

การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ 4E

The Development of Scientific Argumentation Skills of Grade 11 Students
Using the 4E Based Learning

ศุภกาญจน์ บัวทิพย์¹ นूरยัสมินทร์ สหสันติวรกุล^{2*} และ ณัฐวิทย์ พจนตันติ³

Supakan Buatip^{1*} Nuryasmin Sahasantivorakul² and Nathavit Portjanatanti³

^{1,3}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

(Faculty of Education, Prince of Songkla University)

²คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

(Faculty of Education, Yala Rajabhat University)

บทคัดย่อ

ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย มีความเข้าใจในแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E และ 2) ศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4E กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) จำนวน 31 คน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบ 4E จำนวน 2 แผน แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4E วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent sample) ผลการวิจัย พบว่า 1) ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E มีทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4E อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.93$ และ $S.D.= 0.11$) และการปรับสถานการณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง เนื้อหา การใช้คำถาม และการเสริมแรงจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการค้นคว้าหาคำตอบสู่การสร้างองค์ความรู้

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบ 4E ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

The skill of scientific argumentation is crucial for science classes, as it fosters active student engagement in learning activities. This engagement promotes meaningful learning and a deeper understanding of scientific concepts and processes. The objectives of this research were: 1) to compare the scientific argumentation skills before and after the experiment using 4E based learning for grade 11 students and 2) to study the students satisfaction with the 4E based learning to enhance scientific argumentation skills of grade 11 students. The participants were 31 Grade 11 students from the Demonstration School of Prince of Songkla University (Secondary Division). The research instruments included two lesson plans based on the 4E based learning, a scientific argumentation skill assessment, post-learning observation forms, and a satisfaction questionnaire regarding the 4E based learning. Data were analyzed using mean, standard deviation, and a t-test for dependent samples to assess the impact of the intervention. Results: 1) The comparison of scientific argumentation skills before and after the experiment using 4E based learning for Grade 11 students as follow: The students mean score of the posttest on scientific argumentation skills were higher than mean score of the pretest at the statistical significance of .01 2) The students satisfaction towards 4E based learning was at the highest level ($\bar{X}=4.93$, $S.D.= 0.11$). Adapting learning scenarios to align with the target group, content, questioning techniques, and reinforcement enhances students' curiosity, encouraging exploration and knowledge construction.

KEYWORDS: 4E Based Learning, Scientific Argumentation Skill

**Corresponding author, E-mail: Minsayrun11@gmail.com Tel. 0804311631*

Received: 15 December 2024 /Revised: 23 February 2025 /Accepted: 12 March 2025 /Published online: 30 April 2025

บทนำ

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงไปทุกด้าน เช่น ด้านสังคม เศรษฐกิจ การเมือง เทคโนโลยี เนื่องจากวิทยาการและเนื้อหาสาระความรู้ที่จำเป็นได้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง (Oonpuy, 2022) และมีการนำเอาเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิต (Ministry of Education, 2008) แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้คนในสังคมเกิดการถกเถียงกันจากความคิดเห็นไม่ตรงกัน จนส่งผลให้เกิดปัญหาความขัดแย้งทางสังคม (Toulmin, 2003; Espeja & Lagarón, 2015) ดังนั้นเมื่อนักเรียนได้เรียน วิทยาศาสตร์ และอยู่ในสังคมวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นต้องมีทักษะการโต้แย้งที่ดี ซึ่งทักษะการโต้แย้งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการมีส่วนร่วมในการโต้แย้งของนักเรียน เป็นการฝึกปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ การให้ เหตุผลที่อาศัยหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือ ที่สำคัญของการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนใน การฝึกปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Berland & McNeill, 2010; Sampson et.al, 2011) การนำทักษะการโต้แย้งทาง วิทยาศาสตร์มาใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์กำลังเป็นที่ได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษา และผู้ที่สนใจ เนื่องจาก นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ตัดสินใจกับประเด็นปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคมที่

เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ผ่านการทำความเข้าใจและนำความรู้ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการสร้างคำอธิบาย เพื่อนำไปสู่ข้อสรุป โดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เกิดจากคนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปมีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน และพยายามหาเหตุผลสนับสนุนที่มีความน่าเชื่อถือ เพื่อ ยืนยันความถูกต้องและการลงข้อสรุปที่น่าเชื่อถือ (Kuhn, 2003; Suwannatrat & Sangpradit, 2023) โดยองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Lin & Mintzer (2010) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ผู้เรียนได้นำเสนอผลที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง หรือความคิดเห็นของตนเองต่อประเด็นที่กำลังเป็นที่พิจารณาอยู่ในขณะนั้น 2) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) เป็นการให้เหตุผลกับข้อกล่าวอ้าง เพื่อสนับสนุนให้ข้อกล่าวอ้างนั้นมีความน่าเชื่อถือ 3) หลักฐานสนับสนุนเหตุผล (Evidence) เป็นการนำเสนอหลักฐาน ข้อเท็จจริง หรือข้อมูล เพื่อประกอบการอธิบายเหตุผลที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เพื่อให้ข้อกล่าวอ้างนั้นได้รับการยอมรับ 4) ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป (Counter Claim) เป็นการให้เหตุผลต่อข้อกล่าวอ้างจากมุมมองอื่น ที่แตกต่างจากข้อกล่าวอ้างเดิมของตนเอง ทำให้ข้อกล่าวอ้างเดิมมีความน่าเชื่อถือน้อยลง และขจัดข้อผิดพลาดจากข้อกล่าวอ้างที่สร้างไว้ในตอนแรก และ 5) การโต้แย้งกลับ (Rebuttal) เป็นการโต้แย้งที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างที่แตกต่างออกไปจากข้อกล่าวอ้างเดิมมีความน่าเชื่อถือน้อยลง และตกไปในที่สุด โดยการหาพยานหลักฐานและการให้เหตุผลที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่ามาสนับสนุน

การโต้แย้งวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ เพราะหากนักเรียนไม่มีการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการมีส่วนร่วมในการสนทนาเชิงโต้แย้งในชั้นเรียนจะส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน (Osborne, 2012) อีกทั้งการโต้แย้งในเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการสร้างเหตุผล ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่เสริมสร้างให้นักเรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์ในเชิงลึกและนำไปใช้ได้จริง อย่างไรก็ตามการเรียนการสอนที่ผ่านมาเกี่ยวกับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนยังขาดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสิ่งที่เกี่ยวข้องโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Ping et al., 2020) นักเรียนไม่สามารถสร้างข้อโต้แย้งได้ เนื่องจากไม่สามารถระบุข้อมูลและหลักฐานที่เกี่ยวข้องและเพียงพอเพื่อสนับสนุนข้อสรุปของตน (Walker & Sampson, 2013) หรือใช้ข้อสรุปที่ไม่มีมูลหรือหลักฐานที่ไม่น่าเชื่อถือมาสนับสนุนแนวคิดของตนเอง (Osborne et al., 2004) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ส่วนใหญ่เน้นการบรรยายและท่องจำความรู้ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีโอกาสได้ลงมือทำกิจกรรม โดยครูพยายามบรรยายเนื้อหาตามหนังสือตลอดคาบเรียน ครูมักใช้คำถามปลายปิดในการอภิปราย นักเรียนจึงไม่มีโอกาสตั้งคำถามในสิ่งที่ตนเองสงสัย รวมทั้งไม่มีโอกาสสร้างข้อโต้แย้งเพื่อหาความหมายที่ลึกซึ้งและเชื่อมโยงความรู้กับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้ (Kumandang et al., 2020) จากการศึกษาแนวโน้มผลการประเมินนักเรียนนานาชาติ Programme for International Student Assessment (PISA) ซึ่งจัดสอบโดย Organisation for Economic Co-operation & Development (OECD) ในปี 2018 ที่มุ่งเน้นการคิดวิเคราะห์เป็นหลัก พบว่า นักเรียนมีคะแนนวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย คือ 426 คะแนน (ค่าเฉลี่ย 489 คะแนน) จะเห็นได้ว่าผลการประเมินสามารถสะท้อนถึงคุณภาพการศึกษา อันเกิดจากการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันยังขาดกระบวนการที่ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสในการพิจารณา วิพากษ์ คิดวิเคราะห์ และไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบ 4E ที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนขึ้นจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 รูปแบบ คือ แบบการฝึกสืบเสาะหาความรู้ (Suchman, 1962) แบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Schwab, 1965) กระบวนการสืบสอบหาความรู้เป็นกลุ่ม การซักค้าน (Joyce et al., 2009) และแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง (Sampson et al., 2009) เพื่อให้ได้มาซึ่งขั้นตอนที่จะนำไปสนับสนุนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้แบบ 4E อยู่ภายใต้แนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ จึงช่วยส่งเสริมทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะ แสวงหาความรู้ และสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการลงมือปฏิบัติ อีกทั้งเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ อภิปรายหรือโต้แย้งร่วมกันระหว่างผู้เรียนภายในชั้นเรียน ภายใต้การยอมรับและเคารพความคิดเห็นที่แตกต่าง (Woranetsudathip, 2009) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเกิดปฏิสัมพันธ์ มีความร่วมมือ และได้ลงมือปฏิบัติจริง (Abbas, 1997)

นอกจากนี้กระบวนการสืบเสาะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ (Dawson & Venille, 2010) และพัฒนาให้ผู้เรียนวิทยาศาสตร์ ผ่านประสบการณ์การเรียนรู้ที่ถูกกระตุ้นให้เกิดความสงสัยจากการตั้งคำถาม หรือประเด็นปัญหาต่าง ๆ จนเกิดกระบวนการค้นหาคำตอบ เพื่อตรวจสอบข้อมูลและหลักฐานอย่างมีเหตุผลและรอบคอบ และการจัดการเรียนรู้แบบ 4E มีขั้นตอนสำหรับการจัดการเรียนรู้ คือ ขั้นที่ 1 เผชิญปัญหา (Encounter problems) ขั้นที่ 2 ค้นหาคำตอบ (Explore Need) ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Exchange Learning) และขั้นที่ 4 ประเมินและสรุปแนวคิด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ 4E ที่มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ค้นคว้าหาคำตอบ ผ่านการตรวจสอบ เพื่อให้ได้ข้อสรุป จนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจต่อการเรียนชีววิทยา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E
2. เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4E

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบ 4E หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่นำประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งสัมพันธ์กับเนื้อหาที่นำมาสอน โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับองค์ความรู้จากการสืบเสาะและลงมือปฏิบัติ ซึ่งมีกระบวนการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เผชิญปัญหา (Encounter problems) หมายถึง การนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ปัญหาหรือประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งสัมพันธ์กับเนื้อหา และผลการเรียนรู้ ประเด็นหรือปัญหาที่นำมาควมมีความหลากหลาย อาจจะ เป็นประเด็นที่เกิดจากความสนใจของนักเรียนหรือเกิดจากการกระตุ้นของครู

ขั้นที่ 2 ค้นหาคำตอบ (Explore Need) หมายถึง การสำรวจตรวจสอบ กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ และลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล อาจทำได้หลายวิธี เช่น การสืบค้นข้อมูลจากเอกสาร สืบถาม ทดลอง เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอ

ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Exchange Learning) หมายถึง การนำข้อค้นพบเกี่ยวกับปัญหาหรือประเด็นที่ได้จากการสืบค้นเสนอผ่านการอภิปราย และร่วมกันแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล เพื่อเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันระหว่างกลุ่มนักเรียนและครู โดยเคารพความเห็นต่าง

ขั้นที่ 4 ประเมินและสรุปแนวคิด (Evaluate & summary concept) หมายถึง การประเมินแนวคิดจากการอภิปราย และแสดงความคิดเห็นร่วมกัน หากแนวคิดไม่ตรงกัน ครูจะเป็นผู้ปรับปรุงความคิดโดยการตั้งคำถามกระตุ้นและตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจ เพื่อให้ได้แนวคิดที่ถูกต้องและชัดเจนขึ้น

2. ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงความคิดเห็นที่ผ่านคำพูดหรือตัวอักษรอย่างมีเหตุผลหรือหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน และคัดค้านความคิดเห็นต่างออกไป เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่มีความน่าเชื่อถือและยอมรับได้บนพื้นฐานของหลักฐาน ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ

1) ข้อกล่าวอ้าง หมายถึง ข้อคิดเห็นต่อปัญหาหรือประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ หรือสถานการณ์ที่กำลังพิจารณาอยู่ในขณะนั้น

2) เหตุผลหรือหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หมายถึง ข้อมูลหรือหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3) ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป หมายถึง ข้อคิดเห็นหรือความคิดเห็นที่ต่างออกไปจากข้อกล่าวอ้างเดิม โดยการให้เหตุผลหรือหลักฐานสนับสนุนมุมมองใหม่

4) การโต้แย้งกลับ หมายถึง การคัดค้าน เพื่อให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปจากข้อกล่าวอ้างเดิมมีความน่าเชื่อถือ ลดลงด้วยเหตุผลหรือข้อมูลที่มีหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์

3. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ความคิดเห็นของผู้เรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E เพื่อส่งเสริมทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยองค์ประกอบของความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านครู ด้านกระบวนการจัดกิจกรรม และด้านการวัดและประเมินผล

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองแบบ One Group Pre-test Post-test Design (Fitz-Gibbon, 1987)

กลุ่มเป้าหมายการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในกลุ่มวิชาชีพด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ (วส.) กลุ่ม 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) จำนวน 1 ห้อง ซึ่งมีนักเรียนทั้งหมด จำนวน 31 คน เนื่องจากมีจำนวนเพียงห้องเดียวที่นักเรียนมีความสนใจที่จะศึกษาด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ

เครื่องมือวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบ 4E เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องระบบย่อยอาหารของมนุษย์ ระบบหายใจและแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ แผนละ 6 ชั่วโมงรวมเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน 1) เสนอปัญหา 2) ค้นหาคำตอบ 3) แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และ 4) ประเมินผลและสรุปแนวคิด สอดคล้องกับองค์ประกอบทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ผู้วิจัยแสดงรายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดัง Table 1

Table 1 ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 4E และทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 4E	องค์ประกอบของ ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
ขั้นที่ 1 เสนอปัญหา เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ปัญหาหรือประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งสัมพันธ์กับเนื้อหาหรือผลการเรียนรู้ ประเด็นหรือปัญหานั้นมาควรมีความหลากหลาย อาจจะ เป็นประเด็นที่เกิดจากความสนใจของนักเรียนหรือเกิดจากการกระตุ้นของครู	1. ข้อกล่าวอ้าง
ขั้นที่ 2 ค้นหาคำตอบ เป็นการสำรวจตรวจสอบ กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ และลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล อาจทำได้หลายวิธี เช่น การสืบค้นข้อมูลจากเอกสาร สืบถาม ทดลอง เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอ	1. ข้อกล่าวอ้าง 2. เหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 4E	องค์ประกอบของ ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เป็นการนำข้อค้นพบเกี่ยวกับปัญหาหรือประเด็นที่ได้จากการสืบค้นเสนอผ่านการอภิปราย และร่วมกันแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล เพื่อเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันระหว่างกลุ่มนักเรียนและครู โดยเคารพความเห็นต่าง	1. ขอล่าอ้าง 2. เหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 3. ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป 4. การโต้แย้งกลับ
ขั้นที่ 4 ประเมินผลและสรุปแนวคิด การประเมินแนวคิดจากการอภิปราย และแสดงความคิดเห็นร่วมกัน หากแนวคิดไม่ตรงกัน ครูผู้สอนจะเป็นผู้ปรับปรุงความคิดโดยการตั้งคำถามกระตุ้นและตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ เพื่อให้ได้แนวคิดที่ถูกต้องและชัดเจนขึ้น	1. ขอล่าอ้าง 2. เหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 3. ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป 4. การโต้แย้งกลับ

ดังนั้นผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญปรากฏว่ามีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

2. แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ตามกรอบการวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้ และผลการพิจารณาความสอดคล้องของแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจะถือว่าเป็นแบบวัดที่มีความเหมาะสมซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ข้อคำถามแต่ละข้อมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ซึ่งถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งมีหลักเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดัง Table 2

Table 2 เกณฑ์การให้คะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ขอล่าอ้าง	บอกขอล่าอ้างได้เหมาะสมและชัดเจน	บอกขอล่าอ้างแต่ไม่ชัดเจน	ไม่บอกขอล่าอ้าง
เหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ให้เหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้มากกว่า 1 ประเด็น	ให้เหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ 1 ประเด็น	ไม่ให้เหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้
ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป	บอกข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้อย่างถูกต้อง และมีเหตุผลหรือหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป โดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์	บอกข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่มีเหตุผลหรือหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป โดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์	ไม่บอกข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป
การโต้แย้งกลับ	ให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์	ให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป แต่ไม่ใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์	ไม่ให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป

3. แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ เป็นการบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ปัญหาความเหมาะสม จุดเด่น และจุดที่ควรปรับปรุงแก้ไขที่พบในการสอนแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

4. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4E โดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีประเด็นและข้อขยายของคำถามที่แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านครู 2) ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ และ 3) ด้านการวัดและประเมินผล มีจำนวน 14 ข้อ ตามแนวคิดของลิเคิร์ต (Likert) และข้อคำถามแต่ละข้อมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ซึ่งถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทราบ และทำการวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นดำเนินการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนให้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 2 แผนการจัดการเรียนรู้ คือ 12 ชั่วโมง โดยเมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้แล้วเสร็จในแต่ละแผน ผู้วิจัยจะให้นักเรียนสะท้อนความรู้ในเนื้อหา และความรู้สึกต่อการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบสะท้อนคิดของนักเรียน และผู้วิจัยเขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้จะทำการวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 2 ชั่วโมง และให้นักเรียนทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4E ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยนำแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้นำมาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) และเปรียบเทียบคะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบ 4E โดยใช้สถิติการทดสอบที ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent sample)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยนำแบบสะท้อนคิดของผู้เรียน และแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้มาคัดแยก และจัดระเบียบเนื้อหาของข้อมูลตามประเด็นสำคัญที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้

ผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E

ผลการเปรียบเทียบทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E โดยภาพรวม พบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E มีคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}=9.84$, $S.D.=2.71$) หลังได้รับการจัดการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}=13.13$, $S.D.=1.96$) และ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลัง พบว่า หลังสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดัง Table 3

Table 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E

การจัดการเรียนรู้	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	$S.D.$	t	p
ก่อนจัดการเรียนรู้	31	16	9.84	2.71	12.32	<.001
หลังจัดการเรียนรู้	31	16	13.13	1.96		

* $p < .01$

จากการศึกษาและสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้จากบันทึกข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้และข้อคิดเห็นเพิ่มเติมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากแบบสะท้อนคิดของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบ 4E สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น เนื่องจากนักเรียนสามารถเรียนรู้จากการสืบค้นข้อมูล ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งสามารถสรุปพฤติกรรมที่โต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบ 4 E ในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 เผชิญปัญหา (Encounter problems)

ขั้นตอนนี้เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนและเริ่มกิจกรรมด้วยการสร้างความสนใจด้วยการยกสถานการณ์จริงของกรณีการเสียชีวิตปริศนาของนางดวงกมล และเด็กวัย 1 ขวบ ด้วยการจำลองเป็นเนื้อหาจากข่าวในหน้าหนังสือพิมพ์ และให้นักเรียนสวมบทบาทเป็นเจ้าหน้าที่สืบสวนสอบสวน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้วิเคราะห์และเชื่อมโยงความรู้จากประสบการณ์ที่มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำลังศึกษา โดยครูกระตุ้นความสนใจเพิ่มเติม ด้วยการตั้งคำถาม “นักเรียนได้รับข้อมูลใดบ้างจากสถานการณ์ที่ผู้สื่อข่าวรายงานข้างต้น” โดยนักเรียนในชั้นเรียนส่วนใหญ่จะตอบคำถามในประเด็นที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ ข้อกล่าวอ้าง เช่น “ผู้เสียชีวิตเป็นหญิง ชื่อดวงกมล อายุ 33 ปี” “ผู้ตายได้รับประทานส้มตำหอยดองก่อนเสียชีวิต” และ “เด็กเสียชีวิตจากการตกบันได” เป็นต้น ซึ่งมีตัวอย่างคำตอบจากนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

“ผู้เสียชีวิตเป็นหญิง ชื่อดวงกมล อายุ 33 ปี เป็นพนักงานบัญชี นอนเสียชีวิตอยู่ในห้องพัก มีสภาพเปลือยท่อนล่าง” (Satit 02)

“ก่อนผู้ตายเสียชีวิต 1 วัน ผู้ตายมีการทะเลาะกับนายสมมาตร ซึ่งเป็นชายเพื่อนบ้านของผู้ตาย”

(Satit 04)

“เด็กวัย 1 ขวบมีอาการป่วยก่อนหน้าเสียชีวิต”

(Satit 12)

“เด็กวัย 1 ขวบ เสียชีวิตจากการตกบันได 3 ชั้น และบริเวณร่างกายของเด็ก พบรอยฟกช้ำ”

(Satit 26)

“พ่อกับแม่ของเด็กมีประวัติการรักษาจากสถานบำบัดยาเสพติด”

(Satit 29)

ดังนั้นข้อมูลที่นักเรียนร่วมกันตอบคำถามสามารถเชื่อมโยงสู่สาเหตุการเสียชีวิตปริศนาของผู้ตายทั้งสอง

ขั้นที่ 2 ค้นหาคำตอบ (Explore Need)

ขั้นตอนนี้เป็นการสำรวจตรวจสอบ กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ และลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสืบค้นข้อมูลจากเอกสารด้วยเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้ข้อมูลประกอบการหาคำตอบอย่างเพียงพอ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิด และตัดสินใจเลือกประเด็นสาเหตุที่นำไปสู่การเสียชีวิต รวมถึงนักเรียนจะต้องสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผลจากประเด็นหรือสถานการณ์ที่นักเรียนได้รับ โดยข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อคิดเห็นในการยืนยันคำตอบจากสถานการณ์ที่ได้รับ หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสืบค้นและค้นคว้าหาคำตอบ เพื่อนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และเหตุผล คือ สิ่งที่แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างข้างต้น ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ ครูจะต้องกระตุ้นผู้เรียนด้วยการตั้งคำถาม เพื่อนำไปสู่การสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง และ 2) เหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เช่น “นักเรียนคิดว่าหลักฐานหรือประเด็นใดจากสถานการณ์ที่เจ้าหน้าที่สอบสวนสามารถเชื่อมโยงไปสู่สาเหตุการเสียชีวิต” โดยนักเรียนส่วนใหญ่ได้แสดงหลักฐานด้วยการแสดงคำตอบ ซึ่งมีตัวอย่างคำตอบจากนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

“ส้มตำหอยดองที่รับประทานก่อนเสียชีวิต”

(Satit 19)

“อุจจาระของผู้เสียชีวิต เนื่องจากผู้เสียชีวิตมีการถ่ายเหลว”

(Satit 25)

“สารคดีหลัง เนื่องจากก่อนเสียชีวิตผู้ตายมีการทะเลาะกับเพื่อนบ้าน และมีสภาพศพนอนเปลือยท่อนล่าง” (Satit 09)

“สภาพศพของเด็กที่เสียชีวิต เนื่องจากมีรอยช้ำบริเวณช่วงอก” (Satit 24)

“คำให้การของเพื่อนบ้าน หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับผู้เสียชีวิต” (Satit 08)

ดังนั้นในขั้นตอนการค้นหาคำตอบนี้ ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการค้นหาคำตอบ การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การแสดงความคิดเห็น และเคารพความเห็นต่างของเพื่อนภายในกลุ่ม เมื่อได้ข้อสรุปสาเหตุหรือประเด็นการเสียชีวิตที่ตรงกันภายในกลุ่ม แล้วนักเรียนจะต้องทำการออกแบบข้อมูลเพื่อใช้ในการนำเสนอ เช่น แผนผังหรือรูปภาพ เป็นต้น นักเรียนทุกคนให้ความร่วมมือ มีการแสดงความคิดเห็นในประเด็นต่าง ๆ ที่สามารถบ่งชี้สาเหตุการเสียชีวิต และพบว่านักเรียนบางคนที่ปกติมีพฤติกรรมไม่ชอบพูด ค่อนข้างเงียบ แต่เมื่อจัดกิจกรรมแบบ 4E จะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถปรับพฤติกรรมและกล้าแสดงความคิดเห็น มีความสนใจ และกระตือรือร้นในการค้นหาคำตอบ รวมทั้งมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกับเพื่อนในกลุ่มมากขึ้น

ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Exchange Learning)

ในการขั้นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เป็นการนำข้อค้นพบหรือข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หรือข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นเกี่ยวกับปัญหาหรือประเด็นที่ได้จากการสืบค้น เสนอผ่านการอภิปรายหน้าชั้นเรียน โดยกลุ่มที่เป็นผู้รับฟังสามารถแสดงความคิดเห็นโดยการโต้แย้ง หรือยอมรับความคิดเห็นของกลุ่มที่นำเสนออย่างมีเหตุผล พร้อมให้หลักฐานหรือเหตุผลทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันระหว่างกลุ่ม ซึ่งในขั้นตอนนี้มีกลุ่มนักเรียนที่มีความเห็นตรงกัน เช่น “นางดวงกมลเสียชีวิตจากการติดเชื้อในทางเดินอาหาร” และกลุ่มที่มีความเห็นต่าง หรือการมีข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป และมีการโต้แย้งกลับ เช่น “นางดวงกมลตายจากการแพ้ยาล” นอกจากนี้ยังพบว่า ในช่วงการนำเสนอความคิดเห็น นักเรียนให้ความสนใจและร่วมแลกเปลี่ยนความเห็นกับเพื่อนที่นำเสนอดีมาก อีกทั้งยังมีข้อค้นพบเพิ่มเติมว่า นักเรียนส่วนมากยังคงมีความมั่นใจในความคิดเห็นของตน แต่ก็ยังมีบางคนที่มีความคิดเห็นคล้อยตามกับนักเรียนที่นำเสนอหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 4 ประเมินและสรุปแนวคิด (Evaluate & summary concept)

หลังจากเสร็จสิ้นขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ครูและนักเรียนจะร่วมกันสรุปและอภิปรายผลการเรียนรู้จากกิจกรรมทั้งหมดที่ได้จากการได้ลงมือปฏิบัติ ครูจะดำเนินการสรุปแนวคิด เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดที่ถูกต้องและมีความชัดเจนขึ้น โดยการตั้งคำถามว่า “จากการนำเสนอของนักเรียนทั้งหมด มีประเด็นการโต้แย้งที่นักเรียนมีความคิดเห็นตรงกัน คืออะไร” ซึ่งมีตัวอย่างคำตอบที่หลากหลายจากนักเรียนในชั้นเรียน เช่น

“เด็กชาย เสียชีวิตจากการชั้วบอดฉีดยา จนทำให้ไม่สามารถหายใจได้” (Satit 01)

จากนั้นครูตั้งคำถามเพิ่มเติมว่า “มีประเด็นการโต้แย้งที่นักเรียนเห็นต่างกันบ้างไหม คืออะไร” ซึ่งมีตัวอย่างคำตอบจากนักเรียนในชั้นเรียนที่แตกต่างกัน เช่น

“เด็กตายจากการแพ้ยาล เนื่องจากแม่ให้ทานยาที่ตัวเองมีอยู่ภายในบ้าน” (Satit 11)

จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปรายงานผลการตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหา เพื่อประเมินตรวจสอบความรู้ และความเข้าใจของนักเรียน

2. การเปรียบเทียบทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E ตามองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E ตามองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E มีค่าเฉลี่ยตามองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทุกด้านหลังเรียน สูงกว่าค่าเฉลี่ยของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดัง Table 4

Table 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E

องค์ประกอบ ทักษะการโต้แย้ง ทางวิทยาศาสตร์	คะแนน เต็ม	ก่อนจัดการเรียนรู้		หลังจัดการเรียนรู้		t	p
		<i>X</i>	<i>S.D.</i>	<i>X</i>	<i>S.D.</i>		
ข้อกล่าวอ้าง	4	2.94	0.68	3.39	0.62	3.11	<.001
เหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อ กล่าวอ้าง	4	2.19	0.91	3.35	0.71	8.80	<.001
ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป	4	2.52	1.12	3.39	0.84	5.48	<.001
การโต้แย้งกลับ	4	2.19	0.98	3.00	0.82	4.94	<.001
รวม	16	9.84	2.71	13.13	1.96	12.32	<.001

* $p < .001$

จากการสรุปพฤติกรรมทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบ 4 E ตามองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังของ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E ได้ดังนี้

องค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง

จากการตรวจสอบแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เขียนอธิบายถึงข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์หรือประเด็นที่กำหนดให้ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E ผู้วิจัยถามว่า “นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับกรณีที่นางสาวเอมอรเดินทางตากฝนระหว่างเดินทางกลับบ้าน จึงทำให้มีอาการข้างต้นนี้” พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นจากสถานการณ์ได้แต่ไม่ชัดเจน โดยไม่อยู่บนหลักทางวิทยาศาสตร์ แสดงตัวอย่างคำตอบ เช่น “การเดินทางตากฝนกลับบ้านของนางสาวเอมอร ส่งผลให้เกิดอาการเจ็บหน้าอก หายใจเร็วถี่ จนมีเสียงหายใจดังวี๊ด (คล้ายอาการหอบหืด) รวมถึงมีอาการหนาวสั่น”

หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E พบว่า องค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมีคะแนนหลังเรียนมีเฉลี่ยเท่ากับ 3.39 สูงขึ้นจากก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.94 ซึ่งนักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็น และเขียนอธิบายข้อกล่าวอ้างได้เหมาะสมและชัดเจน แสดงตัวอย่างคำตอบ เช่น “อาการเจ็บหน้าอก หายใจถี่ จนมีเสียงหายใจดังวี๊ด (คล้าย

อาการหอบหืด) รวมถึงมีอาการหนาวสั่น เป็นผลมาจากการสูดดมสารที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง สืบเนื่องมาจากนางสาวเอมอร ประกอบอาชีพในโรงงานชุบโลหะ”

องค์ประกอบเหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

จากการตรวจสอบแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เขียนอธิบายถึงเหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์หรือประเด็นที่กำหนดให้ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นโดยการให้เหตุผล และใช้ความรู้สึกที่คาดว่าจะ เป็น อีกทั้งยังขาดหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อมาสนับสนุน แสดงตัวอย่างคำตอบ เช่น “อาการของเอมอร อาจจะมีการสะสมของสารต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง”

หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E พบว่า องค์ประกอบเหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.35 สูงขึ้นจากก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.19 โดยนักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็น และเขียนอธิบายเหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้เหมาะสมและชัดเจน โดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน แสดงตัวอย่างคำตอบ เช่น “อาการที่เกิดขึ้นกับเอมอรและผลวินิจฉัยของแพทย์สามารถเชื่อมโยงไปสู่โรคถุงลมโป่งพองทั้งสิ้นซึ่งมีคำถามว่า นักเรียนมีหลักฐานใด เพื่อนำมาใช้ในการสนับสนุนและยืนยันเหตุผลของนักเรียน ได้แก่ หายใจถี่ มีเสียงดังวี๊ด และข้อมูลทางการแพทย์ โดยโรงพยาบาลวิภาวดี ระบุว่าลักษณะอาการข้างต้นที่กล่าวมา เกิดการอักเสบของถุงลมเล็ก ทำให้เลือดมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง (CO_2) เนื่องจากขับออกไม่ทันจึงทำให้หายใจลำบาก มีปัญหาผิดปกติเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ และสาเหตุที่ทำให้เอมอรมีอาการดังกล่าว เนื่องจากสูดดมควันพิษจากที่โรงงานเป็นประจำ”

องค์ประกอบข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป

จากการตรวจสอบแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เขียนอธิบายถึงข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปจากสถานการณ์หรือประเด็นที่กำหนดให้ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E พบว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่มีเหตุผลหรือหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป แสดงตัวอย่างคำตอบ เช่น “จากอาการที่เอมอรเป็นอาจจะไม่ได้เกิดจากการตากฝนก็ได้”

หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E พบว่า องค์ประกอบข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.39 สูงขึ้นจากก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.52 โดยนักเรียนสามารถเขียนอธิบายข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้อย่างถูกต้อง และมีเหตุผลหรือหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป แสดงตัวอย่าง เช่น “ร่างกายของเอมอรเกิดการติดเชื้อแบคทีเรีย/ไวรัส ส่งผลให้เกิดอาการเป็นไข้หวัด และเมื่อเป็นหวัดนาน ๆ ก็อาจจะส่งผลให้เป็นไซนัสอักเสบ จึงทำให้หายใจไม่สะดวก”

องค์ประกอบการโต้แย้งกลับ

จากการตรวจสอบแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เขียนอธิบายถึงการโต้แย้งกลับจากสถานการณ์หรือประเด็นที่กำหนดให้ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นโดยการให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งกลับ แต่ไม่ใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน อีกทั้งใช้ความรู้สึกส่วนตัวในการโต้กลับ แสดงตัวอย่างคำตอบ เช่น “วันที่เอมอรเดินทางกลับมาระหว่างฝนตก เป็นระยะเวลา 3 วันมาแล้ว อีกทั้งเอมอรก็ทานยาแก้หวัดไปแล้ว”

หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E พบว่า องค์ประกอบการโต้แย้งกลับมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 สูงขึ้นจากก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.19 โดยนักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นโดยการให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งกลับได้เหมาะสมและชัดเจน โดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน แสดงตัวอย่าง เช่น “อาการของเอมอรเข้าข่ายการเป็นโรคถุงลมโป่งพองได้มากกว่าการเป็นไข้หวัด เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่โรงงานมีสารพิษและมลพิษสะสม และต่อให้เอมอรมีสุขภาพร่างกายแข็งแรง เมื่อมีการสูดดมสารพิษเข้าทุกวัน ก็เกิดการสะสมสารในร่างกายมากขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้มีอาการเหล่านี้ได้”

3. ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4E

ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4E พบว่า ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4E โดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.93 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.11 ซึ่งเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านครูผู้สอนมีระดับความพึงพอใจสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 รองลงมา คือ ด้านการวัดและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.95 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.15 และด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้มีระดับความพึงพอใจต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.89 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.19 ตามลำดับ โดยระดับความพึงพอใจของรายการประเมินอยู่ในแต่ละด้านอยู่ในระดับมากที่สุดทั้งหมด ดัง Table 5

Table 5 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4E

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ด้านครูผู้สอน			
1.1 ผู้สอนมีความรู้ในเนื้อหาวิชาที่สอนเป็นอย่างดี	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 ผู้สอนมีความสามารถในการถ่ายทอดความรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 ผู้สอนมีความรับผิดชอบและตรงต่อเวลาในการสอน	5.00	0.00	มากที่สุด
1.4 ผู้สอนมีความเป็นกันเอง ให้คำแนะนำและรับฟังความคิดเห็น	5.00	0.00	มากที่สุด
รวม	5.00	0.00	มากที่สุด
2. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้			
2.1 ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย และมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.90	0.30	มากที่สุด
2.2 มีการใช้คำถามหรือกิจกรรมสนับสนุนที่กระตุ้น และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการอภิปราย และแสดงความคิดเห็น	4.94	0.25	มากที่สุด
2.3 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถาม แสดงความคิดเห็น อภิปราย และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นร่วมกัน	5.00	0.00	มากที่สุด
2.4 มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการค้นคว้า และแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่อง	4.94	0.25	มากที่สุด
2.5 มีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.97	0.18	มากที่สุด
2.6 ใช้สื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	4.65	0.55	มากที่สุด
2.7 การประยุกต์เนื้อหาที่สอนเข้ากับสถานการณ์ปัจจุบัน	4.87	0.34	มากที่สุด

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
รวม	4.89	0.19	มากที่สุด
3. ด้านการวัดและประเมินผล			
3.1 มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้	4.97	0.18	มากที่สุด
3.2 มีการกำหนดเกณฑ์การวัดและประเมินผลอย่างชัดเจน	4.90	0.30	มากที่สุด
3.3 การวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและยุติธรรม	4.97	0.18	มากที่สุด
รวม	4.95	0.15	มากที่สุด
รวมทุกด้าน	4.93	0.11	มากที่สุด

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

1. การเปรียบเทียบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบ 4E ได้ยึดหลักการตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่เชื่อว่าผู้เรียนต้องแสวงหาความรู้ โดยผ่านกระบวนการลงมือปฏิบัติ เพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่เกี่ยวกับระบบย่อยอาหารของมนุษย์ ระบบหายใจและแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ และสร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียน ส่งผลให้เกิดความรู้ ความเข้าใจที่มีความหมายแก่ผู้เรียน จนก่อให้เกิดเป็นองค์ความรู้ สอดคล้องกับ Karakul & Nuangchalerm (2016) กล่าวว่า จุดเด่นของการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ คือ การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ ผ่านการสืบเสาะ และเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งผู้วิจัยได้นำสถานการณ์จำลองการสืบคดีการตายอย่างปริศนานางดวงกมล และเด็กวัย 1 ขวบ เพราะเป็นสถานการณ์ที่มักเกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน โดยให้นักเรียนสวมบทบาทสมมติเป็นเจ้าหน้าที่สืบสวน ทำให้นักเรียนเกิดความตื่นตัว ตั้งสมมติฐานถึงสาเหตุการตาย และเกิดการโต้แย้งกับความคิดของตนเอง โดยนักเรียนต้องนำความรู้เรื่องระบบย่อยอาหารของมนุษย์ ระบบหายใจและแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ มาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่ท้าทาย สอดคล้องกับ Lahaopaiboon (2014) ที่กล่าวว่า การใช้สถานการณ์เป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความท้าทาย ส่งผลให้เกิดกระบวนการคิดนำไปสู่การแก้ปัญหา เช่นเดียวกับ Manthanoo (2022) กล่าวว่า ผู้เรียนต้องเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงจากสถานการณ์ที่เป็นจริง โดยมีผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น ผู้สอนเปิดวิดิทัศน์ หรือให้นักเรียนอ่านรายงานจากเนื้อหาข่าว และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดหาคำตอบ และระบุประเด็นที่พบจากสถานการณ์มากที่สุด เช่น รายละเอียดของผู้เสียชีวิต ข้อมูลเบื้องต้นที่ได้รับจากสถานการณ์ ซึ่งจุดเด่นของวิธีการจัดการเรียนรู้แบบ 4E คือการส่งเสริมให้นักเรียนจะได้แสดงความคิดเห็น และสามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่สามารถเป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้หลากหลายประเด็น และการใช้บทบาทสมมติสามารถฝึกการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ในทุก ๆ องค์ประกอบ โดยเฉพาะการสร้างข้อกล่าวอ้าง ค้นหาเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และการให้ความคิดเห็นสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับได้ รวมทั้งการคาดคะเนเหตุผลของเพื่อนที่มีความคิดเห็นแตกต่างไปจากความคิดเห็นของตนเอง และการรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น (Squire & Jan, 2007; Thanapud et al., 2015; Ai-kaew & Chookhampaeng (2021) ดังนั้นครูต้องมีทักษะในการตั้งคำถาม เสนอประเด็น หรือ

สถานการณ์ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และสามารถเชื่อมโยงความรู้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ เพราะคำถามที่ดีจะช่วยให้ นักเรียนเกิดกระบวนการสืบเสาะ เพื่อหาคำตอบหรือหลักฐานอันนำไปสู่การสรุปที่เหมาะสมได้ (Walker & Sampson, 2013)

การจัดการเรียนรู้แบบ 4E ได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาคำตอบ โดยการลงมือปฏิบัติเก็บรวบรวมข้อมูลจาก แหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอในการตัดสินใจที่จะสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ในการหา หลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนที่น่าเชื่อถือมายืนยันข้อกล่าวอ้างสามารถทำได้โดยการให้นักเรียนใช้หลักฐานที่มีแหล่งข้อมูลที่ ชัดเจนและมีความน่าเชื่อถือ เช่น หลักฐานประเภทสิ่งพิมพ์ หรือจากการทดลอง (Rattanakorn et al., 2018) จนนักเรียนแต่ละ คนภายในกลุ่มได้ประเด็นสาเหตุที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่การเสียชีวิตที่แตกต่างกัน และจะต้องสร้างบรรยากาศ เพื่อให้เกิด การอภิปรายและโต้แย้งกันภายในกลุ่ม โดยนักเรียนบางคนอาจจะมีการนำเสนอประเด็นที่มีการใช้อารมณ์ และความรู้สึกร่วม ด้วย สอดคล้องกับ Sadler & Donnelly (2006) พบว่า นักเรียนไม่นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนมาแล้วมาใช้เป็น เหตุผลในการตอบคำถาม ทำให้ทักษะการโต้แย้งของนักเรียนมีคุณภาพต่ำ ตลอดจนความรู้ของนักเรียนยังมีไม่มากพอ ดังนั้น เมื่อนักเรียนมีข้อมูล ความรู้หรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือสามารถนำไปสู่การเสนอข้อกล่าวอ้าง และ เหตุผล/หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ชัดเจนและถูกต้องยิ่งขึ้น และช่วยลดการใช้อารมณ์ และความรู้สึกในการตัดสินใจ และต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้แหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เพื่อเลือกข้อมูลที่ถูกต้อง เมื่อนำเสนอข้อมูลหากข้อมูลที่นักเรียนนำ เสนอมีแนวคิดที่คาดเคลื่อนทำให้เกิดการโต้แย้งขึ้นได้

ครูให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เป็นรายกลุ่ม โดยเสนอนำข้อค้นพบหรือข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เสนอ ผ่านการอภิปรายหน้าชั้นเรียน ซึ่งจะมีการนำเสนอประเด็นที่แตกต่างกันออกไป ในแต่ละกลุ่มสอดคล้องกับ Sampson et al. (2009) พบว่า นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี เมื่อมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และมีส่วนร่วมในการอภิปรายและแสดงความคิดเห็น ร่วมกับผู้อื่น หลังจากการแลกเปลี่ยนประเด็นของแต่ละกลุ่ม ครูและนักเรียนจะร่วมกันสรุปและอภิปรายกิจกรรมร่วมกัน โดย ครูเป็นผู้ดำเนินการหากแนวคิดไม่ตรงกัน ครูจะต้องเป็นผู้ปรับความคิดของนักเรียนโดยการตั้งคำถามกระตุ้นและตรวจสอบ ความรู้ ความเข้าใจ เพื่อให้นักเรียนได้แนวคิดที่ถูกต้องและชัดเจนขึ้น สอดคล้องกับ Supasatwong & Sangsuwan (2022) กล่าวว่าครูจะต้องมีการสุ่มเรียกตอบรายบุคคลและเรียกตัวแทนแต่ละกลุ่ม เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผล จึงทำให้นักเรียนบางคนได้รับการสะท้อนผลกลับภายในคาบเรียน

เมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล/หลักฐานสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง และข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าการโต้แย้งกลับ เนื่องจากนักเรียนมีความรู้จากสิ่งที่เรียน และ ประสบการณ์ในการทำกิจกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น และมีทักษะการค้นหาคำตอบหรือหลักฐานด้วยตนเอง จน ทำให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เพื่อมาสนับสนุนความคิดเห็นของตนเอง และนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้ สอดคล้องกับ Simonneaux (2001) เมื่อนักเรียนได้ลงมือค้นหาคำตอบด้วยตนเอง และคัดเลือกข้อมูลต่าง ๆ ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้เข้าใจว่าหลักฐานที่ดี คือ ข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบ และมีแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ส่วนการโต้แย้งกลับมีค่าน้อย น้อย เนื่องจาก นักเรียนมีเวลาจำกัดที่ใช้ในการโต้แย้งกลับ จึงทำให้มีการฝึกในด้านนี้น้อยลง โดยเฉพาะบางคนที่ไม่มี ประสบการณ์ในการโต้แย้งน้อย สอดคล้องกับ Songsil & Faikhamta (2017) และ Demircioglu, et al. (2023) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถให้ข้อโต้แย้งกลับเพื่อโน้มน้าวใจผู้อื่นได้ เนื่องจากการสร้างข้อโต้แย้งกลับต้องใช้กระบวนการคิดขั้น สูงจึงเป็นองค์ประกอบที่เกิดขึ้นได้ยากสำหรับนักเรียน

สำหรับระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4E เพื่อส่งเสริมทักษะ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4E มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากด้านครูผู้สอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถาม แสดงความคิดเห็น ให้คำแนะนำ ตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนเกิด ความสนใจ สามารถวิเคราะห์ และสังเคราะห์ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่สถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด ซึ่งสถานการณ์ที่ผู้สอนนำมาใช้ในการ จัดการการเรียนรู้แบบ 4E คือ สถานการณ์การสืบคดีการตายของนางดวงกมล และการตายปริศนาของเด็กวัย 1 ขวบ ซึ่งเป็น

สถานการณ์จำลองที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาผลการจัดการเรียนรู้ และเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นให้เห็นตามข่าวในปัจจุบัน เมื่อผู้สอนเสนอสถานการณ์การตายโดยไม่ทราบสาเหตุ ส่งผลให้นักเรียนมีความตื่นตัว และให้ความสนใจในการค้นคว้าคำตอบ วิเคราะห์ เพื่อหาเหตุผลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่จะนำมาเชื่อมโยงสู่สาเหตุการเสียชีวิต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hajeekhadade, Portjanatanti & Rorbkorb (2019) พบว่า ครูใช้กระบวนการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิด และสามารถค้นคว้าหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบ 4E ครูจะเป็นผู้ที่มีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก เนื่องจากครูมีความเป็นกันเอง ให้คำแนะนำและรับฟังความคิดเห็น จำลองสถานการณ์ที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการค้นคว้าหาคำตอบ จนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสามารถเกิดเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง และผ่านประสบการณ์การเรียนรู้ที่ถูกกระตุ้นให้เกิดความสงสัยจากการตั้งคำถามสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและพัฒนาให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Andrews, 1995; Abbas, 1997) ดังนั้นจึงทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4E

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบ 4E สามารถส่งเสริมให้นักเรียนการเกิดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยการกำหนดประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ ลงมือปฏิบัติด้วยการค้นคว้าหาคำตอบ เพื่อนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาใช้ในการโต้แย้ง จนนำไปสู่การลงข้อสรุป และส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจ ตั้งใจ ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม และให้ความสำคัญต่อการแสดงความคิดเห็นโดยใช้เหตุผลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้แบบ 4E ควรมีการปรับสถานการณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง และปรับใช้ให้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาตามระดับชั้นของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
2. การจัดการเรียนรู้แบบ 4E สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น เมื่อครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นด้วยการใช้คำถาม หรือการเสนอประเด็น หรือสถานการณ์ และมีการเสริมแรง เพื่อกระตุ้นความสนใจในการค้นคว้าหาคำตอบ และเกิดเป็นองค์ความรู้
3. การจัดการเรียนรู้แบบ 4E ต้องส่งเสริมให้นักเรียนใช้แหล่งข้อมูลหรือแหล่งเรียนรู้ที่มีความน่าเชื่อถือ เพื่อจะให้นักเรียนได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ลดการใช้ความรู้สึกที่จะใช้ในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
4. การจัดการเรียนรู้แบบ 4E ควรมีการจัดสรรเวลาให้เหมาะสม เนื่องจากการจัดการเรียนรู้มีการใช้กิจกรรมในการค้นหาคำตอบ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ผลจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ 4E เพื่อส่งเสริมทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไปเป็นแนวทางของการศึกษา และการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์ทางวิทยาศาสตร์ การรู้วิทยาศาสตร์ และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
2. ควรมีการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จะทำให้ครูได้พัฒนานักเรียนได้ตรงเป้าหมายมากขึ้น

References

- Abbas, A. O. (1997). *The teacher's role level classes for non-science majors: A constructivist approach for teaching prospective science teachers* (Doctoral dissertation). The School of Education, Florida State University.
- Ai-kaew, N. & Chookhampaeng, S. (2021). The Development of Grade 12th Students' Scientific Argumentation Skills through Socioscientific Issue-based Learning. *Journal of Faculty of Education Pibulsongkram Rajabhat University*, 8(1), 135-147. [in Thai]
- Andrew, S. (1995). *The effects of a constructivist learning environment on student cognition of mechanics and attitude toward science: A case study (attitude toward science)* (Doctoral dissertation). The University of North Carolina at Greensboro.
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94(5), 765-793.
- Dawson, V. M. (2010). The Impact of a Classroom Intervention on Grade 10 Students' Argumentation Skills, Informal Reasoning, & Conceptual Understanding of Science. *Journal of research in science teaching*, 47(8), 952-977.
- Demircioglu, T., Karakus, M., & Ucar, S. (2023). Developing students' critical thinking skills and argumentation abilities through augmented reality-based argumentation activities in science classes. *Science & Education*, 32(4), 1165-1195.
- Espeja, A. G. & Lagarón, D. C. (2015). Socio-scientific issues (SSI) in initial training of primary school teachers: Pre-service teachers' conceptualization of SSI & appreciation of the value of teaching SSI. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 196, 80-88.
- Fitz - Gibbon and Carol T. (1987). *How to Design a program Evaluate*. Newbury Park: Sage.
- Hajeekhadae, A., Portjanatanti, A., & Rorbkorb, N. (2019). Effect of STEM Education Approach on Biology Achievement, Scientific Creativity and Instructional Satisfaction of Grade 11 Students. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus*, 30(1), 170-180. [in Thai]
- Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2009). *Models of teaching (8thed.)*. Boston: Allyn and Bacon.
- Karakul, R. & Nuangchalerm, P. (2016). The Development of Science Activity Packages Based on Constructivist Theory for Mathayomsuksa 4, *Prae-wa Kalasin Journal of Kalasin University*, 3(2), 38-53. [in Thai]
- Kuhn, D., & Udell, W. (2003). The development of argument skills. *Child development*, 74(5), 1245-1260.
- Kumdang, P., Kijkuakul, S & Chuachuad Chaivasith, W. (2020). Development of Argument-Driven Inquiry Model to Enhancing Grade 10 Student's Creative Thinking Skills. *Journal of Education Naresuan University*, 22(2), 147-156. [in Thai]
- Lahaopaiboon, P. (2014). *Science teaching methods (8th ed.)*. Bangkok: Thai Watana Panich. [in Thai]
- Lin, S. & Mintzer, J. J. (2010). Learning argumentation skills through instruction in socioscientific issues: the effect of ability level. *International Journal of Science & Mathematics Education*, 8(6), 993-1017.

- Ministry of Education. (2008). *The Basic Education Core Curriculum, B.E. 2551* (2008). Bangkok: Ministry of Education. [in Thai]
- Manthanoo, M. (2022). Development of Science Teaching Model Based on Constructivist Theory with Collaborative Learning Theory to Develop Analytical Thinking Abilities of Mathayomsuksa 3 Students. *Journal of MCU Ubon Review*, 7(1), 681-694. [in Thai]
- Oonpuy, W. (2022). The Learning Management Using a Model Based on the STEM Education Concept to Promote Problem Solving and Decision-Making Skills of Teacher Students. *CMU Journal of Education*, 6(1), 102-116. [in Thai]
- Rattanakorn, P., Kruea-In, N. & Nugultham, K. (2018). Development of Criteria for Evaluating Argumentation Skills Utilizing Socioscientific Issues for Ninth Grade Students. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 11(2), 2720-273. [in Thai]
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J.P. (2009). Argument-Driven Inquiry: way to promote learning during laboratory activities. *The Science Teacher*, 76(8), 42-47.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*. 95(2), 217-257.
- Sadler, T. D., & Donnelly, L. A. (2006). Socioscientific argumentation: The effects of content knowledge and morality. *International Journal of science education*, 28(12), 1463-1488.
- Schwab, J., (1995). *Biological Sciences Curriculum Study: Biological Teachers 'H&book*. Hoboken, NJ.: Wiley.
- Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23(9), 903-927.
- Songsil, W. & Faikhamta, C. (2017). Grade 10 Students' Scientific Argumentation in Socio-Scientific Issues. *RMU.J.* 11(3), 175-194. [in Thai]
- Squire, K. D., & Jan, M. (2007). Mad city mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *Journal of science education and technology*, 16(1), 5-29.
- Suchman, J. R. (1962). *The Elementary School Training Program in Scientific inquiry*. Urbana: University of Illinois.
- Supasatwong, P. & Sangsuwan, A. (2022). The Development of Scientific Explanation Ability with Scientific Model on Electrochemistry of Grade 11 Students Using Model-Based Inquiry Combining with Animation. *CMU Journal of Education*, 6(3), 101-115. [in Thai]
- Suwannatrai, T & Sangpradit, T. (2023). Development of 8th Grade Students' Scientific Argumentation Skills Through Argument-Driven Inquiry with Higher Order Questions in Energy Resources Topic. *Silpakorn Educational Research Journal*, 15(1), 282-298. [in Thai]
- Thanapud, A., Pitipornatapin, S., & Jantrarotai, P. (2015). Development of grade 10th students' argumentation skills in natural resources unit using socioscientific issues-based teaching. *KKU Res J HS (GS)*, 3(2), 14-24. [in Thai]

Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument. Updated Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.

Walker, J. P., & Sampson, V. (2013). Learning to argue and arguing to learn: Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate chemistry students learn how to construct arguments and engage in argumentation during a laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 561-596.

Woranetsudathip, N. (2009). Lesson study and open approach: A case study of Khon Kaen University Demonstration School (Elementary Education). *Journal of Education Khon Kaen University*, 32(4), 76-80. [in Thai]

