



วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/edkkuj>

ดำเนินการวารสารโดย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ในหัวข้อ งานและพลังงาน เพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

Developing Grade 10 Students' Scientific Explanation in The Topic of Work and Energy Using Context-Based Learning

สุทธิพงษ์ โล่เจริญรัตน์

Suttipong Locharoenrat

โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ประเทศไทย

Kasetsart University Laboratory School Center for Educational Research and Development, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

Received: July 26, 2021 Revised: January 18, 2023 Accepted: March 21, 2023

บทคัดย่อ

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญสำหรับใช้เพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standards) ที่ได้กล่าวไว้ว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จะเป็นบุคคลที่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในหัวข้อ งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 32 คน โดยเป็นการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง จากกลุ่มนักเรียนที่ผู้ทำวิจัยทำการสอนด้วยตนเอง รวบรวมข้อมูลโดยใช้ใบกิจกรรมวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมี 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหาและจัดกลุ่มข้อมูล พร้อมกับหาค่าความถี่และร้อยละของกลุ่มข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ คือ 1.11 คะแนน จากคะแนนเต็ม 2.00 คะแนน เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการแสดงหลักฐานมากที่สุด คือ 1.35 คะแนน และสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างเพื่อสนับสนุนหลักฐานของตนเอง รองลงมา คือ 1.19 คะแนน และด้านการให้เหตุผลต่ำสุดคือ 0.80 คะแนน

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ งานและพลังงาน

Abstract

The ability to generate scientific explanations is important for increasing the economic competitiveness in each country align with Next Generation Science Standards that has stated that students who have the ability to generate scientific explanations will be a person who can effectively apply scientific knowledge in the future. This research aimed to study the ability to generate scientific explanations in the topic of work and energy with grade 10 students by using context-based learning management. The sample group in this study was 32 students in grade 10 with a specific selection from students in the classroom that were taught by research. The data was gathered by scientific explanation creative test which consisted of 3 components: claims, evidence and reasoning. The data were analyzed by analyzing the content and grouping the data, along with finding the frequency and percentage of data groups for each component of the scientific explanations. The results of this research found that overall abilities to generate scientific explanations were fair level at 1.11 points out of 2.00 points. When considering each component, it was found that the students had the greatest ability to give the evidences at 1.35 points, follow by creating the claims to support their own evidences at 1.19 points and the lowest ability was giving the reasons at 0.80 points.

Keywords: Context-based learning, scientific explanation, work and energy

■ บทนำ

ประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการปรับปรุงมาตรฐานวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Education Standard) ปี ค.ศ.1996 มาเป็นมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standards) ในปี ค.ศ. 2013 ซึ่งจะเน้นไปที่การบูรณาการระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตในยุคปัจจุบัน ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการที่จะแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับสังคมในปัจจุบันและอนาคต โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานความเชื่อที่ว่า ประเทศที่มีบุคลากรที่ประกอบอาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นจำนวนมาก จะทำให้ ประเทศนั้นมีความสามารถในการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจมากตามไปด้วย (NRC, 2012) ซึ่งจะเห็นได้ว่าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่สำคัญและเป็นพื้นฐานที่จะทำให้บุคลากรของแต่ละประเทศสามารถพัฒนาได้อย่างมีคุณภาพ

การเตรียมความพร้อมของบุคลากรตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาให้มีความรู้ความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงเป็นสิ่งสำคัญ แต่ในปัจจุบันนักเรียนไทยส่วนใหญ่ ยังมีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ยังไม่น่าพึงพอใจ เนื่องจากนักเรียนส่วนมาก เรียนวิทยาศาสตร์โดยเน้นการท่องจำและเน้นฝึกทำโจทย์ปัญหาเพื่อการสอบเข้าเรียนต่อในระดับอุดมศึกษาเท่านั้น โดยเฉพาะในรายวิชาฟิสิกส์ (สำนักข่าวอิศรา, 2558) ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า นักเรียนจะมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น ถ้านักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) เพื่ออธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัว ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการสื่อให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดหรือเนื้อหาที่ถูกต้อง โดยการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ปรากฏ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) หลักฐาน (Evidence) และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) (McNeill, Lizotte, and Krajcik, 2006)

จากที่กล่าวไว้ข้างต้น เห็นได้ชัดเจนว่า ประเทศไทยจะมีความสามารถในการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจที่ดีได้ ถ้าพัฒนานักเรียนให้สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standards) ก็ได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกัน โดยมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ จะประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (Scientific and Engineering practices) 2) แนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ (Disciplinary Core Ideas) และ 3) แนวคิดเชื่อมโยงระหว่างวิชา (Crosscutting concept) ดังตัวอย่าง ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน ในองค์ประกอบแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ (Disciplinary Core Ideas) และ แนวคิดเชื่อมโยงระหว่างวิชา (Crosscutting concept) ซึ่งหลักสูตรได้ระบุว่า นักเรียนจะต้องสามารถสร้างคำอธิบายได้ว่า พลังงานไม่สามารถสร้างหรือทำให้สูญสลายได้ แต่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปแบบอื่นและสามารถถ่ายโอนระหว่างระบบได้

ในการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อ งานและพลังงาน ผู้วิจัยมักประสบปัญหา คือ นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานได้ จึงไม่สามารถอธิบายข้อคำถามได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ เช่น เมื่อผู้วิจัยถามนักเรียนว่า “ถ้าเปรียบเทียบกรณีที่นักเรียนสะพายกระเป๋าเดินอยู่ที่ระเบียงอาคาร กับกรณีที่นักเรียนสะพายกระเป๋าเดินขึ้นอาคาร กรณีใดบ้างที่เกิดงาน” นักเรียนส่วนมากสามารถตอบได้ว่า “กรณีที่นักเรียนสะพายกระเป๋าเดินขึ้นอาคารจะเกิดงาน ส่วนกรณีที่นักเรียนสะพายกระเป๋าเดินอยู่ที่ระเบียงอาคารจะไม่เกิดงาน” แต่เมื่อผู้วิจัยตั้งคำถามต่อ ว่า “เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น” นักเรียนส่วนใหญ่จะตอบได้เพียงว่า “เพราะกรณีที่นักเรียนสะพายกระเป๋าเดินขึ้นอาคาร แรงและการกระจัดอยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนกรณีที่นักเรียนสะพายกระเป๋าเดินอยู่ที่ระเบียงอาคาร แรงและการกระจัด จะตั้งฉากกัน” ซึ่งเป็นคำตอบที่ได้มาจากการท่องจำ ไม่ได้เกิดจากการเข้าใจความหมายและความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน ซึ่งคำตอบที่เหมาะสมสำหรับคำถามนี้คือ “งานมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน เมื่อพลังงานกลของวัตถุเปลี่ยนแปลงไป จะเกิดงานที่วัตถุนั้น” ซึ่งในคำถามข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่า กรณีที่นักเรียนสะพายกระเป๋าเดินขึ้นอาคาร พลังงานศักย์โน้มถ่วงของกระเป๋าจะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในแนวตั้ง จึงเกิดงาน ส่วนในกรณีที่นักเรียนสะพายกระเป๋าเดินอยู่ที่ระเบียงอาคาร พลังงานศักย์โน้มถ่วงของกระเป๋าไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในแนวตั้ง จึงไม่เกิดงาน” ซึ่งถ้านักเรียนเข้าใจความหมายและความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน จะสามารถนำองค์ความรู้ไปตอบคำถามที่ว่า “ถ้าลูกบอลไปบนพื้นราบที่มีแรงเสียดทาน ลูกบอลนี้จะมีการเคลื่อนที่อย่างไร” ได้อย่างถูกต้องและมีเหตุผลประกอบอย่างสมบูรณ์ แต่เนื่องจากนักเรียนไม่มีองค์ความรู้พื้นฐานเรื่องงานและพลังงานอย่างครบถ้วน นักเรียนส่วนมากจึงตอบเพียงว่า “วัตถุจะเคลื่อนที่ช้าลง จนหยุดเคลื่อนที่” แต่เมื่อผู้วิจัยตั้งคำถามต่อ ว่า “เพราะเหตุใด วัตถุจึงหยุดเคลื่อนที่” นักเรียนจะเกิดความสับสนและตอบคำถามที่ขัดแย้งกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ทันที โดยคำตอบที่มักจะมีคือ “พลังงานสูญหายไป” ซึ่งเป็นคำตอบที่ยังไม่ถูกต้อง หรือตอบว่า “เพราะมีแรงเสียดทาน” ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกบางส่วน แต่ไม่ได้เชื่อมโยงกับพลังงานอย่างสมบูรณ์ จึงแสดงให้เห็นว่าปัญหาหลักในห้องเรียน คือ นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ แต่ไม่สามารถหาเหตุผลที่จะสนับสนุนคำตอบได้อย่างน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยจึงคิดจะนำวิธีการสอนที่เหมาะสมเข้ามาใช้แก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งพบว่าถ้านักเรียนได้ศึกษาในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่กำลังได้รับความสนใจในปัจจุบัน และเป็นเรื่องใกล้ตัวของนักเรียน จะทำให้นักเรียนสนใจในบทเรียน สามารถทำความเข้าใจกับบทเรียนได้อย่างชัดเจนมากขึ้น และยังสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (Context-Based Learning) ที่เน้นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรม เพื่อค้นหาความรู้ด้วยตนเอง สร้างความรู้จากการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างกัน (Seel, 2012) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทหรือเหตุการณ์ หรือประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน หรือการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเป็นจุดเริ่มต้นพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ (Bennett, 2003) โดย Gilbert (2006) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานว่า 1) มีการกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ

นักเรียนหรือนักเรียนมีความสนใจ เพื่อให้ให้นักเรียนได้กำหนดปัญหาและคิดหาแนวทางแก้ไขปัญหา 2) นักเรียนมีการศึกษาค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติงาน เพื่อแก้ไขปัญหาคำตอบของสถานการณ์ที่ตั้งไว้ 3) อธิบายแนวคิดหรือร่วมกันอภิปรายแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ดังกล่าว โดยคำนึงถึงความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน 4) การประยุกต์ใช้แนวคิดไปสู่บริบทอื่น เป็นการนำแนวคิดที่เรียนไปประยุกต์ใช้ในบริบทอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีแนวทางที่สามารถพัฒนานักเรียนให้สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเน้นให้นักเรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้

จากการสืบค้น พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะของนักเรียนได้หลายด้าน เช่น ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดย ซาตรี เฮงสกุลวงษ์ (2558) ที่ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยบูรณาการการเล่นเกมที่เข้ากับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐาน พบว่า เมื่อจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐาน ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในทุกด้าน เป็นผลมาจากการค้นพบความหมายทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนขึ้นจากการสร้างความคิดในการตอบคำถาม และพัชรภรณ์ บุญยธรศนี (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน สามารถพัฒนาทักษะการอภิปรายโต้แย้งของนักเรียนได้ โดยนักเรียนมีความสามารถแสดงข้อกล่าวอ้าง มีการคิดวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ แสดงหลักฐานสนับสนุน เพื่อแสดงความคิดเห็นของตน และสามารถแสดงเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น รวมทั้งยังสามารถทำความเข้าใจความคิดเห็นของผู้อื่นได้

จากที่กล่าวไว้ข้างต้น จะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีผลต่อการพัฒนาทักษะในด้านต่างๆ ของนักเรียน ซึ่งความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก็เป็นทักษะที่สำคัญอย่างหนึ่งด้วย และเนื่องจากในประเทศไทย ยังไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ในหัวข้อ งานและพลังงาน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งเป็นปัญหาที่ผู้วิจัยพบเจออยู่เป็นประจำในชั้นเรียนของตนเอง

■ คำถามการวิจัย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในหัวข้อ งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้หรือไม่ อย่างไร

■ จุดประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในหัวข้อ งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

■ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ให้นักเรียนสามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและสามารถนำความรู้ที่เรียนไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย McNeill, Lizotte, and Krajcik (2006) ได้สร้างองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ดัดแปลงมาจากรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin (Toulmin's Argumentation Pattern) (2003) ซึ่งประกอบด้วย 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ซึ่งตรงตามรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin 2) หลักฐาน (Evidence) ซึ่งคล้ายคลึงกับข้อมูล (Data) ตามรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin และ 3)

การให้เหตุผล (Reasoning) ซึ่งเสมือนการรวมกันระหว่างข้อรับรอง (Warrant) และข้อสนับสนุน (Backing) ตามรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin โดยแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีความเหมาะสมและเพียงพอในการนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การอธิบายที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การให้คะแนนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ McNeill and Krajcik (2008A) ประกอบด้วย 3 ด้าน โดยมีระดับคะแนน 3 ระดับ ตั้งแต่ ระดับ 0 - 2 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

เกณฑ์การให้คะแนนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของ McNeill and Krajcik (2008A)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อสรุปที่ได้จากการตอบ คำถาม	ไม่เขียนข้อกล่าวอ้าง หรือ ข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	เขียนข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง และสมบูรณ์
หลักฐาน คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่แสดงหลักฐานหรือ หลักฐานไม่เหมาะสม (หลักฐานไม่สนับสนุนข้อ กล่าวอ้าง)	แสดงหลักฐานเหมาะสมแต่ ไม่เพียงพอ หรือมีหลักฐาน บางประการไม่เหมาะสม	แสดงหลักฐานได้เหมาะสม และเพียงพอต่อการ สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล คือ การเชื่อมโยงระหว่างข้อ กล่าวอ้างและหลักฐานโดยใช้ หลักการทางวิทยาศาสตร์	ไม่แสดงเหตุผลหรือเหตุผล ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อ กล่าวอ้าง	แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อกล่าวอ้างแต่ มีการใช้หลักฐานซ้ำและ/ หรือใช้หลักฐานไม่เพียงพอ	แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้ เหมาะสมและเพียงพอ

ผู้วิจัยเลือกใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในงานวิจัย โดย De Jong (2006) ให้ความหมายว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เป็นการนำสถานการณ์เข้ามาช่วยในการอธิบาย เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ เข้าใจในแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น ๆ รวมถึงช่วยให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรมในชั้นเรียนไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่ง Gilbert (2006) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นกำหนดสถานการณ์ (Setting focal event) เป็นการนำเข้าสู่สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนและเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนนึกถึงสถานการณ์และสามารถตั้งคำถาม หรือตั้งปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวได้ โดยผู้สอนจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนนึกถึงประสบการณ์เดิมของตนเองที่เกี่ยวกับแนวคิดเพื่อนำมาอธิบายหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ต้องการได้
2. ขั้นการศึกษาค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติงาน (Learning task) นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ เพื่อค้นหาคำตอบ หรือวิธีแก้ปัญหา โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดที่จะนำมาแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้น

3. ขั้นการเรียนรู้แนวคิดสำคัญ (Learning key concept) นักเรียนนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติงาน โดยมีการอธิบายเกี่ยวกับเนื้อหาหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ดังกล่าว

4. ขั้นการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ (Recontextualise) หรือการประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียน ไปใช้อธิบายเหตุการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวันของนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

■ วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนในชั้นเรียน และนำหลักการและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1998) มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งมีกระบวนการทั้งหมด 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นปฏิบัติ (Act) 3) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) แล้วนำผลที่ได้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มาวางแผนในวงจรใหม่ โดยมีกระบวนการสอนเป็นวงจรอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถสำรวจปัญหาและหาทางแก้ไขรวมถึงการปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ในระหว่างการสอน (สุวิมล ว่องวานิช, 2555) โดย ผู้วิจัยได้ใช้วงจรดังกล่าวจำนวน 4 วงรอบ วงรอบละ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 2 คาบ รวม 8 คาบ

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มคนที่เข้าร่วมการวิจัยเป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน จากห้องเรียนวิทยาศาสตร์ 5 ห้องเรียน โดยมีนักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัย 32 คน ซึ่งเป็นการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive selection) โดยเลือกจากห้องเรียนที่ผู้ทำวิจัยทำการสอนด้วยตนเอง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามแนวคิดของของ Kemmis and McTaggart (1998) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan, P)

1.1 ผู้วิจัยศึกษาสภาพและปัญหาในการจัดการเรียนการสอน พบว่านักเรียนสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ แต่ขาดการให้เหตุผลและไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ากับหลักฐานได้ โดย นักเรียนจะตอบสั้น ๆ ถ้าผู้สอน หรือนักเรียนคนอื่นถามถึงเหตุผลของคำตอบนั้น นักเรียนมักจะไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบของตนเองได้

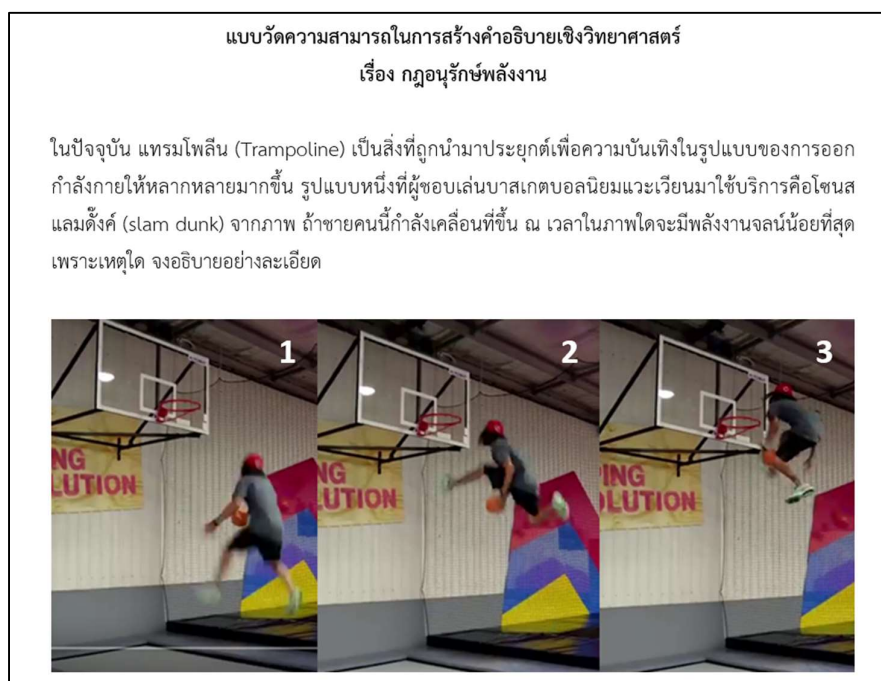
1.2 ผู้วิจัยพิจารณาเนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) และพบว่า เรื่อง งานและพลังงาน เป็นเรื่องที่น่าสนใจมีความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ คลาดเคลื่อน จึงเลือกเนื้อหานี้มาทำวิจัย

1.3 ผู้วิจัยศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

1.4 ผู้วิจัยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งานและพลังงาน เป็น 4 แผนการจัดการเรียนรู้ คือ 1) พลังงานศักย์โน้มถ่วง 2) พลังงานจลน์ 3) กฎการอนุรักษ์พลังงานในกรณีไม่มีแรงภายนอก และ 4) กฎการอนุรักษ์พลังงานเมื่อ

มีแรงภายนอกมากระทำ ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและนำมาแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นก่อนนำไปใช้

1.5 ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย คือ ใบกิจกรรมวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด โดยคัดเลือกบริบทที่จะใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหา มีความน่าสนใจ และไม่ซับซ้อนจนเกินไป จากนั้นส่งใบกิจกรรมและเกณฑ์ในการให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ และนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำ ซึ่งแต่ละใบกิจกรรมจะประกอบไปด้วย สถานการณ์ รายละเอียดของสถานการณ์ และคำถามหรือสิ่งที่ต้องการให้สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยวัดจาก 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ตัวอย่างใบกิจกรรมวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังภาพที่ 1



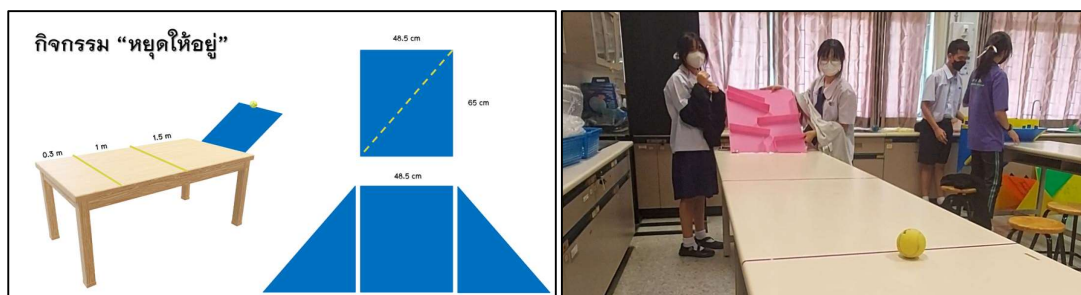
ภาพที่ 1. ตัวอย่างใบกิจกรรมวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2. ขั้นตอนปฏิบัติ (Act, A)

ผู้วิจัยนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นไปใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอน โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ จะมีสถานการณ์เป็นภาพหรือวิดีโอให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย รวมถึงมีกิจกรรมให้นักเรียนได้ปฏิบัติเพื่อแก้สถานการณ์ที่กำหนดให้ร่วมกัน พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการแก้สถานการณ์ จากนั้นนักเรียนจึงนำองค์ความรู้ที่ได้มาตอบคำถามในใบกิจกรรมวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างกิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติเพื่อแก้สถานการณ์ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎอนุรักษ์พลังงานเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ คือ กิจกรรม “หยุดให้อยู่” ซึ่งนักเรียนต้องออกแบบกลไกต่าง ๆ บนพื้นเอียง เพื่อให้ลูกเทนนิสสามารถหยุดอยู่บนโต๊ะที่กำหนดได้ ซึ่งนักเรียนต้องนำความรู้ เรื่อง กฎอนุรักษ์พลังงานมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยตำแหน่งต่าง ๆ ที่ลูกเทนนิสหยุดอยู่บนโต๊ะ จะมีคะแนนที่ได้รับแตกต่างกัน คือ ลูกเทนนิสหยุดเคลื่อนที่ไกลจากพื้นเอียงมาก

ที่สุด จะได้คะแนนมากที่สุดคือ 3 คะแนน และได้คะแนนน้อยที่สุดคือ 1 คะแนน เมื่อลูกเทนนิสหยุดเคลื่อนที่ใกล้พื้นเอียง ตามช่วงที่กำหนดในภาพที่ 2



ภาพที่ 2. กิจกรรม หยุดให้อยู่

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observe, O)

ในขณะดำเนินกิจกรรมการสอน ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน กระบวนการของนักเรียนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในแต่ละกิจกรรม และเหตุการณ์อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดกิจกรรม รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และนำไปบันทึกลงในแบบบันทึกข้อมูลของผู้วิจัย และให้นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ลงในอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนท้ายคาบทุกครั้ง

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect, R)

เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสังเกตการณ์ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกของผู้วิจัย อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนในการสอนแต่ละครั้ง ไปกิจกรรมวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการสัมภาษณ์นักเรียน มาทำการวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา และปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมยิ่งขึ้นสำหรับการสอนในครั้งต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยตรวจคำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรมวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์การให้คะแนน ตามแนวการให้คะแนนของ McNeill and Krajcik ซึ่งแสดงดังตารางที่ 1 จากนั้นจะจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียน เพื่อนำไปพิจารณาผลคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระดับดี (2 คะแนน) ระดับพอใช้ (1 คะแนน) และระดับปรับปรุง (0 คะแนน) จากนั้นทำการแบ่งอันตรภาคชั้น สำหรับการแปลผลคะแนนในภาพรวมโดยใช้ค่าเฉลี่ย เพื่อจำแนกผลคะแนนเป็น 3 ระดับ คือ ระดับดี (1.31-2.00 คะแนน) ระดับพอใช้ (0.71-1.30 คะแนน) และระดับปรับปรุง (0.00-0.70 คะแนน)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาการสร้างความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ ในหัวข้อ งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบและคะแนนเฉลี่ยรวมในแต่ละใบกิจกรรม ได้ผลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2

ค่าเฉลี่ยคะแนนของการสร้างความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์จากใบกิจกรรม

ใบกิจกรรม	คะแนนรายองค์ประกอบ (2 คะแนน)			คะแนนคำอธิบาย เชิงวิทยาศาสตร์
	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	
1	0.19	1.44	0.38	0.67
2	1.41	1.53	0.94	1.29
3	1.88	1.28	0.81	1.32
4	1.28	1.16	1.06	1.17
ค่าเฉลี่ย	1.19	1.35	0.80	1.11

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาใบกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า ข้อกล่าวอ้างมีคะแนนมากที่สุดคือ 1.88 คะแนน ในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน และมีคะแนนน้อยที่สุดคือ 0.19 คะแนน ในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของหลักฐาน พบว่า ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น ได้คะแนนมากที่สุดคือ 1.53 คะแนน และมีคะแนนน้อยที่สุดคือ 1.16 คะแนน ในใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง กฎอนุรักษ์พลังงานเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบของการให้เหตุผล พบว่า ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง กฎอนุรักษ์พลังงานเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ ได้คะแนนมากที่สุด คือ 1.06 คะแนน และมีคะแนนน้อยที่สุดคือ 0.38 คะแนน ในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง

เมื่อพิจารณาความสามารถในการสร้างความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ในภาพรวม พบว่า มีคะแนนมากที่สุดคือ 1.32 คะแนน ในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน และมีคะแนนน้อยที่สุดคือ 0.67 ในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง โดยคะแนนเฉลี่ยในทุกใบกิจกรรมมีคะแนน 1.11

อภิปรายผล

เมื่อพิจารณาใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง พบว่าในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีคะแนนในภาพรวมค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะในส่วนข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผล เนื่องจากนักเรียนเคยทำใบกิจกรรมเพื่อฝึกการสร้างความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์จากเนื้อหาในบทเรียนก่อน ในรูปแบบที่ไม่ต้องวิเคราะห์แต่ละองค์ประกอบของการสร้างความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์มากนัก เมื่อต้องเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทีละองค์ประกอบในใบกิจกรรมที่ 1 จึงทำให้

นักเรียนเกิดความสับสน ส่งผลให้คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นในบางองค์ประกอบไม่สมบูรณ์ เช่น นักเรียนจะตอบข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง เนื่องจากไม่เข้าใจว่า หากต้องการพิจารณาพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุใดๆ จะต้องพิจารณาน้ำหนักของวัตถุ และระยะของวัตถุนั้น จากตำแหน่งอ้างอิง หรือนักเรียนบางคนแสดงข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่สามารถแสดงหลักฐานหรือเหตุผลทางวิทยาศาสตร์จากข้อกล่าวอ้างนั้นได้เลย และในส่วนของ การให้เหตุผล ในใบกิจกรรมที่ 1 นักเรียนต้องพิจารณา 2 ปัจจัย แต่นักเรียนส่วนมาก พิจารณาเพียง 1 ปัจจัย ซึ่งอาจมีเหตุผลมาจาก ใบกิจกรรมนี้กำหนดให้แต่ละสถานการณ์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงหนึ่งปัจจัย (การจัดของวัตถุจากตำแหน่งอ้างอิง) ทำให้นักเรียนไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงหรือความแตกต่างของอีกปัจจัยหนึ่ง (น้ำหนักของวัตถุ) ซึ่งสอดคล้องกับ ญัฐวรรณ ศิริธร (2562) ที่ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง พบว่านักเรียนส่วนมากจะแสดงหลักฐานเพียง 1 ใน 2 ประเด็น ในแบบทดสอบที่มีลักษณะที่กำหนดให้ข้อมูลประกอบข้อกล่าวอ้าง 2 ประเด็น ผู้สอนจึงคิดแนวทางในการแก้ปัญหา โดยการเฉลยใบกิจกรรมที่ 1 และใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 1 จนได้คำตอบที่ถูกต้อง สมบูรณ์ รวมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเพิ่มเติม ทำให้นักเรียนมีคะแนนใบกิจกรรมอื่น ๆ เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะใบกิจกรรมที่ 3 เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงาน ที่นักเรียนมีคะแนนข้อกล่าวอ้างมากที่สุด อาจเป็นเพราะสถานการณ์ที่นำมาใช้ เกี่ยวข้องกับการเล่นแตรมโพลีน ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมของนักเรียนในปัจจุบัน เป็นสถานการณ์ใกล้ตัว นักเรียนจึงสามารถจินตนาการและตอบข้อคำถามได้อย่างชัดเจน นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุตำแหน่งที่มีพลังงานจลน์น้อยที่สุดได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจเรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงาน ว่า พลังงานกลในทุก ๆ ตำแหน่งมีความสัมพันธ์กันตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน ในองค์ประกอบของหลักฐาน พบว่าใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องพลังงานศักย์ยืดหยุ่น นักเรียนได้คะแนนมากที่สุด เนื่องจาก นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานจากการพิจารณาน้ำหนักและการจัดของวัตถุจากจุดอ้างอิง ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งหลักฐานที่นักเรียนแสดงนั้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ซึ่งขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลัก คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุที่ยืดหยุ่นนั้น และระยะยืดของวัตถุ ซึ่งนักเรียนได้นำความรู้จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และความรู้อื่น ๆ ในบทเรียนก่อนหน้ามาประกอบการพิจารณา แต่เมื่อพิจารณาผลจากตารางที่ 2 พบว่า ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงาน และใบกิจกรรมที่ 4 เรื่องกฎอนุรักษ์พลังงานเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ นักเรียนมีคะแนนด้านหลักฐานลดลง เนื่องจากใบกิจกรรมทั้งสอง มีรายละเอียดที่ต้องนำองค์ความรู้ทั้งหมดที่เรียนมาประยุกต์รวมกันอย่างซับซ้อน เมื่อนักเรียนแสดงหลักฐานไม่ครอบคลุมหรือมีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน จึงทำให้คะแนนในส่วนนี้ลดลง สอดคล้องกับ อารีย์รัตน์ สุริโย (2558) ที่ศึกษาการพัฒนาแนวคิดของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน พบว่า นักเรียนจะมีแนวคิดในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน เมื่อมีความซับซ้อนของเนื้อหา และต้องอาศัยความรู้จากหลายส่วนมาพิจารณาร่วมกัน ส่วนองค์ประกอบของการให้เหตุผล พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการจาก 0.38 คะแนน ในใบกิจกรรมที่ 1 ไปเป็น 1.06 คะแนน ในใบกิจกรรมที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า นักเรียนมีคะแนนในส่วนนี้ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 องค์ประกอบก่อนหน้านี้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนส่วนมากจะตอบคำถามไม่ครบถ้วน และขาดรายละเอียดที่สำคัญ จากการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล พบว่า นักเรียนเข้าใจ และสามารถอธิบายผ่านการสนทนาได้ เนื่องจากผู้วิจัยมีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียน แต่ในขณะที่นักเรียนเขียนตอบ นักเรียนไม่สามารถสรุปข้อความที่เข้าใจนั้นมาเขียนเป็นคำตอบได้ ทำให้เกิดความลังเล ไม่มั่นใจที่จะเขียนอธิบาย เนื่องจากกังวลว่า หากเขียนอธิบายเพิ่มเติมแล้ว จะทำให้คำตอบเกิดการคลาดเคลื่อน นักเรียนจึงเลือกที่จะเขียนตอบเพียงสั้น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ บัณฑิตา จารุมา (2563) ที่ศึกษาวิธีพัฒนาทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ พบว่า การพูดเพื่อการสื่อสาร ผู้พูดต้องอาศัยวัจนภาษา และอวัจนภาษาของตนเองเพื่อให้ถ้อยคำที่ใช้ในการสื่อสารสมบูรณ์ แต่การเขียนเพื่อการสื่อสาร ต้องผ่านการฝึกฝนอย่างเป็นระบบ ผ่านการคิดประเด็น ทบทวนวรรณกรรม วางโครงเรื่อง ก่อนลงมือเขียน และต้องทบทวนการเขียนเพื่อให้เกิดความผิดพลาดในการสื่อสารน้อยที่สุด นักเรียนจึงเลือกที่จะเขียนตอบเพียงสั้น ๆ เพื่อไม่ให้ข้อความที่ผิดพลาดในคำตอบของตน สอดคล้องกับ ญัฐวรรณ ศิริธร (2562) ที่กล่าวว่า นักเรียนมักมีปัญหาในด้านการให้เหตุผลตั้งแต่กระบวนการเรียนรู้ การทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกับเพื่อน รวมไปถึงการทำใบกิจกรรมรายบุคคล ซึ่งนักเรียนจะตอบคำถามเพียงสั้น ๆ นักเรียนไม่สามารถ

เรียบเรียงและเขียนบรรยายออกมาเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้ หรือนักเรียนบางคน จำได้ ว่าต้องตอบคำถามแบบไหน แต่ไม่ได้เข้าใจเหตุผล ว่าต้องตอบแบบนั้น เพราะเหตุใด และยังสับสนคลั่งกับ รัชกร เวชรนันท์ (2562) ที่ศึกษาการพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เกมเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมักพิจารณาถึงคำตอบ ตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เคยเรียนมา มากกว่าการพิจารณาข้อมูลหลักฐานที่ข้อคำถามกำหนดไว้ให้ และ ฉลอง วุฒิ จันทร์หอม (2563) ที่ศึกษาการสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนไม่สามารถนำข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ เนื่องจากนักเรียนขาดแนวคิดทางด้านวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นในการอธิบายสาเหตุที่หลักฐานที่นักเรียนกล่าวถึง สามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างไร

ทั้งนี้ ยังพบว่าคะแนนในภาพรวมของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในแต่ละใบกิจกรรม แต่คะแนนในใบกิจกรรมที่ 4 กลับลดลง เนื่องจากใบกิจกรรมที่ 4 เป็นเนื้อหาในส่วนสุดท้ายของบทเรียน ซึ่งเกี่ยวกับกฎอนุรักษ์พลังงานเมื่อมีแรงภายนอกกระทำ โดยมีรูปแบบของข้อคำถามที่ซับซ้อนกว่าใบกิจกรรมอื่น นักเรียนจะต้องนำเนื้อหาในบทเรียนทั้งหมดมาเชื่อมโยงกัน ทำให้นักเรียนบางส่วนพิจารณาคำถามไม่ครบถ้วน และยังมีนักเรียนบางส่วนที่พิจารณาคำถามได้ถูกต้องแล้ว แต่ตอบคำถามในใบกิจกรรมไม่ครอบคลุมในทุกกรณีที่สมารถตอบได้ จึงส่งผลให้คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่สมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับ ติรณา ชุมแสง (2560) ที่ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ได้กล่าวถึงเนื้อหาเรื่องสมดุลสมบูรณ์ไว้ว่า เนื่องจากแนวคิดเรื่องสมดุลสมบูรณ์ เป็นการใช้ความรู้เรื่องสมดุลต่อการเคลื่อนที่ และสมดุลต่อการหมุนมาพิจารณาร่วมกัน ทำให้นักเรียนได้คะแนนในใบกิจกรรมนี้น้อย เพราะต้องใช้ความรู้จากเนื้อหาทั้งสองส่วนมาประกอบกัน แต่นักเรียนบางส่วนใช้ความรู้มาพิจารณาเพียงส่วนเดียวเท่านั้น

เมื่อพิจารณาภาพรวมของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากทุกใบกิจกรรม พบว่าอยู่ในพอใช้ คือ 1.11 คะแนน จากคะแนนเต็ม 2.00 คะแนน เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการแสดงหลักฐานมากที่สุด คือ 1.35 คะแนน และสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างเพื่อสนับสนุนหลักฐานของตนเอง รองลงมา คือ 1.19 คะแนน และด้านการให้เหตุผลต่ำสุดคือ 0.67 คะแนน ซึ่งสอดคล้องกับ วันวิสาข์ รังงาม (2562) ที่ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบของการแสดงหลักฐานมากที่สุด คือ 1.79 คะแนน รองลงมาคือข้อกล่าวอ้าง คือ 1.75 คะแนน และด้านการให้เหตุผลน้อยที่สุด คือ 1.73 และ จริญญาลักษณ์ วรโคตร (2561) ที่ศึกษาการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ได้กล่าวถึงองค์ประกอบด้านการให้เหตุผลว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและข้อมูล โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบด้านการให้เหตุผลต่ำที่สุด เนื่องจากต้องนำความรู้เกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ มาใช้เป็นเหตุผลอธิบายว่า ข้อมูลสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างไร

เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในด้านของ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล พบว่า นักเรียนมีแนวโน้มในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นมากขึ้น นักเรียนได้คะแนนในส่วนของการหลักฐานมีค่าไม่ต่างกันมากนักในแต่ละใบกิจกรรม แต่คะแนนในส่วนของการข้อกล่าวอ้าง มีพัฒนาการอย่างชัดเจนในใบกิจกรรมที่ 2 และ 3 โดยในใบกิจกรรมที่ 4 นักเรียนส่วนใหญ่ทำคะแนนได้ไม่ดี เพราะเนื้อหาในใบกิจกรรมนี้ค่อนข้างยากและซับซ้อนกว่าใบกิจกรรมอื่น รวมทั้งสถานการณ์ของใบกิจกรรมไม่ได้เป็นสถานการณ์ที่ใกล้ชิดตัวของนักเรียน ทำให้นักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจสถานการณ์ของใบกิจกรรมอย่างแท้จริง ต่างจากใบกิจกรรมที่ 2 และ 3 ที่นักเรียนส่วนมากเข้าใจสถานการณ์ของใบกิจกรรมเป็นอย่างดี รวมไปถึง ลักษณะของใบกิจกรรมที่ 2 และ 3 เป็นรูปแบบของคำถามปลายปิด ทำให้นักเรียนได้คะแนนในส่วนนี้สูงกว่าใบกิจกรรมอื่น สอดคล้องกับ จริญญาลักษณ์ วรโคตร (2561) ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน เนื่องจากลักษณะของของคำถาม เป็นคำถามปลายปิด โดยนักเรียนตอบเพียง “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” เท่านั้น ซึ่งไม่ต้องมีหลักฐานมาสนับสนุน และไม่ต้องมีเหตุผลมาอธิบาย ส่วนคะแนนในด้านการให้เหตุผลมีค่าไม่สูงเหมือนคะแนนในส่วนอื่น แต่มีแนวโน้มที่ดีขึ้น ซึ่ง

นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างและแสดงหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำตอบของตนเองได้มากขึ้น โดยพยายามแสดงแนวคิดหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนรู้มาจากกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้ได้เหตุผลเพียงพอในการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

■ บทสรุปจากการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในหัวข้อ งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ผู้วิจัยพบว่า บริบทที่ใกล้ตัว มีความน่าสนใจและสอดคล้องกับบทเรียน ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี โดยนักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น เมื่อบริบทที่ใช้ในแต่ละใบกิจกรรมมีความเหมาะสม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และวิเคราะห์ผลผ่านใบกิจกรรม ซึ่งสามารถสรุปลักษณะของใบกิจกรรมที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ว่า ในขั้นเริ่มต้น ทุกใบกิจกรรมควรเป็นสถานการณ์ใกล้ตัวของนักเรียน เพื่อให้ นักเรียนสามารถติดตามและเข้าใจสถานการณ์ได้อย่างถูกต้อง ทำให้นักเรียนสามารถนำคำตอบของนักเรียนมาจำแนกแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสามารถตรวจสอบและพิจารณาได้ว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเองนั้นมีความสมบูรณ์หรือไม่ เพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจและเข้าใจวิธีการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบอย่างแท้จริง

■ ข้อจำกัดหรือข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อจำกัด

การจัดการเรียนรู้ครั้งนี้ อยู่ในช่วงปลายปี พ.ศ.2563 ขณะดำเนินการสอนในแผนการเรียนที่ 1-3 นักเรียนทุกคนมาเรียนที่โรงเรียนตามปกติ แต่ก่อนดำเนินการสอนในแผนการเรียนที่ 4 เป็นช่วงที่มีการระบาดของ Covid-19 เพิ่มขึ้น ทางโรงเรียนจึงประกาศให้จัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเรียนการสอนในแผนการเรียนนี้ลดลง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 จากผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จะเห็นว่านักเรียนมีศักยภาพในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากกว่าคะแนนเฉลี่ยที่ปรากฏดังตารางที่ 2 เพียงแต่ไม่สามารถเขียนออกมาได้ทั้งหมด ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้ ควรให้เวลาในการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมและเพียงพอ เพื่อให้นักเรียนสามารถหาคำตอบและสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเองอย่างเต็มศักยภาพ

1.2 จากผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จะเห็นว่าสถานการณ์ที่กำหนดให้มีความสำคัญต่อการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ต้องเลือกบริบทที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวันและสามารถเข้าใจได้ง่าย ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดและพยายามหาคำตอบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการพัฒนาความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการสร้างความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเต็มศักยภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ได้โดยความกรุณาของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา ที่สนับสนุนทุนการทำวิจัยเพื่อพัฒนาอาจารย์ประเภททุนอุดหนุนงานวิจัยและบทความทางวิชาการ ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญ ผศ.ดร.เอกภูมิ จันทระพันธ์ ที่เสียสละเวลาและให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมถึงสมาชิกอาจารย์ผู้ร่วมเรียนรู้ อาจารย์สุชาติ ศรีสกุล และ อาจารย์สุลณี พาหุรัตน์ ที่ร่วมกันปรับและพัฒนากิจกรรมที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้จนมีประสิทธิภาพ

References

- จตุรลักษณ์ วรโคตร. (2561). การศึกษาการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด-เบส, *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม*, 5(ฉบับพิเศษ), 49-55.
- ฉลองวุฒิ จันทระพันธ์. (2563). การสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21*, 644-654.
- ชาติเรณู เสงสุกุลรุ่ง. (2558). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยบูรณาการการเล่นเกมที่เข้ากับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานในเรื่องแรงและการเคลื่อนที่*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสาขาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐวรรณ ศิริธร. (2562). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร*, 39(1), 130-141.
- ศิริมา ชุมแสง. (2560). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. *วารสารการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ 2560*, 1,178-1,189.
- บัณฑิตา จารุมา. (2563). วิจัยพัฒนาทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ. *วารสาร มจร มนุษยศาสตร์ปริทรรศน์*, 6(1), 413-428.
- พัชรภรณ์ บุญยธรรมณีย์. (2558). การพัฒนาทักษะการอธิบายโต้แย้ง เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 30(3), 76-85.
- รัชกร เวชวรนนท์. (2562). การพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เกมเป็นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20*, 1,664-1,674.
- วันวิสาห์ รักงาม. (2562). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของไหล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 34(2), 52-65.
- สำนักข่าวอิศรา. (2558). *อนาคตเด็กไทยในมือครู นักวิชาการแนะปรับสอน “ลดท่องจำ เน้นคิด วิเคราะห์”*. ค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2563, จาก https://www.isranews.org/thaireform-other-news/35752-teacher_357521.html

- สุวิมล ว่องวาณิช. (2555). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 16). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อารีรัตน์ สุริโย. (2558). การพัฒนาแนวคิดเรื่องดุลยภาพในมนุษย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 2(1), 32-41
- Bennett, J. (2003). *Teaching and Learning Science: A Guide to Recent Research and Its Applications*. Continuum.
- De Jong O. (2006). Context-Based Chemical Education: How to improve it. *The Plenary Lecture Presented at the 19th ICCE*, Seoul, Korea.
- Gilbert, J. K. 2006. On the nature of context in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976.
- Kemmis, S. and McTaggart, R. (1998). *The Action Research Planner*. Deakin University Press.
- McNeill, K. L. and Krajcik, J. (2008A). *Assessing Middle School Students' Content Knowledge and Reasoning Through Written Scientific Explanation, Assessing Science Learning*. (p.101-116). NSTA Press.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., and Krajcik, J. (2006). Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academy Press.
- Seel, N. M. (2012). *Encyclopedia of the science of learning*. London: Springer Science + Business Media.
- Toulmin, S. E. (2003). *The Uses of Argument*. 1st ed. Cambridge University.