

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการสอนแบบ PRO ต่อความสามารถในการ
สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง

Effects of Context-Based Learning (CBL) Together with PRO Strategy Technique on
Grade 11 Students' Ability in Constructing Scientific Explanation
in the Topic of Sound

สิริพงษ์ แพทย์วงศ์ (Siripong Patwong)* ดร.เอกภูมิ จันทระขันธ์ (Dr.Ekgapoom Jantarakantee)**

ดร.สุรศักดิ์ เชียงกา (Dr.Surasak Chiangga)***

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องเสียง โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการสอนแบบ
PRO ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ ทฤษฎี (Premise) เหตุผล (Reason) และผลลัพธ์ (Outcome) ผู้วิจัย
ได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ใบกิจกรรมจำนวน 4 ใบกิจกรรม และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา และสถิติเชิง
บรรยาย ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยรวมทั้งสามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในข้อคำถามที่
เป็นบริบทใกล้เคียงมากกว่าข้อคำถามที่เป็นบริบทไกล เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบทั้งข้อคำถามที่เป็น
บริบทใกล้เคียงและที่เป็นบริบทไกลพบว่า นักเรียนจะมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมากทั้งองค์ประกอบของทฤษฎีและผลลัพธ์
แต่เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของเหตุผลพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้ในข้อคำถามที่เป็นบริบทไกล และ
อยู่ในระดับดีในข้อคำถามที่เป็นบริบทใกล้เคียง

ABSTRACT

This classroom action research aimed to develop grade 11 students' scientific explanation in
the topic of sound by the integration of context-based learning (CBL) and PRO (premise-reasoning-
outcome) strategy technique. The data were collected from 4 scientific explanation worksheets based
on PRO framework. The data were analyzed by content analysis and descriptive statistics. The results
indicated that the students had the mean score of scientific explanation in near context more than far
context. The students got the average score in excellent level in the components of premise and
outcome both in near context and far context. For the components of reasoning, the students got the
mean score in satisfy level in far context and in good level in near context.

คำสำคัญ: ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

Keywords: Scientific explanation ability, Context-Based approach, PRO strategy technique

*นิสิต หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

***รองศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

หลักสูตรระดับชาติทั่วโลกในปัจจุบันมีการปรับเปลี่ยนให้เป็นมาตรฐานมากขึ้น โดยจะให้ความสำคัญกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังเช่น ที่ประเทศสิงคโปร์ได้นำทักษะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในมาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตร ซึ่งกล่าวไว้ว่า “นักเรียนควรมีความสามารถในการที่จะใช้ สัญลักษณ์ กราฟ และ ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อที่จะทำการอธิบายปรากฏการณ์ รูปแบบ และ ความสัมพันธ์ต่าง ๆ ได้” (Ministry of Education, 2013) รวมทั้งประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดหลักสูตรมาตรฐานแกนกลาง Next Generation Science Standards (NGSS) ซึ่งมีการมุ่งเน้นที่จะให้นักเรียนสร้างคำอธิบายที่มีความสอดคล้องเชิงตรรกะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะนำทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในการอธิบายสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น หรืออาจจะเป็นการอธิบายแบบจำลองทางทฤษฎีระหว่างเรียน (National Research Council, 2012)

เมื่อพิจารณาการทดสอบใน Program for International Student Assessment (PISA) ที่จัดโดยองค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development) เพื่อประเมินสมรรถนะของนักเรียน โดยเน้นไปที่การวัดความสามารถในการนำความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตจริง ซึ่งคำอธิบายนั้นจะต้องมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของแวดวงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยพบว่าหนึ่งในสามของนักเรียนไทยมีคะแนนความรอบรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (OECD, 2015) สอดคล้องกับงานวิจัยที่บ่งบอกว่าความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ากับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนไทยยังคงอยู่ในระดับต่ำ (ชรินดา สุขแสนชนานันท์, 2555; กุลธิดา สุวัชรกุลธร, 2556) ด้วยปัญหาดังกล่าวการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์

เมื่อไม่นานมานี้ ได้มีการออกแบบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์รูปแบบใหม่ซึ่งพัฒนามาจาก Tang (2016) โดยเป็นกรอบแนวคิดในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักการแนวคิด และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เรียกชื่อย่อของกรอบนี้ว่า PRO (Premise–Reasoning–Outcome) Premise หรือ Principle คือ การยกทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในวงการวิทยาศาสตร์ มาใช้เป็นรากฐานในการอธิบายหรือการใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายเหตุการณ์ที่ต้องการ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า Premise คือ ทฤษฎีทั่วไปหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับหลาย ๆ ปรากฏการณ์ได้ เช่น กฎของนิวตัน ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เป็นต้น ส่วน Reasoning คือ เหตุผลที่ใช้ในการเลือกทฤษฎีมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ โดยการเชื่อมโยงเหตุการณ์เข้ากับทฤษฎีแล้วให้เหตุผลว่าทำไมถึงมีความเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้น ๆ ส่วนประกอบสุดท้าย คือ Outcome เป็นผลลัพธ์ของปรากฏการณ์ที่นำทฤษฎีเข้ามาอธิบาย เพื่อเป็นการชี้ให้เห็นว่า ทฤษฎีที่ได้นำมาใช้นั้นมีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบกรอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างกรอบ CER (McNeill, 2006) (Claim, Evidence, Reasoning) และ PRO พบว่า กรอบ PRO จะเป็นการนำกฎ ทฤษฎี หรือแบบจำลอง ที่เป็นที่ยอมรับกันในวงการวิทยาศาสตร์ (General Theory) มาอธิบายปรากฏการณ์ กล่าวคือกรอบ PRO เหมาะกับคำอธิบายที่ถูกขับเคลื่อนด้วยทฤษฎี แต่ในขณะที่กรอบ CER นั้นจะทำการสร้างข้อกล่าวอ้างโดยนำข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สังเกตได้มาให้เหตุผล กล่าวอีกนัยหนึ่งคือกรอบ PRO จะเหมาะสมสำหรับการอธิบายปรากฏการณ์ที่ต้องใช้ทฤษฎี กฎ หรือแบบจำลอง ของความรู้ที่เป็นที่ยอมรับในสังคม ในขณะที่กรอบ CER นั้นเหมาะสมกับการอธิบายที่เกิดจากการจัดกิจกรรมแบบสืบเสาะที่ได้ข้อมูลจากการสังเกตที่เป็นเชิงประจักษ์ ดังนั้นกรอบ PRO จึงเหมาะสมกับวิชาที่จะต้องกล่าวอ้างถึงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำการอธิบายกลไกของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ในระดับจุลภาค

ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันที่มีบริบทต่างออกไป เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากการนำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เดิมที่ตนเองมีอยู่ไปใช้อธิบายในสถานการณ์ใหม่ที่มีบริบทแตกต่างกันออกไป

กล่าวคือ เป็นการบูรณาการแนวคิดเดิมเข้ากับสถานการณ์ที่มีบริบทต่างไปจากเดิม เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ขึ้นมาใหม่ (Bennett, 2003) โดยนักการศึกษาได้แบ่งการถ่ายโอนความรู้เป็น 2 ประเภท คือ การถ่ายโอนความรู้แบบใกล้ คือ การถ่ายโอนความรู้ในบริบทที่มีความซับซ้อนของสถานการณ์คล้ายกับสถานการณ์ที่ได้เรียนรู้ไป และการถ่ายโอนความรู้แบบไกล คือ การถ่ายโอนความรู้ในบริบทที่มีความซับซ้อนในสถานการณ์ที่แตกต่างไปจากสถานการณ์การเรียนรู้เดิม จากการทบทวนวรรณกรรมทำให้ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในบริบทอื่น ๆ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่ตนเองมีเข้ากับบริบทใหม่ได้ (Putra, 2016) ทั้งนี้แบบวัดทักษะการถ่ายโอนความรู้จะมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด (ชรินดา สุขแสนชนานันท์, 2555; กุลธิดา สุวัชรกุลธร, 2556) เพื่อให้นักเรียนเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่มีบริบทที่ใกล้เคียงกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ (บริบทใกล้) เทียบกับการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่ต่างออกไปจากสิ่งที่ได้เรียนรู้ (บริบทไกล) ดังนั้นการวัดระดับของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสามารถทำได้จากข้อคำถามปลายเปิด เพื่อทำการอธิบายปรากฏการณ์ที่มีบริบทแตกต่างกันออกไป ในขณะที่ยังใช้องค์ความรู้เดิมในการอธิบาย

การจัดการเรียนรู้ที่ดึงปรากฏการณ์หรือบริบทในชีวิตประจำวันของนักเรียนเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญสำหรับนำไปใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความรู้วิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์ที่พบเจอในชีวิตประจำวันให้ได้ อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการเรียนรู้นั้นก็คือการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เนื่องจากเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเชื่อมโยงบริบทรอบตัวหรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนเข้ากับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Eser, 2014) อีกทั้งเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเป็นจุดเริ่มต้น หรือผลักดันการพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความเข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ (Bennett, 2003) ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากข้อค้นพบได้ โดยองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานของ Gilbert (2006) คือ 1) กำหนดสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนคิดและอภิปราย รวมถึงให้นักเรียนได้หาวิธีการแก้ไขปัญหา 2) ศึกษาค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว 3) พัฒนาความรู้เพื่อสร้างคำอธิบายและนำเสนอข้อค้นพบต่าง ๆ ที่ได้จากการค้นคว้าและทำการอภิปราย 4) นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เข้ากับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องได้ จะเห็นได้ว่าในขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนนำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์เข้ากับสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นการถ่ายโอนความรู้ในบริบทที่ต่างไปจากบริบทที่ได้เรียนรู้ โดยนักเรียนจะต้องสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่มีบริบทแตกต่างออกไปจากสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการเรียนรู้

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิคการสอนกรอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบ PRO ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเสียง วิชาฟิสิกส์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ตนเองรับผิดชอบ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความสามารถในการการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิคการสอนกรอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบ PRO

วิธีการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย

โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ที่เรียนรายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 36 คน เป็นนักเรียนที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ ทำการสอน

เนื้อหาในการวิจัย

เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเสียง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ประกอบไปด้วย 4 หน่วยย่อย คือ การสะท้อนของคลื่นเสียง ปรากฏการณ์บีบ การสั่นพ้องของเสียง และปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) โดยเป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวิชาฟิสิกส์เรื่อง เสียง อีกทั้งเพื่อศึกษาและพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยขั้นตอนการวิจัยนั้น ผู้วิจัยได้เลือกตามแนวทางของ Kemmis และ McTaggart (1998) โดยมีอยู่ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติตามแผน (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และ ขั้นสะท้อนการปฏิบัติ (Reflect) สำหรับการวิจัยนี้ มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แต่ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอในส่วนของผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียนเท่านั้น ผู้วิจัยจึงไม่ได้สะท้อนผลการสอนตามวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยพัฒนาแผนจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการสอนแบบ PRO ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเสียง จำนวน 4 แผน โดยเน้นการนำบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนมาใช้เป็นหลักในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดและส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยใช้องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงจาก Tang (2006) ซึ่งมีองค์ประกอบ 3 ประการดังนี้ 1. Premise คือทฤษฎีทั่วไปหรือความรู้ที่สามารถเชื่อมโยงเข้ากันกับหลาย ๆ ปรากฏการณ์ได้ 2. Reasoning คือเหตุผลที่ทำการเลือกทฤษฎีนั้นมา จากนั้นจึงทำการเชื่อมโยงเหตุการณ์เข้ากับทฤษฎีแล้วให้เหตุผลว่าทำไมถึงมีความเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้น ๆ 3. Outcome คือผลลัพธ์ของปรากฏการณ์ที่น่าทฤษฎีเข้ามาอธิบาย เพื่อเป็นการชี้ให้เห็นว่า ทฤษฎีที่ได้นำมาใช้มันมีความสมเหตุสมผลหรือไม่

ก่อนนำแผนจัดการเรียนรู้ไปใช้ผู้วิจัยได้ส่งแผนจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประกอบด้วยอาจารย์ภาควิชา ฟิสิกส์ที่สอนในระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 1 ท่าน อาจารย์ภาควิชาการศึกษาที่สอนในระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 1 ท่าน และครูที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาจำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหาและความเหมาะสมของกิจกรรม

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัย คือ 4 ใบกิจกรรมซึ่งมีลักษณะเป็นข้อคำถามที่แบ่งออกเป็นบริบท ใกล้และบริบทไกล จำนวน 8 ข้อ ประกอบไปด้วยข้อคำถามบริบทใกล้ 4 ข้อ และ บริบทไกล 4 ข้อ โดยเมื่อสอนจบเนื้อหา

ในแต่ละเรื่อง ผู้วิจัยจะให้นักเรียนเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ตรงกับเนื้อหาที่เรียน จำนวน 2 ข้อ และก่อนนำไปกิจกรรมไปใช้ ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประกอบด้วยอาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ที่สอนในระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 1 ท่าน อาจารย์ภาควิชาการศึกษาที่สอนในระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 1 ท่าน และครูที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาจำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหาและความเหมาะสมของกิจกรรมก่อนนำไปใช้จริง

การวิเคราะห์ข้อมูล

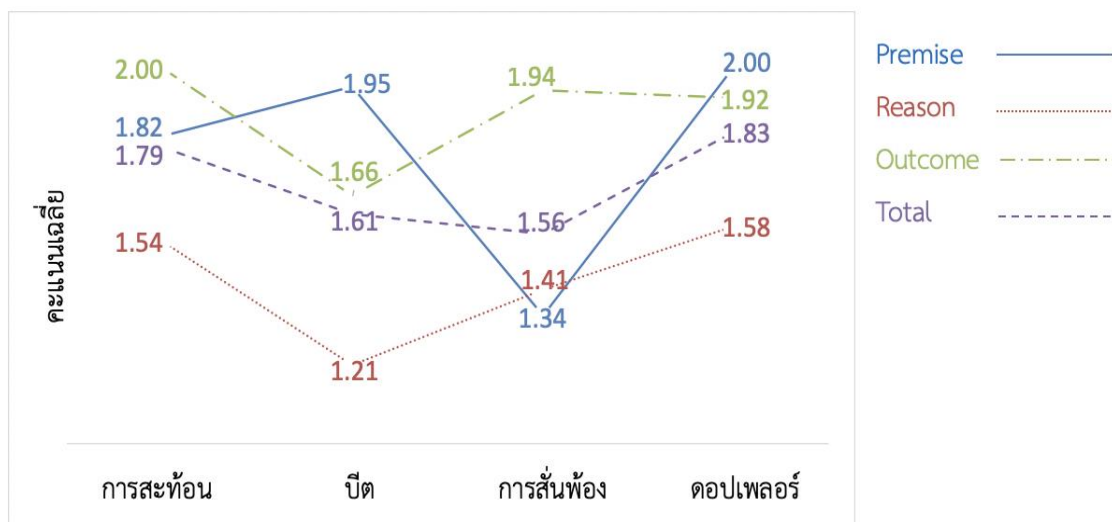
1. ผู้วิจัยทำการอ่านคำตอบของนักเรียนในใบกิจกรรมและใช้การวิเคราะห์เนื้อหาโดยเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนนในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ ตามแนวคิดของ Andrede (2017) Tang (2016) และ McNeill (2006) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงระดับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในรอบ PRO

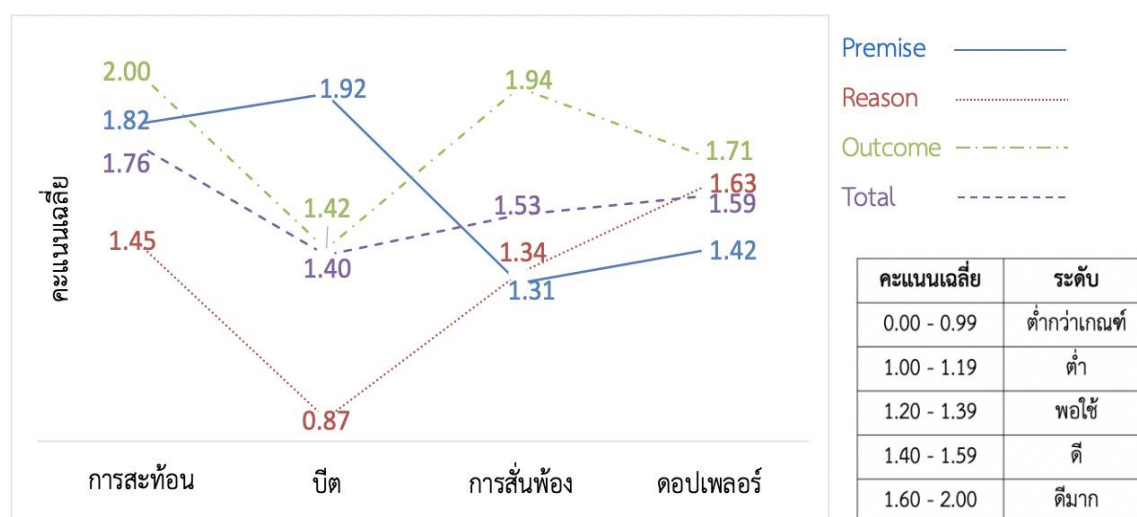
องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ทฤษฎี (Premise)	ไม่แสดงทฤษฎี กฎ หรือข้อความจริง หรือแสดงทฤษฎีที่ไม่ถูกต้อง ไม่สามารถนำไปสู่ข้อสรุปได้	แสดงทฤษฎี กฎ หรือข้อความจริงที่ไม่เพียงพอที่จะนำไปสู่ผลลัพธ์	แสดงทฤษฎี กฎ หรือข้อความจริงที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะนำไปสู่ผลลัพธ์
เหตุผล (Reasoning)	ไม่สามารถให้เหตุผลหรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับผลลัพธ์	เชื่อมโยงทฤษฎี กฎ หรือข้อความจริงกับผลลัพธ์ได้ บางส่วน รวมถึงให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่อธิบายเชิงกลไกระดับจุลภาค	เชื่อมโยงทฤษฎี กฎ หรือข้อความจริงกับผลลัพธ์ได้ สมบูรณ์ รวมถึงให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในเชิงกลไกระดับจุลภาค
ผลลัพธ์ (Outcome)	ผลลัพธ์ไม่ตรงกับเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่กำหนด	ผลลัพธ์ตรงกับสถานการณ์ แต่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎีและเหตุผล	ผลลัพธ์ตรงกับสถานการณ์ สอดคล้องกับทฤษฎีและเหตุผล

จากนั้นจึงจำแนกคะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง โดยแยกตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วจึงทำการหาความถี่ของแต่ละระดับคะแนนในแต่ละองค์ประกอบ และหาค่าเฉลี่ยของคะแนนในแต่ละองค์ประกอบ เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในบริบทใกล้และบริบทไกลระหว่างเรียนเนื้อหาในแต่ละเรื่อง

ผลการวิจัย



กราฟที่ 1 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในข้อคำถามบริบทใกล้



กราฟที่ 2 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในข้อคำถามบริบทไกล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดังกราฟที่ 1 และกราฟที่ 2 ซึ่งผู้วิจัยจะอภิปรายถึงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ใบกิจกรรมในแต่ละเนื้อหา ดังนี้

การสะท้อนของเสียง

บริบทใกล้ ผู้วิจัยใช้คำถามว่า “เพราะเหตุใดสมชายสามารถวัดระยะห่างของตนเองไปยังหน้าผา จากการนับเวลาที่สมชายได้ยินเสียงตนเองอีกครั้งได้”

บริบทไกล ผู้วิจัยใช้คำถามว่า “เพราะเหตุใด นักสำรวจทางทะเลจึงสามารถวัดระดับความลึกของน้ำทะเลโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกได้”

จากการวัดความสามารถในการการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์พบว่าในองค์ประกอบทฤษฎี เมื่อพิจารณาข้อคำถามทั้งบริบทใกล้และบริบทไกลพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบทฤษฎี 1.82 คะแนนทั้งบริบทใกล้และบริบท

ไกล โดยนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน คือ นักเรียนที่ให้ทฤษฎี หรือข้อความจริงที่สมบูรณ์ โดยกล่าวถึงสมบัติของคลื่น ซึ่งแสดงถึงกลไกการสะท้อนของคลื่นเสียงโดยความยาวคลื่นของเสียงจะต้องน้อยกว่าขนาดของวัตถุ และกล่าวถึงความเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิใด ๆ หากพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนน 1 คะแนนพบว่า นักเรียนกล่าวถึงสมบัติของคลื่น แต่ไม่ได้อธิบายกลไกการสะท้อนของคลื่น และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนทฤษฎี 0 คะแนนพบว่า นักเรียนไม่กล่าวถึงกฎการสะท้อนของคลื่นในข้อคำถาม ทั้งนี้ข้อคำถามทั้งบริบทไกลและบริบทใกล้จะใช้ทฤษฎีในการอธิบายเหมือนกัน ดังนั้นคะแนนในส่วนของทฤษฎีของนักเรียนแต่ละคนจึงมีค่าเท่ากันทั้งข้อคำถามบริบทไกลและบริบทใกล้

กรณีเหตุผล พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 1.54 คะแนนในข้อคำถามบริบทไกล และ 1.45 คะแนนในข้อคำถามบริบทใกล้ โดยนักเรียนที่ได้คะแนน 2 คะแนน คือนักเรียนที่เชื่อมโยงทฤษฎี หรือข้อความจริงกับผลลัพธ์ได้สมบูรณ์ รวมถึงให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในเชิงกลไกระดับจุลภาค กล่าวคือ มีการเชื่อมโยงกฎการสะท้อน มาให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในเชิงกลไกระดับจุลภาค และกล่าวถึงการจับเวลาเมื่อคลื่นไปและกลับ เช่น “เมื่อเสียงที่สมชายตะโกนออกมา เดินทางไปกระทบกับหน้าผาซึ่งเป็นสิ่งกีดขวางที่ขนาดมากกว่าความยาวคลื่นเสียงของสมชาย คลื่นเสียงนั้นก็จะเกิดการสะท้อนกลับมาในทิศทางตรงกันข้าม โดยทำการจับเวลาที่ตะโกนออกไปและกลับมามีได้อีกครั้ง” หรือ “นักสำรวจทางทะเลจะปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกลงสู่ทะเล เมื่อคลื่นอัลตราโซนิกเจอกันทะเลซึ่งมีขนาดมากกว่าความยาวคลื่น คลื่นจะเกิดการสะท้อนกลับ นักสำรวจจึงทำการจับเวลาที่คลื่นไปและกลับมายังแหล่งกำเนิด แล้วคำนวณความลึกของทะเลจากสมการ $s=vt_{\text{หาเดียว}}$ ” เมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 1 คะแนนพบว่านักเรียนเชื่อมโยงกฎการสะท้อน แต่ไม่อธิบายกลไกเชิงจุลภาค (กลไกการนับเวลาที่คลื่นไปและกลับ หรือ กลไกการสะท้อน) และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 0 คะแนนพบว่า นักเรียนไม่แสดงเหตุผลหรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับผลลัพธ์ เช่น กล่าวทฤษฎีซ้ำ

กรณีผลลัพธ์พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 2.00 คะแนน ทั้งข้อคำถามบริบทไกลและบริบทใกล้ โดยนักเรียนทุกคนสามารถกล่าวถึงผลลัพธ์ตรงกับสถานการณ์ สอดคล้องกับทฤษฎีและเหตุผลตามสถานการณ์ที่กำหนด เช่น “สมชายสามารถนำค่าเวลาที่ได้นำมาคำนวณหาความยาวของต้นเองกับหน้าผาได้จากกฎการสะท้อนของคลื่นเสียง” “สามารถใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการวัดระดับความลึกของทะเลได้” สรุปได้ว่าถ้านักเรียนเข้าใจข้อคำถาม นักเรียนก็สามารถที่จะระบุผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้อง

ปรากฏการณ์บีตของเสียง

บริบทไกล ผู้วิจัยใช้คำถามว่า “เมื่อทำการเปิดลำโพง 2 ลำโพงพร้อมกันซึ่งลำโพงตัวแรกมีความถี่ 500 Hz และลำโพงตัวที่ 2 ปรับความถี่จาก 507 Hz ไปถึง 500 Hz ผู้สังเกตจะพบปรากฏการณ์ใด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น”

บริบทใกล้ ผู้วิจัยใช้คำถามว่า “เมื่อเราพิจารณาการเทียบเสียงกีตาร์ หลังจากที้นักดนตรีไม่สามารถแยกแยะระดับเสียงได้แล้ว ซึ่งนักกีตาร์จะวางนิ้วในตำแหน่งที่มีระดับเสียงของสายแรกให้ตรงกับระดับเสียงในสายที่สอง จากนั้นจะทำการสั่นสายทั้งสองสายพร้อมกัน ทำให้นักกีตาร์จึงปฏิบัติเช่นนั้น”

จากการวัดความสามารถในการการสร้าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์พบว่าในองค์ประกอบทฤษฎี นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 1.95 คะแนนในบริบทไกล และ 1.92 คะแนนในบริบทใกล้ โดยนักเรียนที่ได้ 2 คะแนนคือนักเรียนที่แสดงทฤษฎี กฎ หรือข้อความจริงที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะนำไปสู่ผลลัพธ์ของปรากฏการณ์บีต กล่าวคือนักเรียนได้ระบุว่าบีตส์เกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่นเสียง 2 แหล่งที่ให้ความถี่ต่างกันเล็กน้อย หากพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนน 1 คะแนนพบว่านักเรียนแสดงกล่าวถึงปรากฏการณ์บีต แต่ไม่อธิบายขยายความทฤษฎี และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนทฤษฎีเป็น 0 คะแนนพบว่า นักเรียนไม่แสดงทฤษฎี กฎ หรือข้อความจริง ที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์บีต

กรณีเหตุผล พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 1.21 คะแนนในข้อคำถามบริบทไกล และ 0.87 คะแนนในข้อคำถามบริบทใกล้โดยนักเรียนที่ได้คะแนน 2 คะแนนคือนักเรียนที่เชื่อมโยงทฤษฎีกับสถานการณ์ได้สมบูรณ์ รวมถึงให้เหตุผลโดย

ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในเชิงกลไกระดับจุลภาค โดยแสดงถึงกลไกการปรับความถี่ และอธิบายถึงความถี่ของแหล่งกำเนิดทั้งสองที่ต่างกันเล็กน้อย เช่น “เมื่อเปิดลำโพงตัวแรกที่มีความถี่ 500 Hz และ ลำโพงตัวที่ 2 มีการปรับความถี่ให้มีค่าใกล้เคียงกับลำโพงตัวแรก ในตอนแรกความถี่ปีติจะมีค่ามาก หลังจากปรับค่าความถี่ของลำโพงในตัวที่สองให้เข้าใกล้ความถี่ของลำโพงตัวที่ 1 มากขึ้น จะทำให้ผลต่างความถี่ของลำโพงทั้งสองมีค่าน้อยลง” หรือ “เมื่อทำการเทียบสายกีตาร์ 2 สาย ซึ่งนักกีตาร์จะวางตำแหน่งนิ้วที่มีเสียงตรงกับสายที่สองแล้วดีดพร้อมกัน ถ้าสายกีตาร์ทั้งสองมีระดับเสียงใกล้เคียงกันมาก ๆ (ความถี่ใกล้เคียงกันมาก ๆ) โดยต่างกันเพียง 2-3 Hz เสียงทั้งสองที่เกิดขึ้นจะมารวมกันเกิดการแทรกสอดของคลื่นเสียง ทำให้เราได้ยินเสียงดังค่อยเกิดขึ้น” เมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 1 คะแนนพบว่านักเรียนเชื่อมโยงทฤษฎีกับเหตุการณ์บางส่วน แต่ยังไม่อธิบายเชิงกลไกระดับจุลภาค เช่น ไม่ได้กล่าวถึงกลไกการปรับความถี่ของแหล่งกำเนิด หรือไม่แสดงข้อความเพื่อเชื่อมโยงความถี่ของลำโพงทั้งสองที่ต่างกันเล็กน้อย และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 0 คะแนนพบว่า นักเรียนไม่แสดงผลหรือกล่าวทฤษฎีซ้ำโดยไม่มีการเชื่อมโยงทฤษฎีเข้ากับสถานการณ์

กรณีผลลัพธ์พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 1.66 คะแนนในข้อคำถามบริบทใกล้เคียง และ 1.42 คะแนนในข้อคำถามบริบทไกล โดยนักเรียนที่ได้คะแนน 2 คะแนนคือนักเรียนที่มีผลลัพธ์ตรงกับสถานการณ์ สอดคล้องกับทฤษฎีและเหตุผล และอธิบายผลลัพธ์ได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ปรากฏข้อความ “ได้ยินเสียงดังค่อยสลับกันไปเมื่อความถี่ต่างกันน้อยลงจึงหว่าที่เราได้ยินเสียงดังค่อยก็จะซาลง จนกระทั่งมีความถี่เท่ากันเสียงดังค่อยก็จะหายไป” เมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 1 คะแนน พบว่านักเรียนมีผลลัพธ์ตรงกับสถานการณ์ แต่ไม่กล่าวขยายความเช่น “ได้ยินเสียงดังค่อยสลับกันไป” จะเห็นได้ว่านักเรียนไม่ได้กล่าวว่า เมื่อปรับความถี่เท่ากัน เสียงปีติจะหายไป และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 0 คะแนนพบว่า นักเรียนแสดงผลลัพธ์ไม่ตรงกับสถานการณ์ เช่น กล่าวว่าไม่เกิดเสียงดังค่อยหรือเสียงเกิดการหักเห

การสันฟ้องของเสียง

บริบทใกล้เคียง ผู้วิจัยใช้คำถามว่า “เพราะเหตุใด โหวด (เครื่องดนตรีภาคอีสาน) จึงเป็นเครื่องดนตรีที่มีระดับสูงต่ำของเสียงที่หลากหลาย”

บริบทไกล ผู้วิจัยใช้คำถามว่า “เพราะเหตุใดขลุ่ยจึงเป็นเครื่องดนตรีที่มีระดับสูงต่ำเสียงที่มีความหลากหลาย”

จากการวัดความสามารถในการการสร้าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์พบว่าในองค์ประกอบทฤษฎี นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 1.34 คะแนนในบริบทใกล้เคียง และ 1.31 คะแนนในบริบทไกล โดยนักเรียนที่ได้ 2 คะแนนคือนักเรียนที่กล่าวถึงความถี่ธรรมชาติของเสียงในท่อ และอธิบายขยายความทฤษฎีได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ความยาวของท่อนมีผลต่อความถี่ธรรมชาติของคลื่นเสียงในท่อ โดยท่อที่ยาวกว่าจะให้ความถี่ที่น้อยกว่า เป็นต้น หากพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนน 1 คะแนนพบว่า นักเรียนกล่าวถึงความถี่ธรรมชาติของเสียงในท่อ แต่ไม่ได้อธิบายขยายความทฤษฎี เช่น การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความยาวของท่อ ส่วนนักเรียนที่ได้คะแนน 0 คะแนนพบว่า นักเรียนไม่แสดงทฤษฎี กฎ หรือข้อความจริง ที่เกี่ยวกับการสันฟ้องของคลื่นเสียง

กรณีเหตุผลพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 1.41 คะแนนในบริบทใกล้เคียง และ 1.34 คะแนนในบริบทไกล โดยนักเรียนที่ได้คะแนน 2 คะแนนคือนักเรียนที่เชื่อมโยงเรื่องการสันฟ้องของเสียงในท่อเข้ามาให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในเชิงกลไกระดับจุลภาค เช่น “เมื่อทำการเป่าโหวด 1 เสียง จะทำให้โมเลกุลของอากาศนั้นเกิดการรบกวนโดยมีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของท่อ ซึ่งท่อยาวกว่าจะให้ความถี่ที่มีความถี่ต่ำกว่า” และในบริบทไกล นักเรียนจะต้องบอกการปิดนิ้วของขลุ่ย ซึ่งเมื่อเปิดทีละนิ้ว ความยาวของท่อก็จะเปลี่ยนไป ส่งผลทำให้ค่าความถี่ธรรมชาตินั้นเปลี่ยนไปด้วย เมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 1 คะแนนพบว่านักเรียนเชื่อมโยงกับทฤษฎีความถี่ธรรมชาติของเสียงในท่อ แต่ไม่อธิบายกลไกเชิงจุลภาค (กลไกการสันฟ้องของโมเลกุลอากาศ) และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 0 คะแนนพบว่า นักเรียนไม่แสดงผลหรือกล่าวทฤษฎีซ้ำ

กรณีผลลัพธ์พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 1.94 คะแนน ทั้งในข้อคำถามบริบทใกล้และบริบทไกล โดยนักเรียนที่ได้คะแนน 2 คะแนนคือนักเรียนที่มีผลลัพธ์ตรงกับสถานการณ์ และอธิบายขยายความผลลัพธ์ได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ปรากฏข้อความ “ทำให้เกิดคลื่นเสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงแตกต่างกันเมื่อเทียบกับคลื่นเสียงที่เกิดจากท่อที่มีความยาวต่างกัน” เมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 1 คะแนนพบว่านักเรียนผลลัพธ์ตรงกับสถานการณ์ แต่ไม่กล่าวขยายความเช่นผลลัพธ์ตรงกับสถานการณ์ที่กำหนด แต่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎีและเหตุผลที่ยกมากล่าวอ้าง เช่น กล่าวถึงทฤษฎีการหักเหของคลื่นเสียงแล้วทำการสรุปว่า คลื่นเสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงแตกต่างกัน และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 0 คะแนนพบว่า นักเรียนแสดงผลลัพธ์ไม่ตรงกับสถานการณ์ เช่น กล่าวว่าไม่เกิดเสียงดังค่อย หรือเสียงเกิดการหักเห

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

บริบทใกล้ ผู้วิจัยใช้คำถามว่า “เพราะเหตุใด เราจึงสามารถคำนวณหาความเร็วที่เปล่งเสียงหวูด ได้จากการสังเกตความถี่ที่เปลี่ยนไป ให้นักเรียนสมมติเหตุการณ์ด้วยตนเอง โดยอ้างถึงทฤษฎี เหตุผล และผลลัพธ์”

บริบทไกล ผู้วิจัยใช้คำถามว่า “สมชายขับรถเข้าไปบริเวณหน้าผา แล้วทำการบีบแตรรถ สมชายสามารถคำนวณหาอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมได้หรือไม่ ให้นักเรียนสมมติเหตุการณ์ด้วยตนเอง โดยอ้างถึงทฤษฎี เหตุผล และผลลัพธ์”

จากการวัดความสามารถในการการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์พบว่าในองค์ประกอบทฤษฎี นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 2.00 คะแนนในบริบทใกล้ และ 1.42 คะแนนในบริบทไกล โดยนักเรียนที่ได้ระดับ 2 คะแนน จะแสดงทฤษฎีที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะนำไปสู่ผลลัพธ์ของปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ ทำให้ความถี่ของเสียงเปลี่ยนไป เช่น “ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คือปรากฏการณ์ที่ความถี่ของเสียงที่ผู้สังเกตได้ยินมีค่าเปลี่ยนไปจากความถี่ของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง สามารถคำนวณได้จากสมการ $f_L = f_s \left(\frac{v \pm v_L}{v \pm v_s} \right)$ แล้วนำค่า v ที่ได้ไปคำนวณหาอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมได้จากสมการ $v = 331 + 0.6t$ ” หรือนักเรียนนำทฤษฎีการสะท้อนของเสียงเข้ามาตอบ เช่น “จากหลักการสะท้อนของเสียง ทำการวัดระยะห่างและเวลาเมื่อคลื่นเสียงสะท้อนกลับมา เมื่อทำการบีบแตรรถ 1 ครั้งสั้น ๆ แล้วทำการคำนวณหาความเร็วเสียงจากสมการ $s = vt$ แล้วนำไปคำนวณอุณหภูมิจากสมการ $v = 331 + 0.6t$ ” เมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนทฤษฎี 1 คะแนน พบว่านักเรียนกล่าวถึงเพียงปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ แต่ไม่แสดงสมการและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนทฤษฎี 0 คะแนน พบว่านักเรียนไม่ได้กล่าวถึงปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ โดยใช้หลักการที่ไม่ถูกต้องเข้ามาอธิบาย

กรณีเหตุผลพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 1.58 คะแนนในบริบทใกล้ และ 1.63 คะแนนในบริบทไกล โดยนักเรียนที่ได้คะแนน 2 คะแนนคือนักเรียนที่เชื่อมโยงทฤษฎีกับสถานการณ์ได้สมบูรณ์ และอธิบายเชิงกลไกระดับจุลภาค เช่น แสดงถึงกลไกการเปลี่ยนความถี่ของเสียงเมื่อเรือหรือรถเคลื่อนที่ และเชื่อมโยงสมการดอปเพลอร์เข้ากับสถานการณ์ เช่น “สมมติว่าเราเปิดเสียงหวูดที่มีความถี่ 700 Hz ซึ่งเรือกำลังเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต ซึ่งถ้าได้ยินเสียงหวูดที่มีความถี่ 710 Hz เราสามารถคำนวณความเร็วของเรือได้จากสมการ $f_L = f_s \left(\frac{v \pm v_L}{v \pm v_s} \right)$ ความเร็วเสียงในอากาศสามารถคำนวณได้จาก $v = 331 + 0.6t$ ถ้าอุณหภูมิขณะนั้นมีค่า 25°C ความเร็วเสียงจะมีค่า 346 m/s ” เมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 1 คะแนนพบว่านักเรียนเชื่อมโยงทฤษฎี กฎ หรือข้อความจริงกับผลลัพธ์ได้บางส่วน และ ไม่ได้กล่าวถึงกลไกการที่เรือหรือรถเคลื่อนที่แล้วทำให้ความถี่เปลี่ยน หรือแสดงเพียงแผนภาพไว้เท่านั้น โดยไม่อธิบายเป็นข้อความ ไม่ได้ยกตัวอย่างสมมติ “จากสมการ $f_L = f_s \left(\frac{v \pm v_L}{v \pm v_s} \right)$ เราทราบได้ว่าความถี่ที่เปลี่ยนไปเป็นเท่าไร แล้วคำนวณความเร็วของเรือที่เปลี่ยนไปได้ โดยแทนค่าในสมการ” และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 0 คะแนนพบว่า นักเรียนไม่แสดงเหตุผลหรือกล่าวทฤษฎีซ้ำ

กรณีผลลัพธ์พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 1.92 คะแนนในบริบทใกล้ และ 1.71 คะแนนในบริบทไกล โดยนักเรียนที่ได้คะแนน 2 คะแนนคือนักเรียนที่มีผลลัพธ์ตรงกับสถานการณ์ สอดคล้องกับปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ และ

อธิบายขยายความผลลัพธ์ได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ปรากฏข้อความ “สามารถคำนวณหาความเร็วได้จากความถี่ที่เปลี่ยนไป” หรือ “สามารถคำนวณหาอุณหภูมิได้จากความถี่ที่เปลี่ยนไปของเสียงแทรกสอด” แต่ถ้านักเรียนกล่าวถึงทฤษฎีการสะท้อนของเสียง นักเรียนจะต้องอธิบายที่มาของความเร็วเสียงที่เกิดจากการสะท้อนโดยอธิบายกลไกการสะท้อนและสูตรการคำนวณก่อนสรุปการหาอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมจากสมการความสัมพันธ์ เมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 1 คะแนนพบว่านักเรียนมีผลลัพธ์ตรงกับสถานการณ์ แต่ไม่กล่าวขยายความ เช่น สรุปได้ว่าหาความเร็วของเรือได้ โดยไม่มีการกล่าวถึงปรากฏการณ์ ดอปเพลอร์มาก่อนหน้านี้ และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนเหตุผล 0 คะแนนพบว่า นักเรียนมีผลลัพธ์ไม่ตรงกับสถานการณ์ เช่น กล่าวว่าไม่เกิดการเปลี่ยนความถี่ของเสียง หรือเสียงเกิดการหักเห

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนเฉลี่ยรวมแต่ละองค์ประกอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในกรอบ PRO

ประเภทข้อคำถาม	องค์ประกอบ			คะแนนเฉลี่ยรวม
	Premise	Reason	Outcome	
บริบทใกล้	1.78	1.44	1.88	1.70
บริบทไกล	1.62	1.32	1.76	1.57

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในข้อคำถามบริบทใกล้มากกว่าข้อคำถามบริบทไกล เมื่อทำการพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในกรอบ PRO พบว่า ในข้อคำถามบริบทใกล้และบริบทไกล ค่าเฉลี่ยคะแนนขององค์ประกอบทฤษฎี (Premise) และ ผลลัพธ์ (Outcome) อยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากนักเรียนได้เขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังจากการเรียนรู้ทันที และความรู้ที่ใช้ในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้นเป็นข้อความรู้เดียวกันทั้งบริบทใกล้และบริบทไกล ส่งผลทำให้องค์ประกอบในส่วนทฤษฎีมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก แม้ว่าข้อคำถามบริบทไกลจะเป็นข้อคำถามที่นักเรียนไม่ค่อยชินกับบริบท หรือนักเรียนต้องใช้การจินตนาการรวมรวมกับความรู้เดิมที่ซับซ้อนมากกว่าข้อคำถามบริบทใกล้ก็ตาม เมื่อพิจารณาองค์ประกอบด้านผลลัพธ์ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุผลลัพธ์ของสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากนักเรียนเข้าใจข้อคำถามสถานการณ์ จึงทำให้สามารถระบุผลลัพธ์ได้ทันที ทั้งนี้คำตอบในส่วนผลลัพธ์จะต้องสอดคล้องกับทฤษฎีที่หยิบยกมาด้วย

อย่างไรก็ตามเนื้อหาที่นักเรียนเขียนองค์ประกอบด้านทฤษฎีได้ต่ำที่สุดคือ การสั่นพ้องของคลื่นเสียง เนื่องจากนักเรียนมักจะกล่าวเรื่องคลื่นนิ่งของเสียงในท่อนมากกว่าที่จะเลือกทฤษฎีเรื่องการสั่นพ้องของเสียงมาตอบในข้อคำถาม ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนแยกไม่ออกระหว่างปรากฏการณ์คลื่นนิ่งของเสียง และการสั่นพ้องของเสียง อีกทั้งนักเรียนยังไม่ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของท่อกับความถี่มูลฐานของเสียง จะเห็นได้ว่าข้อคำถามนี้จะมีทฤษฎีที่ใช้ใกล้เคียงกับการเกิดคลื่นนิ่งของเสียงในท่อ ส่งผลทำให้นักเรียนเกิดความสับสนระหว่างคลื่นนิ่งของเสียงกับปรากฏการณ์การสั่นพ้องของเสียง เป็นผลทำให้องค์ประกอบในส่วนทฤษฎีมีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบเหตุผล (Reason) ค่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนจะอยู่ระดับดีในข้อคำถามบริบทใกล้ และอยู่ในระดับพอใช้ในข้อคำถามบริบทไกล เนื่องจากองค์ประกอบนี้ นักเรียนจำเป็นต้องทำการเชื่อมโยงทฤษฎีเข้ากับเหตุการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยข้อคำถามบริบทใกล้ นั้น จะมีความซับซ้อนของความรู้ที่นำมาใช้มากขึ้น จึงทำให้นักเรียนขาดประเด็นความรู้ที่จำเป็นต้องนำมาอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น ข้อคำถามเรื่องการสั่นพ้องของเสียง นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้กล่าวถึงความถี่ของโมเลกุลอากาศที่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของท่อ ก่อให้เกิดเสียงดังกว่าปกติ ทั้งนี้ นักเรียนกล่าวเพียงความยาวของท่อมีผลต่อระดับสูงต่ำของเสียง จึงทำให้นักเรียนขาดประเด็นในการอธิบายไป ซึ่งโอกาสในการขาดประเด็นนั้นมักจะเป็นข้อคำถามบริบทไกล ที่ใช้ข้อความรู้ที่ซับซ้อนมากกว่า จึงส่งผลให้ค่าคะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบ

เหตุผลของข้อคำถามบริบทใกล้เคียงมีค่าน้อยกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามบริบทใกล้เคียง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Halls, Ainsworth & Oliver (2018) ที่บ่งชี้ไว้ว่าคะแนนในส่วนของการให้เหตุผลนั้นยังคงค่อนข้างต่ำ

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนจะสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบของเหตุผลได้ดีขึ้น โดยจะเห็นว่าหลังจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องปิตของเสียง ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบด้านเหตุผลมีค่าสูงขึ้น แม้ว่าการช่วยเหลือนักเรียนจากครูในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะลดลง แต่แนวโน้มของค่าเฉลี่ยคะแนนในด้านเหตุผลมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากบริบทที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เป็นบริบทที่นักเรียนคุ้นเคย ร่วมกับการทำปฏิบัติการจริง เพื่อสรุปองค์ความรู้เพื่อให้ได้องค์ประกอบทฤษฎีก่อน จากนั้นทำการถ่ายโอนความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ โดยมีการเชื่อมโยงทฤษฎีเข้ากับ สถานการณ์ใหม่ได้ดีขึ้น แม้ว่าความซับซ้อนของเนื้อหาจะมากขึ้นก็ตาม สอดคล้องกับความหมายของ Rosenshine และ Guenther (1992) ที่กล่าวว่า การช่วยเหลือนักเรียน คือการให้นักเรียนสามารถปฏิบัติงานที่นักเรียนไม่สามารถทำให้สำเร็จด้วยตนเอง ให้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยตนเอง โดยการช่วยเหลือจะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงและลดลง ในขณะที่นักเรียนค่อย ๆ เพิ่มความสามารถในการปฏิบัติงานด้วยตนเอง

นอกจากนี้ สื่อการเรียนรู้ยังมีส่วนสำคัญต่อการเรียนรู้ เมื่อผู้วิจัยพิจารณาแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้พบว่า เนื้อหาเรื่องปิตของเสียง ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบเหตุผลต่ำที่สุดทั้งข้อคำถามบริบทใกล้เคียงและข้อคำถามบริบทไกล เนื่องจากระหว่างการจัดการเรียนรู้ได้ทำการเปิดลำโพงเพื่อฟังเสียงปิตเป็นระยะเวลานาน ก่อให้เกิดมลพิษทางเสียง จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีอาการปวดหู ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบเหตุผลต่ำที่สุด แม้ว่าการจัดการเรียนรู้ในเรื่องนี้จะมี การช่วยเหลือจากใบกิจกรรมโดยการให้นักเรียนใส่องค์ประกอบตามกรอบที่กำหนดไว้ให้ อีกทั้งครูยังมีการทบทวนองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในรอบ PRO และแนวคิดเรื่องปิตของเสียงก่อนที่จะทำการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในใบกิจกรรม แต่นักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ต่ำที่สุดทั้งในข้อคำถามบริบทใกล้เคียงและข้อคำถามบริบทไกล แต่เมื่อใช้สื่อในระยะเวลาที่เหมาะสม โดยการแบ่งระยะเวลาในการเปิดเสียงในแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไป พบว่าค่าคะแนนในองค์ประกอบเหตุผลนั้นดีขึ้นตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Songer (2012) ที่กล่าวไว้ว่าสื่อการเรียนรู้จะต้องมีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

มากไปกว่านี้นักเรียนบางคนยังมีความสับสนในการเขียนแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนมักจะกล่าวถึงทฤษฎี กฎ หรือข้อความจริง ลงในองค์ประกอบเหตุผล กล่าวคือ นักเรียนกล่าวทฤษฎีซ้ำ ซึ่งไม่ได้ทำการเชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่หยาบๆมาในองค์ประกอบทฤษฎีเข้ากับสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของ Tang (2016) ส่งผลทำให้ค่าคะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบเหตุผลนั้นต่ำกว่าองค์ประกอบอื่น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

เอกสารอ้างอิง

กุลธิดา สุวัชรกุลธร. การพัฒนาแนวคิดและการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2556.

- ชรินดา สุขแสนชนานันท์. การพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการจัดการเรียนรู้แบบอิงบริบท. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2555.
- Bennett, J. Teaching and Learning Science: A Guide to Recent Research and Its Applications. London: Continuum; 2003.
- de Andrade, V., Freire, S. & Baptista. "Constructing Scientific Explanations: a System of Analysis for Students' Explanations." Research in Science Education 2017; 49(1): 787-807.
- Eser, U. "Implementing react strategy in a context-based physics class: Impulse and momentum example. Energy Education Science and Technology Part B." Social and Educational Studies 2012; 4(1): 233-240.
- Gilbert, J. K. "On the nature of "Context" in chemical education." International Journal of Science Education 2006; 28 (9): 957 – 976.
- Halls, J. G., Ainsworth, S. E., & Oliver, M. C. Young children's impressionable use of teleology: the influence of question wording and questioned topic on teleological explanations for natural phenomena. International Journal of Science Education 2018; 40(7), 808–826.
- Kemmis S, McTaggart R. The Action Research Planer. 3 ed. Victoria: Deakin University; 1988.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., & Marx, R. W. Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. Journal of the Learning Sciences 2006; 15(2), 37–41.
- Ministry of Education. Physics GCE ordinary level (Syllabus 5059). [Online] 2019 [cited 2019 Apr 8] Retrieved from [https:// www.seab.gov.sg/content/syllabus/olevel/2015Syllabus/5059_2015.pdf](https://www.seab.gov.sg/content/syllabus/olevel/2015Syllabus/5059_2015.pdf)
- National Research Council. A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas 2012. Washington, DC: The National Academies Press.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). PISA 2015 Item Submission Guidelines: Scientific Literacy (online) 2015 [cited 2019 June 10] Available from: <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Submission-Guidelines-Science.pdf>
- Putraa, G. & Tang, S. "Disciplinary literacy instructions on writing scientific explanations: a case study from a chemistry classroom in an all-girls school." Chemistry Education Research and Practice 2016; 17: 569-579.
- Rosenshine, B., & Guenther, J. Using Scaffolds for Teaching Higher Level NY: Free Press; 1992.
- Songer, N. B., & Gotwals, A. W. "Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions." Journal of Research in Science Teaching 2012; 49(2), 141–165
- Tang, K. Constructing scientific scientific explanations through premise-reasoning-outcome (PRO): an exploratory study to scaffold students in constructiong written explanations. International Journal of Science Education 2016; 38(9), 1415-1440.