การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

Implementing Scientific Inquiry Approaches to Develop Grade 10th Students' Scientific Explanation in the Topic of Circular Motion

เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ[1] เอกภูมิ จันทรขันตี[2] และ สุรศักดิ์ เชียงกา[3]

[1]นิสิตปริญญาโท ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,khemmarat.j@ku.th

[2]ผศ.ดร., ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, feduepj@ku.ac.th

[3]รศ.ดร., ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,fscissc@ku.ac.th

---

บทคัดย่อ

คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเป็นการเชื่อมโยงความรู้กับภูมิสังคม เนื่องจากการที่นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ งานวิจัยเชิงคุณภาพนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น ใน 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ คือ แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น โดยคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นไปอยู่ในระดับ ดี และ ดีมาก เนื่องจากลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ตอบคำถามในรูปแบบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ การนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียนในรูปแบบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และการตอบคำถามในรูปแบบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในกระดาษเทา-ขาว ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้ฝึกใช้หลักฐานและแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรมมาแสดงเป็นเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

คำสำคัญ: การเคลื่อนที่แบบวงกลม การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

Scientific explanation is a skill encouraging students to become scientific awareness and connecting between knowledge and environment. Because the students have the ability to create the scientific explanation, it results in the students improve the understanding of scientific contents. This qualitative research has an objective to study the scientific explanation of grade 10th students in topic of circular motion by implementing scientific inquiry approaches in three main components. There are claim, evidence and reasoning. A tool was used in this study is a test of creating the scientific explanation. The results reveal that the students' scientific explanation creating skills

are increased. The scores of each component of the scientific explanation of the students increase to good and very good level. The nature of instructional management emphasizing students to answer the question in the form of scientific explanation, to present the results of classroom activities in the form of scientific explanation and to answer the questions in the form of scientific explanation in gray-white paper help the students practice evidences and ideas derived from the activities as a reasoning to support the claim.

Keywords: circular motion, scientific Inquiry Approach, Scientific Explanation

1. บทนำ

สังคมในยุคปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การดำเนินชีวิตประจำวันเปลี่ยนแปลงไปตามความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การจัดการศึกษาที่มุ่งหวังให้นักเรียนมีเพียงความรู้ความเข้าใจด้านวิชาการเพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอต่อการจัดกำลังคนให้สามารถแข่งขันในระดับสากลและความพร้อมต่อการเป็นกำลังแรงงานที่รองรับการเข้าสู่การเป็นสมาคมอาเซียนได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2555) ดังนั้น การจัดการศึกษาควรส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้รอบด้าน สามารถเชื่อมโยงความรู้กับภูมิสังคม บูรณาการการเรียนรู้ได้หลากหลายทั้งด้านวิชาการ ทักษะชีวิต และสร้างนิสัยใฝ่เรียนรู้ มีทักษะในการคิด สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554) การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเป็นการเชื่อมโยงความรู้กับภูมิสังคม เนื่องจากการที่นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ (Primo & al., 2010) เป็นผู้ที่มีทักษะในการสื่อสารได้อย่างน่าเชื่อถือ สามารถใช้หลักฐานจากการพิสูจน์เชิงประจักษ์และให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปได้ และยังเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามหลักฐานเชิงประจักษ์ สามารถประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในหนังสือพิมพ์ ข่าว หรือวารสารได้อย่างเท่าทัน (McNeill & Krajcik, 2010) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Peker & Wallace (2011) ที่พบว่าการส่งเสริมให้นักเรียนเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนคำอธิบาย พร้อมแสดงเหตุผลเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายและหลักฐานได้ ซึ่งได้ตอบสนองต่อการจัดการศึกษาในยุคปัจจุบัน

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นั้นเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการจัดการเรียนการสอน เพื่อมุ่งหวังให้นักเรียนสามารถเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน แต่จากการตรวจสอบการจัดการเรียนการสอนของประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครูเป็นศูนย์กลางไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และจากการที่ผู้วิจัยได้ปฏิบัติการเรียนการสอนวิชา ฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และได้สอบถามเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จริง โดยให้นักเรียนตอบในรูปแบบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยใช้คำถามว่า “นักเรียนเคยเล่นเครื่องเล่นไวกิ้งหรือไม่ ขณะที่ไวกิ้งกำลังแกว่งลงนักเรียนรู้สึกอย่างไร จงใช้ความรู้ทางวิชาฟิสิกส์ที่ได้เรียนมาอธิบายปรากฏการณ์นี้” ผู้วิจัยพบว่านักเรียนไม่สามารถอธิบายความรู้ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ นักเรียนจะตอบ

เพียงแค่ความรู้สึกตอนที่ไวกิ้งกำลังลง เช่น “รู้สึกตื่นเต้นและสนุก”, “รู้สึกน้ำหนักตัวเบาลง” ซึ่งเป็นเพียงคำกล่าวอ้าง (claim) แต่ไม่มีนักเรียนกล่าวถึงหลักฐาน (evidence) และ เหตุผล (reasoning) แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากการสอบถามปากเปล่าแล้วผู้วิจัยยังให้นักเรียนทำใบกิจกรรมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้สถานการณ์เดิมเหมือนกับที่ใช้ในการสอบถามปากเปล่า แต่ครั้งนี้ผู้วิจัยได้ชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจก่อนว่าการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หมายถึงอะไร และมีองค์ประกอบอะไรบ้าง(ข้อกล่าวอ้าง , หลักฐาน, การให้เหตุผล) พร้อมทั้งยกตัวอย่างการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนฟังจากสถานการณ์อื่น ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ไม่สมบูรณ์ ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนคนหนึ่งเขียนข้อกล่าวอ้าง กับหลักฐานมาสนับสนุน แต่ไม่ให้เหตุผล โดยนักเรียนเขียนถึงข้อกล่าวอ้างว่า “รู้สึกว่าตัวเองมีน้ำหนักเบาลง”และให้หลักฐานว่า “กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน” ซึ่งการแสดงหลักฐานของนักเรียนยังไม่ถูกต้องเนื่องจากหลักฐานต้องเป็นสิ่งที่นำมาแสดงให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น เช่น รูปภาพ กราฟ หรือตาราง นอกจากการให้องค์ประกอบไม่ครบแล้วยังมีนักเรียนที่ตอบในส่วนของการให้เหตุผลไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานที่นักเรียนเขียนกับข้อกล่าวอ้าง เช่น นักเรียนตอบเพียงว่า “เพราะเรามีความเร็วจึงทำให้รู้สึกสนุก” “เพราะมีลมพัดแรงเนื่องจากมีการเคลื่อนที่ลงอย่างรวดเร็ว” นอกจากนี้ในการสอนของครูพี่เลี้ยงผู้วิจัยสังเกตได้ว่านักเรียนจะมุ่งเน้นไปที่การทำแบบฝึกหัดและการท่องจำสูตรเพื่อนำไปสอบ ทำให้ไม่เข้าใจเนื้อหาอย่างถ่องแท้และไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยสังเกตได้จากเวลาที่ผู้วิจัยเข้าไปสอนและได้ถามคำถามที่ต้องใช้ความรู้ในบทก่อนหน้านี้มาอธิบาย นักเรียนมักจะไม่เข้าใจในสิ่งที่ฉันพูดและไม่สามารถอธิบายได้ แต่พอฉันเขียนสูตรให้นักเรียนถึงจะเริ่มเข้าใจมากขึ้น นอกจากปัญหาที่พบในโรงเรียนข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยยังพบว่ามีงานวิจัยที่เป็นการสอนในรูปแบบของการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นั้นค่อนข้างน้อย และยังไม่พบวิธีการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างดีที่สุด อาทิ เช่น วิธีการสอนแบบ Premise-Reasoning-Outcome (Kok-Sing-Tang, 2016) ที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ แต่ก็มีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากไม่สามารถแสดงการให้เหตุผลอธิบายเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้ , วิธีการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Modeling-based learning) (Ji Shen & Marcia C. Linn, 2011) ซึ่งพบว่านักเรียนยังไม่สามารถให้คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีมากนัก เนื่องจากการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้จะเน้นการสร้างหลักฐานในเชิงรูปธรรมแต่ไม่ได้เน้นการอธิบายเชิงเหตุผลเพื่อเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานเท่าที่ควร กล่าวคือในงานวิจัยเป็นการสร้างแบบจำลองเรื่องไฟฟ้าเพื่อเชื่อมโยงความรู้ระหว่างประจุไฟฟ้า อนุภาคและพลังงาน แต่ผลลัพธ์ที่ได้คือนักเรียนไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เหล่านี้ได้เลย

การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) เป็นวิธีการสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพราะเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นคว้าหาความรู้ในธรรมชาติแล้วนำเสนอผลการค้นคว้านั้นในรูปของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) ดังนั้นจึงเป็นที่ยอมรับกันว่าการปฏิบัติอันเป็นหัวใจสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์คือ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Beyer and Davis, 2008) สอดคล้องกับแนวคิดของ Berland and Reiser (2009) ที่กล่าวว่า “เป้าหมายสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะ มี 2 ประการคือ 1) นักเรียนควรมีความสามารถในการใช้ข้อมูลและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างรูปแบบ หรือคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา 2) นักเรียนควรได้รับการกระตุ้นให้นำเสนอและโต้แย้งทางความคิดความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ดังกล่าวจึงนำมาสู่การเปลี่ยนแปลงเป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันที่เน้นการ

ให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ที่ศึกษามาเป็นการสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์โดยการเชื่อมโยงความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ไปสู่หลักฐานและการให้เหตุผล รวมทั้งการกำหนดมาตรฐานการศึกษาสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้ความสำคัญกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ อาทิ สภาการวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 1996) ได้เน้นว่าการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถ และความเข้าใจพื้นฐานสำหรับการสืบเสาะเชิงวิทยาศาสตร์โดยระบุว่านักเรียนควรมีความสามารถ 4 ประการ ได้แก่ 1) การแสดงหลักฐานเพื่อช่วยพัฒนาและประเมินคำอธิบาย 2) สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากหลักฐาน 3) สร้างและปรับปรุงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และแบบจำลองโดยใช้เหตุผลและหลักฐาน 4) มีความเข้าใจว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นั้น เน้นหลักฐาน เหตุผลและใช้หลักการ รูปแบบและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์” นอกจากนี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นความสามารถประการหนึ่งที่บ่งชี้ถึงความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามตัวบ่งชี้ขององค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development, 2009)

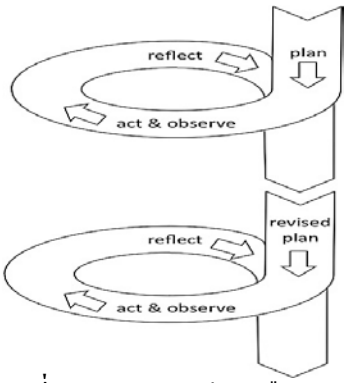
จากการศึกษาการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นวิธีการสอนรูปแบบหนึ่งที่ช่วยพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากจะมีขั้นการสอนที่ให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) กระบวนการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์นักเรียนจะได้ทักษะอื่นๆนอกจากทักษะการจำ เช่น ทักษะปฏิบัติ ทักษะการอธิบาย ที่ทำให้นักเรียนเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้มากขึ้น และสามารถอธิบายความรู้นั้นๆด้วยความเข้าใจ นอกจากนี้วิธีการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น ยังทำให้ผู้วิจัยสามารถให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างแสดงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ในหลายขั้นตอน เช่น ขั้นที่ 1 การกระตุ้นความสนใจ โดยนักเรียนจะได้ดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับหัวข้อที่จะเรียน และผู้วิจัยจะถามคำถามให้นักเรียนตอบ โดยผู้วิจัยจะกระตุ้นให้นักเรียนตอบให้รูปแบบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น เมื่อนักเรียนตอบคำถามมาแล้ว ผู้วิจัยจะถามต่อไปว่า “นักเรียนมีหลักฐานอะไรมายืนยัน และมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้อธิบายเพื่อเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานหรือไม่ อย่างไร” ขั้นที่ 3 การอธิบาย โดยเมื่อนักเรียนทำการทดลองในขั้นที่ 2 จนได้องค์ความรู้แล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องอธิบายผลการทดลองให้นักเรียนกลุ่มอื่นฟัง โดยการอธิบายจะต้องอธิบายในรูปแบบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น ทำไมผลการทดลองจึงเป็นเช่นนั้น รวมถึงมีหลักฐานและเหตุผลอะไรมาสนับสนุนผลการทดลองที่นักเรียนตอบ และ ขั้นที่ 5 คือ สรุป โดยนักเรียนจะได้ฝึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในใบกิจกรรมระหว่างเรียน ที่ผู้วิจัยจะแจกให้ท้ายแผนการสอนแต่ละเรื่อง ซึ่งสิ่งต่างๆที่กล่าวมานี้ทำให้ผู้วิจัยสนใจเลือกใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น เพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยที่นักเรียนจะสามารถหาความรู้ความจริงทางวิทยาศาสตร์ที่เหมือนกับที่นักวิทยาศาสตร์หาแล้ว นักเรียนยังต้องนำเสนอผลการค้นคว้านั้นในรูปของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) ที่ไม่ใช่แค่การเดาหรือการตั้งสมมติฐานแต่เป็นการอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence) และ การให้เหตุผล (Reasoning)จากหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งผู้วิจัยได้วางแผนให้นักเรียนพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศสตร์ (scientific explanation) ในรูปแบบการเขียนสรุปท้ายชั่วโมง และการอธิบายในระหว่างการเรียนการสอน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น

3. การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพแบบปฏิบัติในชั้นเรียน (Classroom action research) โดยยึดตามแนวทางของ Kemmis and Mctagart (1988) ซึ่งเป็นวงจร 4 ขั้นตอน คือ 1.การวางแผน (Plan) เป็นขั้นการสร้างและออกแบบแผนปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยจะทำการสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอนของตนเอง ซึ่งในงานวิจัยนี้ คือ ทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2.การลงมือปฏิบัติ (Act) เป็นการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยสอน หรือนำแนวคิดที่สามารถนำมาแก้ไขปัญหาได้มาใช้ในห้องเรียนจริง ซึ่งขั้นตอนนี้ในงานวิจัย คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น 3.การสังเกต (Observe) เป็นการรายงานสิ่งที่เกิดขึ้นจากผลของการปฏิบัติการผ่านแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่สามารถรวบรวมได้ โดยขั้นตอนนี้จะเกิดไปพร้อมกับการลงมือปฏิบัติการ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะสังเกต และรวบรวมข้อมูลผ่านแบบประเมินของนักเรียน ชิ้นงาน และ 4.การสะท้อนความคิด (Reflect) เป็นการทบทวน และย้อนคิดถึงการปฏิบัติของผู้วิจัยอย่างมีเป้าหมาย เพื่อประเมินผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นว่าพอใจมากน้อยแค่ไหน จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้ไปปรับปรุงในแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไป หรือวงจรถัดไป ซึ่งแสดงวงจรให้เห็นดังภาพที่ 1 โดยกลุ่มที่ผู้วิจัยทำการศึกษาในครั้งนี้ คือ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมศึกษา ขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 26 คน เป็นนักเรียนชาย จำนวน 15 คน และนักเรียน หญิงจำนวน 11 คน



ภาพที่ 1 แสดงวงจรเกลียว หรือวงจร

โดยกรอบเนื้อหาเป็นเรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม จำนวน 5 แผนการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มี คือ แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จำนวน 4 ข้อคำถาม โดยข้อคำถามแต่ละข้อมีลักษณะเป็นสถานการณ์เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน โดยให้นักเรียนทำก่อนและหลังจากการจัดการเรียนรู้

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมด้วยเครื่องมือต่างๆมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียน ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยฉันทำการวิเคราะห์ดังนี้

1.1 ผลคะแนนของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยรวมของแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบไปด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งใช้วัดก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียดในแต่ละข้อและแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยรายการประเมิน 3 รายการ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล และให้คะแนนในแต่ละรายการเป็น 3 ระดับคะแนน คือ 0 1 และ 2 คะแนน สรุปคะแนนที่ได้ในแต่ละข้อของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ระหว่าง 0-6 คะแนน ทั้งหมด 4 ข้อ แปลผลออกมาในรูปของคะแนนเต็ม 24 คะแนนและนำมาจำแนกเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยปรับปรุงจากของ McNeil and Krajcik (2008) เป็นรายบุคคลทั้งหมด 3 ระดับ คือ ระดับควรปรับปรุง ระดับดี และระดับดีมาก ดังแสดงในตาราง เพื่อหาค่าความถี่และร้อยละในแต่ละระดับ โดยพิจารณาจาก เกณฑ์แสดงระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
17-24	ดีมาก
9-16	ดี
0-8	ควรปรับปรุง

1.2 ผลคะแนนของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบรายข้อของแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบไปด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน เหตุผล ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยการวิเคราะห์แต่ละองค์ประกอบ และเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบว่านักเรียนมีการพัฒนาการอย่างไร สำหรับก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีเกณฑ์ในการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008)

องค์ประกอบ	**ระดับคะแนน**		
	0 (ควรปรับปรุง)	1 (ดี)	2 (ดีมาก)
ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อยืนยันของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ไม่เขียนข้อกล่าวอ้าง หรือเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน	เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน
หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีการแสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานไม่เหมาะสมกล่าวคือเป็นหลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	แสดงหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอและอาจมีหลักฐานบางประการที่ไม่เหมาะสม	แสดงหลักฐานได้เหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

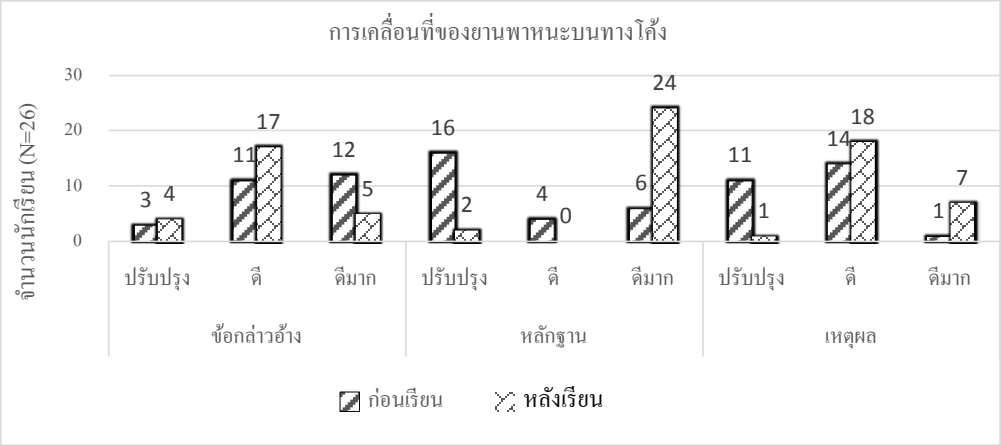
ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0 (ควรปรับปรุง)	1 (ดี)	2 (ดีมาก)
การให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	ไม่แสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่มีการใช้หลักฐานซ้ำ และ/ หรือ ใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์บ้างแต่ไม่เพียงพอ	แสดงเหตุผลที่เป็นการเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้หลักการเชิงวิทยาศาสตร์ได้เหมาะสมและเพียงพอ

4. ผลการวิจัย

เมื่อผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น พบว่าระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 4 ข้อ ใน 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การให้เหตุผล ของนักเรียนส่วนใหญ่ อยู่ในระดับดี และ ระดับ ดีมาก แต่ยังมีนักเรียนส่วนน้อยที่อยู่ในระดับควรปรับปรุง โดยขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อคำถามในแต่ละข้อ โดยผลการวิจัยในแต่ละองค์ประกอบในแต่ละข้อมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

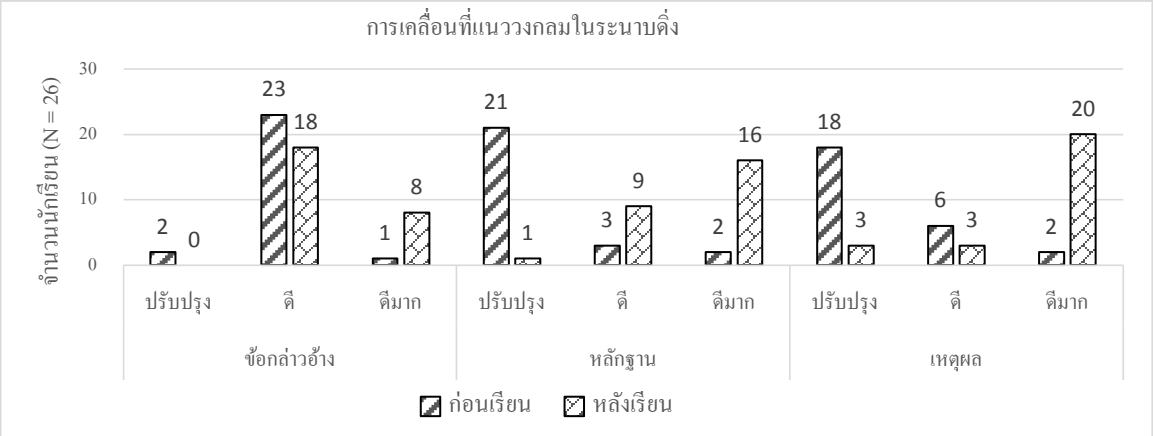
ภาพที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ข้อที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนทางโค้ง



จากกราฟข้างต้นพบว่าภายหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น โดยเฉพาะในองค์ประกอบที่เป็นหลักฐานและการให้เหตุผล แต่ในองค์ประกอบที่เป็นข้อกล่าวอ้างนั้นพบว่านักเรียนส่วนใหญ่เขียนข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับดี เนื่องจากนักเรียนเขียนข้อกล่าวอ้าง

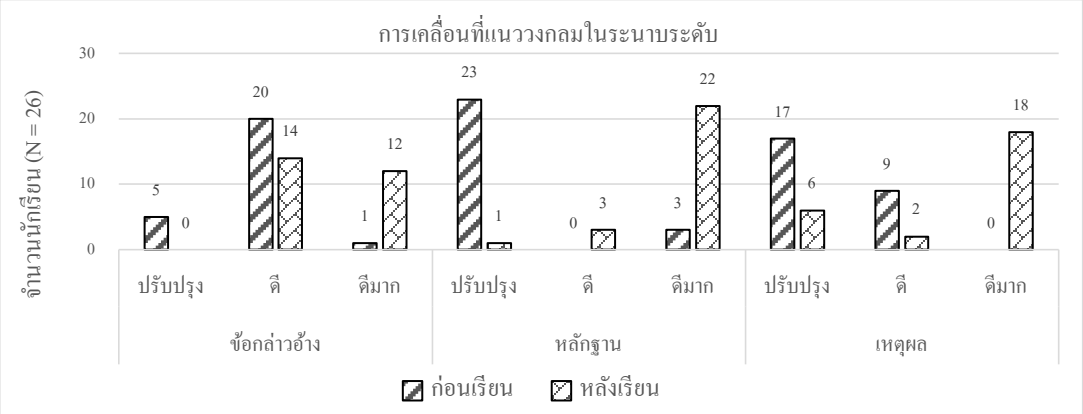
ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน คือ นักเรียนไม่เขียนว่ามุมที่รถจักยานยนต์ทำกับแนวอะไร ซึ่งไม่สามารถทำให้เข้าใจได้ว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องหรือไม่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเวลาในการทำแบบทดสอบมีจำกัดเนื่องจากเป็นเวลาพักกลางวัน รวมถึงผู้วิจัยไม่ได้เน้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบโดยการเขียนคำตอบอย่างละเอียดขณะให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ภาพที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ข้อที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบดิ่ง



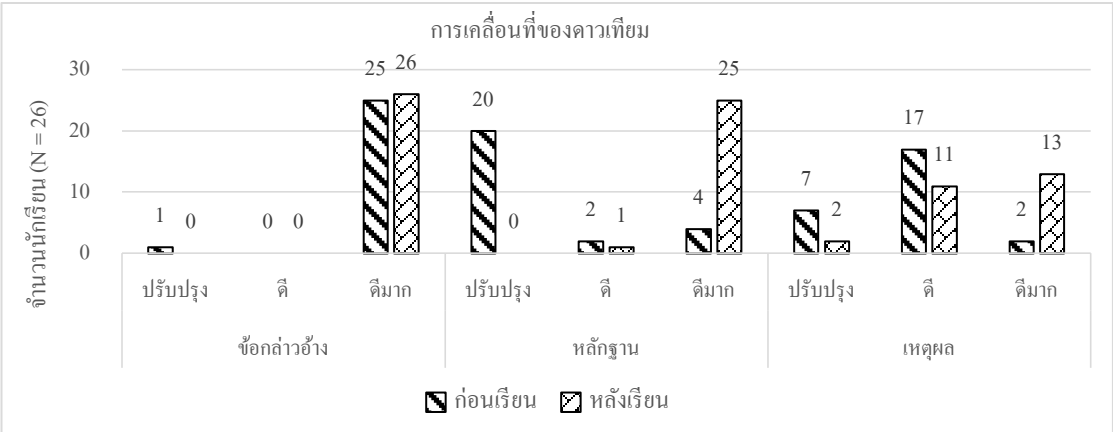
จากกราฟข้างต้นพบว่าภายหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น ทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล แต่จะเห็นได้ว่าในองค์ประกอบที่เป็นข้อกล่าวอ้างนักเรียนส่วนใหญ่ยังได้คะแนนอยู่ในระดับ ดี เนื่องจากว่านักเรียนเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ครบถ้วนดังนี้ “เพราะมีแรงสู่ศูนย์กลาง” หรือ “เพราะมีความเร็วที่เหมาะสม” อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ซึ่งอาจจะเป็นเพราะการสอนที่ผู้วิจัยไม่ได้เน้นให้นักเรียนเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงสู่ศูนย์กลางที่ทำให้รถไฟตีลังกาเคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบดิ่งได้ และองค์ประกอบที่เป็นหลักฐานนักเรียนส่วนใหญ่มีการแสดงหลักฐานที่ถูกต้องมากขึ้น เนื่องจากในระหว่างที่ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยได้เน้นให้นักเรียนเขียน Free Body Diagram ทำให้เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในข้อ 2 ที่มีรูปภาพมาให้นักเรียนสามารถเขียน Free Body Diagram ได้ถูกต้องและนำมาเป็นหลักฐาน นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง

ภาพที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ข้อที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบระดับ



จากกราฟข้างต้นพบว่าภายหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น ทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล แต่จะเห็นได้ว่าในองค์ประกอบที่เป็นข้อกล่าวอ้างนักเรียนส่วนใหญ่จะได้คะแนนอยู่ในระดับ ดี ในช่วงก่อนเรียน และมีนักเรียนจำนวนหนึ่งที่สามารถพัฒนาตนเองและสามารถได้คะแนนอยู่ในระดับ ดีมาก ในช่วงหลังเรียน ทั้งนี้การที่นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงได้คะแนนในข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับ ดี ในช่วงหลังเรียน เป็นเพราะว่านักเรียนเขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน ซึ่งอาจจะเป็นเพราะว่าเวลาในการทำแบบทดสอบมีจำกัด เนื่องจากเป็นเวลาพักกลางวัน ส่วนในองค์ประกอบที่เป็นหลักฐานนักเรียนมีการพัฒนาขึ้นมาก เนื่องจากนักเรียนได้ฝึกเขียน Free Body Diagram ในระหว่างเรียน รวมถึงการให้เหตุผลที่นักเรียนสามารถพัฒนาได้มากเช่นกัน เนื่องจากขณะที่ผู้วิจัยสอน ผู้วิจัยอธิบายให้นักเรียนเห็นว่าเพราะเหตุใด Free Body Diagram จึงเป็นเช่นนั้นและแรงต่างๆที่เกิดขึ้นมีผลอย่างไรกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมแนวระดับ ซึ่งก็คือเหตุผลในการอธิบายข้อคำถามข้อที่ 3 ในแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ข้อที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่ของดาวเทียม



จากกราฟข้างต้นพบว่าภายหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น ทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล แต่จะเห็นได้ว่าในองค์ประกอบที่เป็นข้อกล่าวอ้างนักเรียนได้คะแนนอยู่ในระดับดีมากมีจำนวนใกล้เคียงกันทั้งก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นเพราะว่าข้อมูลที่ให้มาในโจทย์ข้อที่ 4 เป็นรูปแบบตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงจากผิวโลกและความเร็วในวงโคจร ทำให้เมื่อนักเรียนอ่านโจทย์แล้วจะเห็นความสัมพันธ์และสามารถเขียนคำตอบในข้อกล่าวอ้างได้ทันที ส่วนในองค์ประกอบของการแสดงหลักฐานจะเห็นได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาขึ้นอย่างมาก เนื่องจากนักเรียนคุ้นชินกับการแสดงหลักฐานในรูปแบบตารางที่ได้ข้อมูลมาจากโจทย์ และในองค์ประกอบที่เป็นการให้เหตุผลพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาได้เช่นเดียวกัน แต่พบว่ายังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังให้เหตุผลอยู่ในระดับปรับปรุง และ ระดับ ดี คือนักเรียนบางคนให้เหตุผลไม่ครบถ้วนหรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง และเมื่อผู้วิจัยสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมถึงปัญหานี้ นักเรียนให้คำตอบว่านักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาในการเรียน เนื่องจากไม่ได้ตั้งใจฟังเวลาครูอธิบายทำให้ได้รับแนวคิดที่ไม่ถูกต้องในห้องเรียน

5. การอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ข้อ จะพบว่านักเรียนมีพัฒนาการในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ใน 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การให้เหตุผล มากขึ้น จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบที่เป็นข้อกล่าวอ้างนักเรียนจะสามารถเขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องเมื่อข้อมูลที่ให้ในโจทย์มีลักษณะเป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ชนิด โดยสังเกตได้จากผลการวิเคราะห์ในข้อที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่ของดาวเทียม และผลการวิเคราะห์ในข้อที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนทางโค้ง และองค์ประกอบที่เป็นหลักฐานนักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการเขียนหลักฐานจากก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนบางส่วนไม่แสดงหลักฐาน หรือแสดงหลักฐานไม่ถูกต้อง โดยการนำการแสดงเหตุผลไปเขียนเป็นหลักฐาน แต่เมื่อผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนเข้าใจวิธีการเขียนหลักฐานมากขึ้น เนื่องจากในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนได้ฝึกสร้างหลักฐานจากกิจกรรมการทดลอง ซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของ ตาราง กราฟ หรือ รูปภาพ เป็นต้น หรือจากข้อมูลที่ให้มาในโจทย์ ทำให้นักเรียนสามารถเขียนแสดงหลักฐานได้ถูกต้องมากขึ้น และในองค์ประกอบที่เป็นการให้เหตุผล จะสังเกตเห็นว่านักเรียนได้พัฒนาระดับความสามารถมาอยู่ในระดับ ดีมาก และ ระดับ ดี เนื่องจากในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนได้ฝึกทำการทดลอง และลงมือปฏิบัติ (Hands-on) หาแนวคิดที่ถูกต้องด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเข้าใจและจดจำแนวคิดได้นานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนที่ไม่สามารถพัฒนาระดับความสามารถนี้ได้โดยอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง เนื่องจากนักเรียนมีแนวคิดไม่ถูกต้อง โดยเกิดจากการที่นักเรียนไม่ร่วมมือในการทำกิจกรรมหรือทำกิจกรรมแล้วแต่ยังไม่เข้าใจแนวคิดของเนื้อหา ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนบางส่วนไม่ชอบทำกิจกรรมทำให้ไม่สามารถนำแนวคิดที่ถูกต้องมาเป็นเหตุผลในการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานได้

6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น ในเรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิง

วิทยาศาสตร์ ใน 3 องค์ประกอบ (ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การให้หตุผล) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรูปแบบการเรียนรู้ผ่าน 5 ขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นลักษณะที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ใน 4 ขั้นของการจัดการเรียนรู้ คือ ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engagement) ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explanation) ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นที่ 5 ขั้นสรุป (Evaluation) โดยใช้แนวคิดและหลักฐานข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมระหว่างเรียน นักเรียนได้ฝึกสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบและหลักการทางวิทยาศาสตร์จากการสะท้อนความคิดร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน ซึ่งหลักฐานเชิงประจักษ์เกิดจากการเขียนทางวิทยาศาสตร์ของผลการทำกิจกรรมลงในกระดาษเทา-ขาว ในงานวิจัยนี้อาจเป็น รูปภาพ ตาราง หรือ กราฟ เพื่อให้นักเรียนนำหลักฐานนี้ไปแสดงเมื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Yang and Wang (2014) อธิบายไว้ว่าการเขียนทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการช่วยให้เกิดความตื่นตัวในการสร้างข้อมูลและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุป นำไปสู่การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยก่อนที่นักเรียนจะระบุหลักฐานสนับสนุนได้นั้นต้องมีการแลกเปลี่ยนหลักฐานที่แต่ละคนแสดง ประเมินความน่าเชื่อถือและความเหมาะสมของหลักฐานร่วมกันภายในกลุ่ม การที่นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและมีปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่มเจรจาเพื่อหาข้อสรุปของคำตอบของกลุ่ม สอดคล้องกับแนวติดของ Vygotsky (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2556) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้เน้นความสำคัญและบทบาทของสังคมและวัฒนธรรม โดยการเรียนรู้เกิดจากปฏิสัมพันธ์ทางสังคมระหว่างเด็ก ผู้ใหญ่และเพื่อนที่อยู่ในสังคมและเมื่อสมาชิกในกลุ่มมีความคิดเห็นที่แตกต่างออกไป สมาชิกสามารถคัดค้านได้ แต่ต้องเสนอหลักฐานและเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบของตนเอง สถานการณ์ในขั้นสร้างความสนใจต้องเอื้อให้นักเรียนทำนายผล และนำมาสู่ข้อกล่าวอ้าง ซึ่งในขั้นตอนนี้นักเรียนอาจสร้างข้อกล่าวอ้างที่ถูกหรือผิดไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็ได้ แต่เมื่อนักเรียนได้สังเกตและรวบรวมหลักฐาน นักเรียนจะได้เปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างข้อกล่าวอ้างของตนเองกับหลักฐานที่มี ทำให้นักเรียนจัดลำดับความคิดและทบทวนข้อกล่าวอ้างของตนเองให้สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับหลักฐานมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Fensham and Kass (1988) ที่กล่าวไว้ว่าเมื่อสิ่งที่นักเรียนคาดการณ์ไว้ไม่ตรงกับสิ่งที่นักเรียนได้จากการสังเกต จะเกิดความไม่สมดุล เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) ซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นแรงกระตุ้นสำหรับการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนมีความพยายามค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ รวมทั้งเหตุผลสนับสนุนว่าเพราะเหตุใดจึงไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียนเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในขั้นต่อไป นอกจากนี้นักเรียนมีโอกาสได้รับคำแนะนำและข้อมูลป้อนกลับจากครูเกี่ยวกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างในแง่ขององค์ประกอบและความสอดคล้องของแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบาย โดยครูให้ข้อเสนอแนะและประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างในขั้นที่ 5 ซึ่งเป็นการติดตามผล สอดคล้องกับ Sandra (2006) กล่าวถึงความสำคัญของกิจกรรมการเขียนทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ผ่านการคาดเดา การอธิบาย การเปรียบเทียบ และการสร้างคำอธิบาย ครูเป็นบุคคลที่จะมีส่วนสำคัญในการพัฒนาการเขียนคำอธิบายของนักเรียน เช่น กระตุ้นให้นักเรียนเขียนเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เขียนข้อสรุปจากหลักฐานที่นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบ กระตุ้นและจัดลำดับความเหมาะสมของการเขียนทางวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงให้ข้อมูลป้อนกลับกับงานเขียนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น ในเรื่องนี้นั้น ครูผู้สอนควรตระหนักถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจเกี่ยวข้องต่อการพัฒนาทักษะของนักเรียน เช่น ในกรณีที่กิจกรรมมีความซับซ้อนมาก ครูผู้สอนอาจจะต้องแบ่งเนื้อหาของกิจกรรมออกเป็นกิจกรรมย่อยๆ เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมในแต่ละขั้นสำเร็จแล้ว ก็จะสามารถบรรลุวัตถุประสงค์หลักของการจัดการเรียนรู้ได้ หรือการตรวจสอบความรู้เดิม (Prior knowledge) และความเข้าใจในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน ก่อนที่จะออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ หากครูผู้สอนพบว่านักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในวิชานี้ในระดับที่น้อย อาจจะต้องปรับรูปแบบของเนื้อหาในกิจกรรมให้ปรากฏข้อมูลสูตรฟิสิกส์น้อยลง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น จากนั้นจึงค่อยเชื่อมโยงเนื้อหาของกิจกรรมเข้ากับแนวคิดของเรื่องดังกล่าวในขั้นสรุปบทเรียน

เอกสารอ้างอิง

สำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2555). *แผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ.2555-2559).* กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 พ.ศ. 2555-2559*. http://www.nesdb.go.th/Portals/0/news/plan/p11/plan11.pdf

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2556). *จิตวิทยาการศึกษา* (11 ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Berland, L. K. and Reiser, B. J. (2009). Making Sense of Argumentation and Explanation. *Science Education. 93* (1), 26-55.

Beyer, C. J. and Davis, E. A. (2008). Fostering Second Graders' Scientific Explanations: A Beginning Elementary Teacher's Knowledge, Beliefs, and Practice. *The Journal of the Learning Sciences. 17* (3), 381-414.

Fensham, P. J., & Kass, H. (1988). *Inconsistent or discrepant events in science instruction.*

Ji Shen & Marcia C. Linn. (2011). A Technolog-Enhanced Unit of Modeling Static Electricity: Integrating scientific explanations and everyday observations, *International Journal of Science Education.33* (12), 1597-1623

Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Reader.* Victoria, Deakin University Press.

Kok-Sing Tang, (2016). Constructing scientific explanations through premise–reasoning–outcome (PRO): an exploratory study to scaffold students in structuring written explanations. *International Journal of Science Education.38(*9), 1415-1440

McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2008). *Assessing middle school' content knowledge and reasoning through written scientific explanation.* Retrieved June 7, 2014

McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2010). *Importance for supporting students in scientific Explanation*. Retrieved December 8,2014

National Research Council. (1996). *National science education standards.* Washington, D.C.: National Academy Press.

Organization for Economic Co-operation and Development. (2009). *PISA 2009 Assessment Framework: Key competencies in reading, mathematics and science.* Retrieved on August 31, 2010

Primo, R. A. M., & al., e. (2010). Testing one premise of scientific inquiry in science classroom: Examining students'scientific explanation and student learning. *Journal of research in Science Teaching 47*(5), 583-608.

Peker, D., & Wallace, S. C. (2011). Characterizing High School Students' Written Explanations in Biology Laboratories. *Research in Science Education,* (41), 169-191.

Sandra. (2006). Perspective on Writing in Science. *Research and tips to support science education*, 60-61

Yang, H.-T., & Wang,K.-H. (2014). A teaching model for scaffolding 4th grade students' scientific explanation writing. *Research in Science Education, 44*(4), 531-548.