

ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อ
มโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
Effect of Using Inquiry Approach and Scientific Argumentation on The Scientific
Concepts and Reasoning Ability of Mattayomsuksa Two Students

ศุภชัย ฉิมมารักษ์ (Supachai Chimmarak)*

จันทร์พร พรหมมาศ (Chanphorn Prommas)**

เกษมสันต์ พานิชเจริญ (Kasemsunt Panicharoen)***

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระหว่างการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ชั้น คือ ชั้นทำงานร่วมกัน ชั้นแลกเปลี่ยนความคิด และชั้นประยุกต์ใช้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง จังหวัดชลบุรี จำนวน 40 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการเรียนการสอน เรื่อง งานและพลังงาน แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่า t-test แบบ Dependent sample

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ในระหว่างการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยนักเรียนแสดงพฤติกรรมส่งเสริมการเรียนวิทยาศาสตร์ในชั้นประยุกต์ใช้ มากที่สุด รองลงมา คือ ชั้นแลกเปลี่ยนความคิด และชั้นทำงานร่วมกัน ตามลำดับ

คำสำคัญ : การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ, การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์, มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์, ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์, พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

*นิสิตการศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

**อาจารย์ ดร. ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สำนักงานจัดการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Abstract

The purposes of this research were to compare students' scientific concepts and reasoning ability with pretest-posttest and to study students' science learning behaviors while studying inquiry approach with scientific argumentation. There were 3 steps; work together, think & share, and apply. The samples were 40 Mattayomsuksa two students in 2021 academic year of one school in Chonburi province. They were cluster sampling. The research instruments consisted of the lesson plans, scientific concepts tests, reasoning ability tests and science learning behaviors observation form. The statistics for data analysis were percentage, mean, standard deviation, and dependent sample t-test.

The research findings were as follows: 1) students' scientific concepts and reasoning ability after studying inquiry approach with scientific argumentation were significantly higher than before studying at the .05 level and 2) students' science learning behaviors that enhanced learning in overall were good level. The apply step was showed students performed all science learning behaviors better than think & share, and work together.

Keywords: Inquiry Approach, Scientific Argumentation, Scientific Concepts, Reasoning Ability, Science Learning Behaviors

บทนำ

ปัจจุบันเป็นโลกของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มนุษย์มีการใช้วิทยาศาสตร์ทั้งตัวความรู้และกระบวนการเพื่อการดำรงชีวิตที่ดีและการเรียนรู้ตลอดชีวิต การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) จึงสำคัญและจำเป็นสำหรับทุกคน เพราะช่วยให้บุคคล รู้และเกิดความเข้าใจในโลกธรรมชาติและเทคโนโลยี สามารถนำวิทยาศาสตร์ไปใช้อย่างมีเหตุผล และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของตนเอง การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนจึงเป็นกลไกของการพัฒนาสมรรถนะของนักเรียน ดังที่ กระทรวงศึกษาธิการได้ระบุไว้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีบทบาทในการพัฒนาวิถีคิดที่ใช้ในการค้นคว้าหาความรู้ และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่มาจากแหล่งข้อมูลหลากหลาย และใช้ประจักษ์พยานหลักฐานเพื่อทำการตรวจสอบได้ (Ministry of Education, 2009: 92) นักเรียนจึงควรได้รับการศึกษาให้รู้วิทยาศาสตร์และสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ได้อย่างมีหลักการ มีเหตุผล คิดอย่างสร้างสรรค์ และแก้ปัญหาได้

จากการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ยังปรากฏโดยตลอดว่า คุณภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่ อยู่ในระดับไม่สูงมากนักทั้งระดับนานาชาติและระดับชาติ ดังเห็นได้จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ระบุว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยยังไม่มีจุดเน้นที่คงที่ นักเรียนขาดความรู้ทางวิทยาศาสตร์และต้องการการพัฒนาปรับปรุงอย่างมาก (The

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2018: 99-114) และผลการทดสอบใน Programme for International Student Assessment (PISA) ขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ในปี ค.ศ. 2009 -2018 ที่พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย มีแนวโน้มไม่คงที่ คือ 425, 444, 421 และ 426 คะแนน ตามลำดับ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2019: 2) และผลการทดสอบการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ พบเช่นเดียวกันว่า คะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 (National Institute of Educational Testing Service, 2020) นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ครูและทำการสังเกตชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่นักเรียนที่มีภูมิหลังไม่แตกต่างกัน พบว่า ครูส่วนมากมีความเชื่อว่าตนเองได้ใช้วิธีสอนวิทยาศาสตร์แบบ 5E ซึ่งเป็นวิธีสอนแบบสืบสอบที่มีประสิทธิภาพ โดยครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามหนังสือเรียนหรือตามที่ครูกำหนดไว้ แต่จากการสังเกตชั้นเรียน กลับพบว่าระหว่างที่นักเรียนศึกษาสำรวจหรือทำการทดลอง ส่วนใหญ่มักนั่งฟัง ไม่ค่อยมีการโต้แย้ง อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นกับผู้อื่นหรือครู โดยเฉพาะการให้เหตุผลเพื่อใช้สนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่าวอ้างของผู้อื่นทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่า ครูยังไม่สามารถจัดการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบได้เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่า ครูยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสืบสอบหรือนำมาใช้ไม่ครบสมบูรณ์ สอดคล้องดังที่ Llewellyn (Llewellyn, 2001 cited in Lee and Shea, 2016: 218) กล่าวว่า ครูมักเชื่อว่าตนเองใช้วิธีสอนตามแนวทางสืบสอบแล้ว เพราะเข้าใจว่าการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติในทุกกิจกรรม (hands on) เป็นการสืบสอบทั้งหมด แต่ในความเป็นจริง การสืบสอบอาจเป็นกิจกรรมลักษณะอื่นที่ไม่จำเป็นต้องลงมือปฏิบัติเท่านั้น และสอดคล้องดังที่ Morison (Morison, 2011 cited in Vasinayanuwatana and Faikhamta, 2018: 63) อธิบายเช่นกันว่า เนื่องจากข้อจำกัดด้านความเข้าใจของครูเกี่ยวกับแนวคิดของการสืบสอบไม่ครบสมบูรณ์ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน จึงทำให้การจัดการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบยังมีประสิทธิภาพไม่ดีพอ

Inquiry หรือการสืบสอบ เป็นกระบวนการพื้นฐานสำคัญที่บุคคลใช้ในการสร้างความรู้ความเข้าใจ และค้นหาคำตอบของปัญหา (Welch et al., 1981 cited in Trowbridge and Bybee, 1990: 208; Carin and Sund, 1975: 74-75) และมีการนำไปใช้เป็นแนวการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย ซึ่งช่วยพัฒนานักเรียนในด้านต่าง ๆ เช่น มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผล ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการคิดวิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ การจัดระบบความคิดและวิธีการแสวงหาความรู้และเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ (Colburn, 2000: 42; Llewellyn, 2005: 24-25; Yager and Akcay, 2010: 11; Laohapai boon, 1999: 156-157; The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2019: 3) ซึ่งล้วนเป็นสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ (Inquiry Approach) มีพื้นฐานตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ที่เน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ พัฒนา

ให้เป็นผู้รู้ในแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยผ่านประสบการณ์การเรียนรู้ที่กระตุ้นท้าทายให้เกิดความสงสัยหรืออยากรู้อยากเห็นในสิ่งที่สังเกตหรือสถานการณ์ต่าง ๆ จนสามารถทำการศึกษาสำรวจหรือทดลอง เพื่อตรวจสอบและสร้างคำอธิบายจากหลักฐานต่าง ๆ อย่างมีเหตุผลและสร้างสรรค์ (Carin and Sund, 1985: 8; Colburn, 2000: 42; Llewellyn, 2005: 24-25) ถึงแม้ว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบจะมีรูปแบบต่าง ๆ กัน แต่ยังคงมีลักษณะสำคัญร่วมกัน 5 ประการคือ การสร้างความสนใจเพื่อให้นักเรียนกำหนดปัญหาโดยใช้คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ การทำความเข้าใจและแสดงหลักฐานเพื่อใช้ในการอธิบายคำตอบ การสร้างคำอธิบายจากหลักฐานโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การประเมินความรู้ความเข้าใจจากคำอธิบายที่ได้ และการสื่อสารเพื่อนำเสนอผลและแลกเปลี่ยนข้อค้นพบกับผู้อื่นอย่างมีเหตุผล (National Research Council, 2000: 37-38) นอกจากนี้ มีผู้สนใจศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ ดังเช่นการศึกษาของ Bagus (2019: 689) ที่พบว่า การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการศึกษาของจุฑามาศ นุชิต (Nuchit, 2011: 124) ที่พบว่า ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้น หรือวรัญตี การะเกตุ (Karaket, 2012: Abstract) ที่ศึกษาพบว่า สามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้

การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation) เป็นส่วนหนึ่งของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และเป็นกระบวนการที่บุคคลแสดงถึงความพยายามในการสร้าง หรือตรวจสอบความถูกต้องของข้อกล่าวอ้างบนพื้นฐานของการให้เหตุผล (Norris et al., 2007 cited in Sampson and Gerbino, 2010: 427) หรือการเสนอข้อสรุปที่ได้จากการสืบสอบในรูปของข้อคำถาม ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การอธิบาย และการพิสูจน์แย้ง โดยประเด็นเกิดจากการสังเกตปรากฏการณ์หรือเป็นผลจากเหตุการณ์ที่มีความคิดต่างกัน (Llewellyn, 2013: 19-20) ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ จึงควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้โต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ร่วมกับเพื่อนหรือครู เป็นดังที่ Dawson and Venville (2010: 134) อธิบายว่า ครูวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมให้นักเรียนมีการพิจารณาและตัดสินใจโดยผ่านกระบวนการโต้แย้งที่มีการใช้ความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เพื่อแลกเปลี่ยนและให้เหตุผลกับผู้อื่น และตัดสินใจในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา

จากความเป็นมาและปัญหาที่เสนอข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ยังขาดประสิทธิภาพ หรือไม่สามรถบรรลุเป้าหมายในการพัฒนาสมรรถนะทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านมนทัศน์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลการเรียนรู้ที่สำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำการสืบสอบมาบูรณาการร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อจัดเป็นขั้นตอนการเรียนการสอนที่ชัดเจนโดยยึดตามลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนแนวสืบสอบและทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อพัฒนามโนทัศน์ และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สำคัญของนักเรียนโดยเฉพาะชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งเป็นวัยที่สามารถพัฒนาการให้เหตุผลแบบต่าง ๆ ได้ หากนักเรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ จะเป็นโอกาสที่ดีที่นักเรียนได้รับการกระตุ้นและท้าทายให้มีการคิดวางแผนการศึกษาสำรวจ ลงมือปฏิบัติและมีการโต้แย้ง

ร่วมกับผู้อื่น ในระหว่างทำงานร่วมกันและสรุปสร้างคำอธิบายโดยใช้ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล ซึ่งส่งเสริมการพัฒนาโมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบโมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ มีโมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 18 ปีการศึกษา 2564 จังหวัดชลบุรี จำนวน 10 โรงเรียน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ดังนี้

1.2.1 สุ่มโดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม ได้โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางแห่งหนึ่งในตำบลอ่างศิลา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

1.2.2 สุ่มโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม จากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งมีทั้งหมด 8 ห้องเรียน ที่มีลักษณะพื้นฐานทางการเรียนไม่แตกต่างกัน ได้ห้อง 2/3 ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 40 คน

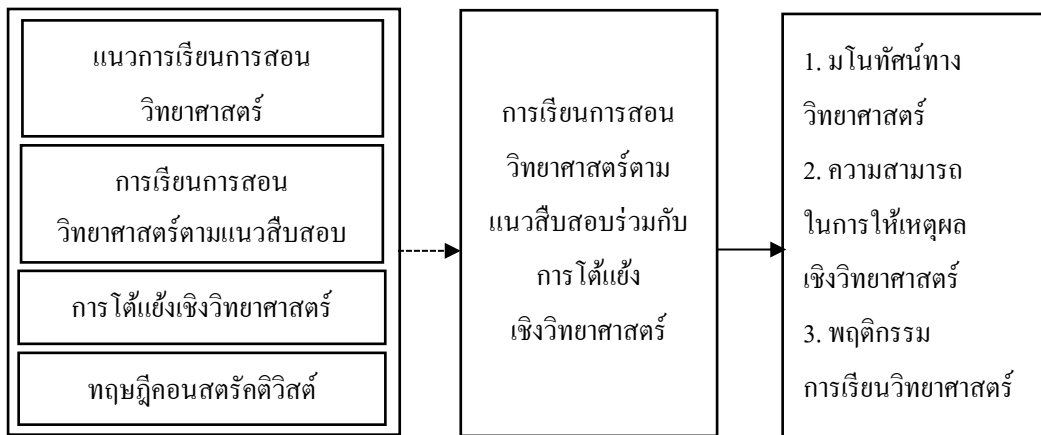
2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น คือ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

2.2 ตัวแปรตาม ประกอบด้วย โมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาและระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ระยะเวลาในการศึกษาผลทั้งสิ้น 15 คาบ คาบละ 50 นาที

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แนวการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีความหลากหลาย เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ และต้องคำนึงถึงนักเรียน ให้นักเรียนได้เป็นผู้คิดและลงมือปฏิบัติ เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ทั้งในด้านความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้เกิดความสงสัย และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาหรือสำรวจตรวจสอบความรู้ด้วยตนเองจากปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการลงมือปฏิบัติ ที่มีการรวบรวมข้อมูล และสื่อสารกันอย่างมีเหตุผลจนสามารถสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบของปัญหาหรือสถานการณ์นั้นได้

3. การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อโต้ตอบบุคคลอื่นอย่างเป็นระบบ โดยนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบในรูปแบบของข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล เพื่อวิพากษ์ ประเมิน และทบทวนปรับปรุงข้อสรุปเบื้องต้น

4. การจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่จะต้องให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางความคิด ความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่กับสิ่งที่รับรู้ใหม่ไม่สอดคล้องกัน นักเรียนจึงต้องค้นหาคำตอบด้วยตนเอง เพื่อลดความขัดแย้งทางความคิดที่เกิดขึ้น ด้วยวิธีการต่าง ๆ รวมทั้งกำหนดจุดมุ่งหมาย วางแผน รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และตีความ จนสรุปเป็นความรู้ใหม่ที่ได้รับ จากนั้นตรวจสอบความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับนักเรียนคนอื่นเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจที่ตรงกัน เมื่อได้รับความรู้หรือแนวคิดใหม่ที่ถูกต้องแล้ว นักเรียนต้องนำความรู้ไปใช้ในการอธิบาย ตัดสิน หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

5. การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มุ่งให้นักเรียนได้ลงมือค้นหาความรู้ด้วยตนเอง โดยร่วมกันออกแบบแนวทางศึกษาสำรวจ ลงมือปฏิบัติเพื่อตรวจสอบ มีการสื่อสารโต้ตอบ และแลกเปลี่ยนแนวคิดของตนเองกับผู้อื่นอย่างเป็นระบบ โดยใช้ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล และสรุปสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ของสถานการณ์หรือปัญหาที่ศึกษานั้น ทั้งนี้การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบประกอบด้วยขั้นตอนที่เรียงลำดับต่อเนื่องกัน 3 ขั้น ดังนี้

5.1 ขั้นทำงานร่วมกัน (Work together) เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันคิด ออกแบบวิธีการศึกษาสำรวจเพื่อสร้างคำอธิบายหรือคำตอบของปัญหา และลงมือปฏิบัติตามวิธีการนั้น ซึ่งนักเรียนเป็นผู้รวบรวมข้อมูล โดยให้ความสำคัญกับข้อมูลและหลักฐาน เพื่อสร้างข้อสรุปที่เป็นข้อกล่าวอ้าง ทั้งนี้ครูอาจช่วยเหลือหรือชี้แนะเพื่อกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน

5.2 ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด (Think & Share) เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอผลงานและวิธีการที่ศึกษา มีการสะท้อนความคิดร่วมกันโดยใช้หลักฐานสนับสนุนอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนนำไปปรับปรุงและสรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เรียนได้

5.3 ขั้นประยุกต์ใช้ (Apply) เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้แล้ว ไปใช้เพื่อสร้างคำอธิบายในสถานการณ์อื่นเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล นักเรียนมีการเชื่อมโยงทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีการที่ใช้ศึกษา ซึ่งครูจะประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเพื่อตรวจสอบและชี้แนะ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

6. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่นักเรียนแสดงถึงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่อง งานและพลังงาน ซึ่งได้พัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ความรู้ความเข้าใจดังกล่าว จะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคน

7. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการได้มาซึ่งแนวคิดหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น โดยใช้การศึกษาสำรวจและทดลองเพื่อตรวจสอบจนได้หลักฐานเชิงประจักษ์ และเกิดเป็นข้อสรุปที่เป็นแนวคิดหรือคำอธิบาย

8. พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงออกหรือการปฏิบัติของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในแต่ละขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบพร้อมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ขั้นทำงานร่วมกัน ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด และขั้นประยุกต์ใช้ ซึ่งวัดได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) โดยมีแบบแผนการวิจัยแบบ One group pretest - posttest design (Creswell, 2012: 310) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิจัยกึ่งทดลองแบบ One group pretest - posttest design

กลุ่มตัวอย่าง	สอบก่อนเรียน	ทดลอง	สอบหลังเรียน
G	O ₁	X	O ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

G	แทน	กลุ่มทดลอง
O ₁	แทน	การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง
O ₂	แทน	การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลอง
X	แทน	การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการเรียนการสอน เรื่อง งานและพลังงาน มีการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน 3 ขั้นตอน คือ ขั้นทำงานร่วมกัน ขั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และขั้นประยุกต์ใช้ ซึ่งมีทั้งหมด 6 แผน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ อยู่ระหว่าง 0.8-1.0 โดยผู้วิจัยได้ทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ปีการศึกษา 2563 และทดลองใช้แบบการสอนออนไลน์กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ปีการศึกษา 2564

2. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน ซึ่งวัดในด้านความรู้ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ โดยเป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เกณฑ์การให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ อยู่ระหว่าง 0.8-1.0 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22-0.70 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.60 และค่าความเชื่อมั่นตามสูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson เท่ากับ 0.80

3. แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยปรับจาก Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning-CTSR ของ Lawson (Lawson, 1995: 436-445) และแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของจันทร์พร พรหมมาศ (Prommas, 1998: 166-169) เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยเป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบที่มีการตอบ 2 ขั้นตอน ซึ่งสัดส่วนจำนวนข้อสอบการให้เหตุผลด้านละ 2 ข้อ รวมทั้งฉบับ 12 ข้อ ข้อสอบแต่ละข้อจะถามเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั่วไปและวัดการให้เหตุผลใน 6 ด้าน คือ การให้เหตุผลในเชิงของการอนุรักษ์ การให้เหตุผลในเชิงของสัดส่วน การให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลในเชิงของความเป็นไปได้ การให้เหตุผลในเชิงของภาพรวม และการให้เหตุผลในเชิงของความสัมพันธ์ ทั้งนี้เกณฑ์การให้คะแนนคือ นักเรียนจะได้ 1 คะแนน เมื่อเลือกได้ถูกต้อง ทั้งคำตอบและเหตุผล หรือเลือกคำตอบได้ถูกต้องและแสดงเหตุผลอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวเลือกเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล และนักเรียนจะได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำตอบและเหตุผลผิดหรือตอบอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เท่ากับ 1.0 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.28-0.68 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.24-0.56 และค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach' Alpha) เท่ากับ 0.78

4. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งใช้บันทึกการแสดงออกหรือการปฏิบัติของพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ขั้นตอน รวม 10 พฤติกรรม โดยเป็นแบบตรวจสอบรายการ และมี

เกณฑ์การให้คะแนน คือ ให้ 1 คะแนน เมื่อสังเกตเห็นนักเรียนแสดงหรือมีพฤติกรรมย่ำยั้น เกิดขึ้น 1 ครั้ง และให้ 0 คะแนน เมื่อนักเรียนไม่มีหรือแสดงพฤติกรรม ซึ่งผู้วิจัยนำคะแนนพฤติกรรมที่ได้จากการสังเกตมา คำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนพฤติกรรม กำหนดว่า ระดับดี (คะแนนร้อยละ 75 ขึ้นไป) ระดับพอใช้ (คะแนนร้อยละ 74-50) และระดับที่ควรปรับปรุง (คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50) โดยมีค่าดัชนีความ สอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เท่ากับ 1.0

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่สังเคราะห์ขึ้น โดยเป็นการสอนแบบออนไลน์ ตามมาตรการป้องกันจากโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ของกระทรวงศึกษาธิการและคณะกรรมการโรคติดต่อจังหวัดชลบุรี โดยก่อนทดลองสอนจริง ผู้วิจัยได้ชี้แจงผ่านโปรแกรม Google Meet เกี่ยวกับเหตุผลของการวิจัย แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ขั้นตอนการเรียนการสอน บทบาทของนักเรียนและครู และประโยชน์ที่นักเรียนจะได้รับจากการเรียนการสอน เพื่อสร้างความเข้าใจและเตรียมความพร้อมให้แก่กลุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้การจัดการเรียนการสอนตลอดทั้ง 15 คาบ ได้ใช้โปรแกรม Google Meet และการจัดกิจกรรมกลุ่มในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยได้มีการสร้าง Link ของแต่ละกลุ่มไว้ ซึ่งผู้สอนจะเข้าไปกำกับดูแลและชี้แนะตาม Link ของแต่ละกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มที่เป็นเป้าหมายสำหรับการสังเกตพฤติกรรม และเมื่อทำกิจกรรมรวมทั้งสิ้น ทุกกลุ่มจะกลับมาใช้ Link รวม

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ด้วยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนเริ่มการเรียนการสอน โดยผ่าน Google Form

3. ดำเนินการสอนตามแผนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 แผน เป็นเวลา 15 คาบ

4. ทดสอบหลังเรียน (Posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้ฉบับเดิม เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนทั้งหมด 6 แผน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มทดลอง	n	\bar{X}	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	40	12.05	2.38	39	40.451	.000*
หลังเรียน	40	22.13	3.47			

*p < .05

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมีโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียน ($\bar{X} = 22.13$, $SD = 3.47$) ด้วยการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X} = 12.05$, $SD = 2.38$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 แสดงว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

สรุปได้ว่า นักเรียนมีมีโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนเรียน และหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มทดลอง	n	\bar{X}	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	40	4.40	1.50	39	24.082	.000*
หลังเรียน	40	7.95	1.62			

*p < .05

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($\bar{X} = 7.95$, $SD = 1.62$) ด้วยการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X} = 4.40$, $SD = 1.50$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 แสดงว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

สรุปได้ว่า นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพฤติกรรมและระดับการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์	พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	ระดับการเรียนวิทยาศาสตร์
ชั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์	1. แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา	69.44	พอใช้
	2. ตั้งสมมติฐาน	72.22	พอใช้
ชั้นทำงานร่วมกัน	3. ลงมือทำงานร่วมกัน	77.78	ดี
	4. แสดงความคิดเห็นเพื่อโต้แย้ง	80.56	ดี

ขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์	พฤติกรรมการณ์เรียนวิทยาศาสตร์	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	ระดับการเรียนวิทยาศาสตร์
	โดยใช้หลักฐานสนับสนุน		
	ค่าเฉลี่ย	75.00	ดี
ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด	5. นำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ	69.44	พอใช้
	6. สะท้อนความคิดร่วมกับนักเรียนคนอื่น	80.56	ดี
	โดยใช้หลักฐานสนับสนุน		
	7. สร้างคำอธิบายหรือความรู้	77.78	ดี
	ค่าเฉลี่ย	75.93	ดี
ขั้นประยุกต์ใช้	8. แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล	80.56	ดี
	9. ลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาคำตอบ	75.00	ดี
	10. สร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	83.33	ดี
	ค่าเฉลี่ย	79.63	ดี
	ค่าเฉลี่ยร้อยละรวม	76.85	ดี

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละของพฤติกรรมการณ์เรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวม อยู่ในระดับดี (76.85%) โดยแสดงพฤติกรรมในขั้นประยุกต์ใช้มากที่สุด (79.63%) รองลงมา คือ ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด (75.93%) และขั้นทำงานร่วมกัน (75.00%) ตามลำดับ ทั้งนี้พฤติกรรมย่อยที่แสดงออกมากที่สุด คือ สร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (83.33%) และพฤติกรรมย่อยที่แสดงออกน้อยที่สุด คือ แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา (69.44%) และนำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ (69.44%)

สรุปได้ว่า นักเรียนมีพฤติกรรมการณ์เรียนวิทยาศาสตร์ ระหว่างการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ในภาพรวม อยู่ในระดับดี โดยมีการแสดงพฤติกรรมในขั้นประยุกต์ใช้ มากที่สุด รองลงมา คือ ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด และขั้นทำงานร่วมกัน ตามลำดับ ทั้งนี้พฤติกรรมการณ์เรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนแสดงออกมากที่สุด คือ สร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกน้อยที่สุด คือ แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา และนำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประเด็นอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบ ร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตาม สมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1.1 การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาสำรวจเพื่อตรวจสอบและค้นหาความรู้ด้วยตนเองจาก ปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการลงมือคิดและปฏิบัติที่มีการรวบรวมข้อมูล และสื่อสารกันอย่างมี เหตุผล จนสามารถสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือความรู้เพื่อตอบปัญหาหรือสถานการณ์นั้นได้ ดัง เห็นได้จากข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนระบุไว้ในชิ้นงานร่วมกัน เช่น “ลูกบาสจะตกถึงพื้นก่อน พื้นทรายจะยุบลง ไป น่าจะเพราะว่าลูกบาส หนักกว่าลูกวอลเลย์” หรือในชั้นแลกเปลี่ยนความคิด ที่นักเรียนนำเสนอวิธีการ การศึกษาและคำอธิบายที่ได้จากการศึกษา เช่น “วิธีการคือใช้ลูกเปตองเพียงชนิดเดียวที่มีน้ำหนักเท่ากัน แต่ ปล่อยลงมาพร้อมกันจากระดับความสูงต่างกัน ได้ผลการทดลองว่าเมื่อปล่อยลูกเปตองจากที่ระดับความสูง มาก พื้นทรายจะยุบลึกกว่าที่ระดับความสูงน้อย เพราะที่ระดับความสูงมาก ลูกเปตองจะมีความเร็วตกกระทบ พื้นทรายได้มากกว่าที่ระดับความสูงน้อย” หรือขั้นประยุกต์ใช้ นักเรียนสรุปมโนทัศน์ในเรื่องที่ศึกษาได้ ดังเช่น “พลังงานศักย์โน้มถ่วง หมายถึง พลังงานที่เกิดจากวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของระดับความสูง โดย ปริมาณพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมวลและความสูงของวัตถุเช่น ลูกมะพร้าวตกลงมาจาก บนต้น พลังงานศักย์โน้มถ่วงของลูกมะพร้าวจะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จนกลายเป็นศูนย์เมื่อถึงพื้นดิน” สอดคล้อง ดังที่ Minner, Levy and Century (2009: 476) กล่าวว่า การสืบสอบเป็นวิธีที่นักเรียนใช้ในการเรียนรู้ ซึ่งมี ทั้งการคิดและการลงมือปฏิบัติเพื่อศึกษาปัญหา และ Kilbane and Milman (2014: 244-245) ที่กล่าวว่า การสืบสอบเป็นกระบวนการที่มีการจัดการความคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งทำให้เกิดการสำรวจโดยมีการตั้งและ ทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปเป็นมโนทัศน์ ทั้งนี้ยังเป็นไปตามที่ว่านักเรียนสามารถ ขยายความรู้ของตนเองหากได้นำความรู้ไปใช้ (Zahoric, 1995 cited in Prommas, 2019: 3)

1.2 ในแต่ละขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ มี กิจกรรมที่ให้นักเรียนทำซึ่งสะท้อนถึงลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ และในระหว่างการ ลงมือปฏิบัติ นักเรียนได้อภิปราย และโต้แย้งความคิดกับผู้อื่น อีกทั้งครูมีการอธิบายเพิ่มเติมความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้นักเรียนประเมินและปรับความเข้าใจหรือคำอธิบายที่ได้จากการศึกษาสำรวจ จนเกิดเป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่อธิบายว่า บุคคลเกิดการ เรียนรู้ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัวและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น โดยผ่านกระบวนการ จัดระบบโครงสร้างความคิด และกระบวนการปรับข้อมูลจนเกิดภาวะสมดุลทางความคิด (Kowtragoon, 2011: 48) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lorelei (2019: 82-83) ที่พบว่า การเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบที่เสริมด้วยการโต้แย้งช่วยพัฒนาการใช้หลักฐานสนับสนุนการโต้แย้ง และพัฒนา แนวทางหรือวิธีการในการค้นหาหลักฐานสนับสนุน รวมถึงผลการศึกษาของศักดิ์สิทธิ์ เหมแก้ว (Hemkaew, 2015: Abstract) และพรพิมล คงเจริญสุข, จันท์พร พรหมมาศ และสมศิริ สิงห์ลพ (Kongcharoensuk,

Prommas and Singlop, 2019: 62-63) ที่พบเช่นเดียวกันว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบ ร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

2. นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 อาจเป็นผลเนื่องมาจาก กิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และมีประสบการณ์ เกี่ยวกับการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ สนับสนุนแนวคิดหรือคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังเห็นได้จากในชั้นทำงานร่วมกัน และชั้นแลกเปลี่ยน ความคิด นักเรียนช่วยกันคิดหาวิธีการเพื่อศึกษาค้นคว้าและการนำผลที่ได้มาแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน โดยใช้หลักฐานอย่างมีเหตุผล ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถสร้างเป็นคำอธิบายได้ ส่วนชั้นประยุกต์ใช้ นักเรียนต้อง พยายามหาเหตุผลมาสนับสนุนเพื่อใช้สร้างคำอธิบายอีกครั้ง ดังนั้น นักเรียนจึงมีการคิดและให้เหตุผลอย่าง ต่อเนื่องตลอดเวลา และเมื่อพิจารณาจากคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนการ ให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปรน้อยที่สุด อาจเป็นเพราะว่า ในการทำกิจกรรมต้องมีการ กำหนดตัวแปรที่ศึกษา ซึ่งบางกิจกรรมอาจมีตัวแปรอื่นที่นอกเหนือ จากตัวแปรควบคุมที่นักเรียนกำหนดไว้ ส่งผลให้การทดลองมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ทำให้นักเรียนมีคะแนนการให้เหตุผลในด้านนี้ยังไม่ดีพอ และ นักเรียนมีคะแนนการให้เหตุผลในเชิงของความสัมพันธ์มากที่สุด อาจเป็นเพราะว่า เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และเกิดประสบการณ์เกี่ยวกับการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น และ นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ เป็นดังที่ Sternberg (Sternberg, 1996 cited in Prommas, 1998: 50) อธิบายว่า การให้เหตุผลเป็นกระบวนการทางพุทธิปัญญาที่แต่ละคนใช้เพื่อลงข้อสรุป จากหลักฐานที่เลือกสรรหรือหลักการต่าง ๆ และ Lawson (2000: 491) ที่อธิบายว่า การให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์ เป็นแนวทางในการค้นหาและการประเมินข้อมูลจากหลักฐาน เพื่อสร้างข้อสรุปหรือคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล ทั้งนี้มีผลการศึกษาต่าง ๆ สนับสนุน เช่น Bagus (2019: 689) ที่ศึกษา พบว่า การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์และทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนได้ และผลการศึกษาของ สันติชัย อนุวรชัย (Anuworrachai, 2010: Abstract) และภคพร อีสระ (Isara, 2014: Abstract) ที่พบเช่นเดียวกันว่า การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้ง ช่วย พัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลของนักเรียนได้

3. นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ระหว่างการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบ ร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในภาพรวม อยู่ในระดับดี โดยนักเรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ในชั้นประยุกต์ใช้มากที่สุด รองลงมา คือ ชั้นแลกเปลี่ยนความคิด และชั้นทำงานร่วมกัน ตามลำดับ ทั้งนี้ พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนแสดงออกมากที่สุดคือ สร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ส่วน พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกน้อยที่สุด คือ แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา และนำเสนอผล การศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ อาจเป็นเพราะว่า

3.1 การเรียนการสอนทั้ง 3 ขั้นตอนเหล่านี้ นักเรียนมีการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยคิด (Minds on) และลงมือปฏิบัติ (Hands on) ซึ่งนักเรียนมีการตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูลหรือหลักฐาน โต้แย้ง และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นโดยใช้หลักฐานอย่างมีเหตุผล และสรุปสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือความรู้ เพื่อตอบปัญหาหรือสถานการณ์นั้นได้ โดยในระหว่างการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีการแสดงพฤติกรรมเรียนมากที่สุดคือ สร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในชั้นประยุกต์ใช้ ในขณะที่พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงน้อยที่สุด คือ การแสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษาซึ่งอยู่ในชั้นทำงานร่วมกัน และการนำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติซึ่งอยู่ในชั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น จะเห็นได้ว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถส่งเสริมให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ แต่จากการที่นักเรียนยังมีพฤติกรรมในการแสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา และนำเสนอผลการศึกษาไม่มากนัก อาจเป็นเพราะว่าในกลุ่มที่ร่วมกันทำงาน จะประกอบด้วยนักเรียนที่คล่องความสามารถ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่นักเรียนบางคนกำลังอยู่ระหว่างการพัฒนาไปสู่ระดับศักยภาพที่จะไปถึงได้ ซึ่งการมีปฏิสัมพันธ์กับสมาชิกภายในกลุ่มจะช่วยเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) ให้นักเรียนเหล่านี้เกิดการเรียนรู้ในพื้นที่รอยต่อพัฒนาการ (Zone of Proximal Development) ได้ สอดคล้องดังที่ สุรางค์ ไคว์ตระกูล (Kowtragoon, 2011: 61) อธิบายว่า การได้รับการชี้แนะช่วยเหลือในการเรียนรู้ หรือทำงานร่วมกับผู้ที่มีความชำนาญกว่าในเรื่องนั้น เพื่อลดช่องว่างระดับพัฒนาการทางความรู้ที่นักเรียนมีอยู่ขณะนั้น ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาด้วยตนเองได้ในเวลาต่อมา สอดคล้องดังที่ Yager and Akcay (2010: 11) ระบุว่า การเรียนการสอนแนวสืบสอบช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และ Berland and Reiser (2009: 27) ที่อธิบายว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบสอบ ทำให้นักเรียนใช้ข้อมูลและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างรูปแบบหรือคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ และเห็นได้จากการศึกษาของ ณัฐมน สุชัยรัตน์ (Suchairut, 2015: Abstract) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ดีขึ้นจากก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน รวมถึงนักเรียนสามารถให้เหตุผลและนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้มากขึ้น

3.2 จากการสังเกตพฤติกรรม พบว่า การเรียนการสอนในช่วงสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ยังมีปัญหาต่าง ๆ เกิดขึ้น เช่น ความร่วมมือในการทำกิจกรรมกลุ่ม การแสดงความคิดเห็นร่วมกันภายในกลุ่ม เป็นต้น โดยครูได้ทำวิดีโอสาธิตการทดลองเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียน ซึ่งนักเรียนยังสามารถออกแบบการทดลองของตนเองได้อย่างอิสระตามความสนใจ และให้นักเรียนวางแผนการทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม ทั้งนี้ครูคอยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล จากความพยายามในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และความร่วมมือในการเรียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งเห็นถึงความชัดเจนและจำนวนครั้งที่แสดงออกเพิ่มขึ้น เกิดขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป เมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้ว นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง มีพฤติกรรมเรียนวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับที่ดีกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ปานกลาง และต่ำในทุกขั้นตอนการเรียนการสอน ซึ่งเป็นไปได้ว่านักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง คิดออกแบบ

วิธีการในการสืบสอบ และให้เหตุผลเพื่อนำไปสู่การสรุปคำอธิบาย รวมถึงตั้งใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนมาก ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางและต่ำ อาจมีความสามารถไม่สูงพอที่จะเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และขาดความมั่นใจในการแสดงความคิดเห็นเพื่อโต้แย้งกับผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับที่ Piaget (Piaget, 1970 cited in Llewellyn, 2005: 33) อธิบายไว้ว่า ในขั้นการคิดแบบเหตุผลเชิงนามธรรม นักเรียนสามารถคิดถึงสิ่งที่มากกว่าความเป็นจริงที่นอกเหนือจากประสบการณ์ที่มี และสามารถให้เหตุผลกับสิ่งที่ยังไม่เคยพบเห็นได้อย่างเข้าใจ และดังที่ Vygotsky (Vygotsky, 1997 cited in Ormrod, 2012: 318-323) อธิบายว่า การเรียนรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเอง ต้องอาศัยสื่อกลาง ซึ่งประกอบด้วยทั้งภาษา การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและบุคคลอื่น วัฒนธรรม รวมถึงการชี้แนะหรือการช่วยเหลือจากผู้อื่นที่มีความสามารถมากกว่า (Scaffolding) และยังสอดคล้องกับที่โสภา ชูพิกุลชัย (Chupikulchai, 1986: 111) กล่าวว่า พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่มีอยู่ของนักเรียน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1.1 จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนที่พบว่า พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนแสดงออกน้อยที่สุด คือ แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา และนำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ ดังนั้นครูควรกระตุ้นและท้าทายโดยอาจใช้คำถามเชิงวิทยาศาสตร์หรือนำเสนอสถานการณ์ชวนสงสัย (Discrepant event) เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากรู้ อยากเห็น และนำไปสู่การแสดงความคิดเห็นหรือสนทนา อภิปรายและโต้แย้งกันมากขึ้น รวมถึงการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นหรือนำเสนอผลงานที่ตนเองค้นพบ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเอง

1.2 เนื่องจากเกิดสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) หรือในยุคการเรียนรู้ที่ก้าวทันผลกระทบจากเทคโนโลยีสมัยใหม่ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนควรปรับให้เหมาะกับยุควิถีชีวิตใหม่ (New normal) ซึ่งอาจจำเป็นต้องผสมผสานการสอนในห้องเรียนและการเรียนการสอนออนไลน์ ดังนั้น ครูควรสอดแทรกการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ในกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ นักเรียนมีโอกาสได้เรียนรู้และฝึกทักษะในการใช้สื่อเหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกิจกรรมการทดลอง และสามารถเรียนออนไลน์ได้เต็มประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากผลการวิจัยครั้งนี้ ที่พบว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้ แต่เมื่อพิจารณาประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนมีการให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปรน้อยที่สุด ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการ

การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์กับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้านนี้อีกครั้ง เพื่อยืนยันผล หรือทำการศึกษาเพื่อพัฒนากิจกรรมที่เสริมสร้างการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการบ่งชี้และควบคุมตัวแปรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2.2 ครูหรือผู้เกี่ยวข้องอาจนำขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ไปศึกษาสมรรถนะด้านอื่นของนักเรียน เช่น การคิดนอกกรอบ (Lateral thinking) เพราะความสามารถด้านนี้ ช่วยให้นักเรียนมีการคิดแตกต่างจากแบบแผนเดิมที่ใช้อยู่ ทำให้นักเรียนสามารถออกแบบวิธีการสืบสอบได้หลายแนวทาง รวมถึงสร้างคำอธิบายได้อย่างหลากหลายโดยไม่จำกัดขอบเขตการคิด ซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดี หรือการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self Efficacy) เพราะเป็นสิ่งที่ช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดและแรงจูงใจที่ทำให้นักเรียนสามารถดำเนินชีวิตได้ดีและประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพในอนาคต

References

- Anuworrachai, S. (2010). Effect of Biology Instruction Using The Argument-Driven Inquiry Instructional Model on Ability in Scientific Explanation Making and Rationality of Upper Secondary School Students. Master of Education Thesis Program in Science Education Graduate School Chulalongkorn University. (in Thai)
- Bagus, Y. (2019). "Improving students' scientific reasoning skills through the three levels of inquiry". *international Journal of instruction*, 12(4), 689-704.
- Berland, L. K. and Reiser, B. J. (2009). "Making sense of argumentation and explanation". *Journal of science education*, 93, 765-793.
- Carin, A. A. and Sund, R. B. (1975). *Teaching modern science*. 2nd ed. Columbus, Ohio: Merrill publishing company.
- Carin, A. A. and Sund, R. B. (1985). *Teaching science through discovery*. 3rd ed. Columbus, Ohio: Merrill publishing company.
- Chupikulchai S. (1986). *Introduction of Psychology*. 2nd ed. Bangkok: Rungruang Publishing Company. (in Thai)
- Colburn, A. (2000). "An Inquiry primer". *Journal of science scope*, 23(6), 42-44.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. 4th ed. Boston: Pearson education.

- Dawson, V. M. and Venville, G. (2010). "Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics". *Journal of research in science education*, 40, 133-148.
- Hemkaew, S. (2015). *The Effect of Science Instruction Using The Argument-Driven Inquiry Model on Concepts of Force and Motion and Rationality of Mattayomsuksa Four Students*. Master of Education Thesis Program in Science Teaching Graduate School Ramkhamhaeng University. (in Thai)
- Isara, P. (2014). *Effect of Using An Argument-Driven Inquiry Instructional Model with Cooperative Learning Techniques on Chemistry Learning Achievement and Scientific Reasoning Ability of Upper Secondary School Students in The Regional Science Schools*. Master of Education Thesis Program in Science Education Graduate School Chulalongkorn University. (in Thai)
- Karaket, W. (2012). *Development of Grade 7 Students' Conception about Substance and Its Properties by Inquiry Based Approach*. Master of Education Thesis Program in Science Education Graduate School Kasetsart University. (in Thai)
- Kilbane, R. C. and Milman, B. N. (2014). *Teaching models: designing instruction for 21st century learners*. Boston: Pearson education.
- Kongcharoensuk, P., Prommas, C. and Singlop, S. (2019). "Effect of Using Learning Cycle Approach Integrated with Scientific argumentation on The Informal Reasoning Ability, Biology Achievement, and Biology Concepts of Mattayomsuksa Four Students". *Journal of Education Burapha University*, 30(1): 62-77. (in Thai)
- Kowtragoon, S. (2011). *Educational Psychology*. 10th ed. Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- Laohapaiboon, P. (1999). *Teaching Science*. 3rd ed. Bangkok: Thai Wattana Panich Publishing Company. (in Thai)
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, California: Wadsworth publishing company.
- Lawson, A. E. (2000). "The Generality of hypothetico-deductive reasoning: Making scientific thinking explicit". *Journal of American biology teacher*, 62(7), 482-495.
- Lee, C. K. and Shea, M. (2016). "An analysis of pre-service elementary teachers' understanding of inquiry-based science teaching". *Science education international*, 27(2), 217-237.

- Llewellyn, D. (2005). Teaching high school science through Inquiry. Thousand Oaks, California: A Sage publications company.
- Llewellyn, D. (2013). Teaching high school science through inquiry and argumentation. 2nd ed. Thousand Oaks, California: A Sage publications company.
- Lorelei, R. (2019). Using an argument driven inquiry model to develop scientific proficiency in the middle school classroom. Doctoral dissertation Program in Curriculum and Instruction College of Education University of South Carolina.
- Ministry of Education. (2009). The basic Education Core Curriculum (B.E. 2551). Retrieved August 20, 2019, from <http://www.ipst.ac.th/images/2017/CoreCurriculum2551/TH.pdf>
- Minner, D. D., Levy, A. J. and Century, J. (2009). "Inquiry-based science instruction-What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002". Journal of research in science teaching, 47(4), 474-496.
- National Institute of Educational Testing Service. (2020). Basic Statistics O-NET test in Academic year 2014-2020. Retrieved November 10, 2020, from <https://www.niets.or.th/uploads/editor/files/O-NET/3%20%E0%B9%20M3-2563.pdf>
- National Research Council. (2000). Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. Washington, DC: National academies press.
- Nuchit, C. (2011). "Effect of Open-Inquiry Science Laboratory on Scientific Reasoning Ability and Learning Achievement of Reflection and Plane Mirror Imaging for Grade 2 Secondary School Students". Journal of Education Khon Kaen University, 34(1): 124-134. (in Thai)
- Ormrod, J. E. (2012). Human learning. 6th ed. Boston: Pearson education.
- Prommas, C. (1998). Effect of Using The Learning Cycle Method in Science Instruction on Science Learning Achievement and Behaviors of Lower Secondary School Students. Doctor of Philosophy Program in Curriculum and Instruction Graduate School Chulalongkorn University. (in Thai)
- Prommas, C. (2019). Learning Theory in Learning Management and Learning Measurement and Assessment. Unpublished manuscript. Department of Education Burapha University. (in Thai)

- Sampson, V. and Gerbino, F. (2010). “Two instructional models that teachers can use to promote & support scientific argumentation in the biology classroom”. *Journal of American biology teacher*, 72(7), 427-431.
- Suchairut, N. (2015). Development of An Instructional Model Based on Model-Based Inquiry and Context-Based Learning Approaches to Promote Scientific Reasoning and Transfer of Learning Abilities of Lower Secondary School Students. Doctor of Philosophy Program in Curriculum and Instruction Graduate School Chulalongkorn University. (in Thai)
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2018). PISA Assessment Results 2015. Retrieved May 5, 2019, from [https://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786163627179/The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. \(2019\). PISA Assessment Results 2018. Retrieved December 30, 2019, from https://pisathailand.ipst.ac.th/news-12/](https://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786163627179/The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2019). PISA Assessment Results 2018. Retrieved December 30, 2019, from https://pisathailand.ipst.ac.th/news-12/)
- Trowbridge, L. W. and Bybee, R. W. (1990). *Becoming a secondary school science teacher*. 3rd ed. Columbus: Merrill publishing company.
- Vasinayanuwatana, T. and Faikhamta, C. (2018). “Pre-service Science Teachers Understanding of Inquiry”. *Princess of Naradhiwas University Journal of Humanities and Social Science*, 5: 62-72. (in Thai)
- Yager, R. E. and Akcay, H. (2010). “The advantages of an inquiry approach for science instruction in middle grades”. *Journal of school science and mathematics*, 110(1), 5-12.