การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสอนแบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ผนวกในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีและปิโตรเลียม

The Development of Tenth Graders' Understanding of the Nature of Science through Explicit and Reflective Approach Integrated in the Topic of Chemical Reactions and Petroleum

ลลิตา คำแก้ว (Lalita Khamkaew)[1**] ชาตรี ฝ่ายคำตา (Chatree Faikhamta)[**]
พจนารถ สุวรรณรุจิ (Potjanart Suwanruji)[***]

บทคัดย่อ

งานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อใช้พัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ผนวกในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีและปิโตรเลียม โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ อนุทินของนักเรียนและบันทึกหลังสอนของผู้วิจัย ผลการวิจัยพบว่าหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา โดยเฉพาะในประเด็น วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความเชื่อ ค่านิยม วัฒนธรรม และสังคม สำหรับแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดพบว่า นักเรียนควรได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมและสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง โดยกิจกรรมควรดึงดูดและน่าสนใจ ควรมีการสร้างบรรยากาศที่ดีในการร่วมอภิปรายเพื่อให้นักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็น มีการยกตัวอย่างเพิ่มเติมที่มาจากครูและนักเรียนเอง และสิ่งสำคัญคือครูต้องใช้คำถามที่ซักไซ้ไล่เลียง เพื่อให้นักเรียนแสดงความเข้าใจออกมาอย่างลึกซึ้งด้วยตนเอง

ABSTRACT

This classroom action research aims to 1) develop grade-10 students' understanding of the nature of science (NOS) through explicit and reflective approach integrated in the topic of chemical reactions and petroleum and to 2) examine effective ways of implementing this instructional approach. Data were collected through view of nature of science questionnaire, student's reflective journals and teacher's reflective journals. The findings indicated that

[1]*correspondent author: llalitak@gmail.com*
[*]*นิสิต หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
[**]*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
[***]*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

teaching NOS through explicit and reflective approach can improve students' understanding of NOS in all aspects especially in the aspect of science related beliefs, value, culture and society. The effective ways to implement explicit and reflective approach were; 1) students should do hands-on the activities by themselves, 2) the activities should be interesting and temping, 3) learning environment should encourage students to reflect their views of NOS, 4) teacher and students should discuss various examples of NOS, 5) teacher should use questions to elicit what students really think. All these effective ways can foster students' understanding of NOS.

คำสำคัญ: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การสอนแบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ปฏิกิริยาเคมี
Key Words: Nature of science, Explicit and reflective approach, Chemical reaction

บทนำ

การเป็นผู้รู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายสูงสุดของการเรียนวิทยาศาสตร์ [1] ซึ่งการเป็นผู้รู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่ใช่แค่เพียงเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่หมายรวมถึงการเข้าใจถึงกระบวนการสำรวจตรวจสอบความรู้ การสืบเสาะหาความรู้ และความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วย [2]

นักการศึกษาได้ให้คำนิยามของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้หลากหลายความหมายด้วยกัน ซึ่งนิยามเหล่านั้นมีลักษณะที่สอดคล้องและคล้ายคลึงกันว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คือการอธิบายลักษณะของวิทยาศาสตร์ในด้าน ความหมายของวิทยาศาสตร์ การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสังคมวิทยาของวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะช่วยทำให้การเรียนวิทยาศาสตร์เป็นการเรียนอย่างมีความหมาย ช่วยทำให้เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของสังคมที่เขาเหล่านั้นอาศัยอยู่ ทำให้มีความเข้าใจและสนใจในวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการตัดสินใจและแก้ปัญหา [3, 4] ดังนั้นความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึงกลายเป็นเป้าหมายที่สำคัญอย่างหนึ่งของวิทยาศาสตร์ศึกษาในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ แคนาดา [4] รวมทั้งประเทศไทยด้วย

ที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยที่ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในหลายประเด็น เช่น นักเรียนเข้าใจว่าการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีวิธีการเดียวและเป็นขั้นตอนที่ต้องปฏิบัติตาม หรือเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ไม่ขึ้นอยู่กับบริบททางสังคมและวัฒนธรรม [5] การทดลองและการสรุปผลเป็นเรื่องของข้อเท็จจริง จินตนาการไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง [6] เป็นต้น ทำให้มีการศึกษาวิธีการสอนเพื่อพัฒนาความเข้าใจ และพบว่าการสอนที่ได้ผลคือการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยไม่ใช่การบรรยายให้นักเรียนฟัง แต่เน้นให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยผ่านกระบวนการคิดของนักเรียนเอง [7] ตรงกันข้ามหากให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมโดยไม่อภิปรายหรือเน้นย้ำถึงลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในกิจกรรมนั้นจะทำให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้น้อยมากหรือไม่เข้าใจเลย [8] นอกจากนี้ ในงานวิจัยยังใช้การสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผนวกกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (integrated science content) โดยที่ผ่านมายังมีงานวิจัยในประเทศไทยจำนวนน้อยชิ้นที่พัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ร่วมไปกับเนื้อหา

วิทยาศาสตร์ ซึ่งต่างทำให้เห็นว่าการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถทำร่วมไปกับการสอนเนื้อหาได้อย่างดี และยังมีงานวิจัยที่ให้ความเห็นว่า การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบผนวกเนื้อหานี้จะช่วยเชื่อมโยงความสอดคล้องของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้เข้ากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนเห็นตัวอย่างจริง การบรรยายว่าวิทยาศาสตร์มีลักษณะเช่นใดโดยไม่เชื่อมโยงกับตัวอย่างจริง นักเรียนจะไม่เห็นภาพ ไม่เข้าใจ เกิดความสับสนหรือไม่ยอมรับความคิดนั้น [9, 10]

จากความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และประเด็นที่นักเรียนมักเข้าใจคลาดเคลื่อนดังที่ได้กล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยซึ่งเป็นนิสิตฝึกสอนมีความสนใจในการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเมื่อได้มีโอกาสไปฝึกประสบการณ์วิชาชีพในโรงเรียน ผู้วิจัยจึงศึกษาข้อมูลเบื้องต้นโดยวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยเลือกประเด็นที่ใช้มาจากความสอดคล้องที่นักการศึกษา [7, 11] และองค์กรการศึกษา [1, 2] เห็นตรงกัน รวมทั้งประเด็นที่ระบุอยู่ในหลักสูตรของประเทศไทยตามสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และประเด็นที่นักเรียนมักเข้าใจคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยในประเทศไทย ทำให้ได้ประเด็นที่นำไปใช้วัดความเข้าใจในงานวิจัยครั้งนี้ทั้งหมด 5 ประเด็นด้วยกัน ดังนี้ (1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้ (2) วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงวิธีหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้หาคำตอบ ซึ่งไม่มีขั้นตอนตายตัว (3) วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความเชื่อ ค่านิยม วัฒนธรรม และสังคม (4) วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ และ (5) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน แต่ไม่ใช่สิ่งเดียวกัน เมื่อวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทำให้พบว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในทุกประเด็นที่ศึกษา ทุกประเด็นจึงถูกนำมาวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจ หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการเก็บข้อมูลหลังสอนอีกครั้งด้วยแบบวัดฉบับเดิมพร้อมกับการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และเสนอแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนนรู้ที่เก็บข้อมูลได้มาจากบันทึกหลังสอนและอนุทินของนักเรียน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ผนวกในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีและปิโตรเลียม ที่สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้

2. เพื่อศึกษาว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างไรเมื่อเรียนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ผนวกในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีและปิโตรเลียม

วิธีการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนโดยทำตามวงจร ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) เพื่อนำผลไปใช้กับขั้นวางแผนในวงจรใหม่ (Plan) อีกครั้ง ซึ่งจะทำตามวงจรไปในลักษณะนี้ในทุก ๆ แผนการสอน

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี จำนวน 34 คน เป็นชาย 13 คน และหญิง 21 คนโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากแบบบันทึกหลังสอน และอนุทินของ

นักเรียนที่ผ่านการตรวจสอบหัวข้อจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อวิเคราะห์การใช้กิจกรรม และแนวทางในการแก้ไขเพื่อนำไปปรับปรุงในแผนการสอนต่อไป และสำหรับการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีการใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างข้อคำถามขึ้น และนำบางข้อคำถามมาจาก Views of Nature of Science Form C ของ [12] บางส่วน ทั้งนี้ได้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาก่อนนำไปใช้

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ผู้วิจัยวางแผนการสอน ปฏิบัติการสอน และเก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้บันทึกหลังสอนของผู้วิจัย และใช้แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน จากนั้นสะท้อนผลการปฏิบัติโดยการวิเคราะห์ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประสบความสำเร็จหรือไม่ พฤติกรรมของนักเรียนที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร และนักเรียนมีข้อเสนอแนะอย่างไรบ้าง เพื่อนำไปใช้ปรับแก้ในแผนการสอนครั้งต่อไป

เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ผู้วิจัยใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ก่อน และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาเปรียบเทียบ โดยระหว่างการจัดกิจกรรมในทุก ๆ แผนจะเก็บข้อมูลจากแบบบันทึกหลังสอนของผู้วิจัย และแบบบันทึกอนุทินของนักเรียนมาร่วมอธิบายผลที่ได้จากแบบวัด

การวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อตอบคำถามวิจัยในข้อที่ 1 ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากบันทึกหลังสอน และแบบบันทึกอนุทินของนักเรียน เพื่อสังเคราะห์แนวทางการสอนแต่ละประเด็น โดยวิเคราะห์ตามขั้นตอน ดังนี้

1. อ่านบันทึกหลังสอนของผู้วิจัย และอนุทินของนักเรียน เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการสอนทั้งที่ประสบความสำเร็จและไม่ประสบความสำเร็จ

2. สังเคราะห์แนวทางการสอนในแต่ละประเด็น จากข้อที่ 1 เช่น ประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้ ผู้วิจัยสอดแทรกลงไป 3 แผนการสอน ได้แก่ 1) เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี 2) ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และ 3) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้ได้แนวทางการสอนในประเด็นดังกล่าวจากแผนเหล่านี้

3. หาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในภาพรวม จากข้อสังเกตลักษณะร่วมที่ได้มาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละประเด็น

เพื่อตอบคำถามวิจัยในข้อที่ 2 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือทั้งหมด ทั้งแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดรหัสของนักเรียน ได้แก่ รหัสของแบบวัดก่อนและหลังเรียน โดยให้ก่อนเรียนเป็น A และหลังเรียนเป็น B ส่วนรหัสองนักเรียนถูกกำหนดเป็นตัวเลข โดยนักเรียนคนที่ 1 ให้รหัส 01 เช่น คำตอบจากแบบวัดก่อนเรียนของนักเรียนคนที่ 1 คือ A01

2. อ่านคำตอบจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนและหลังเรียน หากนักเรียนอธิบายไม่ชัดเจนประเด็นใดจึงใช้การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

3. วิเคราะห์คำตอบทั้งหมดของนักเรียนเพื่อจัดกลุ่ม โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาด้วยการขีดเส้นใต้ข้อความที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในข้อคำถามนั้น และแบ่งคำตอบที่มีลักษณะเดียวกันแยกเป็นกลุ่ม ๆ

4. จัดกลุ่มคำตอบ โดยแบ่งความความเข้าใจออกเป็น 3 ส่วน ที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Khishfe and Lederman [9] และ Lederman et al. [12] ประกอบด้วย

เข้าใจถูกต้อง หมายถึง นักเรียนสามารถอธิบาย ขยายความได้สอดคล้องกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นที่เป็นที่ยอมรับจากมติประชาคมนักวิทยาศาสตร์

เข้าใจบางส่วน หมายถึง นักเรียนสามารถอธิบาย ขยายความธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นได้บางส่วน แต่มีบางส่วนที่อธิบายไม่ได้หรือไม่

สอดคล้องกับมติประชาคมนักวิทยาศาสตร์

เข้าใจคลาดเคลื่อน หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน ไม่สอดคล้องกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นที่เป็นที่ยอมรับจากมติประชาคมนักวิทยาศาสตร์

5. ตรวจสอบความถูกต้องของการจัดกลุ่มโดยให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณา และแบ่งข้อมูล 30% ให้ผู้วิจัยท่านอื่นอีก 2 คน วิเคราะห์คำตอบ หลังจากนั้นจึงนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ และหาข้อสรุปหากเห็นไม่ตรงกัน

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ในทุกประเด็นที่ศึกษา โดยเฉพาะประเด็นวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความเชื่อ ค่านิยม วัฒนธรรมและสังคม ประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้ และประเด็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยจะกล่าวถึงผลการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรวมทั้งเสนอแนะแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละประเด็นดังนี้

ประเด็นที่ 1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้

จากคำถามที่ว่า “หากนักเรียนค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมาใหม่และพยายามที่จะเผยแพร่ข้อความรู้นั้น นักเรียนคิดว่าจะได้รับการยอมรับจากประชาคมนักวิทยาศาสตร์หรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับอะไร” พบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนจาก 6 คน (ร้อยละ 17.6) เป็น 25 คน (ร้อยละ 73.5) หากพิจารณาความเข้าใจก่อนเรียนพบว่ามีนักเรียน 21 คน (ร้อยละ 61.8) เข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นนี้ โดยแบ่งกลุ่มคำตอบได้ว่า การจะได้รับการยอมรับจากประชาคมนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ขึ้นอยู่กับสิ่งต่างๆ ดังนี้ ความน่าเชื่อถือของงาน/ผู้พูด 5 คน (ร้อยละ 14.7) การให้เหตุผล (ร้อยละ 17.6) การพิสูจน์ความจริง (ร้อยละ 11.7) และอื่นๆ 6 คน (ร้อยละ 17.6) เช่น นักเรียนรหัส A07 ตอบว่า “นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองค้นคว้าอย่างเต็มที่และสุดความสามารถจนเป็นที่ยอมรับ” ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนกลุ่มนี้ไม่กล่าวถึงหลักฐานในการจะทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบขึ้นมาใหม่จะได้รับการยอมรับ นอกจากนี้ยังมีนักเรียนอยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วนจำนวน 7 คน (ร้อยละ 20.6) ที่สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้เป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่ การจะได้รับการยอมรับหรือไม่ขึ้นอยู่กับ ผลการทดลอง 4 คน (11.8) และขึ้นอยู่กับการพิสูจน์สิ่งที่ค้นพบ 3 คน (ร้อยละ 8.8) ซึ่งคำตอบยังไม่ชัดเจนว่านักเรียนจะพิสูจน์อย่างไร

เมื่อพิจารณาความเข้าใจหลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ตอบได้ว่าการจะได้รับการยอมรับจากมติประชาคมนักวิทยาศาสตร์หรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับหลักฐานที่ค้นพบ ซึ่งมีนักเรียนเข้าใจถูกต้อง 25 คน (ร้อยละ 73.5) เช่น นักเรียนรหัส B04 ตอบว่า “ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์และหนักแน่นของข้อมูลหลักฐานและเหตุผลประกอบข้อมูลนั้นๆ” แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีนักเรียนอยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วนจำนวน 6 คน (ร้อยละ 17.6) ซึ่งนักเรียนทั้งหมดที่อยู่ในกลุ่มนี้ตอบว่าขึ้นอยู่กับผลการทดลอง ซึ่งข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องได้มาจากการทดลองเท่านั้น จะเก็บข้อมูลมาด้วยวิธีการใดก็ได้ แต่ข้อมูลนั้นต้องสามารถนำมาเป็นหลักฐานที่ทำให้ข้อความรู้นั้นเชื่อถือได้ และสำหรับกลุ่มที่เข้าใจคลาดเคลื่อนจำนวน 3 คน ที่ตอบมาเพียงว่าขึ้นอยู่กับความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยไม่มีการอธิบายว่าความน่าเชื่อถือนั้นขึ้นอยู่กับอะไร และคนที่ตอบว่าขึ้นอยู่กับความตั้งใจจริงในการค้นพบ ซึ่งไม่ได้กล่าวถึงการใช้หลักฐานในการอ้างอิงสิ่งที่ค้นพบเพื่อให้เกิดการยอมรับในประชาคมนักวิทยาศาสตร์

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประเด็นที่ 1ความรู้ทางความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้

1) เมื่อนักเรียนได้ประเมินค่าความน่าเชื่อถือของข้อสรุป นักเรียนจะเข้าใจว่าความรู้ทางความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้

ผู้วิจัยพบว่าการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนประเมินค่าความน่าเชื่อถือของข้อสรุปที่เพื่อนได้ รวมทั้งกลุ่มของตนเอง เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่พบว่าทุกครั้งที่เกิดการประเมินค่า นักเรียนจะหาหลักฐานโดยอัตโนมัติ เนื่องจากแผนการสอนครั้งแรกผู้วิจัยให้นักเรียนสรุปผลการทดลองอยู่ที่โต๊ะกลุ่มของตัวเองโดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ถาม นักเรียนตอบคำถามและสนใจฟังแต่กลุ่มของตนเอง ทำให้ไม่เกิดการอภิปรายร่วมกันทั้งห้อง และไม่มีการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อสรุปที่เกิดขึ้นจากหลักฐานที่เพื่อนหามาได้ ดังนั้นจากแผนการสอนเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ผู้วิจัยได้ลองใช้วิธีการถามคำถามเมื่อนักเรียนออกมานำเสนอหน้าห้อง เมื่อผู้วิจัยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนทั้งที่เป็นผู้นำเสนอและผู้ฟังพิจารณาว่าหลักฐานที่มีเพียงพอต่อการสรุปเช่นนั้นหรือไม่ นักเรียนได้คิดตามและเกิดการอภิปรายทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของหลักฐานที่นำมาใช้ในการตอบคำถาม ซึ่งลักษณะคำถามคือนักเรียนทราบได้อย่างไร มีหลักฐานใด เพื่อนคนอื่นมีความคิดเห็นว่าอย่างไร ถามทุกกลุ่มเพื่อให้นักเรียนแสดงหลักฐานในการสรุปข้อความรู้ของตนเอง นอกจากนี้ยังพบเทคนิคที่ช่วยให้นักเรียนหาหลักฐานง่ายขึ้น เช่น การจัดกิจกรรมให้นักเรียนทำการทดลองต่างกันเมื่อต้องแสดงข้อสรุปของตนเองว่าน่าเชื่อถือทำให้ต้องแสดงเหตุผล และหากมีการใช้คำถามซักไซ้จะทำให้ได้มาซึ่งหลักฐาน และช่วยให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจในประเด็นนี้ออกมาได้ง่ายขึ้น

ประเด็นที่ 2 วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์

คำถามที่ใช้ในประเด็นนี้ ได้แก่ “นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในขั้นตอนต่าง ๆของการได้มาซึ่งความรู้หรือไม่ ถ้าใช้ ใช้ในขั้นตอนใดบ้าง (ก่อน ระหว่าง และหลังการเก็บข้อมูล) เพราะอะไรจงอธิบายพร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ ถ้าไม่ใช้ เพราะอะไรจงอธิบาย” พบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องจาก 1 คน (ร้อยละ 2.9) เป็น 16 คน (ร้อยละ 47.1) หากพิจารณาความเข้าใจก่อนเรียนพบว่านักเรียน 6 คน (17.6) เข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นนี้ โดยแบ่งเป็นนักเรียน 2 คน (ร้อยละ 5.8) เข้าใจว่าไม่ต้องใช้ และนักเรียนอีก 4 คน (ร้อยละ 11.8) ตอบว่าใช้แต่คำอธิบายไม่ได้แสดงถึงการใช้จินตนาการ และนักเรียนส่วนใหญ่ 27 คน (ร้อยละ 79.4) อยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วน ซึ่งหมายความว่านักเรียนเข้าใจได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยมีนักเรียนกลุ่มที่ตอบว่า ความคิดสร้างสรรค์นั้นถูกใช้ในช่วงก่อนการเก็บข้อมูล 17 คน (ร้อยละ 50) กลุ่มที่ตอบว่าใช้ทุกขั้นตอนแต่อธิบายไม่ชัดเจนบางขั้นตอนว่าใช้อย่างไร 4 คน และกลุ่มที่ ตอบว่าใช้แต่อธิบายไม่ชัดเจนว่าใช้ในช่วงใดบ้าง 4 คน (ร้อยละ 11.8) และอื่น ๆ อีก 2 คน (ร้อยละ 5.9)

เมื่อพิจารณาความเข้าใจหลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ 16 คน (ร้อยละ 47.0) เข้าใจถูกต้องมากขึ้นว่าความคิดสร้างสรรค์ใช้ในทุกขั้นตอน นักเรียนสามารถตอบได้ว่า ก่อนเก็บข้อมูลใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบการทดลอง ตั้งสมมติฐาน ระหว่างเก็บข้อมูลใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เปลี่ยนอุปกรณ์การทดลอง และหลังเก็บข้อมูลใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างข้อสรุป แต่ยังคงมีนักเรียนถึง 18 คน (ร้อยละ 52.9) ที่ยังอยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วน แต่นักเรียนเข้าใจว่าความคิดสร้างสรรค์ใช้ได้อย่างไรมากขึ้นกว่าก่อนเรียน ซึ่งสามารถจัดกลุ่มคำตอบของ

นักเรียนกลุ่มนี้ได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ใช้ตอนก่อนเก็บข้อมูล 6 คน (ร้อยละ 17.6) ใช้หลังเก็บข้อมูล 1 คน (ร้อยละ 2.9) ใช้ก่อนและระหว่างเก็บข้อมูล 4 คน (ร้อยละ 11.8) ใช้ก่อน ระหว่าง และหลังการเก็บข้อมูลแต่เข้าใจการใช้คลาดเคลื่อนช่วงหลังเก็บข้อมูล 5 คน (ร้อยละ 14.7) เช่น นักเรียนรหัส B09 ตอบว่า “ก่อนทำการทดลองเราก็จะใช้จินตนาการเพื่อสร้างคำถาม ตั้งสมมติฐาน และระหว่างการเก็บข้อมูลเราก็จะใช้จินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ แก้ไขปัญหาที่เกิดระหว่างการทดลอง และหลังการเก็บข้อมูลก็ใช้ออกแบบตารางหรือการสรุปผลการทดลองให้ผู้อื่นเข้าใจง่าย” และกลุ่มที่ตอบว่าใช้ก่อน ระหว่างและหลังการเก็บข้อมูลแต่เข้าใจการใช้คลาดเคลื่อนช่วงระหว่างเก็บข้อมูล 2 คน (ร้อยละ 5.9)

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประเด็นที่ 2 วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์

1) การให้อิสระกับนักเรียนในการเลือกอุปกรณ์ และออกแบบการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ถูกใช้ในช่วงก่อนการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยพบว่าการให้อิสระกับนักเรียนในการเลือกอุปกรณ์ หรือออกแบบการทดลองเอง นักเรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน เลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการทดลองที่ออกแบบหรือสารเคมีที่ใช้ ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าความคิดสร้างสรรค์ถูกใช้ในช่วงก่อนการเก็บข้อมูลนี้ได้ไม่ยาก

2) นักเรียนต้องมีโอกาสได้แก้ปัญหาเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ หรือปรับเปลี่ยนการทดลองด้วยตนเองจึงจะเข้าใจว่าความคิดสร้างสรรค์ใช้ในระหว่างเก็บข้อมูลด้วย

ผู้วิจัยพบว่าการให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองหรือเลือกอุปกรณ์เองตั้งแต่แรก นักเรียนอาจมีโอกาสได้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำการทดลองหรือการเลือกใช้อุปกรณ์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจได้ว่าระหว่างการเก็บข้อมูลก็เป็นช่วงที่ต้องใช้จินตนาการหรือความคิดสร้างสรรค์ร่วมด้วย และกลุ่มที่สามารถสะท้อนว่าความคิดสร้างสรรค์ใช้ในช่วงนี้ได้ มีเฉพาะกลุ่มที่ได้เปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ในการทำการทดลองเท่านั้น ดังนั้นครูจึงควรบ่งชี้ให้ชัดเจนหากมีเหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้น เพื่อให้นักเรียนคนอื่นเข้าใจประเด็นนี้ได้ด้วย

3) การทดลองที่นักเรียนได้ทำต้องมีความท้าทายในการสรุปผล เพื่อให้นักเรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างคำอธิบายได้

ผู้วิจัยพบว่าการจะให้นักเรียนเข้าใจว่าความคิดสร้างสรรค์นั้นถูกใช้ในช่วงหลังการเก็บข้อมูลด้วย นักเรียนต้องได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการตีความสร้างคำอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้น ซึ่งหากการทดลองใดเป็นการทดลองที่นักเรียนสามารถรายงานผลตามที่นักเรียนเห็นได้เลย นักเรียนอาจจะไม่คิดว่าความคิดสร้างสรรค์ถูกใช้ในช่วงนี้ด้วย เช่น อาจให้นักเรียนได้วาดรูป หรือจินตนาการถึงสิ่งที่เกิดขึ้นในระดับจุลภาค

ประเด็นที่ 3 วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความเชื่อ ค่านิยม วัฒนธรรม และสังคม

คำถามที่ใช้ในประเด็นนี้ ได้แก่ “นักเรียนคิดว่าความเชื่อ ค่านิยม สังคม และวัฒนธรรมของคนในสังคมมีผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่อย่างไร จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง” พบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องจาก 2 คน (ร้อยละ 5.9) เป็น 27 คน (ร้อยละ 79.4) หากพิจารณาความเข้าใจก่อนเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ 24 คน (ร้อยละ 70.6) เข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นนี้ โดยแบ่งเป็นนักเรียน 3 คน (ร้อยละ 8.8) เข้าใจว่าสิ่งเหล่านี้ไม่มีผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนอีก 8 คน (ร้อยละ 23.5) ที่อยู่ในกลุ่มที่คำตอบไม่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ เช่น นักเรียนรหัส A16 ที่ตอบว่า “มีผล เพราะ แต่ละคนมีความเชื่อต่างกัน มีค่านิยมต่างกัน ต่างวัฒนธรรมทำให้มีเหตุผลส่วนตัวของแต่ละคน” และนักเรียนอีก 7 คน

(ร้อยละ 20.6) เป็นกลุ่มที่ตอบไม่ตรงคำถาม และกลุ่มอื่นๆ อีก 6 คน (ร้อยละ 17.6) นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วน 8 คน (ร้อยละ 23.5) ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ว่า กลุ่มที่เห็นว่าการยอมรับของคนในสังคมมีผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 คน (ร้อยละ 11.8) หรือกลุ่มที่เห็นว่าความเชื่อ ค่านิยม สังคมต่างกัน การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์/การทำงานจึงต่างกัน จำนวน 2 คน (ร้อยละ 5.9) และอื่นๆ อีก 2 คน

เมื่อพิจารณาความเข้าใจหลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจถูกต้องมากขึ้นว่าความเชื่อ ค่านิยม สังคม และวัฒนธรรมของคนในสังคมมีผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 26 คน (ร้อยละ 76.5) เข้าใจถูกต้องว่าสิ่งเหล่านี้มีผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนรหัส B01 ตอบว่า “มีผล สังคมมีส่วนช่วยในการผลักดันความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ถ้าสังคมไม่มีการสนับสนุนเรื่องเงินทุนในการทำงานวิจัยอาจทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ก้าวหน้า” และยังมีนักเรียนบางส่วนจำนวน 6 คน (ร้อยละ 17.6) ที่อยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วน โดยแบ่งเป็นนักเรียนที่ให้เหตุผลถูกบางส่วน จำนวน 1 คน (ร้อยละ 2.9) และยังมีนักเรียนกลุ่มที่ให้เหตุผลถูกแต่ไม่มีการยกตัวอย่าง จำนวน 4 คน (ร้อยละ 11.8) ซึ่งนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วนนี้ต่างกล่าวถึงด้านเหตุผลยอมรับของคนในสังคมที่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนอีก 2 คน (ร้อยละ 5.9) ที่ไม่สามารถบอกได้ว่าสิ่งเหล่านี้มีผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างไร

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประเด็นที่ 3 วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความเชื่อ ค่านิยม วัฒนธรรม และสังคม

1) ใช้วีดิทัศน์ที่เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ทั้งในแง่ของสังคมมีผลกับวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์มีผลกับสังคม มาจุดประเด็น

ผู้วิจัยพบว่าการใช้วีดิทัศน์ที่เป็นเรื่องราวหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสังคม มาให้นักเรียนเห็นว่าเหตุการณ์ในสังคมเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดแนวทางการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะเข้าถึงเรื่องราวเหล่านี้ได้ง่าย ทำให้สามารถจุดประเด็นในการอภิปรายสะท้อนความคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์กับสังคมได้ ซึ่งเรื่องราวที่ยกมานั้นควรเป็นเรื่องใกล้ตัวนักเรียนหรือเป็นเรื่องที่นักเรียนเคยทราบข่าวมาก่อน นักเรียนจะได้รู้สึกมีส่วนร่วมมากขึ้น และวีดิทัศน์ที่ใช้ควรแสดงถึงความสัมพันธ์ทั้งในแง่ของสังคมมีผลกับวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์มีผลกับสังคม เช่น วีดิทัศน์เกี่ยวกับการขุดเจาะน้ำมันในพื้นที่บริเวณเกาะสมุย จึงจะทำให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจออกมาได้ดี

2) ใช้การยกตัวอย่างจากเรื่องที่นักเรียนคุ้นเคยเพื่อให้เข้าใจชัดเจนขึ้นและให้นักเรียนยกตัวอย่างด้วยตัวเอง

ผู้วิจัยพบว่าหากมีการยกตัวอย่างจากเรื่องที่นักเรียนคุ้นเคย อาจจะเป็นเรื่องที่นักเรียนเคยเรียนผ่านมา หรือเรื่องใกล้ตัวนักเรียน เช่น เหตุการณ์การคัดค้านการสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินที่ จ.กระบี่ มาอภิปรายเพิ่มเติม รวมทั้งให้นักเรียนลองยกตัวอย่างบ้างว่านักเรียนคิดว่าเหตุการณ์ในสังคมใดที่นักเรียนเคยได้ยินมาแล้วรู้สึกว่ามีผลต่อวิทยาศาสตร์หรือการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจในประเด็นนี้ชัดเจนขึ้น

ประเด็นที่ 4 วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงวิธีหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้หาคำตอบ ซึ่งไม่มีขั้นตอนตายตัว

ผู้วิจัยแบ่งประเด็นนี้ออกเป็น 2 กรณีด้วยกัน ได้แก่ 4.1 การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลายวิธี และ 4.2 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัวในการหาคำตอบ

ประเด็นที่ 4.1 การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลายวิธี

คำถามที่ใช้ ได้แก่ “ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการทดลองเท่านั้น” นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่

อย่างไร จงอธิบาย พบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อน โดยนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องจาก 19 คน (ร้อยละ 55.9) เป็น 29 คน (ร้อยละ 85.3) หากพิจารณาความเข้าใจก่อนเรียนพบว่านักเรียน 11 คน (32.3) เข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นนี้ โดยแบ่งเป็นนักเรียน 7 คน (ร้อยละ 20.9) ที่ตอบว่าเห็นด้วย และนักเรียนอีก 4 คน (ร้อยละ 11.8) ที่ไม่เห็นด้วย แต่อธิบายไม่ถูกต้อง เช่น นักเรียนรหัส A15 ตอบว่า “ไม่เห็นด้วย เพราะบางครั้งก็ขึ้นอยู่กับความเชื่อของเรา และสิ่งที่เห็นอยู่ว่ามันจริงอยู่แล้ว” นักเรียนส่วนใหญ่คือ 19 คน (ร้อยละ 55.9) มีความเข้าใจถูกต้องในประเด็นนี้ คือนักเรียนเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้มาจากการทดลองเท่านั้น แต่เกิดจากวิธีการอื่นได้ เช่นการสังเกต จำนวน 12 คน (ร้อยละ 35.3) บ้างก็ให้รายละเอียดว่าสังเกตและต้องวิเคราะห์ด้วย 2 คน (ร้อยละ 5.9) การสำรวจ 2 คน (ร้อยละ 5.9) เกิดจากการคาดคะเนความเป็นไปได้ 2 คน (ร้อยละ 5.9) และการวิเคราะห์ข้อมูล 1 คน (ร้อยละ 2.9) อย่างไรก็ตามมีนักเรียนบางส่วนที่อยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วน ซึ่ง 3 คน (ร้อยละ 8.8) ตอบได้ว่าไม่เห็นด้วย แต่ไม่บอกถึงวิธีอื่น และอีก 1 คน (ร้อยละ 2.9) ที่ตอบว่าไม่เห็นด้วย แต่การทดลองต้องเป็นส่วนหนึ่ง

เมื่อพิจารณาความเข้าใจหลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจถูกต้องมากขึ้นว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากวิธีการที่หลากหลายจำนวน 29 คน (ร้อยละ 85.3) โดยนักเรียนสามารถบอกถึงวิธีที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ได้มากกว่าก่อนเรียน และจากแบบวัดหลังเรียนจะเห็นได้ว่าไม่มีนักเรียนคนใดเห็นด้วยว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องมาจากการทดลองเท่านั้น ซึ่งนักเรียนที่เข้าใจถูกต้องสามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจได้มาจากการสังเกตและความบังเอิญ 6 คน (ร้อยละ 17.6) เช่น นักเรียนรหัส B35 ตอบว่า “ไม่เห็นด้วย เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดได้จากการศึกษาในหลากหลายวิธี อาจเป็นการบังเอิญค้นพบ หรือสังเกต หรือวิธีการต่าง ๆ ซึ่งทำให้ได้ความรู้เหมือนกัน” กลุ่มที่ตอบว่าอาจเกิดจากการ สังเกต สำรวจ และความบังเอิญ 4 คน (ร้อยละ 11.8) และกลุ่มที่ยกตัวอย่างวิธีการอื่นมาตั้งแต่ 1 2 3 และ 4 วิธีอีก 19 คน (ร้อยละ 55.9) แต่อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียน 2 คน (ร้อยละ 5.9) ที่อยู่ในกลุ่มเข้าใจคลาดเคลื่อน เนื่องจากนักเรียนตอบได้ว่าไม่เห็นด้วย แต่คำอธิบายไม่ชัดเจน

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประเด็นที่ 4.1 การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลายวิธี

1) ใช้การยกตัวอย่างจากเนื้อหาที่มีการค้นพบข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการอื่น ๆ ที่ไม่ใช่การทดลอง

ผู้วิจัยพบว่าเมื่อใดที่เนื้อหาที่จัดการเรียนการสอนเกิดจากการค้นพบข้อความรู้ได้โดยวิธีอื่นที่ไม่ใช่การทดลอง ไม่ว่าจะเป็นการสำรวจ การสังเกต การรวบรวม/วิเคราะห์ข้อมูล การสร้างแบบจำลอง ฯลฯ สามารถแทรกประเด็นนี้ลงไปได้โดยการอภิปรายกับนักเรียน ให้นักเรียนนึกถึงวิธีการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหากอยู่ในสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง เช่น จากแผนการสอนในเรื่องปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยสมมติให้นักเรียนคนหนึ่งในห้องเป็นเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดฝนกรด แล้วถามถึงบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เมื่อนักเรียนทราบแล้วว่านักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้ที่เข้ามาหาคำอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น นักเรียนจะเริ่มมองภาพของนักวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์อื่นที่ไม่ใช่การอยู่ในห้องทดลอง เพราะนักเรียนสามารถตอบได้ว่านักวิทยาศาสตร์จะเข้าไปสำรวจพื้นที่ มีการเก็บตัวอย่างดิน ตัวอย่างน้ำฝน เพื่อรวบรวม/วิเคราะห์ข้อมูล แต่ต่อไปหากมีเวลาเพียงพอการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเนื้อหานี้ในครั้งหน้า ผู้สอนอาจนำข้อมูลหรือบทความที่เกี่ยวกับโรงไฟฟ้าว่ามีการปล่อยแก๊สชนิดใดออกมาบ้างมาให้นักเรียนได้อ่าน และให้ข้อมูลที่เป็นสมการเคมีที่มีทั้งของกรดและเบสซึ่งจะมีหลายสมการเคมีรวมทั้งสมการที่เป็นปฏิกิริยาการเกิดฝนกรด

อยู่ด้วย เมื่อพิจารณาจากแก๊สที่ปล่อยออกมาแล้วน้ำฝนนั้นควรจะเป็นกรดหรือเบส ถ้าเป็นกรดเป็นกรดชนิดใด และถ้าเป็นเบสเป็นเบสชนิดใด นักเรียนจะได้เห็นว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็อาจเกิดจากการรวบรวมหรือวิเคราะห์ข้อมูลได้โดยการปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

ประเด็นที่ 4.2 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัวในการหาคำตอบ

คำถามที่ใช้ได้แก่ “นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีลำดับขั้นตอนที่แน่นอนตายตัวในการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด” พบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องจาก จาก 1 คน (ร้อยละ 2.9) เป็น 20 คน (ร้อยละ 58.8) หากพิจารณาความเข้าใจก่อนเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ 21 คน (61.8) เข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นนี้ โดยแบ่งเป็นนักเรียน 8 คน (ร้อยละ 23.5) เป็นกลุ่มที่ตอบว่า ใช่ เพราะจะทำให้การทดลองน่าเชื่อถือ ถูกต้อง แม่นยำ และนักเรียนอีก 6 คน (ร้อยละ 17.6) ตอบว่าไม่ใช่ เพราะการทดลองเปลี่ยนได้ และอื่น ๆ อีก 7 คน (ร้อยละ 20.6) เช่นนักเรียน รหัส A23 ตอบว่า “ใช่ เพราะการทำตามขั้นตอนนั้นจะทำให้เกิดอุบัติเหตุในห้องทดลองได้น้อย และได้ผลการทดลองที่คลาดเคลื่อนน้อยเช่นกัน” นอกจากนี้ นักเรียนจำนวน 12 คน (ร้อยละ 35.3) อยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วน ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้ตอบว่า ไม่ใช่ เพราะขั้นตอนการทดลองเปลี่ยนแปลงได้ จะเห็นได้ว่าแม้นักเรียนจะไม่ตอบในส่วนของลำดับขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนเข้าใจถูกต้องในเรื่องของขั้นตอนการทำการทดลองที่ไม่จำเป็นต้องทำตามลำดับขั้นตอนที่มีไว้

เมื่อพิจารณาความเข้าใจหลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ จำนวน 20 คน (ร้อยละ 58.8) เข้าใจถูกต้องมากขึ้นว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัวในการหาคำตอบ นอกจากนี้ยังมีนักเรียน 11 คน (ร้อยละ 32.3) ที่อยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วน โดยนักเรียน 9 คน (ร้อยละ 26.5) ที่อยู่ในกลุ่มที่ตอบว่า ไม่ใช่ เพราะขั้นตอนการทดลองเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนทุกคนในกลุ่มนี้ ทำให้เข้าใจได้ว่าที่นักเรียนตอบมาว่าสามารถทำซ้ำได้ สลับหรือข้ามขั้นตอนได้นั้นหมายถึงขั้นตอนการทดลอง และมีนักเรียนอีก 2 คน (ร้อยละ 5.9) ตอบได้ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์คืออะไร และบอกว่าขั้นตอนเหล่านั้นไม่แน่นอนตายตัว แต่นักเรียนไม่ยกตัวอย่าง เช่น นักเรียนรหัส B30 ตอบว่า “วิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้แก่ ตั้งปัญหา ตั้งสมมติฐาน ทดลอง สรุปผล นำเสนอ สามารถสลับขั้นตอนได้ ข้ามขั้นตอนได้” แต่นักเรียนไม่สามารถยกตัวอย่างเพิ่มเติมได้ว่าเป็นอย่างไร และยังมีนักเรียนอีก 3 คน (ร้อยละ 8.8) ที่เข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นนี้ นักเรียนยังเข้าใจว่าการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีลำดับขั้นตอนที่แน่นอนจะได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประเด็นที่ 4.2 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัวในการหาคำตอบ

1) การให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับโจทย์ในการตอบคำถามที่ไม่เหมือนกัน ทำให้นักเรียนเข้าใจได้ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว

ผู้วิจัยพบว่าการให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับโจทย์ในการตอบคำถามที่ไม่เหมือนกัน ทำให้นักเรียนเข้าใจได้ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัวในการหาคำตอบ เนื่องจากนักเรียนแต่ละกลุ่มจะใช้วิธีการแตกต่างกันไปแล้วแต่โจทย์ที่กลุ่มของตนเองได้รับ โดยในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ออกแบบการทดลองเองเพื่อตอบคำถามตามโจทย์ที่กำหนด ไม่ว่าจะเป็นการหาวิธีที่ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น หรือทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลง หรือหาคำอธิบายว่าเพราะเหตุใดการใส่สารบางชนิดเพิ่มเติมลงไปจึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นกว่าเดิม หรือตอบคำถามว่า

สารแต่ละชนิดทำปฏิกิริยาต่างกันอย่างไร ตัวใดเกิดปฏิกิริยาเร็ว เกิดปฏิกิริยาช้า หรือไม่เกิด เพราะอะไร ซึ่งนักเรียนจะได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ต่างกัน บ้างต้องตั้งสมมติฐานก่อนแล้ววางแผนทำการทดลองเพื่อหาคำตอบ บ้างทำการทดลองตามโจทย์สั่งเลย แล้วค่อยมาตั้งสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้ ซึ่งครูต้องถามนักเรียนทีละกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนเห็นว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีลำดับเหมือนกัน ที่สำคัญต้องมีการนำเสนอวิธีการที่แต่ละกลุ่มได้ใช้และอภิปรายร่วมกันให้นักเรียนพิจารณาให้ชัดเจนว่ากลุ่มตนใช้ขั้นตอนใดบ้าง ใช้ทุกอย่างที่นักเรียนเคยรู้เคยท่องมาหรือไม่ นักเรียนจึงจะเข้าใจในประเด็นนี้ชัดเจนขึ้น

ประเด็นที่ 5 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน แต่ไม่ใช่สิ่งเดียวกัน

คำถามที่ใช้ได้แก่ “นักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์เหมือนหรือต่างจากเทคโนโลยีอย่างไร จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ” พบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องจาก ไม่มีเลยเป็น 5 คน (ร้อยละ 14.7) หากพิจารณาความเข้าใจก่อนเรียนพบว่านักเรียน 5 คน (ร้อยละ 14.7) เข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นนี้ โดยนักเรียนในกลุ่มนี้ ตอบว่าวิทยาศาสตร์เหมือนเทคโนโลยี และคำอธิบายแสดงให้เห็นว่าสองสิ่งนี้เป็นสิ่งเดียวกัน เช่น นักเรียนรหัส A12 ตอบว่า “เหมือนเพราะ วิทยาศาสตร์ได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และเพื่อศึกษาทางด้านต่าง ๆ เช่น การสร้างยานอวกาศไปดวงจันทร์” นักเรียนที่เหลือจำนวน 29 คน (ร้อยละ 85.3) อยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วน เมื่อจัดกลุ่มคำตอบแล้วพบว่า มีนักเรียนทั้งกลุ่มที่ตอบในแง่ของความเหมือนและความต่าง ซึ่งกลุ่มที่ตอบว่า เหมือนนั้นให้เหตุผลว่าเหมือนกันในลักษณะที่มีความเจริญก้าวหน้า และมีการพัฒนาเหมือนกัน จำนวน 3 คน (ร้อยละ 8.8) และกลุ่มที่ให้เหตุผลว่าวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของการสร้างเทคโนโลยี ซึ่งในกลุ่มนี้มีทั้งที่คนตอบว่าเหมือนกัน 10 คน (ร้อยละ 29.4) และคนที่ตอบว่าต่างกัน 4 คน (ร้อยละ 11.8) เช่น นักเรียน รหัส B02 ตอบว่า “ต่างกัน เพราะเทคโนโลยีคือสิ่งต่อยอดจากวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่าง เช่น อิเล็กตรอนกับหลอดไฟ ที่หลอดไฟมีไฟสว่างเพราะใช้ความรู้เรื่องอิเล็กตรอนเข้ามาช่วย ซึ่งถึงแม้จะมีความรู้เรื่องอิเล็กตรอนเหมือนกันแต่การนำมาใช้ต่างกัน” ซึ่งนักเรียนมองในมุมมองที่เทคโนโลยีต้องพึ่งพาวิทยาศาสตร์เหมือนกัน แต่เนื่องจากนักเรียนในไม่ได้ให้ความหมายหรืออธิบายว่าเทคโนโลยีนั้นคือสิ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาหรืออำนวยความสะดวกซึ่งต่างจากวิทยาศาสตร์ที่เป็นการศึกษาหรือแสวงหาความรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ นักเรียนจึงถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วนเท่านั้น ส่วนนักเรียนอีก 7 คน (ร้อยละ 20.6) เป็นกลุ่มที่บอกได้ว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างกัน สามารถบอกความสัมพันธ์ของทั้งสองสิ่งได้ แต่ให้ความหมายของทั้งสองคำยังไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ และมีนักเรียน 2 คน (ร้อยละ 5.9) อยู่ในกลุ่มที่ให้ความหมายของเทคโนโลยีได้ แต่ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง

เมื่อพิจารณาความเข้าใจหลังเรียนพบว่าไม่มีนักเรียนคนใดเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นสิ่งเดียวกันเหมือนกับก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 29 คน (85.3) ยังคงอยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วน ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มที่ตอบได้ว่า กลุ่มที่ตอบว่าต่างกัน บอกความสัมพันธ์ของทั้งสองสิ่งได้ ให้ความหมายของเทคโนโลยีได้ แต่ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ จำนวน 25 คน (ร้อยละ 73.5) เช่น นักเรียนรหัส B22 ตอบว่า “ต่างกัน วิทยาศาสตร์ คือ การค้นหาความจริง เทคโนโลยีคือสิ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อความสะดวกสบาย วิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยีเชื่อมโยงกัน วิทยาศาสตร์นำมาพัฒนาเทคโนโลยี ส่วนเทคโนโลยีนำมาพัฒนาวิทยาศาสตร์ เช่น นักวิทยาศาสตร์ศึกษาเรื่องวงจรไฟฟ้า ทำให้ไปเกิดเป็นเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์ก็ช่วยให้วิทยาศาสตร์ทำงานสะดวก

สบายมากขึ้น” เห็นได้ว่านักเรียนให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ยังไม่ถูกต้อง แต่นักเรียนสามารถอธิบายถึงความแตกต่างได้ ส่วนนักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งจำนวน 4 คน (ร้อยละ 11.8) ที่อยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วน ตอบได้ว่า ต่างกัน บอกความสัมพันธ์ของทั้งสองสิ่งได้แต่ให้ความหมายของทั้งสองคำไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ เช่น นักเรียน B01 ตอบว่า “ ต่างกัน วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ แต่เทคโนโลยี คือ นำวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ เกี่ยวข้องกันคือเทคโนโลยีอาจต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการที่มีเทคโนโลยีใหม่ ๆ อาจจะทำให้เกิดอุปกรณ์ นำไปใช้พัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น” จะเห็นได้ว่านักเรียนในกลุ่มนี้ให้ความหมายของเทคโนโลยียังไม่ถูกต้องด้วย เนื่องจากไม่ได้อธิบายว่าเทคโนโลยีนั้นคือสิ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาหรืออำนวยความสะดวก อย่างไรก็ตาม มีนักเรียนจำนวน 5 คน (ร้อยละ 14.7) เข้าใจถูกต้องในประเด็นนี้ ซึ่งสามารถให้ความหมายของคำว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ และสามารถยกตัวอย่างได้

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประเด็นที่ 5 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน แต่ไม่ใช่สิ่งเดียวกัน

1) ต้องอภิปรายให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในแง่ต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นต่างกัน

ผู้วิจัยพบว่าหากต้องการให้นักเรียนทราบว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่ใช่สิ่งเดียวกัน ต้องทำให้นักเรียนเห็นว่าทั้งสองสิ่งนี้มีความสัมพันธ์กันหรือมีผลกระทบซึ่งกันและกัน โดยอภิปรายประเด็นที่เทคโนโลยีช่วยทำให้ค้นพบข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมา ส่วนวิทยาศาสตร์ก็อาจจะทำให้นำข้อความรู้ไปพัฒนาเทคโนโลยีได้ เช่น อภิปรายกับนักเรียนในช่วงที่เสนอวีดิทัศน์ที่มีการใช้เทคโนโลยีในการสำรวจและขุดเจาะน้ำมัน ที่วิทยาศาสตร์ทำให้เกิดเทคโนโลยีการผลิตอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจและขุดเจาะน้ำมัน ส่วนการใช้เทคโนโลยีการวัดคลื่นไหวสะเทือนแบบ 3 มิติ ทำให้ได้ข้อมูลมาคำนวณหาความหนาของชั้นหิน ข้อมูลจะแสดงถึงตำแหน่งและรูปร่างลักษณะของหินที่พบ ซึ่งเป็นการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ควรอภิปรายกับนักเรียนให้เห็นถึงช่วงเวลาที่ไม่มีเทคโนโลยี เพื่อให้เข้าใจความหมายของเทคโนโลยี เพราะนักเรียนจะเห็นถึงการแก้ปัญหา การทำบางสิ่งบางอย่างเพื่อเอาตัวรอด การพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายมากขึ้น

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวม

จากข้อค้นพบในแต่ละประเด็น ผู้วิจัยได้นำมาพิจารณาความสอดคล้องและสรุปเป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ว่า ควรจัดกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมและสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจออกมาได้อย่างชัดเจน และกิจกรรมนั้นควรดึงดูดหรือน่าสนใจ นักเรียนจึงจะจดจ่ออยู่กับกิจกรรมที่ทำ ไม่ว่าจะเป็นการทดลองที่อาจจะต้องมีความแปลกใหม่หรือทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ หากไม่ได้ทำการทดลองการใช้วีดิทัศน์เป็นสื่อในการอภิปรายก็ควรเป็นวีดิทัศน์ที่มีความน่าสนใจ อาจเป็นคลิปการทดลองที่น่าตื่นเต้น หรือเหตุการณ์ใกล้ตัวของนักเรียน ซึ่งจะทำให้สามารถสอดแทรกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปได้อย่างแนบเนียน และควรสร้างบรรยากาศที่ดีในการร่วมกันอภิปรายให้นักเรียนอยากที่จะแสดงความคิดเห็นหรือสนใจฟังเพื่อน โดยอาจใช้การแข่งขันกันตอบคำถามหรือการทำให้เกิดความคิดเห็นที่ไม่ตรงกัน ซึ่งจะทำให้มีบรรยากาศของการโต้แย้ง นอกจากนี้ควรมีการยกตัวอย่างเพิ่มเติมทั้งที่มาจากครูและนักเรียนเอง ทำให้เพื่อนได้พิจารณาคำตอบ และครูสามารถประเมินความเข้าใจได้ และสิ่งสำคัญในการอภิปรายอีกสิ่งหนึ่ง คือ การใช้คำถามของครูที่ต้องรู้จักใช้คำถามที่ชักไช้ไล่เลียงและรู้จักการรอคอยคำตอบ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา โดยเฉพาะในประเด็นวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความเชื่อ ค่านิยม วัฒนธรรม และสังคมที่นักวิทยาศาสตร์อาศัยอยู่ เป็นประเด็นที่สามารถนำเรื่องราวใกล้ตัวหรือสิ่งที่เกิดขึ้นในสังคมมาให้นักเรียนร่วมอภิปราย ทำให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจได้ไม่ยากนัก ดังที่ สุทธิดา นฤมล พรทิพย์ [5] ได้กล่าวไว้ว่า การนำประเด็นที่เป็นที่สนใจของสังคมมาบูรณาการเข้ากับการเรียนการสอน สามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น ส่วนในประเด็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว กิจกรรมต้องมีการอภิปรายที่ชัดเจนเกี่ยวกับขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มซึ่งทำการทดลองต่างกันได้พิจารณาขั้นตอนของตนเอง และเมื่อได้อภิปรายร่วมกันระหว่างผู้วิจัยกับนักเรียนพร้อมกับยกตัวอย่างเพิ่มเติม ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจได้

ประเด็นที่นักเรียนยังพัฒนาความเข้าใจได้ไม่มาก ได้แก่ ประเด็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน แต่ไม่ใช่สิ่งเดียวกัน นักเรียนส่วนใหญ่ยังอยู่ในกลุ่มเข้าใจบางส่วนเท่านั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ กาญจนา [13] ทัศนี [14] เนื่องจากนักเรียนในกลุ่มที่ทำวิจัยนี้ยังเข้าใจความหมายของวิทยาศาสตร์ไม่ชัดเจน อาจเนื่องมาจากกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำยังไม่สามารถทำให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจถึงความหมายของคำว่าวิทยาศาสตร์ออกมาได้ด้วยตัวเอง และเมื่อผู้วิจัยพยายามจะบอกสิ่งที่ถูกต้องออกไป นั่นแปลว่าความเข้าใจนั้นไม่ได้เกิดขึ้นมาจากตัวนักเรียนเอง นักเรียนจึงไม่สามารถพัฒนาความเข้าใจได้ ดังที่ Schwartz and Lederman [15] Khishfe and Abd-El-Khalick [7] ให้ความเห็นว่า การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จากการให้ข้อมูลบรรยายของครู (didactic) โดยไม่ได้จัดกิจกรรมให้นักเรียน ไม่สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ แม้ว่าในกรณีของผู้วิจัยได้มีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนก็ตาม แต่กิจกรรมนั้นไม่สามารถทำให้นักเรียนแสดงความเข้าใจออกมาได้ จึงคล้ายกับว่าผู้วิจัยได้บรรยายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ให้นักเรียนฟังออกไปตรง ๆ ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุหลักของการพัฒนาความเข้าใจได้ไม่มาก

อย่างไรก็ตาม การจัดกิจกรรมโดยภาพรวมในครั้งนี้ สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น แม้บางประเด็นจะยังพัฒนาได้ไม่มากนัก แต่ก็เป็นการสนับสนุนงานวิจัยที่ผ่านมาว่า การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดนั้นสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ [7, 8, 13, 16] และสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้การสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผนวกกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ซึ่งที่ผ่านมายังมีงานวิจัยในประเทศไทยจำนวนน้อยชิ้นที่พัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ร่วมไปกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ใช้สอน ดังนั้น การนำเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีและเรื่องปิโตรเลียมที่ผู้วิจัยต้องสอนอยู่แล้วมาพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน และแสวงหาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม จึงเป็นการช่วยเติมเต็มช่องว่างของงานวิจัยที่เกิดขึ้น และผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถร่วมไปกับเนื้อหาที่สอนได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. American Association for the Advancement of Science [AAAS]. Science for all Americans. New York: Oxford University; 1990.

2. National Research Council [NRC]. Inquiry and the National Science Education Standard: A Guide forTeaching and Learning. Washington, DC: National Academy Press; 1996.
3. Driver R, Leach J, Miller Scott P. Young Peoples Images of Science. Pennsylvania, Bristol: Open University Press; 1996.
4. McComas WF. (Ed.). The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 1998.
5. Chamrat S, Yutakhom N, Chaiso P. Grade 10 Science Students' Understanding of the Nature of Science. KKU Res J. 2009; 14(4): 360-374.
6. Ladachart L, Suttakun L. Exploring and Developing Tenth-Grade Students' Understandings of Nature of Science. Princess of Naradhiwas University Journal. 2011; 4(2): 73-90.
7. Khishfe R, Abd-El-Khalick F. Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders views of nature of science. Journal of Research in Science Teaching. 2002; 39 (7): 551-578-496.
8. Abd-El-Khalick F, Lederman NG. The Influence of History of Science Courses on Student Views of Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching. 2000; 37(10): 1057-1095.
9. Khishfe R, Lederman NG. Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. Journal of Research in Science Teaching. 2006; 43(4): 377 – 394.
10. Bureau of Academic Affairs and Educational Standards. Workshop Manual for Developing Elementary Science Teachers' Teaching Practice of the Nature of Science and Technology. Bangkok: Aksornthai; 2012
11. McComas WF. Keys to Teaching the Nature of Science. The Science Teacher. 2004; 71(9): 24-27
12. Lederman NG, Abd-El-Khalick F, Bell RL, Schwartz RS. Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. Journal of Research in Science Teaching. 2002; 39(6): 497–521.
13. Mahalee K. The Development of seven Grade Students' Understandings of Nature of Science through Reflective Explicit Instructional Approach. Master of Education (Science Education). Kasetsart University. 2010
14. Putnok T. The Study on Explicit Inquiry Approach to the Development of Understanding the Nature of Science and Attitude Toward Science of Grade 5 Students. Master of Education (Science Education). Kasetsart University. 2013

15. Schwartz RS, Lederman NG. "Its' the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. Journal of Research in Science Teaching. 2002; 39(3): 205–236.

16. Khishfe R. The Development of Seventh Graders' Views of Nature of Science. Journal of research in science teaching. 2008; 45 (4): 470–496.

ตารางที่ 1 จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นทั้งก่อนและหลังเรียน (n=34)

ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจำนวน 34 คน (ร้อยละ)					
	เข้าใจถูกต้อง		เข้าใจบางส่วน		เข้าใจคลาดเคลื่อน	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้	6 (17.6)	25 (73.5)	7 (20.6)	6 (17.6)	21 (61.8)	3 (8.8)
2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์	1 (2.9)	16 (47.1)	27 (79.4)	18 (52.9)	27 (79.4)	18 (52.9)
3. วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความเชื่อ ค่านิยม วัฒนธรรม และสังคมที่นักวิทยาศาสตร์อาศัยอยู่	2 (5.9)	27 (79.4)	8 (23.5)	5 (14.7)	24 (70.6)	2 (5.9)
4. วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงวิธีหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้หาคำตอบ ซึ่งไม่มีขั้นตอนตายตัว						
4.1 วิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลายวิธี	19 (55.9)	29 (85.3)	4 (11.8)	3 (8.8)	11 (32.3)	2 (5.9)
4.2 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอน ตายตัวในการหาคำตอบ	1 (2.9)	20 (58.8)	12 (35.3)	11 (32.3)	21 (61.8)	3 (8.8)
5. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันแต่ไม่ใช่สิ่งเดียวกัน	0 (0)	5 (14.7)	29 (85.3)	29 (85.3)	5 (14.7)	0 (0)