

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ
เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีต่อมโนคติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถ
ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
โรงเรียนลำพระเพลิงพิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา

The Effects of Learning Activities Management Using the Analogy Approach of
Learning Management in the Topic of Rates of Chemical Reactions on Scientific
Concepts and Scientific Reasoning for Mathayom Suksa V Students at
Lamphraphloeng Pitthayakhom School in Nakhonratchasima Province

เฟื่องฟ้า บุญกอง¹
จุฬารัตน์ ธรรมประทีป²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และ (2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กลุ่มที่ศึกษา เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนลำพระเพลิงพิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 38 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยมีดังนี้ 1) ความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนคติในระดับคลาดเคลื่อนทุกมโนคติ และไม่มีนักเรียนที่มีเข้าใจในระดับที่สมบูรณ์ หลังการจัดกิจกรรม พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจมโนคติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในระดับที่สมบูรณ์ และระดับที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียนมีความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อนลดลงทุกมโนคติ และ 2) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ, มโนคติทางวิทยาศาสตร์, ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Abstract

The purposes of this research were (1) to compare the understanding of scientific conceptions of students before and after by using analogy approach in the topic of rate of chemical reactions, and (2) to compare the scientific reasoning abilities of students before and after by using analogy approach in the topic of rates of chemical reactions. The Sample of this study consisted of

¹ นักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

² อาจารย์ที่ปรึกษา, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

38 MathayomSuksa V students, science - math program in the second semester of the 2014 academic year at Lampraploengpittayakom School, Nakhonratchasima province which were obtained by purposively selection. The research instruments were analogy approach in the topic of rates of chemical reactions, scientific concept test and scientific reasoning ability test. The data were analyzed using percentage, mean, and content analysis. The results showed that 1) the understanding scientific concepts of students, before learning by the analogy approach, most students had alternative conception and none students had the complete understanding. After learning by the analogy approach, students had changed their scientific conception. The number students had alternative conception were decreased. Most students had partial understanding and complete understanding. and 2) the scientific reasoning abilities of students after learning activities, an average score of students was higher than before.

Keywords: Analogy Approach, Scientific concepts, Scientific Reasoning

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์ทำให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดมีวิจารณญาณ มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุมีผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551, น. 62)

ในการพัฒนานักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยเฉพาะสมรรถนะความสามารถในการคิดเป็นสมรรถนะสำคัญที่มุ่งให้เกิดกับนักเรียน เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

จากผลการประเมินผลทางการเรียนของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) เน้นการสอบด้านคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาการเขียนตอบด้วยการอธิบายให้เหตุผล พบว่าตั้งแต่ PISA 2000 จนกระทั่งมาถึง PISA 2012 นักเรียนไทยมีผลการประเมิน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานของ OECD ที่ 500คะแนน (สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

นอกจากนี้ผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (O-NET) พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของนักเรียนโรงเรียนลำพระเพลิงพิทยาคม มีผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2552-2556 มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 และต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ

ผลการประเมินจาก PISA และผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (O-NET) สามารถสะท้อนคุณภาพการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ของเด็กไทย ถึงกระบวนการเรียนการสอนที่ยังด้อยอยู่ ทำให้การเรียนการสอนบางส่วนยังไม่ส่งผลให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่อ้างว่านักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ในวิชาเคมี จากการศึกษาของมนตรี เชื้อพันธุ์งาม (2543) ซึ่งได้ทำการศึกษามโนคติเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่า นักเรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อนโดยคลาดเคลื่อนทางด้านคำตอบหรือตอบถูกเฉพาะด้านเหตุผลมีค่าร้อยละอยู่ในช่วง 11.7-21.5 มโนคติที่นักเรียนคลาดเคลื่อนทางด้านคำตอบมากที่สุด คือ เรื่องการอธิบายผลของปัจจัยต่างๆต่อ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 21.5 ส่วนการคลาดเคลื่อนทางด้านเหตุผลหรือตอบถูกเฉพาะคำตอบ มีค่าร้อยละอยู่ในช่วง 6.2-18.9 มโนคติที่นักเรียนคลาดเคลื่อนทางด้านเหตุผลมากที่สุด คือ เรื่องความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 18.9 ซึ่งแนวคิดที่คลาดเคลื่อนส่วนใหญ่จะเป็นแนวคิดที่เป็นนามธรรม

วิธีการสอนแบบเปรียบเทียบ เป็นวิธีการสอนวิธีหนึ่งที่ทำให้ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น โดยครูต้องสอนจากสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย ครูจำเป็นต้องพิจารณาถึงพื้นฐานของนักเรียน และควรได้มีการระบุสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบกับเรื่องที่เรียนนั้นว่ามีสิ่งใดเหมือนหรือสิ่งใดแตกต่างกัน (Harrison and Treagust, 1993: 1292-1293) ใช้สิ่งที่สามารถมองเห็นได้ การสอนแบบเปรียบเทียบจะช่วยเสริมต่อการเรียนรู้ และส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียนให้เกิดการขยายความรู้ เป็นกระบวนการที่จะช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมของนักเรียนที่มีอยู่เพื่ออธิบายสิ่งใหม่ ข้อมูลใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ (Glynn, 1991) การสอนแบบเปรียบเทียบ (Analogy Approach) ตามแนวทาง Focus-Action-Reflection (FAR) Guide (Harrison and Coll, 2008) ซึ่งมีแนวทางดังนี้ (1) ขั้นเตรียมการจัดการเรียนรู้ (Focus) เป็นขั้นที่ครูต้องเตรียมวางแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับระดับความรู้ ความสามารถของนักเรียน (2) ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Action) ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมที่นำเสนอโมเดลทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่สอนและกิจกรรมที่นำเสนอโมเดลที่คุ้นเคยโดยใช้สิ่งที่นำมาเปรียบเทียบ จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อเปรียบเทียบความเหมือน (Like) และความแตกต่าง (Unlike) ของสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบ (Analog) กับเรื่องที่สอน (Target) (3) ขั้นสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Reflection) เป็นขั้นตอนที่ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ (อรรวรรณ หอมพรมมา, 2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้การสอนแบบเปรียบเทียบ ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียนนักเรียนมีมโนคติเรื่องความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิและผลของสารบางชนิดที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 63.83, 76.60, 72.34 และ 61.09 ตามลำดับ

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจศึกษา ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีต่อมโนคติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนลำพระเพลิงพิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา โดยผู้วิจัยมีความเห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เป็นวิธีการสอนที่ทำให้เกิดความง่ายขึ้นในการทำความเข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีสอนที่น่าตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมมาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ โดยสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบจะช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมของนักเรียนที่มีอยู่เพื่ออธิบายสิ่งใหม่ ข้อมูลใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ จนสามารถทำให้นักเรียนมีมโนคติสอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นและเนื้อหาเรื่องนี้เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาเรื่องกรด-เบส, สมดุลเคมี ในระดับที่สูงขึ้นไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยใช้แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

ทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism โดยได้ศึกษาแนวคิดของเพเจต (Piaget) ได้อธิบายว่า การพัฒนาด้านสติปัญญาและความคิด คือ การที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่เกิดและการมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่องระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อม มีผลทำให้ระดับสติปัญญาและความคิดมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา การที่ได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบข้าง ทำให้เกิดความคิดเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ที่เป็นรูปธรรม และมีการพัฒนาการต่อไปเรื่อยๆจนในที่สุดสามารถคิดเป็นนามธรรมได้ และออสเชเบล (Ausubel) ได้อธิบายถึงการเรียนรู้ว่าจะเกิดขึ้นได้ถ้าในการเรียนรู้สิ่งใหม่นั้น ผู้เรียนเคยมีพื้นฐานซึ่งเชื่อมโยงเข้ากับความรู้ใหม่ได้ ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้สิ่งใหม่นั้นมีความหมาย (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540)

การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบตามแนวทาง FAR Guide (Harrison and Coll, 2008) เป็นการเปรียบเทียบความเหมือนกันของมโนคติสองมโนคติ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้โดยจะช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมของนักเรียนที่มีอยู่เพื่ออธิบาย สิ่งใหม่ ข้อมูลใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ ประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นเตรียมการจัดการเรียนรู้ (Focus) 2) ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Action) 3) ขั้นสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Reflection)

มโนคติทางวิทยาศาสตร์ คือ แนวความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540) โดยอาศัยเหตุผล ข้อเท็จจริง มีหลักการเป็นขั้นตอนแล้วนำข้อความรู้นั้นมาประมวลเป็นข้อสรุปเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ และมโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจของบุคคล ที่เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อันเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์ แล้วสามารถประมวลความรู้เป็นข้อสรุปเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ เป็นไปตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์และเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการหนึ่งที่จะได้แนวคิดเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ และเพื่อให้ได้แนวทางในการค้นคว้าทดลอง วิธีการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการจะรู้หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นการสรุปความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้โดยใช้เหตุใช้ผล ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่ แบ่งได้ 3 ประเภทคือ 1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย 2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย 3) การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย (จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช, 2542, น. 71)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบ (pre – experimental design) แบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (one group pretest - posttest design)

2. กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนลำพองพิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาประจำตำบล ซึ่งเป็นเพียง

ห้องเรียนเดียวที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 38 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

3. ขอบเขตเนื้อหา ศึกษาเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ประกอบด้วย 5 มโนคติ ดังนี้

- 1) แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- 2) ผลของความเข้มข้นของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- 3) ผลของพื้นที่ผิวของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4) ผลของอุณหภูมิของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

5) ผลของสารบางชนิดที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4. ตัวแปรที่ศึกษา คือ มโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

5. ระยะเวลาในการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ระหว่าง พฤศจิกายน 2557 ถึง มกราคม 2558 จำนวน 18 ชั่วโมง

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ทำการทดสอบก่อนเรียนกับกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อนำจัดกลุ่มคำตอบและนำเสนอข้อมูลต่อไป

2) ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนกับกลุ่มที่ศึกษา ซึ่งใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 5 แผน

3) เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังเรียนกับกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อนำจัดกลุ่มคำตอบและนำเสนอข้อมูลต่อไป

4) การสัมภาษณ์ ในกรณีที่ไม่เข้าใจการอธิบายคำตอบของนักเรียนผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์เป็นรายกรณี เพื่อนำมาจัดกลุ่มคำตอบ

5) ผลงาน ชิ้นงานของนักเรียน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้ใบกิจกรรม

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) มโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาจัดกลุ่มคำตอบตามระดับความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ 5 ระดับ ดังนี้

1.1) ความเข้าใจมโนคติในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU)

1.2) ความเข้าใจมโนคติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU)

1.3) ความเข้าใจมโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with specific Alternative Conception, PS)

1.4) ความเข้าใจมโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC)

1.5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding, NU) แล้วนำเสนอข้อมูลเป็นความถี่ ร้อยละ

2) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล แล้วนำเสนอข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย และร้อยละ

3) ผลงาน ชิ้นงานของนักเรียนที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อใช้สนับสนุนมโนคติของนักเรียน

4) ผลการสัมภาษณ์จากคำตอบนักเรียน ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อใช้สนับสนุนมโนคติของนักเรียน

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1. ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตารางที่ 1 มโนคติ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทั้ง 5 มโนคติของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ

มโนคติเรื่อง / Analog ที่ใช้	กลุ่มมโนคติ	ก่อนการจัดการเรียนรู้		หลังการจัดการเรียนรู้	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
แนวคิดเกี่ยวกับการเกิด	CU	0	00.00	6	15.79
ปฏิกิริยาเคมี / เกมรวมเหรียญ	PU	11	28.95	18	47.37
	PS	9	23.68	10	26.32
	AC	18	47.37	4	10.52
	NU	0	0	0	00.00
	รวม		38	100.00	38
ผลของความเข้มข้นของสาร	CU	0	0.00	9	23.68
ที่มีต่ออัตราการเกิด	PU	8	21.05	20	52.63
ปฏิกิริยาเคมี /	PS	0	00.00	4	10.53
การรวมตัวของเมล็ดธัญพืช	AC	30	78.95	5	13.16
	NU	0	00.00	0	00.00
	รวม		38	100.00	38
ผลของพื้นที่ผิวของสารที่มีต่อ	CU	0	0.00	12	31.58
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี /	PU	4	10.53	19	50.00
การระเหยของน้ำ	PS	7	18.42	0	00.00
	AC	27	71.05	7	18.42
	NU	0	00.00	0	00.00
	รวม		38	100.00	38
ผลของอุณหภูมิของสารที่มีต่อ	CU	0	0.00	7	18.42
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี /	PU	10	26.32	22	57.89
การทอดขนมปังเล็ด	PS	0	00.00	0	00.00
	AC	28	73.68	9	23.69
	NU	0	00.00	0	00.00
	รวม		38	100.00	38
ผลของสารบางชนิดที่มีต่อ	CU	0	0.00	4	10.53
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี /	PU	1	2.63	15	39.47
ทางลัดของลูกปัด	PS	0	00.00	9	23.68
	AC	37	97.37	10	26.32
	NU	0	00.00	0	00.00
	รวม		38	100.00	38

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้น มีระดับความเข้าใจที่แตกต่าง

กันอย่างชัดเจน กล่าวคือ ก่อนเรียน นักเรียนมีระดับความเข้าใจโมเดลหลายระดับ มีตั้งแต่ความเข้าใจโมเดลในระดับที่คลาดเคลื่อนจนถึงความเข้าใจโมเดลในระดับที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ หลังเรียน มีความเข้าใจโมเดลในระดับที่คลาดเคลื่อนลดลง และมีความเข้าใจในระดับที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งในแต่ละโมเดลจะมีการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ โดยมีการใช้สิ่งที่นำมาเปรียบเทียบ (Analog) กับ สิ่งที่ต้องการจะเปรียบเทียบ (Target) ดังนี้

โมเดลหลักที่ 1 เรื่องแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี (เกมรวมเหรียญ / แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี) เกมรวมเหรียญ กำหนดให้นักเรียนแต่ละคนมีมูลค่าของจำนวนเงิน การเล่นเกมต้องรวมกลุ่มกันตามกติกาที่กำหนด ซึ่งเปรียบได้กับอนุภาคของสารตั้งต้นที่จะต้องมีการชนกันในทิศทางที่เหมาะสมและมีพลังงานเพียงพอจะเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นได้ แต่ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เปรียบได้กับการชนกันในทิศทางที่ไม่เหมาะสมและมีพลังงานไม่เพียงพอ ปฏิกิริยาเคมีไม่สามารถเกิดขึ้นได้

โมเดลหลักที่ 2 เรื่องผลของความเข้มข้นของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (การรวมตัวของเมล็ดธัญพืช / ผลของความเข้มข้นของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) การรวมตัวของเมล็ดธัญพืช โดยใช้ เมล็ดถั่วแดง 2 เมล็ด แทนอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม เมล็ดถั่วลันเตา 1 เมล็ด แทนอะตอมของออกซิเจน 1 อะตอม รวมตัวกันให้ได้สูตรโมเลกุลของน้ำ (H_2O) จำนวนกลุ่มของเมล็ดธัญพืช เปรียบได้กับ สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น การเพิ่มจำนวนของเมล็ดธัญพืชให้มากขึ้น เปรียบได้กับการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น ทำให้มีโอกาสในการรวมตัวของเมล็ดธัญพืชมากขึ้น ได้สูตรโมเลกุลของน้ำมากขึ้น นั่นคือ การเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น เป็นการเพิ่มจำนวนอนุภาคของสารและโอกาสในการชนกันของอนุภาคมากขึ้น ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น

โมเดลหลักที่ 3 เรื่องผลของพื้นที่ผิวของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (การประทับตรา / ผลของพื้นที่ผิวของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) การประทับตรา โดยใช้ก้อนยางลบแตะกับน้ำหมึกแล้วนำไปประทับบนกระดาษขาว จากนั้นตัดแบ่งก้อนยางลบให้มีขนาดเล็กลงนำไปแตะกับน้ำหมึก แล้วนำไปประทับบนกระดาษขาว เปรียบเทียบขนาดของพื้นที่ การตัดแบ่งก้อนยางลบให้เล็กลง เป็นการเพิ่มขนาดพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้น เมื่อพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมากขึ้น บริเวณพื้นที่ผิวยางลบที่ติดน้ำหมึก เปรียบเทียบกับบริเวณที่อนุภาคจะมีโอกาสชนกันและทำปฏิกิริยากันมากขึ้น

โมเดลหลักที่ 4 เรื่องผลของอุณหภูมิของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (การทอดขนมนางเล็ด / ผลของอุณหภูมิของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) การเพิ่มความร้อนจะทำให้อุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดสูงขึ้น มีผลต่อการสุกและการขยายตัวของขนมนางเล็ด การทอดขนมนางเล็ดที่อุณหภูมิต่ำจะสุกและการขยายตัวได้น้อย แต่ถ้าทอดขนมนางเล็ดที่อุณหภูมิสูงจะสุกและการขยายตัวได้มาก เปรียบเทียบได้กับการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น จะทำให้อุณหภูมิของสารมีพลังงานจลน์สูงขึ้น และมีโอกาสในชนกันเพิ่มมากขึ้น ปฏิกิริยาเคมีจึงเกิดได้เร็วขึ้น

โมเดลหลักที่ 5 เรื่องผลของสารบางชนิดที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ทางลัดของลูกปัด / ผลของสารบางชนิดที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) ทางลัดของลูกปัด โดยลูกปัดในแก้วพลาสติกใสที่ปิดฝา 2 ใบแก้วหนึ่งเจาะรูขนาดเล็ก 1 รูและอีกแก้วหนึ่งเจาะรูขนาดใหญ่ 1 รู แก้วพลาสติกใสที่เจาะรูขนาดใหญ่จะทำให้ลูกปัดตกลงไปในแก้วมากกว่า การเจาะรูฝาปิดแก้วพลาสติกเพิ่มขึ้นเปรียบได้กับการเพิ่มตัวเร่งปฏิกิริยา การเจาะรูฝาปิดแก้วพลาสติกทำให้พื้นที่ที่ปิดกั้นลดลง เปรียบได้กับการเลือกเส้นทางเลือกใหม่ที่มีพลังงานก่อกัมมันต์ต่ำกว่าเส้นทางเดิม ทำให้อุณหภูมิของสารที่ชนกันแล้วมีพลังงานสูงกว่าพลังงานก่อกัมมันต์มีจำนวนมากขึ้นจึงเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เร็วขึ้น

ตอนที่ 2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตารางที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ประเภทของความสามารถในการให้ เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้		หลังการจัดการเรียนรู้	
	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
นิรนัย	5.03	33.51	10.58	70.53
อุปนัย	4.08	27.19	9.24	61.58
ค่าเฉลี่ยร้อยละ		30.35		66.05
รวม	0.00	100.00	0.00	100.00

จากตารางที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ พบว่า 1) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยของนักเรียนก่อนเรียน มีค่าร้อยละ 33.51 และหลังเรียน 70.53 2) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยของนักเรียน ก่อนเรียน มีค่าร้อยละ 27.19 และหลังเรียน 61.58 3) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ก่อนเรียน มีค่าร้อยละ 30.35 และหลังเรียน 66.05 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

อภิปรายผล

ตอนที่ 1. ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จากผลการเปรียบเทียบความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่า ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจแนวคิดในระดับที่คลาดเคลื่อนทุกมโนคติ และไม่มโนคติใดที่นักเรียนเข้าใจในระดับที่สมบูรณ์ หลังการจัดกิจกรรม พบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจแนวคิด จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อนลดลง และนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในระดับที่สมบูรณ์ และระดับที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เป็นเหตุผลมาจากการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เป็นวิธีการสอนที่น่าตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม มาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ โดยใช้สิ่งที่นำมาเปรียบเทียบช่วยเสริมต่อการเรียนรู้ และส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียนให้เกิดการขยายความรู้ เป็นกระบวนการที่จะช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมของนักเรียนที่มีอยู่เพื่ออธิบายสิ่งใหม่ ข้อมูลใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ การสอนวิธีนี้ช่วยให้นักเรียนจำได้ง่าย เข้าใจ มองเห็นภาพ มีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีปฏิสัมพันธ์กันทางสังคม สามารถปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างหลากหลาย ยืดหยุ่น เป็นระบบ ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนคติ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและหลักการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ (Harrison and Treagust, 1993) และ (Glynn, 1991) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของอรุวรรณ หอมพรมมา (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้การสอนแบบเปรียบเทียบ (Analogy Approach) ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียนนักเรียนมีมโนคติเรื่องความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิและผลของสารบางชนิดที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 63.83, 76.60, 72.34 และ 61.09 ตามลำดับ

ตอนที่ 2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้เป็นเหตุผลมาจากการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบเป็นวิธีการสอนที่เปรียบเทียบความเหมือนกันของโมโนมิสองโมโนมิ โดยจะเรียกสิ่งที่น่าสนใจมาเปรียบเทียบว่า Analog และเรียกสิ่งที่ต้องการจะเปรียบเทียบว่า Target และนำสิ่งที่เป็นลักษณะเด่นของทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน ในขั้นตอนของกิจกรรมที่นำเสนอโมโนมิทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่สอนหรือสิ่งที่ต้องการจะเปรียบเทียบ เป็นขั้นที่นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติ การทดลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ สรุปผล ทำให้นักเรียนได้ฝึกการคิด การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัย ซึ่งถือว่าเป็นความรู้ที่เป็นหลักการทั่วไป รวมถึงการสรุปผลที่เกิดจากกิจกรรมที่นำเสนอโมโนมิที่คุ้นเคยหรือการใช้สิ่งที่น่าสนใจมาเปรียบเทียบจากนั้นนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องได้ เป็นปรากฏการณ์เฉพาะหน่วย โดยนักเรียนสร้าง Analog ขึ้นใหม่ได้ด้วยตนเอง ทำให้ได้ฝึกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนินัย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของเปียเจต์ และออสเชล นอกจากนี้ผลการทดลองเหมือนกับงานวิจัยของเกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ที่พบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนินัย มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และคะแนนเฉลี่ยโมโนทศน์ชีววิทยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กล่าวโดยสรุป การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สามารถทำให้นักเรียนมีโมโนมิทางวิทยาศาสตร์และมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เป็นวิธีการสอนที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจกับความรู้ จากการคิด การลงมือปฏิบัติ สามารถพัฒนาความเข้าใจและความรู้ของนักเรียน จนทำให้นักเรียนมีโมโนมิทางวิทยาศาสตร์และมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

- 1) ก่อนการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียน ครูควรทำการสำรวจโมโนมิของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้ครูทราบถึงความรู้พื้นฐานของนักเรียน แล้วนำมากำหนดเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ โดยเลือกสิ่งที่น่าสนใจมาเปรียบเทียบที่เหมาะสมกับเนื้อหาและผู้เรียนมากที่สุด เพื่อป้องกันการเกิดโมโนมิที่คลาดเคลื่อนยิ่งกว่าเดิม
- 2) การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบเหมาะสำหรับเนื้อหาที่เป็นนามธรรม และเป็นแนวคิดที่สามารถทำการทดลอง หรือทดสอบได้ จึงสามารถใช้สิ่งที่น่าสนใจมาเปรียบเทียบมาอธิบายกระบวนการที่เป็นนามธรรม ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่น สมดุลเคมี, กรด - เบส
- 3) แนวทางการเลือกใช้สิ่งที่น่าสนใจมาเปรียบเทียบที่เหมาะสม คือ เลือกสิ่งที่น่าสนใจที่นักเรียนคุ้นเคยสร้างความสนใจ สื่อความหมายชัดเจนและใช้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ควรมีการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ โดยใช้รูปแบบการวิจัยอื่นๆ เช่น กลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ
- 2) ควรมีการศึกษาความคงทนเกี่ยวกับความเข้าใจโมโนมิทางวิทยาศาสตร์ หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ
- 3) ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ ว่าส่งผลต่อตัวแปรอื่นอีกหรือไม่ เช่น การคิดวิเคราะห์
- 4) กลุ่มที่ศึกษา ควรเป็นนักเรียนในแผนการเรียนอื่นๆ เพื่อศึกษาว่าจะให้ผลการศึกษาเช่นเดียวกันหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- เกรียงไกร อภัยวงศ์. (2548). **ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้ แบบตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียน มัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). **แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ : กระบวนการพื้นฐานในงานวิจัย ในจันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช และสร้อยสน สกลรักษ์. ประมวลบทความผลการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 69-83.
- มนตรี เชื้อพันธ์งาม. (2543). **การวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วรรณจรรย์ มั่งสิงห์. (2541). **เอกสารประกอบการสอน วิชาการเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์**. คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (อัดสำเนา)
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2540). **Constructivism**. ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (อัดสำเนา).
- วิจารณ์ พานิช. (2555). **วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพมหานคร : มูลนิธิสดศรี- สฤษดิ์วงศ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). **ผลการประเมิน PISA 2012 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร**. กรุงเทพมหานคร : แอดวานซ์ ฟรินดิง.
- อรรธรณ หอมพรมมา. (2553). **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้การสอนแบบเปรียบเทียบ (Analogy Approach)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Glynn S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In Glynn, S. M., Yeany, S. And Britton, B. (eds). **The Psychology of Learning Science**. Hillsdale, NJ: Erlbaum. (219-240)
- Harrison, A. G. and Coll, R. K. 2008. **Using analogies in middle and secondary Science classroom : The FAR Guide—an interesting way to reach with analogies**. United States of America : Carwin Press.
- Harrison, A.G. and D.F. Treagust. 1993. Teaching with Analogies: A Case Study in Grade 10 Optics. **Journal of Research in Science Teaching**. 30(10) , 1291-1307.