

การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างอะตอม

นพภัทร สักวาลเพ็ชร^{1*} ชาตรี ฝ่ายคำตา¹ และอภิสิฏฐ์ ศงสะเสน²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10903

E-mail: napaksorn.inamoto162@gmail.com

รับบทความ: 25 กันยายน 2559 ยอมรับตีพิมพ์: 30 พฤษภาคม 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในเนื้อหาโครงสร้างอะตอม และศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 25 คน จากโรงเรียนของรัฐบาลแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โดยเน้นศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 6 ประเด็น ได้แก่ (1) ความรู้วิทยาศาสตร์มีพื้นฐานมาจากหลักฐานเชิงประจักษ์ (2) การเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ (3) บทบาทของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการต่อวิทยาศาสตร์ (4) ทฤษฎีวิทยาศาสตร์ (5) วิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ และ (6) การสังเกตและลงข้อสรุป เก็บข้อมูลโดยใช้บันทึกวิดีโอ บันทึกการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรมของนักเรียน และแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คำถามปลายเปิดร่วมกับการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในเนื้อหาโครงสร้างอะตอมที่มีประสิทธิภาพมีลักษณะดังนี้ (1) สร้างประสบการณ์ให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองอะตอมร่วมกับการอภิปรายและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในแบบจำลองอะตอมของนักเรียน (2) ใช้คำถามอภิปรายที่จำเพาะเจาะจงกับกิจกรรมพัฒนาแบบจำลองอะตอมเพื่อสื่อถึงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิด (3) นำประวัติศาสตร์การพัฒนาแบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด โบร์ และกลุ่มหมอก ให้นักเรียนศึกษาร่วมกับการอภิปรายและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในประวัติศาสตร์ หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ถูกต้องใน 3 ประเด็นคือ ประเด็นบทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ และหน้าที่ของทฤษฎีวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยนี้สนับสนุนว่าการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้

คำสำคัญ: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โครงสร้างอะตอม

The Development of Grade 10 Science-Gifted Students' Understanding of the Nature of Science in the Unit of Atomic Structure

Napaksorn Sangwanpetch^{1*}, Chatree Faikhamta¹ and Apisit Songsasen²

¹Division of Science Education, Department of Education, Faculty of Education, and

² Department of Chemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, Bangkok 10903, Thailand

*E-mail: napaksorn.inamoto162@gmail.com

Received: 25 September 2016 Accepted: 30 May 2017

Abstract

This research aimed at examining how to teach explicit and reflective approach in the unit of atomic structure and investigating 25 tenth-grade science-gifted students' understanding of the nature of science (NOS) in a public secondary school in Bangkok, in second semester of 2014 academic year. The study emphasized six aspects of the NOS including (1) empirical (2) tentative (3) creativity and imagination (4) scientific theory (5) scientific methods and (6) observation and inference. The data were collected through video recordings, learning records, students' worksheets, and an open-ended questionnaire, in conjunction with semi-structured interview. Results indicated that the effective ways of explicit and reflective approach in the unit of atomic structure were: (1) providing students with concrete experiences to develop atomic model that can be explicit and reflective in their atomic model, (2) using specific questions with the developing atomic model activities to convey the NOS aspects and giving the opportunity which students reflected their opinions, and (3) using histories about the development of Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr and Cloud electron's atomic models which students would learn these histories with explicit and reflective ways. By the end of the intervention, the majority of students held informed understanding of the three NOS aspects including the empirical, the tentative and the scientific theory's role. These findings supported that explicit and reflective learning approach can improve students' understanding of the NOS.

Keywords: Nature of science, Science-gifted students, Atomic structure

บทนำ

การส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ คือเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะอย่างหนึ่งที่สำคัญของการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ก็คือเป็นผู้ที่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1989) ซึ่งเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ ทั้งในประเด็นเกี่ยวกับความรู้วิทยาศาสตร์ วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้พัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ การทำงานหรือสังคมของนักวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคม (McComas, 1998)

แม้ว่าประเทศไทยจะให้ความสำคัญและบรรจุธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ลงในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาหลายปีแล้ว แต่จากผลการสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยกลับพบว่านักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอและคลาดเคลื่อนในประเด็นต่าง ๆ เช่น นักเรียนเข้าใจว่าความรู้วิทยาศาสตร์เกิดขึ้นจากการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง โดยนักวิทยาศาสตร์เพียงกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเท่านั้น (Kijkuakul, Yutakom and Engkagul, 2005) นักเรียนเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์คือความจริงแท้ การได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์มีเพียงวิธีเดียวคือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้วิทยาศาสตร์ต้องมาจากการทดลองเท่านั้น กฎมีความสำคัญกว่าทฤษฎี เนื่องจากทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้แต่กฎเปลี่ยนแปลงไม่ได้ วิทยาศาสตร์เป็นอิสระจากบริบททางสังคมและวัฒนธรรม (Chamrat, Yutakom and Chaiso, 2009)

นักเรียนไม่รู้ว่าการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการอนุমানของนักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์แค่บางขั้นตอน (Ladachart and Suttakun, 2012) ผลการสำรวจดังกล่าวทำให้เห็นถึงความจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูควรจะทำให้ความสำคัญกับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างจริงจัง

การส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ครูจึงต้องให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์พบว่า มี 3 แนวทาง ดังนี้ (1) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้ประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ (historical approach) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประวัติของวิทยาศาสตร์สอนพร้อมกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีดังกล่าวจากงานวิจัยต่างๆ ยังมีความไม่สอดคล้องกัน โดยงานวิจัยของ Abd-EI-Khalick and Lederman (2000) ศึกษามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาและครูฝึกสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักสูตรประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรดังกล่าวพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักศึกษาและครูฝึกสอนได้น้อยมาก อย่างไรก็ตาม การใช้ประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ร่วมกับการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในประวัติศาสตร์อย่างชัดเจนช่วยพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับกลุ่มที่ศึกษาได้เฉพาะบางประเด็น ผู้วิจัย

ทั้งสองท่านได้แนะนำว่าการบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในประวัติศาสตร์อย่างชัดเจนอาจจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ได้ ส่วนงานวิจัยของ Irwin (2000) เปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประวัติศาสตร์ในเนื้อหาทฤษฎีอะตอมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มทดลองมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นบทบาทของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม ยังมีงานวิจัยอื่นที่สนับสนุนว่าการใช้ประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ เช่นงานวิจัยของ Lin and Chen (2002) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นธรรมชาติของทฤษฎีวิทยาศาสตร์ของครูฝึกสอนวิชาเคมี ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประวัติศาสตร์ซึ่งลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้มีทั้งการอภิปรายเป็นกลุ่ม การโต้ว่าที่ การสาธิตโดยครู การทำโครงงานและการทดลองเลียนแบบงานของนักวิทยาศาสตร์ ส่วนกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่ไม่มีการใช้ประวัติศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่าครูฝึกสอนวิชาเคมีในกลุ่มทดลองมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดีขึ้นในประเด็นบทบาทของความคิดสร้างสรรค์ต่อการพัฒนาทฤษฎีวิทยาศาสตร์ ประเด็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีวิทยาศาสตร์และการสังเกตทางวิทยาศาสตร์ และประเด็นหน้าที่ของทฤษฎีวิทยาศาสตร์ มากกว่ากลุ่มควบคุม จากการศึกษาเอกสารสามารถสรุปได้ว่าวิธีการจัดการเรียนรู้อย่าง

สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดีก็ต่อเมื่อมีการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในประวัติศาสตร์อย่างชัดเจน มีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลายซึ่งสอดคล้องกับประวัติของวิทยาศาสตร์ อีกทั้งแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างมีข้อจำกัดตรงที่มีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่มีประวัติศาสตร์การพัฒนาความรู้ที่ยาวนาน และพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ เฉพาะบางประเด็นที่แฝงอยู่ในประวัติศาสตร์นั้น (2) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัย (implicit approach) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมเชิงสืบเสาะ แต่ขาดการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และ (3) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน ร่วมกับการสะท้อนความคิด (explicit and reflective approach) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญและบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน และเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิด จากผลการวิจัยที่สอดคล้องกันพบว่าการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิดสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่าการจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย (Abd-El-Khalick and Lederman, 2000; Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Yacoubian and BouJaoude, 2010) ซึ่ง Abd-El-Khalick and Lederman (2000) ให้เหตุผลว่าการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับการคิด (cognitive learning outcome) ไม่ใช่ผลพลอยได้ (by-product) ที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมเชิงสืบเสาะ ดังนั้นการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควรจัดการเรียนรู้โดยบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยา-

ศาสตร์อย่างชัดเจนมากกว่าการคาดหวังว่านักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เองจากการทำกิจกรรมเชิงสืบเสาะ นอกจากนี้งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษายังพบอีกว่าการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (integrated within content) และไม่บูรณาการกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (non-integrated within content) ให้ผลไม่แตกต่างกัน (Khishfe and Lederman, 2006, 2007)

สำหรับประเทศไทยมีรายงานการศึกษาและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดบูรณาการกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ไม่มากนัก เช่น เนื้อหาเรื่องโครงสร้างอะตอม (Chamrat, 2009) การหายใจระดับเซลล์ (Liangkrilas, 2009) การสังเคราะห์ด้วยแสง (Pattamapongsa, 2012) ของแข็งของเหลว และแก๊ส (Panyo and Faikhamta, 2016) จากผลการวิจัยที่สอดคล้องกันพบว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้แม้ว่างานวิจัยของ Chamrat (2009) จะศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเนื้อหาโครงสร้างอะตอมมาแล้วก็ตาม โดยงานวิจัยดังกล่าวใช้รูปแบบการวิจัยภายใต้กระบวนทัศน์การตีความ (interpretive paradigm) ซึ่งศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเรื่องโครงสร้างอะตอมของครูผู้สอนวิชาเคมี 3 คน ศึกษาแนวคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 12 คน แต่

ยังไม่มีการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (classroom action research) ที่ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาโครงสร้างอะตอมโดยครูผู้สอน เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ประกอบกับผู้วิจัยมีโอกาสดูประสบการณ์วิชาชีพครู ณ โรงเรียนระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยได้รับมอบหมายให้สอนวิชาเคมี ช่วงเทอมต้น ปีการศึกษา 2557 ผู้วิจัยได้สำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอและคลาดเคลื่อนในประเด็นต่าง ๆ เช่น นักเรียนเชื่อว่าความรู้วิทยาศาสตร์น่าเชื่อถือเพราะผ่านการทดลองหรือพิสูจน์มาแล้ว คิดว่าความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้แต่ไม่ระบุบทบาทของหลักฐานที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ ไม่รู้ว่านักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการอย่างไรในการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ คิดว่าความรู้วิทยาศาสตร์ต้องมาจากการทดลองเข้าใจว่าข้อมูลจากการสังเกตและลงข้อสรุปคือสิ่งเดียวกัน ไม่รู้ว่าข้อมูลจากการสังเกตและลงข้อสรุปแตกต่างกันอย่างไร ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนกลุ่มดังกล่าว และศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาโครงสร้างอะตอม โดยใช้ประวัติศาสตร์การพัฒนาแบบจำลองอะตอมต่าง ๆ บูรณาการกับการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

คำถามวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบซัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างอะตอมที่มีประสิทธิภาพมีลักษณะอย่างไร

2. หลังการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบซัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างอะตอม นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการและขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988) มาเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นวางแผนปฏิบัติ (plan) ผู้วิจัยศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตัวชี้วัดในสาระที่ 3 และ 8 แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นต่าง ๆ และเนื้อหาโครงสร้างอะตอมจากเอกสาร หนังสือ และงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลข้างต้นมาใช้พัฒนาแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และแผนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ก่อนเริ่มดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งเก็บข้อมูลประมาณกลางเดือนสิงหาคม 2557 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 เพื่อศึกษาว่านักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่ละประเด็น

อย่างไร และนำผลการสำรวจดังกล่าวมาใช้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เรื่องโครงสร้างอะตอม ซึ่งมีทั้งหมด 5 แผน

2. ขั้นปฏิบัติการ (act) ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 แนวคิดเรื่องทฤษฎีและแบบจำลองอะตอมของดอลตัน ที่พัฒนาขึ้นมาดำเนินการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเริ่มดำเนินการในวันที่ 3 พฤศจิกายน 2557 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

3. ขั้นสังเกตผลการปฏิบัติ (observe) ขณะดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ ผลการจัดการเรียนรู้ และปัญหาที่พบในแผนที่ 1 จากสถานการณ์จริง บันทึกวิดีโอขณะทำการเรียนการสอน และไปกิจกรรมของนักเรียน เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาสะท้อนผลการปฏิบัติในแผนที่ 1

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (reflect) หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 1 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสังเกตมาวิเคราะห์และสะท้อนผลการปฏิบัติของตนเอง เพื่อนำผลที่ได้จากการปฏิบัติจริงไม่ว่าจะเป็นจุดเด่นหรือจุดด้อยก็ตามที่พบในแผนที่ 1 ไปวางแผนการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 2 ต่อไป

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2-5 ไปปฏิบัติใช้เช่นเดียวกันกับกระบวนการที่กล่าวมาทั้ง 4 ขั้นตอน เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 5 แผน ผู้วิจัยวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คำถามปลายเปิดร่วมกับการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ซึ่งดำเนินการช่วงเดือนธันวาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

กลุ่มที่ศึกษา: กลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ จำนวน 25 คน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 9 คน และหญิง 16 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร โดยนักเรียนห้องนี้เรียนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา) เหมือนกับห้องเรียนสายวิทยาศาสตร์ปกติ แต่นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์จะต้องเรียนรายวิชาอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา) วิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ต่อไป กลุ่มที่ศึกษาได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งนักเรียนทุกคนมีเกรดเฉลี่ยรวมสะสมในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป

กิจกรรมการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์: ในงานวิจัยนี้เน้นพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 6 ประเด็น ดังนี้ (1) ความรู้วิทยาศาสตร์มีพื้นฐานมาจากหลักฐานเชิงประจักษ์ (2) การเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ (3) บทบาทของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการต่อวิทยาศาสตร์ (4) ทฤษฎีวิทยาศาสตร์ (5) วิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ และ (6) ความแตกต่างระหว่างการสังเกตและลงข้อสรุป ซึ่งเป็นประเด็นที่สอดคล้องกับเนื้อหาโครงสร้างอะตอม ผู้วิจัยพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 5 แผน โดยบูรณาการกับเนื้อหาโครงสร้างอะตอม ได้แก่ (1) ทฤษฎีและแบบจำลองอะตอมของดอลตัน (2) แบบจำลองอะตอมของทอมสัน (3) แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด (4) แบบจำลองอะตอมของโบร์ และ (5) แบบจำลองอะตอมกลุ่มหมอก การจัดการเรียนรู้ใช้เวลาทั้งหมด 9 คาบ ๆ ละ 50

นาที ช่วงวันที่ 3–20 พฤศจิกายน 2557 โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และคำถามธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการอภิปรายซึ่งสัมพันธ์กับกิจกรรมในเนื้อหา โครงสร้างอะตอม สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับจุดประสงค์ กระบวนการและคำถามอภิปรายในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้แสดงไว้ในตาราง 1

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยใช้กล้องวิดีโอบันทึกขณะจัดการเรียนรู้ บันทึกการจัดการเรียนรู้ และไปกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ก่อนดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง ผู้วิจัยเตรียมกล้องวิดีโอเพื่อบันทึกการจัดการเรียนรู้ของตนเอง หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยทำการถอดข้อมูลจากบันทึกวิดีโอลงในบันทึกการจัดการเรียนรู้ และเก็บข้อมูลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้จากการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนร่วมกับไปกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย (inductive analysis) ซึ่งผู้วิจัยสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ในแต่ละครั้ง เพื่อพิจารณาข้อมูลว่าในแต่ละครั้งผู้วิจัยจัดการเรียนรู้อะไรบ้าง ได้ผลการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างไร ปัญหาที่พบจากการจัดการเรียนรู้มีอะไรบ้าง จากนั้นลงรหัสที่เป็นตัวแทนข้อมูล จัดกลุ่มข้อมูลตามรหัส เพื่อหาแนวทางการจัดการเรียนรู้

ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาโครงสร้างอะตอม

ชื่อแผน (จำนวนคาบ)	ประเด็นธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	จุดประสงค์	กระบวนการและตัวอย่างคำถามอภิปราย
ทฤษฎีและแบบ จำลองอะตอม ของดอลตัน (2 คาบ)	1. Empirical 2. Theory	1. อธิบายได้ว่าข้อสรุป หรือสมมติฐานที่สร้าง ขึ้นอิงหลักฐานที่ได้ จากการสังเกตสมบัติ การติดไฟและน้ำหนัก อะตอมของธาตุได้ 2. อธิบายความหมายของ ทฤษฎีได้ 3. อธิบายจุดมุ่งหมายของ ทฤษฎีอะตอมได้	1. นักเรียนสังเกตสมบัติการติดไฟของแก๊สไฮโดรเจน ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์จากคลิ่ววิดีโอ ควบคู่กับน้ำหนักอะตอมของธาตุไฮโดรเจน ออกซิเจน และคาร์บอนในบัตรคำ 2. ครูให้นักเรียนบรรยายสิ่งที่สังเกตได้จากคลิ่ววิดีโอ และตั้งสมมติฐานจากการสังเกตนั้น 3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายธรรมชาติของวิทยา- ศาสตร์ในกิจกรรม โดยใช้คำถามว่า สมมติฐานที่ นักเรียนสร้างขึ้นน่าเชื่อถือหรือไม่ อย่างไร 4. นักเรียนศึกษาประวัติศาสตร์การพัฒนาทฤษฎีและ แบบจำลองอะตอมของดอลตัน 5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายธรรมชาติของวิทยา- ศาสตร์ในประวัติศาสตร์ โดยใช้คำถามดังนี้ (1) ทฤษฎีคืออะไร (2) ดอลตันพัฒนาทฤษฎีอะตอม ขึ้นมาทำไม (3) ยกตัวอย่างและอธิบายปรากฏการณ์ ที่ทฤษฎีอะตอมของดอลตันใช้อธิบายได้และอธิบาย ไม่ได้
แบบจำลอง อะตอมของ ทอมสัน (2 คาบ)	1. Observation & Inference 2. Empirical 3. Creative 4. Tentative	1. อธิบายความแตกต่าง ระหว่างการสังเกตและ ลงข้อสรุปได้ 2. อธิบายได้ว่าข้อสรุป และแบบจำลองอะตอม ที่สร้างขึ้นอิงหลักฐาน ที่ได้จากการสังเกตการ เบี่ยงเบนของรังสีแค- โทดได้ 3. อธิบายได้ว่าแบบจำ- ลองอะตอมของทอมสัน อิงหลักฐานที่ได้จาก การสังเกตการเบี่ยงเบน ของรังสีแคโทด และ การคำนวณค่าประจุต่อ มวลที่สภาวะต่าง ๆ ได้ 4. อธิบายการใช้ความคิด สร้างสรรค์ในการพัฒนา แบบจำลองอะตอมได้	1. นักเรียนสังเกตการเบี่ยงเบนของรังสีในหลอดสุญญา- ภาค ทั้งในสภาวะใส่และไม่ใส่สนามไฟฟ้า 2. ครูให้นักเรียนบรรยายสิ่งที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์ ดังกล่าว ลงข้อสรุปจากการสังเกตนั้น และนำเสนอ แบบจำลองอะตอม 3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายธรรมชาติของวิทยา- ศาสตร์ในกิจกรรม “รังสีลึกลับ” โดยใช้คำถามดังนี้ (1) ข้อมูลจากการสังเกตและลงข้อสรุป เหมือนหรือ แตกต่างกันอย่างไร (2) แบบจำลองอะตอมที่นักเรียนสร้างขึ้นน่าเชื่อถือ หรือไม่ อย่างไร (3) นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการปฏิบัติ กิจกรรมดังกล่าวหรือไม่/ใช้อย่างไร 4. นักเรียนศึกษาประวัติศาสตร์การพัฒนาแบบจำลอง อะตอมของทอมสัน 5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายธรรมชาติของวิทยา- ศาสตร์ในประวัติศาสตร์ โดยใช้คำถามดังนี้ (1) แบบจำลองอะตอมของทอมสันน่าเชื่อถือหรือไม่ อย่างไร

ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาโครงสร้างอะตอม (ต่อ)

ชื่อแผน (จำนวนคาบ)	ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	จุดประสงค์	กระบวนการและตัวอย่างคำถามอภิปราย
แบบจำลองอะตอมของทอมสัน (ต่อ)		5. อธิบายสาเหตุที่ทำให้แบบจำลองอะตอมเกิดการเปลี่ยนแปลงได้	(2) ระหว่างแบบจำลองอะตอมของดอลตันและทอมสันแบบจำลองของใครน่าเชื่อถือกว่ากัน เพราะเหตุใด (3) อธิบายสาเหตุที่ทำให้แบบจำลองอะตอมของดอลตันเปลี่ยนเป็นของทอมสัน
แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด (2 คาบ)	1. Observation & Inference 2. Empirical 3. Creative 4. Tentative	1. อธิบายความแตกต่างระหว่างการสังเกตและลงข้อสรุปได้ 2. อธิบายได้ว่าข้อสรุปและแบบจำลองอะตอมที่สร้างขึ้นอิงหลักฐานที่ได้จากการสังเกตการเบี่ยงเบนของอนุภาคแอลฟาได้ 3. อธิบายได้ว่าแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดอิงหลักฐานที่ได้จากการสังเกตการเบี่ยงเบนของอนุภาคแอลฟาได้ 4. อธิบายการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาแบบจำลองอะตอมได้ 5. อธิบายสาเหตุที่ทำให้แบบจำลองอะตอมเกิดการเปลี่ยนแปลงได้	1. นักเรียนสังเกตการเบี่ยงเบนของอนุภาคแอลฟาซึ่งถูกยิงไปยังแผ่นทองคำจากคลิวิตีโอ 2. ครูให้นักเรียนบรรยายสิ่งที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์ดังกล่าว ลงข้อสรุปจากการสังเกตนั้น และนำเสนอแบบจำลองอะตอม 3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในกิจกรรม “แผ่นทองคำลึกลับ” โดยใช้คำถามดังนี้ (1) ข้อมูลจากการสังเกตและลงข้อสรุป เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (2) แบบจำลองอะตอมที่นักเรียนสร้างขึ้นน่าเชื่อถือหรือไม่ อย่างไร (3) นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการปฏิบัติกิจกรรมดังกล่าวหรือไม่ / ใช้อย่างไร 4. นักเรียนศึกษาประวัติศาสตร์การพัฒนาแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด 5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประวัติศาสตร์ โดยใช้คำถามดังนี้ (1) แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดน่าเชื่อถือหรือไม่ อย่างไร (2) ระหว่างแบบจำลองอะตอมของทอมสันและรัทเทอร์ฟอร์ด แบบจำลองของใครน่าเชื่อถือกว่ากัน เพราะเหตุใด (3) อธิบายสาเหตุที่ทำให้แบบจำลองอะตอมของทอมสันเปลี่ยนเป็นของรัทเทอร์ฟอร์ด
แบบจำลองอะตอมของโบร์ (2 คาบ)	1. Empirical 2. Creative 3. Tentative	1. อธิบายได้ว่าข้อสรุปและแบบจำลองอะตอมที่สร้างขึ้นอิงหลักฐานที่ได้จากการสังเกตเส้นสเปกตรัมของธาตุไฮโดรเจนได้ 2. อธิบายได้ว่าแบบจำลองอะตอมของโบร์อิงหลักฐานที่ได้จากการสังเกตเส้นสเปกตรัม	1. นักเรียนสังเกตเส้นสเปกตรัมของธาตุต่าง ๆ และความยาวคลื่นของเส้นสเปกตรัม 2. ครูให้นักเรียนบรรยายสิ่งที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์ดังกล่าว ลงข้อสรุปจากการสังเกตนั้น และนำเสนอแบบจำลองอะตอม 3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในกิจกรรม “สเปกตรัม” โดยใช้คำถามดังนี้ (1) แบบจำลองอะตอมที่นักเรียนสร้างขึ้นน่าเชื่อถือหรือไม่ อย่างไร (2) นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการปฏิบัติ

ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาโครงสร้างอะตอม (ต่อ)

ชื่อแผน (จำนวนคาบ)	ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	จุดประสงค์	กระบวนการและตัวอย่างคำถามอภิปราย
แบบจำลองอะตอมของโบร์ (ต่อ)		ของธาตุไฮโดรเจนและการคำนวณผลต่างของพลังงานที่อิเล็กตรอนคายออกมาได้ 3. อธิบายการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาแบบจำลองอะตอมได้ 4. อธิบายสาเหตุที่ทำให้แบบจำลองอะตอมเปลี่ยนแปลงได้	กิจกรรมดังกล่าวหรือไม่ / ใช้อย่างไร 4. นักเรียนศึกษาประวัติศาสตร์การพัฒนากฎและแบบจำลองอะตอมของโบร์ 5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประวัติศาสตร์ โดยใช้คำถามดังนี้ (1) แบบจำลองอะตอมของโบร์น่าเชื่อถือหรือไม่ อย่างไร (2) ระหว่างแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดและโบร์ แบบจำลองของใครน่าเชื่อถือกว่ากัน เพราะเหตุใด (3) อธิบายสาเหตุที่ทำให้แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดเปลี่ยนเป็นของโบร์
แบบจำลองอะตอมกลุ่มหมอก (1 คาบ)	1. Empirical 2. Scientific methods 3. Tentative	1. อธิบายความน่าเชื่อถือของแบบจำลองอะตอมกลุ่มหมอกได้ 2. อธิบายได้ว่าวิธีการได้มาซึ่งแบบจำลองอะตอมไม่จำเป็นต้องมาจากการทดลองได้ 3. อธิบายสาเหตุที่ทำให้แบบจำลองอะตอมเปลี่ยนแปลงได้	1. นักเรียนศึกษาประวัติศาสตร์การพัฒนารูปแบบจำลองอะตอมกลุ่มหมอก 2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประวัติศาสตร์ โดยใช้คำถาม (1) แบบจำลองอะตอมกลุ่มหมอกน่าเชื่อถือหรือไม่ อย่างไร (2) นักวิทยาศาสตร์พัฒนารูปแบบจำลองอะตอมกลุ่มหมอกขึ้นมาได้อย่างไร (3) ระหว่างแบบจำลองอะตอมของโบร์และกลุ่มหมอกแบบจำลองของใครน่าเชื่อถือกว่ากัน เพราะเหตุใด (4) อธิบายสาเหตุที่ทำให้แบบจำลองอะตอมของโบร์เปลี่ยนเป็นกลุ่มหมอก (5) ในอนาคต นักเรียนคิดว่าแบบจำลองอะตอมจะเปลี่ยนแปลงได้อีกหรือไม่ อย่างไร

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หรือหาประเด็นข้อสรุป (theme) ของการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการตรวจสอบสามเส้าระหว่างผู้ประเมิน (inter-rater reliability) โดยให้อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งมีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตรวจสอบการวิเคราะห์ข้อมูลและความสอดคล้องของแนวทางการจัดการเรียนรู้ และนำคำแนะนำของผู้ร่วมวิจัยมาพิจารณาและปรับปรุงการจัดกลุ่มข้อมูลแนว-

ทางการจัดการเรียนรู้อีกครั้ง

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

งานวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายเปิดจำนวน 11 ข้อ และสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดย

ครอบคลุมธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 6 ประเด็น คำถามบางส่วนในแบบวัดนำมาจากเครื่องมือ Views of Nature of Science C (VNOS-C) (Lederman et al., 2002) แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ได้รับการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาและภาษาจากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำแบบวัดดังกล่าวไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาและนำผลที่ได้จากการทดลองใช้ไปปรับปรุงแก้ไขแบบวัดดังกล่าวอีกครั้ง จึงนำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มที่ศึกษาภายหลังการจัดการเรียนรู้ และทำการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างกับนักเรียนทุกคน

ผู้วิจัยวิเคราะห์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย ผู้วิจัยอ่านคำตอบของนักเรียนจากแบบวัด เพื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียนว่ามีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างไร และมีความเข้าใจอะไรบ้าง จากนั้นลงรหัสที่เป็นตัวแทนคำตอบ จัดกลุ่มคำตอบย่อยตามรหัส ตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบภายในกลุ่มย่อยเดียวกัน จากนั้นจึงนำคำตอบย่อยมาจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนี้ (1) เข้าใจถูกต้อง (informed view) คือนักเรียนสามารถตอบคำถาม อธิบายเหตุผล และยกตัวอย่างได้ถูกต้องและสอดคล้องกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับจากมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (2) เข้าใจบางส่วน (transitional view) คือนักเรียนตอบคำถาม อธิบายเหตุผล ยกตัวอย่างถูกต้องและสอดคล้องเพียงบางส่วนกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับจากมติประชาคมวิทยาศาสตร์ แต่

ไม่ครบทั้งหมด หรือมีความสอดคล้องเพียงบางส่วนและไม่สอดคล้องบางส่วนปนกัน (3) เข้าใจคลาดเคลื่อนหรือไม่เข้าใจ (naïve view) คือนักเรียนตอบคำถาม อธิบายเหตุผล ยกตัวอย่างไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้องกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับจากมติประชาคมวิทยาศาสตร์ทั้งหมด และ (4) ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ (non-categorized) คือนักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบไม่ตรงกับประเด็นที่ถาม นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการตรวจสอบสามเส้าระหว่างผู้ประเมิน โดยให้อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งมีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตรวจสอบผลการจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จากนั้นนำคำแนะนำของผู้ร่วมวิจัยมาพิจารณาและปรับปรุงการจัดกลุ่มอีกครั้ง สุดท้ายจึงหาค่าร้อยละในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนตามคำถามวิจัย คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาโครงสร้างอะตอม และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว

แนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาโครงสร้างอะตอมที่มีประสิทธิภาพ มีลักษณะดังนี้

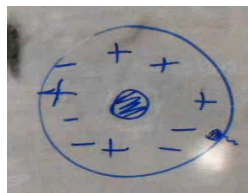
1. สร้างประสบการณ์ให้นักเรียนได้พัฒนาแบบจำลองอะตอมต่าง ๆ ร่วมกับการอภิปรายและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับการได้มาซึ่งแบบจำลองอะตอมของนักเรียน

ผู้วิจัยค้นพบแนวทางดังกล่าวจากการสร้างประสบการณ์ให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด และโบร์ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4 โดยให้นักเรียนตั้งคำถามและสังเกตปรากฏการณ์ซึ่งสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่นักวิทยาศาสตร์ในอดีตเคยสังเกต แล้วนำผลการสังเกตจากปรากฏการณ์ดังกล่าวมาวิเคราะห์และลงข้อสรุปเพื่อพัฒนาแบบจำลองอะตอม จากนั้นให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองอะตอมหน้าชั้นเรียนเพื่อร่วมกันอภิปรายและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับการได้มาซึ่งแบบจำลองอะตอม ผู้วิจัยได้บูรณาการประเด็นบทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์เข้าไปในกิจกรรมข้างต้นโดยใช้คำถามอภิปรายที่จำเพาะเจาะจงกับกิจกรรมเพื่อสื่อถึงประเด็นดังกล่าวว่า “ทำไมนักเรียนจึงสรุปว่า...” และ “ช่วยอธิบายว่าผลการสังเกต... สอดคล้องกับข้อสรุปอย่างไร” ผลการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนสามารถอธิบายแบบจำลองอะตอมอิงกับหลักฐานที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ และเชื่อมโยงหลักฐานเข้ากับแบบจำลองอะตอมได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล ดังบทสนทนาในแผนที่ 3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3: แนวคิดเรื่องแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด ผู้วิจัยสุ่มนักเรียนกลุ่ม S8 นำเสนอผลการสังเกต ข้อสรุป และแบบจำลองอะตอมของกลุ่มดังภาพที่ 1

นักเรียน S8 อธิบายว่าอะตอมประกอบด้วยประจุบวก ประจุลบ และอนุภาคมวลมากซึ่งอยู่ตรงกลาง โดยให้เหตุผลว่าอะตอมมีประจุบวกเพราะว่าอนุภาคแอลฟาเกิดการเบี่ยงเบนไปจากแนวเส้นตรง อะตอมมีอนุภาคมวลมากอยู่ตรงกลางเพราะอนุภาคแอลฟาไปชนกับอนุภาคที่มี

มวลมากแล้วสะท้อนกลับ



ภาพที่ 1 แบบจำลองอะตอมของกลุ่ม S8

เมื่อผู้วิจัยถามความเห็นของนักเรียนกลุ่มอื่น พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่เห็นด้วยกับแบบจำลองอะตอมที่ S8 นำเสนอ จากนั้นผู้วิจัยจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นที่คิดว่าแบบจำลองอะตอมของกลุ่มตนน่าเชื่อถือกว่าออกมานำเสนอ โดยมีนักเรียนกลุ่ม S4 ออกมานำเสนอแบบจำลองอะตอมดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แบบจำลองอะตอมของกลุ่ม S4

นักเรียน S4 อธิบายว่า อะตอมมีพื้นที่ว่างเป็นส่วนใหญ่เพราะอนุภาคแอลฟาส่วนใหญ่ทะลุผ่านแผ่นทองคำ อะตอมมีประจุบวกรวมตัวกันเป็นก้อนอยู่ตรงกลางอะตอมเพราะว่าอนุภาคแอลฟาส่วนน้อยสะท้อนกลับ แสดงว่า มันน่าจะมีส่วนอะไรบางอย่างที่เป็นก้อนซึ่งมีประจุบวก ส่วนประจุลบน่าจะอยู่รอบ ๆ ประจุบวก

เมื่อมีนักเรียนนำเสนอแบบจำลองอะตอมสองแบบที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงถามความคิดเห็นของนักเรียนคนอื่นว่าเห็นด้วยกับแบบจำลองอะตอมของใคร พบว่า นักเรียนเกือบทั้งหมดยกมือเห็นด้วยกับแบบจำลองอะตอมของนักเรียน

กลุ่ม S4 โดยให้เหตุผลว่าแบบจำลองของกลุ่ม S4 สามารถอธิบายผลการเบี่ยงเบนอนุภาคแอลฟาได้เป็นเหตุเป็นผลกว่าของกลุ่ม S8 ดังบทสนทนา

ผู้วิจัย: นักเรียนคิดว่าแบบจำลองอะตอมของกลุ่ม S4 และ S8 กลุ่มไหนน่าเชื่อถือกว่ากัน

SS: (นักเรียนส่วนใหญ่ยกมือบอกว่าของกลุ่ม S4 น่าเชื่อถือกว่า)

ผู้วิจัย: ทำไมนักเรียนถึงคิดว่าแบบจำลองอะตอมของกลุ่ม S4 น่าเชื่อถือกว่า

S3: เพราะว่ามันอธิบายผลการทดลองในคลิป์วิดีโอได้ดีกว่า ประจุบวกควรกระจุกอยู่ตรงกลางมากกว่ากระจาย เนื่องจากอนุภาคแอลฟาส่วนน้อยสะท้อนกลับ

กล่าวโดยสรุป การสร้างประสบการณ์ให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองอะตอมต่าง ๆ ร่วมกับการอภิปรายและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับข้อสรุปและแบบจำลองอะตอมของนักเรียน ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นบทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาแบบจำลองอะตอมได้ กระบวนการอภิปรายโดยเน้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือโต้แย้งความคิดกัน สามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้เมื่อรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นที่มีเหตุผลกว่า

2. ตั้งคำถามอภิปรายที่จำเพาะเจาะจงกับกิจกรรมพัฒนาแบบจำลองอะตอมเพื่อสื่อถึงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิด

ผู้วิจัยค้นพบแนวทางนี้จากการอภิปรายและสะท้อนความคิดร่วมกันเกี่ยวกับการได้มาซึ่งแบบจำลองอะตอมของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4 แนวทางข้อนี้เกิดขึ้นควบคู่

กับแนวทางในข้อหนึ่ง โดยใช้คำถามอภิปรายที่จำเพาะเจาะจงกับกิจกรรมพัฒนาแบบจำลองอะตอมเพื่อสื่อถึงประเด็นบทบาทของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการต่อการพัฒนาแบบจำลองอะตอมและความแตกต่างระหว่างการสังเกตและลงความเห็น ผู้วิจัยแสดงผลการจัดการเรียนรู้ในแนวทางนี้ตามลำดับการใช้คำถามอภิปรายเพื่อสื่อถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ประเด็นความแตกต่างระหว่างการสังเกตและลงข้อสรุป

หลังเสร็จสิ้นการนำเสนอแบบจำลองอะตอมของนักเรียน ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามอภิปรายสื่อถึงประเด็นนี้โดยใช้คำถามว่า “นักเรียนคิดว่าข้อมูลจากการสังเกตและลงข้อสรุปเหมือนหรือต่างกันอย่างไร” ผลจากการใช้คำถามดังกล่าวในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2-3 พบว่า มีนักเรียนหลายคน (ได้แก่ S4 S8 และ S26) อธิบายความแตกต่างระหว่างข้อมูลจากการสังเกตและข้อสรุปได้บางส่วนว่าข้อมูลจากการสังเกตจะไม่ใช่ความคิดเห็นส่วนตัวลงไป ส่วนข้อสรุปจะมีความคิดเห็นส่วนตัวด้วย อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยใช้เวลาอภิปรายในประเด็นนี้ค่อนข้างน้อยและไม่ได้อภิปรายในเชิงลึก เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องเวลาเรียน

2.2 ประเด็นบทบาทของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการต่อการพัฒนาแบบจำลองอะตอม

หลังจากอภิปรายประเด็นความแตกต่างระหว่างการสังเกตและลงข้อสรุปเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามอภิปรายสื่อถึงประเด็นนี้โดยใช้คำถามว่า “จากการปฏิบัติกิจกรรม... นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการหรือไม่ / ใช้ในขั้นตอนใดบ้าง / ใช้อย่างไร” และ

“นักเรียนคิดว่าผลการสังเกตเพียงอย่างเดียวเพียงพอที่จะพัฒนาแบบจำลองอะตอมได้หรือไม่ อย่างไร” ผลจากการใช้คำถามอภิปรายดังกล่าวในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2-4 พบว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นดังกล่าว โดยสะท้อนความคิดออกมาว่าใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในขั้นตอนใดของการพัฒนาแบบจำลองอะตอม เช่น ใช้ตอนตั้งคำถาม ออกแบบการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลไปสร้างแบบจำลองอะตอม และเข้าใจว่าใช้ความรู้เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะพัฒนาแบบจำลองอะตอมได้ ดังบทสนทนาในแผนที่ 3

ผู้วิจัย: นักเรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการทำกิจกรรมแผ่นทองคำลึกลับอย่างไร

S9: จินตนาการลักษณะของประจุไฟฟ้าในอะตอมว่ามันอยู่กันอย่างไร เพราะว่ามีอนุภาคแอลฟาสะท้อนกลับ เบี่ยงเบน และทะลุผ่านแผ่นทองคำ ถ้าประจุอยู่กระจาย ๆ กัน มันจะไม่มีอนุภาคแอลฟาสะท้อนกลับมาแน่นอน

ผู้วิจัย: S9 บอกว่าใช้จินตนาการตอนวิเคราะห์ข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์มาสร้างเป็นแบบจำลองอะตอม แล้วนักเรียนคนอื่นได้ใช้จินตนาการในขั้นอื่นบ้างไหม

S4: ใช้ตอนออกแบบการทดลอง

S6: ใช้ตอนตั้งคำถาม

ผู้วิจัย: ผลการทดลองอย่างเดียวเพียงพอที่จะสร้างแบบจำลองอะตอมได้ไหม

SS: ไม่เพียงพอ

S4: ต้องใช้จินตนาการร่วมด้วย

กล่าวโดยสรุปการใช้คำถามอภิปรายที่จำเพาะเจาะจงกับกิจกรรมพัฒนาแบบจำลองอะตอมเพื่อสื่อถึงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิด

ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นบทบาทของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการต่อการพัฒนาแบบจำลองอะตอมได้

3. ใช้ประวัติศาสตร์การพัฒนาแบบจำลองอะตอมต่าง ๆ ร่วมกับตั้งคำถามอภิปรายสื่อถึงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงในประวัติศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิด

ผู้วิจัยค้นพบแนวทางนี้จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ถึง 5 โดยให้นักเรียนศึกษาประวัติศาสตร์การพัฒนาแบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด โบร์ และกลุ่มหมอก และให้ความสำคัญกับการอภิปรายและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในประวัติศาสตร์ด้วย ได้แก่ (1) ทฤษฎีวิทยาศาสตร์ (2) บทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาแบบจำลองอะตอม (3) การเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองอะตอม และ (4) วิธีการได้มาซึ่งแบบจำลองอะตอม โดยตั้งคำถามอภิปรายที่จำเพาะเจาะจงกับเนื้อหาในประวัติศาสตร์เพื่อสื่อถึงประเด็นเหล่านี้อย่างชัดเจน ผู้วิจัยแสดงผลการจัดการเรียนรู้ในแนวทางดังกล่าวตามประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนี้

3.1 ประเด็นทฤษฎีวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยบูรณาการประเด็นนี้เพียงครั้งเดียวในแผนแรกโดยใช้คำถามอภิปรายว่า “ทฤษฎีคืออะไร” และ “ดอลตันพัฒนาทฤษฎีขึ้นมาทำไม” ตามลำดับ จากการสะท้อนความคิดของนักเรียนพบว่า มีนักเรียนหลายคนเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความหมายของทฤษฎีว่าเป็นสิ่งที่ได้มาจากการทดลอง แต่ก็มีนักเรียนบางคนเข้าใจถูกต้องว่าทฤษฎีทำหน้าที่อธิบายปรากฏการณ์ โดยให้เหตุผลว่าดอลตันพัฒนาทฤษฎีอะตอมขึ้น

มาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ของอะตอม นอกจากนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนยกตัวอย่างปรากฏการณ์ที่ใช้ทฤษฎีอะตอมของดอลตันอธิบายได้และอธิบายไม่ได้ โดยใช้คำถามว่า “ให้นักเรียนยกตัวอย่างปรากฏการณ์ที่ใช้ทฤษฎีอะตอมของดอลตันอธิบายได้ / อธิบายได้อย่างไร” และ “ให้นักเรียนยกตัวอย่างปรากฏการณ์ที่ใช้ทฤษฎีอะตอมของดอลตันอธิบายไม่ได้ / อธิบายไม่ได้อย่างไร” ตามลำดับ พบว่านักเรียนสามารถใช้ทฤษฎีอะตอมของดอลตันอธิบายปรากฏการณ์การเกิดสารประกอบได้ถูกต้อง และสามารถอธิบายข้อจำกัดของทฤษฎีอะตอมโดยให้ตัวอย่างปรากฏการณ์การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีและไอโซโทปของธาตุได้ถูกต้อง ดังบทสนทนาในแผนที่ 1

ผู้วิจัย: ให้นักเรียนยกตัวอย่างปรากฏการณ์ที่ใช้ทฤษฎีอะตอมของดอลตันอธิบายได้

S3: การเกิดตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต เมื่อผ่านคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปใต้น้ำปูนใส

ผู้วิจัย: ทฤษฎีอะตอมของดอลตันอธิบายการเกิดตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนตได้อย่างไร

S3: แคลเซียมคาร์บอเนตเกิดจากอะตอมของธาตุแคลเซียมใต้น้ำปูนใสจับคู่กับอะตอมของคาร์บอนและออกซิเจน แล้วได้สารประกอบใหม่ขึ้นมา

ผู้วิจัย: ให้นักเรียนยกตัวอย่างปรากฏการณ์ที่ใช้ทฤษฎีอะตอมของดอลตันอธิบายไม่ได้

S1: อะตอมไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ครับ

ผู้วิจัย: ช่วยยกตัวอย่างอธิบายประกอบ

S1: ก็อะตอมสามารถสูญหายหรือเกิดเป็นสารใหม่ได้ เช่น การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

S20: ข้อที่บอกว่าอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันจะมีสมบัติเหมือนกัน แต่ปัจจุบันพบว่าธาตุบางชนิดมีหลายไอโซโทป เช่น ไอโซโทปของธาตุคาร์บอน ซึ่งเป็นธาตุคาร์บอนเหมือนกัน แต่มีมวลต่างกัน

3.2 ประเด็นบทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาแบบจำลองอะตอม

ผู้วิจัยบูรณาการประเด็นนี้ในแผนที่ 2-5 โดยใช้คำถามอภิปรายว่า “นักวิทยาศาสตร์ ... แน่ใจได้อย่างไรว่าแบบจำลองอะตอมของเขาน่าเชื่อถือ” ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามดังกล่าวพบว่านักเรียนเข้าใจถูกต้องว่าแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์น่าเชื่อถือ เพราะมีหลักฐานจากการทดลองมาสนับสนุน ดังบทสนทนาในแผนที่ 2

ผู้วิจัย: ทอมสันแน่ใจได้อย่างไรว่าแบบจำลองอะตอมของเขาน่าเชื่อถือ

S10: เขาได้คำนวณค่าประจุต่อมวล (ของอิเล็กตรอน) ออกมาแล้ว ซึ่งมีค่าคงที่

S7: เพราะว่าเขามีผลการทดลองมารองรับก็เลยทำให้เขามั่นใจ

S21: ได้จากการทดลองด้วย แล้วก็คำนวณค่าประจุต่อมวล (ของอิเล็กตรอน) ด้วย

3.3 ประเด็นการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองอะตอม

ผู้วิจัยบูรณาการประเด็นนี้ในแผนที่ 2-5 ดังนี้ (1) ให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์คนเก่าและคนใหม่ โดยใช้คำถามอภิปรายว่า “จงเปรียบเทียบแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์คนเก่าและคนใหม่ว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร” ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามดังกล่าว พบว่า นักเรียนสามารถอธิบายความแตกต่างระหว่างแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์คนเก่าและคนใหม่ได้ถูกต้อง เช่น จากการสะท้อนความคิดของนักเรียน S19 ซึ่งเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแบบจำลองอะตอมของดอลตันและทอมสันได้ถูกต้องว่าแบบจำลองอะตอมของดอลตันไม่มีประจุ

ไฟฟ้า แต่ของทอมสันมีประจุไฟฟ้า

จากนั้น (2) ให้นักเรียนเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองอะตอมทั้งสองโดยใช้คำถามว่า “แบบจำลองของใครน่าเชื่อถือกว่ากัน / เพราะเหตุใดจึงน่าเชื่อถือ” ผลจากการใช้คำถามดังกล่าวพบว่านักเรียนเข้าใจถูกต้องว่าแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์คนใหม่ที่น่าเชื่อถือกว่า โดยให้เหตุผลว่าแบบจำลองอะตอมใหม่สอดคล้องกับข้อค้นพบใหม่มากกว่าแบบจำลองอะตอมเก่า ดังบทสนทนาในแผนที่ 2

ผู้วิจัย: แบบจำลองอะตอมของดอลตันและทอมสัน แบบจำลองของใครน่าเชื่อถือกว่ากัน

S19: ของทอมสันค่ะ

S3: ของดอลตันครับ

ผู้วิจัย: S19 ทำไมจึงคิดว่าของทอมสันน่าเชื่อถือกว่าของดอลตัน

S19: เพราะว่าทอมสันทำการทดลองและมีผลสรุปสอดคล้องกับแบบจำลองอะตอมของเขามากกว่า

ผู้วิจัย: S3 ทำไมจึงคิดว่าของดอลตันน่าเชื่อถือมากกว่าของทอมสัน

S3: ของดอลตันน่าเชื่อถือเพราะว่า (เงิบสั๊กพัก) เขาได้ข้อสรุปมาจากสิ่งที่สังเกต แต่หลังจากที่ได้ฟังคำตอบของเพื่อน ผมก็คิดเหมือนกับเพื่อนว่าของทอมสันน่าเชื่อถือมากกว่า

จากความเข้าใจของนักเรียนข้างต้นแสดงให้เห็นว่ากระบวนการอภิปรายและสะท้อนความคิดโดยให้นักเรียนที่มีความคิดต่างกันได้แสดงเหตุผลในสิ่งที่ตนคิด และรับฟังความคิดของคนอื่นที่เห็นต่าง สามารถทำให้นักเรียนปรับเปลี่ยนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามเหตุผลที่น่าเชื่อถือกว่าได้

(3) ให้นักเรียนนำผลการศึกษาใหม่ไปอธิบายแบบจำลองอะตอมเก่า เพื่อกระตุ้น

ให้นักเรียนอธิบายข้อจำกัดของแบบจำลองอะตอมเก่า โดยใช้คำถามว่า “ถ้านักเรียนนำผลการศึกษา... มาอธิบายแบบจำลองอะตอมของ... นักเรียนคิดว่าผลการศึกษาดังกล่าวอธิบายแบบจำลองอะตอมของ... ได้หรือไม่ อย่างไร” ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามดังกล่าวพบว่านักเรียนสามารถอธิบายข้อจำกัดของแบบจำลองอะตอมเก่าได้ เช่น จากการสะท้อนความคิดของนักเรียน S24 ซึ่งเข้าใจถูกต้องว่าแบบจำลองอะตอมของดอลตันมีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถอธิบายการเบี่ยงเบนของรังสีแคโทดซึ่งเบนเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้าได้ โดยนักเรียน S24 ให้เหตุผลว่าถ้าแบบจำลองอะตอมของดอลตันเป็นจริง รังสีแคโทดไม่ควรเบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้า

สุดท้าย (4) ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามอภิปรายเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้แบบจำลองอะตอมเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยใช้คำถามว่า “ทำไมแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์คนใหม่จึงได้รับการยอมรับแทนที่แบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์คนเก่า” ผลจากการใช้คำถามดังกล่าวพบว่านักเรียนสามารถอธิบายถึงสาเหตุที่ทำให้แบบจำลองอะตอมเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ถูกต้องว่าแบบจำลองอะตอมใหม่อธิบายปรากฏการณ์ได้ดีกว่าแบบจำลองอะตอมเก่า

3.4 ประเด็นวิธีการได้มาซึ่งแบบจำลองอะตอม

ผู้วิจัยบูรณาการประเด็นนี้เพียงครั้งเดียวในแผนที่ห้าโดยใช้คำถามอภิปรายว่า “นักเรียนคิดว่าการพัฒนาแบบจำลองอะตอมจำเป็นต้องมาจากการทดลองหรือไม่ / อย่างไร” จากการสะท้อนความคิดของนักเรียนพบว่านักเรียนเข้าใจถูกต้องว่าการพัฒนาแบบจำลองอะตอมไม่จำเป็นต้องมาจากการทดลองเสมอไป

อาจมาจากวิธีการอื่นก็ได้ โดยนักเรียน S3 ได้ให้ตัวอย่างและอธิบายวิธีการพัฒนาแบบจำลองอะตอมกลุ่มหมอกไว้ว่า “เช่น ไฮเซนเบิร์ก พัฒนาแบบจำลองอะตอมกลุ่มหมอกโดยใช้การทดลองทางความคิด เขาคิดว่าถ้ารู้ตำแหน่งของอิเล็กตรอนที่แน่นอน แต่จะไม่มีทางรู้ความเร็วของอิเล็กตรอนที่แน่นอนครับ”

กล่าวโดยสรุปการใช้ประวัติศาสตร์การพัฒนาแบบจำลองอะตอมต่าง ๆ ร่วมกันใช้คำถามอภิปรายที่จำเพาะเจาะจงกับเนื้อหาในประวัติศาสตร์เพื่อสื่อถึงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ และเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิด ช่วยพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้ในประเด็นหน้าที่ของทฤษฎีวิทยาศาสตร์ บทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาแบบจำลองอะตอม การเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองอะตอม และวิธีการได้มาซึ่งแบบจำลองอะตอม กระบวนการอภิปรายที่เน้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันสามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้

ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในเนื้อหาโครงสร้างอะตอม

หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในเนื้อหาโครงสร้างอะตอม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 65) เข้าใจถูกต้องในประเด็นบทบาทของหลักฐานต่อวิทยาศาสตร์ ประเด็นการเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ และประเด็นหน้าที่ของทฤษฎีวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 60) เข้าใจบาง

ส่วนในประเด็นบทบาทของความคิดสร้างสรรค์ และจินตนาการต่อวิทยาศาสตร์ และประเด็นความแตกต่างระหว่างการสังเกตและลงความเห็น อย่างไรก็ตามมีเพียงสองประเด็น ได้แก่ ประเด็นความหมายของทฤษฎีวิทยาศาสตร์ และประเด็นวิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนร้อยละ 60 และ 40 ตามลำดับ ยังคงเข้าใจคลาดเคลื่อนใน 2 ประเด็นดังกล่าว แม้ว่าจะได้รับการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แล้วก็ตาม สำหรับผลการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวมแสดงในตาราง 2

สำหรับความเข้าใจของนักเรียนแต่ละประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. บทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยใช้คำถาม 2 ข้อ 2 บริบท เพื่อวัดความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ ดังนี้ คำถามบริบทโครงสร้างอะตอม ซึ่งถามว่า “ให้นักเรียนพิจารณาแบบจำลองอะตอมกลุ่มหมอก อะตอมประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอนรวมกันอยู่ในนิวเคลียส และมีอิเล็กตรอนล้อมรอบนิวเคลียสในลักษณะกลุ่มหมอก นักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้อย่างไรว่าอะตอมมีลักษณะดังกล่าว” ผลการวิจัยในภาพรวมพบว่าไม่มีนักเรียนคนใดเข้าใจคลาดเคลื่อน นักเรียนร้อยละ 32 เข้าใจบางส่วน และร้อยละ 68 เข้าใจถูกต้อง โดยนักเรียนที่เข้าใจบางส่วนคิดว่านักวิทยาศาสตร์แน่ใจว่าอะตอมมีลักษณะดังกล่าว จากผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์หลาย ๆ คน แต่นักเรียนไม่ได้กล่าวถึงหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอะตอมอย่างชัดเจน เช่น “นักวิทยาศาสตร์

ตาราง 2 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็น (N=25)

ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน (ค่าร้อยละ)			
	เข้าใจ ถูกต้อง	เข้าใจ บางส่วน	เข้าใจ คลาดเคลื่อน	ไม่สามารถ จัดกลุ่มได้
1. บทบาทของหลักฐานต่อวิทยาศาสตร์				
- บริบทโครงสร้างอะตอม	17 (68)	8 (32)	0 (0)	0 (0)
- บริบทไดโนเสาร์	25 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
- ภาพรวมทั้งสองบริบท	17 (68)	8 (32)	0 (0)	0 (0)
2. การเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์	20 (80)	4 (16)	0 (0)	1 (4)
3. บทบาทของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการต่อวิทยาศาสตร์	5 (20)	20 (80)	0 (0)	0 (0)
4. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์				
- ความหมายของทฤษฎีวิทยาศาสตร์	9 (36)	1 (4)	15 (60)	0 (0)
- หน้าที่ของทฤษฎีวิทยาศาสตร์	20 (80)	2 (8)	3 (12)	0 (0)
5. วิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์	12 (48)	3 (12)	10 (40)	0 (0)
6. ความแตกต่างระหว่างการสังเกตและลงความเห็น	7 (28)	16 (64)	0 (0)	2 (8)

ศาสตร์รู้ว่าอะตอมมีลักษณะดังภาพจากผลการทดลองหลายการทดลอง เช่น ผลของการยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำ (คำตอบสัมภาษณ์, S3) นักเรียนที่เข้าใจถูกต้องสามารถอธิบายได้ว่านักวิทยาศาสตร์แน่ใจว่าอะตอมมีลักษณะดังกล่าวจากหลักฐานที่ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์หลาย ๆ คน และกล่าวถึงหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอะตอมอย่างชัดเจน เช่น นักวิทยาศาสตร์รู้ว่าอะตอมมีอิเล็กตรอนเป็นองค์ประกอบจากการศึกษาการเบี่ยงเบนของรังสีแคโทดเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้าในหลอดรังสีแคโทด และ/หรือ นักวิทยาศาสตร์รู้ว่าอะตอมมีนิวเคลียสจากการยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำ แล้วอนุภาคแอลฟาสะท้อนกลับ และ/หรือ นักวิทยาศาสตร์รู้ว่าอิเล็กตรอนอยู่กันเป็นกลุ่มหมอกเพราะไม่สามารถระบุตำแหน่งที่แน่นอนของอิเล็กตรอนได้

สำหรับคำถามบริบทไดโนเสาร์ ซึ่งถาม

ว่า “นักวิทยาศาสตร์รู้ได้อย่างไรว่าไดโนเสาร์เคยมีชีวิตอยู่บนโลก ณ ช่วงเวลาหนึ่งในอดีต” ผลการวิจัยในภาพรวม พบว่า นักเรียนทุกคนเข้าใจถูกต้องว่านักวิทยาศาสตร์รู้ว่าไดโนเสาร์เคยมีชีวิตอยู่บนโลกจากหลักฐานที่หลงเหลืออยู่ และนักเรียนกล่าวถึงหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาไดโนเสาร์ เช่น พบซากฟอสซิลหรือซากดึกดำบรรพ์ และ/หรือ ตรวจสอบอายุของซากฟอสซิล และ/หรือ นำโครงกระดูกฟอสซิลมาประกอบต่อกันเป็นรูปร่างและจินตนาการถึงลักษณะของไดโนเสาร์

สรุปผลการวิจัยในประเด็นนี้โดยใช้คำถามทั้งสองบริบท พบว่า มีนักเรียนร้อยละ 68 เข้าใจถูกต้องว่านักวิทยาศาสตร์พัฒนาความรู้โดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์เป็นที่ยืนยันความน่าเชื่อถือ และกล่าวถึงบทบาทของหลักฐานที่เกี่ยวข้องทั้งสองบริบทอย่างชัดเจน นอกจากนี้มีนักเรียนร้อยละ 32 เข้าใจบางส่วนว่านักวิทยาศาสตร์พัฒนาความรู้โดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ แต่กล่าวถึงบทบาท

ของหลักฐานที่เกี่ยวข้องเพียงแค่วิทยาศาสตร์

2. การเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์

จากคำถามซึ่งถามว่า “นักเรียนคิดว่าความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ อย่างไร” ผลการวิจัยประเด็นนี้ในภาพรวม พบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดเข้าใจคลาดเคลื่อน นักเรียนร้อยละ 16 เข้าใจบางส่วน และร้อยละ 80 เข้าใจถูกต้อง ซึ่งนักเรียนทุกคนคิดว่าความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่นักเรียนที่เข้าใจบางส่วนกลับให้เหตุผลสนับสนุนไม่ถูกต้อง โดยเหตุผลของนักเรียนแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้ กลุ่มหนึ่งให้เหตุผลว่าความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้เพราะความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ 8) เช่น “เปลี่ยนแปลงได้เพราะอนาคตอาจมีเทคโนโลยีมากขึ้น ทำให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นเหมือนแบบจำลองอะตอมก็มีการเปลี่ยนแปลงมาหลายครั้ง (S20)” กลุ่มสองให้เหตุผลอื่น ๆ (ร้อยละ 8) เช่น “ความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้แต่ค่อนข้างยากเพราะต้องมีการทดลองที่เป็นวิธีการละเอียดมากขึ้น (S17)” สำหรับนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องสามารถให้เหตุผลสนับสนุนถูกต้อง โดยเหตุผลของนักเรียนแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ดังนี้ กลุ่มหนึ่งให้เหตุผลว่าความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้เพราะค้นพบสิ่งใหม่ ๆ หรือหลักฐานใหม่ที่อธิบายปรากฏการณ์ได้ดีกว่าความรู้เดิม (ร้อยละ 44) เช่น “สามารถเปลี่ยนแปลงได้เพราะเมื่อเวลาผ่านไป อาจมีข้อมูลหรือความรู้ใหม่ที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ดีกว่า หรือข้อมูลเก่าอาจแย้งกับข้อมูลปัจจุบัน จึงทำให้เปลี่ยนแปลงได้ เช่น สมัยก่อนเคยเชื่อว่าโลกแบน ปัจจุบันมีข้อมูลใหม่มาสนับสนุนว่าโลกเป็นทรงกลม (S10)” “ถ้ามีทฤษฎีใหม่ที่ดีกว่าทฤษฎีเก่า สามารถอธิบายปรากฏ

การณืได้แม่นยำชัดเจนกว่าทฤษฎีเก่า ความรู้วิทยาศาสตร์ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ อย่างเช่นแบบจำลองอะตอมที่มีการเปลี่ยนแปลง ตอนแรกดอลตันบอกว่าอะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลมตัน ต่อมาโบร์เสนอว่าอะตอมมีระดับพลังงานเป็นชั้น ๆ ไม่ใช่แค่ทรงกลมตันอย่างที่ดอลตันบอก (S22)” กลุ่มสองให้เหตุผลว่าความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้เพราะความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เพิ่มขึ้นและค้นพบสิ่งใหม่ ๆ เพิ่มเติม (ร้อยละ 32) เช่น “สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีเทคโนโลยีอุปกรณ์ที่ดีขึ้นและค้นพบสิ่งใหม่ ๆ เช่น การอาศัยเครื่องยิงอนุภาคแอลฟาใส่แผ่นทองคำของรัทเทอร์ฟอร์ด ทำให้รู้ว่าในอะตอมมีนิวเคลียส (S6)” และกลุ่มสามให้เหตุผลสนับสนุนว่าความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้เพราะการตีความหลักฐานด้วยมุมมองใหม่ (ร้อยละ 4) เช่น “เปลี่ยนแปลงได้เพราะนักวิทยาศาสตร์ตีความข้อมูลหรือผลการทดลองด้วยความคิดที่ต่างกัน เช่น หากอะตอมเป็นอนุภาคเมื่อได้รับพลังงานแสง อะตอมก็ไม่ควรเคลื่อนที่ แต่เมื่ออะตอมได้รับพลังงานแสงแล้วเกิดการเคลื่อนที่ จึงทำให้สรุปใหม่ได้ว่าอะตอมเป็นได้ทั้งอนุภาคและคลื่น (คำตอบสัมภาษณ์, S3)”

3. บทบาทของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการต่อวิทยาศาสตร์

จากคำถามซึ่งถามว่า “นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย” ผลการวิจัยในภาพรวม พบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดเข้าใจคลาดเคลื่อน นักเรียนร้อยละ 80 เข้าใจบางส่วน และร้อยละ 20 เข้าใจถูกต้อง นักเรียนทุกคนเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน ซึ่งนักเรียนที่เข้าใจบางส่วน แบ่งเป็น 5 กลุ่มย่อย ดังนี้ กลุ่ม

แรกนักเรียนเข้าใจบางส่วนว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน แต่บางขั้นตอน และให้เหตุผลสนับสนุนถูกต้องว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ควบคู่กับเหตุผลหรือความรู้ (ร้อยละ 24) เช่น “ไม่ได้ใช้ทุกขั้นตอน ใช้ตอนตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง และสรุปผล เหตุผลที่ต้องใช้เพราะว่าความรู้อย่างเดียวไม่เพียงพอ ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการร่วมด้วยเพื่อพัฒนาความรู้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (คำตอบสัมภาษณ์, S5)” กลุ่มสองนักเรียนเข้าใจบางส่วนว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานแต่บางขั้นตอน และให้เหตุผลสนับสนุนไม่ถูกต้องว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างความรู้ใหม่ ๆ (ร้อยละ 8) เช่น “ใช้แค่ตอนตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลอง ใช้เพราะเพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ ๆ (คำตอบสัมภาษณ์, S2)” กลุ่มสามนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอนของการทำงาน แต่ให้เหตุผลสนับสนุนไม่ถูกต้องว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์เพื่อให้ได้งานที่ใหม่ (ร้อยละ 16) เช่น “ใช้ทุกขั้นตอนตั้งแต่ตั้งปัญหา ตั้งคำถาม ออกแบบการทดลอง และสรุปผล นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน เพื่อให้งานนั้นมีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร (คำตอบสัมภาษณ์, S19)” กลุ่มสี่นักเรียนเข้าใจถูกต้องว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอนของการทำงาน แต่ให้เหตุผลสนับสนุนไม่ถูกต้องว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์เพราะบางอย่างมองไม่เห็น จับต้องไม่ได้ (ร้อยละ 12) เช่น “ใช้ในทุกขั้นตอนตั้งแต่ตั้ง

คำถาม ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ลงข้อสรุป เหตุที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์เพราะเราไม่สามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้ จึงจำเป็นต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดภาพขึ้นมา (S9)” และกลุ่มห้านักเรียนเข้าใจบางส่วนว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานแต่บางขั้นตอน และให้เหตุผลสนับสนุนอื่น ๆ (ร้อยละ 20) สำหรับนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องสามารถอธิบายได้ว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอนของการทำงานและใช้จินตนาการควบคู่กับความรู้ เช่น “ใช้ทุกขั้นตอน ได้แก่ การตั้งปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบวิธีการหาคำตอบ และสรุปผล นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ร่วมกับความรู้เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา (คำตอบสัมภาษณ์, S6)”

4. ทฤษฎีวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 ประเด็นย่อยดังนี้

4.1 ความหมายของทฤษฎีวิทยาศาสตร์

จากคำถามซึ่งถามว่า “นักเรียนคิดว่าทฤษฎีวิทยาศาสตร์คืออะไร” ผลการวิจัยประเด็นนี้ในภาพรวม พบว่า นักเรียนร้อยละ 60 เข้าใจคลาดเคลื่อน ร้อยละ 4 เข้าใจบางส่วน และร้อยละ 36 เข้าใจถูกต้อง นักเรียนที่เข้าใจคลาดเคลื่อนไม่รู้ว่าทฤษฎีวิทยาศาสตร์คืออะไร โดยคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ กลุ่มหนึ่งเชื่อว่าทฤษฎีวิทยาศาสตร์คือข้อสรุปที่ได้จากการทดลอง (ร้อยละ 36) เช่น “ข้อสรุปที่นักวิทยาศาสตร์ได้จากการทดสอบ/ทดลอง (S20)” กลุ่มสองคิดว่าคือความรู้ (ร้อยละ 8) เช่น “ความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์สรุปออกมาว่าเป็นจริง (S14)” และกลุ่มสามให้คำตอบอื่น ๆ (ร้อยละ

16) นักเรียนที่เข้าใจบางส่วนคิดว่าทฤษฎีวิทยาศาสตร์คือสมมติฐาน นอกจากนี้นักเรียนที่เข้าใจถูกต้องคิดว่าทฤษฎีวิทยาศาสตร์คือสิ่งที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ เช่น “สิ่งที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ (S21)” “สิ่งที่ตั้งขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ (S23)”

4.2 หน้าทีของทฤษฎีวิทยาศาสตร์

จากคำถามซึ่งถามว่า “นักวิทยาศาสตร์สร้างทฤษฎีขึ้นมาทำไม” ผลการวิจัยประเด็นนี้ในภาพรวม พบว่า นักเรียนร้อยละ 12 เข้าใจคลาดเคลื่อน ร้อยละ 8 เข้าใจบางส่วน และร้อยละ 80 เข้าใจถูกต้อง นักเรียนที่เข้าใจคลาดเคลื่อนไม่รู้ว่านักวิทยาศาสตร์สร้างทฤษฎีวิทยาศาสตร์ขึ้นมาเพื่ออะไร โดยคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่ กลุ่มหนึ่งเชื่อว่านักวิทยาศาสตร์สร้างทฤษฎีขึ้นมาเพื่อใช้ในการศึกษาต่อ (ร้อยละ 8) เช่น “เป็นพื้นฐานความรู้ ใช้ในการศึกษาต่อหรือพัฒนาต่อไป (S2)” กลุ่มสองเชื่อว่าเพื่อเอาไว้ใช้อ้างอิงในการทดลอง (ร้อยละ 4) นักเรียนที่เข้าใจบางส่วนคิดว่านักวิทยาศาสตร์พัฒนาทฤษฎีขึ้นมาเพื่ออธิบายผลการทดลองเท่านั้น สำหรับนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องสามารถอธิบายได้ว่านักวิทยาศาสตร์สร้างทฤษฎีวิทยาศาสตร์ขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ เช่น “เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (S19)” “เพื่ออธิบายสิ่งที่ศึกษา (S6)”

5. วิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์

จากคำถามซึ่งถามว่า “นักเรียนคิดว่าการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ต้องมาจากการทดลองหรือไม่ จึงอธิบายเหตุผล พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย” ผลการวิจัยประเด็นนี้ในภาพรวม พบว่า นักเรียนร้อยละ 40 เข้าใจคลาดเคลื่อน ร้อยละ 12 เข้าใจบางส่วน และร้อยละ

48 เข้าใจถูกต้อง นักเรียนที่เข้าใจคลาดเคลื่อนเชื่อว่าการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ต้องมาจากการทดลอง เหตุผลสนับสนุนของนักเรียนที่เข้าใจคลาดเคลื่อนแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ดังนี้ กลุ่มหนึ่งให้เหตุผลว่าเพราะการทดลองทำให้เห็นผลที่เป็นรูปธรรม (ร้อยละ 24) เช่น “ต้อง เพราะการทดลองจะทำให้เห็นผลเป็นรูปธรรม เช่น การทดลองยิงอนุภาคแอลฟาของรัทเทอร์ฟอร์ด ซึ่งต้องทดลองยิงอนุภาค และสังเกตทิศทางอนุภาคที่ออกมา (S15)” กลุ่มสองให้เหตุผลว่าเพราะการทดลองเป็นสิ่งที่ยืนยันว่าความรู้วิทยาศาสตร์ถูกต้อง (ร้อยละ 12) เช่น “ต้องมาจากการทดลองเพราะถ้าไม่มีการทดลองยืนยัน ก็ไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าทฤษฎีนั้นเป็นจริงหรือไม่ เช่น แบบจำลองอะตอมต่าง ๆ (S7)” และกลุ่มสามให้เหตุผลอื่น (ร้อยละ 4) ส่วนนักเรียนที่เข้าใจบางส่วนคิดว่าการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องมาจากการทดลองเสมอไป แต่ให้เหตุผลสนับสนุนไม่ถูกต้อง เช่น ให้เหตุผลว่าความรู้วิทยาศาสตร์บางอย่างก็เป็นความจริงอยู่แล้ว / เพราะสมัยก่อนยังไม่มีเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า ก็เลยต้องอาศัยจินตนาการพัฒนาความรู้ สำหรับนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องว่าการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องมาจากการทดลองเสมอไป สามารถให้เหตุผลสนับสนุนถูกต้องดังนี้ กลุ่มแรกให้เหตุผลว่าความรู้วิทยาศาสตร์อาจมาจากวิธีการอื่นก็ได้ (ร้อยละ 36) เช่น “ไม่จำเป็น อาจจะมาจากการสังเกต การคำนวณทางคณิตศาสตร์ก็ได้ เช่น สมการชโรดิงเจอร์ที่ใช้คำนวณหาตำแหน่งของอิเล็กตรอนในอะตอม (S3)” กลุ่มสองให้เหตุผลว่าความรู้วิทยาศาสตร์บางอย่างไม่สามารถทำการทดลองได้ (ร้อยละ 8) เช่น “ไม่จำเป็นเพราะความรู้บางอย่าง การทดลองก็ไม่สามารถหาคำตอบได้ เช่น การเจริญเติบโตของ

มีสื่อต้องอาศัยการสังเกตแต่ละระยะ (S10)” และกลุ่มสามให้เหตุผลว่าการทดลองเป็นเพียงวิธีการหนึ่งในการพัฒนาความรู้ (ร้อยละ 4) เช่น “ไม่จำเป็น การพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์อาจทำได้จากหลายวิธี ทั้งการสังเกต การสำรวจ การวิเคราะห์ ข้อมูล ซึ่งการทดลองก็เป็นเพียงวิธีการหนึ่งในการพัฒนาความรู้ เช่น แบบจำลองอะตอมของทอมสันก็ได้มาจากการทดลอง แต่ความรู้เรื่องพรรณไม้ต่าง ๆ ในประเทศไทยก็ได้มาจากการสำรวจ (S14)”

6. ความแตกต่างระหว่างการสังเกตและลงความเห็น

จากคำถามซึ่งถามว่า “นักเรียนคิดว่าข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการลงข้อสรุปเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร จงอธิบาย” ผลการวิจัยประเด็นนี้ในภาพรวมพบว่าไม่มีนักเรียนคนใดเข้าใจคลาดเคลื่อน นักเรียนร้อยละ 64 เข้าใจบางส่วน และร้อยละ 28 เข้าใจถูกต้อง นักเรียนทุกคนเข้าใจว่าการสังเกตแตกต่างจากการลงความเห็น แม้ว่านักเรียนที่เข้าใจบางส่วนจะเข้าใจถูกต้องว่าการสังเกตและการลงข้อสรุปแตกต่างกัน แต่กลับให้เหตุผลสนับสนุนไม่ถูกต้อง ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ดังนี้ กลุ่มแรกนักเรียนให้เหตุผลสนับสนุนว่าการสังเกตคือการดูหรือมอง หรือรับรู้ปรากฏการณ์ทางสายตาเท่านั้น ส่วนการลงข้อสรุปคือการนำผลการสังเกตมาวิเคราะห์หรืออธิบายโดยใช้ความรู้หรือเหตุผลร่วมด้วย (ร้อยละ 40) เช่น “การสังเกตคือเห็นอะไร ก็บันทึกผลการสังเกตตามที่ได้เห็น โดยอาศัยประสาทสัมผัส ส่วนการลงข้อสรุปก็คือการคิดจากสิ่งที่สังเกตเห็น อาจจะมีความรู้รองรับหรือไม่รองรับก็ตาม (คำตอบสัมภาษณ์, S3)” กลุ่มสองนักเรียนให้เหตุผลสนับสนุนว่าการสังเกตคือการดูหรือมองหรือรับรู้

ปรากฏการณ์ทางสายตา ส่วนการลงข้อสรุปคือการนำผลการสังเกตมาวิเคราะห์หรือสรุป แต่ไม่ได้กล่าวถึงความรู้หรือความคิดที่มีต่อผลการสังเกต (ร้อยละ 16) เช่น “การสังเกตคือการเห็นอะไร แล้วบรรยายในสิ่งที่เห็น ส่วนการลงข้อสรุปคือการเอาผลการทดลองมาสรุปเป็นข้อสรุป (คำตอบสัมภาษณ์, S13)” และกลุ่มสามนักเรียนให้เหตุผลสนับสนุนถูกต้องว่าการสังเกตคือการใช้ประสาทสัมผัสรับรู้ปรากฏการณ์หรือเก็บข้อมูลจากปรากฏการณ์ แต่ให้เหตุผลสนับสนุนไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการลงข้อสรุปว่าคือการนำผลการสังเกตมาวิเคราะห์หรือสรุป แต่ไม่ได้กล่าวถึงความรู้หรือความคิดหรือเหตุผลที่มีผลต่อสิ่งที่ได้จากการสังเกต (ร้อยละ 8) เช่น “ต่างกัน เนื่องจากการสังเกตคือการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 รับรู้ถึงรายละเอียดต่าง ๆ แต่การลงข้อสรุปคือการสรุปจับใจความสำคัญของข้อมูลที่เราสังเกตมา (S11)” สำหรับนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องว่าการสังเกตและการลงข้อสรุปแตกต่างกัน และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนได้ถูกต้องว่าการสังเกตคือการใช้ประสาทสัมผัสรับรู้ปรากฏการณ์หรือเก็บข้อมูลจากปรากฏการณ์ ส่วนการลงข้อสรุปคือการนำผลการสังเกตมาวิเคราะห์หรืออธิบายโดยใช้ความรู้หรือเหตุผลร่วมด้วย เช่น “การสังเกตคือสิ่งที่เราเห็นหรือสัมผัส เช่น สี กลิ่น รส เป็นต้น การลงข้อสรุปเกิดจากการนำผลการสังเกตมาบวกกับความคิดเห็นที่เราคิดขึ้น (S9)”

สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า แนวทางดังกล่าวมีลักษณะดังนี้ (1) สร้างประสบการณ์ให้นักเรียนได้พัฒนาแบบจำลองอะตอม ร่วมกับการอภิปรายและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอม

ของนักเรียน (2) ใช้คำถามอภิปรายที่จำเพาะเจาะจงกับกิจกรรมพัฒนาแบบจำลองอะตอมเพื่อสื่อถึงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิด ทั้งสองแนวทางดังกล่าวเกิดขึ้นควบคู่กัน และสามารถพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นบทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาแบบจำลองอะตอมและบทบาทของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการต่อการพัฒนาแบบจำลองอะตอมได้ ผลการวิจัยนี้สนับสนุนกับข้อค้นพบในงานวิจัยของ Chamrat (2009) ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาโครงสร้างอะตอมโดยเน้นให้นักเรียนเป็นผู้พัฒนาแบบจำลองอะตอม ช่วยเปลี่ยนแปลงบทบาทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากผู้รับความรู้เป็นผู้สร้างความรู้ และส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นบทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับข้อค้นพบในงานวิจัยของ Khishfe and Abd-El-Khalick (2002); Khishfe (2008); Yacoubian and BouJaoude (2010) ซึ่งพบว่าการอภิปรายและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในบริบทการสอนอย่างชัดเจนสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้ สำหรับแนวทางสุดท้ายคือ (3) นำประวัติศาสตร์การพัฒนาแบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด โบร์ และกลุ่มหมอก ให้นักเรียนศึกษาร่วมกับการอภิปรายและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในประวัติศาสตร์ แนวทางดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากเหตุการณ์ในอดีต 4 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นบทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาความรู้วิทยา-

ศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ หน้าที่ของทฤษฎีวิทยาศาสตร์ และวิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ แม้ว่าผลการวิจัยนี้จะไม่สอดคล้องกับข้อค้นพบในงานวิจัยของ Abd-El-Khalick and Lederman (2000) ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประวัติศาสตร์วิทยาศาสตร์พัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้น้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามผลการวิจัยนี้ก็กลับสนับสนุนกับข้อค้นพบในงานวิจัยของ Irwin (2000) พบว่าการใช้ประวัติศาสตร์วิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองได้เฉพาะบางประเด็นที่เกี่ยวข้องกับประวัติศาสตร์เท่านั้น ได้แก่ ประเด็นทฤษฎีวิทยาศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเห็นด้วยว่าการใช้ประวัติของวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้บางประเด็นก็ต่อเมื่อมีการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในประวัติศาสตร์อย่างชัดเจน และจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลายซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาในประวัติศาสตร์ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังค้นพบเพิ่มเติมอีกว่าผู้สอนควรให้นักเรียนเผชิญกับข้อค้นพบและแบบจำลองอะตอมใหม่ซึ่งขัดแย้งกับแบบจำลองอะตอมเก่า แล้วกระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยใช้คำถามอภิปรายที่จำเพาะเจาะจงกับกิจกรรมพัฒนาแบบจำลองอะตอมและประวัติศาสตร์ ร่วมกับเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิด อีกทั้งผู้สอนควรสร้างบรรยากาศการอภิปรายและสะท้อนความคิดโดยเน้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือโต้แย้งความคิดกัน ซึ่งนำไปสู่การปรับเปลี่ยนและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้

แนวทางการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยั่งยืน

จากผลการวิจัยที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจ ถูกต้องในประเด็นบทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ และหน้าที่ของทฤษฎีวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจบางส่วนในประเด็นบทบาทของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการต่อวิทยาศาสตร์ และความแตกต่างระหว่างการสังเกตและลงความเห็น นอกจากนี้มีนักเรียนบางส่วนยังคงเข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นความหมายของทฤษฎีวิทยาศาสตร์ และวิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์

ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาอย่างชัดเจน คือ ประเด็นบทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ และหน้าที่ของทฤษฎีวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนเข้าใจว่าความรู้วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเป็นที่ยืนยันความน่าเชื่อถือ เข้าใจว่าความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐานใหม่อธิบายปรากฏการณ์ได้ดีกว่าหลักฐานเก่า และเข้าใจว่าทฤษฎีวิทยาศาสตร์ทำหน้าที่อธิบายปรากฏการณ์ สาเหตุที่ทำให้นักเรียนเข้าใจถูกต้องส่วนหนึ่งเป็นเพราะผู้วิจัยบูรณาการประเด็นบทบาทของหลักฐานต่อการพัฒนาแบบจำลองอะตอม และการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองอะตอมค่อนข้างบ่อย การอภิปรายและสะท้อนความคิดในประเด็นเดิมโดย (1) ให้ นักเรียนพัฒนาและนำเสนอแบบจำลองอะตอมต่าง ๆ (2) ใช้เหตุการณ์ในประวัติศาสตร์การพัฒนาแบบจำลองอะตอมหลายเหตุการณ์ (3) ให้ นักเรียนเผชิญกับข้อค้นพบและแบบจำลองอะตอมใหม่ซึ่งขัดแย้งกับแบบจำลองอะตอมเก่า (4) กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยใช้คำถามที่จำเพาะเจาะจงกับเนื้อหาอย่างชัดเจน และ (5) เปิดโอกาส

ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหรือโต้แย้งความคิดกัน กระบวนการดังกล่าวสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนใน 2 ประเด็นข้างต้นได้เป็นอย่างดี

สำหรับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาน้อย ได้แก่ ประเด็นความหมายของทฤษฎีวิทยาศาสตร์ และวิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ สาเหตุที่ทำให้นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนส่วนหนึ่งเป็นเพราะผู้วิจัยบูรณาการประเด็นความหมายของทฤษฎีวิทยาศาสตร์เพียงครั้งเดียว และไม่มีโอกาสแก้ไขความเข้าใจคลาดเคลื่อนของนักเรียนหลายคนซึ่งเชื่อว่าทฤษฎีคือสิ่งที่ได้มาจากการทดลอง สำหรับประเด็นวิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์พบว่ายังมีนักเรียนบางส่วนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ต้องมาจากการทดลองเท่านั้น ผลการวิจัยในประเด็นนี้สอดคล้องกับข้อค้นพบในงานวิจัยของ Mahalee (2010) และ Pattamapongsa (2012) ซึ่งพบว่านักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจในประเด็นนี้ไม่มากนัก แม้ว่าจะเรียนรัฐธรรมนูญของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งรวมกับการอภิปรายสะท้อนความคิดมาแล้วก็ตาม ดังนั้นผู้สอนควรสร้างประสบการณ์ให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์จากวิธีการอื่นที่ไม่ใช่การทดลอง เช่น จากการสังเกตเป็นระยะเวลาานาน ๆ ร่วมกับการลงข้อสรุป หรือจากการสำรวจ จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์อื่น เช่น การพัฒนาตารางธาตุ การสร้างแผนที่ดวงดาว การพัฒนาทฤษฎีวิวัฒนาการ การสังเกตพฤติกรรมของสัตว์

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากผลการวิจัยนี้ได้มาจากการ

ศึกษากับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งไม่มีจุดมุ่งหมายเพื่ออ้างอิงสู่ประชากร ดังนั้นงานวิจัยในอนาคต (1) ควรศึกษาการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบซัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในเนื้อหาโครงสร้างอะตอมกับนักเรียนบริบทอื่น เช่น นักเรียนห้องเรียนสายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ เพื่อพิสูจน์ความเที่ยงตรง (validity) ของข้อค้นพบในงานวิจัยนี้ (2) ควรศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบซัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในเนื้อหาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ครบทุกเนื้อหาวิทยาศาสตร์ และ (3) ควรศึกษาการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลายาวนาน อาจจะเป็น 1 ปีการศึกษา หรือตลอดช่วงของการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นหรือปลาย เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

- Abd-El-Khalick, F., and Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education* 22(7): 665–701.
- American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1989). **Project 2061: Science for All Americans**. New York: Oxford University.
- Chamrat, S. (2009). **Exploring Thai Grade 10 Chemistry Students' Understanding of Atomic Structure Concepts and the Nature of Science through the Model-based Approach**. Doctor of Philosophy Thesis in Science Education. Bangkok: Kasetsart University.
- Chamrat, S., Yutakom, N., and Chaiso, P. (2009). Grade 10 science students' understanding of the nature of science. *KKU Research Journal* 14(4): 360–374.
- Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science and Education* 84(1): 5–26.
- Kemmis, S. and McTaggart, R. (1988). **The Action Research Planner**. 3rd ed. Australia: Deakin University.
- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 45(4): 470–496.
- Khishfe, R. and Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 39(7): 551–578.
- Khishfe, R. and Lederman, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching* 43(4): 377–394.
- Khishfe, R. and Lederman, N. G. (2007). Re-

- relationship between instructional context and views of nature of science. **International Journal of Science Education** 29(8): 939–961.
- Kijkuakul, S., Yutakom, N., and Engkagul, A. (2005). Grade 11 students' understandings about the nature of science. **Kasetsart Journal of Social Science** 26(2): 133–145.
- Ladachart, L., and Suttakun, L. (2012). Exploring and developing tenth-grade students' understandings of nature of science. **Princess of Naradhiwas University Journal** 4(2): 73–90.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., and Schwartz, R. S. (2002). View of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching** 39(6): 497–521.
- Liangkrilas, J. (2009). **Development of Level 4 Biology Students' Understanding of the Nature of Science in the Context of the Unit on Respiration: Explicit and Reflective Inquiry-based Approach**. Doctor of Philosophy Thesis in Science Education. Bangkok: Kasetsart University.
- Lin, H. S., and Chen, C. C. (2002). Promoting preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. **Journal of Research in Science Teaching** 39(9): 773–792.
- Mahalee, K. (2010). **The Development of Seventh Grade Students' Understanding of Nature of Science through Reflective Explicit Instructional Approach**. Master of Education Thesis in Science Education. Bangkok: Kasetsart University.
- McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In McComas, W. F. (Ed.). **The Nature of Science in Science Education**. Netherlands: Kluwer Academic.
- Panyo, P., and Faikhanta, C. (2016). The development of grade-11 students' understanding of the nature of science using explicit and reflective approach in the unit of solid, liquid and gas. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 7(2): 265–284.
- Pattamapongsa, A. (2012). **The Development of High School Student's Conception of Photosynthesis and Views of Nature of Science Using Inquiry-Based/Explicit NOS Approach**. Master of Education Thesis in Science Education. Bangkok: Kasetsart University.
- Yacoubian, H. A., and BouJaoude, S. (2010). The effect of reflective discussions following inquiry-based laboratory activities on students' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching** 47(10): 1229–1252.