การพัฒนาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนดาราศาสตร์ผ่านกลยุทธ์การเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์

The Development of Grade 11 Students, Explanation Phenomena Scientifically Ability in Astronomy Learning Unit through Scaffolding with Concept Mapping Strategy

สันติชัย อนุวรชัย[1]
Santichai Anuworrachai[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนดาราศาสตร์ผ่านการเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ที่เรียนในภาคปลายปีการศึกษา 2559 จำนวน 20 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนดาราศาสตร์ จำนวน 6 แผน และ (2) แบบวัดความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 9.2 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.56 จัดอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนดาราศาสตร์ การเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์

[1] โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

[1] Kasetsart University Laboratory School, Faculty of Education, Kasetsart University

Abstract

The purposes of this study were to develop explanation phenomena scientifically ability in astronomy learning unit through scaffolding with concept mapping strategy. The samples were 20 grade 11 students of school be under office of the higher education commission, Bangkok who studied in second semester of academic year 2016 which obtained using purposive sampling technique. The research instruments were (1) 6 lesson plans in astronomy learning unit, (2) explanation phenomena scientifically ability test. The statistics used for analyzing the collected data were arithmetic mean and standard deviation.

The research findings were summarized as the sample had mean score and standard deviation on explanation phenomena scientifically ability 9.2, 2.56 serially which were criterion set was considered as good.

Keywords: Explain Phenomena Scientifically Ability, Astronomy Learning Unit, Scaffolding with Concept Mapping Strategy

บทนำ

เป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ให้กับนักเรียน โดยสมรรถนะที่สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ตามตัวบ่งชี้ขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ประกอบด้วย 3 สมรรถนะ ได้แก่ (1) การอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ (2) การประเมินและออกแบบการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และ (3) การตีความหลักฐานและข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ (OECD, 2012) ดังนั้นผู้สอนวิทยาศาสตร์จึงควรพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวให้กับนักเรียนอย่างต่อเนื่อง

สำหรับสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์จัดเป็นสมรรถนะขั้นต้น โดยนักเรียนต้องมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จึงจะสามารถอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ได้ ซึ่งคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เกี่ยวข้องกับข้อความที่ใช้สำหรับอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง (claim) หลักฐาน (evidence) และการให้เหตุผล (reasoning) ดังนั้น การพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวนี้ ผู้สอนจึงต้องจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายด้วยตนเอง สอดคล้องกับทัศนะของ Krajcik and McNeill (2007) ที่ได้กล่าวถึงเหตุผลสำคัญที่ควรจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสร้างคำอธิบายไว้ 4 ประการ ได้แก่ (1) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นจริงเพื่อใช้สื่อสารความคิด ผลการทดลองสู่สังคม ดังนั้น ถ้านักเรียนได้ฝึกสร้างคำอธิบายจึงเสมือนกับการฝึกการทำงานแบบนักวิทยาศาสตร์ (2) การฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นมุมมองและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (3) การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มี

ส่วนในการพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาสาระของวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง และ (4) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการสื่อสารความเข้าใจทั้งกระบวนการเรียนรู้และเนื้อหาสาระของนักเรียนต่อผู้สอน

อย่างไรก็ตาม การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์นั้นยังเป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียน เนื่องจากนักเรียนต้องใช้หลักฐานหรือสืบสอบหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และต้องเชื่อมโยงหลักฐานดังกล่าวกับหลักการเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อให้การสื่อสารความเข้าใจเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างมีประสิทธิภาพ (Kuhn and Reiser, 2004) ดังนั้น นักการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงพยายามคิดหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อพัฒนาความสามารถดังกล่าว โดยหนึ่งในแนวคิดที่ใช้คือการใช้การเสริมศักยภาพ (Scaffolding) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการช่วยเหลือ สนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยการสาธิต การใช้คำถามกระตุ้นเตือน การให้ข้อมูลป้อนกลับ โดยมีผู้สอนคอยให้การช่วยเหลือ เป้าหมายของการช่วยเหลือ คือการให้นักเรียนสามารถปฏิบัติงานที่ไม่สามารถทำให้สำเร็จด้วยตนเอง การช่วยเหลือจะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงและลดลง ในขณะที่นักเรียนค่อย ๆ เพิ่มความสามารถในการปฏิบัติงานด้วยตนเอง (Rosenshine and Guenther, 1992 อ้างถึงใน สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2558) โดยหลักการเสริมศักยภาพนี้มีที่มาจากทฤษฎีวัฒนธรรมทางสังคมของไวกอตสกี้ (Vygotsky's Sociocultural Theory) ที่เชื่อว่า พัฒนาการและการเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสังคม นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยให้ความสำคัญกับบทบาทของสังคมต่อการพัฒนาทางปัญญาของนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม และมุมมองทางวัฒนธรรมของผู้เรียนเป็นปัจจัยสำคัญต่อพัฒนาการทางปัญญา (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2541 อ้างถึงใน สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2558) ดังตัวอย่างงานวิจัยของ McNeill, Lizotte, Krajcik and Marx (2004) ที่ศึกษาผลของการใช้หลักสูตรและการประเมินผลแบบการเสริมศักยภาพเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยของ Songer, Fick, and Shah (2013) ศึกษาลักษณะการเสริมศักยภาพด้วยคำพูดของผู้สอนที่มีต่อการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เป็นต้น ดังนั้นการเสริมศักยภาพ (Scaffolding) จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าจะมีส่วนพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้เป็นอย่างดี

การทบทวนเอกสารและงานวิจัยพบว่ามีแนวทางการเสริมศักยภาพประการหนึ่งที่น่าสนใจ นั่นคือการใช้ผังมโนทัศน์ (concept mapping) มาเป็นส่วนหนึ่งในการฝึกสร้างคำอธิบาย เนื่องจากผังมโนทัศน์ช่วยให้นักเรียนจัดลำดับความเข้าใจมโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อนได้เป็นอย่างดี (Derbentseva et al., 2007 อ้างถึงใน Yang and Wang, 2013) ซึ่งหากนักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ที่ถูกต้องและชัดเจนแล้ว นักเรียนจะสามารถใช้มโนทัศน์ดังกล่าวในการให้เหตุผลกับคำอธิบายที่สร้างขึ้น เพื่อเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้อย่างมีน้ำหนักและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยงานวิจัยของ Yang and Wang (2013) ได้พัฒนากลยุทธ์เพื่อเสริมศักยภาพการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยการใช้ผังมโนทัศน์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนมโนทัศน์และได้คะแนนคำอธิบายสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลยุทธ์ดังกล่าวประกอบไปด้วย 3 ขั้น ได้แก่ (1) การสร้าง

คำอธิบายแบบบรรยาย (Descriptive Explanation) เป็นขั้นตอนที่เริ่มต้นด้วยที่ผู้สอนสร้างผังมโนทัศน์เพื่อใช้ผังดังกล่าวออกแบบกิจกรรมสืบสอบให้กับนักเรียน จากนั้นให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบบรรยายผลการสืบสอบ (2) การสร้างผังมโนทัศน์เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์ด้วยตนเอง โดยใช้คำอธิบายแบบบรรยายที่สร้างขึ้นประกอบกับความรู้ที่ได้จากการสืบสอบในขั้นตอนแรก (3) การสร้างคำอธิบายแบบตีความ เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับประเด็นที่เน้นการประยุกต์ความรู้จากเรื่องที่เรียน ซึ่งผู้สอนกำหนดขึ้น โดยใช้ผังมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่สองเป็นข้อมูล และคำอธิบายที่สร้างขึ้นนั้นต้องประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

จากความสำคัญและแนวการพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการเสริมศักยภาพดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาความสามารถดังกล่าวของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้ดาราศาสตร์ด้วยการเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์ เนื่องจากผู้วิจัยเป็นผู้สอนวิชาดาราศาสตร์และตามหลักสูตรสถานศึกษาที่ผู้สอนสังกัดนั้น กำหนดให้วิชาดาราศาสตร์เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบกับการทบทวนเอกสารของผู้วิจัยพบว่า การพัฒนาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในวิชาดาราศาสตร์มีงานวิจัยค่อนข้างน้อย จึงนับเป็นโอกาสที่จะได้พัฒนาความสามารถดังกล่าวให้กับนักเรียนในวิชาดังกล่าวให้มากขึ้น เพื่อจะได้เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน อันเป็นทักษะสำคัญประการหนึ่งของการใช้ชีวิตในสังคมที่มีการพัฒนาของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างไม่หยุดยั้ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนดาราศาสตร์ผ่านการเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ที่เรียนในปีการศึกษา 2559 จำนวน 20 คน เป็นนักเรียนชาย 12 คน นักเรียนหญิง 8 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากเป็นกลุ่มนักเรียนที่ผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบสอน ดำเนินการวิจัยแบบ One Group Post-test Design

ตัวแปร

ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

1. ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์

2. ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์

เครื่องมือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนดาราศาสตร์โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์ จำนวน 6 แผน ใช้เวลาแผนละ 100 นาที ได้แก่ (1) หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง (2) ความหมายและประเภทของกาแล็กซี่ (3) ความส่องสว่างของดาวฤกษ์ (4) สี อุณหภูมิและสเปกตรัม

ของดาวฤกษ์ (5) กำเนิดระบบสุริยะ และ (6) คาบและอัตราเร็วการโคจรของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน ผ่านการพิจารณาและปรับแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ 1 ท่าน และผู้สอนวิชาดาราศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 2 ท่าน

2. แบบวัดความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ เป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยมีแนวคิดการพัฒนาแบบวัดมาจากแบบวัดในการทดสอบ PISA ปี ค.ศ. 2015 ในส่วนข้อสอบที่เน้นการวัดความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 5 ประการ โดยแบบวัดดังกล่าวนี้ผ่านการพิจารณาและปรับแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ 1 ท่าน และผู้สอนวิชาดาราศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 2 ท่าน แบบวัดที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยข้อสอบทั้งหมด 9 ข้อ ใช้เวลาทดสอบ 50 นาที แต่ละข้อประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ (1) บทความที่เกี่ยวกับดาราศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยคัดเลือกจากวารสารวิทยาศาสตร์และเว็บไซต์ของสมาคมดาราศาสตร์แห่งประเทศไทย แล้วนำมาปรับข้อความบางส่วนให้เหมาะสมกับระดับของนักเรียน และเวลาในการอ่านเพื่อทำแบบวัด โดยยังคงใจความสำคัญของบทความต้นฉบับไว้เหมือนเดิม (2) ข้อคำถาม และ (3) ส่วนที่ให้นักเรียนเลือกตอบหรือเขียนตอบ ซึ่งมี 3 แบบ ได้แก่ ตัวเลือกให้เลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก มีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ แบบเลือกตอบ 6 ตัวเลือก มีคำตอบที่ถูกต้อง 2 ตัวเลือก จำนวน 2 ข้อ และแบบให้เขียนตอบจำนวน 2 ข้อ เหตุผลที่ผู้วิจัยพัฒนารูปแบบของข้อสอบไม่เหมือนกันทั้งฉบับเนื่องจากได้แนวคิดจากข้อสอบตามแนวการทดสอบของ PISA ที่แสดงให้เห็นว่าข้อสอบควรมีความหลากหลาย ประกอบกับคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้วิจัยพิจารณาความเหมาะสมของบทความที่คัดเลือกมาใช้ว่าเหมาะจะสร้างเป็นตัวเลือกหรือสร้างเป็นแบบเขียนตอบดังตาราง 1

ตาราง 1 รูปแบบของข้อสอบ เนื้อหาที่ใช้ในการออกข้อสอบที่สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์

ข้อที่	รูปแบบของข้อสอบ	เนื้อหาที่ใช้ออกข้อสอบ	ตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์
1	ปรนัย 4 ตัวเลือก	ดาวเคราะห์	จดจำและประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Recall and apply appropriate scientific knowledge)
2	ปรนัย 6 ตัวเลือก	ดาวเคราะห์	
3	อัตนัยแบบเขียนตอบ	ดาวฤกษ์	ระบุ ใช้และสร้างรูปแบบหรือคำอธิบาย (Identify, use and generate explanatory models and representations)
4	ปรนัย 6 ตัวเลือก	ดาวเคราะห์	สร้างและพิสูจน์คำพยากรณ์ (Make and justify appropriate predictions)
5	ปรนัย 4 ตัวเลือก	ดาวเคราะห์	
6	ปรนัย 4 ตัวเลือก	เอกภพ	นำเสนอสมมติฐาน (Offer explanatory hypotheses)
7	ปรนัย 4 ตัวเลือก	เอกภพ	
8	อัตนัยแบบเขียนตอบ	ดาวเคราะห์	อธิบายการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อสังคม (Explain the potential implications of scientific knowledge for society)
9	ปรนัย 4 ตัวเลือก	ดาวเคราะห์	

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ดำเนินการตามแบบ One Group Post-test Design ดังนี้

1. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับขั้นตอนนี้ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ดาราศาสตร์ด้วยตนเอง จำนวน 6 ครั้ง ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน แผนละ 100 นาที โดยแต่ละแผนมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนโดยใช้กลยุทธ์การเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์ ซึ่งปรับจากผลงานวิจัยและพัฒนาของ Yang and Wang (2013) ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างคำอธิบายแบบบรรยาย (Descriptive Explanation) ขั้นตอนนี้เริ่มจากการเตรียมการจัดการเรียนรู้โดยผู้สอนสร้างผังมโนทัศน์ด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้สอนวิเคราะห์เนื้อหาที่สอนและใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการสืบสอบ เมื่อเริ่มการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอน 3 ขั้นย่อย ได้แก่ (1) การนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจหรือทบทวนบทเรียนที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ (2) นักเรียนทำกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้สืบสอบความรู้ด้วยตนเอง เช่น การทดลอง การสำรวจตรวจสอบ โดยเป้าหมายสำคัญของขั้นตอนนี้คือผลการสืบสอบที่ได้ควรสอดคล้องกับผังมโนทัศน์ที่ผู้สอนได้จัดทำไว้ เพื่อให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องและครบถ้วน และ (3) นักเรียนสร้างคำอธิบายแบบบรรยาย คือคำอธิบายที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ของเรื่องที่ได้เรียนรู้ ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการสร้างผังมโนทัศน์ด้วยตนเองในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 การสร้างผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์ด้วยตนเองโดยใช้คำอธิบายที่สร้างขึ้นประกอบกับความรู้ที่ได้จากการสืบสอบในขั้นตอนแรก และผู้สอนตรวจสอบความถูกต้องโดยให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม

ขั้นที่ 3 การสร้างคำอธิบายแบบตีความ (Interpretative Explanation) เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายจากสถานการณ์ใหม่ที่ผู้สอนกำหนดให้ โดยคำอธิบายที่สร้างในขั้นนี้มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) คือข้อยืนยันหรือคำตอบของคำถามจากสถานการณ์ใหม่ที่ผู้สอนกำหนดให้ (2) หลักฐาน (evidence) คือหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งได้จากผลการสืบสอบในขั้นตอนแรกของการจัดการเรียนรู้ และ (3) การให้เหตุผล (reasoning) คือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงความเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ซึ่งได้จากผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างในขั้นตอนที่สองของการจัดการเรียนรู้

2. วัดความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ หลังจากเรียนจบตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผนแล้ว ผู้วิจัยใช้แบบวัดที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นทดสอบนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ใช้เวลาทำแบบวัด 50 นาที จากนั้นตรวจให้คะแนนแล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติและสรุปผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่ได้ แล้วนำมาแปลผล โดยเทียบกับเกณฑ์ระดับความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบบวัดมีคะแนนเต็ม 15 คะแนน แบ่งออกเป็น 4 ระดับ โดยอ้างอิงการให้คะแนนจาก Sampson et al. (2009: 46) เนื่องจากเป็นเกณฑ์คะแนนที่ใช้วัดระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งออกเป็นเกณฑ์คุณภาพ ดีมาก ดี ควรปรับปรุง และไม่ผ่าน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำคะแนนของแบบวัดมาแบ่งให้มีช่วงคะแนนเท่ากัน 4 ระดับ ดังนี้

คะแนน 13 – 15หมายถึง ระดับความสามารถ ดีมาก

คะแนน 9 - 12หมายถึง ระดับความสามารถ ดี

คะแนน 5 - 8หมายถึง ระดับความสามารถ ควรปรับปรุง

คะแนน 0 - 4 หมายถึง ไม่ผ่าน

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่เรียนผ่านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์ มีคะแนนความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับดี ดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์

คะแนน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความสามารถ
ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์	9.2	2.56	ดี

เมื่อพิจารณาระดับความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์จากคะแนนการทดสอบของนักเรียนเป็นรายบุคคล ได้ผลดังตาราง 3

ตาราง 3 จำนวนและร้อยละของระดับความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ (N=20)

ระดับความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ดีมาก	1	5
ดี	11	55
ควรปรับปรุง	8	40
ไม่ผ่าน	0	0

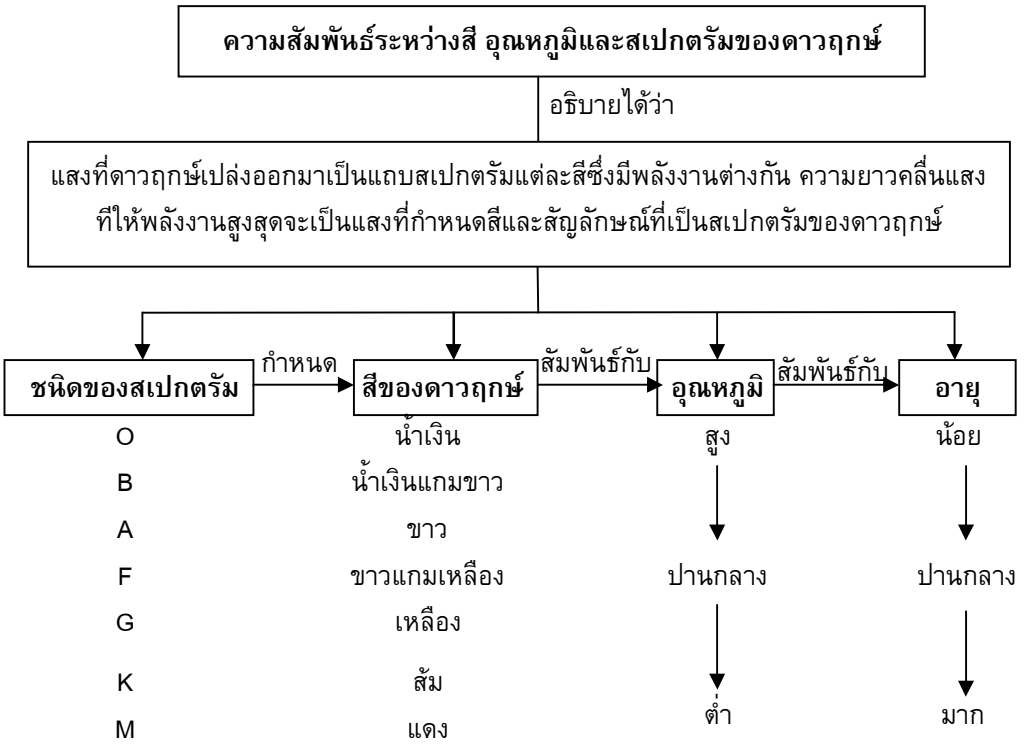
อภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่เรียนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์ มีคะแนนความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับดี ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้นั้นส่งเสริมให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้เป็นอย่างดี โดยผู้วิจัยจะขออภิปรายผลตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้น ตามลำดับ ได้แก่

ขั้นที่ 1 การสร้างคำอธิบายแบบบรรยาย เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ทำการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ ด้วยตนเองนักเรียนแล้วนำผลที่ได้นั้นมาสร้างคำอธิบายแบบบรรยาย ซึ่งคือคำอธิบายที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ของเรื่องที่ได้เรียนรู้ การเรียนรู้ดังกล่าวเป็นการเน้นการเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ (inquiry) ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์ วางแผน ออกแบบและเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วพยายามสร้างเป็นคำอธิบายของตนเองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นความเข้าใจในเนื้อหาหรือมโนทัศน์ของเรื่องที่เรียนย่อมมีประสิทธิภาพมากกว่าการบอกหรือการสอนของผู้สอนโดยตรง อีกทั้งการเรียนรู้ดังกล่าวสอดคล้องกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ที่พยายามสืบสอบหาความรู้ต่าง ๆ ในธรรมชาติด้วยตนเอง สอดคล้องกับทัศนะของ National Research Council (2000) อ้างถึงใน Wu and Wu (2010) ที่กล่าวว่า “การสืบสอบเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพที่จะพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์” ตัวอย่างการจัดการเรียนรู้เรื่องคาบและอัตราเร็วการโคจรของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ ในขั้นแรกจะให้นักเรียนคำนวณหาอัตราเร็วการโคจรของดาวทั้งแปดดวงในระบบสุริยะจากข้อมูลตัวเลขที่กำหนดให้ เมื่อนักเรียนคำนวณได้แล้ว พบว่านักเรียนสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างคาบและอัตราเร็วการโคจรของดาวเคราะห์ได้ว่าดาวเคราะห์ที่มีคาบสั้น (เวลาในการเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์น้อย) จะมีอัตราเร็วในการโคจรมาก ซึ่งเป็นการสรุปได้ด้วยตนเองโดยครูไม่ต้องบอก สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Wu and Wu (2010) ที่ศึกษาผลของการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบกับนักเรียนระดับประถมศึกษา พบว่าสามารถพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และนักเรียน

ส่วนใหญ่มีแนวคิดที่จะใช้หลักฐานที่น่าเชื่อถือเพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่ได้จากการศึกษา และมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นเกี่ยวกับธรรมชาติของคำถามทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 2 การสร้างผังมโนทัศน์ เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์ด้วยตนเอง โดยใช้คำอธิบายที่สร้างขึ้นประกอบกับความรู้ที่ได้จากการสืบสอบในขั้นตอนแรก สำหรับขั้นตอนนี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นจุดเด่นของการจัดการเรียนรู้ในการวิจัยครั้งนี้ เพราะผู้สอนจะให้นักเรียนได้สร้างผังมโนทัศน์ด้วยตนเอง เป็นการเสริมศักยภาพ (Scaffolding) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากผังมโนทัศน์ช่วยให้นักเรียนจัดลำดับความรู้ที่ได้ รู้จักมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง สามารถเชื่อมโยงและสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ให้ดูเข้าใจง่าย มีศักยภาพในการพัฒนาการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และส่งผลให้การเรียนมีประสิทธิภาพมากกว่าการสรุปความรู้แบบบทความ (Nesbit and Adesope, 2006 อ้างถึงใน Yang and Wang, 2013) นอกจากนี้ข้อดีของการใช้ผังมโนทัศน์อีกประการหนึ่งคือการส่งเสริมให้นักเรียนเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ดี เช่น การเขียนรายงานผลการทดลอง การเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพราะผังมโนทัศน์สื่อให้ผู้อ่านเห็นถึงความเชื่อมโยงของความรู้ มีลำดับขั้นของความรู้ชัดเจน เมื่อนำข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในผังมโนทัศน์ไปเขียนในรูปแบบอื่นๆ ก็จะทำให้สื่อสารเข้าใจ ง่ายต่อการจัดลำดับความคิดในการเขียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Patterson (2000) ที่ใช้ผังมโนทัศน์ในการเสริมศักยภาพการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งพบว่ากลุ่มสามารถสามารถเขียนอยู่ในระดับดีทั้งด้านของประโยคและเนื้อความ อีกทั้งการให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์นั้นจะทำให้ผู้สอนสามารถตรวจสอบความเข้าใจในบทเรียนของนักเรียนได้ ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาบางบทเรียนที่อาจมีเนื้อหามากและซับซ้อน และเป็นโอกาสที่ผู้สอนจะช่วยเหลือนักเรียนที่ยังไม่เข้าใจหรือมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนให้เข้าใจได้ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งนับเป็นการเสริมศักยภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างการจัดการเรียนรู้เรื่อง สี อุณหภูมิและสเปกตรัมของดาวฤกษ์ ซึ่งมีเนื้อหามาก และนักเรียนจะต้องจดจำให้สอดคล้องกันทั้งหมดเพื่อนำไปสู่มโนโนทัศน์เกี่ยวกับอายุของดาวฤกษ์ต่อไปอีก พบว่าการให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์ในเรื่องนี้ทำให้นักเรียนเข้าใจดีมากยิ่งขึ้น ดังตัวอย่างผังมโนทัศน์ต่อไปนี้



แผนภาพที่ 1 ผังมโนทัศน์เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิและสเปกตรัมของดาวฤกษ์

ขั้นที่ 3 การสร้างคำอธิบายแบบตีความ เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายจากสถานการณ์ใหม่ที่ผู้สอนกำหนดให้ โดยคำอธิบายที่สร้างในขั้นนี้มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง (2) หลักฐาน และ (3) การให้เหตุผล โดยสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้นี้เป็นสถานการณ์ใหม่ที่สอดคล้องกับบทเรียนที่นักเรียนได้เรียนและสร้างผังมโนทัศน์ไว้แล้ว ยกตัวอย่างเช่น การจัดการเรียนรู้เรื่องหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ว่า “หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงทั้ง 2 ข้อได้แก่ เอกภพมีการขยายตัว และอุณหภูมิพื้นหลังของอวกาศมีค่าเท่ากับ 2.73 เคลวิน มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร” นักเรียนก็จะใช้ข้อมูลทั้งจากการสืบสอบในขั้นที่ 1 และผังมโนทัศน์ที่แสดงถึงความเข้าใจของหลักฐานทั้งสองประการที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงในขั้นที่ 2 มาหาข้อสรุปร่วมกันเป็นกลุ่ม การฝึกสร้างคำอธิบายในลักษณะนี้ทำให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ได้ เพราะนักเรียนจะต้องสรุปหรือสร้างข้อกล่าวอ้างของตนเองให้ได้จากหลักฐานที่มี ไม่ได้สรุปแบบเลื่อนลอย อีกทั้งต้องมีการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประกอบการให้เหตุผลดังกล่าว อีกทั้งการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นการเลียนแบบการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในโลกของความเป็นจริง เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์ต้องอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติให้กับคนทั่วไปในสังคมรับรู้และเข้าใจ ซึ่งการอธิบายนั้นต้องอาศัยหลักฐานและการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือ สอดคล้องกับทัศนะของ Krajcik

and McNeill (2007) ที่กล่าวถึงเหตุผลที่ควรใช้คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน 4 ประการ ได้แก่ (1) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แสดงถึงการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (2) ช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (3) ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง และ (4) ช่วยพัฒนาความคิดแบบวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูสามารถตรวจสอบได้ชัดเจนทั้งสาระและกระบวนการคิด ดังนั้น เมื่อนักเรียนไปพบสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ นักเรียนก็จะมีกระบวนการคิด มีวิธีการที่จะอธิบายปรากฏการณ์ให้มีความน่าเชื่อถือได้ด้วยตนเอง ซึ่งอาจนับได้ว่าเป็นการพัฒนาความสามารถในการอธิบายปรากฏการเชิงวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang and Wang (2013) ที่พบว่านักเรียนระดับประถมศึกษากลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการให้สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจและความสามารถในการอธิบายมโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการวิจัยอีกประการหนึ่ง คือเมื่อจำแนกนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ตามระดับความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียนจำนวน 1 คน อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 5 อยู่ในระดับดี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 55 อยู่ในระดับควรปรับปรุง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 40 แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับดี ดังตารางที่ 3 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวิธีการที่ผู้วิจัยนำมาทดลองใช้นั้นนักเรียนจะต้องมีบทบาทในการสืบสอบหาความรู้ด้วยตนเองในทุกขั้น ต้องเขียนและนำเสนอทั้งคำอธิบายแบบบรรยาย ผังมโนทัศน์และคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากการสังเกตพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่างระหว่างเรียนพบว่ามีนักเรียนส่วนหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มให้ความร่วมมือค่อนข้างน้อย นักเรียนยังติดกับการเรียนแบบเดิมที่ครูเป็นผู้ให้ความรู้เพียงฝ่ายเดียว เหตุผลอีกประการหนึ่งคือแบบวัดที่ใช้หลังเรียนก็เป็นลักษณะของแบบวัดที่นักเรียนอาจไม่คุ้นชินมาก่อน จากการสังเกตพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ใช้เวลาในการทำแบบวัดเกือบเต็มเวลาทุกคน เนื่องจากต้องอ่านบทความจำนวนทั้งสิ้น 5 บทความ แต่ละบทความยาวประมาณหนึ่งในสี่ของหน้ากระดาษ รวมถึงบทความเป็นสถานการณ์ใหม่ที่นักเรียนไม่เคยพบมาก่อน จึงอาจทำให้นักเรียนบางคนอ่านบทความไม่ถี่ถ้วน จับประเด็นของสาระได้ไม่ดีเท่าที่ควร รวมถึงมีข้อสังเกตอีกประการหนึ่งว่าข้อสอบที่ให้เขียนตอบนั้น นักเรียนจะได้คะแนนน้อยกว่าข้อสอบที่เป็นแบบเลือกตอบ ซึ่งอาจมาจากความคุ้นชินของการทดสอบของนักเรียนที่ไม่ค่อยมีโอกาสในการฝึกเขียนตอบในข้อสอบ จึงทำให้ได้คะแนนจากการเขียนตอบค่อนข้างน้อย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ผู้สอนวิทยาศาสตร์ควรนำแนวทางการเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ โดยควรศึกษาลักษณะ วิธีการและข้อจำกัดของการใช้ผังมโนทัศน์เพิ่มเติม เพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม เพราะสอดคล้องกับขั้นตอนการสอนและแนวทางการเสริมศักยภาพที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งส่งเสริมให้คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น เนื่องจากได้มุมมองหลากหลายจากคนในกลุ่ม

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ควรใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยการเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์กับหน่วยการเรียนรู้เรื่องอื่นในวิชาวิทยาศาสตร์ หรือใช้กับระดับชั้นอื่นนอกจากระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยผู้วิจัยเสนอแนะให้ทดลองกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อเตรียมพร้อมรับการทดสอบ PISA เพื่อให้ผลการประเมินของประเทศไทยพัฒนามากขึ้น

2.2 ควรศึกษาวิจัยตัวแปรตามอื่นนอกเหนือจากความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น มโนทัศน์ ความสามารถในการแก้ปัญหา เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น เพื่อให้ผลการวิจัยมีความหลากหลายและครอบคลุมเป้าหมายสูงสุดของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

วิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, สถาบัน. (2558). *แนวคิด ทฤษฎีที่เป็นที่มาของการสอนแบบ SCAFFOLDING*. สืบค้นเมื่อ 26 มิถุนายน 2559, จาก https://candmbsri.wordpress.com

Krajcik, J.S. and McNeill, K.L. (2007). *Assessing middle school students' content knowledge and scientific reasoning through written explanations*. Paper presented at National Science Teachers Association Conference on Science Assessment., St. Louis.

Kuhn, L. and Reiser, B. (2004). *Students constructing and defending evidence-based scientificexplanations*. Paper presented at NARST., Dallas Texas.

McNeill, K.L., Lizotte, D.J., Krajcik, J.S., and Marx, R.W. (2004). *Supporting students' construction of scientific explanations using scaffolded curriculum materials and assessments*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association., San Diego, CA.

Organization for Economic Co-operation and Development. (2012). *PISA 2015 item submission guidelines: scientific literacy*. Retrieved June 26, from https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Submission-Guidelines-Science.pdf

Patterson, E.W. (2000). Structuring the composition process in scientific writing. *International Journal of Science Education 23*, 1–16.

Sampson, V. et al. (2009). Argument-driven inquiry: way to promote learning during laboratory activities. *The Science Teacher November 2009*, 42-47.

Songer, N.B., Fick, S., and Shah, A.M. (2013). Characterizing teachers' verbal scaffolds to guide elementary students'creation of scientific explanations. *School Science and Mathematics, 113*(I7): 321–332.

Wu, Hsin-Kai and Wu, Chia-Lien. (2010). *Exploring the development of fifth graders' practical epistemologies and explanation skills in inquiry-based learning classrooms*. Retrieved June 27, from https://rd.springer.com/article/10.1007/s11165-010-9167-4?no-access=true.

Yang, Hsiu-Ting and Wang, Kuo-Hua (2013). A teaching model for scaffolding 4th grade students' scientific explanation writing. *Research Science Education, 44*: 531–548.