

บทความวิจัย (Research Article)

การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผล
เชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้
ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์

AN ACTION RESEARCH FOR DEVELOPING GRADE 10th STUDENTS'
SCIENTIFIC CONCEPTUAL UNDERSTANDING AND SCIENTIFIC REASONING
BY USING CONCEPTUAL CHANGE APPROACH ON STOICHIOMETRY

Received: June 12, 2018

Revised: July 17, 2018

Accepted: July 19, 2018

กานต์กนิษฐ์ สัมเพ็ชร^{1*} สกนชัย ชะนูนันท์² และจินตนา กล่ำเทศ³
Kanganit Sompetch^{1*} Skonchai Chanunan² and Jintana Klamtet³

^{1,2,3}มหาวิทยาลัยนเรศวร

^{1,2,3}Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: pmmamai@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติเพื่อพัฒนามโนคติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยดำเนินวิจัยเป็นวงจร PAOR ตามแนวคิดของ Kemmis ที่ต่อเนื่องกัน 3 วงจรปฏิบัติการ มีการเก็บข้อมูลผ่านเครื่องมือแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ หลังจากนั้นนำข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา และได้ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า จากผลการวิเคราะห์พบแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติเพื่อพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะ ดังนี้ 1) ใช้คำถามในใบกิจกรรมที่ได้ทบทวนมโนคติเดิม และต้องมีความเกี่ยวข้องกับมโนคติใหม่ 2) ตั้งคำถามมาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนมโนคติของนักเรียน และ 3) สถานการณ์ปัญหาควรมีความน่าสนใจและอยู่ในธีมเดียวกันทั้ง 3 วงจร ซึ่งจากการใช้วิธีการดังกล่าวทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์อยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ และมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง

คำสำคัญ: มโนคติทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติ

Abstract

The purpose of this classroom action research was to investigate ways to develop scientific conceptual understanding and scientific reasoning in Stoichiometry through conceptual change approach for grade 10th students. The research methodology was based on the concept of Kemmis through continuous PAOR cycles in 3 times. The data of this study were collected by reflective learning tool. The qualitative data were then analyzed by content analysis and verified of reliability by using resource triangulation. From the result, it was found how to teach on conceptual change approach in order to develop scientific conceptual understanding and scientific reasoning as follows: 1) The questions were used in student activity sheets to repeat the original scientific conceptual understanding and must be associated with the new conceptual understanding, 2) there are questions to discuss in classroom to change the students' scientific conceptual understanding, and 3) the situations of problem should be interesting and must be on the same theme in 3 cycles. From using conceptual change approach as above could enhance students' conceptual understanding to level of complete understanding and also reach their scientific reasoning to high level.

Keywords: Scientific Conceptual Understanding, Scientific Reasoning, Conceptual Change Approach

บทนำ

มีโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Concepts) เป็นหนึ่งในองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญที่มาจาก การใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งการมีมีโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์นั้นจะช่วยให้มีความเข้าใจ ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์และมีองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงและชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงมีความสำคัญเป็น อย่างมากที่จะสืบหาวิธีการที่สามารถพัฒนาหรือปรับเปลี่ยนมีโนมติของนักเรียนให้มีความสอดคล้องกับมีโนมติทาง วิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

หนึ่งในวิธีการที่นักการศึกษา Laohapaiboon (1999, pp. 36-39) ได้เสนอไว้เป็นแนวทางการพัฒนาให้ นักเรียนเข้าใจในมีโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนต้องมีการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Reasoning) อย่างเหมาะสม ซึ่งโดยปกติการค้นพบองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่นั้น นักวิทยาศาสตร์ต้องมีการให้เหตุผลผ่าน กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสังเกต การสร้างสมมติฐาน การทดลอง สรุปผล จนกระทั่งนำข้อมูลที่ได้มาสร้าง คำพยากรณ์เพื่อให้ได้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสมเหตุสมผล และเป็นที่ยอมรับได้ ดังนั้น การให้เหตุผลทาง วิทยาศาสตร์ จึงมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสร้างมีโนมติทางวิทยาศาสตร์ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการประเมินที่สะท้อนองค์ความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้ เป็นไปตามเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การประเมินตามโครงการ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) เป็นโครงการ ที่ประเมินใน 3 ด้าน คือ ความรู้ การประยุกต์ใช้ความรู้ และการให้เหตุผล พบว่านักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยในด้าน

ความรู้สูงสุด รองลงมา คือ ด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ และต่ำที่สุดคือด้านการให้เหตุผล (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2011, pp. 5-16) จากผลการประเมินระดับประเทศดังกล่าว มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม (SMTE) ที่ผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้ หลังจากได้นำแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างจากแนวคิดของ Lawson (as cited in Bao, et al, 2009, pp. 32-34) มาทดสอบ ซึ่งพบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่สามารถให้เหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนคำตอบที่เลือกได้ถูกต้องและสมเหตุสมผล ซึ่งจากผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีการประยุกต์ใช้โมเดลทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่างๆ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ได้อยู่ในเกณฑ์เป้าหมายที่ตั้งไว้ของห้องเรียนพิเศษ

อย่างไรก็ตาม จากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ในบทเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ พบว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้เน้นการสอนแบบบรรยาย ที่มีให้นักเรียนได้ฝึกการทำโจทย์การคำนวณ และมีน้อยครั้งที่จะได้ทำปฏิบัติการในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ซึ่งจากการที่ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบนี้ยังไม่เพียงพอให้นักเรียนสามารถพัฒนาการคิดขั้นสูง การประยุกต์ใช้ความรู้ และการคิดอย่างเป็นนักวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนั้นแล้วเมื่อมาวิเคราะห์ธรรมชาติของเนื้อหาในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ที่เป็นการทำโจทย์อย่างซับซ้อนซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดความคลาดเคลื่อนในโมเดลดังกล่าวได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องสารกำหนดปริมาณ ที่นักเรียนจะไม่สามารถกำหนดได้ว่าสารใดคือสารกำหนดปริมาณ เมื่อมีอีกสารหนึ่งในสมการเคมีที่มีเลขสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกัน (Martin, et al., 2006) เพราะฉะนั้นการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย อาจไม่เพียงพอให้นักเรียนเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ทำให้ผู้วิจัยศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องมากขึ้น นอกจากนั้นแล้วการที่นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องใช้เหตุผล ทักษะที่จำเป็นทางวิทยาศาสตร์ จึงทำให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ควบคู่อีกด้วย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงโมเดลของ Hewson and Hewson (as cited in Chaisatit, 2012, pp. 33-34) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเกิดการปรับโมเดลของตนเองไปสู่โมเดลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและสมบูรณ์ขึ้น โดยมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การบูรณาการ (Integration) 2) การแยกความแตกต่าง (Differentiation) 3) การแลกเปลี่ยน (Exchange) 4) การเชื่อมประสานการรับรู้โมเดล (Conceptual bridging) โดยรูปแบบดังกล่าวนักเรียนจะมีการสำรวจโดยใช้โมเดลเดิมของตนเอง โดยที่โมเดลเดิมนั้นจะไม่เพียงต่อการใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่นๆ ได้ จึงต้องมีการรับรู้โมเดลใหม่ ทำให้ผู้เรียนเกิดการไตร่ตรองพิจารณา และจะต้องแสดงเหตุผลเพื่อให้โมเดลใหม่ดูน่าเชื่อถือ และอย่างน้อยโมเดลใหม่จะต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้ ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมดังกล่าวได้ นอกจากนั้นจะทำให้เกิดการเรียนรู้และปรับเปลี่ยนโมเดลทางวิทยาศาสตร์ได้สมบูรณ์อีกด้วย

จากสภาพปัญหา แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาการพัฒนาโมเดลทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงโมเดล เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติที่สามารถพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยนำหลักการและขั้นตอนของการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis มาเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ใน 1 วงจร ได้แก่ 1) ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยนำแบบทดสอบมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ใช้กับกลุ่มเป้าหมาย และสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียนเพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ 2) ขั้นปฏิบัติ (Act) ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติที่สร้างขึ้น โดยมีใบกิจกรรม 2 ชุด เพื่อพัฒนาทั้งมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้กลุ่มเป้าหมายบันทึกขณะจัดการเรียนรู้ 3) ขั้นสังเกต (Observe) ผู้วิจัยและผู้ร่วมสะท้อนวิจัยสังเกตการณ์ในชั้นเรียนขณะจัดการเรียนรู้ โดยใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูล คือ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ 4) ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมทั้ง 2 ชุด เพื่อสะท้อนระดับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเป้าหมาย และนำข้อมูลจากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ทำเช่นนี้จนครบ 3 วงจร และทำการทดสอบมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังครบ 3 วงจร โดยใช้แบบทดสอบมโนคติทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1. ขอบเขตการวิจัย

1.1 กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งเป็นห้องเรียนพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม จำนวน 1 ห้องเรียน ทั้งหมด 29 คน

1.2 ขอบเขตเนื้อหา ความรู้เนื้อหารายวิชาเคมีเพิ่มเติม 2 เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งตรงตามหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคเทียบเคียงหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย หัวข้อย่อย ได้แก่ สารกำหนดปริมาณ การคำนวณจากสมการเคมีที่เกี่ยวข้องมากกว่าหนึ่งสมการ และผลได้ร้อยละ

1.3 ขอบเขตด้านเวลา ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมงแบ่งเป็น 4 ชั่วโมงต่อหนึ่งวงจรปฏิบัติการ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติ ในวิชาเคมี 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผน แผนการเรียนรู้ละ 4 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง โดยมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 3 แผนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 4.63 และ 4.72 ตามลำดับ

2.2 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ สำหรับผู้วิจัย และผู้ร่วมสะท้อนวิจัยในการบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ ปัญหา และแนวทางในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติที่ส่งเสริมมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.3 แบบทดสอบมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยสถานการณ์ ได้แก่ เชื้อเพลิงแก๊สออกไซด์ และการกำจัดแก๊ส H_2S ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ 2 ชั้น (Two-tier) จำนวน 3 ข้อ โดยส่วนที่ 1 เป็นการอธิบายมโนคติในเรื่องสารกำหนดปริมาณ การคำนวณจากสมการเคมีที่เกี่ยวข้องมากกว่าหนึ่งสมการ และผลได้ร้อยละ ในส่วนที่ 2 คือ การให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนการตอบในส่วน ซึ่งได้สร้างจากกรอบแนวคิดตามแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนของ Lawson (2009) ตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า มีค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) เท่ากับ 0.67 และ 1

3. การวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ทางผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

3.1 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นการวิเคราะห์ผลจากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และได้ตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) แบบ Resource triangulation คือการใช้แหล่งข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง จากผู้วิจัย และผู้ร่วมสะท้อนวิจัย ให้ข้อมูลประเด็นเดียวกัน และใช้เครื่องมือวิจัยเก็บข้อมูลชนิดเดียวกัน (Kijkuakul, 2014, p. 181) คือ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ และเปรียบเทียบความสอดคล้องของแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติเพื่อพัฒนา มโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

3.2 วิเคราะห์เชิงปริมาณ เป็นการวิเคราะห์ผลจากแบบทดสอบมโนคติทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ได้แก่

3.2.1 มโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยแบ่งระดับจากคำตอบของนักเรียนเป็น 5 ระดับตาม Mungsing (1993) ได้แก่ 1) ความเข้าใจมโนคติที่สมบูรณ์ 2) ความเข้าใจมโนคติเพียงบางส่วน 3) ความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน 4) มโนคติที่คลาดเคลื่อน และ 5) ความไม่เข้าใจ

3.2.2 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยได้จัดลำดับตามเกณฑ์ของ Lawson (2009) ได้แก่ ระดับสูง ระดับกลาง และระดับต่ำ และรายงานเป็นร้อยละของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งการแบ่งระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นไปตามรายละเอียด ดังนี้

ตาราง 1 แสดงรายละเอียดเกณฑ์การแบ่งระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
1. การใช้ข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อ สรุปลงข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อย่างสมเหตุสมผล	ไม่มีการให้เหตุผล หรือมี การให้เหตุผลจากข้อมูลที่ ผิดพลาดทำให้การสรุป ผิดพลาด	มีการให้เหตุผลที่อ้างอิงจาก หลักฐานที่มีการเก็บ รวบรวมที่คลาดเคลื่อน แต่ ไม่ทำให้การสรุปผิดพลาด	มีการให้เหตุผลที่อ้างอิงจาก หลักฐานที่มีการเก็บ รวบรวมอย่างถูกต้องและ สมบูรณ์
2. การใช้อรรถความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ในการพยากรณ์การ เปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์	ไม่มีการให้เหตุผล หรือมี การให้เหตุผลจากข้อมูลที่ ผิดพลาดทำให้การ พยากรณ์ผิดพลาด	มีการให้เหตุผลที่อ้างอิงจาก หลักฐานที่มีการเก็บ รวบรวมที่คลาดเคลื่อน แต่ ไม่ทำให้การพยากรณ์ ผิดพลาด	มีการให้เหตุผลที่อ้างอิงจาก หลักฐานที่มีการเก็บ รวบรวมอย่างถูกต้องและ สมบูรณ์

ผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ในการวิจัย ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อค้นพบหลังจากนั้นนำข้อมูลจาก 3 วงจรมาวิเคราะห์ และสรุปลงมาเป็นประเด็นในแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการเปลี่ยนแปลงมโนคติที่มีประสิทธิภาพต่อมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังรายละเอียดตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนมโนคติต่อไปนี้

1. ขั้นบูรณาการ (Integration)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบใบกิจกรรม 1 โดยเริ่มจากการใช้คำถามที่เกี่ยวกับมโนคติเดิมที่มีอยู่ และคำถามที่เกี่ยวข้องมโนคติใหม่ เพื่อเป็นการนำนักเรียนไปสู่ความขัดแย้งหรือทำให้เกิดการไม่ยอมรับมโนคติเดิมของตนเอง ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการหาคำตอบในการทำใบกิจกรรม โดยนักเรียนบางคนพยายามใช้มโนคติเดิมในการหาคำตอบบางคนมีการซักถามกับผู้วิจัยหรือเพื่อนคนอื่น

จากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว พบว่า “การจัดการเรียนรู้ที่มีการใช้คำถามที่เกี่ยวข้องกับมโนคติใหม่เพื่อทบทวนมโนคติเดิม และใช้คำถามที่เกี่ยวกับมโนคติใหม่” ทำให้นักเรียนรับรู้ได้ว่ามโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองมีอยู่นั้นยังไม่เพียงพอต่อการตอบคำถามในใบกิจกรรม บรรยากาศในชั้นเรียนจะเริ่มฮือฮือและนักเรียนมีความสนใจในการที่อยากจรรูถึงแนวทางการคิดเพื่อให้ได้คำตอบเป็นอย่างมาก ดังตัวอย่างคำถามของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้

... คุณครูคะ มันมีการบอกปริมาณทั้ง S_8 และ Cl_2 แล้วเราจะใช้ตัวไหนเทียบว่าจะเกิด S_2Cl_2 เท่าไหร่

... ทำไมหนูลองเทียบหาปริมาณของผลิตภัณฑ์จาก S_8 และ Cl_2 แล้วได้คำตอบที่แตกต่างกัน แล้วต้องใช้ตัวไหนถึงจะถูกคะ

(บทสนทนาระหว่างการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1, 22 มกราคม 2561)

จากคำถามที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนแสดงให้เห็นว่า คำถามในใบกิจกรรม 1 ทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้ง และรับรู้ได้ว่าโมติเดิมของตนเองไม่เพียงพอต่อการตอบคำถามได้ และพยายามหามโนมติอื่นๆ ที่จะสามารถนำมาอธิบายสถานการณ์ในคำถามดังกล่าว

2. ขั้นการแยกความแตกต่าง (Differentiation)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะมีการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนเกี่ยวกับประเด็นในมโนมติใหม่ จากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว พบว่า “การใช้คำถามที่เหมาะสมมาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน จะทำให้นักเรียนเกิดการปรับเปลี่ยนมโนมติที่มีพื้นฐานอยู่บนมโนมติเดิมที่มีอยู่” ซึ่งการใช้คำถามเพื่อให้เกิดการอภิปรายเกี่ยวกับมโนมติใหม่ในชั้นเรียนภายหลังจากที่นักเรียนเกิดความไม่พึงพอใจต่อมโนมติเดิมในการทำใบกิจกรรม 1 แล้ว นักเรียนจะเกิดการไตร่ตรองพิจารณาเพื่อจะจัดความขัดแย้งที่เกิดขึ้น ซึ่งผู้เรียนจะแสดงเหตุผลเพื่อให้มโนมติใหม่มีความน่าเชื่อถือ และอย่างน้อยจะต้องมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้ ส่งผลให้ความเข้าใจมโนติของนักเรียนเปลี่ยนแปลง หรือปรับเปลี่ยนมาสู่การเป็นความเข้าใจมโนติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและสมบูรณ์ขึ้น ดังตัวอย่างคำตอบในภาพ 1

ก่อนเรียน	การคำนวณ	วิธีคิด
(Emp)	$3x + 4Cl_2 \rightarrow 4S_2Cl_2$ $\begin{array}{ccc} 1 & 4 & 4 \\ 256g & 284g & 240g \end{array}$ <p> $3x = 256g$ ทั้งปฏิกิริยาพอดีกับ Cl_2 284g $3x = 1$ ทั้งปฏิกิริยาพอดีกับ Cl_2 284g </p> <p> แสดงว่า Cl_2 0 = จุดเริ่มต้นก่อน $18 Cl_2$ 284g เกิด $5 Cl_2$ 240g $18 Cl_2$ 224g เกิด $5 Cl_2$ 240g </p> $\frac{284 \times 18}{18} = 284$ $\frac{240 \times 5}{5} = 240$ $284 - 240 = 44$	<ol style="list-style-type: none"> จุดเริ่มต้น หา mol หา mol เขียนปฏิกิริยาเคมีของ Cl_2 กับ S_2 ใช้สมการเคมีของ $3x$ หา Cl_2 จากในคิด $2Cl_2$ mol

ภาพ 1 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในเรื่อง สารกำหนดปริมาณในขั้นการแยกความแตกต่าง

จากภาพ 1 ภายหลังจากการใช้คำถามแล้ว นักเรียนจะพยายามหาว่าระหว่างสารตั้งต้น 2 ชนิด สารชนิดใดจะถูกใช้หมดก่อน โดยนักเรียนมีการใช้มโนมติเดิมที่ได้เคยศึกษาในเรื่องความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการเคมีเพื่อหาคำตอบ

3. ขั้นการแลกเปลี่ยน (Exchange)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้มีการให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนมติใหม่ และตระหนักได้ถึงความไม่น่าเชื่อถือของมโนมติเดิม ทำให้นักเรียนเปิดกว้างและพร้อมที่ปรับเปลี่ยนมโนมติของตนเองไปสู่ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตามจากวงจรที่ 1 กลับพบว่า “การจัดการเรียนรู้ที่ไม่ต่อเนื่องกัน โดยไม่มีการให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนมติใหม่ทันที ทำให้ความสนใจในการเปิดรับและปรับเปลี่ยนมโนมติหมดไป” โดยในการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยไม่ได้ดำเนินการให้นักเรียนเรียนรู้มโนมติใหม่ทันทีภายหลังจากที่นักเรียนทำใบกิจกรรม 1 โดยใช้มโนมติเดิมที่มีอยู่เสร็จ ทำให้ความสนใจและความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ และความพร้อมในการปรับเปลี่ยนมโนมติของนักเรียนหมด

ดังนั้น ผู้วิจัยได้มีการปรับปรุงแนวทางการจัดกิจกรรมในวงจรต่อไป โดยภายหลังจากที่นักเรียนทำใบกิจกรรม 1 เสร็จจากการใช้มโนมติเดิม นักเรียนจะได้เรียนรู้มโนมติใหม่ทันทีโดยการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนเกี่ยวกับ

ประเด็นของมโนคติใหม่ ซึ่งพบว่า นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจที่พร้อมจะเกิดการปรับเปลี่ยนมโนคติของตนเองไปสู่ มโนคติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องใหม่ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 2

หลังเรียน		การคำนวณ	วิธีคิด
		$Sr + 4Cl_2 \rightarrow 4SrCl_2$ $1 \text{ mol} \quad 4 \text{ mol} \quad 4 \text{ mol}$ $87.6 \text{ g} \quad 274 \text{ g} \quad 590 \text{ g}$ $\frac{87.6}{87.6} = 1 \text{ mol}$ $\frac{274}{274} = 1 \text{ mol}$ <p style="color: red;">จำนวนที่ ป้อนมา</p> $\frac{274}{274} = 1 \text{ mol}$ $\frac{590}{274} = 2.15 \text{ mol}$	1. ดูสมการเคมี 2. หา mol 3. หา mol 4. นำสารที่หาออกมา 5. เทียบปริมาณที่ได้ออกมา 6. หา $SrCl_2$ ที่เกิด
Cl ₂	274 g	0.5 เกิด	SrCl ₂ 590 g
Cl ₂	674 g	0.5 เกิด	SrCl ₂ 590 g
			$\frac{590 \times 274}{274} = 11.80 \text{ g}$

ภาพ 2 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในเรื่อง สารกำหนดปริมาณในชั้นการแลกเปลี่ยน

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 2 พบว่า สิ่งที่นักเรียนเข้าใจในตอนแรกที่ว่าถูกใช้หมดก่อน (ในภาพ 1) ภายหลังจากเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องสารกำหนดปริมาณ ทำให้สามารถรับรู้ได้ว่า สารที่หมดก่อนนั้น คือ สารกำหนด ปริมาณ และนักเรียนมีการเลือกใช้วิธีการหาสารกำหนดปริมาณที่คำนวณได้ง่ายกว่าอันเดิม

4. ชั้นการเชื่อมประสานการรับรู้มโนคติ (Conceptual bridging)

ในขั้นนี้ นักเรียนจะได้ทำใบกิจกรรมที่ 2 ที่มีสถานการณ์ปัญหาในบริบทที่แตกต่างออกไป เพื่อเชื่อมโยง มโนคติใหม่ที่เพิ่งเรียนกับประสบการณ์ ซึ่งจะช่วยสร้างให้นักเรียนมองเห็นว่ามโนคติใหม่เหล่านี้มีเหตุผลน่าเชื่อถือได้ และมีประโยชน์ต่อตัวผู้เรียน โดยการใช้สถานการณ์จำลอง และมีคำถามของปัญหาที่ทำให้นักเรียนเกิดการสำรวจ และ รวบรวมคำตอบโดยใช้มโนคติทางวิทยาศาสตร์ พร้อมให้เหตุผลประกอบการตอบคำถามจะช่วยผลักดันให้นักเรียนเกิด การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจากสถานการณ์ที่ใช้ในวงจรที่ 1 นั้นเกี่ยวกับการกำจัดแก๊ส SO₂ ในโรงงาน วงจรที่ 2 เกี่ยวกับแก๊สที่อาจก่อให้เกิดฝนกรด ซึ่งทั้งสองสถานการณ์เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม พบว่า นักเรียนมีความสนใจในสถานการณ์ที่นำมาเป็นตัวดำเนินกิจกรรม และสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาจากมโนคติทาง วิทยาศาสตร์ที่เรียนกับสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างถูกต้องขึ้น จึงทำให้ผู้วิจัยได้ปรับสถานการณ์ในวงจรที่ 3 ให้มี ความเกี่ยวข้องกับบริบทในวงจรที่ 1 และ 2 เป็นสถานการณ์ในเรื่องแบตเตอรี่อนาคต ซึ่งเกี่ยวกับปฏิกิริยาการสังเคราะห์ ที่เกิดสารผลิตภัณฑ์ร่วมที่เป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

จากการปรับสถานการณ์ในวงจรที่ 3 พบว่า “การใช้สถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในธีมเดียวกันทั้ง 3 วงจร จะทำให้นักเรียนมีการสนับสนุนการให้เหตุผลโดยใช้มโนคติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องอื่นๆ” โดยนักเรียนสามารถใช้องค์ ความรู้ที่เกี่ยวกับมลภาวะที่เคยได้รับรู้มาจากวงจรที่ 1 และ 2 มาใช้เป็นหลักฐานประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของตนเองที่นอกเหนือจากการใช้การคำนวณในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ดังตัวอย่างคำตอบการให้เหตุผลทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพ 3a และ 3b

คำตอบ	ทั้งหมด 1
เพราะเหตุใด	เพราะผลที่ได้ S ₂ มากกว่า และนริธี่สั่งจัด CO ที่ขจัด เมื่อระดับโอโซนลดลงทั่วโลก.

ภาพ 3a ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในการให้เหตุผลแบบการใช้ข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล

คำตอบ	เลือกทั้งหมด 2
เพราะเหตุใด	จากปฏิกิริยาการสับตรงกัน S ₂ บวกกับ CO ทั้งหมดซึ่งทำให้เกิด แก๊ส CO ซึ่งเป็นมลพิษต่อโลกมากกว่าในขณะนั้น แต่จากทั้งหมด 2 ก็พบว่า ต้นทุนจะสูงแต่ก็ไม่ทำให้โลกเกิดมลพิษ แก๊สพิษ ซึ่งเลือกทั้งหมด 2

ภาพ 3b ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในการให้เหตุผลแบบการใช้ข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล

จากภาพตัวอย่างข้างต้น จะเห็นว่า การให้เหตุผลของทั้งสองตัวอย่างไม่ได้อยู่บนพื้นฐานจากข้อมูลในมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ แต่นักเรียนมีการให้เหตุผลอื่นโดยการใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์ในวงจรก่อนหน้า ในภาพ 3a นักเรียนเคยเรียนรู้มาจากสถานการณ์ในการศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดแก๊ส SO₂ จากวงจรที่ 1 ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และในภาพ 3b มีการกล่าวอ้างจากการศึกษาเกี่ยวกับแก๊สที่อาจก่อให้เกิดฝนกรดจากวงจรที่ 2 ดังนั้น จากการใช้สถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกันทั้ง 3 วงจรปฏิบัติกรทำให้นักเรียนมีองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องอื่นๆ ที่นอกเหนือจากเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ที่สามารถนำมาใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วย

ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนติดังกล่าวจำนวน 3 วงจร ผู้วิจัยได้ทดสอบมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ระดับมโนคติทางวิทยาศาสตร์แสดงดังตาราง 2 และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แสดงดังตาราง 3

ตาราง 2 แสดงระดับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ จากแบบทดสอบในหลังการจัดการเรียนรู้

มโนคติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน [คน (ร้อยละ)]		
	สารกำหนดปริมาณ	การคำนวณจากสมการที่เกี่ยวข้องมากกว่าหนึ่งสมการ	ผลได้ร้อยละ
ความเข้าใจมโนคติที่สมบูรณ์ (CU)	25(86)	24(85)	23(79)
ความเข้าใจมโนคติเพียงบางส่วน (PU)	0(0)	5(15)	6(21)
ความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (PS)	4(14)	0(0)	0(0)
มโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC)	0(0)	0(0)	0(0)
ความไม่เข้าใจ (NU)	0(0)	0(0)	0(0)

ตาราง 3 แสดงระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากแบบทดสอบในหลังการจัดการเรียนรู้

ประเภทการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน [คน (ร้อยละ)]		
	ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์		
	ระดับสูง	ระดับกลาง	ระดับต่ำ
1. การใช้ข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล	24 (83)	5 (17)	0 (0)
2. การใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์	22 (76)	7 (24)	0 (0)

หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติจำนวน 3 วงจรปฏิบัติที่มีการปรับปรุงและพัฒนาแนวการจัดการเรียนรู้ พบว่า จากตาราง 2 นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 เรื่องในระดับความเข้าใจมโนคติที่สมบูรณ์ โดยที่มากที่สุดอยู่ในเรื่องสารกำหนดปริมาณ จำนวนนักเรียนร้อยละ 86 จากทั้งหมด รองลงมาเป็นเรื่องการคำนวณจากสมการที่เกี่ยวข้องมากกว่าหนึ่งสมการ จำนวนนักเรียนร้อยละ 85 จากทั้งหมด และสุดท้าย คือ เรื่องผลได้ร้อยละ จำนวนนักเรียนร้อยละ 79 จากทั้งหมด

จากตาราง 3 จำนวนนักเรียนร้อยละ 83 และ 76 มีระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง ทั้งแบบการใช้ข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล และแบบการใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ตามลำดับ

จากข้อมูลที่ได้สามารถนำมาสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติ เพื่อพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ได้ดังนี้

1. ใบบัณฑิตที่ 1 ในการพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนควรเริ่มจากง่ายไปยาก และมีการทบทวนมโนคติเดิมหรือมโนคติที่เกี่ยวข้องกับมโนคติใหม่ เพื่อเป็นการทบทวนความรู้ของนักเรียนและให้นักเรียนได้รับรู้ว่ามีมโนคติที่ตนเองมีอยู่นั้นเพียงพอหรือไม่ (ขั้นบูรณาการ)

2. เมื่อนักเรียนรับรู้ว่ามีมโนคติที่ตนเองมีอยู่ไม่เพียงพอต่อการคำนวณ นักเรียนจะมีความอยากรู้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องมีการใช้คำถามมาอภิปรายในชั้นเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการกระบวนกรคิดด้วยการใช้มโนคติเดิม และมีความพร้อมที่ปรับเปลี่ยนมโนคติของตนเอง (ขั้นการแยกความแตกต่างและขั้นการแลกเปลี่ยน)

3. การใช้สถานการณ์ให้นักเรียนได้เชื่อมโยงและประยุกต์ใช้มโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนมาจะส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ได้สมบูรณ์ขึ้น นอกจากนั้นการใช้บริบทในสถานการณ์ที่มีความเชื่อมโยงกัน จะส่งผลให้นักเรียนเกิดการรวบรวมและใช้ข้อมูลหลักฐานที่มีความหลากหลายขึ้น ซึ่งสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้สมเหตุสมผลขึ้น (ขั้นการเชื่อมโยงประสบการณ์การรับรู้มโนคติ)

การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติ นักเรียนมีระดับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ที่สูงขึ้น และนอกจากนั้น สามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้อยู่ในระดับสูงได้ด้วย สามารถอภิปรายตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติ ได้ดังนี้

1. ขั้นบูรณาการ เป็นขั้นตอนที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อบูรณาการการรับรู้โน้มน้อมใหม่กับการรับรู้โน้มน้อมเดิมที่มีอยู่เดิมหรือบูรณาการการรับรู้โน้มน้อมต่างๆ ที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกัน โดยแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มเล็กๆ ให้นักเรียนได้วิเคราะห์และร่วมกันทำโจทย์คำนวณ ซึ่งคำถามจะเริ่มจากง่ายเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนโน้มน้อมเดิมของตนเอง จนไปสู่เรื่องที่ยากคือ โน้มน้อมใหม่สามารถสร้างความขัดแย้งต่อโน้มน้อมเดิมของนักเรียน และส่งผลให้นักเรียนไม่พึงพอใจต่อโน้มน้อมเดิมที่ตนเองมีอยู่ และพร้อมที่จะรับโน้มน้อมอื่นๆ ที่สามารถมาใช้อธิบายได้ดีกว่า สอดคล้องกับ Sukkho (2013) ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ความสำคัญกับการตรวจสอบโน้มน้อมเดิมของนักเรียน การให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจโน้มน้อมได้มากขึ้น

2. ขั้นการแยกความแตกต่าง เป็นขั้นตอนที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนสามารถแยกการรับรู้โน้มน้อมเดิมกับการรับรู้โน้มน้อมใหม่ที่ใกล้เคียงกันแต่มีความชัดเจนกว่า ในขั้นนี้การที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความไม่พึงพอใจต่อโน้มน้อมของตนเองโดยใช้คำถามในใบกิจกรรม 1 ซึ่งจะจุดเริ่มต้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยและข้อคำถามมากมาย ทำให้ครูผู้สอนสามารถนำคำถามมาใช้ในการอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ความเข้าใจโน้มน้อมเดิมของนักเรียนเปลี่ยนแปลง หรือปรับเปลี่ยนมาสู่การเป็นความเข้าใจโน้มน้อมทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและสมบูรณ์ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Hewson (as cited in Chanunan, 2014, pp. 200-211) ที่กล่าวว่า การที่ครูผู้สอนใช้กลยุทธ์ในการถามคำถามที่นักเรียนไม่สามารถหาคำตอบได้จากโน้มน้อมที่นักเรียนเคยมีมาก่อน และชี้ให้เห็นว่าโน้มน้อมเดิมที่มีอยู่ไม่เหมาะสมกับการตอบคำถามส่วนความรู้ใหม่ที่จะได้เรียนรู้มีข้อดีกว่า นักเรียนจะเริ่มเกิดกระบวนการตรวจสอบข้อมูลที่มีอยู่และข้อมูลใหม่ด้วยตัวเอง บรรยายการในห้องเรียนเกิดความอึดอัดเนื่องจากไม่สามารถหาคำตอบได้

3. ขั้นการแลกเปลี่ยน เป็นขั้นตอนที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อแลกเปลี่ยนการรับรู้โน้มน้อมเดิมกับการรับรู้โน้มน้อมใหม่ และแสดงให้เห็นว่าการรับรู้โน้มน้อมใหม่สามารถอธิบายได้มากกว่าโน้มน้อมเดิม โดยในขั้นนี้เมื่อนักเรียนทำใบกิจกรรม 1 ที่เกิดจากการใช้โน้มน้อมเดิมสำเร็จแล้ว ครูผู้สอนควรนำโน้มน้อมใหม่มาช่วยอภิปรายในชั้นเรียน จะส่งผลให้นักเรียนเกิดการรับรู้ได้ว่าโน้มน้อมใหม่เข้าใจได้ง่ายกว่า และสามารถอธิบายได้มากกว่าอันเดิม ทำให้นักเรียนยอมรับและเกิดปรับเปลี่ยนโน้มน้อมเดิมขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Sukkho (2013) ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบให้ความสำคัญกับการตรวจสอบโน้มน้อมเดิมของนักเรียน การให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจโน้มน้อมได้มากขึ้น

4. ขั้นการเชื่อมโยงประสบการณ์การรับรู้โน้มน้อม เป็นขั้นตอนที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างโน้มน้อมในบริบทที่เหมาะสมและเชื่อมโยงกับประสบการณ์ที่มีความหมาย โดยผ่านกิจกรรมที่มีสถานการณ์ของปัญหาจำลองขึ้นมา นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ร่วมกันหาคำตอบ ทำการคำนวณจากการใช้โน้มน้อมทางวิทยาศาสตร์จากที่เคยเรียนรู้มา วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปพร้อมกันพร้อมให้เหตุผลประกอบว่าเหตุใดจึงเลือกเช่นนั้น โดยการใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในวงจรปฏิบัติการก่อนหน้า จะทำให้นักเรียนมีโน้มน้อมทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการคำนวณเกี่ยวกับปริมาณสารสัมพันธ์ที่นักเรียนสามารถนำมาใช้เป็นหลักฐานที่เหมาะสมในการให้เหตุผลประกอบข้อคำตอบของนักเรียนได้ นอกจากนั้นในใบกิจกรรมนั้นจะมีช่องให้นักเรียนได้รวบรวมข้อมูลหลักฐานที่จำเป็นที่จะนำไปสู่การสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลโดยใช้ข้อมูลที่นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์มาอธิบายได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งสอดคล้องกับ Anuworrachai (2010) ว่านักเรียนต้องสร้างข้อกล่าว

อ้างที่มีหลักฐานยืนยัน และมีการให้เหตุผลประกอบการสร้างคำอธิบายที่มาจากความคิดและตัดสินใจโดยใช้พื้นฐานของเหตุและผล จึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปโดยใช้หลักฐานที่มีความสมเหตุสมผลได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติ มีขั้นตอนที่ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม มีการรวบรวมหลักฐาน อภิปรายร่วมกัน และลงข้อสรุปโดยการให้เหตุผลจากหลักฐานที่มีความเหมาะสม อาจจะศึกษาและพัฒนาทักษะ และความสามารถอื่นๆ เช่น ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2. ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติ เพื่อพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษ ดังนั้นในการนำงานวิจัยไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนควรมีการปรับปรุงแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับบริบทของห้องเรียนและธรรมชาติของเนื้อหาวิชาอื่นๆ

References

- Anuworrachai, S. (2010). *Effects of biology instruction using the argument-given inquiry instructional model in ability in scientific explanation making and rationality of upper secondary school students* (Master thesis). Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- Bao, L., et al. (2009). Learning and scientific reasoning. *Science Magazine*, 323(5914), 586-587.
- Chaisatit, N. (2012). *Conceptual change and the motivational beliefs on cell division of Mathayomsuksa IV students using conceptual change strategies* (Master thesis). Khon Kaen: Khon Kaen University. [in Thai]
- Chanunan, S. (2014). Writing for science learning: Theoretical criticism and its practical implication for classroom uses. *Journal of Education Naresuan University*, 16(4), 200-211. [in Thai]
- Kijkuakul, S. (2014). *Instruction for science: A guide for the 21st century*. Phetchabun: Juldis Printing. [in Thai]
- Laohapailoon, P. (1999). *Science teaching*. Bangkok: Thai Wattapanich Printing. [in Thai]
- Lawson, M. (2009) Understanding and treating children who experience interpersonal maltreatment: Empirical findings. *Journal of Counseling & Development*, 87(2), 204-215.
- Martin, F., Tanja, D. B., & Ilka, P. (2006). *Results of an interview study as basis for the development of stepped supporting tools for stoichiometric problems*. Available from http://www.rsc.org/images/Fach%20paper%20final_tcm18-76278.pdf
- Mungsing, W. (1993). *Students' alternative conceptions about genetics and the use of teaching strategies for conceptual change* Wancharee Mungsing (Master thesis) U.S.A.: University of Alberta.

Sukkho, S. (2013). *Effect of the using conceptual change teaching strategy on conceptual understanding in radioactivity and nuclear energy topics for Matayomsuksa IV students* (Master thesis). Phitsanulok: Naresuan University. [in Thai]

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2011). *Research report on TIMSS 2011 in science*. Retrieved October 31, 2016, from <http://timssthailand.ipst.ac.th/timss/reports/timss2011-science-report> [in Thai]