

การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเนื้อหาสมบัติของธาตุและสารประกอบ

DEVELOPING TENTH GRADE STUDENTS' VIEWS OF NATURE OF SCIENCE IN THE TOPIC OF PROPERTIES OF ELEMENTS AND COMPOUNDS

ธัญยาภรณ์ ปักดี^{1*} ชาตรี ฝ้ายคำตา² และพจนารถ สุวรรณรุจิ³
Thanyaporn Pakdee^{1*} Chatree Faikhamta² and Potjanart Suwanruji³

^{1,2}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

^{1,2}Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

³Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: thanya_mayme@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิดผนวกเข้ากับการสอนเนื้อหาเคมี เรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ และศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำหรับเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ อนุทินหลังการสอนของผู้สอน อนุทินหลังการเรียนรู้ของนักเรียนและแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ร่วมกับการสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลจากการวิจัย พบว่า แนวทางในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิดเรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ พบว่า 1) ควรมีประเด็นที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 2) ใช้ตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่เชื่อมโยงเนื้อหาพร้อมกับตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่อิงเนื้อหา 3) ควรมีการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างกลมกลืนและเป็นเนื้อเดียวกันกับเนื้อหาเคมีโดยสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในขณะที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมนั้นๆ เพื่อให้นักเรียนได้อภิปรายและสะท้อนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ยังพบว่าหลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ประเด็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็นและมายาคติของการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เคมี ธาตุและสารประกอบ

Abstract

This action research aimed to examine the effective ways to implement explicit and reflective learning approach integrated within the topic of properties of elements and compounds for developing students' understandings of NOS and investigate the development of students' understandings of NOS. The participants were 21 ten grade students. Data were gathered by using teacher's reflective journals, students' reflective journals, open-ended questionnaire with semi-structured interviews. These data were analyzed through inductive process. The result indicated that after explicit and reflective learning approach, the majority of students held adequate understandings in all aspects of NOS, especially in observation vs. inference and myth of scientific method. The results demonstrated that the effective ways to implement an explicit and reflective instruction were; 1) teacher should have issues for students discuss aspects of NOS, 2) teacher should use nonintegrated with integrated NOS learning activities, and 3) teacher should carefully blend NOS and science contents and should have students present and discuss NOS from their activities and integrated NOS all of steps.

Keywords: Nature of science, Understanding of nature of science, Chemistry, Elements and compounds

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำหรับการดำรงชีวิตในสังคมปัจจุบันนั้น การเป็นผู้รู้และเข้าใจวิทยาศาสตร์ถือเป็นหน้าที่ของทุกคนในสังคม เพื่อที่จะได้นำเอาความรู้วิทยาศาสตร์มาใช้ในการอธิบาย บรรยาย ทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดตลอดจนใช้ในการตัดสินใจในเหตุการณ์หรือประเด็นต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งให้ผู้เรียนทุกคนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์นั้น นอกจากจะเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์แล้ว จะต้องเข้าใจกระบวนการทำงานตลอดจนข้อจำกัดและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อีกด้วย ดังนั้นการเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึงเป็นกุญแจสำคัญหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ส่งผลให้มาตรฐานการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นประเทศอเมริกา นิวซีแลนด์ และแคนาดา (Pongsophon, 2008; Ladachart, et al., 2013) เป็นต้น สำหรับประเทศไทยเอง ได้บรรจุธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ในสาระการเรียนรู้ที่ 8 เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แก่ผู้เรียนเช่นกัน

อย่างไรก็ดี พบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนทั้งในและต่างประเทศยังมีจำนวนไม่มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย ที่มุ่งเน้นไปที่การสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของผู้เรียน แต่ยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่มุ่งหาและนำเสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของผู้เรียน นอกจากนี้งานวิจัยส่วนใหญ่ให้ผลที่สอดคล้องกันว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับคลาดเคลื่อนและไม่ถูกต้อง (Chamrat & Yutakom, 2008; Ladachart & Suttakun, 2012) โดยสาเหตุสำคัญหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง เกิดจากครูผู้สอนจำนวนหนึ่งไม่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและไม่ได้จัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน (Lederman, 1992, pp. 331-359; McComas, 1998; Khishfe &

Abd-El-Khalick, 2002, pp. 551-578; Chamrat & Yutakom, 2008, pp. 228-239) ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้วิจัยเองที่ไม่เคยได้รู้จักกับคำว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาก่อน แม้จะเรียนในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ก็ตาม จนกระทั่งได้มีโอกาสเรียนวิชาการจัดการเรียนรู้เคมี และได้ทำกิจกรรมที่มีชื่อว่า กล้องปริศนา ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ผู้วิจัยรู้สึกประทับใจและเข้าใจคำว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ทำให้ผู้วิจัยตระหนักว่าการเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ช่วยให้เรียนวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับประสบการณ์จากการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูและผลจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยได้สอนในรายวิชาเคมี จำนวนมากที่ยังมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องและคลาดเคลื่อนในเกือบทุกประเด็น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด โดยผนวกเข้ากับการสอนเนื้อหาเคมี ในเรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ถูกต้องเพิ่มมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาแนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด เรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด เรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่ผู้วิจัยมุ่งหาแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของตนเอง เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนควบคู่ไปกับการสอนเนื้อหาเคมีในบทเรียน โดยผู้วิจัยเลือกดำเนินการวิจัยตามหลักการและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1998) ที่มีประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ที่ต่อเนื่องกันไปเป็นวงจร ได้แก่ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นการปฏิบัติ (Act) 3) ขั้นการสังเกต (Observation) 4) ขั้นการสะท้อน (Reflect) โดยในขั้นวางแผน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัย รวมทั้งสภาพการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อนำมาวางแผนการจัดการเรียนรู้ระยะยาว จากนั้นในขั้นลงมือปฏิบัติได้นำแผนการจัดการเรียนรู้มาใช้ในแต่ละแผน โดยขั้นสังเกตได้ดำเนินการไปพร้อมกับขั้นปฏิบัติ โดยผู้วิจัยทำการสังเกตชั้นเรียน เก็บข้อมูลจากใบงานและอนุทินของผู้เรียนสำหรับขั้นสะท้อนความคิด ผู้วิจัยสะท้อนจุดเด่นจุดด้อยในการสอนของตนหลังการสอนในแต่ละแผน ทั้งนี้ในทุกๆ โดยการดำเนินการตามวงจรดังกล่าวมี 2 วงจรซึ่งจะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันตามแผนการเรียนรู้ 1 – 5 และ 6 – 9 แผนตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 9 แผน จำนวน 13 ชั่วโมง

2. กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 21 คน เป็นนักเรียนชาย 7 คนและนักเรียนหญิง 14 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลหลังการสอนของผู้สอนและอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนหลังเรียนแต่ละครั้งเป็นเครื่องมือ แล้วจึงวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอุปนัย และใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ร่วมกับการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เพื่อศึกษาเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยผู้วิจัยสร้างคำถามขึ้นโดยปรับปรุงบางข้อคำถามจาก VNOS-C และสร้างสถานการณ์ของคำถามให้มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาเคมี โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา แล้วพิจารณาร่วมกับอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

4. วิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัยโดยการอ่านอนุทินหลังการสอนของผู้สอนเองและจำแนกปัญหาที่พบ แนวทางการแก้ไข สิ่งที่ได้เรียนรู้ในแต่ละครั้งหลังการสอนในวงจรปฏิบัติการแรก โดยนำเอาประเด็นที่พบเหมือนกันมาจัดกลุ่มและวิเคราะห์เพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป จากนั้นจึงอ่านองค์ความรู้จากการสอนทั้งหมดอย่างละเอียดเพื่อหารูปแบบหรือข้อค้นพบในการสอนด้วยวิธีการดังกล่าว

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัยรายข้อคำถาม โดยกำหนดรหัสของนักเรียนแต่ละคน แล้วนำคำตอบของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คล้ายคลึงกันมาจัดกลุ่มแล้วเทียบกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และจัดคำตอบของนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Khishfe (2008) ได้แก่ 1) เข้าใจถูกต้อง หมายถึง คำตอบที่แสดงสามารถอธิบายขยายความได้ถูกต้องและสอดคล้องกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 2) เข้าใจบางส่วน หมายถึง คำตอบบางส่วนถูกต้อง หรือมีบางส่วนยังไม่สอดคล้อง หรือยังไม่สามารถขยายความ ยกตัวอย่างได้ถูกต้องสอดคล้องกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3) ไม่เข้าใจ หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือไม่ได้แสดงความคิดเห็น หรือคำตอบไม่สอดคล้องและถูกต้องตามแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลนี้จะได้รับการตรวจสอบการตีความจากผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จำนวน 1 ท่าน และผู้วิจัยท่านอื่นอีก 2 ท่าน เพื่อความถูกต้องและน่าเชื่อถือของข้อมูล

สรุปผลการวิจัย

1. แนวทางในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดเรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้อนุทินสะท้อนความคิดของตนเองหลังการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 9 แผน แล้ววิเคราะห์ข้อมูลเชิงอุปนัยร่วมกับข้อมูลจากอนุทินของนักเรียน พบว่า แนวทางในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด เรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ควรมีประเด็นที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายเพื่อสะท้อนประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยประเด็นที่หยิบยกขึ้นนั้นควรเป็นประเด็นที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการแสดงความคิดเห็นระหว่างนักเรียนด้วยตนเองแล้วนำไปสู่การแลกเปลี่ยนมุมมองและความคิดเห็นของตนเองร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน ในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และยังช่วยส่งเสริมบรรยากาศของการสะท้อนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

ผู้วิจัยค้นพบแนวทางนี้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการแรก การสะท้อนประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนมีลักษณะการถาม-ตอบระหว่างผู้วิจัยและนักเรียน แต่ยั้งขาดปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง ทำให้บรรยากาศการสะท้อนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนยังไม่น่าสนใจเท่าที่ควร อย่างไรก็ตาม เมื่อมีประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่นักเรียนมีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน เช่น การสะท้อนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความเหมือนหรือความแตกต่างระหว่างวิทยาศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ พบว่า นักเรียนมีความเห็นที่แตกต่างกันเป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ ส่วนหนึ่งมีความเห็นว่าวิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่นๆ อีกกลุ่มหนึ่งคิดว่าวิทยาศาสตร์ไม่มีความแตกต่างจากศาสตร์อื่นๆ และนักเรียนทั้งสองกลุ่มต่างก็แสดงความคิดเห็นและให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบของตนเองและเพื่อนที่มีความคิดเห็นเหมือนกัน และยังโต้แย้งเหตุผลของเพื่อนที่เห็นต่างโดยการให้เหตุผล ซึ่งหลังจากการอภิปรายในประเด็นนี้ ผู้วิจัยพบว่า บรรยากาศในการสะท้อนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนเปลี่ยนแปลงไป โดยนักเรียนมีส่วนร่วมในการสะท้อนความคิดเห็นมากขึ้นและมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักเรียนด้วยกันมากยิ่งขึ้น ดังนั้น ในวงจรปฏิบัติการที่สอง ผู้วิจัยจึงจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้สวมบทบาทบุคคลในสังคม เพื่อลงมติเกี่ยวกับการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมมีอิทธิพลต่อวิทยาศาสตร์ พบว่า การหยิบยกประเด็นทางสังคมดังกล่าว เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นร่วมกัน ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนด้วยกันมากขึ้น นำไปสู่การประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ร่วมกันโดยที่นักเรียนมีการสะท้อนความคิดเห็นในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และมีการแสดงความคิดเห็นสนับสนุนระหว่างนักเรียนด้วยกันอีกด้วย เห็นได้จากบทสนทนาในอนุทินหลังการสอนครั้งที่ 8 เมื่อผู้วิจัยถามนักเรียนว่า หลังจากที่ได้ฟังการนำเสนอการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ของแต่ละประเทศไปแล้ว นักเรียนได้อะไรบ้าง แต่ละประเทศมีการลงมติเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร นักเรียนตอบว่า บางประเทศก็ให้สร้างและบางประเทศก็ไม่ให้สร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ผู้วิจัยจึงถามนักเรียนต่อว่า นักเรียนคิดว่าขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง นักเรียนตอบโดยพร้อมเพรียงกันว่า สังคม ผู้วิจัยจึงถามต่อว่า อย่างไร นักเรียนรหัส F9 ตอบว่า ถ้าสังคมแตกต่างกันก็มีความคิดเห็นต่อเรื่องนี้แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงถามต่อว่า การจะสร้างหรือไม่สร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในแต่ละสังคมขึ้นกับอะไรบ้าง นักเรียนรหัส F20 ตอบว่า สภาพความพร้อมของสังคม งบประมาณ นักเรียนรหัส M3 ตอบว่า การสนับสนุนของสังคม และนักเรียนรหัส F12 ตอบว่า พื้นที่ในการสร้างและการศึกษาของคนในสังคม เป็นต้น

การจัดกิจกรรมในลักษณะดังกล่าว ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เนื่องจากทำให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ใหม่โดยมีการยืนยันหรือการปรับเปลี่ยนมุมมองของตนเอง เมื่อได้รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอันจะนำไปสู่การสร้างความรู้ความเข้าใจใหม่เกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังทำให้บรรยากาศในเรียนรู้และสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่า การจัดการเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวจะต้องเป็นประเด็นที่น่าสนใจที่สามารถนำไปสู่การสะท้อนและอภิปรายร่วมกันได้

1.2 ใช้ตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่เชื่อมโยงเนื้อหาพร้อมกับตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่เนื้อหาในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด ผู้วิจัยได้แนวทางนี้หลังจากที่ผู้วิจัยประสบปัญหาว่า ในบางเนื้อหาเคมีนั้นไม่สามารถที่จะใช้เป็นประเด็นให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ผู้วิจัยจึงแก้ไขปัญหานี้โดยการยกตัวอย่างหรือสถานการณ์อื่นๆ ที่สามารถสะท้อนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่ต้องการสะท้อนได้อย่างชัดเจนร่วมกับเนื้อหาในบทเรียน ยกตัวอย่างเช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ ผู้วิจัยได้วางแผนสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน

ประเด็นสังคมและวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อวิทยาศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้สวมบทบาทเป็นสมาชิกในสังคมและร่วมกับลงมติว่า ควรมีการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในสังคมของตนเองหรือไม่ อย่างไร ซึ่งจากการจัดกิจกรรมดังกล่าว พบว่า สามารถช่วยให้นักเรียนสะท้อนได้ว่าสังคมและวัฒนธรรมเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลความสนใจหรือการศึกษาสิ่งต่างๆของนักวิทยาศาสตร์ในสังคมและวัฒนธรรมนั้นๆ แต่อย่างไรก็ดี กิจกรรมดังกล่าวยังไม่สามารถสะท้อนไปถึงอิทธิพลของสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อวิธีการดำเนินงานของนักวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงยกตัวอย่างประเด็นข่าวสารคดีที่เข้าไปถ้อยทำการดำรงชีวิตของอุณาคอนดา โดยให้อาณานิคมคนดากลันมนุษย์ที่ใส่ชุดเกราะ แล้วให้นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นต่อประเด็นดังกล่าวแล้วจึงเชื่อมโยงไปสู่การสะท้อนประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่า จากการยกตัวอย่างดังกล่าวทำให้นักเรียนสามารถสะท้อนได้ว่าสังคมและวิทยาศาสตร์ยังมีอิทธิพลต่อวิธีการดำเนินงานของนักวิทยาศาสตร์อีกด้วย อย่างไรก็ตาม พบว่าประเด็นหรือสถานการณ์ที่หยิบยกขึ้นมา นั้นควรเป็นประเด็นที่มีความน่าสนใจและสามารถใช้สะท้อนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ก็จะช่วยให้นักเรียนสามารถสะท้อนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่ต้องการสอดแทรกได้ดียิ่งขึ้น

1.3 ควรมีการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างกลมกลืน เป็นเนื้อเดียวกันกับเนื้อหาเคมีและควรสอดแทรกอยู่ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยค้นพบแนวทางนี้หลังจากที่ผู้วิจัยประสบปัญหาว่า นักเรียนยังไม่สามารถสะท้อนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยเชื่อมโยงจากกิจกรรมที่ผู้วิจัยจัดในชั้นเรียนได้ และการอธิบายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในช่วงสรุปนั้นใช้เวลามากเกินไป ทำให้บรรยากาศในการสะท้อนความเข้าใจดังกล่าวยังแปลกแยกอยู่กับเนื้อหาและไม่น่าสนใจเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ใหม่ที่ทำให้นักเรียนได้มีการสะท้อนและอธิบายประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในขณะที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมนั้นๆโดยกิจกรรมที่จัดนั้นจะต้องสามารถหยิบยกมาเป็นประเด็นในการอธิบายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจนเพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงกิจกรรมดังกล่าวเข้ากับการสะท้อนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่าวิธีการดังกล่าวทำให้การสะท้อนและอธิบายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้นมีความกลมกลืนไปกับการสอนเนื้อหาเคมีในบทเรียน นอกจากนี้ยังช่วยแก้ไขปัญหในเรื่องการใช้เวลาในการอธิบายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้มากเกินไปอีกด้วย เพราะการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้นสามารถสอดแทรกได้ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสอน และขั้นสรุป ยกตัวอย่างเช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง สมบัติของสารประกอบของธาตุแทรนซิชัน นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของสารประกอบแทรนซิชัน ตั้งแต่การคิด วางแผนการทดลอง สังเกต บันทึกผลการทดลอง นำเสนอผลหน้าชั้นเรียนและร่วมกันอภิปรายกับกลุ่มอื่นๆ โดยแสดงเหตุผลและหลักฐานสนับสนุนข้อมูลของตนเอง ซึ่งจากกิจกรรมดังกล่าว ผู้วิจัยได้หยิบยกเอาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็น และวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ขึ้นมาเพื่อให้นักเรียนได้อภิปรายในขณะที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมนั้นๆ เป็นต้น นอกจากนี้ การสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก็สามารถทำได้ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยอาจใช้คำถามหรือยกสถานการณ์ที่น่าสนใจอันจะนำเข้าสู่ขั้นสอนที่สามารถสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ วิธีการดังกล่าวสามารถช่วยให้ตรวจสอบได้ว่า นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ได้อย่างไรและยังเป็นประโยชน์ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ในแผนต่อไปอีกด้วย หรือในขั้นสรุปก็สามารถทำได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากจะช่วยให้สามารถประเมินได้ว่าหลังจากการจัดการเรียนรู้ในแผนนั้นๆ นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างไร อย่างไรก็ดีในขั้นนี้ไม่ควรใช้เวลานานจนเกินไป โดยอาจจะสอดแทรกเฉพาะประเด็นที่ยังไม่ได้สะท้อนในขั้นนำหรือขั้นสอนมาก่อน เป็นต้น

2. ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ในทุกๆ ประเด็นที่ศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็น ความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็น และประเด็น มายาคติของการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยผู้วิจัยจะกล่าวผลการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละประเด็นและนำเสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตาราง 1 ร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ประเด็นของธรรมชาติวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้ (ร้อยละ)			หลังการจัดการเรียนรู้ (ร้อยละ)		
	ความเข้าใจถูกต้อง	เข้าใจบางส่วน	ไม่มีเข้าใจ	ความเข้าใจถูกต้อง	เข้าใจบางส่วน	ไม่มีเข้าใจ
ความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็น	0	76	24	95	5	0
มายาคติของการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์	ข้อ 1	0	100	81	19	0
	ข้อ 2	0	14	100	0	0
วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน	24	52	24	81	19	0
สังคมและวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อวิทยาศาสตร์	24	57	19	71	29	0
วิทยาศาสตร์อาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ	19	57	24	57	43	0

2.1 ประเด็นความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็น ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 76) โดยสามารถจำแนกคำตอบของนักเรียนได้ ดังนี้คือ นักเรียนจำนวน 11 คน เข้าใจว่า การลงความเห็นคือ การแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกของตนเองลงไป แต่กล่าวถึงการสังเกตที่แตกต่างกัน ดังนี้ การสังเกตเป็นการใช้ตาสังเกตเท่านั้น (4 คน) คือ การสังเกตสิ่งต่างๆ แล้วบันทึก (4 คน) การใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 หาข้อมูลจากความจริง (1 คน) การเก็บรายละเอียดตั้งข้อสงสัยและหาคำตอบ (1 คน) เป็นต้น นอกจากนี้ นักเรียนคนที่เหลือก็ยังไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็นได้อย่างชัดเจนและขาดการยกตัวอย่างเช่นเดียวกัน เช่น นักเรียนรหัส F10 “การลงความเห็นคือการสังเกตและการแสดงความคิดเห็นในส่วนที่น่าจะเป็น แต่การสังเกตเป็นการดูอย่างเดียวไม่มีการแสดงความคิดเห็น” เป็นต้น หรือนักเรียนรหัส F17 “การสังเกตเป็นการใช้ประสาทตาสังเกตสิ่งต่างๆ ก่อน การลงความเห็นจะเป็นการแสดงความคิดเห็นความสงสัยของเรา” นอกจากนี้ นักเรียนอีกร้อยละ 24 ไม่มีความเข้าใจถูกต้องในประเด็นนี้ โดยไม่สามารถให้เหตุผลที่ถูกต้องของความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็นได้

อย่างไรก็ดี หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนร้อยละ 95 มีความเข้าใจถูกต้องในประเด็นนี้ โดยนักเรียนให้เหตุผลในลักษณะเดียวกันว่า การสังเกต คือ การเก็บข้อมูลโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 หรือเครื่องมือ ส่วนการลงความเห็น คือ การแสดงความคิดเห็นหรือสอดคล้องกับความเห็นส่วนตัวลงไปในข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนรหัส F1 “การสังเกตเกิดจากการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 แต่การลงความเห็น คือ การนำความรู้ความนึกคิดที่เราได้แสดงออกมาด้วย เช่น ในการทำการทดลองเมื่อเสร็จแล้วผลที่ได้จะมาจากการสังเกต แต่เมื่ออธิบายหรือสรุปผลเราจะสอดคล้องความรู้ที่เราใช้ในการสรุปผลนั้นด้วย เช่น เวลาทดลองเราสังเกตเห็นว่า สารตกตะกอนก็ลงความเห็นว่ามีสาร 2 ตัวนั้นมันผสมกันไม่ได้เกิดจากการที่ไอออนสองตัวมันไม่รวมตัวกัน เป็นต้น

2.2 ประเด็นมายาคติของการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับในประเด็นนี้ผู้วิจัยแบ่งคำถามเพื่อวัดความเข้าใจของนักเรียนออกเป็นสองคำถาม โดยคำถามที่หนึ่ง ถามว่า นักเรียนคิดว่าการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องดำเนินการตามขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนทั้ง 21 คน ไม่มีความเข้าใจในประเด็นนี้ นักเรียนเข้าใจว่าในการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์จะต้องทำตามขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ แต่ให้รายละเอียดที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนเข้าใจว่าการทำตามขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ทำให้งานมีคุณภาพและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ส่งผลให้มีความน่าเชื่อถือ (9 คน) เช่น นักเรียนรหัส M15 “จำเป็น เพราะทำให้ให้นักวิทยาศาสตร์นั้นได้รู้แนวทางจุดประสงค์การทดลองนั้นๆและจะทำให้ข้อมูลที่ค้นพบน่าเชื่อถือมากขึ้นและจะได้ข้อมูลที่ถูกต้องชัดเจน” ทำให้หาความรู้ได้มากขึ้น (2 คน) ทำให้การทำงานเป็นระบบมีแบบแผน (1 คน) เป็นต้น

หลังการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนร้อยละ 81 บอกได้ว่าการหาความรู้วิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องดำเนินการตามขั้นตอนในการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ แต่สามารถสลับในบางขั้นตอน มีการทำซ้ำ ย้อนกลับในบางขั้นตอนได้ โดยนักเรียนสามารถยกตัวอย่างประกอบการอธิบายได้ เช่น นักเรียนรหัส M2 “เราสามารถข้ามหรือสลับขั้นตอนได้ เพราะบางอย่างก็ไม่จำเป็น เช่น ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ทดลองไม่ได้หรือบางครั้งก็ทดลองหลายๆ ครั้งแล้วเกิดคำถามใหม่หรือบางครั้งก็ข้ามบางขั้น เช่น การทดลองอาจสังเกตแล้วบันทึกผลเลย” เป็นต้น อย่างไรก็ดี ยังมีนักเรียนอีกร้อยละ 19 ที่มีความเข้าใจบางส่วนเนื่องจากยังไม่สามารถยกตัวอย่างประกอบที่ชัดเจนได้

สำหรับคำถามข้อที่สอง ถามว่า นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับความคิดที่ว่าความรู้วิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมาจากการทดลอง พบว่า นักเรียนร้อยละ 86 ไม่มีความเข้าใจในประเด็นนี้ โดยนักเรียนเข้าใจว่า ความรู้วิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมาจากการทดลอง โดยให้เหตุผลว่า ผลการทดลองทำให้ข้อมูลน่าเชื่อถือและสามารถตรวจสอบได้ (7คน) เช่น นักเรียนรหัส F1 “เห็นด้วย เพราะการทดลองต่างๆ ผลที่ออกมาจะแตกต่างกันออกไปเพื่อให้เราได้ใช้ความคิด ความรู้ของเราพิจารณาผลการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและสามารถตรวจสอบได้” นอกจากนี้ ยังมีนักเรียนให้เหตุผลว่า ผลการทดลองทำให้เกิดความรู้ใหม่ (3 คน) การทดลองช่วยเพิ่มความรู้วิทยาศาสตร์ (2 คน) การทดลองทำให้วิทยาศาสตร์มีความหมาย (1 คน) เป็นต้น

หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนร้อยละ 100 สามารถบอกได้ว่า ในการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องมาจากการทดลองเท่านั้น แต่ยังมีวิธีการอื่นๆ โดยนักเรียนมักกล่าวถึงการสังเกต ความบังเอิญในการค้นพบ เนื่องจากคำตอบทั้งสองเป็นสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน นอกจากนี้ก็ได้มาจากการคำนวณ การสร้างแบบจำลอง การสำรวจ รวบรวมข้อมูล เป็นต้น เช่น นักเรียนรหัส M3 “ความรู้วิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องมาจากการทดลองเสมอไป ความรู้บางอย่างอาจมาจากความบังเอิญ การสังเกตที่ไม่ได้มาจากการทดลอง เช่น การค้นพบธาตุกัมมันตรังสีของนักวิทยาศาสตร์ จากที่คิดว่าเมื่อนั้นถูกแสงแดด

จะเกิดการปล่อยพลังงานออกมา บังเอิญวันหนึ่งเมฆครึ้มเลยทำการทดลองไม่ได้ไว้ในบ้าน เกิดผลการทดลองแบบเดิมจึงสรุปได้ว่า ธาตุนั้นปล่อยพลังงานออกมาด้วยตัวเองหรืออาจมาจากการสังเกตเป็นระยะเวลานานๆ หรือการสร้างแบบจำลอง เช่น เรื่อง โครงสร้างอะตอมหรือเกิดจากการสำรวจก็ได้”

2.3 ประเด็นวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ผู้วิจัยใช้คำถามว่า ถ้าหากมีการเสนอแบบจำลองอะตอมขึ้นใหม่ นักเรียนคิดว่าแบบจำลองอะตอมนั้นจะสามารถเป็นที่ยอมรับและเชื่อถือของนักวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปได้หรือไม่ เพราะเหตุใด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 52 โดยนักเรียนไม่ได้กล่าวถึงหลักฐานอย่างชัดเจนและมีจำนวนน้อยมากที่กล่าวถึงการอธิบายประกอบหลักฐาน โดยนักเรียนมักให้เหตุผลเกี่ยวกับการพิสูจน์ได้ว่าเป็นจริง เช่น นักเรียนรหัส F1 “การที่เราจะเสนอแบบจำลองอะตอมขึ้นมาใหม่ได้นั้น แสดงว่าเราจะต้องมีหลักการต่างๆ ที่มาพัฒนาจากรูปแบบที่สร้างไว้ก่อนและหลักการนั้นสามารถค้นพบแบบจำลองอะตอมใหม่ได้ ดังนั้นเมื่อหลักการที่สามารถพิสูจน์ว่าจริงแล้วแบบจำลองอะตอมนั้นก็สามารเป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ทั่วไปได้” นอกจากนี้ ยังมีนักเรียนร้อยละ 24 ที่เข้าใจไม่ถูกต้องในประเด็นนี้โดยนักเรียนไม่ได้กล่าวถึงหลักฐานและการอธิบายประกอบหลักฐานเลย

หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนร้อยละ 81 มีความเข้าใจถูกต้อง โดยให้เหตุผลในลักษณะเดียวกันว่า การที่ความรู้วิทยาศาสตร์จะได้รับการยอมรับและเชื่อถือจะต้องอาศัยหลักฐานหรือข้อมูลและมีการอธิบายประกอบหลักฐานนั้นให้มีความน่าเชื่อถือ เช่น นักเรียนรหัส F19 “ถ้านักวิทยาศาสตร์สามารถจะอธิบายและหาหลักฐานมาให้ให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นยอมรับได้ก็จะเป็นที่ยอมรับในคนหมู่มากไปด้วย เพราะวิทยาศาสตร์คือศาสตร์ที่สามารถอธิบายสิ่งต่างๆ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ได้” หรือนักเรียนรหัส M2 “ถ้าหากเรามีข้อมูลหลักฐานและการอธิบายเพื่อให้นักวิทยาศาสตร์ฟังทำให้เข้าใจแบบจำลองได้ มีหลักฐานมาพิสูจน์และยืนยันโดยพิจารณาจากวิธีการทดลองที่เขาให้และผลสรุปการทดลอง” เป็นต้น อย่างไรก็ตาม นักเรียนอีกร้อยละ 19 มีความเข้าใจบางส่วน โดยมีกรกล่าวถึงหลักฐานที่นำมาช่วยอ้างอิงความรู้วิทยาศาสตร์ แต่ไม่ได้กล่าวถึงอำนาจในการอธิบายหลักฐาน

2.4 ประเด็นสังคมและวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยใช้คำถามว่า นักเรียนคิดว่าปัจจัยด้านสังคมและวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อวิทยาศาสตร์หรือไม่อย่างไร พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 12 คน ร้อยละ 57 มีความเข้าใจบางส่วน โดยนักเรียนเข้าใจว่า หากสังคมมีความเชื่อเดิมที่ขัดกับความรู้ใหม่ก็อาจไม่ได้รับการยอมรับ (7 คน) หากสังคมและวัฒนธรรมมีพัฒนาการที่ดี การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ก็จะสะดวกขึ้น (3 คน) สังคมและวัฒนธรรมทำให้พบสิ่งใหม่ๆ (2 คน) อย่างไรก็ตาม นักเรียนร้อยละ 24 มีความเข้าใจถูกต้องในประเด็นนี้ โดยนักเรียนให้เหตุผลว่าสังคมและวัฒนธรรมกำหนดสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษา (3 คน) สังคมมีส่วนสนับสนุนการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ในแง่เงินทุนและการขนส่ง (2 คน) และนักเรียนร้อยละ 19 ไม่เข้าใจในประเด็นนี้

หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนร้อยละ 71 มีความเข้าใจถูกต้อง โดยนักเรียนให้เหตุผลเกี่ยวกับอิทธิพลของสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) กำหนดสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ต้องการศึกษาหรือพัฒนา (9 คน) เช่น นักเรียนรหัส F20 “การสงสัยตั้งคำถามต่างๆของคนในสังคมนำไปซึ่งการค้นคว้าหาคำตอบของนักวิทยาศาสตร์จนได้มาซึ่งหลักฐาน ความรู้ ข้อสรุปในสิ่งที่สงสัยและความรู้นี้จะนำมาช่วยพัฒนาสังคมและวัฒนธรรมให้เจริญยิ่งขึ้นต่อไป” เป็นต้น 2) กำหนดวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาหรือพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ (4 คน) เช่น มีส่วนในการสนับสนุนการหาความรู้วิทยาศาสตร์ในแง่ของเงินทุนสนับสนุน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยังมีนักเรียนอีกร้อยละ 29 ที่มีความเข้าใจบางส่วนในประเด็นนี้ โดยนักเรียนทั้ง 6 คนให้เหตุผลในลักษณะเดียวกันว่า สังคมและวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อการยอมรับหรือปฏิเสธความรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นคำตอบลักษณะเดียวกับก่อนการจัดการเรียนรู้

2.5 ประเด็นวิทยาศาสตร์อาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ ผู้วิจัยใช้คำถามว่า นักเรียนคิดว่าการสร้างและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการหรือไม่อย่างไร ยกตัวอย่างประกอบ พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้สามารถจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนได้ดังนี้ นักเรียนร้อยละ 57 มีความเข้าใจบางส่วนโดยให้เหตุผลที่แตกต่างกันดังนี้ ใช้ในการคิดค้นสิ่งใหม่นำมาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ (5 คน) ใช้ในการสร้างและออกแบบสิ่งที่ศึกษา (3 คน) ใช้ในการสร้างสูตรหาคุณสมบัติและการทดลองใหม่ๆ (2 คน) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายได้ว่ามีการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในทุกๆ ขั้นตอนของการทำงานและมักขาดการอธิบายหรือยกตัวอย่างที่ชัดเจน เช่น นักเรียนรหัส F1 ให้เหตุผลว่า “ต้องใช้ เพราะการคิดค้นสร้างสิ่งใหม่หรือพัฒนาสิ่งใดก็ตามจะต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ที่ทำให้เกิดจินตนาการต่างๆ ที่แปลกไปจากเดิม เพราะจินตนาการของแต่ละคนไม่เหมือนกัน จึงอาจทำให้เกิดความรู้ใหม่ที่ไม่เหมือนใคร ทำให้เกิดการค้นพบใหม่ๆ ขึ้นและข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็จะพัฒนาออกไป” และนักเรียนรหัส M2 ให้เหตุผลว่า “ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ เช่น แบบจำลองอะตอมโดยคิดว่าอะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลม” เป็นต้น มีนักเรียนเพียงร้อยละ 19 เท่านั้นที่มีความเข้าใจถูกต้องในประเด็นนี้ โดยนักเรียนทั้ง 4 คนให้เหตุผลที่คล้ายคลึงกันว่าความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการจำเป็นสำหรับการศึกษาเรื่องที่ไม่สามารถมองเห็นหรือจับต้องได้ โดยการสร้างแบบจำลองหรือร่างภาพให้มองเห็นชัดเจนและยังจำเป็นต่อการริเริ่มสิ่งใหม่ๆ อย่างไรก็ตามนักเรียนในกลุ่มนี้ก็ยังไม่อธิบายถึงการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในทุกขั้นตอนในการสร้างความรู้วิทยาศาสตร์ได้ไม่ชัดเจนนัก และพบว่านักเรียนอีกร้อยละ 24 มีความเข้าใจไม่ถูกต้อง โดยให้เหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม

หลังการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องในประเด็นนี้มากยิ่งขึ้น โดยนักเรียนร้อยละ 57 มีความเข้าใจที่ถูกต้อง โดยสามารถบอกได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีบทบาทในทุกขั้นตอนของการทำงานวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นหลังการทดลองที่ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในลักษณะของการตีความข้อมูลหรือผลการทดลองที่ได้ เพื่ออธิบายข้อมูลและแสดงออกข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนรหัส F1 ให้เหตุผลว่า “ในการที่จะทดลองแต่ละครั้งจะต้องออกแบบวิธีในการทดลอง ซึ่งต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการออกแบบด้วยหรือเวลาสังเกตเห็นปรากฏการณ์เราก็ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ว่า มันอาจจะเป็นอย่างนั้นแล้วทำการตั้งสมมติฐานขึ้นมา ในการตั้งปัญหาที่ต้องคิดก่อนว่าปัญหาเป็นยังไงก็ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ ต้องคิดว่าเราจะทำยังไง ขั้นตอนวิธีการทดลองในตอนสรุปหรืออภิปรายผลก็ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ผนวกกับความรู้ที่เรามีมาอธิบายผลที่ได้จากการสังเกต” เป็นต้น หรือนักเรียนรหัส F18 ให้เหตุผลว่า “ผู้วิจัยคิดว่าการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการเป็นสิ่งสำคัญมาก ตัวอย่างเช่น เมื่อเราสงสัยปัญหาใดถ้าเราต้องการที่จะทดลองเพื่อหาคำตอบเราต้องใช้จินตนาการว่าเราจะทดลองด้วยวิธีใด เช่น เราต้องผสมสารใดและสารใด เพื่อให้เกิดสิ่งที่ต้องการ โดยต้องมีการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการใช้ทุกช่วง ตั้งแต่การคิดว่าเราจะศึกษาเรื่องอะไร สมมติฐานเราก็คิดก่อนว่ามันจะเป็นอย่างไร คิดวิธีการทดลองวิธีการทดลองอันแรกที่เราทำไม่ได้ เราก็อาจจะหาวิธีการทดลองใหม่ในตอนสรุปผลการทดลองต้องสรุปผลการทดลองให้ได้ เราก็จินตนาการว่าสิ่งที่เราทดลองมานั้นเป็นจริงได้หรือไม่ก็ต้องแสดงออกมาเป็นตารางเป็นกราฟอธิบายให้คนอื่นเข้าใจ” เป็นต้น

อย่างไรก็ดี พบว่า นักเรียนอีกร้อยละ 43 มีความเข้าใจในประเด็นนี้บางส่วนเท่านั้น โดยนักเรียนทั้ง 7 คนสามารถบอกได้ว่า มีการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในทุกขั้นตอนทั้งก่อน ระหว่างทำการทดลอง แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในช่วงหลังการทดลองในลักษณะของการตีความหมายผลการทดลอง แต่กลับให้ความหมายว่า ใช้ในการสรุปว่าเป็นจริงตามผลหรือไม่

(2 คน) หรือเข้าใจว่าใช้ในการคิดคำพูดหรือเรียบเรียงในการสรุปผลเท่านั้น (2 คน) ใช้ในการอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจ (2 คน) และอีก 1 คนไม่สามารถอธิบายได้ชัดเจน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการจัดการเรียนรู้ไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการอย่างชัดเจนมากนัก เนื่องจากการทดลองในเนื้อหาเรื่องนี้ค่อนข้างยากที่นักเรียนจะสามารถคิดได้ด้วยตนเองทำให้ผู้วิจัยต้องกำหนดวิธีการทดลองมาให้ให้นักเรียนปฏิบัติ จึงทำให้ยังคงมีนักเรียนเข้าใจประเด็นนี้บางส่วนอยู่จำนวนมาก

การอภิปรายผล

ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี มายาคติของการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ และความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็นมากที่สุด ตามลำดับ และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่มี ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 ในเกือบทุกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้จัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในเรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ประเด็น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงช่วยสนับสนุนประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดได้ดังเช่นงานวิจัยที่ผ่านมาได้เป็นอย่างดี (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000, pp. 1057-1095; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002, pp. 551-578; Khishfe, 2008, pp. 470-496; Peter, 2012, pp. 881-898; Mahalee & Faikhamta, 2010; Ladachart & Suttakun, 2012, pp. 73-90) โดยประเด็นความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็น และมายาคติของการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ เป็นประเด็นที่นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจได้มากที่สุดตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจถูกต้องในประเด็นนี้ไม่มากนัก (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002, pp. 551-578; Khishfe & Lederman, 2006, pp. 395-418; Khishfe, 2008, pp. 470-496) โดยงานวิจัยนี้ พบว่า การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมในประเด็นความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็น ควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้มีการสังเกตและลงความเห็น โดยในเรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบสามารถสะท้อนประเด็นดังกล่าวได้ดีจากการให้นักเรียนทำการทดลอง ซึ่งมีอยู่ในเรื่อง ปฏิริยาของธาตุหมู่ IA และ IIA และสมบัติของสารประกอบของธาตุแตรนซิชัน อย่างไรก็ตามประเด็นวิทยาศาสตร์อาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ เป็นประเด็นที่นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจได้น้อยที่สุดในงานวิจัยนี้ โดยนักเรียนยังไม่สามารถอธิบายการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในขั้นตอนของการตีความหรือให้ความหมายข้อมูลเพื่อลงข้อสรุปได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Chamrat, Yutakom, & Chaiso, 2009, pp. 360-374; Chamrat & Yutakom, 2008, pp. 73-90) ทั้งนี้ อาจเพราะเนื้อหาในเรื่องนี้ยังไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในทุกขั้นตอนของการแสวงหาความรู้ เนื่องจากเนื้อหาค่อนข้างยากที่จะให้นักเรียนทำด้วยตนเองทำให้ผู้วิจัยต้องกำหนดกิจกรรมให้นักเรียนทำ ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของการสอนประเด็นนี้ในเนื้อหาเรื่องนี้ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้มากขึ้น อาจจะต้องมีการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ในเนื้อหาเรื่องอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้เพิ่มมากขึ้น

งานวิจัยนี้ยังช่วยเติมเต็มการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ด้วยการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดที่บูรณาการเข้ากับการสอนเนื้อหาเคมีในเรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ เนื่องจากยังปรากฏงานวิจัยที่มีการบูรณาการการสอน

ดังกล่าวกับการสอนเนื้อหาเคมีไม่มากนัก เช่น งานวิจัยของ Mahalee and Faikhamta (2010); Pattamapongsa (2012) ที่บูรณาการเข้ากับเนื้อหาเรื่องสารในชีวิตประจำวันและการสังเคราะห์ด้วยแสง ตามลำดับ

สำหรับแนวทางในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิดเรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบนั้น พบว่า ควรมีประเด็นที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนด้วยตนเอง โดยอาจมีประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นหรือโต้แย้งกัน (argumentation) และควรมีการยกตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่ไม่อิงเนื้อหาพร้อมกับตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่อิงเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งทั้งสองแนวทางดังกล่าวมีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Khishfe, 2012, pp. 67-100; Khishfe, 2014, pp. 974-1016) พบว่า การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่ทำให้เกิดการโต้แย้งด้วยการสอนการโต้แย้งอย่างชัดเจนร่วมด้วย ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้นและยังช่วยสนับสนุนแนวทางในการใช้การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่อิงเนื้อหาร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่อิงเนื้อหาอีกด้วย

แนวทางหนึ่งที่สำคัญที่ค้นพบจากงานวิจัยนี้ คือ ในการสอดแทรกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต้องมีความกลมกลืนและเป็นเนื้อเดียวกันกับเนื้อหาเคมี โดยควรสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้อภิปรายและสะท้อนความคิดในขณะทีนักเรียนทำกิจกรรมนั้นๆ เนื่องจากจะช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกิจกรรมที่นำไปสู่การสะท้อนและอภิปรายความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้และการสอดแทรกนั้นควรทำในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสะท้อนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น รวมไปถึงช่วยให้บรรยากาศในการสะท้อนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีความกลมกลืนและเป็นเนื้อเดียวกันกับการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้นอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากการทำวิจัยนี้ พบว่า ในประเด็นสังคมและวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อวิทยาศาสตร์ มีนักเรียนจำนวนหนึ่งที่ไม่มีการพัฒนาความเข้าใจในประเด็นนี้ จึงเป็นที่น่าสนใจว่าจะมีวิธีการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ในเนื้อหาเคมีอื่นๆ อย่างไร เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในประเด็นนี้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการเน้นให้นักเรียนได้มีการแสดงความคิดเห็นและอภิปรายระหว่างนักเรียน ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสะท้อนประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น ดังนั้น จึงเป็นที่น่าสนใจว่า หากมีการใช้ทักษะการโต้แย้งเข้ามาผนวกกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิดในเนื้อหาเคมีอื่นๆ สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้หรือไม่ อย่างไร ตลอดจนมีวิธีการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวอย่างไร นอกจากนี้ ควรมีการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องอื่นๆ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่างๆ มากยิ่งขึ้น เนื่องจากในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องหนึ่งๆ อาจไม่สามารถสะท้อนประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างครบถ้วนในทุกประเด็น

References

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). The Influence of History of Science Courses on Student Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1057-1095.
- Chamrat, S., & Yutakom, N. (2008). Chemistry teachers' understanding and practices of the nature of science when teaching atomic structure concepts. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 29(3), 228-239. (in Thai)
- Chamrat, S., Yutakom, N., & Chaiso, P. (2009). Grade 10 science students' understanding of the nature of science. *KKU Research Journal*, 14(4), 360-374. (in Thai)
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1998). *The Action Research Planner*. Geelong, Victoria: Deakin University Press.
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth grades' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 551-578.
- Khishfe, R., & Lederman, N.G. (2006). Teaching Nature of Science within a Controversial Topic: Integrated versus Nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 395-418.
- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 470-496.
- Khishfe, R. (2012). Nature of Science and Decision-Making. *International Journal of Science Education*, 34, 67-100.
- Khishfe, R. (2014). Explicit nature of science and argumentation instruction in the context of socioscientific issues: An effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education*, 36, 974 - 1016.
- Ladachart, L., & Suttakun, L. (2012). Exploring and developing tenth-grade students' understandings of nature of science. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 4(2), 73-90. (in Thai)
- Ladachart, L., Suttakun, L., & Faikhamta, C. (2013). A critical difference between the promotion of "nature of science" instruction outside and inside Thailand. *Kasetsart J. (Soc. Sci)*, 34, 269 – 282. (in Thai)
- Lederman, N. G. (1992). "Students' and teachers' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Mahalee, K., & Faikhamta, F. (2010). The seventh grade students' understandings of nature of science. *Songklanakarin: E-Journal of Social Sciences & Humanities*, 16(5), 795-809. (in Thai)
- McComas, W. (1998). *The Nature of Science in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- 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 thesis). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Peter, E. E. (2012). Developing content knowledge in students through explicit teaching of the nature of science: Influences of goal setting and self-monitoring. *Science and Education*, 21, 881-898.
- Pongsophon, P. (2008). *Teaching science literature*. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)