



การศึกษาแบบตัดขวางความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดสระบุรี

A CROSS-SECTIONAL STUDY OF SCIENTIFIC REASONING ABILITIES OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN SARABURI PROVINCE

Received: December 15, 2023

Revised: February 14, 2024

Accepted: March 14, 2024

จิตสันต์ ร่วมชาติสกุล^{1*}, และ ณวรา สีที²

Titisan Rumchatsakul^{1*}, and Navara Seetee²

*Corresponding author, Email: titisan192@gmail.com

บทคัดย่อ

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในเป้าหมายสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ งานวิจัยที่ผ่านมาศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีที่ 2 และปีที่ 3 แยกกัน แต่ยังไม่มีการศึกษาแนวโน้มของความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 3 การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มและเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้การศึกษาแบบตัดขวาง ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดสระบุรี จำนวน 390 คน ที่ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ผลการวิจัย พบว่าความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อยู่ในระดับพอใช้ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3 อยู่ในระดับดี ซึ่งคะแนนเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สูงกว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นครูผู้สอนควรออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น

คำสำคัญ: การศึกษาแบบตัดขวาง, การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์, นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

¹ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹ M.Ed. Student, Science Education Program, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

² อาจารย์, ดร., ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, อาจารย์ที่ปรึกษา

² Lecturer, Dr., Science Education Center, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Advisor

Abstract

Scientific reasoning abilities are one of the important goals of science education. Previous research has conducted a survey of scientific reasoning abilities of grade 7, grade 8 and grade 9 students separately, but there has been a lack of study of trends in scientific reasoning abilities from grade 7-9. The objectives of this research were to study the trend and to compare scientific reasoning abilities of lower secondary school students. A cross-sectional study was used. Scientific reasoning abilities test was used to collect the data. The sample consisted of 390 lower secondary school students in a school in Saraburi province, obtained by group randomization. Data were analyzed using mean, standard deviation, and one-way ANOVA. The results showed that the average score of scientific reasoning abilities of grade 7 students were at a fair level, grades 8 and 9 were at a good level. The average score tends to increase. The average score of grade 9 students were significantly statistically higher than those of grade 7 and 8 at the level of .05. While the average score of grade 8 and 7 students were not different. Therefore, teachers should design learning that focuses more on promoting scientific reasoning abilities.

Keywords: Cross-sectional study, Scientific reasoning, Middle school students

บทนำ

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการแสดงออกทางความคิดในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และข้อกล่าวอ้าง/ข้อสรุป เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง/ข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล (Zeinedin & Abd-El-Khalick, 2010; Fanetti, 2011) ซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นี้เป็นหนึ่งในเป้าหมายที่สำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ (OECD, 2018; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) และเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินระดับนานาชาติ ได้แก่ Programme for International Student Assessment (PISA) และ Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) นอกจากนี้ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในกิจกรรมของนักวิทยาศาสตร์ที่ควรปลูกฝังให้เกิดขึ้นกับนักเรียน (Kuhn, 1993) ซึ่งมีผลต่อการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และการศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Lawson, 2010; Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010)

จากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ที่กล่าวว่า นักเรียนในช่วงอายุประมาณ 11-15 ปี ซึ่งตรงกับระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นช่วงวัยที่มีพัฒนาการทางสติปัญญาในด้านการคิดหาเหตุผลสามารถคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ได้ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2559) ดังนั้น การศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงควรเน้นที่นักเรียนในระดับชั้นดังกล่าวนี้ เนื่องจากเป็นช่วงวัยที่พร้อมและเหมาะสำหรับการปูพื้นฐานด้านการคิดเชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า มีการสำรวจเกี่ยวกับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (กาญจนา มหาลี, และ ชาตรี ฝ้ายคำตา, 2553; ณัฐมน สุขชัยรัตน์, 2558) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์, 2555) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558) อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบการศึกษาที่แสดงให้เห็นแนวโน้มหรือการเปลี่ยนแปลงระดับของความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ภายใต้บริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

การวิจัยนี้จึงมุ่งเปรียบเทียบและศึกษาแนวโน้มความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระยะยาวโดยใช้การศึกษาแบบตัดขวางซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลในช่วงระยะสั้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์หากพบว่าระดับชั้นใดมีปัญหาหรือมีข้อบกพร่องจะช่วยให้สามารถส่งเสริมได้ตรงจุด เพื่อเป็นการเตรียมพร้อมนักเรียนให้มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบระดับความสามารถและความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อศึกษาแนวโน้มของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการศึกษาแบบตัดขวาง (Cross sectional study) ซึ่งมีลักษณะเป็นการศึกษาระยะยาวจากการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลเพียงครั้งเดียวในช่วงเวลาตามปกติ โดยอาศัยการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียวเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากร (Sardana et al., 2016) สำหรับตอบคำถามว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แตกต่างกันหรือไม่ และมีแนวโน้มเป็นอย่างไร

1. เครื่องมือที่ใช้การวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1.1 ศึกษาความหมายวิธีการวัดและประเมินผลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2 กำหนดนิยามของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ อย่างสมเหตุสมผล โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ หลักการ หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในการยืนยันผลหรือข้อสรุปของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ ซึ่งการให้เหตุผล มีองค์ประกอบ 2 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อสรุป คือ ข้อความที่แสดงถึงผลการวิเคราะห์สถานการณ์ การระบุ

ข้อกล่าวอ้าง การลงข้อสรุป หรือการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และ 2) เหตุผลสนับสนุนข้อสรุป คือ ข้อความที่นำมาสนับสนุนข้อสรุปโดยแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ หลักการ หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่มาจากการเรียนรู้ การศึกษาค้นคว้า หรือการทดลองทางวิทยาศาสตร์

1.3 กำหนดประเภทของแบบวัดและสร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดมีลักษณะเป็นข้อสอบเชิงสถานการณ์ 2 ระดับ ระดับที่ 1 เป็นแบบเลือกตอบและระดับที่ 2 เป็นแบบเขียนตอบ รวม 5 สถานการณ์ โดยอิงแนวทางในการสร้างตามแนวคิดของ Lawson (2010) เป็นแบบวัดที่ไม่อิงเนื้อหาตามตัวชี้วัดและในแบบวัดมีการให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่เพียงพอสำหรับให้นักเรียนมาใช้ในการตอบข้อคำถามได้ จากนั้นดำเนินการสร้างข้อสอบจำนวน 5 ข้อ พร้อมเกณฑ์การให้คะแนนแบบทั่วไป และเฉพาะเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อสรุป และเหตุผลสนับสนุนข้อสรุป ปรับเกณฑ์การให้คะแนนมาจากแนวคิดของ ภคพร อิศระ (2557)

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทั่วไป

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ข้อสรุป	-	ระบุข้อสรุปเกี่ยวกับสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง	ระบุข้อสรุปไม่ถูกต้องหรือไม่มีการระบุข้อสรุป หรือ ตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก
เหตุผลสนับสนุนข้อสรุป	แสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปถูกต้อง พร้อมทั้งแสดงความเชื่อมโยงกับหลักฐานเชิงประจักษ์ หลักการ หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง	แสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปถูกต้อง แต่ไม่แสดงความเชื่อมโยงกับหลักฐานเชิงประจักษ์ หลักการ หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง	ไม่มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุป หรือแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง

ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนแบบเฉพาะเรื่อง การตกผลึกของสาร

การตกผลึกเป็นวิธีหนึ่งในการทำสารให้บริสุทธิ์ โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นในการตกผลึกของสารประกอบด้วย 2 ขั้นตอน หลักที่สำคัญ คือ 1) การเกิดเกล็ดผลึก (Nucleation) และ 2) การโตของผลึก (Crystal growth) ซึ่งทั้งสองขั้นตอนเกิดได้เฉพาะในสารละลายที่อิ่มตัวยิ่งยวดเท่านั้น โดยสารที่ต้องการตกผลึกจะต้องละลายได้น้อยในตัวทำละลายที่อุณหภูมิปกติ แต่สามารถละลายได้ดีในสารละลายเดียวกันที่อุณหภูมิสูง ซึ่งผลึกของสารบริสุทธิ์ส่วนใหญ่จะมีรูปร่างพื้นฐานที่เฉพาะ เช่น รูปเข็ม รูปแท่ง เป็นต้น

1.1 จากข้อมูลเกี่ยวกับการตกผลึก ถ้านักเรียนทำการทดลองการตกผลึกโดยใช้น้ำตาลที่มีปริมาณต่างกัน ใส่ลงไปในบีกเกอร์ขนาดเท่ากันที่มีน้ำร้อนปริมาตรเท่ากันทั้ง 3 บีกเกอร์ จากนั้นวางทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นตัวลง ดังภาพ



นักเรียนคิดว่าบีกเกอร์ใบใดจะเกิดการตกผลึกของน้ำตาลได้รวดเร็วที่สุด (ถามให้ทำนาย)

ก. บีกเกอร์ใบที่ 1

ข. บีกเกอร์ใบที่ 2

ค. บีกเกอร์ใบที่ 3

1.2 จงให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบในข้อ 1.1 เพราะเหตุใดจึงคิดว่าบีกเกอร์นั้นจะเกิดการตกผลึกน้ำตาลได้รวดเร็วที่สุด

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนเรื่อง การตกผลึกของสาร

คะแนน	แนวคำตอบ
1.1 ขอสรุ้	
1	- ระบุคำตอบได้ถูกต้อง คือ เลือกข้อ ค. บีกเกอร์ใบที่ 3
0	- ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ หรือตอบผิด โดยเลือกข้อ ก. หรือข้อ ข.
1.2 เหตุผลสนับสนุนข้อสรุป	
2	มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปที่ถูกต้อง พร้อมทั้งแสดงความเชื่อมโยงกับหลักการ/แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น - เพราะ การตกผลึกเกิดได้ในสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด และบีกเกอร์ใบที่ 3 เป็นใบที่ใส่น้ำตาลจนอิ่มตัวในน้ำร้อน ดังนั้นเมื่อกลับเข้าสู่อุณหภูมิปกติ น้ำตาลในบีกเกอร์ใบที่ 3 จะละลายจะลดลง ทำให้เกิดส่วนที่ไม่ละลายเป็นเกล็ดผลึก และผลึกเริ่มโตจนตกผลึก - เพราะ การตกผลึกเกิดได้ในสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด และบีกเกอร์ใบที่ 3 ใส่น้ำตาลจนอิ่มตัว ดังนั้น บีกเกอร์ใบที่ 3 จะเกิดการตกผลึกได้รวดเร็วที่สุด
1	มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปที่ถูกต้อง แต่ไม่แสดงความเชื่อมโยงกับหลักการ/แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น - เพราะ การตกผลึกเกิดได้เฉพาะในสารละลายที่อิ่มตัวยิ่งยวด - เพราะ ใส่น้ำตาลจนอิ่มตัว

คะแนน	แนวคำตอบ
0	ไม่มีการแสดงผลสนับสนุนข้อสรุป หรือ แสดงแสดงผลสนับสนุนข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น - เพราะ มีสารอิมตัว - เพราะ มีน้ำตาลเยอะที่สุด

1.4 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 สถานการณ์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จำนวน 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนต่อการนำไปใช้ พบว่า ข้อคำถามทั้ง 5 สถานการณ์ มีค่า Index of item objective congruence (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 ค่าความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนอยู่ในช่วง 3.33 - 4.00 อยู่ในระดับปานกลางถึงระดับมาก

1.5 นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นไปศึกษานำร่อง กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ในโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี จำนวน 120 คน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาที

1.6 ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัด โดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) พบว่า แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเท่ากับ .88 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเท่ากับ .87 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าเท่ากับ .87 รวมทั้ง 3 ระดับชั้น มีค่าเท่ากับ .87 ซึ่งทุกฉบับมีค่ามากกว่าเกณฑ์ .7 จึงถือว่ามีความเชื่อมั่นสูง

1.7 นำแบบวัดให้ครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้น แล้วเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผู้ตรวจจำนวน 3 ท่าน มีค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน ของการให้คะแนนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เท่ากับ 88% ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เท่ากับ 87% และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เท่ากับ 87% โดยค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินทั้ง 3 ระดับชั้น เท่ากับ 87% ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน อยู่ในระดับสูงแสดงว่าเกณฑ์การให้คะแนนมีความเชื่อมั่นสามารถนำไปใช้ได้

1.8 นำแบบวัดที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างนักเรียน 3 กลุ่ม คือ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และแปลความหมายระดับความสามารถโดยเทียบเกณฑ์ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Lawson, 2010) ดังนี้

ช่วงคะแนน (คะแนน)	แปลระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
0 - 5	ระดับปรับปรุง
6 - 10	ระดับพอใช้
11 - 15	ระดับดี
16 - 20	ระดับดีมาก

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากร คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ปีการศึกษา 2563 จำนวน 15,301 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี ปีการศึกษา 2563 ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster sampling) แบ่งเป็นระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ระดับชั้นละ 130 คน รวมจำนวน 390 คน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการคำนวณโดยใช้สูตร ของยามาเน่ และเนื่องจากสัดส่วนจำนวนประชากรของนักเรียนแต่ละระดับชั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น แต่ละระดับจึงมีสัดส่วนที่เท่ากัน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้คำนึงถึงจริยธรรมในการวิจัยอยู่เสมอซึ่งมีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

3.1 ผู้วิจัยซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มตัวอย่างชี้แจงให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบเกี่ยวกับ วัตถุประสงค์ของการวิจัยและการดำเนินการวิจัยให้นักเรียนเข้าใจ จากนั้นนักเรียนและผู้ปกครอง กรอกใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยตามความสมัครใจ

3.2 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลกับนักเรียนที่เข้าร่วมวิจัยจำนวน 390 คน แบ่งเป็นนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระดับชั้นละ 130 คน โดยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 สถานการณ์ เป็นเวลา 30 นาที

3.3 ผู้วิจัยนำข้อมูลแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแต่ละระดับชั้นมาวิเคราะห์ข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผู้วิจัยนำแบบวัดมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน

4.2 นำคะแนนเฉลี่ยแบบวัดความสามารถของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มาวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) คะแนนสูงสุด (MAX) และคะแนนต่ำสุด (MIN)

4.3 จัดระดับความสามารถของนักเรียนแต่ละระดับชั้นและโดยภาพรวมโดยใช้เกณฑ์ดังนี้ 0-5 คะแนน อยู่ในระดับปรับปรุง 6-10 คะแนนอยู่ในระดับพอใช้ 11-15 คะแนนอยู่ในระดับดี และ 16-20 คะแนนอยู่ในระดับดีมาก เพื่อตอบวัตถุประสงค์ที่ 1

4.4 เปรียบเทียบความแตกต่างของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละระดับชั้นโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) เพื่อตอบวัตถุประสงค์ที่ 1

4.5 เขียนกราฟเพื่อแสดงแนวโน้มของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อตอบวัตถุประสงค์ที่ 2

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ระดับชั้น	<i>n</i>	คะแนนเต็ม	MAX	MIN	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความสามารถ
ม.1	130	20	18	2	10.65	3.65	ระดับพอใช้
ม.2	130	20	19	2	11.54	4.09	ระดับดี
ม.3	130	20	20	4	13.62	4.08	ระดับดี
ภาพรวม	390	20	20	2	11.94	3.94	ระดับดี

จากตารางที่ 1 พบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อยู่ในระดับพอใช้ ขณะที่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3 อยู่ในระดับดี

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 ระดับชั้น โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) แสดงดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ระดับชั้น	<i>n</i>	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	<i>F</i>	<i>P</i>
ม.1	130	20	10.65	3.65	19.43*	.000
ม.2	130	20	11.54	4.09		
ม.3	130	20	13.62	4.08		

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F=19.43$, $P=.000$)

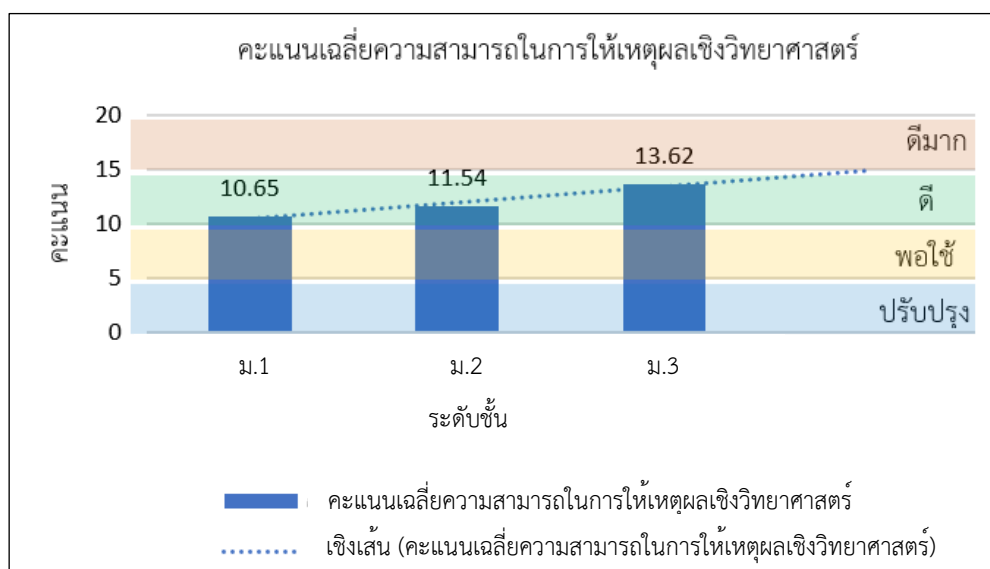
ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

	ม.1 ($\bar{X}=10.65$)	ม.2 ($\bar{X}=11.54$)	ม.3 ($\bar{X}=13.62$)
ม.1 ($\bar{X}=10.65$)	-	-.892	-2.977*
ม.2 ($\bar{X}=11.54$)	-	-	-2.085*
ม.3 ($\bar{X}=13.62$)	-	-	-

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

เมื่อนำข้อมูลมาสร้างกราฟเพื่อแสดงแนวโน้มของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

จากภาพที่ 1 พบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีที่ 2 และปีที่ 3 มีแนวโน้มสูงขึ้น

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และปีที่ 3 มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

2. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่สูงกว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

3. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับชั้นที่ศึกษา

อภิปรายผลการวิจัย

จากการสรุปผลศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี รวมทั้ง 3 ระดับชั้นจำนวน 390 คน สามารถอภิปรายผลการวิจัยในประเด็นต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อยู่ในระดับพอใช้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐมน สุชัยรัตน์ (2558) ส่วนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อยู่ในระดับดี แตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ ที่พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 อยู่ในระดับพอใช้ โดยได้คะแนน 5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน (สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์, 2555) และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อยู่ในระดับพอใช้ โดยได้คะแนน 9.69 คะแนน จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน (สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558)

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 ระดับชั้น พบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่สูงกว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับจุดเน้นในหลักสูตร กล่าวคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ซึ่งปรับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ใหม่ ส่วนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ยังได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้เดิม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แต่จากการศึกษาคำอธิบาย

ในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ที่ปรับปรุงใหม่ พบว่า ได้มุ่งเน้นส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งหากหลักสูตรมีจุดเน้นเช่นนี้แล้วนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ควรจะมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เทียบเท่าหรือมากกว่าระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งยังไม่แน่ว่า อาจเกิดจากการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถเข้าถึงหลักสูตรอย่างเป็นรูปธรรมจึงสะท้อนผลของระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ไม่แตกต่างกัน ฉะนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของครูผู้สอนควรมุ่งเน้นพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้นและเพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นต่อไป (ณัฐมน สุชัยรัตน์, 2558)

2. จากผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของเพียเจต์ โดยพัฒนาการทางสติปัญญาด้านการให้เหตุผลของนักเรียนเริ่มตั้งแต่ช่วงอายุ 12-14 ปี และเมื่อโตขึ้นก็จะมีพัฒนาการด้านการให้เหตุผลเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นระดับพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของนักเรียนในแต่ละช่วงวัยส่งผลต่อระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

3. จากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กในแต่ละช่วงวัยนั้น ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ควรมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน แต่กลับพบว่าไม่แตกต่างกัน แสดงว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ยังไม่ได้รับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เท่าที่ควรตั้งแต่ศึกษาในระดับมัธยมศึกษาที่ 1 ส่งผลไปสู่การต่อยอดของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทำให้นักเรียนทั้ง 2 ระดับชั้นมีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

ทั้งนี้ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ควรได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง (ณัฐมน สุชัยรัตน์, 2558) โดยปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความสามารถดังกล่าว คือ การจัดการเรียนการสอนของครู (Weld et al., 2011) ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือทำและได้คิดพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผล พร้อมชี้แจงให้นักเรียนทราบเบื้องต้นถึงองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และแต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กันอย่างไร (Geddis, 1991; McNeill & Krajcik, 2008) นอกจากนี้ความรู้เดิมของนักเรียนแต่ละคนมีผลต่อการให้เหตุผลของนักเรียน ถ้านักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องจะทำให้เขามีเหตุผลในการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ถูกต้อง (พนินิดา มีลา, และ ร่มเกล้า อาจเดช, 2560)

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการศึกษาแนวโน้มของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นซึ่งมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี แต่ยังไม่สามารถพัฒนาถึง

ระดับดีมากได้ ครูควรพิจารณาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียนเพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นให้อยู่ในระดับดีมากต่อไป

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 นอกจากปัจจัยด้านการเจริญเติบโตตามวัยหรืออายุแล้วยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนั้นงานวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาปัจจัยด้านอื่น ๆ เพิ่มเติมที่ส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละช่วงวัย

2.2 จากทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาจะเห็นว่านักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ 6 เริ่มคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดแบบนักวิทยาศาสตร์ได้ และในการวิจัยนี้ศึกษาเพียงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในระยะยาว เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาการของระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การส่งเสริมความสามารถด้านนี้ให้ตรงจุดมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา มหาลี, และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2553). ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 16(5), 795-809.
- พนิดา มีลา, และ ร่มเกล้า อาจเดช. (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, 19(3), 1-15.
- ภคพร อิสระ. (2557). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค. [ปริญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].
- ณัฐมน สุชัยรัตน์. (2558). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. [ปริญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนโครงการ PISA 2015. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์. (2555). ผลของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อตัวแทนความคิดเรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. [การศึกษาดุสิตบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ].

- สุทธิชาติ เปรมกมล. (2558). ผลของการใช้การสืบสอบแบบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. [วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2559). จิตวิทยาการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Fanetti, T. M. (2011). *The effect of problem-solving video games on the science reasoning skills of college students*. USA: University of Missouri-Saint Louis.
- Geddis, A. N. (1991). Improving the quality of science classroom discourse on controversial issues. *Science Education*, 75(2), 169-183.
- Kuhn, D. (1993). Science as Argument: Implications for Teaching and Learning Scientific Thinking. *Science education*, 77(3), 319-337.
- Lawson, A. E. (2010). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education*, 94(2), 336-364.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 45(1), 53-78.
- OECD. (2018). Further evidence on the trade-energy consumption nexus in OECD countries. *Energy policy*, 117, 160-165.
- Sardana, D., Terziovski, M., & Gupta, N. (2016). The impact of strategic alignment and responsiveness to market on manufacturing firm's performance. *International Journal of Production Economics*, 177, 131-138.
- Weld, J. Stier, M., & McNew-Birren, J. (2011). The Development of a Novel Measure of Scientific Reasoning Growth Among College Freshmen: The Constructive Inquiry Science Reasoning Skills Test. *Journal of College Science Teaching*, 40(4). 101-107.
- Zeineddin, A., & Abd-El-Khalick, F. (2010). Scientific reasoning and epistemological commitments: Coordination of theory and evidence among college science students. *Journal of research in science teaching*, 47(9), 1064-1093.