

การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่องแรงในชีวิตประจำวัน เพื่อยกระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ดร.ณิ วีระพรรณ¹ กานต์ตะวัน วุฒิสเลา² ชาญสิทธิ์ คำพูน³
โชคศิลป์ ธนเอื้อง⁴ และสุระ วุฒิพรหม^{4*}

¹สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ²ภาควิชาเคมี และ ⁴ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

³คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

*E-mail: sura.w@ubu.ac.th

รับบทความ: 9 ตุลาคม 2568 แก้ไขบทความ: 25 พฤศจิกายน 2568 ยอมรับตีพิมพ์: 26 พฤศจิกายน 2568

บทคัดย่อ

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะสำคัญในวิชาฟิสิกส์ที่ช่วยให้นักเรียนสร้างข้อ-
กล่าวอ้างโดยมีเหตุผลและหลักฐานรองรับ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเรียนรู้แบบ
สืบเสาะหาความรู้ต่อทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 36 คน
โดยใช้การวิจัยเชิงกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อน-หลัง เครื่องมือคือแผนการจัดการเรียนรู้ 6
แผน และแบบประเมินทักษะการโต้แย้งตามกรอบ Toulmin วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา การ
ทดสอบค่าที การคำนวณ normalized change และ effect size ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีพัฒนา-
การทางทักษะการโต้แย้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) ค่า normalized change = 0.75 และ
Cohen's $d_z = 1.74$ แสดงถึงความแตกต่างขนาดใหญ่มาก การวิเคราะห์รายหัวข้อพบว่าหัวข้อที่มี
ความเป็นรูปธรรม เช่น ความดันของของเหลวและแรงเสียดทาน มีค่า $g_{av} > 3.50$ ในขณะที่หัวข้อที่มี
ความเป็นนามธรรม เช่น แรงและสนามของแรง มีค่าเพียง $g_{av} \approx 1.07$ นอกจากนี้การโต้แย้งในองค์-
ประกอบ ข้ออ้าง ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลเสริม พัฒนาในระดับสูง แต่เหตุผลและหลักฐาน
พัฒนาในระดับปานกลาง ผลการศึกษาชี้ว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีศักยภาพสูงต่อการ
พัฒนาทักษะการโต้แย้ง แต่ควรเสริมกลยุทธ์เพิ่มเติมในหัวข้อเชิงนามธรรม

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ศึกษา

Inquiry–Based Physics Learning on Forces in Everyday Life to Enhance Scientific Argumentation Skills

**Darunee Weraphan¹, Karntarat Wuttisela², Chansit Khamput³,
Choksin Tanahoung⁴ and Sura Wuttirom^{4*}**

¹Science Education Program, ²Department of Chemistry, and ⁴Department of Physics, Faculty of Science,
Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

³Faculty of Education, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

*E-mail: sura.w@ubu.ac.th

Received: 9 October 2025 Revised: 25 November 2025 Accepted: 26 November 2025

Abstract

Scientific argumentation is a key competency in physics education, enabling students to construct claims justified by evidence and reasoning. This study aimed to investigate the effects of inquiry–based learning (IBL) on the scientific argumentation skills of 36 Grade 8 students using a quasi-experimental, one–group pretest–posttest design. The instruments included six inquiry–based lesson plans and an argumentation test based on Toulmin’s model. Data was analyzed using descriptive statistics, paired *t*–test, normalized change, and effect size calculations. The results showed a statistically significant improvement in students’ argumentation skills ($p < .001$), with a normalized change of 0.75 and Cohen’s $d_z = 1.74$, indicating a substantial effect. A topic–level analysis revealed enormous effects for concrete concepts such as fluid pressure and friction ($g_{av} > 3.50$), while abstract concepts like force and field showed only medium–to–large effects ($g_{av} \approx 1.07$). At the component level, claim, counterargument, and rebuttal improved substantially, whereas reasoning and evidence showed moderate gains. These findings indicated that IBL significantly enhances students’ scientific argumentation abilities, but additional instructional strategies are recommended for abstract topics.

Keywords: Inquiry–based learning, Scientific argumentation, Physics education

บทนำ

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (scientific argumentation) เป็นองค์ประกอบสำคัญของการ

เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความหมาย เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนใช้ข้อมูล หลักฐาน เหตุผล เหตุผลเสริม และข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปมาสนับสนุน

สนุนข้ออ้าง เพื่อสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้งต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000; Osborne *et al.*, 2004) ผู้เรียนที่มีทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มักแสดงออกผ่านการคิดวิเคราะห์อย่างมีระบบ การใช้เหตุผลเชิงประจักษ์ และความมั่นใจในการอภิปรายแนวคิด (Zohar and Nemet, 2002) อย่างไรก็ตามจากรายงานของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) (อ้างถึงใน Yongthai, 2018) ระบุว่ายังมีเพียงร้อยละ 11.80 ของผู้เรียนที่มีศักยภาพด้านการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ นอกจากนี้ผลการประเมินระดับนานาชาติ เช่น PISA และโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study: TIMSS) พบว่าผู้เรียนไทยมีคะแนนด้านการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับนานาชาติ (Moollapa and Jantararakantee, 2025) อีกทั้งผลการวิจัยยังชี้ชัดว่าผู้เรียนแม้จะคำนวณทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง แต่มักขาดความสามารถในการอภิปรายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน (Sirithon and Jantararakantee, 2019) ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนว่าผู้เรียนยังขาดทักษะในการให้เหตุผลและการโต้แย้งอย่างมีระบบ ส่วนหนึ่งเกิดจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการท่องจำและคำตอบสำเร็จรูปมากกว่ากระบวนการได้มาซึ่งคำตอบ (Saksoong *et al.*, 2019)

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry-based learning: IBL) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงวิพากษ์ การสืบค้นและความเข้าใจเชิงมนมิต ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนตั้งคำถาม สังเกต วิเคราะห์ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Antonio and Prudente, 2024;

Arifin *et al.*, 2025) ทั้งยังช่วยส่งเสริมการคิดเชิงเหตุผล และการอภิปรายในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ (May and Vanichwatanavorachai, 2024) โดย Ladachart (2022) ระบุว่าครูที่ใช้รูปแบบดังกล่าวในการจัดการเรียนรู้อาจช่วยส่งเสริมการคิดของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (argument-driven inquiry: ADI) ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนใช้กระบวนการอภิปรายอย่างมีเหตุผลโดยใช้ข้อมูลหลักฐานประกอบได้ดียิ่งขึ้น (Antonio and Prudente, 2024; Arifin *et al.*, 2025; Saksoong *et al.*, 2019) ฉะนั้นการพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยเนื้อหาที่เหมาะสมส่งเสริมผู้เรียนให้ใช้เหตุผลอย่างมีความสำคัญในการพัฒนาทักษะดังกล่าวของผู้เรียน

แม้ว่างานวิจัยข้างต้นสะท้อนศักยภาพของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งอย่างชัดเจน แต่ส่วนใหญ่ยังคงจำกัดอยู่เพียงหัวข้อเดียวของเนื้อหาฟิสิกส์ (Aikaew and Chookhampaeng, 2021; Saksoong *et al.*, 2019; Wannathai and Pruekpramool, 2024) จึงยังขาดความเข้าใจว่าทักษะการโต้แย้งของผู้เรียนมีพัฒนาการแตกต่างกันอย่างไรเมื่อเรียนรู้ผ่านหัวข้อต่าง ๆ โดยเฉพาะเนื้อหาพื้นฐานของฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เรื่อง แรงในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นหัวข้อที่อยู่ใกล้ตัวและเชื่อมโยงกับประสบการณ์ตรงของผู้เรียน เช่น แรงลัพธ์ แรงเสียดทาน แรงและความดันของของเหลว แรงพยุขของของเหลว โมเมนต์ของแรง แรงและ

สนามของแรง แม้เป็นปรากฏการณ์ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน แต่ผู้เรียนจำนวนมากกลับมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน เช่น เข้าใจผิดเกี่ยวกับทิศทางของแรงเสียดทาน ความดันของของเหลว การเกิดแรงพยางค์ หรือการตีความแรงและสนามของแรงในเชิงนามธรรม (Piyasakpremsuk *et al.*, 2020; Somsuk *et al.*, 2015) นอกจากนี้เนื้อหาเรื่องแรงในชีวิตประจำวันยังมีลักษณะหลากหลาย ตั้งแต่หัวข้อที่เป็นรูปธรรมที่สังเกตได้ง่าย เช่น ความดันและแรงเสียดทาน ไปจนถึงหัวข้อที่เป็นนามธรรมสูง เช่น สนามของแรง ซึ่งต้องอาศัยการสร้างแบบจำลองทางความคิด ส่งผลให้ผู้เรียนมีความท้าทายในการเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์เข้ากับข้ออ้างทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาการโต้แย้งในหลายหัวข้อนี้จึงช่วยสะท้อนภาพรวมที่กว้างขึ้นของทักษะเชิงเหตุผลของผู้เรียนมากกว่าการศึกษาเฉพาะหัวข้อเดียว

จากความสำคัญที่กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง แรงในชีวิตประจำวัน ซึ่งครอบคลุม 6 หัวข้อ ได้แก่ แรงลัพธ์ แรงเสียดทาน ความดันของของเหลว แรงพยางค์ โมเมนต์ของแรง และแรงและสนามของแรง ต่อการพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมุ่งตอบคำถามวิจัย 2 ข้อ ได้แก่ 1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างไร และ 2) ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละหัวข้อมีพัฒนาการแตกต่างกันอย่างไร

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบการวิจัย การวิจัยนี้เป็นการศึกษา

เชิงปริมาณแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังเรียน (one-group pretest-posttest design) ผู้วิจัยเลือกใช้การวิจัยเชิงปริมาณแบบกึ่งทดลอง เนื่องจากสามารถควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนในสถานการณ์จริงได้ดี แสดงผลลัพธ์ของเครื่องมืออย่างเป็นรูปธรรมผ่านสถิติเชิงปริมาณ และช่วยพิสูจน์คุณค่าของเครื่องมือได้อย่างน่าเชื่อถือด้วยการเปรียบเทียบคะแนนก่อน-หลังและระหว่างกลุ่ม พร้อมทั้งตรวจสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของเครื่องมือได้อย่างเป็นระบบ

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 36 คน โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดนครพนม การคัดเลือกด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จากนักเรียนห้องที่ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอน นักเรียนทุกคนเข้าร่วมการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 6 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยผู้วิจัยพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน ครอบคลุมเนื้อหาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เรื่อง “แรงในชีวิตประจำวัน” ประกอบด้วย 6 หัวข้อ ได้แก่ แรงลัพธ์ แรงเสียดทาน แรงและความดันของของเหลว แรงพยางค์ของของเหลว โมเมนต์ของแรง และแรงและสนามของแรง แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดออกแบบตาม IBL โมเดล 5E ได้แก่ Engage Explore Explain Elaborate และ Evaluate โดยเน้นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการตั้งคำถาม การอภิปรายกลุ่ม การทดลอง และการตีความ

ข้อมูลด้วยตนเอง แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด ได้รับการตรวจสอบความเหมาะสมด้านเนื้อหา และรูปแบบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ในสาขาวิชา ฟิสิกส์ศึกษาและหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา โดยการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.23 (จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน) และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.37

แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยสร้างแบบวัดทักษะการโต้แย้งตามกรอบแนวคิดของ Toulmin's argument pattern (TAP) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้ออ้าง (claim) เหตุผล (reasoning) หลักฐาน (evidence) ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (counterargument) และเหตุผลเสริม (rebuttal) (Toulmin, 1958) แบบวัดออกแบบในลักษณะสถานการณ์สมมติ (contextual prompts) เฉพาะเรื่อง พร้อมเกณฑ์การให้คะแนนแบบ scoring rubric โดยแต่ละองค์ประกอบมีคะแนนเต็ม 2 คะแนน รวมคะแนนเต็มทั้งหมด 10 คะแนน แบบวัดผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน โดยการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของแบบวัดทักษะการโต้แย้งมีค่าเฉลี่ยรวมทุกชุดเท่ากับ 4.45 (จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน) และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39

วิธีการดำเนินการวิจัย ก่อนเรียน นักเรียนทำแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (pretest) ระหว่างเรียน ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม อภิปราย ออกแบบการทดลอง และตีความข้อมูลที่ได้ด้วยตนเอง หลังเรียน นักเรียนทำแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ชุดเดิม (posttest) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สังเกตและ

บันทึกพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างเป็นระบบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (ตาราง 1) ใช้โปรแกรมตารางคำนวณ Microsoft Excel ในชุด Office 365 นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis) จากคำตอบของนักเรียน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจคลาดเคลื่อน (misconceptions) ที่พบในกระดาดคำตอบ

จริยธรรมการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี หมายเลขใบรับรอง UBU-REC-170/2567

ผลการวิจัย

ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามหัวข้อฟิสิกส์

ผลการศึกษา (ตาราง 2) พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < .001$) โดยค่าเฉลี่ยรวมเพิ่มจาก 4.07 ± 2.37 เป็น 8.52 ± 1.37 คิดเป็น normalized change (c) = 0.75 จัดอยู่ในระดับสูง ผลการทดสอบ t -test พบว่า $t(35) = 10.45, p < .001$ มี effect size ในระดับใหญ่มาก โดยมีค่า Cohen's $d_z = 1.74, r = 0.87$ และค่า CLES = 0.89 ซึ่งหมายความว่าความน่าจะเป็นร้อยละ 89.1 ของคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผลลัพธ์นี้สะท้อนว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (IBL) มีประสิทธิภาพชัดเจนต่อการพัฒนาทักษะการโต้แย้ง

ตาราง 1 สถิติและคำอธิบายที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติ (Cohen, 2013)	คำอธิบาย
Normalized change (Marx and Cummings, 2007) $c = \begin{cases} \frac{post - pre}{100 - pre} & post > pre \\ drop & post = pre = 100 = 0 \\ 0 & post = pre \\ \frac{post - pre}{pre} & post < pre \end{cases}$ <i>pre</i> คือ คะแนนก่อนเรียน และ <i>post</i> คือ คะแนนหลังเรียน	เพื่อประเมินระดับการพัฒนาของผู้เรียนในเชิงสัมพัทธ์ โดยคำนวณการเปลี่ยนแปลงของคะแนนจากก่อนเรียนถึงหลังเรียนอย่างเป็นสัดส่วน ซึ่งช่วยให้สามารถเปรียบเทียบผลการพัฒนาได้แม้คะแนนเริ่มต้นของแต่ละบุคคลไม่เท่ากัน ค่า normalized change (<i>c</i>) แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับสูง ($c \geq 0.7$) ระดับกลาง ($0.3 \leq c < 0.7$) และระดับต่ำ ($c < 0.3$)
Cohen's d_z $d_z = \frac{post - pre}{SD}$ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างของคะแนน	สูตรนี้ใช้ในการคำนวณ effect size สำหรับการทดสอบที่มีกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (paired samples) เช่น การวัดผลก่อนเรียน-หลังเรียนในกลุ่มเดียวกัน
<i>r</i> -equivalent $r_{eq} = \frac{d_z}{\sqrt{d_z^2 + 4}}$	สูตรนี้ใช้ในการแปลงค่า effect size ให้อยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เพื่อให้สามารถตีความ effect size ได้ง่ายขึ้น
Common language effect size (CLES) $CLES = \Phi\left(\frac{d_z}{\sqrt{2}}\right)$ Φ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวแปรสุ่มปกติมาตรฐาน (cumulative distribution function of the standard normal distribution)	CLES คือการวัด effect size ที่แปลผลในภาษาง่าย ๆ โดยแสดงความน่าจะเป็นที่คะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่สุ่มมา 1 คน จะสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน
Hedges' g_{av} $g_{av} = d_z \left(1 - \frac{3}{4(n-1)-1}\right)$	สูตรนี้ใช้ในการปรับแก้ค่า d_z เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า effect size ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

ตาราง 2 คะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยก่อนเรียน หลังเรียน และ Normalized change จำแนกตามหัวข้อฟิสิกส์ (คะแนนเต็มหัวข้อละ 10 คะแนน)

หัวข้อฟิสิกส์	คะแนนเฉลี่ย±SD		Normalized change (learning gain)
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
แรงลัพธ์	3.9±1.4	8.4±2.1	0.74 (สูง)
แรงเสียดทาน	3.8±2.2	9.3±0.8	0.89 (สูง)
แรงและความดันของของเหลว	2.3±2.0	9.8±0.5	0.97 (สูง)
แรงพยุงของของเหลว	3.5±3.8	8.0±3.5	0.69 (ปานกลาง)
โมเมนต์ของแรง	6.1±2.5	9.6±1.3	0.91 (สูง)
แรงและสนามของแรง	4.8±2.2	6.0±0.0	0.21 (ต่ำ)
เฉลี่ยรวม	4.07±2.37	8.52±1.37	0.75 (สูง)

เมื่อเปรียบเทียบ Normalized change ตามหัวข้อฟิสิกส์ (ตาราง 3) พบว่า หัวข้อ แรงและความดันของของเหลว ($c = 0.97$) และ แรงเสียดทาน ($c = 0.92$) แสดงพัฒนาการสูงสุด โดยนักเรียนสามารถสร้างข้ออ้าง เหตุผล และหลักฐานได้ $c = 1.00$ ขณะที่หัวข้อ แรงและสนามของแรงมีพัฒนาการต่ำสุด ($c = 0.21$) และพบว่ามีค่าลดลงในองค์ประกอบ “เหตุผล (reasoning)” และ “หลักฐาน

(evidence)” การคำนวณ Hedges' g_{av} แสดงให้เห็นว่า effect size ของ IBL แตกต่างกันอย่างมากตามหัวข้อฟิสิกส์ โดยแรงและความดันของของเหลวมีค่า $g_{av} \approx 5.87$ และแรงเสียดทาน $g_{av} \approx 3.59$ พบว่ามีค่าสูงมาก ในขณะที่แรงและสนามของแรงมีค่า $g_{av} \approx 1.07$ แม้จะมีค่าสูง แต่ยังสะท้อนข้อจำกัดของการเรียนรู้หัวข้อเชิงนามธรรม

ตาราง 3 Normalized change (c) จำแนกตามองค์ประกอบการโต้แย้งและหัวข้อฟิสิกส์

หัวข้อฟิสิกส์	ข้ออ้าง	เหตุผล	หลักฐาน	ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	เหตุผลเสริม	เฉลี่ย
แรงลัพธ์	0.85	0.50	0.83	0.92	0.69	0.76
แรงเสียดทาน	1.00	1.00	1.00	0.71	0.87	0.92
แรงและความดันของของเหลว	1.00	0.87	1.00	1.00	1.00	0.97
แรงพยางของของเหลว	1.00	0.67	0.67	0.58	0.67	0.72
โมเมนต์ของแรง	1.00	1.00	1.00	0.78	0.78	0.91
แรงและสนามของแรง	1.00	-0.91	-0.92	0.94	0.93	0.21

ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบของการโต้แย้ง

จากการวิเคราะห์ตาม Toulmin's argument pattern (ตาราง 4) พบว่า ทุกองค์ประกอบมีพัฒนาการมากขึ้น โดยข้ออ้าง ($c = 0.97$) ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป ($c = 0.83$) และเหตุผลเสริม ($c = 0.79$) อยู่ในระดับสูง ขณะที่เหตุผลและหลักฐานอยู่ในระดับปานกลาง ($c = 0.52$ และ 0.65 ตามลำดับ) แสดงว่านักเรียนยังต้องการการสนับสนุนเพิ่มเติมในการใช้เหตุผลเชิงตรรกะและการเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงประจักษ์ effect size ที่คำนวณจากแต่ละองค์ประกอบสอดคล้องกับผลนี้ โดยข้ออ้าง ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และเหตุผลเสริมมีค่า $g_{av} > 1.50$ ซึ่งอยู่ในระดับใหญ่มาก ในขณะที่เหตุผลและหลักฐานมีค่าอยู่ระหว่าง $0.5 - 0.7$ มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบ

การวิเคราะห์กระดานคำตอบของนักเรียนสะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจคลาดเคลื่อนทางฟิสิกส์ที่สำคัญหลายประเด็นทั้งก่อนและหลังการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดยพบประเด็นหลักดังนี้

(1) แรงลัพธ์ของแรงตั้งฉาก ก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่เชื่อว่า “แรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่มีขนาดไม่เท่ากันและตั้งฉากกัน เช่น แรง 5 นิวตันในทิศเหนือ และแรง 6 นิวตันในทิศตะวันออก แรงลัพธ์จะต้องมีทิศทางเดียวกันกับแรงที่มีค่ามากกว่า (แรง 6 นิวตัน)” หลังเรียน ความเข้าใจเปลี่ยนไปเป็น “แรงลัพธ์มีทิศทางอยู่ระหว่างแรงทั้งสอง โดยเบนไปทางทิศของแรงที่มีขนาดมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของการรวมแรง (การบวกเวกเตอร์)”

ตาราง 4 คะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยก่อนเรียน หลังเรียน และ Normalized change จำแนกตามองค์ประกอบของการโต้แย้ง (คะแนนเต็มองค์ประกอบละ 2 คะแนน)

องค์ประกอบของ การโต้แย้ง	คะแนนเฉลี่ย		Normalized change	Effect size (Hedges' g_{av})	การตีความ
	ก่อนเรียน	หลังเรียน			
ข้ออ้าง	1.28	1.98	0.97 (สูง)	> 1.50	ใหญ่มาก
เหตุผล	0.85	1.45	0.52 (ปานกลาง)	0.5 – 0.7	ปานกลาง
หลักฐาน	0.78	1.57	0.65 (ปานกลาง)	0.5 – 0.7	ปานกลาง
ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	0.62	1.77	0.83 (สูง)	> 1.50	ใหญ่มาก
เหตุผลเสริม	0.57	1.70	0.79 (สูง)	> 1.50	ใหญ่มาก
รวมเฉลี่ย	0.82	1.70	0.72 (สูง)	> 1.50	ใหญ่มาก

(2) ความดันของของเหลว ก่อนเรียน นักเรียนมีความเชื่อว่า “ความดันในภาชนะทรงกระบอกเตี้ยและกว้างจะมากกว่าภาชนะที่สูงและแคบ แม้ระดับน้ำสูงเท่ากัน เนื่องจากภาชนะกว้างกว่า” หลังเรียน ความเข้าใจได้รับการแก้ไขว่า “ความดันของของเหลวขึ้นอยู่กับความสูงของระดับน้ำเหนือจุดที่วัดเท่านั้น ไม่ขึ้นกับรูปร่างหรือความกว้างของภาชนะ”

(3) แรงพยุงของของเหลว ก่อนเรียน นักเรียนบางคนเข้าใจว่า “โลหะมีแรงพยุงมากกว่าไม้เพราะจมลึกกว่า” หลังเรียน ความเข้าใจได้รับการแก้ไขว่า “แรงพยุงขึ้นอยู่กับปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมในของเหลว ไม่ใช่ความลึกที่วัตถุจม ดังนั้นวัตถุทั้งสองที่มีปริมาตรจมเท่ากัน ย่อมมีแรงพยุงเท่ากัน”

(4) โมเมนต์ของแรง ก่อนเรียน นักเรียนมักเชื่อว่า “การหามศุลของไม้กระดกขึ้นอยู่กับมวลรวมของผู้เล่นแต่ละด้าน โดยผู้ที่มีมวลมากกว่าจะทำให้ไม้กระดกเอียงไปทางนั้น” หลังเรียน “ความเข้าใจเปลี่ยนไปสู่การใช้หลักการโมเมนต์ของแรง โดยตระหนักว่าไม้กระดกสามารถสมดุลได้เมื่อโมเมนต์ทวนและโมเมนต์ตามมีค่าเท่ากัน”

(5) ประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้า ก่อนเรียน

นักเรียนบางส่วนเข้าใจว่า “การที่ลูกบอลสองลูกเมื่อนำไปแขวนไว้ในสนามไฟฟ้าเบนออกจากกันต้องเป็นเพราะลูกบอลทั้งสองมีประจุชนิดเดียวกันจึงผลักกัน” หลังเรียน “ความเข้าใจเปลี่ยนไปเป็นการตระหนักว่าประจุบวกที่อยู่ในสนามไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางสนามไฟฟ้า ในขณะที่วัตถุที่ไม่มีประจุจะไม่เกิดการเบนออก”

อภิปรายผล

ผลการวิจัยยืนยันว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (IBL) มีศักยภาพสูงในการพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเฉพาะในองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับข้ออ้าง หลักฐาน และเหตุผลเสริม สอดคล้องกับข้อค้นพบของ Osborne *et al.* (2004) ที่ชี้ว่าสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนอภิปราย ตั้งคำถาม และโต้แย้งอย่างมีเหตุผล เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของการโต้แย้ง

บรรยากาศและปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมในชั้นเรียน ครูตั้งคำถามชวนคิด เช่น “เพราะเหตุใดวัตถุจึงไม่เคลื่อนที่แม้มีแรงหลายทิศทางกระทำ” หรือ “แรงดันของน้ำ

ขึ้นอยู่กับอะไร” นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอสมมติฐาน ทำการทดลอง และอภิปรายผลลัพธ์ร่วมกันอย่างกระตือรือร้น บรรยากาศการเรียนรู้เต็มไปด้วยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การโต้แย้งโดยอ้างอิงผลการทดลองจริง และการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ประกอบการอธิบาย ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกในแนวคิดฟิสิกส์ที่เป็นรูปธรรม เช่น แรงเสียดทาน ความดันของของเหลว

ตัวอย่างเช่น ในกิจกรรมเรื่อง แรงเสียดทาน (ภาพที่ 1) นักเรียนสังเกตว่าการเพิ่มพื้นที่สัมผัสไม่ได้ทำให้แรงเสียดทานเพิ่มขึ้นอย่างที่เคย

เข้าใจ ก่อนจะสามารถอธิบายได้ด้วยข้ออ้าง และหลักฐานที่สัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล บรรยากาศเช่นนี้ สะท้อนการเรียนรู้เชิงสร้างองค์ความรู้ (constructivist learning environment) ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจใหม่จากการเผชิญปัญหา และการอภิปรายภายในกลุ่ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zohar and Nemet (2002) ที่ระบุว่าความคุ้นเคยในบริบทและโอกาสในการอภิปรายร่วมกันส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบ IBL เรื่องแรงเสียดทาน

ความแตกต่างตามลักษณะหัวข้อ (รูปธรรมและนามธรรม): ในทางกลับกันหัวข้อที่มีลักษณะนามธรรมสูง เช่น แรงและสนามของแรง โดยเฉพาะสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแรงไฟฟ้าพบว่าผู้เรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในองค์ประกอบของเหตุผลและหลักฐาน ซึ่งมักเกิดจากการที่ไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสปรากฏการณ์ได้โดยตรง นักเรียนบางคนเสนอข้ออ้างถูกต้อง แต่ขาดการเชื่อมโยงกับหลักฐานเชิงทฤษฎี ความท้าทายดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาของ Piaget (1972) ที่อธิบายว่านักเรียนชั้นมัธยมตอนต้นยังอยู่ในช่วงเปลี่ยนผ่านสู่ระดับ

ขั้นพัฒนาการทางความคิด (formal operational stage) ซึ่งต้องการเครื่องมือช่วยลดภาระทางความคิด (cognitive load) เพื่อเข้าถึงแนวคิดนามธรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลตามองค์ประกอบของ Toulmin's argument pattern (TAP): ผล normalized change (NC) แสดงลำดับความก้าวหน้าจากมากไปน้อยคือ ข้ออ้าง (0.97) > ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (0.83) > เหตุผลเสริม (0.79) > หลักฐาน (0.65) > เหตุผล (0.52) รูปแบบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yoma et al. (2024) Piyasakpremsuk et al. (2020) และข้อสังเกตของ Osborne et al. (2004) ที่พบว่า ข้อ-

อ้างมักได้คะแนนสูงสุดเพราะอาศัยประสบการณ์ตรง/สิ่งที่สังเกตเห็น ส่วนข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลเสริมเป็นทักษะขั้นสูง ต้องฟังความเข้าใจเนื้อหาหลักและทักษะภาษาในการโต้แย้ง (Moollapa and Jantrarakantee, 2025; Yoma *et al.*, 2024) ขณะที่หลักฐานและเหตุผลซับซ้อนที่สุดเพราะต้องเชื่อมโยงข้อมูลเชิงประจักษ์เข้ากับทฤษฎีอย่างเป็นระบบ (Pols *et al.*, 2023; Sirithon and Jantarakantee, 2019)

หลักฐานชี้ว่าผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายให้เหตุผลได้ดีกว่าชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เนื่องจากการพัฒนาการทางความคิด (formal operational stage) ทำให้ใช้การคิดเชิงนามธรรม (abstract reasoning) และการให้เหตุผลเชิงนิรนัยจากสมมติฐาน (hypothetico-deductive reasoning) ได้เด่นชัดกว่า (Lawson, 2009; Moollapa and Jantrarakantee, 2025; Piaget, 1972) งานที่ใช้ IBL/ADI จึงมักเริ่มในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพราะผู้เรียนมีทักษะการสังเกต-วิเคราะห์-อภิปรายพร้อมกว่า (Pols *et al.*, 2023; Yoma *et al.*, 2024) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า IBL ที่ออกแบบให้มีการโต้แย้งทุกชั้นสามารถยกระดับทักษะการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

การจัดการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง: ความก้าวหน้าทีพบมีนัยสำคัญเพราะแผนการจัดการเรียนรู้ แทรก “กิจกรรมโต้แย้ง” ในทุกชั้นของ IBL ได้แก่

Engagement-Argumentation ตั้งข้อโต้แย้งเบื้องต้นจากสถานการณ์จริง (เช่น แรงและความดันของของเหลว) และแลกเปลี่ยนเหตุผล

Exploration-Argumentation ทดลอง/เก็บข้อมูล อภิปรายและโต้แย้งสมมติฐานด้วยหลัก-

ฐานจากการสังเกต

Explanation-Argumentation นำเสนอผล ทดลองโต้แย้งสาเหตุ และให้เหตุผลสนับสนุนข้ออ้าง

Elaboration-Argumentation ประยุกต์ใช้ความรู้กับโจทย์ชีวิตจริง (เช่น เชื้อน/ระบบท่อ) เพื่อฝึกการให้เหตุผล

Evaluation-Argumentation ประเมินซ้ำและสะท้อนคิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของตนเอง โครงสร้างนี้ช่วยให้ NC ขององค์ประกอบรวมอยู่ในระดับสูง และผลสอดคล้องกับงานวิจัย IBL/ADI ในหัวข้อที่ใกล้เคียงกัน (Piyasakpremsuk *et al.*, 2020; Somsuk *et al.*, 2015; Yoma *et al.*, 2024)

สำหรับการแก้ไขข้อจำกัดในหัวข้อที่ นามธรรมสูง (เช่น สนามไฟฟ้า/แรงแม่เหล็ก) ข้อเสนอเชิงปฏิบัติ ได้แก่ ใช้สื่อจำลอง (simulation) เพื่อทำให้ปริมาณเชิงทฤษฎี “มองเห็นได้” ออกแบบอุปมาอุปไมย (analogical reasoning) เพื่อลดภาระทางความคิด ประยุกต์กรอบ argument-driven inquiry (ADI) เพื่อจัดวาง claim-evidence-reasoning-counterargument-rebuttal อย่างเป็นขั้นตอน แนวทางเหล่านี้ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงหลักฐานและทฤษฎีได้ชัดขึ้น และทำให้การให้เหตุผลในหัวข้อที่เป็นนามธรรมแข็งแกร่งมากขึ้น

IBL ที่ฝัง “การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์” ในทุกชั้นของการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนพัฒนา claim-evidence-rebuttal เด่นชัด โดยหัวข้อรูปธรรมให้ผลดีกว่าหัวขื่อนามธรรม ความยากส่วนใหญ่เกิดใน evidence-reasoning ซึ่งต้องการทั้งข้อมูลเชิงประจักษ์และการโยงทฤษฎีอย่างเป็นระบบ ผลลัพธ์สอดคล้องกับงานวิจัยทั้งในระดับประเทศและสากล และชี้แนวทางเชิงกลยุทธ์สำหรับหัวข้อที่เป็นนามธรรมให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

สรุป

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ (IBL) ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยคะแนนรวมหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างเด่นชัด พร้อมทั้งมีค่า effect size ในระดับใหญ่มาก สะท้อนถึงศักยภาพของ IBL ในการเสริมสร้างสมรรถนะการใช้เหตุผลและการเชื่อมโยงหลักฐานของผู้เรียน เมื่อจำแนกตามหัวข้อพบว่าหัวข้อที่มีความเป็นรูปธรรม เช่น ความดันของของเหลว แรงเสียดทาน โมเมนต์ของแรง ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างข้ออ้าง หลักฐาน และการโต้แย้งได้อย่างครบถ้วนในทางกลับกันหัวข้อที่มีลักษณะนามธรรมสูง เช่น แรงและสนามของแรง แสดงพัฒนาการต่ำ โดยเฉพาะในองค์ประกอบ “เหตุผล” และ “หลักฐาน” สะท้อนถึงข้อท้าทายของการจัดการเรียนรู้หัวข้อเชิงทฤษฎี ผลการวิจัยยังชี้ว่าองค์ประกอบการโต้แย้งที่เกี่ยวข้องกับข้ออ้าง ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และเหตุผลเสริม พัฒนาได้ในระดับสูงมาก ในขณะที่เหตุผลและหลักฐานอยู่ในระดับปานกลาง จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนทักษะด้านการใช้เหตุผลเชิงตรรกะและการอ้างอิงเชิงประจักษ์

โดยสรุป งานวิจัยนี้ตอกย้ำบทบาทของ IBL ในฐานะกลไกสำคัญในการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ฟิสิกส์ของนักเรียนไทย ทั้งยังเสนอให้ผู้สอนและผู้พัฒนาหลักสูตรพิจารณากลยุทธ์การสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามลักษณะนามธรรม-รูปธรรมของแต่ละหัวข้อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ IBL ในการสร้างทักษะการโต้แย้งอย่างยั่งยืน และช่วยยกระดับมาตรฐานสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

ของผู้เรียนไทยให้ทัดเทียมในระดับสากล

เอกสารอ้างอิง

- Aikaew, N., and Chookhampaeng, S. (2021). The development of grade 12 students' scientific argumentation skills through socioscientific issue-based learning. **Journal of Education and Learning Research (Krupiboon Journal)** 8(1): 135–147. (in Thai)
- Antonio, R. P., and Prudente, M. S. (2024). Effects of inquiry-based approaches on students' higher-order thinking skills in science: A meta-analysis. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology** 12(1): 251–281.
- Arifin, Z., Saputro, S., and Kamari, A. (2025). The effect of inquiry-based learning on students' critical thinking skills in science education: A systematic review and meta-analysis. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education** 21(1): em2592.
- Cohen, J. (2013). **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. New York: Routledge.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A. B., and Duschl, R. A. (2000). “Doing the lesson” or “doing science”: Argument in high school genetics. **Science Education** 84(6): 757–792.
- Ladachart, L., Phothong, W., and Phornprasert, W. (2022). Influence of an inquiry-

- based professional development on science teachers' orientations to teaching science. **Turkish Journal of Science Education** 19(3): 505–522.
- Lawson, A. E. (2009). Teaching inquiry and scientific reasoning: A guide for educators. **Science Education Review** 8(1): 18–25.
- Marx, J. D., and Cummings, K. (2007). Normalized change. **American Journal of Physics** 75(1): 87–91.
- May, S., and Vanichwatanavorachai, S. (2024). The development of physics curriculum by using inquiry-based learning method to enhance critical thinking for secondary school students in grade 7, Kob High School. **Silpakorn Educational Research Journal** 22(2): 84–102. (in Thai)
- Moollapa, P., and Jantrarakantee, E. (2025). The development of grade 7 students' scientific reasoning using argument-driven inquiry with formative assessment techniques in the thermal energy topic. **Journal of Graduate Studies Management – Sakaeo Provincial University Kamphaeng Khet (JGSM–SPUUKK)** 2(1): 17–31. (in Thai)
- Osborne, J., Erduran, S., and Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. **Journal of Research in Science Teaching** 41(10): 994–1020.
- Piaget, J. (1972). **The Psychology of the Child (Vol. 5001)**. New York: Basic Books.
- Piyasakpremsuk, C., Chindanurak, T., and Suwanjinda, D. (2020). The effects of argument-based inquiry instruction on scientific reasoning ability and the understanding of concepts of force and motion for Grade 10 students. **Journal of Educational Review** 37(2): 46–56. (in Thai)
- Pols, C. F. J., Dekkers, P. J. J. M., and de Vries, M. J. (2023). Integrating argumentation in physics inquiry: A design and evaluation study. **Physical Review Physics Education Research** 19(2): 020170.
- Saksoong, T., Chanunan, S., and Chaiyasith, W. C. (2019). Development of argument-driven inquiry model for enhancing scientifically critical thinking ability in the acid–base topic for grade 11 students. **NRRU Community Research Journal** 13(2): 237–248. (in Thai)
- Sirithon, N., and Jantarakantee, E. (2019). Implementing argument-driven inquiry approach for developing grade 10 students' ability to make scientific explanation on the topic of force, mass, and law of motion. **Journal of Education, Kasetsart University** 39(1): 130–141. (in Thai)
- Somsuk, P., Kanyaprasit, K., Phonphok, N., and Boonprakob, M. (2015). Development of physics instructional model using scientific argumentation to enhance conceptual understanding and informal reasoning ability. **Journal of Education** 26(1):

170–177. (in Thai)

Toulmin, S. (1958). **The Uses of Argument.**

Cambridge: Cambridge University.

Wannathai, P., and Pruekpramool, C. (2024).

Investigating the ability in constructing scientific explanations of Thai grade 10 students: Insights from learning achievement, attitude, and school size. **Science Education International** 35(2): 25–34.

Yoma, P., Chindanurak, T., and Chaowakertipong, C. (2024). The effects of argument-driven inquiry in the topic of current electricity on creating scientific explanation and scientific argumentation skills of grade 11 students at small-sized secondary schools in Surat Thani Province. **Journal of Education, Sukhothai Thammathirat Open University** 41(3): 139–149. (in Thai)

Yongthai, S. (2018). **Thinking Skills and Learning Assessment: A critical Analysis of the Thai National Education Evaluation System.** Bangkok: Thai Academic. (in Thai)

Zohar, A., and Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. **Journal of Research in Science Teaching** 39(1): 35–62.