

การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลกลของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

The Development of Grade 10 students' Scientific Explanation Ability in Equilibrium Unit
Using Context-Based Approach

ศิรณา ชุมแสง (Teerana Chumsaeng)* ดร.เอกภูมิ จันทระขันตี (Dr.Ekgapoom Jantarakantee)**

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในหน่วยการเรียนรู้เรื่องสมดุล ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิด และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการแบ่งระดับคำตอบแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ออกเป็น 3 ระดับ คือ 0 - 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อหา โดยนักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้างได้คะแนนสูงสุดในเนื้อหาเรื่องสมดุลต่อการเลื่อนที่ โดยมีค่าเฉลี่ย 1.6 คะแนน หลักฐานได้คะแนนสูงสุดในเนื้อหาเรื่องเสถียรภาพของสมดุล มีค่าเฉลี่ย 1.5 คะแนน และการให้เหตุผลได้คะแนนสูงสุดในเนื้อหาเรื่องสมดุลต่อการหมุน มีค่าเฉลี่ย 1.4 คะแนน

ABSTRACT

The purpose of this study was to study grade 10 students' scientific explanation ability after learning by Context-based approach in the Equilibrium unit. The data was collected by the open ended question in the scientific explanation test. The data were analyzed each component of scientific explanation: Claim, Evidence and Reasoning into 3 levels; 0 to 2. The result indicated that students' scientific explanation ability was vary, depends on the type of content. The highest average score of claim was 1.6 in the topic of translational equilibrium. The highest average score of evidence was 1.5 in the topic of stability of balance. The highest average score of reasoning was 1.4 in the topic of rotational equilibrium.

คำสำคัญ: ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

KeyWords: Scientific Explanation Ability, Context-Based Approach

* นิสิต หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** อาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

ปัจจุบันความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตและการมีส่วนร่วมในสังคมของมนุษย์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานของคนทุกระดับ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น และสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างสร้างสรรค์และมีเหตุผล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552) โดยการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการมีบทบาทโดยตรงของผู้เรียน โดยผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ ทดลอง ค้นคว้า เก็บข้อมูล หาหลักฐาน และนำมาตีความ เพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุปเป็นแนวคิด ความรู้ หรือหลักการ (สุนีย์, 2555) นอกจากนี้เป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์คือการทำให้นักเรียนมีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) โดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development; OECD) ได้ให้ความหมายของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึงการที่บุคคลสามารถมีส่วนร่วมกับประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในฐานะพลเมือง และลักษณะสำคัญของผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ คือ จะต้องเป็นผู้ที่มีส่วนร่วมในการพูดคุยให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (OECD, 2012)

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญของผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ โดยการทำให้นักเรียนเป็นผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ได้ นักเรียนจำเป็นต้องมีส่วนร่วมในการค้นคว้า วิเคราะห์ และอธิบายข้อมูล ใช้หลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน และมีส่วนร่วมในการอภิปรายในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Morgan et al., 2013) โดยคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เกิดจากการรวมความรู้และหลักฐานใหม่ๆ ที่ได้มาจากการสังเกต การทดลอง หรือการศึกษาค้นคว้า และนำมาสร้างเป็นสมมติฐาน แบบจำลอง กฎ หลักการ ทฤษฎี และกระบวนการทัศน์ (National Research Council, 1996) ซึ่งเป็นข้อความที่ใช้สำหรับให้ความหมายอธิบายและการกล่าวอ้างในบริบททางวิทยาศาสตร์ (สันติชัย, 2557) และเป็นความรู้ที่เหมาะสมกับสถานการณ์หนึ่ง โดยเป็นการบรรยายตีความคาดการณ์หรือพยากรณ์เหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับหลักฐานที่ได้จากการสังเกตและทดลอง (ศศิเทพ, 2557) ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรสนับสนุนหรือส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการใช้เหตุผลในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล (McNeill, Krajcik, 2008)

จากประสบการณ์ของผู้วิจัยในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ในห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ พบว่าในการเรียนในชั้นเรียนปกติ ครูมักจะเน้นการสอนแบบบรรยาย โดยให้ความรู้และให้นักเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด ซึ่งเป็นการสอนที่ไม่สนับสนุนให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายด้วยตนเอง ส่งผลให้เมื่อครูถามคำถาม นักเรียนมักตอบเป็นคำ ๆ ไม่เรียงเป็นประโยค และคำตอบของนักเรียนมักไม่มีเหตุผลที่ชัดเจน โดยมากมาจากการใช้ความรู้สึกส่วนตัว หรือนำเอาความรู้จากเนื้อหาอื่น ๆ มาตอบโดยใช้ความรู้สึกว่าน่าจะเป็นหลักการเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงทำการวัดความต้องการของนักเรียน (Need Assessment) เพื่อทราบถึงปัญหาและความต้องการในการเรียนของนักเรียน โดยตั้งคำถามเกี่ยวกับลักษณะการเรียนรู้ที่นักเรียนปรารถนา พบว่า นักเรียนชอบการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติและการทดลองเป็นกลุ่ม มีการใช้หลักฐานหรือข้อมูลก่อนการลงข้อสรุป แต่มักเชื่อในสิ่งที่ครูบอกโดยไม่คิดหาเหตุผลเพิ่มเติม และนักเรียนชอบการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันเข้ากับเนื้อหา มักตั้งคำถามว่าเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์อย่างไร แต่เมื่อผู้วิจัยตั้งคำถามว่านักเรียนมีความรู้ลึกต่อ

วิชาฟิสิกส์อย่างไร และมีสิ่งใดเป็นอุปสรรคหรือความยากในการเรียนวิชาฟิสิกส์ พบว่า นักเรียนคิดว่าวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยากต่อการทำความเข้าใจ มีสูตรเยอะและมีความซับซ้อน ทำให้เกิดความสับสนเมื่อต้องแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนเสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะการเรียนที่ชอบว่า “ผู้สอนควรสอนให้มีความน่าสนใจและเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันเพื่อช่วยต่อการทำความเข้าใจ”

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานสามารถช่วยให้นักเรียนเรียนรู้เนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น โดยนักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ทำการพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีเข้ากับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน (Eser, 2014) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บริบทหรือประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนหรือการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเป็นจุดเริ่มต้นหรือผลัดกันการพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความเข้าใจแนวคิดต่างๆทางวิทยาศาสตร์ (Bennett, 2003) โดย Gilbert (2006) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานว่า 1) มีการกำหนดสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนได้คิดและอภิปรายรวมถึงให้นักเรียนได้หาวิธีการแก้ไขปัญหา 2) มีการศึกษาค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว 3) นักเรียนสามารถพัฒนาความรู้สร้างคำอธิบายนำเสนอข้อค้นพบต่างๆที่ได้จากการค้นคว้าและทำการอภิปราย 4) นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เข้ากับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องได้ซึ่งจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แสดงให้เห็นว่าการใช้บริบทในการจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เข้ากับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้ และส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษา

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนที่รับผิดชอบ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

วิธีการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานครที่ผู้วิจัยรับผิดชอบจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน โดยมีจำนวนนักเรียน 24 คน เป็นนักเรียนหญิง 10 คน และนักเรียนชาย 14 คน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้คือเรื่องสมดุลกลตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2554 โดยเนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วยหัวข้อสมดุลต่อการเคลื่อนที่สมดุลต่อการหมุนสมดุลสัมบูรณ์ และเสถียรภาพของสมดุลระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โดยทำการจัดการเรียนรู้เป็นเวลา 5 คาบต่อสัปดาห์คาบละ 50 นาทีรวม 8 คาบ

ระเบียบวิธีการวิจัย



การวิจัยนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ 2 โดยมีการดำเนินวิจัย 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988) คือ 1) ขั้นวางแผน 2) ขั้นปฏิบัติ 3) ขั้นสังเกต และ 4) ขั้นสะท้อน สำหรับการวิจัยนี้ มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แต่ในงานวิจัยนี้ จะนำเสนอในส่วนของผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนเท่านั้น ผู้วิจัยจึงไม่ได้สะท้อนผลการสอนตามวงจรของการวิจัยปฏิบัติการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยพัฒนาแผนจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องสมดุลกล จำนวน 4 แผน โดยครูนำบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนมาเป็นหลักในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดและส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยใช้องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงจาก McNeill and Krajcik (2006) มีองค์ประกอบ 3 ประการดังนี้ 1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือคำตอบของคำถามหรือการศึกษาปรากฏการณ์ 2. หลักฐาน (Evidence) คือข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างและสามารถใช้หักล้างข้อกล่าวอ้างอื่นเป็นได้ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ 3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือข้อความที่แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของการนำหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ก่อนนำแผนจัดการเรียนรู้ไปใช้ผู้วิจัยได้ส่งแผนจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประกอบด้วยอาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ที่สอนในระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 2 ท่าน และครูที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาจำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหาและความเหมาะสมของกิจกรรม

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัย คือ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด (Open-ended questionnaire) จำนวน 4 ข้อ โดยเมื่อสอนจบเนื้อหาในแต่ละเรื่อง ผู้วิจัยจะให้ให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ตรงกับเนื้อหาที่เรียนจำนวน 1 ข้อ และก่อนนำแบบวัดไปใช้ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญได้แก่อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัยและครูที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตรวจสอบความตรงด้านเนื้อหาและความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ก่อนนำไปใช้จริง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สร้างเกณฑ์คำตอบของแบบวัดแต่ละข้อ โดยแบ่งตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยอ้างอิงเกณฑ์ของ McNeill and Krajcik (2008) ดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2

ข้อกล่าวอ้าง	ไม่เขียน ข้อกล่าวอ้าง หรือ เขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ ไม่ชัดเจน อาจเขียนข้อกล่าวอ้างหลายข้อกล่าวอ้างและมี บางข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง	เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้องและ ชัดเจน
--------------	--	--	------------------------------------

ตารางที่ 1 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
หลักฐาน	ไม่มีการแสดงหลักฐานหรือหลักฐานที่แสดงไม่เหมาะสม (หลักฐานไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)	แสดงหลักฐานได้เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอ อาจมีหลักฐานบางประการที่ไม่เหมาะสม	แสดงหลักฐานได้เหมาะสม และเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ไม่แสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยง แต่มีการใช้หลักฐานซ้ำ หรือมีการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์บ้าง แต่ไม่เพียงพอ	แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้หลักการเชิงวิทยาศาสตร์ได้เหมาะสมและเพียงพอ

- วิเคราะห์คำตอบของแบบวัดแต่ละข้อ ตามเกณฑ์ที่สร้างไว้
- อ่านคำตอบอีกครั้งเพื่อวิเคราะห์ว่าทุกคำตอบสอดคล้องกับเกณฑ์การตรวจให้คะแนน
- จำแนกคะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของเนื้อหาแต่ละเรื่อง โดยแยกตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และหาค่าร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนในแต่ละระดับ
- หาค่าเฉลี่ยของคะแนนแต่ละองค์ประกอบและเปรียบเทียบระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนเนื้อหาแต่ละเรื่อง

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งผู้วิจัยจะอภิปรายถึงผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละเนื้อหา ดังนี้

ตารางที่ 2 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละเนื้อหา (n=24)

เนื้อหา	คะแนนแบ่งตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนจำนวน 24 คน (ร้อยละ)
---------	---

	ข้อกล่าวอ้าง			หลักฐาน			การให้เหตุผล		
	2	1	0	2	1	0	2	1	0
สมมูลต่อการเลื่อนที่	19 (79.2)	1 (4.2)	4 (16.7)	12 (50)	9 (37.5)	3 (12.5)	10 (41.7)	11 (45.8)	3 (12.5)
สมมูลต่อการหมุน	9 (37.5)	5 (20.8)	10 (41.7)	13 (54.2)	2 (8.3)	9 (37.5)	11 (45.8)	12 (50)	1 (4.2)

ตารางที่ 2 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละเนื้อหา (n=24) (ต่อ)

เนื้อหา	คะแนนแบ่งระดับองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนจำนวน 24 คน (ร้อยละ)								
	ข้อกล่าวอ้าง			หลักฐาน			การให้เหตุผล		
	2	1	0	2	1	0	2	1	0
สมมูลสัมบูรณ์	8 (33.3)	10 (41.7)	6 (25)	10 (41.7)	7 (29.2)	7 (29.2)	7 (29.2)	13 (54.2)	4 (16.7)
เสถียรภาพของสมมูล	11 (45.8)	7 (29.2)	6 (25)	15 (62.5)	6 (25)	3 (12.5)	10 (41.7)	9 (37.5)	5 (20.8)

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องสมมูลต่อการเลื่อนที่

ประเด็นที่ต้องการวัดจากแบบวัดของคำถามข้อนี้ คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่องสมมูลต่อการเลื่อนที่กรณีที่วัตถุอยู่นิ่ง โดยคำถามเป็นการยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ชายคนหนึ่งออกแรงในแนวขนานกับพื้นผลัดกลิ้งที่วางนึ่งอยู่บนพื้นที่มีความเสียดทาน และต้องการทราบว่ากล่องใบนี้สมมูลต่อการเลื่อนที่หรือไม่

จากการวัดความสามารถในการการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าในกรณีข้อกล่าวอ้าง มีนักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 2 คะแนน จำนวน 19คน (ร้อยละ 79.2) 1 คะแนน จำนวน 1คน (ร้อยละ 4.2) และ 0 คะแนน 4คน (ร้อยละ 16.7) มีคะแนนข้อกล่าวอ้างเฉลี่ย 1.6 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน คือ นักเรียนที่ให้ข้อกล่าวอ้างชัดเจน สมบูรณ์ โดยเขียนว่า วัตถุอยู่ในสมมูลต่อการเลื่อนที่ หากพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 1 คะแนน พบว่านักเรียนเขียนข้อกล่าวอ้างกำกวม คือ เขียนว่า ไม่สามารถผลักให้ขยับได้ แต่ไม่ระบุว่ากรณีที่วัตถุไม่ขยับนั้น คือวัตถุสมมูลต่อการเลื่อนที่ และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 0 คะแนน พบว่า นักเรียนเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง คือตอบว่าไม่สมมูล จำนวน 2 คน และนักเรียนไม่เขียนข้อกล่าวอ้างจำนวน 2 คน

กรณีหลักฐาน พบว่ามีนักเรียนได้คะแนนหลักฐาน 2 คะแนน จำนวน 12 คน (ร้อยละ 50) 1 คะแนน จำนวน 9คน (ร้อยละ 37.5) และ 0 คะแนน จำนวน 3คน (ร้อยละ 12.5) มีคะแนนหลักฐานเฉลี่ย 1.4 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้คะแนน 2 คะแนน คือนักเรียนที่ให้หลักฐานครบถ้วน สมบูรณ์ คือ แสดงการคำนวณที่ถูกต้อง และเขียนแผนภาพอิสระ โดยมีแรงที่เกี่ยวข้องครบถ้วน เมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนหลักฐาน 1 คะแนน พบว่านักเรียนให้หลักฐานเพียงการคำนวณแต่ไม่เขียนแผนภาพอิสระ จำนวน 7 คน และนักเรียนเขียนหลักฐานที่นอกเหนือจากคำถามจำนวน 2 คน และ

เมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนหลักฐาน 0 คะแนน พบว่า นักเรียนแสดงหลักฐานด้วยการคำนวณแต่ใช้สมการผิดพลาด จำนวน 1 คน และนักเรียนไม่เขียนหลักฐานจำนวน 2 คน

กรณีการให้เหตุผล พบว่ามีนักเรียนได้คะแนนการให้เหตุผล 2 คะแนน จำนวน 10 คน (ร้อยละ 41.7) 1 คะแนน จำนวน 11 คน (ร้อยละ 45.8) และ 0 คะแนน จำนวน 3 คน (ร้อยละ 12.5) มีคะแนนการให้เหตุผลเฉลี่ย 1.3 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน คือ นักเรียนที่ให้เหตุผลโดยแสดงหลักการของสมมูลต่อการเคลื่อนที่ได้ครบถ้วนสมบูรณ์ เมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 1 คะแนน พบว่า นักเรียนให้เหตุผลโดยไม่ระบุหลักการของสมมูลต่อการเคลื่อนที่ จำนวน 9 คน และ นักเรียนให้เหตุผลโดยการยกสมการของสมมูลต่อการเคลื่อนที่ โดยไม่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติม จำนวน 2 คน และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 0 คะแนน พบว่า นักเรียนให้เหตุผลไม่ถูกต้อง โดยให้เหตุผลกรณีวัตถุไม่สมมูลต่อการเคลื่อนที่ จำนวน 1 คน และไม่เขียนเหตุผล จำนวน 2 คน นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ในกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนหลักฐานและการให้เหตุผล 2 คะแนน ได้มีการแสดงหลักฐานลงในส่วนของกรให้เหตุผล จำนวน 1 คน และมีนักเรียนที่ให้หลักฐานและแสดงเหตุผลถูกต้องแต่ไม่สัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างจำนวน 1 คน

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องสมมูลต่อการหมุน

ประเด็นที่ต้องการวัดจากแบบวัดของคำถามข้อนี้คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่องสมมูลต่อการหมุน กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัตถุบนคาน ซึ่งจะส่งผลให้คานเสียสมดุล โดยคำถามเป็นการยกตัวอย่างสถานการณ์แม่ค้ำหาบเร่ที่มีผลไม้อยู่ในตะกร้า และถือคานหาบให้เกิดความสมดุล แต่เมื่อมีลูกค้ำมาซื้อผลไม้ส่งผลให้คานหาบไม่สมดุล ต้องการทราบว่าหากต้องการให้คานหาบสมดุล แม่ค้ำต้องทำอะไร

จากการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าในกรณีข้อกล่าวอ้าง มีนักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 2 คะแนน จำนวน 9 คน (ร้อยละ 37.5) 1 คะแนน จำนวน 5 คน (ร้อยละ 20.8) และ 0 คะแนน 10 คน (ร้อยละ 41.7) มีคะแนนข้อกล่าวอ้างเฉลี่ย 1 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 2 คะแนน คือนักเรียนที่ระบุว่าต้องเคลื่อนคานหาบไปอยู่ใกล้ตะกร้าที่มีน้ำหนักมาก และระยะระยะห่างระหว่างตะกร้าและจุดหมุนอย่างชัดเจน เช่น ให้ตะกร้าที่มีน้ำหนักมากอยู่ห่างจากแม่ค้ำ 1.3 เมตร เป็นต้น หากพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 1 คะแนน พบว่ามีนักเรียนที่ให้ข้อกล่าวอ้างว่าต้องเคลื่อนคานหาบให้อยู่ใกล้ตะกร้าที่มีน้ำหนักมาก แต่ไม่ระบุระยะห่าง จำนวน 4 คน และนักเรียนที่เขียนเพียงตัวเลขแต่ไม่ระบุว่าต้องเคลื่อนคานหาบไปในทิศทางใด จำนวน 1 คน และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 0 คะแนน พบว่า นักเรียนที่ได้ 0 คะแนน กำหนดระยะห่างและทิศทางการเคลื่อนที่ไม่ถูกต้อง เช่น นักเรียนให้คำตอบว่า “ผู้หญิงคนนี้ต้องปรับคานไปด้านหลัง 0.5 เมตร”

กรณีหลักฐาน พบว่านักเรียนได้คะแนนหลักฐาน 2 คะแนน จำนวน 13 คน (ร้อยละ 54.2) 1 คะแนน 2 คน (ร้อยละ 8.3) และ 0 คะแนน 9 คน (ร้อยละ 37.5) มีคะแนนหลักฐานเฉลี่ย 1.2 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้คะแนนหลักฐาน 2 คะแนน คือนักเรียนที่แสดงหลักฐานการคำนวณถูกต้องสมบูรณ์ และเขียนแผนภาพอิสระ โดยกำหนดแรงที่เกี่ยวข้องครบถ้วน หากพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนหลักฐาน 1 คะแนน พบว่า นักเรียนแสดงหลักฐานด้วยการเขียนแผนภาพอิสระเพียงอย่างเดียว และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนหลักฐาน 0 คะแนน พบว่าเป็นนักเรียนที่แสดงการคำนวณและเขียนแผนภาพอิสระไม่ถูกต้อง

กรณีการให้เหตุผล พบว่า มีนักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 2 คะแนน จำนวน 11 คน (ร้อยละ 45.8) 1 คะแนน จำนวน 12 คน (ร้อยละ 50) และ 0 คะแนน 1 คน (ร้อยละ 4.2) มีคะแนนการให้เหตุผลเฉลี่ย 1.4 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 2 คะแนน คือ นักเรียนที่ให้เหตุผลโดยยกหลักการของสมมูลต่อการหมุน คือ โมเมนต์ในทิศทวนเข็มนาฬิกามีค่าเท่ากับ โมเมนต์ในทิศตามเข็มนาฬิกา และเชื่อมโยงว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก จะต้องมีการเปลี่ยนจุดหมุนเพื่อให้คานกลับมาสมดุลอีกครั้ง หากพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 1 คะแนน พบว่า มีนักเรียนที่ให้เหตุผลโดยยกเพียงสมการของสมมูลการหมุน จำนวน 5 คน และ นักเรียนที่ให้เหตุผลว่าสมดุลแต่ไม่ระบุว่าเป็นสมมูลรูปแบบใด จำนวน 6 คนและเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 0 คะแนน พบว่า นักเรียนนำข้อกล่าวอ้างมาเขียนในส่วนของกรให้เหตุผลโดยไม่มีการอธิบายเพิ่มเติม

นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 2 คะแนน แต่ได้คะแนนหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง 0 คะแนน ซึ่งมากจากการใช้ตัวเลขในการคำนวณไม่ถูกต้อง จำนวน 3 คน และมีนักเรียนที่เขียนการให้เหตุผลบางส่วนลงในส่วนของหลักฐาน จำนวน 1 คน

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องสมมูลสัมบูรณ์

ประเด็นที่ต้องการวัดของแบบวัดจากคำถามข้อนี้คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่องสมมูลสัมบูรณ์ คือ การที่วัตถุสมดุลต่อการเลื่อนที่และสมดุลต่อการหมุน โดยคำถามเป็นการยกตัวอย่างสถานการณ์การปีนขึ้นบันไดที่ปลายด้านหนึ่งวางพาดอยู่บนกำแพงลื่น และปลายข้างหนึ่งวางบนพื้นที่มีความเสียดทาน ต้องการทราบว่าคนจะสามารถปีนขึ้นบันไดได้เกินครึ่งหนึ่งของความยาวบันไดและไปถึงยังด้านบนสุดของบันไดได้หรือไม่ ซึ่งต้องใช้ความรู้ในเรื่องสมดุลต่อการเลื่อนที่ร่วมกันสมดุลต่อการหมุน ในการหาคำตอบ

จากการวัดความสามารถในการการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าในกรณีข้อกล่าวอ้าง มีนักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 2 คะแนน จำนวน 8 คน (ร้อยละ 33.3) 1 คะแนน จำนวน 10 คน (ร้อยละ 41.7) และ 0 คะแนน 6 คน (ร้อยละ 25) มีคะแนนข้อกล่าวอ้างเฉลี่ย 1.1 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 2 คะแนน เขียนข้อกล่าวอ้างครบถ้วนตามคำถาม คือ คนสามารถปีนขึ้นไปได้เกินครึ่งหนึ่งของความยาวบันไดแต่ไม่สามารถปีนขึ้นไปถึงด้านบนสุดของบันได หากพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 1 คะแนน พบว่านักเรียนเขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้องว่าคนสามารถปีนได้เกินครึ่งหนึ่งของความยาวบันไดแต่ไม่ถึงด้านบนสุดของบันได แต่ระบุตัวเลขระยะที่ปีนไม่ถูกต้อง จำนวน 1 คน นักเรียนตอบคำถามไม่ครบถ้วน โดยระบุว่าเกินครึ่งหนึ่งแต่ไม่ระบุไปถึงด้านบนสุดหรือไม่ จำนวน 1 คน นักเรียนตอบคำถาม เช่น นักเรียนตอบว่า “ไม่สามารถ” หรือ “เมื่อคนขึ้นไปบนสุดจะหล่นลงมา” จำนวน 8 คน และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 0 คะแนน พบว่า นักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง คือ “ไม่สามารถปีนขึ้นบันไดได้” จำนวน 5 คน และ ให้ข้อกล่าวอ้างว่า “บันไดไถล” จำนวน 1 คน

กรณีหลักฐาน พบว่า นักเรียนได้คะแนนหลักฐาน 2 คะแนน จำนวน 10 คน (ร้อยละ 41.7) 1 คะแนน จำนวน 7 คน (ร้อยละ 29.2) และ 0 คะแนน จำนวน 7 คน (ร้อยละ 29.2) มีคะแนนหลักฐานเฉลี่ย 1.1 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้คะแนนหลักฐาน 2 คะแนน จะต้องแสดงหลักฐานโดยการใช้ความรู้เรื่องสมดุลต่อการเลื่อนที่และสมดุลต่อการหมุน และเขียนแผนภาพอิสระ โดยเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนน 1 คะแนน พบว่า นักเรียนเขียนแผนภาพอิสระและใช้ความรู้เรื่องสมดุลต่อการหมุนเพียงอย่างเดียว จำนวน 1 คน และนักเรียนที่เขียนแผนภาพอิสระถูกต้องแต่คำนวณไม่ถูกต้อง จำนวน 6 คน และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนน 0 คะแนน พบว่า นักเรียนเขียนแผนภาพอิสระเพียงอย่างเดียวและเขียนไม่ครบถ้วน จำนวน 4 คน และนักเรียนแสดงการคำนวณไม่ถูกต้องจำนวน 3 คน

กรณีการให้เหตุผล พบว่า นักเรียนได้คะแนนการให้เหตุผล 2 คะแนน จำนวน 7 คน (ร้อยละ 29.2) 1 คะแนน จำนวน 13 คน (ร้อยละ 54.2) และ 0 คะแนน จำนวน 4 คน (ร้อยละ 16.7) มีคะแนนการให้เหตุผลเฉลี่ย 1.2 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 2 คะแนน คือนักเรียนที่ให้เหตุผลโดยอ้างถึงสมมูลต่อการหมุนและสมมูลต่อการเลื่อนที่ และนักเรียนที่ให้เหตุผลพร้อมอ้างอิงตัวเลขได้ถูกต้อง คือ ขึ้นไปได้เป็นระยะสูงสุด 3.2 เมตรเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 1 คะแนน พบว่า นักเรียนให้เหตุผลโดยยกหลักการของสมมูลต่อการหมุนเพียงอย่างเดียว จำนวน 9 คน นักเรียนให้เหตุผลโดยใช้เพียงคำว่าบันไดเสียดสมมูล จำนวน 3 คน และนักเรียนที่ให้เหตุผลครบถ้วน แต่อ้างอิงตัวเลขจากข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้องจำนวน 1 คน และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 0 คะแนนพบว่านักเรียนที่ได้ 0 คะแนน เป็นนักเรียนที่ไม่เขียนการให้เหตุผล

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องเสถียรภาพของสมดุล

ประเด็นที่ต้องการวัดจากแบบวัดของคำถามข้อนี้คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่องสมดุลเสถียร ซึ่งเป็นการที่วัดความสามารถตั้งอยู่ได้ โดยคำถามเป็นการยกตัวอย่างสถานการณ์การเคลื่อนย้ายผู้ยื่น ต้องการทราบว่าต้องออกแรงที่ตำแหน่งสูงหรือต่ำกว่าจุดศูนย์กลางเป็นระยะเท่าใด จึงจะทำให้ผู้ยื่นไม่ล้ม

จากการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าในกรณีข้อกล่าวอ้าง มีนักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 2 คะแนน จำนวน 11 คน (ร้อยละ 45.8) 1 คะแนน จำนวน 7 คน (ร้อยละ 29.2) และ 0 คะแนน 6 คน (ร้อยละ 25) มีคะแนนข้อกล่าวอ้างเฉลี่ย 1.2 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 2 คะแนน คือนักเรียนที่เขียนข้อกล่าวอ้างพร้อมระบุตัวเลขได้ถูกต้อง คือ ต้องออกแรงที่ตำแหน่งสูงกว่าจุดศูนย์กลางเป็นระยะ 0.4 เมตร หากพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 1 คะแนน พบว่านักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างว่าสูงกว่าจุดศูนย์กลางแต่ไม่ระบุระยะหรือระบุระยะไม่ถูกต้อง จำนวน 4 คน นักเรียนที่เขียนคำตอบกำกวม คือ “สูงหรือต่ำกว่าจุดศูนย์กลาง” จำนวน 2 คน และนักเรียนที่เขียนเพียงระยะแต่ไม่ระบุว่าสูงหรือต่ำ จำนวน 1 คน และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนข้อกล่าวอ้าง 0 คะแนน พบว่า เป็นนักเรียนที่ให้ข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง คือ “ออกแรงต่ำกว่าจุดศูนย์กลาง”

กรณีหลักฐาน พบว่า นักเรียนได้คะแนนหลักฐาน 2 คะแนน จำนวน 15 คน (ร้อยละ 62.5) 1 คะแนน จำนวน 6 คน (ร้อยละ 25) และ 0 คะแนน จำนวน 3 คน (ร้อยละ 12.5) มีคะแนนหลักฐานเฉลี่ย 1.5 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้คะแนนหลักฐาน 2 คะแนน คือนักเรียนที่แสดงการคำนวณและเขียนแผนภาพอิสระได้ครบถ้วน สมบูรณ์ หากพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนหลักฐาน 1 คะแนน พบว่า นักเรียนที่คำนวณถูกต้องแต่เขียนแผนภาพอิสระไม่สัมพันธ์กับการคำนวณจำนวน 4 คน และนักเรียนที่เขียนแผนภาพอิสระได้ถูกต้องแต่คำนวณไม่ถูกต้อง จำนวน 2 คน และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนหลักฐาน 0 คะแนน พบว่าเป็นนักเรียนที่คำนวณและเขียนแผนภาพอิสระไม่ถูกต้อง

กรณีการให้เหตุผล พบว่า นักเรียนได้คะแนนการให้เหตุผล 2 คะแนน จำนวน 10 คน (ร้อยละ 41.7) 1 คะแนน จำนวน 9 คน (ร้อยละ 37.5) และ 0 คะแนน จำนวน 5 คน (ร้อยละ 20.8) มีคะแนนการให้เหตุผลเฉลี่ย 1.2 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 2 คะแนน คือนักเรียนที่ให้เหตุผลโดยอธิบายถึงหลักการของสมมูลต่อการหมุนได้สมบูรณ์ เมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 1 คะแนนพบว่า เป็นนักเรียนให้เหตุผลโดยการยกสมการของสมมูลต่อการหมุน โดยไม่อธิบายเพิ่มเติม และเมื่อพิจารณานักเรียนที่ได้คะแนนการให้เหตุผล 0 คะแนน พบว่า นักเรียนนำข้อกล่าวอ้างมาเขียนในการให้เหตุผล จำนวน 2 คน โดยนักเรียนระบุว่า “ต้องออกแรง 150 นิวตัน สูงกว่า

จุดศูนย์กลาง” และให้เหตุผลที่ไม่ถูกต้องและไม่สัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้าง เช่น นักเรียนเขียนข้อกล่าวอ้างว่า “ต้องผลึกให้สูงกว่าจุดศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร” แต่ให้เหตุผลว่า “วัตถุจะไหลถ่วงแรงผลึกอยู่เหนือจุดศูนย์กลาง” จำนวน 2 คน

นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนจำนวน 1 คน ที่เขียนหลักฐานลงในส่วนของการให้เหตุผล และเขียนการให้เหตุผลบางส่วนลงในส่วนของหลักฐาน คือ นักเรียนระบุว่า “ต้องออกแรง 150 นิวตัน สูงกว่าจุดศูนย์กลาง” ลงในส่วนของการให้เหตุผล

อภิปรายและสรุปผลวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในด้านการใช้หลักฐานได้ดี แต่ข้อกล่าวอ้างและการให้เหตุผลของนักเรียน พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละเนื้อหา โดยเนื้อหาที่นักเรียนสามารถเขียนข้อกล่าวอ้างได้ดีที่สุดคือ สมดุลต่อการเคลื่อนที่ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.6 คะแนน เนื่องจากคำถามในแบบวัดเป็นการใช้ความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องการกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน นักเรียนจึงสามารถคำนวณและหาคำตอบเพื่อนำมาสร้างเป็นข้อกล่าวอ้างได้ ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนได้คะแนนข้อกล่าวอ้างน้อยที่สุดคือสมดุลต่อการหมุน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1 คะแนน เนื่องจากนักเรียนมีการคำนวณที่ผิดพลาด โดยการใส่ตัวเลขที่ไม่ถูกต้อง เนื่องจากคำถามให้คำนวณของผลไม้นักเรียนต้องเปลี่ยนมวลให้เป็นน้ำหนักจึงจะสามารถนำมาใช้ในการคำนวณได้ และในส่วนของการให้เหตุผลเนื้อหาที่นักเรียนให้เหตุผลได้ดีที่สุดคือสมดุลต่อการหมุน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.4 คะแนน เนื่องจากสถานการณ์คำถาม เป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน นักเรียนจึงสามารถเชื่อมโยงความรู้ในเรื่องสมดุลต่อการหมุนมาใช้ในการเขียนคำอธิบายในส่วนของการให้เหตุผลได้ แม้ว่านักเรียนจะมีการคำนวณผิดพลาด โดยมีนักเรียน 5 คน ที่ข้อกล่าวอ้างและหลักฐานไม่ถูกต้อง แต่สามารถให้เหตุผลได้สมบูรณ์ ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนให้เหตุผลได้น้อยที่สุดคือ สมดุลสัมบูรณ์ เนื่องจากแนวคิดเรื่องสมดุลสัมบูรณ์ เป็นการใช้ความรู้เรื่องสมดุลต่อการเคลื่อนที่และสมดุลต่อการหมุน โดยในการให้เหตุผลจำเป็นต้องใช้ความรู้ทั้ง 2 ส่วน แต่พบว่ามึนักเรียนจำนวน 9 คน ที่ให้เหตุผลโดยยกหลักการของสมดุลต่อการหมุนเพียงกรณีเดียว นั่นคือแสดงหลักฐานไม่สมบูรณ์

เนื้อหาที่นักเรียนสามารถเขียนหลักฐานได้ดีที่สุด คือ เสถียรภาพของสมดุล โดยค่าเฉลี่ย 1.5 คะแนน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากการเรียนในแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องสมดุลต่อการเคลื่อนที่ ที่มีค่าเฉลี่ย 1.4 คะแนน เนื่องจากสถานการณ์คำถามในเนื้อหาเสถียรภาพของสมดุล ต้องใช้ความรู้ในเรื่องสมดุลต่อการหมุนเพื่อแสดงหลักฐาน นักเรียนได้ผ่านการเรียนรู้และเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมดุลต่อการหมุนมาก่อน จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องสมดุลการหมุนมาประยุกต์ใช้ในการสร้างคำอธิบายในเนื้อหาเสถียรภาพของสมดุลได้ดียิ่งขึ้น แต่ในเนื้อหาสมดุลต่อการหมุนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการให้หลักฐาน 1.17 คะแนน เนื่องจากเกิดความผิดพลาดในการใช้ตัวเลขในการคำนวณ

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนจะสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น หากนักเรียนมีประสบการณ์ในการใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดนั้น ๆ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน สามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้เพียงบางส่วน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ อารีรัตน์ (2558) ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน โดยพบว่า ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นในระดับหนึ่งโดยปัจจัยที่ส่งผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนคือ ความซับซ้อนของเนื้อหา โดยนักเรียนจะมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่มีความซับซ้อน และต้องอาศัยความรู้จากหลายส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน

นอกจากนี้ ยังพบว่ามึนักเรียนที่สับสนระหว่างหลักฐานและการให้เหตุผล โดยมีนักเรียนบางส่วนที่เขียนหลักฐานเป็นการให้เหตุผล การให้เหตุผลเป็นหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างเป็นการให้เหตุผล ซึ่งเมื่อครูอธิบายนักเรียนกลุ่มที่เกิดข้อผิดพลาดจะเข้าใจและไม่ผิดอีก แต่ในแบบวัดครั้งต่อมา พบว่ามึนักเรียนอีกกลุ่มที่สับสนและเขียนหลักฐานและการให้เหตุผลสลับกัน ครูจึงควรอธิบายและเน้นย้ำให้ชัดเจนทุกครั้งที่จัดการเรียนรู้ เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจความแตกต่างและสามารถเขียนแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

นอกจากนี้ ลักษณะของแบบวัดก็มีส่วนสำคัญ เนื่องจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับการวัดระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ของงานวิจัยนี้ เป็นแบบวัดที่ต้องอาศัยการคำนวณในการหาคำตอบเพื่อสร้างคำอธิบาย หากนักเรียนเกิดข้อผิดพลาดในการใช้ตัวเลขเพื่อการคำนวณ จะส่งผลให้นักเรียนเขียนข้อกล่าวอ้างและหลักฐานผิดพลาด แม้ว่านักเรียนจะมีความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องและสามารถสร้างคำอธิบายได้ครบถ้วนก็ตาม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควท.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลาง

การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: ชุมนมุสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2552.

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. วิทยาศาสตร์กับการสื่อสาร. กรุงเทพมหานคร: เอพริลเรนพรีนติ้ง; 2557.

สันติชัย อนุวรชัย. การจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์. วารสารศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2557; 7(2), 1-14

สุนีย์ คล้ายนิล. การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย : การพัฒนาและภาวะถดถอย. สมุทรปราการ: แอดวานซ์พรีนติ้งเซอร์วิส; 2555

อารีรัตน์ สุริโย. การพัฒนาแนวคิดเรื่องดุลยภาพในมนุษย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) 2558; 2(1), 32-41

Bennett, J. Teaching and Learning Science: A Guide to Recent Research and Its Applications. London: Continuum; 2003

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.

Kemmis S, McTaggart R. The Action Research Planer. 3 ed. Victoria: Deakin University; 1988

McNeill K.L, Krajcik J.S. Supporting Students' Construction of Scientific Explanation through Generic versus



Context Specific Written Scaffolds. [online] 2006 [cited 2016 Apr 6] Available from: http://www.hi-ce.org/iqwst/Papers/McNeill_Krajcik_AERA2006.pdf

McNeill K.L, Krajcik J.S. Inquiry and Scientific Explanations: Helping Students Use Evidence and Reasoning [online] 2008 [cited 2016 Apr 6] Available from: <http://static.nsta.org/files/PB216X-11.pdf>

Morgan, L. P. et al. A Framework for Socio-scientific Issues Based Education. Science Educator 2013; 22(1), 26-32.

National Research Council. National Science Education Standards [Online] 1996 [cited 2016 June 9] Available from: <https://www.csun.edu/science/ref/curriculum/reforms/nses/nses-complete.pdf>

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). PISA 2015 Item Submission Guidelines: Scientific Literacy (online) 2012 [cited 2016 June 9] Available from: <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Submission-Guidelines-Science.pdf>