การพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือก
Development of scientific concept of eight grade students using the evaluative-alternatives model

อิสรานุรักษ์ ชูกลิ่น[1], ประสาท เนืองเฉลิม[2]
Issaranurak Chooglin[1], Prasart Nuangchalerm[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือก ให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 29 คน โรงเรียนบ้านตาสุด ตำบลจะกง อำเภอขุขันธ์ จังหวัดศรีสะเกษ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 5 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือกเรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลง จำนวน 10 แผนการเรียนรู้ เวลา 15 ชั่วโมง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วย แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์นักเรียนแบบกึ่งโครงสร้างและแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือกนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์มากขึ้น ในขณะที่จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจในระดับมโนทัศน์ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางส่วนและไม่มีมโนทัศน์ลดลง โดยมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1, 2, 3, 4, และ 5 เป็นร้อยละ 27.58, 34.48, 41.38, 55.17, และ 62.07 ตามลำดับ

คำสำคัญ: รูปแบบการประเมินทางเลือก, มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์, โลกและการเปลี่ยนแปลง

Abstract

The purpose of this research was to improve the scientific concept understanding of eighth-grade students using the evaluative-alternatives model, in order to achieve Complete Understanding (CU) levels. The target group was 29 eighth grade students Tasut School, Tambon Chakong, Amphoe Khukhan, Si Sa Ket, Thailand, studied in the second semester of the academic year 2019. Action research was conducted in this research were 5 cycles. The research instruments were: 10 lesson plans using the evaluate-alternatives model,

[1] นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
[2] ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
[1] M.Ed. Candidate in Curriculum and instruction, Faculty of Education, Mahasarakham University
[2] Faculty of Education, Mahasarakham University

scientific concept understanding test with rational explanation, semi-structured interview, and observation form. The research showed that after learning by the evaluative-alternatives model, students had increased scientific concepts understanding on Complete Understanding (CU) levels. The number of students had Partial Understanding (PU), Partial Understanding with Specific misconception (PS) and No Understanding (NU) were decreased. The number of students who had scientific concepts understanding Complete Understanding (CU) of each loop were as follows in 1, 2, 3, 4, and 5 loops were 27.58, 34.48, 41.38, 55.17, and 62.07 percentage in respectively.

Keywords: Scientific Concept, The evaluate alternative model, Earth and Changes

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่เกิดจากสติปัญญาและความพยายามของมนุษย์ในการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกและในเอกภพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561: 6) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองอย่างเต็มที่ ได้เปิดกว้างทางความคิด มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ พัฒนาชีวิตด้วยทักษะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อมภายนอกมากกว่าแค่การซึมซับความรู้ภายในห้องเรียน (ประสาท เนืองเฉลิม, 2558) การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ พบปัญหาในการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ หรือมีแนวความคิดสอดคล้องกับของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนมีความรู้อยู่ก่อนแล้วหรือมีแนวความคิดอยู่ก่อนแล้วและส่วนมากแตกต่างไปจากนักวิทยาศาสตร์จึงขัดขวางการเรียนรู้อย่างมีความหมายและยากที่จะแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้โดยการใช้วิธีการสอนแบบปกติทั่วไป (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2537: 112) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอาจเน้นที่ผู้สอนโดยใช้วิธีการสอนที่เน้นการบรรยาย หรือสาธิตให้ผู้เรียนดู ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอนน้อย ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายและไม่เข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ตามที่ผู้สอนต้องการ (จตุพร พงศ์พีระ และประสาท เนืองเฉลิม, 2560; เปรมสิณี ช่างยา และประสาท เนืองเฉลิม, 2562)

จากการทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1) มโนทัศน์สมบูรณ์ (CU) หมายถึงคำตอบถูกต้องและให้เหตุผลครบองค์ประกอบสำคัญให้ 3 คะแนน 2) มโนทัศน์ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) หมายถึง คำตอบถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์ให้ 2 คะแนน 3) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หมายถึง คำตอบถูกต้องแต่การให้เหตุผลมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้องให้ 1 คะแนน และ 4) ไม่มีมโนทัศน์ (NU) หมายถึง คำตอบถูกหรือผิด แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน โดยมีเกณฑ์ประเมินผ่านเกณฑ์คือนักเรียนมีระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ทุกข้อ วัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านตาสุด จำนวน 29 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

จำนวน 2 ข้อ พบว่าข้อที่ 1 นักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ 0 คน มโนทัศน์ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ 3 คน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางส่วน 1 คนและไม่มีมโนทัศน์ 25 คน ข้อที่ 2 นักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ 0 คน มโนทัศน์ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ 0 คน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางส่วน 3 คนและไม่มีมโนทัศน์ 26 คน จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ

รูปแบบการประเมินทางเลือก (The evaluate-alternatives model) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการประเมินคำอธิบายและให้ความสำคัญกับการทดสอบคำอธิบาย ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดหลักและแนวคิดข้ามสาขาวิชา นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความเข้าใจในบทบาทของการทดลองทางวิทยาศาสตร์และการออกแบบการทดลอง (Sampson, 2015) โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อประเมินคำอธิบายทางเลือกต่าง ๆ (Sampson & Gerbino, 2010) และรูปแบบการประเมินทางเลือกมีพื้นฐานมาจากงานวิจัยเกี่ยวกับการโต้แย้งในการเรียนวิทยาศาสตร์ ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้นักเรียนเรียนรู้การคาดคะเน การอธิบายและข้ออ้าง เกี่ยวกับข้อสงสัยเบื้องต้นและช่วยให้นักเรียนพัฒนาระดับการประเมินแนวคิดต่าง ๆ รูปแบบการสอนนี้จะทำให้นักเรียนเกิดมุมมองด้านการสืบเสาะสามารถมีส่วนร่วมในการปฏิบัติที่ซับซ้อนของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความรู้ ทักษะ และนิสัยที่จำเป็นในการประเมินความถูกต้องหรือการยอมรับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Sampson & Grooms, 2009) การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือก ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ระบุงาน คำถามและคำอธิบายทางเลือก ขั้นตอนที่ 2 เก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลและพัฒนาข้อโต้แย้งเบื้องต้น ขั้นตอนที่ 4 ช่วงการโต้แย้ง ขั้นตอนที่ 5 การอภิปรายสะท้อนผลและขั้นตอนที่ 6 การเขียนข้อโต้แย้ง จากแนวคิดและเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือกมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อพัฒนา มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลงต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือกให้ถึงระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU)

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านตาสุด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาศรีสะเกษ เขต 3 จำนวน 29 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือกเรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 10 แผนการเรียนรู้ เวลา 15 ชั่วโมง

2. แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ชุด ชุดละ 2 คำถาม เป็นข้อสอบแบบ the two-tier test ประกอบด้วย 2 ตอน โดยตอนที่ 1 มีลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 มีลักษณะเป็นอัตนัยซึ่งเป็นการบอกเหตุผลที่เลือกตอบข้อนั้น มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

3. แบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นแบบกึ่งโครงสร้าง โดยสัมภาษณ์เพื่อประเมินมโนทัศน์

ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับต่ำกว่ามโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือกมีค่าความสอดคล้องระหว่าง .80-1.00

4. แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเป็นแบบสังเกตแบบมีโครงสร้าง โดยจะสังเกตพฤติกรรมนักเรียนรายบุคคล ซึ่งสังเกตระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าความสอดคล้องระหว่าง .80-1.00

ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart (1988) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติการ ขั้นสังเกตการณ์ และขั้นสะท้อนผล การวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยวงจรปฏิบัติการ 5 วงจรปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 วางแผน

1. สำรวจระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลงเพื่อกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) และวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาเพื่อวางแผนการจัดการเรียนรู้ โดยดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ส่วนวงจรปฏิบัติการต่อ ๆ ไปจะเป็นการนำปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการมาวางแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

2. ดำเนินการสร้างและคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือกซึ่งจะใช้ข้อมูลจากขั้นสะท้อนผลในแต่ละวงจรปฏิบัติการมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไปและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วย แบบทดสอบ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์นักเรียนและแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน จะดำเนินการสร้างและหาคุณภาพในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการจัดการเรียนสอน

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบประเมินทางเลือก เรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลง โดยดำเนินการ 5 วงจรปฏิบัติการ วงจรปฏิบัติการละ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง

ขั้นที่ 3 สังเกตการณ์

1. สังเกตพฤติกรรมนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. นำแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

3. ทำการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จากแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) เพื่อประเมินมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล

ประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือกโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และวิเคราะห์ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้และสัมภาษณ์นักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้หลังเสร็จสิ้นวงจรปฏิบัติการ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยวิเคราะห์แนวคำตอบจากแบบสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อประเมินระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและวิเคราะห์ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ผู้วิจัยวิเคราะห์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง โลกและการเปลี่ยน จากแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ผู้เรียนต้องมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมโนทัศน์สมบูรณ์ (CU)

ผลการวิจัย

วงจรปฏิบัติการที่ 1

หลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 วัดระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1 และ 2 และวัดระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสัมภาษณ์นักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ต่ำกว่าระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ผลที่ได้แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) วงจรปฏิบัติการที่ 1

เครื่องมือที่ใช้ประเมินผล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	4	13.79
แบบสัมภาษณ์นักเรียน	4	13.79
รวม	8	27.58

จากตาราง 1 พบว่านักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) วงจรปฏิบัติการที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ประเมิน แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.79 และแบบสัมภาษณ์นักเรียน มีจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.79 รวมมีนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ผ่านเกณฑ์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 27.58 เหลือนักเรียนที่ต้องรับการพัฒนาจำนวน 21 คน

วงจรปฏิบัติการที่ 2

มีนักเรียนที่ต้องได้รับการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จำนวน 21 คน หลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 วัดระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 3 และ 4 และวัดระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสัมภาษณ์นักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ต่ำกว่าระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ผลที่ได้แสดงดัง ตาราง 2

ตาราง 2 จำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) วงจรปฏิบัติการที่ 2

เครื่องมือที่ใช้ประเมินผล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	2	9.52
แบบสัมภาษณ์นักเรียน	0	0.00
รวม	2	9.52

จากตาราง 2 พบว่านักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) วงจรปฏิบัติการที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ประเมิน แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 9.52 และแบบสัมภาษณ์นักเรียน มีจำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0.00 รวมมีนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ผ่านเกณฑ์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 9.52 เหลือนักเรียนที่ต้องรับการพัฒนาจำนวน 19 คน

วงจรปฏิบัติการที่ 3

มีนักเรียนที่ต้องได้รับการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จำนวน 19 คน หลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 วัดระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 5 และ 6 และวัดระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสัมภาษณ์นักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ต่ำกว่าระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ผลที่ได้แสดงดัง ตาราง 3

ตาราง 3 จำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) วงจรปฏิบัติการที่ 3

เครื่องมือที่ใช้ประเมินผล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	1	5.56
แบบสัมภาษณ์นักเรียน	1	5.56
รวม	2	11.12

จากตาราง 3 พบว่านักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) วงจรปฏิบัติการที่ 3 เครื่องมือที่ใช้ประเมิน แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 5.56 และแบบสัมภาษณ์นักเรียน มีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 5.56 รวมมีนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ผ่านเกณฑ์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 11.12 เหลือนักเรียนที่ต้องรับการพัฒนาจำนวน 17 คน

วงจรปฏิบัติการที่ 4

มีนักเรียนที่ต้องได้รับการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จำนวน 17 คน หลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 วัดระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 7 และ 8 และวัดระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสัมภาษณ์นักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ต่ำกว่าระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ผลที่ได้แสดงดัง ตาราง 4

ตาราง 4 จำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) วงจรปฏิบัติการที่ 4

เครื่องมือที่ใช้ประเมินผล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	0	0.00
แบบสัมภาษณ์นักเรียน	4	23.53
รวม	4	23.53

จากตาราง 4 พบว่านักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) วงจรปฏิบัติการ ที่ 4 เครื่องมือที่ใช้ประเมิน แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0.00 และแบบสัมภาษณ์นักเรียน มีจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 23.53 รวมมีนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ผ่านเกณฑ์ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 23.53 เหลือนักเรียนที่ต้องรับการพัฒนาจำนวน 13 คน

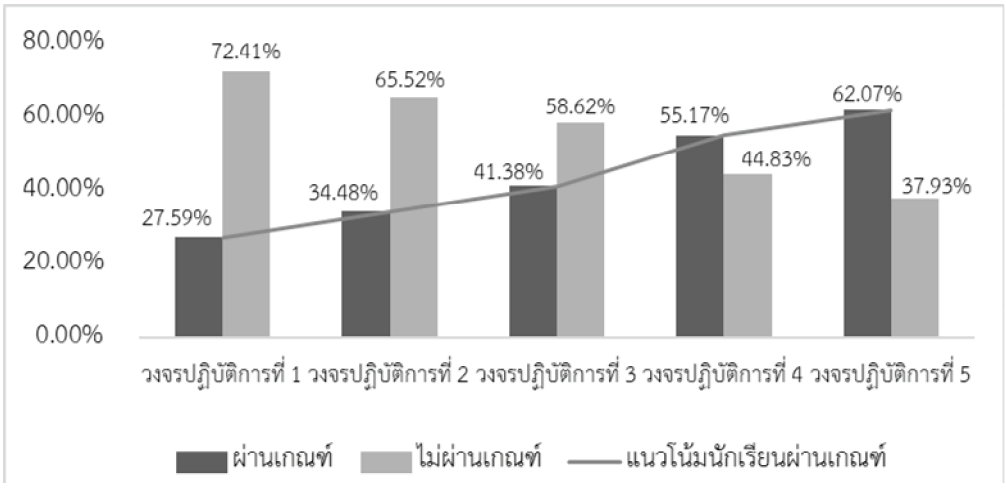
วงจรปฏิบัติการที่ 5

มีนักเรียนที่ต้องได้รับการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จำนวน 13 คน หลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 5 วัดระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 9 และ 10 และวัดระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสัมภาษณ์นักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ต่ำกว่าระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ผลที่ได้แสดงดัง ตาราง 5

ตาราง 5 นักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) วงจรปฏิบัติการที่ 5

เครื่องมือที่ใช้ประเมินผล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	1	7.69
แบบสัมภาษณ์นักเรียน	1	7.69
รวม	2	15.38

จากตาราง 5 พบว่านักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) วงจรปฏิบัติการ ที่ 5 เครื่องมือที่ใช้ประเมิน แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 7.69 และแบบสัมภาษณ์นักเรียน มีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 7.69 รวมมีนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ผ่านเกณฑ์ในวงจรปฏิบัติการที่ 5 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 15.38 มีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์มีระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 11 คน เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการ 5 วงจรปฏิบัติการ พบว่าผู้เรียนมีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ที่ระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ร้อยละนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

จากภาพที่ 1 พบว่า นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) สะสมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ 5 วงจร คิดเป็นร้อยละ 27.58, 34.48, 41.38, 55.17, และ 62.07 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบประเมินทางเลือกในวงจรปฏิบัติการ 5 วงจร พบว่าจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) ในวงจรปฏิบัติการ 5 วงจร คิดเป็นร้อยละ 27.59, 34.48, 41.38, 55.17, และ 62.07 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ที่ปรากฏผลเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบประเมินทางเลือก เป็นกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนประเมินคำอธิบายทางเลือกเพื่อพิสูจน์ว่าคำอธิบายทางเลือกใดสามารถตอบคำถามที่นักเรียนกำลังตรวจสอบได้ โดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ สอดคล้องกับที่ Mcneil and Krajcik (2006: 2) กล่าวว่าเมื่อนักเรียนได้อธิบายจุดมุ่งหมายและเหตุการณ์ต่าง ๆ ถามคำถาม สร้างคำอธิบาย ทดสอบคำอธิบายด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์และแลกเปลี่ยนแนวคิดกับผู้อื่นจะทำให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจผ่านการรวมความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ากับทักษะการให้เหตุผลและการคิด ในขั้นตอนที่ 1 ระบุงาน คำถามและคำอธิบายทางเลือกครูจะเป็นผู้ระบุคำถามและคำอธิบายทางเลือกที่ใช้ตอบคำถามให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนหาแนวทางเพื่อประเมินคำอธิบายทางเลือกที่สามารถตอบคำถามได้ดีที่สุด การที่ครูตั้งคำถามที่เหมาะสมจะช่วยให้นักเรียนเกิดการโต้แย้งและสืบเสาะหาหลักฐานที่นำไปสู่การสรุปที่ถูกต้องเหมาะสม เมื่อครูถามคำถาม นักเรียนจะต้องศึกษาคำอธิบายทางเลือกเพื่อตั้งสมมติฐานว่าคำอธิบายทางเลือกใดถูกต้องและคำอธิบายทางเลือกใดไม่ถูกต้อง (Sampson and Walker, 2013) ซึ่งนักเรียนจะดำเนินการพิสูจน์คำอธิบายทางเลือกที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องในขั้นตอน ที่ 2 การเก็บรวบรวมข้อมูล ในขั้นตอนนี้ครูจะเสนอแนะแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นนักเรียนจะเก็บรวบรวมข้อมูล ตีความและลงข้อสรุปด้วยตนเองในขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลและพัฒนาข้อโต้แย้งเบื้องต้น

นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนจะมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างตื่นตัว (active) เป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่าง ๆ และจะต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นด้วยตนเอง (ทิศนา แขมมณี, 2561: 94; Nuangchalerm & Dostál, 2017) ขั้นตอนที่ 4 ช่วงการโต้แย้งเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลการประเมินคำอธิบายที่ได้จากหลักฐานและเหตุผลเข้าสู่กระบวนการโต้แย้งเพื่อช่วยให้นักเรียนตัดสินใจได้ว่าคำอธิบายใดสามารถตอบคำถามได้ดีที่สุด การเปิดโอกาสให้นักเรียนโต้แย้งกันด้วยหลักฐานและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนเปิดรับแนวคิดทางทฤษฎีใหม่และเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกัน (ลือชา ลดาชาติ, 2561: 269; Prachagool and Nuangchalerm, 2019) ทำให้นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือกได้รับการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติและมีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น (ณัฐวุฒิ เสริมศรีพงษ์, 2561: 64-76) รูปแบบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ภายใต้สมมติฐานทางเลือก ส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนมีระดับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น จากนั้นในขั้นตอนที่ 5 การอภิปรายสะท้อนผล ครูและนักเรียนจะร่วมกันสรุปผลจากการทำกิจกรรมเพื่อลงข้อสรุปว่าคำอธิบายทางเลือกใดที่จะสามารถตอบคำถามได้ดีที่สุด ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยให้นักเรียนได้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนจากการอภิปรายผลที่ได้จากกิจกรรมการโต้แย้งและช่วยให้นักเรียนเข้าใจมุมมองการทำงานของนักวิทยาศาสตร์มากขึ้น (ลือชา ลฎาชาติ, 2561:144)

ทั้งนี้เพื่อพิจารณาและตรวจสอบว่าแนวคิดทางทฤษฎีใดสามารถเป็นตัวแทนที่ดีของกฎธรรมชาติและสามารถอธิบายหลักฐานต่าง ๆ จากปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ ดังนั้นนักเรียนจะต้องมาอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับคำอธิบายทางเลือก หลักฐาน และเหตุผลของกลุ่มสามารถตอบคำถามได้ครบถ้วนหรือไม่และมีข้อโต้แย้งจากกลุ่มอื่นที่ต้องปรับปรุงหรือไม่ ขั้นตอนที่ 6 การเขียนข้อโต้แย้ง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้มีโอกาสสร้างข้อโต้แย้งด้วยตัวนักเรียนเอง ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น การเขียนช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิธีการคิดอย่างชัดเจนและรัดกุมและปรับปรุงความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหา (Sampson, 2015) เมื่อสิ้นวงจรปฏิบัติการที่ 5 มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์มีระดับมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 11 คน ซึ่งอาจเกิดจากนักเรียนกลุ่มนี้มีทัศนคติที่ไม่ดีต่อวิธีการจัดการเรียนรู้ พิจารณาได้จากการที่นักเรียนมีความเห็นว่าการโต้แย้งเป็นกิจกรรมที่วุ่นวาย ไม่ชอบกิจกรรมการโต้แย้ง หรือนักเรียนบางคนไม่เข้าใจวิธีการโต้แย้ง (จตุพร พงศ์พีระและประสาท เนืองเฉลิม, 2560; ศิรินภา ชิ้นทองและประสาท เนืองเฉลิม, 2561) จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนพบว่า นักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์จะไม่มีส่วนในกิจกรรมการเรียนรู้หรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามคำสั่งของสมาชิกคนอื่น ๆ ภายในกลุ่ม ทำให้นักเรียนไม่ได้เป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่าง ๆ และไม่เกิดการสร้างความหมายให้กับสิ่งที่นักเรียนกำลังศึกษาด้วยตนเอง เป็นผลให้นักเรียนมีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ผู้สอนควรออกแบบคำอธิบายทางเลือกให้มีความกระชับ และให้นักเรียนศึกษาคำอธิบายทางเลือกด้วยตนเองเพื่อให้นักเรียนสามารถวางแผนเก็บข้อมูลได้

1.2 การจัดกิจกรรมแบบเดิมบางครั้งทำให้ผู้เรียนมีความเบื่อหน่าย ผู้สอนควรใช้สื่อการสอน เช่น ภาพวิดีโอ เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเรียน

1.3 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบประเมินทางเลือกบางแผนเวลาไม่เพียงพอ ควรศึกษาและปรับกิจกรรมให้สอดคล้องกับเวลา โดยเฉพาะกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีเวลา 1 ชั่วโมง

1.4 ควรเตรียมอุปกรณ์ ใบความรู้ ที่ผู้เรียนสามารถเก็บข้อมูลเชิงทฤษฎีและข้อมูลเชิงประจักษ์ได้อย่างครบถ้วน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือก ไปใช้ในหัวข้อการสอนอื่น ๆ ในวิชาวิทยาศาสตร์

2.2 ควรนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือก ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในระดับชั้นอื่น ๆ

2.3 ควรมีการศึกษาตัวแปรด้านอื่น ๆ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการประเมินทางเลือกเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จตุพร พงศ์พีระ และประสาท เนืองเฉลิม. (2560). รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารราชพฤกษ์, 15*(3): 24-35.

ณัฐวุฒิ เสริมศรีพงษ์. (2561). การใช้รูปแบบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ภายใต้สมมติฐานทางเลือกเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติ เรื่องของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค. *วารสารการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร,* (3): 64-76.

ทิศนา แขมมณี. (2561). *ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* พิมพ์ครั้งที่ 22. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เปรมสิณี ช่างยา และประสาท เนืองเฉลิม. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 13*(1): 170-182.

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2537). การเรียนรู้ตามทัศนะกลุ่มสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) กับการสอนวิทยาศาสตร์. *วารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 12*(2): 111-119.

ลือชา ลดาชาติ. (2561). *การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ ประวัติศาสตร์ ปรัชญาและการศึกษา.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันเพ็ญ คำเทศ. (2560). มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์: ประเภทและเครื่องมือประเมิน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ., 10*(2): 54-64.

ศิรินภา ชิ้นทอง, และประสาท เนืองเฉลิม. (2561). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เรื่องปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 12*(1): 239-249.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (1 ตุลาคม 2561). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. เข้าถึงได้จาก คลังความรู้ SciMath: https://scimath.org/ebook-science/item/8923-2018-10-01-01-59-16.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988). *The action research reader*. Victoria: Deakin University Press.

McNeill, K.L. & Krajcik, J. (2006). *Supporting Students' Construction of Scientific Explanation through Generic versus ContextSpecific Written Scaffolds. the annual meeting of the American Educational Research Association*. San Francisco.

Nuangchalerm, P. & Dostál, J. . (2017). Perception of preservice science teachers in the constructivist science learning environment. *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education, 26*(3): 332-340.

Prachagool, V. & Nuangchalerm, P. (2019). Investigating understanding the nature of science. *International Journal of Evaluation and Research in Education, 8*(4): 719-725.

Sampson, V. (2015, April 29). *Evaluate Alternatives*. Retrieved from scientific argumentation: http://www.scientificargumentation.com/evaluate-alternatives.html

Sampson, V. & Gerbino, F. (2010). Two Instructional Models That Teachers Can use to Promote & Support Scientific Argumentation in the Biology Classroom. *The American Biology Teacher, 72*(7): 427-431.

Sampson, V. & Grooms, J. (2009). Promoting and Supporting Scientific Argumentation in the Classroom The Evaluate Alternatives Instructional Mode. *The Science Scope, 33*(1): 67-73.

Walker, J.P. & Sampson, V. (2013). Learning to Argue and Argument to Learn: Argument Driven Inquiry as a way to Help Undergraduate Chemistry Students Learn How to Construct Arguments and Engage in Argumentation During a Laboratory Course. *Journal of Research In Science Teaching, 50*(5): 561-596.