การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการอภิปรายสะท้อนความคิดเรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

พิมพ์พิรัญ ปัญโญ[1] และชาตรี ฝ่ายคำตา[2*]

[1]หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา และ [2]ภาควิชาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900
[*]E-mail: chatreechem@yahoo.com

รับบทความ: 12 กุมภาพันธ์ 2559 ยอมรับตีพิมพ์: 25 มิถุนายน 2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบชัด-แจ้งร่วมกับการอภิปรายสะท้อนความคิด ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกหลังการสอน อนุทินบันทึกการเรียนรู้ ใบงานและใบกิจกรรม และแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนร่วมกับแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทุกประเด็น โดยเฉพาะประเด็นกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี คือ การบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในแต่ละเนื้อหาอย่างสอดคล้องเหมาะสม การกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายสะท้อนความคิดด้วยกิจกรรมที่น่าสนใจและมีการประเมินความเข้าใจร่วมกันผ่านการอภิปรายโต้แย้ง

คำสำคัญ: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การสอนแบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

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

Pimpiran Panyo[1] and Chatree Faikhamta[2*]

[1]Master Degree in Science Education, Science Education Division, and [2]Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkhen, Bangkok 10900, Thailand

*E-mail: chatreechem@yahoo.com

Received: 12 February 2016 Accepted: 25 June 2016

Abstract

This action research aimed to investigate the effective ways to teach nature of science (NOS) by using explicit and reflective approach integrated in the topic of solid, liquid and gas, as well as to develop grade-11 students' understanding of the nature of science. Data were collected through teacher reflective journals, students' reflective journals, worksheets and pre-post open-ended questionnaire with semi-structured interviews. The findings indicated that explicit-reflective teaching approach integrated NOS into the unit of solid, liquid and gas can improve students' understanding of all NOS aspects, particularly the law and theory aspect. The effective ways to develop students' understandings of the nature of science are using explicit-reflective teaching methods with harmonious integration of NOS into the specific chemistry concepts; encouraging students to express their ideas from interesting activities, and assessing their ideas with argumentation.

Keywords: Nature of science, Explicit and reflective approach

บทนำ

การพัฒนาความเข้าใจในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายหนึ่งของการสร้างบุคคลให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง องค์กรการศึกษาต่าง ๆ จึงได้บรรจุธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไว้ในหลักสูตรระดับชาติทั้งไทยและต่างประเทศ ดังนั้นในการจัดการเรียนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงต้องบูรณาการความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วย เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเข้าใจความหมาย ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ มีความเป็นเหตุเป็นผลในเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะคิดวิเคราะห์ ตัดสินใจปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ (NRC, 1996) อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร อีกทั้ง

นักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่มาก เช่น กฎทางวิทยาศาสตร์น่าเชื่อถือมากกว่าทฤษฎี กฎเปลี่ยนแปลงไม่ได้ ทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้ (Akerson et al., 2000; Chamrat et al., 2009; McComas, 1998) วิทยาศาสตร์ไม่ใช้จินตนาการ เพราะการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นต้องเชื่อถือในหลักฐานเชิงประจักษ์ (Khishfe, 2008)

จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยซึ่งเป็นนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู มีความสนใจที่จะพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของนักเรียนที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ฝึกสอน โดยพิจารณาเลือกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากการสังเคราะห์เอกสารหลักสูตรและงานวิจัยต่าง ๆ (AAAS, 1990; Lederman, 1992; NRC, 1996; NSTA, 2000) โดยเลือกประเด็นจากการพิจารณาประเด็นที่นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนร่วมกับความสอดคล้องกับเนื้อหาเรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งทำให้ได้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการศึกษาทั้งหมด 5 ประเด็น ได้แก่ กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่แตกต่างกัน วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์ การสังเกตและการลงความเห็นแตกต่างกัน จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ใช้ในทุกขั้นตอนของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์แตกต่างกันแต่สัมพันธ์กัน ซึ่งเมื่อวัดความเข้าใจของนักเรียนทั้ง 5 ประเด็นแล้ว พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจไม่เพียงพอและคลาดเคลื่อนในหลายประเด็น และจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ พบว่า การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการอภิปรายสะท้อนความคิด (explicit and reflective approach) เป็นวิธีสอนที่มีประสิทธิภาพและช่วยส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (Akerson et al., 2000; Schwartz et al., 2004) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาแนวทางการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนร่วมกับการอภิปรายสะท้อนความคิด บูรณาการประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้จัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน ผลที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลและเป็นแนวทางในการออกแบบและการดำเนินการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ประสบผลสำเร็จและมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง (IPST, 2008)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการอภิปรายสะท้อนความคิด ผนวกเข้ากับเนื้อหาเรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ที่สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้

2. เพื่อศึกษาว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างไร เมื่อผ่านจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการอภิปรายสะท้อนความคิดที่บูรณาการเข้ากับเนื้อหาเรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพที่มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติการสอนของผู้วิจัย (ครูผู้สอน) จากปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนซึ่งอาจเกิดเนื่องมาจากนักเรียนหรือตัวครูผู้สอน โดยปฏิบัติเป็นขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (plan) ขั้นปฏิบัติ (act) ขั้นสังเกต (observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (reflect) วิเคราะห์ข้อมูลและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับประสบการณ์และการสอนของตนเอง นำไปสู่การแก้ไขปัญหาในชั้นเรียนในขั้นวางแผนในวงจรใหม่ (plan) อีกครั้ง และทำตามวงจรไปในลักษณะนี้ในทุกๆ แผนการสอน (Altrichter et al., 2002)

บริบทนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี จำนวน 1 ห้องเรียน เป็นนักเรียนหญิงทั้งหมด 30 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในงานวิจัยประกอบด้วย แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนที่พัฒนามาจาก VNOS – C (Akerson et al., 2000) ร่วมกับแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ประเด็นในเชิงลึก แบบบันทึกหลังสอนของผู้วิจัย อนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ใบงานและใบกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเครื่องมือทั้งหมดได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและความตรงเชิงเนื้อหาและภาษาจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้ใช้วิธีการตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ อภิปรายแสดงความเห็นและสรุปร่วมกัน

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อ 1 ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ โดยการวางแผนการสอน ปฏิบัติการสอน และเก็บรวบรวมข้อมูลในบันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย อนุทินบันทึกการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน ใบงานและใบกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ และนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาผลที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน วิเคราะห์และสะท้อนผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเป็นการประเมินสิ่งที่ได้จากการปฏิบัติจริงทั้งหมดในแต่ละแผน ทั้งสิ่งที่ปฏิบัติแล้วเกิดผลดีผลเสีย พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้ได้เป็นข้อความรู้หรือแนวทางในการปฏิบัติเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ในคาบเรียนต่อไปจนครบทั้ง 11 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งรวมเป็น 11 วงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการ

เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนทำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนร่วมกับการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงลึกแล้วนำข้อมูลที่ได้มาตีความ วิเคราะห์พิจารณาเปรียบเทียบร่วมกับข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย ใบงานหรือใบกิจกรรมและอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนและจัดจำแนกผู้เรียนออกเป็นกลุ่มตามความ

สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสังเคราะห์เอกสารหลักสูตรและงานวิจัยต่าง ๆ (AAAS, 1990; Lederman, 1992; NRC, 1996; NSTA, 2000)

การวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกหลังสอน พิจารณาร่วมกับข้อมูลที่ได้จากอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน และใบงานหรือใบกิจกรรมต่าง ๆ ที่ได้จากการปฏิบัติจริงในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดทั้ง 5 ประเด็น ในเนื้อหารายวิชาเคมี หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส รวมทั้งหมด 11 แผน มาวิเคราะห์เนื้อหาโดยการตีความเพื่อหารูปแบบและข้อสรุปแบบอุปนัย (inductive analysis) ซึ่งพิจารณาจากรายละเอียดในคำตอบของนักเรียน แยกรูปแบบคำตอบที่มีความหมายในเชิงคล้ายกัน แตกต่างกันออกเป็นกลุ่มย่อย นำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุปของรูปแบบคำตอบนักเรียนในภาพรวม และสะท้อนผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แนวทางในปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนการสอนของฉันในแต่ละคาบเรียนเพื่อเป็นการประเมินสิ่งที่ได้จากการปฏิบัติจริงทั้งหมดในแต่ละแผนให้ได้มาซึ่งวิธีการและแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ประเด็นและหาลักษณะร่วมของแนวทางปฏิบัติจริงที่ดี (best practice) ของทั้ง 5 ประเด็น เพื่อให้ได้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในภาพรวม โดยข้อมูลทั้งหมดได้รับตรวจสอบความถูกต้อง (validity) จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 4 ท่าน

เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในช่วงก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ร่วมกับแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อทำการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ประเด็นในเชิงลึก พิจารณาร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการตอบและอภิปรายของนักเรียนในชั้นเรียนแบบบันทึกหลังการสอนของฉัน อนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ใบงานและใบกิจกรรมของนักเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา โดยกำหนดรหัสของนักเรียน เช่น รหัส Z2208 หมายถึง คำตอบในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังเรียน (Z) ของนักเรียนคนที่ 8 จากนั้นขีดเส้นใต้ข้อความในคำตอบของนักเรียนที่สัมพันธ์กับลักษณะเฉพาะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แล้วตีความและเปรียบเทียบความหมายของข้อความเหล่านั้นเพื่อที่จะจัดกลุ่มข้อความคำตอบที่มีความหมายคล้ายคลึงกัน แล้วพิจารณาความสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ตามกรอบที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์จากเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ และจัดจำแนกกลุ่มคำตอบความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในระดับต่าง ๆ ออกเป็น 3 กลุ่ม ดัดแปลงจาก Schwartz et al. (2002) ดังนี้ กลุ่มเข้าใจถูกต้อง (informed views) คือ นักเรียนที่สามารถอธิบายถึงลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมติประชาคมนักวิทยาศาสตร์และมีการยกตัวอย่างอธิบายประกอบอย่างชัดเจน กลุ่มเข้าใจบางส่วน (transitional views) คือ นักเรียนที่สามารถอธิบายถึงลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมติประชาคมนักวิทยาศาสตร์บางส่วนหรือมีบางส่วนคลาดเคลื่อนจากมติประชาคมวิทยาศาสตร์

กลุ่มเข้าใจคลาดเคลื่อน (naive views) คือ นักเรียนที่สามารถอธิบายถึงลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่สอดคล้องตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดได้รับการตรวจสอบความถูกต้อง (validity) และความเชื่อมั่น (trustworthiness) ของการตีความวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ (triangulation)

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นมากในทุกประเด็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ดังในตาราง 1 ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอผลการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเปรียบเทียบช่วงก่อน – หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการบรรยายร่วมกับแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แยกในแต่ละประเด็นและในส่วนสุดท้ายจะเป็นการนำเสนอแนวทางการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวม ดังต่อไปนี้

ตาราง 1 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 5 ประเด็น

(N=30)

ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	จำนวน (ร้อยละ) ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน					
	เข้าใจถูกต้อง		เข้าใจบางส่วน		เข้าใจคลาดเคลื่อน	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
กฎและทฤษฎี	0	93 (28)	0	7 (2)	100 (30)	0
หลักฐานเชิงประจักษ์	0	100 (30)	70 (21)	0	30 (9)	0
สังเกตและลงความเห็น	0	90 (27)	80 (24)	10 (3)	20 (6)	0
จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์	0	90 (27)	100 (30)	10 (3)	0	0
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	0	100 (30)	100 (30)	0	0	0

ประเด็นที่ 1 กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน

ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

จากคำถามที่ว่า “กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คืออะไร จงอธิบายเหตุผลพร้อมยกตัวอย่างประกอบและนักเรียนคิดว่ากฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มีความเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อธิบายเหตุผลว่าทำไมจึงคิดเช่นนั้น” และคำถามที่สัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพิ่มเติมที่ว่า “นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งค้นพบว่า ถ้าระยะห่างจากดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น คาบวงโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ก็จะเพิ่มขึ้น นักเรียนคิดว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์คนนี้ค้นพบ เป็นกฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เพราะเหตุใด” ผลการวิจัยพบว่า ในช่วงก่อนจัดการเรียนรู้ นักเรียนทั้งหมด ร้อยละ 100 (30 คน) มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน ภายหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า

นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 93 และนักเรียนอีกส่วนหนึ่ง (ร้อยละ 7) มีความเข้าใจบางส่วน โดยหากพิจารณาในช่วงก่อนเรียนพบว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด (12 คน) เป็นมุมมองเกี่ยวกับกฎทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกกำหนดไว้แล้วต้องทำตาม ส่วนทฤษฎีเป็นหลักหรือข้อสรุปเพื่อให้คนทำตาม เปลี่ยนแปลงแก้ไขได้หากมีการพิสูจน์ใหม่ ในขณะที่นักเรียนอีกส่วนหนึ่ง (8 คน) มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า กฎคือ สิ่งที่พิสูจน์ได้ ตายตัวแล้วไม่สามารถแก้ไขได้ ส่วนทฤษฎีนั้นไม่สามารถพิสูจน์ได้ จึงอาจได้รับการยอมรับหรือไม่ยอมรับก็ได้ นอกจากนี้ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในรูปแบบอื่น ๆ ที่แตกต่างกันไป เช่น กฎเปลี่ยนแปลงได้ ส่วนทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (4 คน) กฎคือทฤษฎีที่ผ่านการพิสูจน์แล้วและตายตัว ส่วนทฤษฎียังเป็นความรู้ที่ยังไม่ถูกยอมรับให้เปลี่ยนเป็นกฎ (3 คน) กฎเป็นกฎเกณฑ์ทางสังคมเป็นสิ่งที่ต้องปฏิบัติตาม ส่วนทฤษฎีเป็นความคิดส่วนบุคคลใครจะทำตามหรือไม่ก็ได้ (2 คน) กฎเป็นเพียงแค่หลักการหนึ่ง ๆ ที่มีคนพิสูจน์ขึ้นว่าจริง แต่ยังไม่ได้รับการยอมรับ แต่ทฤษฎีคือ กฎที่ได้รับการยอมรับ (1 คน) ยกตัวอย่างคำตอบของนักเรียนรหัส A0105 “กฎเป็นเพียงแค่หลักการหนึ่ง ๆ ที่มีคนพิสูจน์ขึ้นว่าจริง แต่ยังไม่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไป เช่น กฎสัดส่วนคงที่ แต่ทฤษฎีคือกฎที่ได้รับการยอมรับ เช่น แรงโน้มถ่วงโลกโดยทั่วไป”

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ถึงร้อยละ 93 โดยที่นักเรียนสามารถอธิบายความหมายและหน้าที่ที่แตกต่างของกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ รวมทั้งสามารถแบ่งประเภทและยกตัวอย่างกฎและทฤษฎีได้อย่างชัดเจน ยกตัวอย่างคำตอบของนักเรียนรหัส Z24 “กฎทางวิทยาศาสตร์ คือ สิ่งที่ได้มาจากการสังเกต เป็นความสัมพันธ์ของสิ่ง 2 สิ่งนั้น เช่น กฎของชาร์ล หาก P คงที่ T เพิ่ม V เพิ่ม เมื่อ T ลด V ลด แต่ทฤษฎี คือ สิ่งที่ใช้อธิบายว่าความสัมพันธ์นั้นเกิดขึ้นเพราะอะไร เช่น เมื่อระยะห่างจากดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น คาบโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้น เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ หากเป็นทฤษฎีต้องอธิบายว่า ทำไมคาบถึงเพิ่ม และนักเรียนอีกร้อยละ 7 เข้าใจบางส่วน เนื่องจากไม่สามารถอธิบายหน้าที่ทฤษฎีได้”

แนวทางการจัดการเรียนรู้กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

1. การใช้คำถามปลายเปิดในการถามซักไซ้ไล่เลียงเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจลักษณะและความแตกต่างของกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยพบว่า การใช้คำถามปลายเปิดทำให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์เกิดการตกผลึกความคิดแล้ว สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะ หน้าที่รวมไปถึงข้อแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยใช้คำถามปลายเปิดตลอดระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างเหตุการณ์ให้นักเรียนต้องบรรยายหรืออธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรทางวิทยาศาสตร์โดยเน้นรูปแบบของคำถามว่า “อย่างไร” เช่น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลความดันอย่างไร ดังนั้นตัวแปรทั้งสองสัมพันธ์กันอย่างไร เพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่า

รูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งสองสิ่งขึ้นไป คือ กฎทางวิทยาศาสตร์และคำถามปลายเปิดที่จะนำมาสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์จะเป็นคำถามที่มีรูปแบบของคำถามว่า “ทำไม เพราะเหตุใด เพราะอะไร” เพื่อให้นักเรียนพยายามสร้างคำอธิบายความสัมพันธ์นั้น ๆ เช่น เพราะเหตุใดเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความดันจึงเพิ่มขึ้น

2. การจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนสังเกตแล้วหารูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งที่สังเกตหรือตัวแปรเพื่อให้ได้มาซึ่งกฎทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยพบว่า หากต้องการให้นักเรียนเข้าใจถึงรูปแบบและลักษณะของกฎทางวิทยาศาสตร์ต้องจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ใช้การสังเกตเพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งที่สังเกตหรือตัวแปรแล้วสรุปความสัมพันธ์ที่ได้ให้อยู่ในรูปของการบรรยายโดยใช้ภาษาหรือสมการทางคณิตศาสตร์ โดยอาจทำการสังเกตจากกิจกรรมการทดลองที่ตนเองได้ลงมือปฏิบัติจริง สังเกตจากสื่อวีดิทัศน์หรือสังเกตจากลักษณะของกฎทางวิทยาศาสตร์หลาย ๆ ตัวอย่างแล้วอธิบายรูปแบบลักษณะของกฎทางวิทยาศาสตร์ เช่น การจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นขณะทำการทดลอง เช่น เมื่อโมลคงที่ หากเพิ่มอุณหภูมิของแก๊สจะทำให้ปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้นแล้วให้นักเรียนหาความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อนำไปสู่การสรุปรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่อไป เช่น ความดันของแก๊สแปรผันตรงกับและอุณหภูมิของแก๊ส ซึ่งก็คือกฎทางวิทยาศาสตร์ ที่เรียกว่า กฎของชาร์ล

3. กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ระดมความคิดและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่ออธิบายกฎทางวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมให้เข้าใจลักษณะและหน้าที่ของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยพบว่า เมื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกันเพื่อระดมความคิดและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเพื่อที่จะสร้างสิ่งที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรในกฎทางวิทยาศาสตร์ อาจอยู่ในรูปแบบของแบบจำลองในระดับจุลภาค เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพและสามารถเข้าใจพฤติกรรมของแก๊สที่เกิดขึ้น นอกจากนี้การเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่ออภิปรายร่วมกันจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจลักษณะรวมไปถึงหน้าที่ของสิ่งที่เป็นทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการอธิบายกฎทางวิทยาศาสตร์ไม่ว่าจะเป็นแบบจำลองในระดับจุลภาค การอธิบายแบบเป็นข้อความนั้นคือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ สร้างสิ่งที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรในกฎทางวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่าง เช่น การให้นักเรียนพยายามอธิบายความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อความดันของแก๊ส (กฎของชาร์ล) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้โมเลกุลของแก๊สมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น ความถี่ของการชนภาชนะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความดันเพิ่มขึ้น ซึ่งในเนื้อหาเรื่องนี้ก็คือ ทฤษฎีจลน์

ประเด็นที่ 2 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์

ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์

จากคำถามที่ว่า “นักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์คืออะไรและวิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากสาขาวิชาอื่นอย่างไร (เช่น ภาษาไทย ศาสนา ปรัชญา)” และ “นักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้อย่างไรว่า ความรู้ในทาง

วิทยาศาสตร์ถูกต้องและน่าเชื่อถือ” และคำถามที่สัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพิ่มเติมที่ว่า “สิ่งที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์คืออะไร ต่างจากสิ่งที่เป็นวิทยาศาสตร์อย่างไร” และ “มีนักวิทยาศาสตร์ค้นพบข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ว่าโมเลกุลของน้ำมีอีกรูปแบบหนึ่งคือ โมเลกุลเส้นตรง ซึ่งขนาดของโมเลกุลน้ำรูปแบบนี้จะเล็กลง ส่งผลให้ดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้ดีขึ้นทำให้เซลล์ชุ่มชื้นได้ดีกว่าน้ำธรรมดาทั่วไป ข้อความรู้นี้จะได้การยอมรับจากประชมคมนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ เพราะเหตุใด” จากผลการวิจัยพบว่า ในช่วงก่อนจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ นักเรียนร้อยละ 70 มีความเข้าใจบางส่วนสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ อีกร้อยละ 30 นั้นมีความเข้าใจในประเด็นนี้คลาดเคลื่อน ภายหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในประเด็นนี้ถูกต้องสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ทั้งหมด (ร้อยละ 100) เมื่อพิจารณาและตีความคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียดแล้ว พบว่า ในช่วงก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนยังมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอในบางมุมมอง (ร้อยละ 70) กล่าวคือ นักเรียนไม่สามารถอธิบายถึงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ความสำคัญต่อการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนส่วนใหญ่จะอธิบายในแง่มุมที่ว่าความรู้วิทยาศาสตร์ถูกต้องและน่าเชื่อถือเนื่องจากสามารถพิสูจน์ได้ ยืนยันได้ มีการทดลองซ้ำ ๆ หลายครั้ง (14 คน) ความรู้วิทยาศาสตร์มีวิธีการได้มาที่น่าเชื่อถือ ทำซ้ำหลายครั้งและผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (4 คน) และความรู้วิทยาศาสตร์น่าเชื่อถือเพราะมีเหตุผล มีการทดลองและไม่มีความรู้อื่น ๆ ที่สามารถแย้งได้ในตอนนั้น (3 คน) ยกตัวอย่างคำตอบของนักเรียนรหัส A06 “วิทยาศาสตร์คือศาสตร์แห่งความรู้แขนงหนึ่งซึ่งได้มาจากการพิสูจน์และทดลองแน่นอน น่าเชื่อถือเพราะ ผ่านกระบวนการทดลองมาแล้วซ้ำ ๆ จนกระทั่งได้ผลลัพธ์ที่เหมือนกันมากที่สุด” ในส่วนของนักเรียนที่มีความเข้าใจในประเด็นนี้คลาดเคลื่อน (ร้อยละ 30) สามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ นักเรียนเข้าใจว่าความรู้วิทยาศาสตร์น่าเชื่อถือเนื่องจากมีการอ้างอิงจากทฤษฎีของคนรุ่นก่อนและทฤษฎีอื่น ๆ (4 คน) วิทยาศาสตร์น่าเชื่อถือเพราะได้รับการยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่น (3 คน) ความน่าเชื่อถือขึ้นอยู่กับผู้ค้นพบข้อความรู้นั้นอยู่ในสถานการณ์และลงมือทำจริง (2 คน) ยกตัวอย่างคำตอบของนักเรียนรหัส A19 “นักวิทยาศาสตร์แน่ใจ เพราะเขาลองผิดลองถูกกับการทดลองของเขามาหลายครั้ง อีกทั้งสิ่งที่เขาคิดยังมีนักวิทยาศาสตร์คนอื่นเห็นพ้องหรือคล้อยตามกัน ยิ่งทำให้น่าเชื่อถือและถูกต้อง นักวิทยาศาสตร์ด้วยกันเองยังเชื่อถือ”

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยหลังเรียน พบว่า นักเรียนทั้งหมดร้อยละ 100 มีความเข้าใจถูกต้องโดยสามารถอธิบายได้ถึงความสำคัญของหลักฐานกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้ชัดเจน ยกตัวอย่างคำตอบของนักเรียนรหัส Z17 “ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องและน่าเชื่อถือเพราะได้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาแล้ว มีหลักฐานที่ใช้ในการยืนยันข้อความรู้ นอกจากนี้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังต้องผ่านการพิสูจน์มาหลาย ๆ ครั้งจนแน่ใจและได้ผลอย่างแน่นอน จึงจะสร้างข้อความรู้ได้”

แนวทางการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์

1. การสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจและใช้คำถามกระตุ้นเพื่อเปิดประเด็นอภิปรายโต้แย้ง

และทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของหลักฐานต่อการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยพบว่า การสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจและใช้คำถามกระตุ้นเพื่อเปิดประเด็นอภิปรายโต้แย้งช่วยให้นักเรียนฉุกคิดและตระหนักในเรื่องของหลักฐานเป็นสิ่งสำคัญ โดยอาจหยิบยกเหตุการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวัน หรือจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือเสาะแสวงหาหลักฐานต่าง ๆ มาเพื่อยืนยันความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ ร่วมกับการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปรายโต้แย้ง พร้อมให้แรงเสริมเพื่อให้นักเรียนกล้าที่จะสะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับความสำคัญของหลักฐานเชิงประจักษ์ รวมถึงกล้าที่จะอภิปรายโต้แย้งเชิงเหตุผลร่วมกันในชั้นเรียน เช่น การจัดการเรียนรู้เรื่องการเดือดของเหลว โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานว่า “น้ำกับกลีเซอรอล จุดเดือดของสารไหนจะสูงกว่ากัน” และใช้โอกาสนี้เพื่อเปิดประเด็นให้นักเรียนได้อภิปรายโต้แย้งชั้นเรียนว่า “ทราบได้อย่างไรว่าสมมติฐานนั้นถูกต้อง” ซึ่งครั้งนี้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นร่วมกันและสามารถสรุปได้ว่า “ต้องหาหลักฐานมา ต้องเอาข้อมูลมายืนยันเอาหลักฐานมายืนยันให้ได้” และภายหลังการทำกิจกรรมก็เปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของหลักฐานเชิงประจักษ์ที่มีผลต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. การกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายและแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ประกอบการตัดสินใจเชื่อต่อความรู้ที่ได้มาจากการทดลองและการลงความเห็นร่วมกับการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ที่อยู่บนหลักการและเหตุผล

ผู้วิจัยพบว่า เมื่อนักเรียนได้ลงความเห็นใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ที่อยู่บนหลักการและเหตุผลแล้วต้องกระตุ้นให้นักเรียนแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ประกอบการตัดสินใจ เช่น หลังจากที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองระดับจุลภาคเพื่ออธิบายพฤติกรรมของแก๊ส (ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส) ผู้วิจัยได้เปิดประเด็นโดยใช้คำถามเพื่อกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนอภิปรายสะท้อนความเข้าใจว่า จากที่นักเรียนได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างแบบจำลองนั้น ข้อความรู้นี้จะน่าเชื่อถือหรือไม่ อย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักและเห็นความสำคัญของหลักฐานเชิงประจักษ์ที่มีต่อการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ประเด็นที่ 3 การสังเกตและการลงความเห็นแตกต่างกัน

ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการสังเกตและการลงความเห็นแตกต่างกัน

จากคำถามที่ว่า “นักเรียนคิดว่าการสังเกตและการลงความเห็น เหมือนหรือต่างกันอย่างไร จงอธิบายให้เหตุผลประกอบอย่างชัดเจน” และคำถามข้อที่ 2 เป็นคำถามในรูปแบบของการยกตัวอย่างรูปภาพเพื่อให้นักเรียนเขียนอธิบายสิ่งที่ได้จากการสังเกตและการลงความเห็นและเปรียบเทียบว่าการสังเกตและการลงความเห็นเหมือนหรือต่างกันอย่างไร ผลการวิจัยพบว่า ในช่วงก่อนจัดการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 80 มีความเข้าใจบางส่วนและอีกร้อยละ 20 มีความเข้าใจในประเด็นนี้คลาดเคลื่อน ภายหลังการจัดการเรียนรู้แล้วพบว่า นักเรียนที่มีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 90 และนักเรียนอีกส่วนหนึ่ง (ร้อยละ 10) มีความเข้าใจบางส่วน โดยหาก

ตีความคำตอบของนักเรียนโดยละเอียดแล้ว พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วนว่าการสังเกตและการลงความเห็นแตกต่างกัน โดยการสังเกตคือการใช้ประสาทรับรู้ทางตาในการมองเห็นเท่านั้น ไม่ได้อธิบายถึงการใช้ประสาทสัมผัสอื่น ๆ การลงความเห็น คือการที่ใส่ความคิดเห็น ความรู้สึกส่วนตัวลงไปในสิ่งที่ได้จากการสังเกต (15 คน) และอีกส่วนหนึ่ง (9 คน) เข้าใจคลาดเคลื่อนในส่วนของการลงความเห็นว่า เป็นการลงประชามติจากคนหลาย ๆ คนเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปที่เป็นเอกฉันท์ ดังนั้นความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มนี้จึงเข้าใจในประเด็นนี้เพียงบางส่วนเท่านั้น ยกตัวอย่างคำตอบของนักเรียนรหัส A22 “การสังเกตคือการที่เราเห็นมาจริงๆ ส่วนการลงความเห็นคือการนำสิ่งที่แต่ละคนคิดหรือเห็นมานำเสนอหรือประมวลผลกัน” นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนอีกร้อยละ 20 ที่มีความเข้าใจในประเด็นนี้คลาดเคลื่อน เนื่องจากเข้าใจว่าการสังเกตและการลงความเห็นเหมือนกันเพราะศึกษาสิ่งเดียวกัน (1 คน) การสังเกตเป็นการคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตได้ (2 คน) และการลงความเห็นเป็นการสังเกตปัญหาและคิดแนวทางในการแก้ปัญหาและข้อเสนอแนะ (3 คน) ยกตัวอย่างคำตอบของนักเรียนรหัส A30 ตอบว่า “ต่างกัน เพราะ การวิเคราะห์จากสิ่งที่เห็น แต่การลงความเห็น คือการที่เราวิเคราะห์เสร็จแล้วจึงแสดงความเห็นออกมา”

ในส่วนของผลการวิจัยหลังเรียนนั้น พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องในประเด็นนี้เพิ่มขึ้นสูงมากถึงร้อยละ 90 โดยที่นักเรียนสามารถตอบคำถามได้อย่างละเอียดถึงความหมาย ความแตกต่างของการสังเกตและการลงความเห็นพร้อมทั้งมีการยกตัวอย่างประกอบอย่างชัดเจน เช่น คำตอบของนักเรียนรหัส Z24 “การสังเกตเป็นการบอกลักษณะโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 (ตา หู จมูก ปาก สัมผัส) ไม่มีการใส่ความคิดเห็นส่วนตัวลงไป ส่วนการลงความเห็นนั้นเป็นการเอาสิ่งที่ได้จากการสังเกตมาตีความอีกที เช่น การสังเกตคือ ใบไม้มีสีเขียว การลงความเห็นคือ ใบไม้เป็นสีเขียวเพราะมีคลอโรฟิลล์ ส่วนนักเรียนอีกร้อยละ 10 เข้าใจบางส่วนเนื่องจากสับสนเกี่ยวกับระดับของการสังเกตโดยเข้าใจว่าการเปรียบเทียบสิ่งที่สังเกตได้เป็นการลงความเห็น ยกตัวอย่างคำตอบของนักเรียนรหัส Z12 “ของเหลวในบีกเกอร์ที่ 1 มีสีเข้มกว่าบีกเกอร์ที่ 2 นั้น เป็นการลงความเห็นไม่ใช่การสังเกต”

แนวทางการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการสังเกตและการลงความเห็นแตกต่างกัน

1. ฝึกให้นักเรียนได้สังเกตและลงความเห็นจากกิจกรรมหลากหลายรูปแบบเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจการสังเกตและการลงความเห็นในทุกมุมมอง

ผู้วิจัยพบว่า ประเด็นของการสังเกตและการลงความเห็นมีความซับซ้อนอยู่พอสมควร เพราะมีปัจจัยของประสบการณ์และความรู้เดิมของบุคคลนั้น ๆ มาเกี่ยวข้อง หากต้องการให้นักเรียนเข้าใจความแตกต่างของการสังเกตและการลงความเห็นได้นั้น นักเรียนจะต้องฝึกการสังเกตและการลงความเห็นอย่างลึกซึ้งในทุกมุมมอง ผ่านกิจกรรมในหลากหลายรูปแบบ ทั้งในการสังเกตจากรูป สังเกตจากวีดิทัศน์ สังเกตจากการทดลองหรือการที่นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง เช่น ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำการทดลองเรื่องความตึงผิวของของเหลว โดยการหยดน้ำและเอทานอลลงบนเหรียญแล้วให้นักเรียนได้ใช้ประ-

สาทสัมผัสทั้ง 5 ในการสังเกต (กลิ่น ลักษณะ และจำนวนหยดของของเหลวที่อยู่บนเหรียญ) และตีความจากสิ่งที่สังเกตได้โดยอยู่บนหลักการและเหตุผลเพื่อวิเคราะห์พันธะภายในที่ส่งผลต่อความตึงผิว ซึ่งเป็นการลงความเห็นจากสิ่งที่สังเกตได้นั่นเอง ซึ่งนักเรียนจะมีโอกาสได้อภิปรายสะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างของการสังเกตและการลงความเห็นร่วมกับการบันทึกในใบงานหรือใบกิจกรรมจะช่วยให้นักเรียนได้ตกผลึกความคิดและนำไปสู่การทำความเข้าใจในเชิงลึก

2. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายสิ่งที่ได้จากการสังเกตและสิ่งที่ได้จากการลงความเห็นจากกิจกรรมและมีการประเมินความเข้าใจร่วมกันในชั้นเรียนผ่านการโต้แย้งด้วยเหตุผลระหว่างนักเรียน

ผู้วิจัยพบว่า เมื่อใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายสะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างของการสังเกตและการลงความเห็นจากกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ โดยมีการประเมินความเข้าใจผ่านการเสนอความคิดเห็นของนักเรียนร่วมกันในชั้นเรียน เช่น ในกิจกรรมการแพร่ของแก๊ส ผู้วิจัยใช้กิจกรรมกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยการฉีดน้ำหอมที่หน้าชั้นเรียนแล้วนักเรียนหน้าห้องและหลังห้องได้กลิ่นไม่พร้อมกัน ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายถึง “สิ่งที่สังเกตได้” (นักเรียนหน้าห้องได้กลิ่นน้ำหอมก่อนนักเรียนหลังห้อง) “ลงความเห็นได้ว่าอย่างไร” (น้ำหอมเกิดการแพร่ในอากาศ) จากนั้นสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนได้โต้แย้งกันเพื่อเป็นการประเมินความเข้าใจจากคำตอบของเพื่อนว่า สิ่งใดเป็นการสังเกตและใช้ประสาทสัมผัสส่วนใดในการสังเกตและสิ่งใดเป็นการลงความเห็น เพราะเหตุใด

ประเด็นที่ 4 วิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานทุกขั้นตอน

ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานทุกขั้นตอน

จากคำถามปลายเปิดที่แบ่งเป็นสองตอนให้นักเรียนเลือกตอบและอธิบายเหตุผลที่ว่า “ในการทำงานหรือการแสวงหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานหรือไม่ ก) ถ้านักเรียนตอบไม่ใช้ ให้นักเรียนอธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น ข) ถ้านักเรียนตอบว่าใช้ ให้นักเรียนอธิบายว่าทำไมจึงใช้และใช้ในขั้นตอนใดบ้างอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ” ผลการวิจัยพบว่า ในช่วงก่อนจัดการเรียนรู้ นักเรียนทั้งหมดร้อยละ 100 มีความเข้าใจบางส่วน และผลการวิจัยหลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องร้อยละ 90 และยังคงมีนักเรียนอีกส่วนหนึ่ง (ร้อยละ 10) ที่มีความเข้าใจบางส่วน เมื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียนโดยละเอียดแล้ว พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนทั้งหมดมีความเข้าใจบางส่วน โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์เฉพาะในขั้นตอนก่อนการทดลองถึง 23 คน ยกตัวอย่างคำตอบของนักเรียนรหัส A03 “ใช้ เพราะทุกอย่างเกิดขึ้นจากการจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ก่อนตั้งแต่ตั้งสมมติฐานแล้วจึงเริ่มใช้ความคิด ความสร้างสรรค์ ในการออกแบบการทดลองและอุปกรณ์ในการทดลอง หลังจากนั้นก็ต้องใช้ความคิดต่อว่าจะทดลองอย่างไรจึงจะผลที่เราตั้งไว้ ตัวอย่างเช่น ทอมสันที่ออกแบบหลอดรังสีแคโทด ต้องเริ่มจินตนาการก่อนว่าอะตอมมีขนาดกลมอย่างเดียวแล้วมีอะไรอยู่ข้าง

ในหรือเปล่า แล้วค่อยเริ่มตั้งสมมติฐานและออกแบบหลอดรังสีแคโทด” ส่วนนักเรียนอีกกลุ่มหนึ่ง (6 คน) อธิบายการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในขั้นตอนหลังการทดลอง และมีเพียง 1 คน เท่านั้นที่อธิบายว่าการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในขั้นก่อนและหลังการทดลอง

ภายหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 90 โดยนักเรียนสามารถที่จะอธิบายได้ว่าการทำงานหรือการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอน ทั้งก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองและหลังการทดลอง พร้อมกับยกตัวอย่างสถานการณ์มาอธิบายประกอบได้ด้วย เช่น “นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ เพื่อออกแบบการทดลอง (ก่อนการทดลอง) ต่อมาเมื่อเขาทดลองแล้วเขาก็คิดพัฒนาการทดลองต่อไปเรื่อย ๆ (ระหว่างการทดลอง) ให้ได้ผลที่ดีที่สุด ไปถึงขั้นตอนสุดท้าย การสรุปผลการทดลอง นักวิทยาศาสตร์ก็จะต้องมานั่งจินตนาการถึงสิ่งที่ได้และเขียนสรุปผลการทดลอง เช่น การทดลองเรื่องการแพร่ของแก๊ส จินตนาการถึงโมเลกุลของแก๊สที่เคลื่อนที่” (ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนรหัส Z22) อย่างไรก็ตาม ยังมีนักเรียนอีกจำนวนหนึ่ง (ร้อยละ 10) ที่มีความเข้าใจบางส่วน เช่น นักเรียนเข้าใจว่าในขั้นระหว่างการทดลองไม่ใช้จิตนาการและความคิดสร้างสรรค์เพราะต้องทดลองตามที่ได้ออกแบบมาในขั้นก่อนการทดลอง (2 คน) หรือในขั้นหลังการทดลองต้องสรุปผลตามที่ได้ทดลองตามจริง ไม่ใส่ความคิดของตนเองลงไปเพราะไม่เช่นนั้นจะทำให้การสรุปผลคลาดเคลื่อน

แนวทางการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานทุกขั้นตอน

1. มีกิจกรรมที่มีโอกาสให้นักเรียนได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในขั้นตอนก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองและหลังการทดลอง

ผู้วิจัยพบว่า การสถานการณ์หรือใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดสงสัยก่อนเริ่มกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้คิดตั้งคำถามว่า “จะเกิดอะไรขึ้น” “เพราะอะไร” “ทำไมและเป็นอย่างนั้นได้อย่างไร” เช่น การจัดกิจกรรมเรื่อง กฎการแพร่ของเกรแฮม ผู้วิจัยได้นำเข้าสู่บทเรียนโดยการเปิดวีดิทัศน์เกี่ยวกับการแพร่ของแก๊สแล้วใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดสงสัย เช่น “จากวีดิทัศน์ นักเรียนคิดว่า หากเปลี่ยนภาชนะเป็นหลอดแก้วจะมีควันขึ้นหรือไม่” แล้วเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พยายามสืบเสาะเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบด้วยตนเอง โดยการระดมความคิดเป็นกลุ่มเพื่อตั้งสมมติฐานและออกแบบกิจกรรมการทดลอง รวมถึงเลือกใช้อุปกรณ์เองต่อไป ทั้งนี้เพื่อฝึกให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในช่วงก่อนการทดลอง ส่วนในระหว่างการทดลองนั้นควรมีกิจกรรมที่เปิดโอกาส ให้นักเรียนได้พบกับปัญหาด้วยตนเอง โดยครูอาจเป็นผู้ชี้สถานการณ์จากนั้นก็เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พยายามที่จะคิดแก้ไขสถานการณ์เฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นหรือทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบวิธีการทดลองให้ดีขึ้น นักเรียนจะใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในขั้นตอนระหว่างทดลอง เช่น ในการหาจุดเดือดของของเหลว นักเรียนพบปัญหาว่าการใช้ภาชนะที่มีขนาดใหญ่ ของเหลวเดือดได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นนักเรียนแก้ปัญหานี้อย่างไร ในขั้นตอนหลังการทดลองครูต้องเปิดโอกาสให้นัก-

เรียนพยายามวิเคราะห์ข้อมูล คิดอธิบาย โดยอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ที่อยู่บนเหตุและผลว่า “เพราะเหตุใด” “ทำไม” “อย่างไร” กับผลการทดลองที่เกิดขึ้น เช่น ให้นักเรียนได้พยายามสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายในระดับจุลภาคเกี่ยวกับจุดเดือดของเหลวที่มีผลมาจากความแตกต่างของแรงยึดเหนี่ยวของโมเลกุล ซึ่งจะช่วยทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

2. นำสู่การอภิปรายเกี่ยวกับการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกขั้นตอนของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกเมื่อที่มีโอกาส

ผู้วิจัยพบว่า ในช่วงการจัดการเรียนรู้ทุกช่วงสามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายสะท้อนความคิดร่วมกันในชั้นเรียนเกี่ยวกับการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโอกาสและเวลา ยกตัวอย่างเช่น ให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจผ่านการอภิปรายในชั้นเรียนว่าจากการทำกิจกรรมจนกระทั่งได้มาซึ่งข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์อย่างไรบ้าง เพื่อช่วยส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักและเข้าใจการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ที่อยู่บนหลักการและเหตุผล

ประเด็นที่ 5 เทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์แตกต่างกันแต่สัมพันธ์กัน

ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์แตกต่างกันแต่สัมพันธ์กัน

จากคำถามปลายเปิดแบ่งออกเป็นข้อย่อยเพื่อให้นักเรียนอธิบายและเหตุผลประกอบได้อย่างครบถ้วนและตรงตามประเด็นที่ต้องการวัด ดังนี้ “ก. วิทยาศาสตร์คืออะไรและเทคโนโลยีคืออะไร อธิบายอย่างละเอียดพร้อมยกตัวอย่างประกอบ ข. วิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยีเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น ค. วิทยาศาสตร์ส่งผลต่อเทคโนโลยีหรือไม่ อย่างไร ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ ง. เทคโนโลยีส่งผลต่อวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ” จากผลการวิจัยจะเห็นว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนทั้งหมดร้อยละ 100 สามารถอธิบายทั้งในแง่ของความหมายและความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ถูกต้องบางส่วน หลังจากการจัดการเรียนรู้แล้วพบว่า นักเรียนทั้งหมดสามารถพัฒนาความเข้าใจในมุมมองความหมาย ความแตกต่างและความสัมพันธ์กันของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ทั้งหมด (ร้อยละ 100) ผลการวิจัยก่อนเรียนพบว่า นักเรียนทั้งหมดร้อยละ 100 (30 คน) จัดอยู่ในกลุ่มนักเรียนที่มีความเข้าใจบางส่วน แต่เมื่อตีความคำตอบของนักเรียนโดยละเอียดแล้ว พบว่ารูปแบบของความเข้าใจนั้นแตกต่างกันออกไปโดยเมื่อพิจารณาในมุมมองที่ 1 ซึ่งเป็นความหมายและความแตกต่างกันของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ทั้งในแง่ของจุดมุ่งหมายและกระบวนการ) สามารถจัดกลุ่มคำตอบได้หลายรูปแบบด้วยกัน โดยที่นักเรียนส่วนใหญ่ (17 คน) ยังไม่สามารถอธิบายความแตกต่างระหว่างเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจนว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร เทคโนโลยีคืออะไร เช่น วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเหมือนกัน เพราะมีกระบวนการคิด มีการทดลองเหมือนกัน มีการวิวัฒนาการไปเรื่อย ๆ (A12) และนักเรียนอีกส่วนหนึ่ง (13 คน) สามารถอธิบายตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วนเท่านั้น ยก-

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน รหัส A24 ที่ว่า “ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาสิ่งรอบตัวและมาจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดลอง ส่วนเทคโนโลยีคือ การนำเอาความรู้วิทยาศาสตร์มาประยุกต์หรือนำมาต่อยอดให้เกิดประโยชน์หรือสร้างเป็นสิ่งประดิษฐ์” เมื่อพิจารณาในมุมมองที่ 2 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่ามีนักเรียนเพียง 9 คน ที่เข้าใจถูกต้องว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีส่งเสริมซึ่งกันและกัน โดยที่นักเรียนส่วนใหญ่ (17 คน) มีความเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ส่งเสริมเทคโนโลยี โดยเทคโนโลยีส่วนใหญ่ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และต่อยอดมาจากวิทยาศาสตร์และมีนักเรียนบางส่วน (4 คน) ที่เข้าใจว่าเทคโนโลยีส่งเสริมวิทยาศาสตร์ โดยที่เทคโนโลยีช่วยในการแสวงหาความรู้ในทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ

ผลการวิจัยภายหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มขึ้นสูงถึงร้อยละ 100 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเรียนโดยนักเรียนสามารถอธิบายทั้งมุมมองความหมาย ความแตกต่างของวิทยาศาสตร์ และมุมมองความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ ผ่านการอธิบายถึงลักษณะของวิทยาศาสตร์ทั้งกระบวนการและจุดมุ่งหมายของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและความสัมพันธ์กันของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พร้อมยกตัวอย่างประกอบได้อย่างชัดเจน เช่น นักเรียนรหัส Z06 ตอบว่า “ต่างกันเพราะวิทยาศาสตร์เป็นการพยายามอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา โดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสังเกต การลงความเห็นและมีหลักฐานอ้างอิง แต่เทคโนโลยีเป็นการสร้างสิ่งที่ใช้แก้ปัญหาและอำนวยความสะดวกให้มนุษย์ เช่น ตู้เย็น ซึ่งเทคโนโลยีบางอย่างจำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการประยุกต์เพื่อสร้างมันขึ้นมา เช่น กล้องจุลทรรศน์และวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีเทคโนโลยีมาช่วยเพื่อค้นพบความรู้ใหม่ ๆ ได้รวดเร็วขึ้น เช่น กล้องจุลทรรศน์เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้สามารถมองเห็นในสิ่งที่คนเราไม่สามารถมองเห็นได้”

แนวทางการจัดการเรียนรู้ในประเด็นเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์แตกต่างกันแต่สัมพันธ์กัน

1. จัดกิจกรรมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อให้นักเรียนพบปัญหาหรืออุปสรรคในระหว่างการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แล้วใช้เทคโนโลยีมาช่วยแก้ไขปัญหานั้น

ผู้วิจัยพบว่า หากต้องการให้นักเรียนเข้าใจความแตกต่างของเทคโนโลยีกับวิทยาศาสตร์ ควรจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงแล้วพบเจอปัญหาและอุปสรรคในระหว่างการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง จากนั้นให้นักเรียนได้แก้ไขปัญหาโดยการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย ทั้งนี้จะทำให้นักเรียนเข้าใจได้ถึงบทบาทของเทคโนโลยีได้อย่างเป็นรูปธรรมและครูผู้สอนสามารถเปิดโอกาสในการบ่งชี้ประเด็นบทบาทของเทคโนโลยีที่แตกต่างจากบทบาทของวิทยาศาสตร์ความสัมพันธ์ของเทคโนโลยีต่อวิทยาศาสตร์ได้ด้วย เช่น ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง จากจัดเรียงอนุภาคของแข็ง (กำมะถัน) นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาลักษณะของผลึกกำมะถันที่ได้จากการทดลองซึ่งยากที่จะสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นนักเรียนจึงต้องอาศัยแว่นขยายและกล้องจุลทรรศน์ (เทคโนโลยี) ในการศึกษารูปผลึก ซึ่งสามารถนำเข้าสู่การอภิปรายเกี่ยวกับความหมาย

ของวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกับเทคโนโลยีรวมไปถึงสัมพันธ์ของเทคโนโลยีกับการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. จัดกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันเพื่อเพื่อให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และสะท้อนความเข้าใจร่วมกันในชั้นเรียน เช่น จิ๊กซอ เกมแข่งขัน

ผู้วิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เช่น ในรูปแบบของจิ๊กซอ (jigsaw) และเกมแข่งขันตอบคำถามแบบโต้แย้งร่วมกับการให้แรงเสริมของครู ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นและอภิปรายความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายและความสัมพันธ์ของเทคโนโลยีกับวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เช่น ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเข้ากิจกรรมฐาน (รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบจิ๊กซอ) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งผนวกกับเนื้อหาทั้งหมดที่นักเรียนได้เรียนมาแล้วเล่นเกมแข่งขันตอบคำถามแบบโต้แย้งร่วมกับการให้แรงเสริมของครู ซึ่งนอกจากนักเรียนจะเพลิดเพลินแล้วยังทำให้นักเรียนเห็นถึงมุมมองที่ชัดเจนมากขึ้นเกี่ยวกับความแตกต่างของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและยังสามารถเชื่อมโยงได้ว่าเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์อย่างไร

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวม

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ในแต่ละประเด็นดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ออกมาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ว่า การบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเนื้อหานั้นต้องเป็นไปอย่างกลมกลืน โดยพิจารณาจากธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องของแข็ง ของเหลว และแก๊ส และลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่ละประเด็น โดยมีการสอดแทรกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นเดิมซ้ำ ๆ ในหลายแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเน้นย้ำให้นักเรียนได้เรียนรู้และทำความเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นครบทุกมิติและจำนวนประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดแทรกในแผนการจัดการเรียนรู้ไม่ควรมากเกินไป (3 ประเด็นต่อแผนการจัดการเรียนรู้) เพื่อที่จะสามารถบริหารเวลาและให้ความสำคัญกับเนื้อหาและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน นอกจากนี้กิจกรรมที่จัดขึ้นควรให้ผู้เรียนเป็นผู้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง (hands-on) หรือการเรียนรู้ในลักษณะของการสืบเสาะ (inquiry) เป็นกลุ่มหรือเดี่ยว ในรูปแบบลักษณะต่าง ๆ เช่น การทำการทดลอง การสังเกตจากวีดิทัศน์ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบจิ๊กซอ การอภิปรายแบบโต้แย้งร่วมกับการให้แรงเสริม ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เกิดการสร้างประสบการณ์จากการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติและที่สำคัญคือ ครูต้องบ่งชี้และกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปรายสะท้อนความเข้าใจประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการบ่งชี้หรือเชื่อมโยงจากเนื้อหาหรือกิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติได้ในทุกขั้นของการจัดการเรียนการสอน นอกจากนี้ครูควรบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้เป็นส่วนหนึ่งในใบงานหรือใบกิจกรรมและมีการประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำคัญเช่นเดียวกันกับเนื้อหาในบทเรียน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในหน่วยการเรียนรู้เรื่องของแข็ง ของเหลว และแก๊ส สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นมากในทุกประเด็น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Akerson et al. (2000) Bell et al. (1998) Mahalee (2010) Pattamapongsa (2012) และ Schwartz and Lederman (2002) ที่พบว่า การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งนั้นสามารถพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจากผลวิจัยก่อนการจัดการเรียนรู้พบว่า ประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด ได้แก่ ประเด็นกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ประเด็นหลักฐานเชิงประจักษ์ และประเด็นการสังเกตและการลงความเห็น ตามลำดับ ส่วนประเด็นวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานทุกขั้นตอนและประเด็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแตกต่างกันนั้นพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในสองประเด็นนี้บางส่วน เมื่อพิจารณาโดยละเอียดแล้วพบว่า นักเรียนยังคงมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอในทุกประเด็นซึ่งอาจเป็นเพราะว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยังคงเป็นไปในลักษณะของการบรรยายมากกว่าการให้นักเรียนได้เรียนรู้แบบการสืบเสาะและลงมือปฏิบัติจริง (Khishfe, 2008)

ผลวิจัยภายหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมากในทุกประเด็น อีกทั้งไม่พบนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนภายหลังการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส มีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหาวิชาในทุกแผนการจัดการเรียนการสอนอย่างกลมกลืน จำนวนทั้งหมด 11 คาบเรียน เช่น เนื้อหาทางเคมีส่วนใหญ่นั้นเป็นการอธิบายในระดับจุลภาคที่ตาเปล่าไม่สามารถมองเห็นได้ ข้อความรู้ต่าง ๆ จึงอยู่ในลักษณะของนามธรรม ดังนั้นในการที่ฉันจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจและให้นักเรียนใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการวาดภาพจำลองในระดับจุลภาค สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chamrat et al. (2009) และ Pattamapongsa (2012) ที่พบว่า เนื้อหาวิทยาศาสตร์ในแต่ละเรื่องนั้นมีความเหมาะสมที่จะสอดแทรกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้แตกต่างกัน ข้อค้นพบของงานวิจัยนี้สนับสนุนแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเพื่อใช้สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (pedagogical content knowledge for teaching NOS [PCK for NOS]) (Faikhamta, 2012; Hanuscin et al., 2011) ซึ่งครูผู้สอนจะมีทั้งความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีความรู้เนื้อหาและวิธีสอนแล้วนำมาผนวกกันเพื่อใช้ในการถ่ายทอดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นเฉพาะให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์แต่ละเนื้อหา

นอกจากนี้การเน้นย้ำในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในทุกแง่มุมของความเป็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เช่น ในงานวิจัยนี้ ประเด็นการสังเกตและการลงความเห็นและประเด็นจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ สามารถผนวกเข้าไปในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดถึง

9 แผน โดยพิจารณาจากลักษณะของเนื้อหาและกิจกรรมที่ออกแบบไว้ทั้งนี้เพื่อความสอดคล้องเหมาะสม โดยกิจกรรมที่จัดขึ้นควรให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ กลุ่มหรือเป็นคู่ ร่วมกับการอภิปรายในลักษณะการโต้แย้งร่วมกันในชั้นเรียน สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของ Dewey (1933) ที่ว่าการให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงที่ได้จากการเผชิญสถานการณ์จริง ร่วมกับการเปิดโอกาสให้มีการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและผู้เรียนกับผู้สอนจะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างแนวคิดร่วมกันผ่านการช่วยเหลือและเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Dewey (1933) และ Lederman (1992) ที่พบว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้เป็นกลุ่ม มีการอภิปรายโต้แย้ง (argumentation) จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของตนเองและแก้ไขความเข้าใจคลาดเคลื่อนร่วมกันในชั้นเรียน นอกจากนี้สิ่งสำคัญคือขั้นตอนการบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมโดยใช้คำถามปลายเปิดในลักษณะซักไซ้ไล่เลียง เน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ สังเคราะห์ และอภิปรายสะท้อนความเข้าใจซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิทยาศาสตร์กับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Clough and Olson (2004) และ McComas (2004) ที่พบว่า ภาษาหรือคำถามที่ใช้จัดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์มีผลต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ค่อนข้างมาก อีกทั้งการใช้ใบกิจกรรมที่สอดรับกับกิจกรรมที่ดำเนินไประหว่างการจัดการเรียนการสอนจะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ที่บูรณาการประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในเนื้อหาและมีการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ร่วมกับการอภิปรายสะท้อนความคิดของนักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นมากทั้ง 5 ประเด็น ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนแบบดังกล่าวจึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งที่จะจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการธรรมชาติในเนื้อหาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ในระดับชั้นต่าง ๆ หรือมีการบูรณาการในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เพิ่มเติม ทั้งนี้ควรพิจารณาตามความเหมาะสมและความสอดคล้องกันของเนื้อหาวิทยาศาสตร์และประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ข้อค้นพบที่น่าสนใจอย่างหนึ่งคือการโต้แย้ง (Khishe, 2014) ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น ดังนั้นครูควรส่งเสริมให้เกิดการโต้แย้งเพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น จากข้อค้นพบดังกล่าว ควรมีการศึกษาในเชิงลึกมากขึ้นว่ากิจกรรมการโต้แย้งส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างไร

เอกสารอ้างอิง

Akerson, V., Abd-El-Khalick, F., and Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching** 37(4): 295–317.

Altrichter, H., Kemmis, S., McTaggart, R., and Zuber-Skerritt, O. (2002). The concept of

action research. **The Learning Organization** 9(3): 125–131.

American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1990). **Science for All Americans.** New York: Oxford University Press.

Bell, R., Lederman, N. G., and F. Abd-El-Khalick. (1998). Implicit versus explicit nature of science instruction: An explicit response to Palmquist and Finley. **Journal of Research in Science Teaching** 35(9): 1057–1061.

Chamrat, S., Yutakom, N., and Chaiso, P. (2009). Grade 10 science students' understanding of the nature of science. **Khon Kaen University Research Journal** 14(4): 360–374. (in Thai)

Clough, M. P., and Olson, J. K. (2004). The nature of science: Always part of the science story. **The Science Teacher** 71(9): 28–31.

Dewey, J. (1933). **How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process.** Boston: Heath and Company.

Faikhamta, C. (2012). Pedagogical content knowledge for teaching nature of science. **Khon Kaen University Research Journal** 2(2): 233–260. (in Thai)

Hanuscin, D. L., Lee, M. H., and Akerson, V. L. (2011). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. **Science Education** 95: 145–167.

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2008). **The Ministry of Education Sets: The Education Standards**. Bangkok: Author. (in Thai)

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. (2014). Explicit nature of science and argumentation instruction in the context of sociocientific issues: An effect on student learning and transfer. **International Journal of Science Education** 36(6): 974–1016.

Kijkuakul, S., Yutakom, N., and Engkagul, A. (2005). Grade 11 students' understandings about the nature of science. **Kasetsart Journal of Social Sciences** 26(2): 133–145. (in Thai)

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science. **Journal of Research in Science Teaching** 29(4): 331–359.

Mahalee, K. (2010). **Developing Views of the Seventh Grade Students' Understandings of Nature of Science Using Explicit and Reflective Approach.** Master of Education Thesis (Science Education). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

McComas, W. (1998). **The Nature of Science in Science Education**. Dordrecht: Kluwer

Academic Publishers.

National Research Council [NRC]. (1996). **Inquiry and the National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academic Press.

National Science Teachers Association [NSTA]. (2000). **Position Statement on the Nature of Science**. Retrieved from http://www.nsta.org/positionstatement&psid=22, November 14, 2014.

Pattamapongsa, A. (2012). **Development of High School Student's Views of Nature of Science in Photosynthesis Learning Unit Using Explicit NOS Approach**. Master of Education Thesis (Science Education). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Schwartz, R., and Lederman, N. G. (2002). It's the nature of the beast: The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. **Journal of Research in Science Teaching** 39 (3): 205–236.

Schwartz, R., Lederman, N. G., and B. Crawford. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. **Science Education** 88(4): 610–645.