

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน
ที่มีต่อกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนขยายโอกาส
ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

Effects of Inquiry Instruction Integrated with Small-Scale Science Experiment
Kits on the Growth Mindset in Science Learning of Lower Secondary Students
in Extended Opportunity Schools

รชต อภิรักษ์นันท์ชัย^{1*} และ พัชร รมพยอม วิชัยดิษฐ์²

Ratchata Apiraknunchai^{1*} and Patcharee Rompayom Wichaidit²

^{1,2}คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(Faculty of Education, Chulalongkorn University)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนที่มีต่อกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้อยเปรียบระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนจากโรงเรียนขยายโอกาสในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นนทบุรี เขต 2 จำนวน 22 คน (ชาย 7 คน หญิง 15 คน อายุเฉลี่ย 14 ปี) ใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลัง เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 7 แผน รวม 21 คาบ 2) แบบสอบถามกรอบความคิดแบบเติบโตในการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นแบบมาตราประมาณค่า 6 ระดับ (ค่าความเที่ยงเท่ากับ .946) และ 3) แบบสะท้อนคิดกรอบความคิด แบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นคำถามปลายเปิดจำนวน 12 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงบรรยาย และการ วิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยภาพรวมกรอบความคิดแบบเติบโตหลังเรียน ($M = 4.455$, $SD = .932$) สูงกว่าก่อน เรียน ($M = 4.011$ $SD = .806$) องค์ประกอบที่มีจำนวนนักเรียนเปลี่ยนแปลงในเชิงบวกมากที่สุด คือ ความเชื่อเกี่ยวกับความ ฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง สอดคล้องกับข้อมูลเชิงคุณภาพที่นักเรียนเปลี่ยนความเชื่อจาก "ความฉลาดพัฒนาไม่ได้" เป็น "ความฉลาดพัฒนาได้" ในขณะที่ยังคงประกอบที่มีจำนวนนักเรียนเปลี่ยนแปลงในเชิงบวกน้อยที่สุด คือ มุมมองต่อคำ วิเคราะห์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวส่งเสริมกรอบความคิดแบบเติบโตผ่านการเปิดโอกาสให้ลงมือปฏิบัติ จริงด้วยชุดทดลองที่เข้าถึงง่าย และสร้างประสบการณ์ความสำเร็จที่เป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน

กรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนโรงเรียนขยายโอกาส

ABSTRACT

This research aimed to compare the effects of inquiry instruction integrated with small-scale science experiment kits on the growth mindset in science learning of lower secondary students in extended opportunity schools, before and after the intervention. The target group consisted of 22 students (7 males, 15 females, mean age 14 years) from an Educational Opportunity Expansion School under the Nonthaburi Primary Educational Service Area Office 2. The research design was a one-group pretest-posttest design. The instruments used included: 1) 7 lesson plans (totaling 21 periods); 2) a growth mindset in science learning questionnaire, a 6-level rating scale (reliability = .946); and 3) a growth mindset in science learning reflection form with 12 open-ended questions. Data were analyzed using descriptive statistics and content analysis. The results showed that the overall post-intervention mean score for growth mindset ($M = 4.455$, $SD = .932$) was higher than the pre-intervention score ($M = 4.011$, $SD = .806$). The component exhibiting the most positive change was "belief in one's own scientific intelligence," whereas the component with the least positive change in the number of students was the "view on criticism in science classrooms." This finding was consistent with the qualitative data, which showed that students shifted their belief from "intelligence cannot be developed" to "intelligence can be developed." This learning management approach promotes growth mindset by providing opportunities for hands-on practice with accessible experiment kits and creating tangible success experiences.

KEYWORDS: Inquiry Instruction, Small-Scale Science Experiment Kits, Growth Mindset in Science Learning, Students in Extended Opportunity Schools

**Corresponding author, E-mail: Ratchata.api@gmail.com Tel. 098-839-0424*

Received: 5 November 2025 /Revised: 10 January 2026 /Accepted: 30 January 2026 /Published online: 28 April 2026

บทนำ

“การไม่ทิ้งใครไว้ข้างหลัง” เป็นเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (United Nations, 2024) ที่เน้นการเข้าถึงการศึกษาที่มีคุณภาพอย่างเท่าเทียมกัน โดยครอบคลุมความคิดแบบเติบโตเป็นหนึ่งในกลไกสำคัญในการพัฒนาศักยภาพเยาวชนเพื่อการตอบสนองความท้าทายของโลกที่เปลี่ยนแปลงรวดเร็ว (Sinlarat et al., 2023) หลายประเทศรวมถึงประเทศไทยจึงกำหนดกรอบความคิดดังกล่าวเป็นตัวชี้วัดสมรรถนะการจัดการตนเองสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (Ministry of Education, 2021)

กรอบความคิดแบบเติบโต ซึ่งหมายถึง ความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาด/สติปัญญาของบุคคลที่สามารถพัฒนาต่อไปได้ หากมีความพยายามในการเรียนรู้ สอดคล้องกับการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ (Ministry of Education, 2017) ตามทฤษฎีสรคินนิมเชิงสังคมที่นักเรียนเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อได้เรียนรู้สิ่งที่ท้าทายและได้รับการเสริมต่อการเรียนรู้ (Vygotsky, 1978) และหากนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลที่มีกรอบความคิดแบบเติบโตที่เชื่อว่า “ความฉลาดสามารถพัฒนาได้” จะส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้และช่วยเหลือผู้อื่น ซึ่งนำไปสู่ความสำเร็จทางวิทยาศาสตร์ การส่งเสริมกรอบความคิด

แบบเติบโตมักเกิดประโยชน์ต่อนักเรียนกลุ่มด้อยเปรียบและผู้มีปัญหาทางเศรษฐกิจเป็นพิเศษ (Blackwell et al., 2007; Dweck, 2008; Tan & Maeda, 2021)

อย่างไรก็ตาม ในบริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนอาจมีกรอบความคิดแบบยึดติดมากกว่ากรอบความคิดแบบเติบโต (Stohlmann, 2022) เนื่องจากบรรทัดฐานทางสังคมและความเชื่อที่ว่าความฉลาดติดตัวมาตั้งแต่กำเนิด จากการประเมิน PISA 2018 พบว่า นักเรียนไทยมีกรอบความคิดแบบเติบโตเพียง 43% เทียบกับประเทศฟินแลนด์ที่ 67% โดยนักเรียนกลุ่มได้เปรียบมี 56% ขณะที่กลุ่มด้อยเปรียบมีเพียง 36% แตกต่างกัน 20% (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2022) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Limsantitham et al. (2019) พบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นส่วนใหญ่ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานครมีกรอบความคิดแบบเติบโตระดับต่ำ

ดังนั้นจึงควรส่งเสริมกรอบความคิดแบบเติบโต โดยเฉพาะในกลุ่มด้อยเปรียบด้วยการส่งเสริมให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่เชื่อว่า “ฉันสามารถพัฒนาได้” ด้วยตนเอง เนื่องจากกรอบความคิดของผู้อื่นเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ หากปราศจากการลงมือทำ (Haimovitz & Dweck, 2017) ในบริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง (Tan & Yeo, 2022) ผ่านการทำการทดลอง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Hirca, 2013; UNESCO, 2006)

แม้การทำการทดลองเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ แต่สถานศึกษาหลายแห่งยังคงมีปัญหา การขาดเงินทุน ทรัพยากร วัสดุ ประสิทธิภาพของครู หรือการกำกับดูแลนักเรียนที่ยังไม่ดีพอ (Gil, 2023; Hidayah et al., 2022b; Hirca, 2013) ส่งผลให้นักเรียนขาดโอกาสทำการทดลอง และสะท้อนปัญหาความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา รวมถึงหากสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมที่ไม่เอื้ออำนวยนี้ยังส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และกรอบความคิดของนักเรียนอีกด้วย (Madia et al., 2025) และยังพบว่า โรงเรียนชนบทมีคุณภาพการศึกษาต่ำกว่าโรงเรียนในเมือง (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2019) ปัญหาเหล่านี้จึงส่งผลต่อการขาดโอกาสเข้าถึงกิจกรรมการทดลองและทรัพยากรวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ ซึ่งนำไปสู่การขาดบุคลากรทางวิทยาศาสตร์ของประเทศ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า วิธีการช่วยเหลือนักเรียนกลุ่มด้อยเปรียบในการเรียนวิทยาศาสตร์สามารถทำได้ โดยเน้นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ (Hidayah et al., 2022a; Rizki et al., 2024; Supasorn et al., 2014) จากการทำการทดลองซึ่งเป็นแนวทางสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Bybee, 2006; Constantinou et al., 2018; National Research Council, 1996) งานวิจัยที่เคยตีพิมพ์เผยแพร่มาแล้ว พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบสามารถพัฒนาความเข้าใจโน้ตทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ กรอบความคิดแบบเติบโต และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Fialli et al., 2020; Hidayah et al., 2022a; O'Brien et al., 2015; Rizki et al., 2024; Schuman, 2017; Syaadah et al., 2021) ทั้งนี้ยังพบว่า การใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน (Small-Scale Science Experiment Kits) สามารถลดความยุ่งยากและลดต้นทุน ช่วยให้นักเรียนที่ขาดแคลนทรัพยากรสามารถเข้าถึงการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติได้ง่าย (Bouquet et al., 2019; Fialli et al., 2020; Gil, 2023; Hidayah et al., 2022a; Hirca, 2013; Kathan, 2022; Khampui et al., 2025; Rizki et al., 2024; Syaadah et al., 2021) ซึ่งเหมาะสำหรับห้องเรียนในประเทศกำลังพัฒนา (UNESCO, 2015)

จากการทบทวนงานวิจัย ยังไม่พบงานวิจัยที่ผสมผสานการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบกับการใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนเพื่อพัฒนากรอบความคิดแบบเติบโต นอกจากนี้ชุดทดลองส่วนใหญ่ที่มีอยู่มักเป็นเนื้อหาระดับมัธยมปลายและเน้นเคมี (Wichaidit et al., 2023) ยังขาดการใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ซึ่งไม่เหมาะกับวิทยาศาสตร์ทั่วไประดับมัธยมต้น (Fialli et al., 2020) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบสอบร่วมกับชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนในวิชา

วิทยาศาสตร์ทั่วไประดับมัธยมศึกษา ซึ่งนักเรียนมักมีความสนใจลดลง (Enger, 2012) เพื่อพัฒนารอบความคิดแบบเติบโตของนักเรียนกลุ่มด้อยเปรียบที่ขาดโอกาสเข้าถึงทรัพยากรทางการศึกษาวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนที่ส่งผลต่อรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของจำนวนนักเรียนด้อยเปรียบระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียนและหลังเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ หมายถึง กระบวนการของครูในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนา และส่งเสริมนักเรียนในชั้นเรียนให้บรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นกระตุ้นความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและสืบค้น 3) ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมินผล โดยนำชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เข้าไปใช้ในระดับที่ 2 เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์หลักที่ครูเตรียมไว้ให้ และขั้นที่ 4 เพื่อให้ นักเรียนออกแบบสร้างสรรค์ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์ต่อยอดของตนเอง โดยแต่ละขั้นจะมีกลไกการส่งเสริมรอบความคิดแบบเติบโตให้แก่ นักเรียนในกระบวนการวิจัย ประกอบไปด้วย 7 กลไก ได้แก่ 1) ส่งเสริมให้เห็นคุณค่าของความพยายาม 2) เน้นกระบวนการมากกว่าผลลัพธ์ 3) ให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ 4) เสริมสร้างแนวคิดเชิงบวก 5) กระตุ้นให้นักเรียนทำงานที่ท้าทาย 6) เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และ 7) ให้ข้อมูลว่าความฉลาดเป็นสิ่งที่พัฒนาได้ ที่บูรณาการ และเข้าไปใช้อย่างเหมาะสมต่อกระบวนการในการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้น และบริบทเนื้อหา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แรง และการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา 7 หัวข้อ ดังนี้ การเคลื่อนที่ แรงลัพธ์ แรงเสียดทาน แรงและความดันของของเหลว แรงพุงของของเหลว โมเมนต์ของแรง และสนามของแรง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระยะเวลา 21 คาบ

2. ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน หมายถึง เทคนิคปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หรือ สื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีขนาดเล็กเสมอไป แต่มีลักษณะสำคัญ 4 ลักษณะ ได้แก่ เข้าถึงได้ง่าย ใช้งานได้ง่าย ต้นทุนต่ำ และลงมือปฏิบัติได้ด้วยตนเอง ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเอง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างง่าย ๆ ได้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนกล้าที่จะลงมือทำ กล้าลองผิดลองถูก และเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง ซึ่งแตกต่างจากชุดทดลองแบบดั้งเดิมที่อาจไม่ได้เน้น 4 ลักษณะสำคัญดังกล่าว ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แรง และการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

3. กรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาด/สติปัญญาในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของบุคคลที่สามารถพัฒนาต่อไปได้ หากมีความพยายามที่จะเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง 2) การตัดสินใจลงมือปฏิบัติงานที่ท้าทายในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ 3) มุมมองต่อความพยายามในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ 4) มุมมองต่อคำวิจารณ์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ 5) มุมมองต่อการเผชิญกับความล้มเหลวในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ และ 6) การยอมรับความสำเร็จของผู้อื่นในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์

4. นักเรียนด้อยเปรียบ หมายถึง นักเรียนที่อยู่ในบริบทโรงเรียนขนาดเล็ก หรือ โรงเรียนขยายโอกาสที่มักมีสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมที่ไม่เอื้ออำนวยส่งผลให้ขาดทรัพยากรและโอกาสที่จะได้เรียนรู้ทั้งในโรงเรียน และบ้าน โดยในงานวิจัยนี้หมายถึง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาหนองบัวลำภู เขต 2

กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินงานวิจัยภายใต้กรอบแนวคิดการวิจัย ดัง Figure 1 ดังนี้

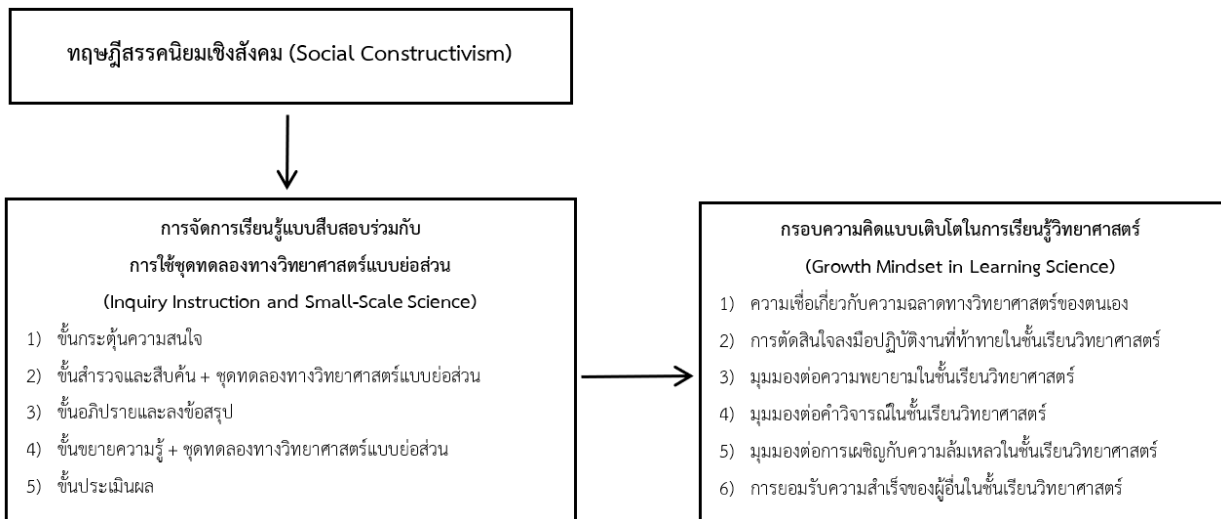
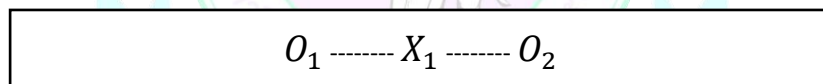


Figure 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบแผนการทดลองขั้นต้น (Pre-experimental design) ตามแนวคิดของ Creswell and Creswell (2022) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลัง (One Group Pretest-Posttest Design) โดยมีแบบแผนการวิจัยดัง Figure 2 ดังนี้



O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลก่อนการจัดการเรียนรู้

X_1 หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้

Figure 2 แบบแผนการทดลองขั้นต้น (Pre-experimental design)

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยนี้เป็นนักเรียนด้อยเปรียบ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นนทบุรี เขต 2 จำนวน 30 คน โดยได้มาจากการเลือกอย่างเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากโรงเรียนนี้เป็นโรงเรียนประถมศึกษาที่เป็นโรงเรียนขยายโอกาส เปิดให้การศึกษาตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล 2 ถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปัจจุบัน มีจำนวนนักเรียน 397 คน มีพื้นที่ประมาณ 2.8 ไร่ ซึ่งเป็นที่ดินได้รับบริจาคหรือให้ใช้ มีอาคารเรียนรวม 2 อาคาร ที่มีอายุการใช้งานมาแล้วประมาณ 40 ปี โรงเรียนตั้งอยู่ในชุมชนกึ่งเมืองกึ่งชนบทที่ค่อนข้างแออัด มีประชากรประมาณ 10,000 คน ส่วนใหญ่นับถือศาสนาอิสลาม ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก มีอาชีพรับจ้างทั่วไป และค้าขายเป็นอาชีพรอง ซึ่งบริบทโดยรวมของนักเรียนในโรงเรียนนี้มีลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมที่ไม่เอื้ออำนวย ในด้านทรัพยากรการเรียนรู้ แม้โรงเรียนจะมีห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แต่ประสบปัญหาขาดแคลนอุปกรณ์และสารเคมีพื้นฐานที่จำเป็นอย่างมาก เช่น เครื่องแก้ว อุปกรณ์วัด และอุปกรณ์ความปลอดภัย ส่งผลให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาเน้นการบรรยายเป็นหลัก ทำให้นักเรียน

ขาดโอกาสในการลงมือปฏิบัติจริง และขาดการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน ส่งผลกระทบโดยตรงต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ คือ นักเรียนขาดทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง และขาดแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยมักแสดงออกถึงความไม่เชื่อมั่นในตนเอง มองว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องยากที่ไกลตัว และมีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเครื่องมือแต่ละประเภทมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน

1. **ศึกษาหลักสูตร** ศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (Ministry of Education, 2017)
2. **ทบทวนวรรณกรรม** ศึกษาตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางสร้างชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนที่ตอบสนองตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้
3. **เขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน** จัดทำ 7 แผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ รวมจำนวน 21 คาบ ประกอบด้วย 7 หัวข้อ ดังนี้ 1) การเคลื่อนที่ 2) แรงลัพธ์ 3) แรงเสียดทาน 4) แรงและความดันของของเหลว 5) แรงพยุงของของเหลว 6) โมเมนต์ของแรง และ 7) สนามของแรง โดยนำชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนใช้ในชั้นที่ 2 และชั้นที่ 4 พร้อมสอดแทรกกลไกส่งเสริมกรอบความคิดแบบเติบโตอย่างเหมาะสมในทุกขั้นตอน และตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ เสนอแนะฯ ต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำนวน 1 ท่าน อาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญทางการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์จำนวน 1 ท่าน และครูโรงเรียนประสบการณ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นไม่น้อยกว่า 5 ปีจำนวน 1 ท่าน เพื่อประเมินความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าระหว่าง 0.67-1.00
4. **ปรับปรุงตามคำแนะนำผู้เชี่ยวชาญ** นำแผนฯ ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยสรุปได้ประเด็น ดังนี้ การเพิ่มสถานการณ์หรือโจทย์ที่ท้าทายมากขึ้น การแบ่งส่วนกิจกรรมให้ชัดเจนและเป็นระบบ การเน้นกิจกรรมตลอดบทเรียน ไม่เฉพาะในขั้นนำ การสรุปคำศัพท์พื้นฐานก่อนขั้นขยายความรู้ให้ชัดเจน การกำหนดจุดประสงค์ให้เฉพาะเจาะจงกับตัวแปรตาม การปรับลดการอธิบายในบางช่วงเพื่อไม่ให้ใช้เวลาเกินไป และการเชื่อมโยงกิจกรรมกับการอธิบายหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงให้มากขึ้น
5. **ทดลองใช้และปรับปรุง** นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ (Try out) จำนวน 1 แผนฯ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมด้านภาษาและระยะเวลา และปรับปรุงก่อนใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้มีเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล 2 เครื่องมือ ได้แก่ 1. แบบสอบถามกรอบความคิดแบบ

เติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเก็บข้อมูลเชิงปริมาณของกรอบความคิดแบบเติบโตของนักเรียน และ 2. แบบสะท้อนคิดกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพของกรอบความคิดแบบเติบโตของนักเรียนแต่ละเครื่องมือมีวิธีการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

แบบสอบถามกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1. **ทบทวนวรรณกรรม** ศึกษาตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยอาศัยกรอบแนวคิดแบบเติบโต (Dweck, 2006; Haimovitz & Dweck, 2017) เพื่อกำหนดนิยามและแนวทางวัด โดยงานวิจัยนี้กำหนดนิยาม และงานวิจัยนี้วัดโดยใช้แบบสอบถามกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และแบบสะท้อนคิดกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. **สร้างแบบสอบถาม** สร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์ของแบบสอบถามกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และข้อคำถามในรูปแบบมาตราประมาณค่า 6 ระดับ ตามแนวคิดของลิเคิร์ต แบ่งออกเป็น 6 องค์ประกอบของกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 40 ข้อ เป็นข้อความเชิงบวก 20 ข้อ ข้อความเชิงลบ 20 ข้อ
3. **ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ** เสนอแบบสอบถามต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำนวน 2 ท่าน อาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญทางการวัดประเมินผลทางการศึกษาจำนวน 1 ท่าน พบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00
4. **ปรับปรุงตามคำแนะนำผู้เชี่ยวชาญ** นำแผนฯ ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยสรุปได้ประเด็น ดังนี้ การปรับข้อความให้แตกต่างชัดเจนจากข้ออื่น การตัดคำฟุ่มเฟือยเพื่อลดความซ้ำซ้อน การหลีกเลี่ยงประโยคปฏิเสธซ้อนเพื่อเพิ่มความชัดเจน และการใช้ข้อความที่สะท้อนความรู้สึกรู้สึกได้ตรงขึ้น
5. **คัดเลือกข้อคำถาม** คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องสูงกว่า 0.67 พบว่า เหลือจำนวนข้อคำถามจำนวน 30 ข้อ และนำไปทดสอบกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 77 คน และหาค่าความเที่ยงด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ด้วยโปรแกรม SPSS V.29 พบค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงเท่ากับ 0.914 ซึ่งมีความเที่ยงสูง สามารถนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายได้

แบบสะท้อนคิดกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1. **ทบทวนวรรณกรรม** ศึกษาหลักการสร้างแบบสะท้อนคิด (Atkins & Murphy, 1993) กำหนดกรอบประเด็นการสะท้อนคิดกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. **กำหนดจุดประสงค์ของข้อคำถามในแบบสะท้อนคิดตามแนว** (Dweck, 2006; Haimovitz & Dweck, 2017; Rammstedt et al., 2024) และสร้างข้อคำถามที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ในแบบสะท้อนคิด เพื่อให้ให้นักเรียนสะท้อนความรู้สึกลหลังการทำกิจกรรม พร้อมให้เหตุผลว่าเพราะอะไรจึงคิดเช่นนั้น แบ่งเป็น 6 องค์ประกอบของกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 18 ข้อ เพื่อช่วยเพื่อยืนยันความถูกต้องของข้อมูล และช่วยขยายความผลคะแนนเชิงตัวเลขจากแบบสอบถามให้มีความชัดเจน และมีมิติที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น
3. **ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ** จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำนวน 2 ท่าน อาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญทางการวัด

ประเมินผลทางการศึกษาจำนวน 1 ท่าน ผลการประเมินพบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00

4. **ปรับปรุงแบบสะท้อนคิดตามคำแนะนำผู้เชี่ยวชาญ** ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยสรุปได้ประเด็นดังนี้การตัดคำฟุ่มเฟือยเพื่อลดความซ้ำซ้อน การใช้ข้อความที่สะท้อนความรู้สึกได้ตรงขึ้น การปรับข้อความให้สะท้อนพฤติกรรมต่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับกรอบความคิดแบบเติบโตให้ชัดเจน
5. **คัดเลือกข้อคำถาม** คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC สูงกว่า 0.67 ขึ้นไปและปรับปรุงแก้ไขแล้วจากข้อ 4 โดยเลือกข้อความในแต่ละองค์ประกอบให้เหลือ 2 ข้อ ให้ได้จำนวน 12 ข้อ และนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. **การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ** จากแบบสอบถามกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วยข้อความเชิงบวกและเชิงลบ การวิเคราะห์ทำโดยกลับค่าคะแนนข้อความเชิงลบ และการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงบรรยายด้วยโปรแกรม SPSS V.29 ได้แก่ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิจัยนี้ใช้เกณฑ์การแปลผลกรอบความคิดแบบเติบโตตามเกณฑ์ของ Dweck et al. (1995) โดยจำแนกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย 1) กลุ่มกรอบความคิดแบบเติบโต (คะแนนเฉลี่ยมากกว่าหรือเท่ากับ 4.0) 2) กลุ่มกรอบความคิดแบบผสม (คะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.0-4.0) และ 3) กลุ่มกรอบความคิดแบบยึดติด (คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.0-2.9)
2. **การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ** จากแบบสะท้อนคิดกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยอ่านข้อความที่นักเรียนเขียนในแบบสะท้อนคิดรอบที่ 1 โดยยังไม่ได้กำหนดประเด็นล่วงหน้า จากนั้นอ่านทวนเป็นครั้งที่สองเพื่อหาประเด็นที่ปรากฏขึ้น กำหนดคำสำคัญและบันทึกความถี่ของคำ จำแนกคำหรือข้อความตามประเภทพฤติกรรมที่แสดงถึงกรอบความคิดแบบเติบโตและแบบยึดติดตามงานวิจัยของ Dweck (2006) และ Dweck & Haimovitz (2017) และกำหนดประเด็น ดัง Table 2

ผลการวิจัย

การวิจัยดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูลภายใต้แนวทางจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ช่วงเริ่มต้นการวิจัยมีจำนวน 30 คน ระหว่างการวิจัยพบว่า มีนักเรียนลาออกและนักเรียนบางส่วนมีจำนวนชั่วโมงเรียนไม่ครบตามเกณฑ์ ผู้วิจัยจึงไม่ได้นำข้อมูลของนักเรียนดังกล่าวจำนวน 8 คน มาใช้ในการวิเคราะห์ ดังนั้นเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการวิจัยมีจำนวนนักเรียนเท่ากับ 22 คน ผู้วิจัยจึงได้นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ ดังนี้

ข้อมูลเชิงปริมาณ จากแบบสอบถามกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

Table 1 ค่าสถิติเชิงบรรยายของกรอบความคิดแบบเติบโต

องค์ประกอบ	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
ภาพรวมกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	4.011	.806	4.455	.932
ความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง	3.882	.956	4.791	.856
การตัดสินใจลงมือปฏิบัติงานที่ท้าทายในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์	3.973	.767	4.382	1.036
มุมมองต่อความพยายามในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์	4.018	1.269	4.636	1.065
มุมมองต่อคำวิจารณ์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์	4.009	.850	4.073	1.117
มุมมองต่อการเผชิญกับความล้มเหลวในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์	4.136	.986	4.464	1.379
การยอมรับความสำเร็จของผู้อื่นในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์	4.045	1.047	4.382	1.293

จาก Table 1 พบว่า ก่อนเรียน นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยภาพรวมกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ค่าความเที่ยงเท่ากับ .946 ($M = 4.011$, $SD = .806$) เมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่นักเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ องค์ประกอบมุมมองต่อการเผชิญกับความล้มเหลวในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ($M = 4.136$, $SD = .986$) ส่วนองค์ประกอบที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ องค์ประกอบความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง ($M = 3.882$, $SD = .956$) ในขณะที่หลังเรียน นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยภาพรวมกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ($M = 4.455$, $SD = .932$) เมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบ พบว่าองค์ประกอบที่นักเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ องค์ประกอบความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง ($M = 4.791$, $SD = .856$) ส่วนองค์ประกอบที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ องค์ประกอบมุมมองต่อคำวิจารณ์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ($M = 4.464$, $SD = 1.379$) ทั้งนี้สามารถจำแนกตามระดับกรอบความคิดแบบเติบโตด้วยเกณฑ์ Dweck (1995) พบความถี่จำนวนของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

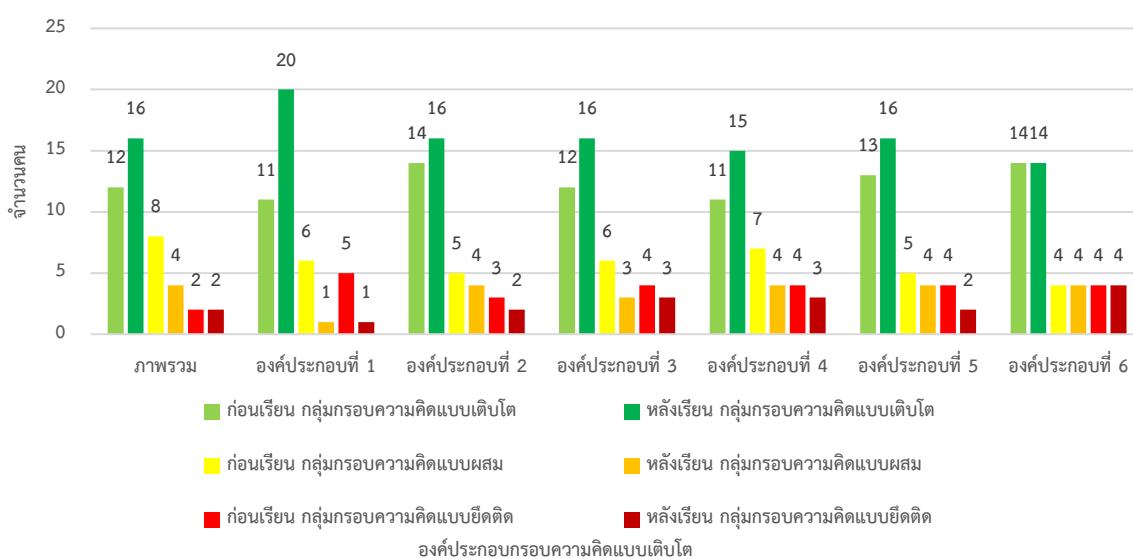


Figure 2 กราฟความถี่จำนวนของนักเรียนจำแนกตามระดับกรอบความคิดแบบเติบโต

จาก Figure 2 พบว่า ก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ในภาพรวมถูกจัดอยู่ในกลุ่มกรอบความคิดแบบเติบโต จำนวน 12 คน (ร้อยละ 54.545) รองลงมาคือ กลุ่มกรอบความคิดแบบผสม (Mixed Mindset) จำนวน 8 คน (ร้อยละ 36.364) และกลุ่มที่มีจำนวนน้อยที่สุดคือ กลุ่มกรอบความคิดแบบยึดติด (Fixed Mindset) จำนวน 2 คน (ร้อยละ 9.091) เมื่อพิจารณาในรายองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่นักเรียนมีกรอบความคิดแบบเติบโตในสัดส่วนสูงที่สุด คือ การตัดสินใจลงมือปฏิบัติงานที่ท้าทายในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ และการยอมรับความสำเร็จของผู้อื่นในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีจำนวนนักเรียนในกลุ่มนี้เท่ากัน คือ 14 คน (ร้อยละ 63.636) ในขณะที่ยังมีองค์ประกอบที่นักเรียนมีกรอบความคิดแบบยึดติดในสัดส่วนสูงที่สุด คือ ความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง และ มุมมองต่อการเผชิญกับความล้มเหลวในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีจำนวนนักเรียนในกลุ่มนี้เท่ากัน คือ 5 คน (ร้อยละ 22.727) ในขณะที่หลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ในภาพรวมถูกจัดอยู่ในกลุ่มกรอบความคิดแบบเติบโตมีจำนวน 16 คน (ร้อยละ 72.727) รองลงมาคือ กลุ่มกรอบความคิดแบบผสม จำนวน 4 คน (ร้อยละ 18.182) และกลุ่มกรอบความคิดแบบยึดติดซึ่งมีจำนวนเท่าเดิม คือ 2 คน (ร้อยละ 9.091) เมื่อพิจารณาในรายองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่นักเรียนมีกรอบความคิดแบบเติบโตในสัดส่วนสูงที่สุด คือ ความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง โดยมีนักเรียนในกลุ่มนี้จำนวน 20 คน (ร้อยละ 90.909) ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูงที่สุดในบรรดาทุกองค์ประกอบ ในขณะที่ยังมีองค์ประกอบที่นักเรียนมีกรอบความคิดแบบยึดติดในสัดส่วนสูงที่สุด คือ การยอมรับความสำเร็จของผู้อื่นในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ โดยมีนักเรียนในกลุ่มนี้จำนวน 4 คน (ร้อยละ 18.182)

ข้อมูลเชิงคุณภาพ จากเครื่องมือแบบสะท้อนคิดกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ทั้งนี้จากข้อมูลเชิงคุณภาพที่นักเรียนสะท้อนดังกล่าว สามารถนำมาสรุปเป็นประเด็นในการอธิบาย ได้ดังนี้

Table 2 ประเด็นในการอธิบายข้อมูลเชิงคุณภาพ

องค์ประกอบ	ประเด็น	คำอธิบายพฤติกรรม	คำ/วลีที่พบบ่อยของกรอบความคิด	
			แบบเติบโต	แบบยึดติด
ความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง	ความเชื่อมั่นความสามารถในการทำความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์	แสดงถึงความเชื่อมั่นของนักเรียนในการเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ณ ปัจจุบัน โดยเป็นการสะท้อนถึงความรู้สึกโดยตรงที่มีต่อเนื้อหาที่เรียน และตนเองมีศักยภาพพอที่จะทำความเข้าใจได้หรือไม่	มั่นใจ/เข้าใจ, ทำได้ แต่ก็พยายาม, ทำได้ แต่มั่นยาก	ไม่มั่นใจ/ไม่เข้าใจ
	ความเชื่อในศักยภาพการพัฒนาความฉลาดทางวิทยาศาสตร์	แสดงถึงความเชื่อของกรอบความคิดพื้นฐานที่มีต่อธรรมชาติของความฉลาด โดยเป็นการสะท้อนถึงความเชื่อว่า ความฉลาดพัฒนาได้หรือไม่	เข้าใจว่า ความฉลาดพัฒนาได้	พัฒนาไม่ได้, ไม่แนใจ
การตัดสินใจลงมือปฏิบัติงานที่ท้าทาย	การมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ท้าทาย	แสดงถึงพฤติกรรมตัดสินใจเมื่อต้องเผชิญกับทางเลือกที่ท้าทาย โดยเป็นการสะท้อนถึงการเลือกที่จะมีส่วนร่วม หรือ ยากมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ท้าทายหรือไม่	ได้มีส่วนร่วม/อยากมีส่วนร่วม	ไม่ได้มีส่วนร่วม/ไม่อยากมีส่วนร่วม
	ความกล้าเผชิญหน้ากับความท้าทาย	แสดงถึงความรู้สึกกล้าที่จะเผชิญหน้ากับความท้าทายที่อาจสร้างความยากลำบาก โดยเป็นการสะท้อนถึงความยืดหยุ่นทางความคิดและความพร้อมที่จะรับมือกับความไม่แน่นอน	มีความกล้า/ไม่มี ความกลัว	ไม่มีความกล้า/มีความกลัว
มุมมองต่อความพยายามในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์	เจตคติต่อความพยายาม	แสดงถึงคุณค่าที่นักเรียนให้กับกระบวนการของการเรียนรู้ โดยเป็นการสะท้อนถึงการพยายามในกระบวนการเรียนรู้อย่างเต็มที่	ฉันจะพยายาม	ฉันไม่แนใจ/ฉันไม่พยายาม
	การคาดหวังผลลัพธ์จากความพยายาม	แสดงถึงความเชื่อมั่นในความพยายามที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ โดยเป็นการสะท้อนถึงความเชื่อของนักเรียนต่อความพยายามที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ	ฉันจะพยายามจนกว่าจะสำเร็จ	ฉันไม่เชื่อว่าความพยายามจะทำให้ฉันสำเร็จ
มุมมองต่อคำวิจารณ์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์	การตอบสนองต่อคำวิจารณ์	แสดงถึงแนวคิดในการรับข้อมูลป้อนกลับเพื่อการพัฒนา โดยเป็นการสะท้อนถึงการมองคำวิจารณ์แล้วเกิดกำลังใจ แรงผลักดัน	ยังรู้สึกมีกำลังใจ/แรงผลักดัน	รู้สึกเหนื่อย/ท้อกับคำวิจารณ์
	การนำคำวิจารณ์ไปใช้ประโยชน์	แสดงถึงความสามารถในการเปลี่ยนคำแนะนำให้กลายเป็นการลงมือปฏิบัติจริง โดยเป็นการสะท้อนถึงนักเรียนที่ตั้งใจจะนำมาปรับปรุง พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองได้	นำมาปรับปรุง พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองได้	ไม่แนใจ/ไม่สนใจคำวิจารณ์

Table 2 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ประเด็น	คำอธิบายพฤติกรรม	คำ/วลีที่พบบ่อยของกรอบความคิด	
			แบบเติบโต	แบบยึดติด
มุมมองต่อการเผชิญกับ	การยอมรับความผิดพลาด	แสดงถึงแนวคิดที่มีต่อความล้มเหลว การยอมรับว่า ความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ โดยเป็นการสะท้อนถึงรากฐานสำคัญของกรอบความคิดซึ่งช่วยสร้างพื้นที่ปลอดภัยทางจิตใจ	ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้	ข้อผิดพลาดไม่ควรเกิด
	การเรียนรู้และพัฒนาจากความผิดพลาด	แสดงถึงความสามารถในการฟื้นตัวและเติบโตจากอุปสรรค โดยเป็นการสะท้อนถึงนักเรียนที่ต้องการนำความผิดพลาดมาพัฒนาตนเอง	พร้อมนำข้อผิดพลาดมาเป็นการเรียนรู้ต่อไป	ไม่สนใจ/ความผิดพลาดไม่ได้ช่วยอะไร
การยอมรับความสำเร็จของผู้อื่น	การมองความสำเร็จของผู้อื่นเป็นแรงบันดาลใจ	แสดงถึงมุมมองที่นักเรียนมีต่อความสำเร็จในภาพรวม โดยเป็นการสะท้อนถึงกรอบความคิดที่เชื่อว่าความสำเร็จมีอยู่สำหรับทุกคน และความเก่งของคนอื่นสามารถเป็นแรงผลักดันเชิงบวกให้เราได้	เพื่อนเป็นแรงบันดาลใจ	ไม่แน่ใจ/ไม่มั่นใจ/ไม่สนใจ, ไม่คิดว่าตนเองจะเก่งได้
	การเชื่อมโยงความสำเร็จของผู้คนสู่ศักยภาพของตนเอง	แสดงถึงแนวคิดความสำเร็จของผู้อื่น โดยเป็นการสะท้อนถึงนักเรียนที่มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเชิงบวก โดยมองว่าความสำเร็จเกิดจากกระบวนการ และความพยายามซึ่งตนเองก็สามารถสำเร็จได้เช่นกัน	ถ้าฉันพยายามมากพอ ฉันก็จะทำได้	ไม่แน่ใจ/ไม่มั่นใจ/ไม่สนใจ, ฉันไม่ได้อยากพัฒนาตนเอง

จาก Table 2 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพสรุปประเด็นสำคัญของกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในวัยซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีคำ/วลีที่พบบ่อยสะท้อนลักษณะของกรอบความคิดที่พบบ่อย ได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ คำ/วลีของกรอบความคิดแบบเติบโต เช่น “ทำได้ แต่ก็จะพยายาม” “มีความกล้า/ไม่มีความกลัว” “ฉันจะพยายามจนกว่าจะสำเร็จ” “ยังรู้สึกมีกำลังใจ/แรงผลักดัน” “ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้” “เพื่อนเป็นแรงบันดาลใจ” เป็นต้น ซึ่งสะท้อนความเชื่อในศักยภาพ และการเรียนรู้จากความพยายาม ในขณะที่คำ/วลีของกรอบความคิดแบบยึดติด เช่น “พัฒนาไม่ได้” “ไม่มีความกล้า/มีความกลัว” “ฉันไม่เชื่อว่าความพยายามทำให้ฉันสำเร็จ” “รู้สึกเหนื่อย/ท้อกับคำวิจารณ์” “ข้อผิดพลาดไม่ควรเกิด” “ฉันไม่ได้อยากพัฒนาตนเอง” สะท้อนการมองความสามารถเป็นสิ่งที่ตายตัว และไม่เห็นคุณค่าของความพยายาม

ทั้งนี้เมื่อนำข้อมูลทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพมาเชื่อมโยงกัน สามารถวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบเพื่อนำเสนอภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงการกรอบความคิดแบบเติบโตตลอดระยะเวลาการวิจัย โดยสามารถแบ่งพัฒนาการดังกล่าวออกเป็น 3 ช่วงสำคัญ ได้แก่ ช่วงที่ 1 ระยะเริ่มต้น (แผนที่ 1-2: การเคลื่อนที่ และแรงลัพท์) ช่วงที่ 2 ระยะเปลี่ยนผ่าน (แผนที่ 3-5: แรงเสียดทาน แรงและความดันของของเหลว และแรงพยางของของเหลว) และช่วงที่ 3: ระยะท้าย (แผนที่ 6-7: โมเมนต์ของแรง, สนามของแรง) จะสามารถสรุปแต่ละองค์ประกอบ ได้ดังนี้

Table 3 สรุปความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพกรอบความคิดแบบเติบโต

องค์ประกอบ	ข้อมูลเชิงปริมาณ	ข้อมูลเชิงคุณภาพ	ตัวอย่างการสะท้อนของนักเรียนของแต่ละกลุ่มกรอบความคิด	
			กรอบความคิดแบบเติบโต	กรอบความคิดแบบยึดติด
ความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง	ค่าเฉลี่ยก่อนเรียน = 3.882 ค่าเฉลี่ยหลังเรียน = 4.791	แนวโน้มระยะเริ่มต้น มี 12 คน เชื่อว่าความฉลาด “พัฒนาไม่ได้” แนวโน้มระยะท้าย นักเรียน 22 คน เชื่อว่าความฉลาด “เข้าใจว่า ความฉลาดพัฒนาได้”	“หากเราพยายามตั้งใจ[ความฉลาดทางวิทยาศาสตร์มันก็จะพัฒนาได้” (S8, สนามของแรง)	“ผมเชื่อว่า เราไม่สามารถพัฒนาความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเองได้” (S1, แรงลัพท์)
	การเปลี่ยนแปลง จำนวนเพิ่มขึ้น = 9 คน จำนวนเท่าเดิม = 13 คน จำนวนลดลง = 0 คน		“[ฉันสามารถทำความเข้าใจความรู้วิทยาศาสตร์ได้แน่นอน ฉันสามารถเข้าใจในเนื้อหาได้มากยิ่งขึ้น” (S14, การเคลื่อนที่)	“ไม่มั่นใจ[ในความรู้วิทยาศาสตร์] เพราะ ที่เรียนมามันยากมาก” (S13, การเคลื่อนที่)
การตัดสินใจลงมือปฏิบัติงานที่ท้าทาย	ค่าเฉลี่ยก่อนเรียน = 3.973 ค่าเฉลี่ยหลังเรียน = 4.382	แนวโน้มระยะเริ่มต้น มี 17 คน สะท้อน “ไม่ได้มีส่วนร่วม/ไม่ยอมมีส่วนร่วม” แนวโน้มระยะท้าย นักเรียนสะท้อน “ได้มีส่วนร่วม/อยากมีส่วนร่วม” เพิ่มขึ้น 19 คน	“มีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ท้าทายทุกครั้ง” (S13, การเคลื่อนที่) “ฉันกล้าลงมือทำ[งานที่ท้าทาย]” (S21, โมเมนต์ของแรง)	“หนูไม่กล้าทำงานที่ท้าทายมากขึ้น” (S16, การเคลื่อนที่) “ไม่ค่อยมีส่วนร่วม” (S22, การเคลื่อนที่)

Table 3 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ข้อมูลเชิงปริมาณ	ข้อมูลเชิงคุณภาพ	ตัวอย่างการสะท้อนของนักเรียนของแต่ละกลุ่มกรอบความคิด	
			กรอบความคิดแบบเติบโต	กรอบความคิดแบบยึดติด
มุมมองต่อ ความ พยายาม	ค่าเฉลี่ยก่อนเรียน = 4.018 ค่าเฉลี่ยหลังเรียน = 4.636 การเปลี่ยนแปลง จำนวนเพิ่มขึ้น = 8 คน จำนวนเท่าเดิม = 9 คน จำนวนลดลง = 5 คน	แนวโน้มระยะเริ่มต้น มีนักเรียน 19-20 คน สะท้อนว่า “ฉันจะพยายาม” แต่อาจมีเล็กน้อย ไม่เชื่อว่าความพยายามทำให้ฉัน สำเร็จ แนวโน้มระยะท้าย มีนักเรียน 22 คน มีความพยายาม และจะพยายามจนกว่าจะสำเร็จ	“ฉันจะพยายามจนกว่าจะสำเร็จ” (S10, แรงพุงของของเหลว) “ฉันจะพยายามเรียนรู้[วิทยาศาสตร์] อย่างเต็มที่” (S6, แรงและความดัน ของของเหลว)	“ฉันไม่รู้ว่าจะทำได้ไหม” (S2, แรง ลัพท์) “หนูไม่เชื่อว่า หนูจะประสบ ความสำเร็จ” (S19, การเคลื่อนที่)
มุมมองต่อคำ วิจารณ์	ค่าเฉลี่ยก่อนเรียน = 4.009 ค่าเฉลี่ยหลังเรียน = 4.073 การเปลี่ยนแปลง จำนวนเพิ่มขึ้น = 9 คน จำนวนเท่าเดิม = 7 คน จำนวนลดลง = 6 คน	แนวโน้มระยะเริ่มต้น มีนักเรียน 6-7 คน สะท้อนเชิงว่า รู้สึกเหนื่อย/ท้อกับคำวิจารณ์ แนวโน้มระยะท้าย มีนักเรียน 3-4 คน ยังสะท้อนเชิง ว่า รู้สึกเหนื่อย/ท้อกับคำวิจารณ์	“ฉันจะนำคำวิจารณ์มาเป็นแนว ทางการพัฒนาการเรียนรู้” (S1, การ เคลื่อนที่) “คำวิจารณ์จะเป็นแรงผลักดันให้ฉัน [ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์]” (S6, สนาม ของแรง)	“ไม่ค่อยเท่าไร เพราะ ฉันรู้สึกไม่ดีใน บางครั้งเกี่ยวกับคำวิจารณ์ของคนอื่น ต่อตัวฉันในชั้นเรียน วิทยาศาสตร์” (S24, แรงลัพท์) “คำวิจารณ์ไม่ได้ช่วยอะไรฉัน” (S21, แรงและความดันของของเหลว)
มุมมองต่อ การเผชิญกับ ความ ล้มเหลว	ค่าเฉลี่ยก่อนเรียน = 4.136 ค่าเฉลี่ยหลังเรียน = 4.464 การเปลี่ยนแปลง จำนวนเพิ่มขึ้น = 6 คน จำนวนเท่าเดิม = 13 คน จำนวนลดลง = 3 คน	แนวโน้มโดยรวม นักเรียนส่วนใหญ่ 21-22 คน ใน ทุกแผน สะท้อนเชิงว่า “ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้” และ “พร้อมนำข้อผิดพลาดมาเป็นการ เรียนรู้ต่อไป”	“ความคิดพลาดนั้น ฉันจะนำมา ปรับปรุง และเรียนรู้ใหม่” (S15, การ เคลื่อนที่) “ฉันพร้อมนำข้อผิดพลาดมา พัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต่อไป” (S6, แรงพุงของของเหลว)	“ฉันไม่แน่ใจเท่าไร[ว่าความคิดพลาด จะช่วยให้]” (S11, การเคลื่อนที่) “อาจจะ[ไม่] เพราะ ฉันไม่ค่อยชอบ วิชาวิทยาศาสตร์เท่าไร” (S6, โมเมนต์ของแรง).
การยอมรับ ความสำเร็จ ของผู้อื่น	ค่าเฉลี่ยก่อนเรียน = 4.045 ค่าเฉลี่ยหลังเรียน = 4.382 การเปลี่ยนแปลง จำนวนเพิ่มขึ้น = 6 คน จำนวนเท่าเดิม = 9 คน จำนวนลดลง = 7 คน	แนวโน้มระยะเริ่มต้น มีนักเรียน 3-4 คน เชื่อว่า ไม่คิด ว่าตนเองจะเก่งได้ และไม่ได้อยาก พัฒนาตนเองแนวโน้ม แนวโน้มระยะท้าย นักเรียนส่วนใหญ่ 21-22 คน เชื่อ ว่า ตนเองจะเก่งได้ และถ้าฉัน พยายามมากพอ ฉันก็จะทำได้	“ถ้าฉันพยายามมากพอ ฉันก็จะทำ ได้” (S4, การเคลื่อนที่) “เขาคือแรงบันดาลใจของฉัน” (S25, สนามของแรง)	“ฉันไม่คิดว่า สิ่งนั้นจะเกิดขึ้นได้กับตัว ฉันเอง” (S14, แรงลัพท์) “ฉันไม่ได้อยากพัฒนาตนเอง[ในการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์]” (S21, การ เคลื่อนที่).

จาก Table 3 พบว่า สะท้อนให้เห็นถึงเปลี่ยนแปลงของภาพรวมกรอบความคิดของนักเรียนระหว่างข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพมีแนวโน้มสอดคล้องกัน กล่าวคือ ในระยะเริ่มต้นของการจัดการเรียนรู้ กรอบความคิดของนักเรียนส่วนใหญ่ยังคงมีมุมมองที่ยึดติด เช่น มักขาดความเชื่อมั่นในศักยภาพของตนเองและมองว่าความฉลาดเป็นสิ่งที่ตายตัว แต่หลังจากการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน พบว่า นักเรียนมีแนวโน้มในภาพรวมที่มีพัฒนาการทางความคิดเปลี่ยนแปลงไปสู่กรอบความคิดแบบเติบโตมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในองค์ประกอบความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง และองค์ประกอบมุมมองต่อความพยายาม ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้ ซึ่งแสดงถึงกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ก้าวข้ามขีดจำกัดทางความคิดเดิมของตนเองได้

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนที่ส่งผลต่อกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของจำนวนนักเรียนด้วยเปรียบระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้กระบวนการวิจัยแบบแผนการทดลองขั้นต้น โดยเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบกรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียน ในภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการในทิศทางที่ดีขึ้น โดยนักเรียนจำนวน 8 คน (ร้อยละ 36.364) มีระดับกรอบความคิดที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่มีนักเรียน 8 คน (ร้อยละ 36.364) ที่มีระดับกรอบความคิดเท่าเดิม และมีนักเรียนจำนวน 6 คน (ร้อยละ 27.273) ที่

มีระดับกรอบความคิดลดลง เมื่อพิจารณาในรายองค์ประกอบย่อย พบว่าองค์ประกอบที่นักเรียนแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการเชิงบวกที่ชัดเจนที่สุด คือ ความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง โดยมีนักเรียนที่มีกรอบความคิดเพิ่มขึ้นในองค์ประกอบนี้ 9 คน (ร้อยละ 40.909) และมีผู้ที่มีระดับกรอบความคิดเท่าเดิม 13 คน (ร้อยละ 59.091) ทั้งนี้ผู้วิจัยอภิปรายผลใน 3 ประเด็น ดังนี้

1. การพัฒนาของกรอบความคิดแบบเติบโตผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ความถี่ของจำนวนนักเรียนพัฒนาขึ้น 4-9 คน ในทุกองค์ประกอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในองค์ประกอบความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเองที่มีจำนวนความถี่ของนักเรียนเปลี่ยนแปลงเชิงบวกเพิ่มขึ้น 9 คน โดยค่าเฉลี่ยหลังเรียน ($M = 4.791, S.D. = .856$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 3.882, S.D. = .956$) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้สามารถเปลี่ยนความเชื่อพื้นฐานของนักเรียนได้ จากเดิมที่มองว่าความฉลาดเป็นสิ่งตายตัว มาเป็นเชื่อว่าสามารถพัฒนาได้ผ่านความพยายาม (Yeager & Dweck, 2012) อาจเกิดจากหลายปัจจัย สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีทางจิตวิทยา Incremental Theory ของ Dweck และสามารถอธิบายด้วยทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคม (Social Constructivism) ในขั้นสำรวจและสืบค้น และชั้นขยายความรู้ ที่นักเรียนได้แลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน (Vygotsky, 1978) อาจเกิดจากหลายปัจจัย ดังนี้

- **การให้ข้อมูลว่าความฉลาดพัฒนาได้** การส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง (Haimovitz & Dweck, 2017) และชี้ให้เห็นถึงพัฒนาการทางความรู้ที่เพิ่มขึ้น (Dweck, 2006)
- **การใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนสร้างประสบการณ์ตรง** นักเรียนด้อยเปรียบมักขาดโอกาสในการลงมือปฏิบัติจริง ดังนั้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองซ้ำ ๆ (Lin & Tsai, 2013) ซึ่งนักเรียนจะสามารถเห็นผลลัพธ์เชิงประจักษ์ได้ทันที สร้างเป็นประสบการณ์ความสำเร็จเล็ก ๆ ที่จับต้องได้ (Bandura, 1986) ที่ทำหน้าที่เป็นหลักฐานชิ้นสำคัญที่ค่อย ๆ ทำลายความเชื่อเดิมว่า วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องไกลตัว หรือ ต้องอาศัยพรสวรรค์ (Dweck, 2006) และทำให้นักเรียนรู้สึกเป็นเจ้าของการเรียนรู้ของตนเอง (Enger, 2012)
- **การกระตุ้นให้ทำงานท้าทาย** การส่งเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกำลังใจและสามารถลงมือทำงานที่ท้าทาย (Stohlmann, 2022) จนเกิดแนวคิดเชิงบวก (Esparza et al., 2014) นำไปสู่ความเชื่อใหม่ว่า “ความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของฉันพัฒนาได้จากการลงมือทำ” ซึ่งเป็นหัวใจของกรอบความคิดแบบเติบโต (Dweck, 2006) และทำให้นักเรียนรู้สึกเป็นเจ้าของการเรียนรู้ของตนเอง (Enger, 2012) สู่ความเชื่อมั่นใหม่ว่า “ความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของฉันก็พัฒนาได้เหมือนกัน” ซึ่งเป็นหัวใจหลักของกรอบความคิดแบบเติบโตตามแนวคิดของ Dweck (2006)

ยกตัวอย่างสถานการณ์ในชั้นเรียน ในกิจกรรมการสร้างชุดทดลองถนนจำลองเพื่อศึกษาแรงเสียดทานที่มีโจทย์ให้ออกแบบพื้นผิวถนนที่ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในชีวิตประจำวัน เช่น กระดาษรีไซเคิล ถุงพลาสติก จุดเด่นสำคัญที่สังเกตพบคือ นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนอุปกรณ์และวัสดุได้หลายครั้ง เมื่อผลการวัดค่าแรงด้วยเครื่องชั่งสปริงไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ โดยไม่กังวลเรื่องความเสียหายหรือต้นทุน ทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ กล้าลองผิดลองถูก ซ้ำๆ จนค้นพบคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งกระบวนการที่เปิดโอกาสให้แก้ไขได้ไม่จำกัดนี้ เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยลดความกลัวความล้มเหลวและส่งเสริมให้กล้าที่จะพยายามต่อไปจนสำเร็จ

จากข้อมูลเชิงปริมาณดังกล่าวสอดคล้องกับข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสะท้อนรายบุคคล ยกตัวอย่างการสะท้อนของนักเรียนในองค์ประกอบความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง เช่น “ไม่มั่นใจในความรู้วิทยาศาสตร์เรื่องอัตราเร็ว/ความเร็ว เพราะ ที่เรียนมามันยากมาก” (S13, แผนที่ 1 การเคลื่อนที่) แต่เมื่อมาถึงแผนที่ 2 นักเรียนมีการ

สะท้อนเชิงบวกมากขึ้นกลายเป็น “ฉันสามารถทำความเข้าใจความรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการทดลองเรื่องแรงลัพธ์ได้ เพราะ ฉันเชื่อว่า ความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของฉันพัฒนาได้” (S13, แผนที่ 2 แรงลัพธ์) นอกจากนี้ยังมีนักเรียนสะท้อนถึงความเชื่อมั่นความสามารถในการทำความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูงในแผนที่ 6 (โมเมนต์ของแรง) จำนวน 15 คน ส่วนในแผนที่ 7 (สนามของแรง) จำนวน 22 คน สะท้อนว่า “มันใจ/เข้าใจ” ในประเด็นความเชื่อในศักยภาพการพัฒนาความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนแสดงกรอบความคิดแบบเติบโตอย่างสมบูรณ์ ในทั้งแผนที่ 6 และ 7 มีนักเรียนจำนวน 22 คน ที่สะท้อนว่า “เข้าใจว่า ความฉลาดพัฒนาได้” โดยไม่มีผู้ที่ “ไม่แน่ใจ” หรือ “พัฒนาไม่ได้” เช่น “หากเราพยายามยิ่งใจ [ความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสนามแม่เหล็ก] มันก็พัฒนาได้” (S8, แผนที่ 7 สนามของแรง)

ดังนั้น ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพจึงสนับสนุนไปในทิศทางเดียวกันว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนทุกคนได้สร้างประสบการณ์ตรงผ่านชุดทดลองย่อย และดำเนินไปในบรรยากาศของการสืบสอบที่ให้คุณค่ากับความพยายามผ่านการลงมือปฏิบัติจริง สามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นกรอบความคิดแบบเติบโตได้เพิ่มมากขึ้น

2. อุปสรรคทางอารมณ์ยังคงอยู่ แม้พฤติกรรมทางความคิดจะเปลี่ยนไป

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนองค์ประกอบมุมมองต่อการเผชิญกับความล้มเหลวในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์กับองค์ประกอบมุมมองต่อคำวิจารณ์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์เทียบ พบว่า นักเรียนพัฒนาความสามารถในการจัดการความผิดพลาดได้ แต่ยังคงมีความประหลาดทางอารมณ์เมื่อเผชิญกับคำวิจารณ์ โดยเฉพาะในช่วงที่เนื้อหาที่มีความท้าทาย ดังนี้

องค์ประกอบมุมมองต่อการเผชิญกับความล้มเหลวในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ มีจำนวนความถี่ของนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงบวกเพิ่มขึ้น 6 คน อาจเกิดจากหลายปัจจัย ดังนี้

- การเน้นกระบวนการมากกว่าผลลัพธ์ การสร้างพื้นที่ปลอดภัยทางจิตใจให้นักเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ถึง 22 คน แสดงกรอบความคิดแบบเติบโตที่มั่นคงตั้งแต่ช่วงเริ่มต้น โดยยอมรับว่า “ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้” และ “พร้อมนำข้อผิดพลาดมาเป็นการเรียนรู้ต่อไป” (Dweck, 2006) ซึ่งบ่งชี้ว่า นักเรียนสามารถแยกความล้มเหลวออกจากคุณค่าในตนเองได้
- การใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนที่ต้นทุนต่ำ นักเรียนสามารถจัดการได้ด้วยตนเอง ช่วยลดความกดดันและความกลัวที่จะทำผิดพลาดกับอุปกรณ์ราคาแพง (Bayu et al., 2023; Gil, 2023; Rizki et al., 2024) ทำให้นักเรียนกล้าที่จะลองผิดลองถูก และมองความผิดพลาดเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้เพื่อการพัฒนาได้อย่างเป็นธรรมชาติ

ยกตัวอย่างการสะท้อนของนักเรียน เช่น “ความผิดพลาด[จากการสร้างชุดทดลองเรื่องเรื่องแรงพุง]นั้น ฉันจะนำมาปรับปรุง และเรียนรู้ใหม่” (S15, แผนที่ 1 การเคลื่อนที่) “ฉันพร้อมนำข้อผิดพลาดมาพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต่อไป” (S6, แผนที่ 5 แรงพุงของของเหลว)

ในขณะที่องค์ประกอบมุมมองต่อคำวิจารณ์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ มีจำนวนความถี่ของนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงลบลดลง 6 คน แม้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้จะสอดแทรกกลไกให้ข้อมูลป้อนกลับที่พัฒนาการเรียนรู้ แต่เมื่อคำวิจารณ์มาจากบุคคลภายนอก อุปสรรคทางอารมณ์อาจปรากฏขึ้น (Hattie & Timperley, 2007) อาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น คำวิจารณ์ คือ คำตัดสินภายในของนักเรียน นักเรียนอาจเกิดขัดแย้งกับการตัดสินจากภายนอกอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Tan & Maeda, 2021)

ยกตัวอย่างการสะท้อนของนักเรียน เช่น “คำวิจารณ์[ของเพื่อนเกี่ยวกับชุดทดลองเรื่องแรงดันน้ำที่ฉันสร้างขึ้นมัน]ไม่ได้ช่วยอะไรฉัน” (S21, แผนที่ 4 แรงและความดัน ของของเหลว) แม้ว่าความท้อแท้จะลดลงในแผนที่ต่อมา แต่ในระยะท้าย

(แผนที่ 7) ก็ยังมีนักเรียนจำนวน 4 คน ที่ยังรู้สึกท้อแท้ และยังมีการสะท้อนที่แสดงถึงความอ่อนไหวทางอารมณ์ต่อการตัดสินใจจากภายนอก (Yeager & Dweck, 2012) ยกตัวอย่างการสะท้อนของนักเรียน เช่น “ไม่ค่อย[รู้สึกดีเกี่ยวกับคำวิจารณ์ของคนอื่นในชั้นเรียน]เท่าไร เพราะ ฉันชอบเก็บคำพูดคนอื่นมาคิด” (S18, แผนที่ 7 สนามของแรง) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแผนที่ 4 ซึ่งมีเนื้อหาที่ท้าทายขึ้น และนักเรียนอาจทำผลงานได้ไม่ดีนัก มีนักเรียนจำนวน 9 คน ที่สะท้อนว่า “รู้สึกเหนื่อย/ท้อกับคำวิจารณ์” และมีบางคนกล่าวปฏิเสธคุณค่าของข้อมูลป้อนกลับ

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนประสบความสำเร็จในการสร้างความเข้มแข็งให้นักเรียนรับมือกับ “ความผิดพลาดของตนเอง” (Esparza et al., 2014) แต่การสร้างเกราะป้องกันทางอารมณ์ เพื่อรับมือกับการตัดสินใจจากผู้อื่นนั้น อาจเป็นประเด็นที่ซับซ้อนและต้องอาศัยเวลาและกลไกการที่เจาะจงมากกว่านี้

3. ภาพรวมการเปลี่ยนผ่านของกรอบความคิด

ในระยะเริ่มต้น (แผนที่ 1-2) กรอบความคิดโดยรวมของนักเรียนยังถูกจัดตั้งด้วยความเชื่อแบบยึดติดหลายประการ เช่น ประเด็นที่เกี่ยวกับความเชื่อในศักยภาพของตนเอง เช่น ในแผนที่ 1 มีนักเรียนจำนวน 12 คน ที่เชื่อว่า “พัฒนาไม่ได้” โดยนักเรียนบางส่วนสะท้อนความเชื่ออย่างชัดเจน ยกตัวอย่างการสะท้อนของนักเรียน เช่น “ผมเชื่อว่า เราไม่สามารถพัฒนาความฉลาดทางวิทยาศาสตร์[เรื่องแรงลัพธ์]ของตนเองได้” (S1, แผนที่ 2 แรงลัพธ์) และประเด็นความกล้าเผชิญความเสี่ยง เช่น ในแผนที่ 1 โดยมีจำนวน 17 คน ที่ “ไม่ได้มีส่วนร่วม/ไม่ยอมมีส่วนร่วม” ในกิจกรรมที่ท้าทาย และมีจำนวน 14 คน “ไม่มีความกล้า/มีความกลัว” ยกตัวอย่างการสะท้อนของนักเรียน เช่น “หนูไม่กล้าทำงานที่ท้าทาย[ที่เกี่ยวกับการทดลองอัตราเร็ว/ความเร็ว]มากขึ้น” (S16, แผนที่ 1 การเคลื่อนที่) ทั้งนี้เมื่อเข้าสู่ระยะท้าย (แผนที่ 6-7) สัญญาณกรอบความคิดแบบยึดติดเริ่มลดลง และถูกแทนที่ด้วยกรอบความคิดแบบเติบโตมากยิ่งขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลจากกระบวนการที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ ตลอดการจัดการเรียนรู้ อาจเกิดจากหลายปัจจัย ดังนี้

- การลงมือปฏิบัติซ้ำ ๆ ด้วยชุดทดลองย่อส่วน การที่นักเรียนทุกคนได้ลงมือประกอบและทดลองชุดทดลองย่อส่วนที่เข้าถึงได้ง่าย ราคาไม่แพง และทำให้นักเรียนสำเร็จได้ด้วยตนเองในทุกคาบเรียน ทำหน้าที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ค่อย ๆ เข้าไปหักล้างความเชื่อเดิมของนักเรียน (Dweck, 2006; Gabor et al., 2017)
- กระบวนการสืบสอบที่ให้คุณค่ากับกระบวนการ การไม่ได้มุ่งหาคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงหนึ่งเดียว แต่ให้คุณค่ากับการตั้งคำถาม การออกแบบ และการลองผิดลองถูก (Bybee, 2006) ซึ่งได้เปลี่ยนมุมมองของนักเรียนที่มีต่อความพยายาม เช่น ในแผนที่ 6 และ 7 นักเรียนจำนวน 22 คน เชื่อมั่นว่า “เข้าใจว่า ความฉลาดพัฒนาได้”

ยกตัวอย่างการสะท้อนของนักเรียน เช่น “หากเราพยายามยังไป[ผ่านการสร้างชุดทดลองสนามแม่เหล็กด้วยตนเอง] มันก็ทำให้เรามีความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาได้” (S8, แผนที่ 7 สนามของแรง) นอกจากนี้ในประเด็นความเชื่อมั่นในผลลัพธ์ของความพยายามนักเรียนจำนวน 22 คน สะท้อนว่า “ฉันจะพยายามจนกว่าจะสำเร็จ” ในแผนที่ 6 และ 7 เป็นต้น สิ่งนี้จึงสะท้อนถึงภาพรวมของนักเรียนที่ชัดเจนว่า หากนักเรียนได้รับการพัฒนากรอบความคิดในเชิงบวก จะทำให้นักเรียนเกิดทัศนคติที่แข็งแกร่ง แม้จะต้องเผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ยากลำบาก (Murphy & Thomas, 2008)

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนจึงสะท้อนถึงภาพรวมในการพัฒนานักเรียนที่ชัดเจนว่า การส่งเสริมให้นักเรียนได้เผชิญหน้ากับกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกรอบความคิดเชิงบวกอย่างสม่ำเสมอ สามารถสร้างทัศนคติที่แข็งแกร่ง ช่วยให้นักเรียนก้าวข้ามความเชื่อที่จำกัดศักยภาพของตนเอง และพร้อมที่จะเผชิญกับสถานการณ์ที่ยากลำบากได้ในที่สุด (Wang et al., 2021) ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับบริบทของ

โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาที่มีนักเรียนในบริบทขาดแคลนทรัพยากร และโอกาสในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างที่จะเป็น (Flores-Godínez et al., 2025; Toit & Toit, 2025) จึงนำไปสู่การเรียนรู้ของนักเรียนดังกล่าว และพัฒนากรอบความคิดแบบเติบโตในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. การเลือกใช้อุปกรณ์ที่เอื้อต่อโอกาสในการกล้าเรียนรู้

ควรมีประยุกต์การนำอุปกรณ์/วัสดุที่เข้าถึงง่าย หาได้ง่าย ราคาไม่แพง ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนมาปรับใช้ในชั้นเรียนอย่างเหมาะสม เนื่องจากจะช่วยลดความกังวลเรื่องความเสียหาย ทำให้นักเรียนกล้าที่จะลงมือปฏิบัติซ้ำ ๆ และกล้าเรียนรู้จากความผิดพลาดได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยพัฒนากรอบความคิดให้นักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

2. การจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างมุมมองเชิงบวกต่อตนเอง

การพิจารณารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้ชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนนี้เน้นการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยเฉพาะในขั้นที่ 2 และขั้นที่ 4 ที่ช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบ และแก้ปัญหาด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการ และความพยายามที่นักเรียนจะเป็นเจ้าของการเรียนรู้ของตนเอง จะช่วยพัฒนามุมมองเชิงบวกต่อตนเอง ซึ่งนำไปสู่การพัฒนากรอบความคิดแบบเติบโตต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยเพื่อยืนยันผลในบริบทที่กว้างขึ้น

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างเจาะจง ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไป อาจพิจารณาขยายขนาดกลุ่มตัวอย่าง และทำการวิจัยในบริบทโรงเรียนที่มีกลุ่มผู้เรียนด้อยเปรียบในจำนวนที่มากขึ้น เพื่อสะท้อนถึงกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทดังกล่าว และเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวិทยาศาสตร์ในการสร้างโอกาสในการเรียนรู้อย่างเท่าเทียมกันตามแนวทางของ National Research Council (1996, 2012)

2. การวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อทำความเข้าใจอุปสรรคเชิงลึก

ควรเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเพิ่มเติม เช่น การสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อสำรวจกรอบความคิดและความรู้สึกที่แท้จริงของนักเรียน โดยเฉพาะในองค์ประกอบที่ลึกซึ้ง (Dweck, 2006) เพื่อออกแบบการช่วยเหลือที่ตรงจุดยิ่งขึ้น

3. แนวปฏิบัติ/การมีปฏิสัมพันธ์ของครูกับนักเรียน

ควรศึกษาเพิ่มเติมว่า ในบริบทนี้ ลักษณะและแนวปฏิบัติของครูเป็นอย่างไร เนื่องจากแนวปฏิบัติของครูอาจส่งผลกระทบต่อ นักเรียนโดยตรง (Tan & Maeda, 2021) เพื่อศึกษาว่า ปฏิสัมพันธ์ของครูมีผลต่อนักเรียนอย่างไร

4. การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างกรอบความคิดของครูและนักเรียน

ควรศึกษาว่ากรอบความคิดของครูส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงกรอบความคิดของนักเรียนอย่างไร เนื่องจากทัศนคติของครูอาจเป็นปัจจัยแวดล้อมสำคัญในการพัฒนากรอบความคิดแบบเติบโต (Phancharoen, 2024)

References

- Atkins, S., & Murphy, K. (1993). Reflection: A review of the literature. *Journal of Advanced Nursing*, 18(8), 1188-1192.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Bayu, G. W., Yudiana, K., & Widiana, W. (2023). Learning science with numbered heads together (NHT) based on growth mindset improving science literacy and learning agility of elementary school students. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(4), 171–180.
- Blackwell, L. S., Trzesniewski, K. H., & Dweck, C. S. (2007). Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition: A longitudinal study and an intervention. *Child Development*, 78(1), 246-263.
- Bouquet, F., Dauphin, C., Bernard, F., & Bobroff, J. (2019). Low-cost experiments with everyday objects for homework assignments. *Physics Education*, 54, Article 025001.
- Bybee, R. W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 1-14). Dordrecht: Springer.
- Constantinou, C.P., Tsivitanidou, O.E., Rybska, E. (2018). What Is Inquiry-Based Science Teaching and Learning?. In Tsivitanidou, O., Gray, P., Rybska, E., Louca, L., Constantinou, C. (Eds.), *Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning* (pp. 1–23). Dordrecht: Springer.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2022). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.) Thousand Oaks: SAGE Publication.
- Du Toit, M. & Du Toit, J. (2025). Accessible chemistry: The success of small-scale laboratory kits in South Africa. *Chemistry Teacher International*, 7(1), 31-44.
- Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. New York: Random House.
- Dweck, C. S. (2008). *Mindsets and Math/Science Achievement*. New York: Carnegie Corporation of New York, Institute for Advanced Study, Commission on Mathematics and Science Education.
- Dweck, C. S. (2012). Mindsets and human nature: Promoting change in the Middle East, the schoolyard, the racial divide, and willpower. *American Psychologist*, 67(8), 614–622.
- Dweck, C. S., Chiu, C.-y., & Hong, Y.-y. (1995). Implicit theories and their role in judgments and reactions: A word from two perspectives. *Psychological Inquiry*, 6(4), 267-285.
- Dweck, C. S., & Yeager, D. S. (2019). Mindsets: A view from two eras. *Perspectives on Psychological Science*, 14(3), 481-496.
- Enger, S. K. (2012). *Assessing student understanding in science: A standards-based K-12 handbook* (2nd ed.). Thousand Oaks: Corwin Press.
- Esparza, J., Shumow, L., & Schmidt, J. (2014). Growth Mindset of Gifted Seventh Grade Students in Science. *NCSSSMST Journal*, 19, 6-13.

- Fialli, A. S., Awada, R. D., & Silvia, A. (2020). *Promoting Science Education in Thailand with Small-scale Chemistry Experiments* [Interactive Qualifying Project]. Worcester Polytechnic Institute. Retrieved from <https://digital.wpi.edu/show/2v23vw99r>
- Flores-Godínez, R., Alarcón-Paredes, A., Guzmán-Guzmán, I. P., Maldonado-Astudillo, Y. I., & Alonso-Silverio, G. A. (2025). Enhancing Students' Interest in Physics Concepts with a Low-Cost STEM Tool Focused on Motivation in Rural Areas of Developing Countries. *Education Sciences*, 15(8), 994.
- Gábor, O., Fodor, S., Bothe, B., Toth-Kiraly, I., & Berger, R. (2017). How Not to Do a Mindset Intervention: Learning from a Mindset Intervention among Students with Good Grades. *Frontiers in Psychology*, 8, 1-11.
- Gil, S. (2024). *Low-Cost Physics Experiments Using New Technologies*. Singapore: World Scientific.
- Haimovitz, K., & Dweck, C. S. (2017). The Origins of Children's Growth and Fixed Mindsets: New Research and a New Proposal. *Child Development*, 88(6), 1849-1859.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.
- Hidayah, F., Imaduddin, M., Yuliyanto, E., Gunawan, G., & Djunaidi, M. (2022a). Introducing the Small-Scale Chemistry Approach Through Inquiry-Based Laboratory Activities For Pre-Service Teachers. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 7(1), 14-35.
- Hidayah, F., Imaduddin, M., Yuliyanto, E., Gunawan, G., Djunaidi, M., & Tantayanon, S. (2022b). "Counting drops and observing color": Teachers' and students' first experiences in small-scale chemistry practicum of acid-base solutions. *Journal of Technology and Science Education*, 12(1), 244-258.
- Hirca, N. (2013). The influence of hands-on physics experiments on scientific process skills according to prospective teachers' experiences. *European Journal of Physics Education*, 4(1), 1-9.
- Kathan, J. (2022). *Physics Lab Kits Help Foster the Next Generation of East African Scientists*. Retrived from <https://www.aps.org/apsnews/2022/09/africa-lab-kits>
- Khampui, K. O., Leamsamrong, K., Rarat, W., & Sarnkong, R. (2025). Enhancing Science Process Skills and Scientific Mind with Low-Cost Mini Science Experiment Kits for Thai 6th Graders. *Higher Education Studies*, 15(2), 158-164.
- Limsantitham, N., Khumwong, P., Phonpoke, N., & Dahsah, J. (2019). Growth mindset in science learning of lower secondary school students under the Bangkok Metropolitan Administration. *SWU Science Journal*, 35(2), 149-162. [in Thai]
- Lin, T.-J., & Tsai, C.-C. (2013). A multi-dimensional instrument for evaluating Taiwanese high school students' science learning self-efficacy in relation to their approaches to learning science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(6), 1275-1301.
- Madia, J. E., Gruijters, R. J., Raabe, I. J., & Hübner, N. (2025). Growth mindset and socioeconomic inequality in academic achievement across seventy-three PISA countries. *NPJ Science of Learning*, 10(1), Article 81.
- Masten, A. S. (2001). Ordinary magic: Resilience processes in development. *American Psychologist*, 56(3), 227-238.

- Ministry of Education. (2017). *Indicators and core learning content for the science learning area (Revised B.E. 2560) according to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551*. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand. [in Thai]
- Ministry of Education. (2021). *Self-management competency*. Bangkok: Office of the Basic Education Commission. [in Thai]
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- O'Brien, M., Makar, K., Fielding-Wells, J., & Hillman, J. (2015). How inquiry pedagogy enables teachers to facilitate growth mindsets in mathematics classrooms. In M. Marshman, V. Geiger, & A. Bennison (Eds.), *Proceedings of the 38th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 469–476). Sunshine Coast: MERGA.
- Orhan, S., & Aydın, A. (2022). The Effect of Activities Designed According to the Incremental Self-theory on 7th Grade Students' Self-confidence and Their Views about Their Growth Mindset in Science Lesson. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 11(1), 73-92.
- Phancharoen, S. (2024). *The study of teaching practices of growth mindset teachers for disadvantaged students in science subjects* (Master's thesis). Faculty of Education, Chulalongkorn University. [in Thai]
- Rammstedt, B., Gruning, D. J., & Lechner, C. M. (2024). Measuring growth mindset: Validation of a three-item and a single-item scale in adolescents and adults. *European Journal of Psychological Assessment*, 40(1), 84-95.
- Rizki, I., Khoir, E., Nikmah, F., Binar, K., & Hariyono, E. (2024). Effect of Physics Inquiry Learning with Low-cost Experiment Tool on Students' Problem-solving Skills and Self-efficacy. *Physics Education Research Journal*, 6(1), 1-10.
- Schuman, C. L. (2017). *The impacts of teaching growth mindset strategies to students in inquiry science 2 at Ferndale High School* (Master's thesis). College of Education, Montana State University.
- Sinlarat, P., Jindanurak, T., & Fakkao, S. (2023). *When the world changes, education adapts, embracing a new spirit* (1st ed.). College of Education, Dhurakij Pundit University. [in Thai]
- Stohlmann, M. (2022). Growth Mindset in K-8 STEM education: A review of the literature since 2007. *Journal of Pedagogical Research*, 6(2), 149-163.
- Supasorn, S., Kamsai, L., & Promarak, V. (2014). Enhancement of Learning Achievement of Organic Chemistry Using Inquiry-based Semi-small Scale Experiments (SSSEs). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 769-774.
- Syaadah, R. S., Mulyono, H. A. M., & Suhandha, H. (2021). Implementation of Small-Scale Chemistry Lab to Improve Student Cognitive Abilities on the Subtopic of Colloid Properties. In Paidi, M.Si (Ed.), *6th International Seminar on Science Education (ISSE 2020)* (pp. 224-228). Dordrecht: Atlantis Press.

- Tan, D., & Maeda, Y. (2021). Perceptions of science teachers' growth-mindset practices and U.S. high school students' initial science identity and its development. *International Journal of Science Education*, 43(13), 2206-2225.
- Tan, K. C. D., & Yeo, J. (2022). Advancing Conceptual Understanding of Science. *International Journal of Science Education and Teaching*, 1(2), 56-64.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2019). *Are rural schools and urban schools different? How?*. Retrieved from <https://pisathailand.ipst.ac.th/issue-2019-41/> [in Thai]
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2022). *Growth mindset of Thai students: Results from the PISA 2018 assessment*. Retrived from <https://pisathailand.ipst.ac.th/infographics-pisa2018-growth-mindset/> [in Thai]
- UNESCO. (2006). *Biology microscience experiments: teaching and learning materials for biology; teacher notes*. Retrived from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000149618?posInSet=8&queryId=N-EXPLORE-a62c10f5-02cd-4649-a8ee-79fd10dc3321>
- United Nations. (2024). Leave no one behind. Retrived from <https://unsdg.un.org/2030-agenda/universal-values/leave-no-one-behind/>
- Vroom, V. H. (1964). *Work and motivation*. New York: Wiley.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wang, C., Cavanagh, A. J., Bauer, M., Reeves, P. M., Gill, J. C., Chen, X., Hanauer, D. I., & Graham, M. J. (2021). A Framework of College Student Buy-in to Evidence-Based Teaching Practices in STEM: The Roles of Trust and Growth Mindset. *CBE—Life Sciences Education*, 20(4), 1-10.
- Wichaidit, P. R., Wichaidit, S., Wicharee, R., & Siritharamethikul, N. (2023). Attitudes toward Chemistry and Satisfaction toward Online Small-Scale Chemistry: A Case of Thai Learners During a Pandemic. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 46(2), 52–72.
- Yeager, D. S., & Dweck, C. S. (2012). Mindsets That Promote Resilience: When Students Believe That Personal Characteristics Can Be Developed. *Educational Psychologist*, 47(4), 302-314.