จากการดำเนินการการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ โดยแต่ละกลุ่มนำเสนอแลกเปลี่ยนแนวคิด และอภิปรายผลร่วมกันระหว่างกลุ่มทั้งห้องเรียน ซึ่งจะต้องประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้างในขั้นก่อนปฏิบัติการสืบเสาะ และหลักฐานในขั้นปฏิบัติการสืบเสาะ

6) การสรุปผล

บทบาทของครู : ครูกระตุ้นและแนะแนวทางแต่ละกลุ่มเพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปผลการสืบเสาะ (ดังแสดงในภาพที่ 4)

บทบาทของนักเรียน : สรุปผลที่เกี่ยวข้องกับหลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถหาหลักการและทฤษฎีที่ได้มาในการให้เหตุผล (Reasoning) ผ่านแอปพลิเคชัน KKU Smart iNote เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและหลักฐานดังกล่าวให้เป็นที่ยอมรับและน่าเชื่อถือได้



ภาพที่ 4 อภิปรายถึงปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของเสียงที่นักเรียนพบ (ก) และนักเรียนออกแบบการทดลองและบันทึกผลการทดลอง (ข)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบแผนการทดลองขั้นต้น (Pre-experimental research design) ในแผนงานแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนและหลัง (One group pretest-posttest design) โดยมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเป็นไปตามแบบแผนการวิจัยที่กล่าวข้างต้นดังต่อไปนี้

- 1) ผู้วิจัยลำดับที่ 1 แจ้งวัตถุประสงค์ของการวิจัยต่อนักเรียนกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยและแจ้งขอความยินยอมจากนักเรียนกลุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัย พร้อมทั้งชี้แจงถึงการเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้ว่าจะไม่มีผลกระทบต่อผลการเรียนในรายวิชาที่ผู้วิจัยทำการสอนและผู้วิจัยจะไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนตัว รวมถึงผลคะแนนที่ระบุถึงตัวตนของผู้เข้าร่วมงานวิจัยโดยใช้สไลด์นำเสนอสารสนเทศและบรรยายความแบบปากเปล่า เป็นระยะเวลา 30 นาที
- 2) ทดสอบก่อนเรียนที่จะได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะกับนักเรียนกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยใช้ (1) แบบวัดวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และ (2) แบบสอบถามวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เป็นระยะเวลารวมทั้งสิ้น 50 นาที
- 3) ครูผู้สอน (ผู้วิจัยลำดับที่ 1) ทดลองจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ จำนวนทั้งสิ้น 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้แบบคาบคู่ 2 คาบ รวมเป็นจำนวนคาบเรียนทั้งสิ้น 8 คาบเรียน ซึ่งคิดเป็นระยะเวลารวมทั้งสิ้น 400 นาทีต่อเนื่องกัน
- 4) ทดสอบหลังเรียนหลังจากที่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะกับกลุ่มนักเรียนกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยใช้แบบวัดและแบบสอบถามเดียวกันกับที่ใช้ในการทดสอบก่อนเรียนและใช้ระยะเวลาเท่ากัน

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

แบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่อง พฤติกรรมของเสียง และเรื่อง ไฟฟ้า ก่อนและหลังที่ผู้เรียนผ่านกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อ โดยแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่ผ่านกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาแบบไร้รอยต่อ ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง พฤติกรรมของเสียง จำนวน 3 สถานการณ์ และ เรื่อง ไฟฟ้า จำนวน 3 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบนั้นมีระดับคะแนนสูงสุดที่ 2 คะแนน ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) ตามระดับความสมบูรณ์ของแต่ละองค์ประกอบ ดังนั้นจึงคิดเป็นคะแนนเต็มของแบบวัดมีค่าเท่ากับ 18 คะแนน โดยแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เป็นแบบวัดแบบอัตนัย ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 คนเป็นผู้พิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมของสถานการณ์ที่กำหนดและประเด็นคำถามตามโครงสร้างพื้นฐานของการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และนำผลการพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญมาปรับแต่งแบบวัดดังกล่าว

แบบวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่ผ่านกลวิธีการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อ ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เป็นแบบวัดประเภทการสำรวจ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 25 ข้อ (Glyn et al., 2011) ผู้วิจัยใช้แบบวัดที่ประกอบด้วยประโยคบอกเล่าเกี่ยวกับสภาพอารมณ์ภายในซึ่งไปกระตุ้น ควบคุม และสนับสนุนพฤติกรรมการเรียนรู้ ที่จะส่งเสริมนักเรียนให้ประสบความสำเร็จทางด้านวิชาการ โดยวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์

5 ด้าน ได้แก่ ด้านความจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation: IM) ด้านการตัดสินใจด้วยตนเอง (Self-Determination: SDT) ด้านประสิทธิภาพของตนเอง (Self-Efficacy: SEC) ด้านความจูงใจในการทำงาน (Career Motivation: CM) และ ด้านความจูงใจในผลการเรียน (Grade Motivation: GM) แบบวัดดังกล่าวได้รับการแปลเป็นฉบับภาษาไทยและค่าความเชื่อมั่น Cronbach's alpha ของแบบสอบถามในฉบับภาษาไทยนั้นเท่ากับ 0.92 กล่าวเป็นนัยว่าแบบสอบถามมีคุณภาพที่เชื่อถือได้ตามหลักมาตรฐานทางวิชาการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องด้วยการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงในแผนงานแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนและหลัง และการศึกษาวิจัยนี้ออกแบบมาเพื่อประเมินผลกระทบของกลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่เต็มศึกษาแบบไร้รอยต่อแบบเป็นรายบุคคลและเป็นรายชั้นเรียนของนักเรียนกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยที่เป็นกลุ่มเดียวตามบริบทของสถานศึกษา ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการวิเคราะห์การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาด้วยค่าผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น หรือที่เรียกว่า Normalized gain (Hake, 1998) ซึ่งการวิเคราะห์นี้นำมาใช้เพื่อลดผลกระทบของที่มีคะแนนก่อนเรียนแตกต่างกันจากผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นรายบุคคล (Individual actual gains; Gi) เมื่อ $G_i = \text{คะแนนก่อนเรียน} - \text{คะแนนหลังเรียน}$ จึงถูกนำมาคำนวณให้เป็นผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นสัมบูรณ์ (Absolute gain) โดยที่ $\Delta = \text{ค่าเฉลี่ย}G_i/\text{คะแนนสูงสุดที่ทำได้}$ และคะแนนสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น (Relative gain) แสดงเป็นร้อยละ โดยที่ $C = \text{ค่าเฉลี่ย}G_i/\text{คะแนนก่อนเรียน}$ สำหรับชั้นเรียนการวัดประสิทธิภาพของกลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อคำนวณจากความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยของชั้นเรียน (Class average normalized gains: $g(\text{ave})$)

โดยค่าความก้าวหน้าทางการเรียน $\langle g \rangle$ หรือ normalized gain แปลความได้ว่า ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของนักเรียน (Actual gain = (%post-test) - (%Pre-test)) คิดเป็นกึ่งเท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain = (100 %) - (% Pre-test)) ดังสมการที่ 1 ซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 1.0

$$\begin{aligned}\langle g \rangle &= \langle \%G \rangle / \langle \%G \rangle_{\max} \\ \langle g \rangle &= [\langle \% \text{post-test} \rangle - \langle \% \text{pre-test} \rangle] / [100\% - \langle \% \text{pre-test} \rangle]\end{aligned}\quad (1)$$

จากการศึกษาของ Hake (1998) พบว่า ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน $\langle g \rangle$ หรือ normalized gain แบ่งได้ 3 ระดับ ได้แก่ High gain มีค่า $g \geq 0.7$ Medium gain มีค่า $0.3 \leq g < 0.7$ และ Low gain มีค่า $0.0 \leq g < 0.3$ โดยจากนิยามในทางการศึกษา ค่าที่ต่ำที่สุดที่ถือว่าการจัดการเรียนรู้นั้นมีประสิทธิภาพ คือ 0.3 หรือ 30% ดังนั้นจึงผลความก้าวหน้าทางการเรียนที่มีประสิทธิภาพของนักเรียนรายบุคคลต้องอยู่ที่ระดับ Medium gain ขึ้นไป

นอกจากนี้ยังสามารถพิจารณาผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งชั้นว่าเพิ่มขึ้นคิดเป็นกึ่งเท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ นั่นคือ Class average normalized gain หรือ $g(\text{ave})$ โดยสามารถหาได้จากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้น ทั้งก่อนและหลังเรียนในการพิจารณาผลการเรียนของนักเรียนในลักษณะนี้ใช้เพื่อดูว่าผลการเรียนการสอนโดยภาพรวมของทั้งชั้นนั้นมีพัฒนาการอย่างไร ดังสมการที่ 2

$$g(\text{ave}) = \frac{\sum_{i=1}^N g(i)}{N} \quad (2)$$

โดยที่ N คือ จำนวนของนักเรียนก่อนและหลังที่ผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อ เนื่องจากมีความเป็นไปได้ที่คะแนนหลังเรียนจะน้อยกว่าคะแนนก่อนเรียน $g(\text{ave})$ จะถูกคำนวณโดยแทนค่า g_i ที่ติดลบด้วยศูนย์ และไม่นำนักเรียนที่ Negative gain มาคิดคำนวณ

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 23 คน โดยมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อ พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อ 4.17/18 คิดเป็น 23% ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.2 และคะแนนเฉลี่ยหลังผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อ 12.30/18 คิดเป็น 68% ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.7 ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นสัมบูรณ์ (Absolute gain) คิดเป็น 45% ผลการเรียนรู้สัมพัทธ์ (Relative gain) คิดเป็น 171% ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 83% และความก้าวหน้าทางการเรียนของชั้นเรียน คิดเป็น 56% นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์คะแนนแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ย โดยมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อเช่นเดียวกันนั้น พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เต็มแบบไร้รอยต่อ 74.48/125 คิดเป็น 60% ค่า

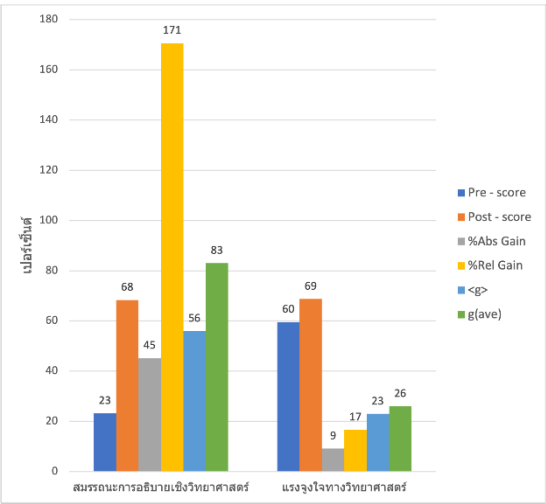
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 12.3 และคะแนนเฉลี่ยหลังผ่านกลวิธีการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อ 85.69/125 คิดเป็น 69% ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 11.2 ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นสมบูรณ์ (Absolute gain) คิดเป็น 9% ผลการเรียนรู้สัมพัทธ์ คิดเป็น 17% ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 26% และความก้าวหน้าทางการเรียนของชั้นเรียน คิดเป็น 23% ดังแสดงในตารางที่ 2 และในภาพที่ 5

ตารางที่ 2 คะแนนก่อนและหลังผ่านกลวิธีการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อ (N = 23)

ตัวแปรตาม	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	Absolute gain	Relative gain	<g>	g(ave)
สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์	4.17 ± 3.2 (23%)	12.30 ± 3.7 (68%)	45%	171%	83%*	56%*
แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์	74.48 ± 12.3 (60%)	85.69 ± 11.2 (69%)	9%	17%	26%	23%

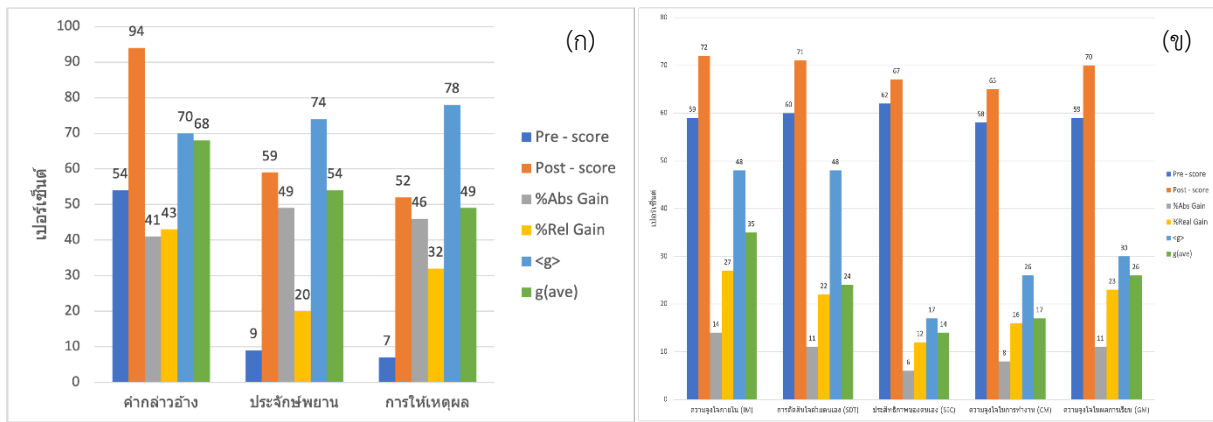
หมายเหตุ: * เป็นสัญลักษณ์ชี้ถึงความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคลที่อยู่ในระดับปานกลางขึ้นไป (g > 30%)

นอกจากนั้นแล้ว ขนาดของผลความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของนักเรียนรายบุคคล <g> และความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของทั้งชั้นเรียน g(ave) นั้น สามารถวิเคราะห์ได้โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ (Hake, 1998) ได้แก่ High gain มีค่า $g \geq 0.7$ Medium gain มีค่า $0.3 \leq g < 0.7$ และ Low gain มีค่า $0.0 \leq g < 0.3$ จากผลลัพธ์ในตารางที่ 2 นั้น พบว่า ผลความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคลนั้นมีค่าเท่ากับ 83% และของทั้งชั้นเรียนมีค่าเท่ากับ 56% ซึ่งอยู่ที่ระดับสูงมากกว่า Medium gain ขึ้นไป แต่ทว่าหากพิจารณาผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคลนั้น จะมีค่าเท่ากับ 26% และของทั้งชั้นเรียนจะมีค่าเท่ากับ 23% ซึ่งอยู่ระดับต่ำกว่า Medium gain ลงไป (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 และภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 กราฟแสดงผลลัพธ์ความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ผ่านกลวิธีการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อ

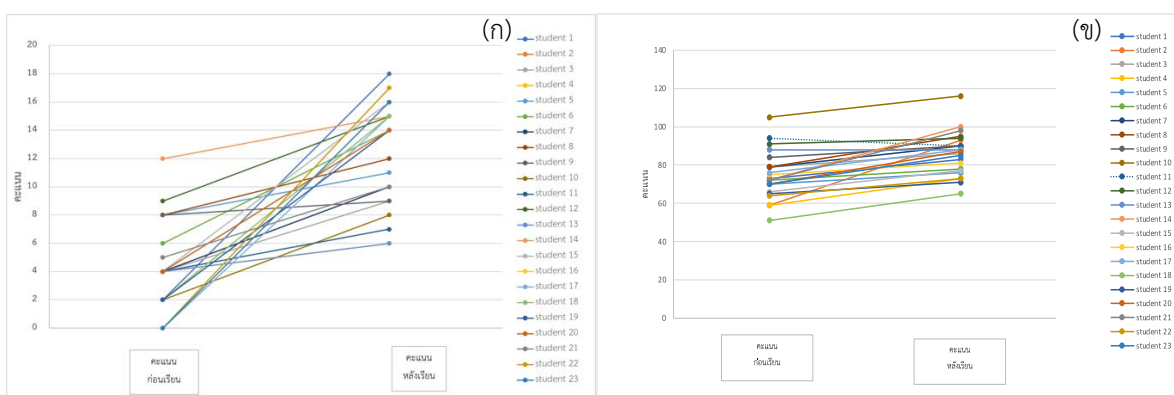
เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยแยกเป็นองค์ประกอบย่อยทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ประจักษ์พยาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) และความก้าวหน้าของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยแยกเป็นองค์ประกอบย่อยทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ความสนใจภายใน (IM) การตัดสินใจด้วยตนเอง (SDT) ประสิทธิภาพของตนเอง (SEC) ความสนใจในการทำงาน (CM) และความสนใจในผลการเรียน (GM) ในแต่ละองค์ประกอบแล้วนั้น ผลการวิจัยนำเสนอได้ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงผลลัพธ์ความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบย่อยทั้ง 3 องค์ประกอบ (ก) และความก้าวหน้าของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบย่อยทั้ง 5 องค์ประกอบ (ข)

จากผลลัพธ์ในภาพที่ 6 แสดงให้เห็นได้ว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อมีความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในทุกองค์ประกอบย่อยได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 70% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 68%) ประจักษ์พยาน (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 74% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 54%) และการให้เหตุผล (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 78% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 49%) ตามลำดับ เวก เช่นเดียวกันนักเรียนกลุ่มดังกล่าวก็มีความก้าวหน้าของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ในทุกองค์ประกอบย่อย ได้แก่ ความสนใจภายใน (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 48% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 35%) การตัดสินใจด้วยตนเอง (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 48% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 24%) ประสิทธิภาพของตนเอง (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 17% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 14%) ความสนใจในการทำงาน (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 26% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 17%) และ ความสนใจในผลการเรียน (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 30% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 26%) ตามลำดับ

หากพิจารณาผลลัพธ์ของความก้าวหน้าในสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคลผ่านการเปรียบเทียบผลคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนแล้วนั้น จะพบได้ว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายทุกคนในการศึกษาวิจัยนี้มีความก้าวหน้าทั้งในสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟแสดงผลลัพธ์ความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เป็นรายบุคคล (ก) และความก้าวหน้าของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์เป็นรายบุคคล (ข)

อภิปรายผล

จากการวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเพื่อการสร้างเสริมสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์นั้น ส่วนของผลลัพธ์ที่เป็นสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์นั้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อมี

ความก้าวหน้าของสมรรถนะดังกล่าว ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยในแบบแผนที่เป็นการผลิตร่วมระหว่างการเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการนอกห้องเรียนและการเรียนรู้ที่เป็นทางการในห้องเรียนนั้นมีประสิทธิภาพในการสร้างเสริมสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งในองค์ประกอบย่อยคำกล่าวอ้าง ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยข้อค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้าของ Sritawan and Srisawasdi (2022) ที่รายงานว่าการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อเอื้ออำนวยการสร้างเสริมสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและดีกว่าวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบดั้งเดิม ซึ่งอาจจะเป็นอันเนื่องมาจากในกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อดังกล่าวได้มีการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะแบบชี้แนะแนวทางจากครูผู้สอน และจากที่ได้รับออกแบบไว้ในโมบายแอปพลิเคชัน KKU Smart iNote โดยเน้นการชี้แนะแนวทางอย่างเป็นลำดับขั้นตอนตามองค์ประกอบย่อยทั้งสามของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ จนนำไปสู่การสร้างคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นคำตอบต่อคำถามสืบเสาะที่ครูผู้สอนกำหนดให้ไว้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับข้อค้นพบจากผลการวิจัยของ Kamtet, Kruea-In, and Wannagatesiri (2020) ที่พบว่าการจัดประสบการณ์ให้ได้อีกมีปฏิบัติสร้างหลักฐานทางวิทยาศาสตร์และเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นช่วยเสริมสร้างให้ผู้ได้รับประสบการณ์นั้นสามารถสร้างคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นแล้วด้วยด้วยประสบการณ์การเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาแบบไร้รอยต่อนั้นเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยต่อการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองอย่างมีความหมายอันเนื่องจากการเปิดโอกาสให้ได้สร้างการเชื่อมต่อระหว่างประสบการณ์การเรียนรู้ในห้องเรียนและนอกห้องเรียน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ได้พัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานการวิจัยของ Asmiliyah, Khaerudin and Solihatin (2021) ที่รายงานผลการวิจัยไว้ว่านักเรียนจะสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดี หากนักเรียนมีประสบการณ์หรือมีความคุ้นเคยในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากการที่นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตหรือในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน โดยออกแบบการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสเชื่อมโยงความรู้ในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียนให้ต่อเนื่องกันผ่านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ซึ่งจะสามารถช่วยให้นักเรียนมีได้นำความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อประกอบการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้

นอกจากนั้น ส่วนของผลลัพธ์ที่เป็นแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ผ่านกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อมีความก้าวหน้าของแรงจูงใจดังกล่าวเช่นเดียวกัน ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นได้ว่า นอกจากการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยในแบบแผนที่เป็นการผลิตร่วมระหว่างการเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการนอกห้องเรียนและการเรียนรู้ที่เป็นทางการในห้องเรียนนั้นมีประสิทธิภาพในการสร้างเสริมสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แล้วนั้น ยังเป็นกลวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต่อการสร้างเสริมแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้อีกด้วยในทุกองค์ประกอบย่อยทั้ง 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ความสนใจภายใน การตัดสินใจด้วยตนเอง ประสิทธิภาพของตนเอง ความสนใจในการทำงาน และความสนใจในผลการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Soodjai and Srisawasdi (2021) และ Yodsanga and Srisawasdi (2021) ที่รายงานไว้ว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดโดยใช้บอร์ดและการ์ดเกมดิจิทัลที่ใช้ร่วมกับอุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพานั้น พัฒนาระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้ในทุกองค์ประกอบย่อย โดยยังพบอีกว่าองค์ประกอบย่อยที่เป็นความสนใจภายในเป็นด้านย่อยที่มีผลการถูกพัฒนามากที่สุดกว่าด้านย่อยอื่น ๆ ซึ่งทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองในกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อแล้วนั้น ทำให้นักเรียนมีความต้องการที่จะเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้นและสนใจที่จะหาคำตอบของสถานการณ์ที่กำหนดให้ด้วยตนเองมากยิ่งขึ้น จึงทำให้แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ดีมากยิ่งขึ้นด้วย

บทสรุปจากการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อ และข้อค้นพบจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่ากลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อนั้นเป็นกลวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สร้างเสริมความสามารถในการระบุคำกล่าวอ้าง ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล อันเป็นองค์ประกอบสำคัญของสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ นอกจากนี้แล้วข้อค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้ยังแสดงให้เห็นด้วยว่า กลวิธีการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถที่จะสร้างเสริมแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้เช่นเดียวกัน ทั้งในส่วนที่เป็นองค์ประกอบย่อยความสนใจภายใน การตัดสินใจด้วยตนเอง ประสิทธิภาพของตนเอง ความสนใจในการทำงาน และความสนใจในผลการเรียน จากข้อค้นพบดังที่กล่าวมานั้นเป็นอีกแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับโรงเรียนที่เป็นอีกบริบทกลวิธีใหม่ที่ตอบสนองและเอื้ออำนวยต่อการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้เป็นอย่างดี

ข้อจำกัดหรือข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อจำกัด

1) บริบทของกลุ่มเป้าหมายเป็นโรงเรียนมัธยมขนาดเล็ก นอกเขตเมือง อำเภอสวนหลวง จังหวัดขอนแก่น จำนวนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเพียง จำนวน 23 คน จึงทำให้งานวิจัยสามารถมีกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียว ไม่สามารถมีกลุ่มควบคุมเพื่อเปรียบเทียบผลลัพท์การจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อได้ ดังนั้นผลการวิจัยในครั้งนี้จึงยังไม่เหมาะสมต่อการนำไปสรุปอ้างอิงผลลัพท์ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ นอกเหนือจากนักเรียนกลุ่มนี้ได้

2) เนื่องจากจำนวนนักเรียนน้อยและนักเรียนไม่ครบทุกระดับชั้นเรียน จึงไม่สามารถจัดกลวิธีการเรียนรู้ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้ครบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 5 และ 6 และในแต่ละระดับชั้นเรียนไม่สามารถควบคุมเนื้อหาสาระการเรียนรู้ให้เป็นเนื้อหาหรือแนวคิดวิทยาศาสตร์เดียวกันได้ เนื่องจากตามสาระการเรียนรู้แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) มีตัวชี้วัดและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังกำหนดไว้ในแต่ละระดับชั้นที่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

1) ในการวิจัยครั้งนี้ ในขั้นตอนของการเรียนรู้ในกิจกรรมไม่เป็นทางการ (นอกชั้นเรียน) ได้มีสถานการณ์มอบหมายงานให้ผู้เรียนเก็บหลักฐานปรากฏการณ์ที่นักเรียนได้พบในชีวิตประจำวัน โดยใช้แอปพลิเคชัน KKU I Note แล้วนำหลักฐานเหล่านั้นมาอภิปรายในห้องเรียนร่วมกัน พบว่ามีนักเรียนบางส่วนเก็บหลักฐานมา ไม่ตรงกับข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น ในห้องเรียนได้มีการสะท้อนผลข้อมูลย้อนกลับให้ผู้เรียน แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ จึงไม่ได้ให้ผู้เรียนเก็บหลักฐานมาใหม่เพื่อตรวจสอบ ดังนั้นในการวิจัยครั้งถัดไป หลังจากสะท้อนผลให้ผู้เรียน ควรให้ผู้เรียนเก็บหลักฐานมาใหม่เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

2) จากการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดจำนวนของกลุ่มเป้าหมาย เนื่องจากเป็นโรงเรียนมัธยมขนาดเล็ก กลุ่มเป้าหมายมีจำนวนน้อย และไม่ครบทุกระดับชั้นเรียนของชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หากนักเรียนมีจำนวนมาก ครบในทุกระดับชั้นเพื่อทำการวิจัยแบบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม อีกทั้งบริบทของกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนนอกเขตเมือง อำเภอสวนหลวง จังหวัดขอนแก่น ไม่สามารถอ้างอิงได้ถึงนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้ทั้งหมด หากบริบทของกลุ่มเป้าหมายมีความแตกต่างกัน อาจส่งผลให้ทั้งผลการสร้างคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และผลของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันตามการวิจัยทางสังคมศาสตร์

จริยธรรมการวิจัย

ผู้วิจัยได้ผ่านการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ จากศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขอความยินยอม และชี้แจงถึงการสังเกตการณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และขออนุญาต ถ่ายภาพ โดยไม่ให้เห็นหน้าของผู้เข้าร่วมงานวิจัย ผู้วิจัยขอรับรองว่าข้อมูลที่ได้รับจากท่านจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ประการใด จะไม่มีการระบุชื่อหรือข้อมูลส่วนตัว และดำเนินการทำลายข้อมูลภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัย

References

- Asmiliyah, A., Khaerudin, K. and Solihatin, E. (2021). Mobile learning with STEM approach in physics learning. *Journal of Education Research and Evaluation*, 5(4), 606.
- Berland, L. and Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.
- Beyer, C. J. and Davis, E. A. (2008). Fostering second graders' scientific explanations: A beginning elementary teacher's knowledge, beliefs, and practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 17(3), 381-414.
- Buck, L. B., Bretz, S. L., and Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38, 52-58.
- Chamrat, S. (2017). The definition of STEM and key features of STEM education learning activity (in Thai). *STOU Education Journal*, 10(2), 13-34.
- Chan, T. W., Roschelle, J., His, S., Kinshuk, D., Sharples, M., Brown, T., Patton, C., Cherniavsky, J., Pea, R., Norris, C., Soloway, N., Balacheff, N., Scardamalia, M., Dillenbourg, P., Looi, C. k., Milrad, M. and Hoppe, U. (2006).

- One-to-one technology-enhanced learning: An opportunity for global research collaboration. **Research and Practice in Technology-Enhanced Learning**, 1(1), 3–29.
- Fung, C. H., Poon, K. K. and Ng, S. P. (2022). Fostering student teachers' 21st century skills by using flipped learning by teaching in STEM education. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 18(12), em2204
- Ginzburg, T. and Barak, M. (2023). Technology-enhanced learning and its association with motivation to learn science from a cross-cultural perspective. **Journal of Science Education and Technology**, 32, 597-606.
- Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N. and Taasobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience Majors. **Journal of Research in Science Teaching**, 48(10), 1159-1176.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, 66, 64–74.
- Kamtet, W., Kruea-In, N. and Wannagatesiri, T. (2020). Developing scientific explanation ability of biology student teachers by providing experiences in generating scientific evidences and writing scientific explanations. **Journal of Education and Innovation**, 25(1), 238–251.
- Kelley, T. R., and Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. **International Journal of STEM Education**, 3, 11.
- McNeill, K. L. and Krajcik, J. S. (2008). Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. In J. Luft, R. Bell & J. Gess-Newsome (Eds.). **Science as inquiry in the secondary setting**. (p. 121-134). Arlington, VA: National Science Teacher Association Press.
- Phaprom, P. and Srisawasdi, N. (2018). Promoting students' conceptual understanding and scientific and engineering practices for the students in Mattayomsuksa 6 with Inquiry-based STEM learning module on nanoscience (in Thai). **Journal of Graduate Research**, 9(2), 43–67.
- Song, Y. (2014). Bring Your Own Device (BYOD)" for seamless science inquiry in a primary school. **Computers & Education**, 74, 50-60.
- Song, Y. (2018). Improving primary students' collaborative problem solving competency in project-based science learning with productive failure instructional design in a seamless learning environment. **Educational Technology Research and Development**, 66, 979–1008.
- Soodjai, S. and Srisawasdi, N. (2021). Effect of Digital Card Game-based Open Inquiry Science Learning on Protein Synthesis on Secondary School Students' Learning Motivation toward Biology (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 44(4), 68-83.
- Sritawan, N. and Srisawasdi, N. (2022). Effect of seamless STEM learning on Newton's law of motion on scientific explanation competency (in Thai). **Journal of Education (Graduate Studies Research) Khon Kaen University**, 16(1), (32-54).
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2023). **PISA 2022 Results: Executive Summary** (in Thai). Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology Press.
- Vedder-Weiss, D. and Fortus, D. (2012). Students' declining motivation to learn science: A follow up study. **Journal of Research in Science Teaching**, 49(9), 1057-1095.
- Wong, L. H. and Looi, C. K. (2011). What seems do we remove in mobile-assisted seamless learning? A critical review of the literature. **Computers & Education**, 57(4), 2364–2381.
- Yodsanga, S. and Srisawasdi, N. (2021) The Effect of Using Digital Board Game-Based Learning Scientific Inquiry Approach. On Science Motivation Regarding Photosynthesis Phenomenon (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 44(3), 144-162.