ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ศุภชัย ฉิมมารักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ศุภชัย ฉิมมารักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

EFFECTS OF USING INQUIRY APPROACH AND SCIENTIFIC ARGUMENTATION ON THE SCIENTIFIC CONCEPTS AND REASONING ABILITY OF MATHAYOMSUKSA TWO STUDENTS

SUPACHAI CHIMMARAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE MASTER DEGREE OF EDUCATION
IN CURRICULUM AND INSTRUCTION
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY
2021

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ศุภชัย ฉิมมารักษ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(อาจารย์ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษมสันต์ พานิชเจริญ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง ทับศรี)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษมสันต์ พานิชเจริญ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สฎายุ ธีระวณิชตระกูล)

วันที่ 21 เดือน มกราคม พ.ศ. 2565

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)

วันที่ 27 เดือน มกราคม พ.ศ. 2565

62910200: สาขาวิชา: หลักสูตรและการสอน; กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน)
คำสำคัญ: การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ, การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์, มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์, ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์, พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

ศุภชัย ฉิมมารักษ์ : ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (EFFECTS OF USING INQUIRY APPROACH AND SCIENTIFIC ARGUMENTATION ON THE SCIENTIFIC CONCEPTS AND REASONING ABILITY OF MATHAYOMSUKSA TWO STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: จันทร์พร พรหมมาศ, ค.ด., เกษมสันต์ พานิชเจริญ, กศ.ด. ปี พ.ศ. 2564.

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการเรียนการสอนดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้น คือ ขั้นทำงานร่วมกัน ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด และขั้นประยุกต์ใช้ โดยมุ่งให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน ได้ลงมือคิดและทำด้วยตนเอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม จำนวน 40 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แผนการเรียนการสอน แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่า t-test แบบ Dependent sample ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยนักเรียนแสดงพฤติกรรมในขั้นประยุกต์ใช้มากที่สุด รองลงมา คือ ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด และขั้นทำงานร่วมกัน ตามลำดับ

62910200: MAJOR: CURRICULUM AND INSTRUCTION; M.Ed. (CURRICULUM AND INSTRUCTION)

KEYWORDS: INQUIRY APPROACH, SCIENTIFIC ARGUMENTATION, SCIENTIFIC CONCEPTS, REASONING ABILITY, SCIENCE LEARNING BEHAVIORS

SUPACHAI CHIMMARAK : EFFECTS OF USING INQUIRY APPROACH AND SCIENTIFIC ARGUMENTATION ON THE SCIENTIFIC CONCEPTS AND REASONING ABILITY OF MATHAYOMSUKSA TWO STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: CHANPHORN PROMMAS, Ph.D., KASEMSUNT PANICHAROEN, Ed.D. 2021.

The purposes of this research were to compare students' scientific concepts and reasoning ability of students with pretest–posttest and to study students' science learning behaviors while studying inquiry approach with scientific argumentation. The teaching approach focused on student-centered learning that involved in hands-on and minds-on activities. There were 3 steps; work together, think & share, and apply. The samples were 40 Mattayomsuksa two students in 2021 academic year at Angsilapittayakom School. They were cluster sampling. The research instruments consisted of the lesson plans, scientific concepts tests, reasoning ability tests and science learning behaviors observation form. The statistics for data analysis were percentage, mean, standard deviation, and dependent sample t-test. The research findings were as follows: 1) students' scientific concepts and reasoning ability after studying inquiry approach with scientific argumentation were significantly higher than before studying at the .05 level and 2) students' science learning behaviors that enhanced learning in overall were good level. The apply step was showed students performed all science learning behaviors better than think & share, and work together.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนร่วมต่อความสำเร็จของวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2” ดังนี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.เกษมสันต์ พานิชเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้อง ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์ อาจารย์ ดร.ประภิชญา สร้อยจิตร ดร.ณัฐนันท์ ทรวงสมบูรณ์ และอาจารย์ไพศาล เสริมศรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือเหล่านี้ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการโรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม จังหวัดชลบุรี ตลอดจนคณะครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย พร้อมทั้งทำให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้และพัฒนาศักยภาพตนเองให้ดียิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ และทุกคนในครอบครัว ที่ได้ให้การส่งเสริมและสนับสนุน เป็นกำลังใจที่ดีในการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง

ศุภชัย ฉิมมารักษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6
สมมติฐานของการวิจัย 7
กรอบแนวคิดในการวิจัย 7
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 7
ขอบเขตของการวิจัย 8
นิยามศัพท์เฉพาะ 8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 12
การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 15
ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) 17
การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบ 22
การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ 36
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 44

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 48
พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ 51
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 53
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 64
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 64
แบบแผนการวิจัย 64
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 65
วิธีดำเนินการทดลอง 76
การวิเคราะห์ข้อมูล 77
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 78
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 83
สรุปผลการวิจัย 83
อภิปรายผลการวิจัย 84
ข้อเสนอแนะ 90
บรรณานุกรม 92
ภาคผนวก 103
ภาคผนวก ก 104
ภาคผนวก ข 109
ภาคผนวก ค 124
ภาคผนวก ง 135
ประวัติย่อของผู้วิจัย 144

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ เรื่อง งานและพลังงาน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2..... 13

ตารางที่ 2 ขั้นตอนของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบในแบบต่าง ๆ 31

ตารางที่ 3 บทบาทครู และบทบาทนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์..... 43

ตารางที่ 4 การวิจัยกึ่งทดลองแบบ One group pretest - posttest design..... 64

ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์โครงสร้างของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 69

ตารางที่ 6 แสดงพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนการเรียนการสอน..... 74

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์..... 79

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์..... 80

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพฤติกรรมและระดับพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 81

ตารางที่ 10 ตัวอย่างผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการเรียนการสอนเรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง..... 125

ตารางที่ 11 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 126

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 60 ข้อ..... 129

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 30 ข้อ..... 131

ตารางที่ 14 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์..... 132

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 133

ตารางที่ 16 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง งานและพลังงาน 134

ตารางที่ 17 คะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนที่ได้จากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) 136

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test แบบ Dependent sample 137

ตารางที่ 19 คะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนที่ได้จากแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 12 คะแนน) 138

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์คะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test แบบ Dependent sample 139

ตารางที่ 21 คะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน โดยพิจารณาตามประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 6 ด้าน 140

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ 142

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 7

ภาพที่ 2 ความเชื่อมโยงของขั้นตอนการเรียนการสอนกับลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบและการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ 42

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกปัจจุบันเป็นโลกของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มนุษย์มีการใช้วิทยาศาสตร์ทั้งตัวความรู้และกระบวนการเพื่อการดำรงชีวิตที่ดีและการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong learning) การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) จึงสำคัญและจำเป็นสำหรับทุกคน เพราะช่วยให้บุคคล รู้และเกิดความเข้าใจในโลกธรรมชาติและเทคโนโลยี สามารถนำวิทยาศาสตร์ไปใช้อย่างมีเหตุผล และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของตนเอง การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนจึงเป็นกลไกของการพัฒนาสมรรถนะของนักเรียน ดังที่ กระทรวงศึกษาธิการ (2552, หน้า 92) ได้ระบุไว้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีบทบาทในการพัฒนาวิธีคิดที่ใช้ในการค้นคว้าหาความรู้และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่มาจากแหล่งข้อมูลหลากหลาย และใช้ประจักษ์พยานหลักฐานเพื่อทำการตรวจสอบได้ นักเรียนจึงควรได้รับการศึกษาให้รู้วิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ได้อย่างมีหลักการมีเหตุผล คิดอย่างสร้างสรรค์ และแก้ปัญหาได้

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตและการศึกษาต่อของตนเอง ตลอดจนใช้ประโยชน์ต่อสังคมได้ ดังที่บริคเกอร์ และเบล (Bricker & Bell, 2008 อ้างถึงใน วรัญญา จีระวิพูลวรรณ, 2563, หน้า 2) กล่าวว่า เป้าหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เน้นเปลี่ยนจากความรู้ความจำ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) เรียนรู้มโนทัศน์วิทยาศาสตร์และเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการโต้แย้ง แต่จากการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนปรากฏผลโดยตลอดว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังไม่ดีพอ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญ ดังที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, หน้า 99-114) ได้ระบุว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย ยังไม่มีจุดเน้นที่คงที่ นักเรียนขาดความรู้ทางวิทยาศาสตร์และต้องการการพัฒนาปรับปรุงอย่างมาก เมื่อพิจารณาถึงผลการประเมินจาก Programme for International Student Assessment (PISA) ที่ดำเนินการโดย องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ซึ่งทำการทดสอบกระบวนการคิด การให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล และการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงของนักเรียนจากประเทศต่าง ๆ ซึ่งได้ผลว่า นักเรียนไทย

ได้คะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ในปี ค.ศ. 2018 อยู่ในอันดับที่ 66 จาก 79 ประเทศ และในปี ค.ศ. 2000 -2018 ยังพบอีกว่านักเรียนไทยยังคงมีแนวโน้มของคะแนนไม่คงที่ คือ 436, 429, 421, 425, 444, 421 และ 426 คะแนน ตามลำดับ ถึงแม้ว่าในปี ค.ศ. 2018 นักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นจากปี ค.ศ. 2015 แต่ยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD คือ 489 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562, หน้า 2) นอกจากนี้ จากการทดสอบการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-NET) ของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ องค์การมหาชน (2563, ออนไลน์) ซึ่งได้ทดสอบวัดความรู้และความคิดของนักเรียน พบเช่นเดียวกันว่าคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างปีการศึกษา 2557-2563 เท่ากับ 38.62, 37.63, 34.99, 32.28, 36.10, 30.07 และ 29.89 คะแนน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งจากผลการทดสอบเหล่านี้ แสดงให้เห็นว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังขาดคุณภาพ ทั้งด้านเนื้อหา กระบวนการคิด การให้เหตุผลและการนำไปใช้ ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ยังไม่กระจ่างชัดหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน และการคิดหรือการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังขาดประสิทธิภาพ ซึ่งจอยส์ และเวล (Joyce & Weil, 1972, p. 6) อธิบายว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความเข้าใจเกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการเรียนรู้ สามารถสรุปความเข้าใจที่ได้ออกมาในรูปของนิยามหรือความหมายของเรื่องนั้น และ ลอว์สัน (Lawson, 2000, p. 491) อธิบายว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการในการค้นหาและประเมินหลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานของปัญหา ซึ่งนำไปใช้สร้างข้อสรุปหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้สมเหตุสมผล นอกจากสาเหตุมาจากตัวของนักเรียนแล้ว ยังอาจเกิดจากตัวครู โดยเฉพาะวิธีสอนที่ครูใช้สามารถส่งผลโดยตรงต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน

Inquiry หรือการสืบสอบ เป็นกระบวนการสำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้รับการยอมรับและสนับสนุนให้มีการนำไปใช้อย่างต่อเนื่อง การนำแนวคิดการสืบสอบมาใช้จัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จึงมีปรากฏให้เห็นมาโดยตลอด การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ (Inquiry Approach) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนกลายเป็นผู้รู้ในแนวคิดวิทยาศาสตร์จากการศึกษาสำรวจและการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยหรืออยากรู้อยากเห็นในสิ่งที่สังเกตหรือสถานการณ์ จนนำไปสู่การศึกษาสำรวจ เพื่อตรวจสอบและสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่คำนึงถึงหลักเหตุและผล และการคิดอย่างสร้างสรรค์ (Carin & Sund, 1985, p.8; Colburn, 2000, p 42; Llewellyn, 2005, pp. 24-25) ซึ่งการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ตามแนวสืบสอบมีหลักการบนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ซึ่งเป็นดังที่ ไดร์เวอร์ และโอลด์แฮม (Driver & Oldham, 1986, p. 120) อธิบายว่า การเรียนการสอนควรให้ความสำคัญที่ตัวนักเรียนซึ่งเป็นผู้สร้างความรู้ โดยให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ชวนสงสัยที่ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา จนกระตุ้นให้นักเรียนคิดและลงมือปฏิบัติ เพื่อตรวจสอบและสร้างความรู้ที่ใช้อธิบายหรือเป็นคำตอบของสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้ ความรู้ใหม่จะเชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ ซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้โดยผ่านการอธิบายอย่างมีเหตุผล การเปรียบเทียบ และการตรวจสอบข้อเท็จจริง

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อทำให้คุณภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน สอดคล้องกับบริบทของโลกที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น ไฮสส์, โอเบิร์น และโฮฟแมน (Heiss, Obourn, & Holffman, 1950 cited in Lawson, 1995, p.157) เสนอว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบ แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การศึกษาสำรวจ (Exploring the unit) การได้รับประสบการณ์ (Experience getting) การจัดการการเรียนรู้ (Organization of learning) และการประยุกต์ใช้ความรู้ (Application of learning) คาร์พลัส (Karplus, 1997, pp. 173-174 อ้างถึงใน จันทร์พร พรหมมาศ, 2541, หน้า 18-19) ระบุว่ามี 3 ขั้นตอน คือ การศึกษาสำรวจ (Exploration) การสร้างมโนทัศน์ (Concept invention) และการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) ส่วน มาร์ติน, เซกตัน, แฟรงคลิน, เกอโลวิช และแมคอีรอย (Martin, Sexton, Franklin, Gerlovich, & McElroy, 1994, pp. 193-197) ได้เสนอว่าประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การศึกษาสำรวจ (Exploration) การอธิบาย (Explanation) การขยายมโนทัศน์ (Expansion) และการประเมินผล (Evaluation) และบิบี, เทเลอร์, การ์ดเนอร์, สก็อตเตอร์, โพเวลล์, เวสบรูค, และแลนดิส (Bybee, Taylor, Gardner, Scotter, Powell, Westbrook, & Landes, 2006, pp. 8-10) เสนอว่ามีด้วยกัน 5 ขั้นตอน (The BSCS 5E Instructional Model) ซึ่งเป็นการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นศึกษาสำรวจ (Exploration) ขั้นอธิบาย (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation)

อย่างไรก็ดี การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบไม่ว่าจะเป็นวิธีใดก็ตาม จะประกอบด้วยลักษณะสำคัญ 5 ประการ คือ การสร้างความสนใจเพื่อให้นักเรียนกำหนดปัญหาโดยใช้คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ การทำความเข้าใจและแสดงหลักฐานเพื่อใช้ในการอธิบายคำตอบ การสร้างคำอธิบายจากหลักฐานโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การประเมินความรู้ความเข้าใจจากคำอธิบายที่ได้ และการสื่อสารเพื่อนำเสนอผลและแลกเปลี่ยนข้อค้นพบกับผู้อื่นอย่างมีเหตุผล

(National Research Council, 2000, pp. 37-38) หากครูมีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบ ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เช่น มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผล ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการคิดวิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ การจัดระบบความคิดและวิธีการแสวงหาความรู้ และเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (Colburn, 2000, p 42; Llewellyn, 2005, pp. 24-25; Yager & Akcay, 2010, p.11; Kilbane & Milman, 2014, p.20; ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 156-157; ทิศนา แขมมณี, 2546, หน้า 39; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562, หน้า 3) ซึ่งล้วนเป็นสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิตในยุคศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้ ยังมีผลการศึกษาที่สะท้อนให้เห็นว่าการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบสามารถส่งเสริมคุณภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังการศึกษาของบากัส (Bagus, 2019, p.689) ที่พบว่า การเรียนการสอนแนวสืบสอบช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หรือจุฑามาศ นุชิต และนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2554, หน้า 124) ที่พบเช่นกันว่า ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้น รวมถึงการศึกษาของ วรัญตี การะเกตุ (2555, บทคัดย่อ) ที่พบว่าการเรียนการสอนแนวสืบสอบช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้ และ ปราญชลี นนทะวัน (2558, บทคัดย่อ) ที่พบเช่นกันว่า การเรียนการสอนแนวสืบสอบ 5 ขั้นช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเชิงมโนทัศน์หลังเรียนดีขึ้น

การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation) เป็นกระบวนการสำคัญที่ใช้ในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน และเป็นกระบวนการที่บุคคลแสดงถึงความพยายามในการสร้างหรือตรวจสอบความถูกต้องของข้อกล่าวอ้างบนพื้นฐานของการให้เหตุผล (Norris, Philips, & Osborne, 2007 cited in Sampson & Gerbino, 2010, p. 427) หรือการเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบในรูปของข้อคำถาม ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การอธิบาย และการพิสูจน์แย้งโดยประเด็นเกิดจากการสังเกตปรากฏการณ์ หรือเป็นผลจากเหตุการณ์ที่มีความคิดต่างกัน (Llewellyn, 2013, pp. 19-20) การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) (Berland & Reiser, 2009, pp. 33-34; Sampson & Schleigh, 2012, pp. 4-6) ดังนั้น การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้โต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ร่วมกับนักเรียนคนอื่นหรือครู ซึ่งเป็นดัง เบอร์แลนและไรเซอร์ (Berland & Reiser, 2009, p. 27) อธิบายว่า การเรียนวิทยาศาสตร์ควรให้ความสำคัญกับการที่นักเรียนใช้ข้อมูลและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาและมีส่วนร่วมอภิปรายเพื่อนำเสนอและโต้แย้งแนวความคิดกัน และดอร์สันและเวนไวล์ (Dawson

& Venvile, 2010, p. 134) ที่อธิบายว่าครูวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมให้นักเรียนมีการพิจารณาและตัดสินใจโดยผ่านกระบวนการโต้แย้งที่ใช้ความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เพื่อแลกเปลี่ยนและให้เหตุผลกับผู้อื่นและตัดสินใจในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา ซึ่งกล่าวได้ว่าการเรียนการสอนที่ส่งเสริมหรือกระตุ้นให้นักเรียนมีการอภิปราย โต้แย้งและแลกเปลี่ยนความคิดร่วมกับนักเรียนคนอื่นหรือครู โดยใช้หลักฐานต่าง ๆ จนนักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปหรือคำอธิบายได้ จัดว่าการเรียนวิทยาศาสตร์นั้น มีความหมายกับนักเรียนอย่างแท้จริง สอดคล้องดังที่ ไซด์เลอร์ (Zeidler, 2003, p. 97) อธิบายว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์สามารถส่งเสริมนักเรียนให้เกิดการรู้วิทยาศาสตร์ และพัฒนาเจตคติทางบวกต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ และลีเวลลิน (Llewellyn, 2013, pp. 19-20) ที่ได้อธิบายว่า ช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ รวมถึงสุคนธ์ สินธพานนท์ (2558, หน้า 204) ที่ระบุไว้เช่นเดียวกันว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนานักเรียนในด้านการเสนอความคิดได้ นอกจากนี้ยังพบผลการศึกษา ดังเช่น เนียซ (Niaz, 2002, p. 505) ที่พบว่าการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และปรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ ในขณะที่แซมสันและคลาร์ค (Sampson & Clark, 2009, p. 448) ได้ผลสรุปว่า นักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์จากการทำงานร่วมกันจะมีความชำนาญและสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้มากกว่านักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งเป็นรายบุคคล และอีฟริม (Evrim, 2020, p. 2) ที่ศึกษาพบว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบโต้แย้งพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

จากความเป็นมาและปัญหาที่เสนอข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ยังขาดประสิทธิภาพ หรือไม่สามารถบรรลุเป้าหมายในการพัฒนาสมรรถนะทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านมโนทัศน์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลการเรียนรู้ที่สำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ครูและสังเกตชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่นักเรียนที่มีภูมิหลังไม่แตกต่างกัน พบว่า ครูส่วนมากมีความเชื่อว่าตนเองได้ใช้วิธีสอนวิทยาศาสตร์แบบ 5E ซึ่งเป็นวิธีสอนแบบสืบสอบที่มีประสิทธิภาพ โดยครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามหนังสือเรียนหรือตามที่ครูกำหนดไว้ แต่จากการสังเกตชั้นเรียน กลับพบว่าระหว่างที่นักเรียนศึกษาสำรวจหรือทำการทดลอง ส่วนใหญ่มักนั่งฟัง ไม่ค่อยมีการโต้แย้ง อภิปรายหรือแสดงความคิดกับผู้อื่นหรือครู โดยเฉพาะการให้เหตุผลเพื่อใช้สนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่าวอ้างของผู้อื่นทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่าครูยังไม่สามารถจัดการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบได้เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่า

ครูยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสืบสอบหรือนำมาใช้ไม่ครบสมบูรณ์ สอดคล้องดังที่ โคลเบิร์น (Colburn, 2000, p. 42) กล่าวว่า ครูอาจมีความเข้าใจสับสนเกี่ยวกับการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ และลีเวลลิน (Llewellyn, 2001 cited in Lee & Shea, 2016, p. 218) ที่กล่าวว่า ครูมักเชื่อว่าตนเองใช้วิธีสอนตามแนวทางสืบสอบแล้ว เพราะเข้าใจว่าการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติในทุกกิจกรรม (hands on) เป็นการสืบสอบทั้งหมด ซึ่งการสืบสอบอาจเป็นกิจกรรมลักษณะอื่นที่ไม่จำเป็นต้องลงมือปฏิบัติเท่านั้น และสอดคล้องดังที่ มอริสัน (Morison, 2011 อ้างถึงใน ธนิกา วศินยานุวัฒน์ และชาตรี ฝ่ายคำตา, 2561, หน้า 63) อธิบายเช่นกันว่า เนื่องจากข้อจำกัดด้านความเข้าใจของครูเกี่ยวกับแนวคิดของการสืบสอบไม่ครบสมบูรณ์ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน จึงทำให้การจัดการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ ยังมีประสิทธิภาพไม่ดีพอ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, หน้า 288) ได้ระบุว่า นักเรียนมีความคิดเห็นว่า วิธีสอนที่ครูวิทยาศาสตร์ใช้มากที่สุด คือ การสอนแบบที่ครูเป็นผู้นำการสอนโดยตรง (Teacher-Directed Instruction) โดยครูเป็นผู้อธิบายแนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือใช้การสาธิต ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมด ผู้วิจัยจึงสนใจนำการสืบสอบมาบูรณาการร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อจัดเป็นขั้นตอนการเรียนการสอนที่ชัดเจนโดยยึดตามลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนแนวสืบสอบและทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อพัฒนามโนทัศน์ และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สำคัญของนักเรียนโดยเฉพาะชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งเป็นวัยที่สามารถพัฒนาการให้เหตุผลแบบต่าง ๆ ได้ หากนักเรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ จะเป็นโอกาสที่ดีที่นักเรียนได้รับการกระตุ้นและท้าทายให้มีการคิดวางแผนการศึกษาสำรวจ ลงมือปฏิบัติและมีการโต้แย้งร่วมกับผู้อื่น ในระหว่างทำงานร่วมกันและสรุปสร้างคำอธิบายโดยใช้ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล ซึ่งส่งเสริมการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

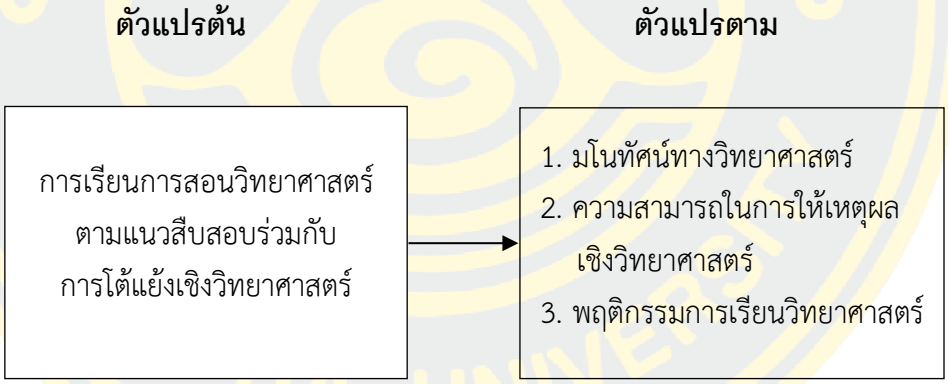
3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ครูวิทยาศาสตร์ได้แนวทางในการจัดการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบที่มุ่งเน้นให้มีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งเป็นการเรียนการสอนที่นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

2. ครูวิทยาศาสตร์และผู้เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาระดับขั้นพื้นฐานได้แนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งเป็นสมรรถนะสำคัญสำหรับศตวรรษที่ 21

3. ครูและผู้สนใจได้แนวทางในการส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียน ที่เน้นการโต้แย้งและแลกเปลี่ยนความคิดกับผู้อื่นอย่างมีเหตุผล ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการศึกษาต่อในอนาคต

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 18 ปีการศึกษา 2564 จังหวัดชลบุรี จำนวน 10 โรงเรียน

1.2 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม จังหวัดชลบุรี ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) จำนวน 40 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น คือ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.2.3 พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ใช้เวลาในการศึกษาผลทั้งสิ้น 15 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การสืบสอบ หมายถึง วิธีการหรือกระบวนการที่ใช้ในการค้นหาหรือสำรวจตรวจสอบปัญหา ปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ โดยมีการรวบรวมหลักฐานและสื่อสารอย่างมีเหตุผล จนสรุปสร้างความรู้ที่ได้ด้วยตนเอง

2. การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้เกิดความสงสัย และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาหรือสำรวจตรวจสอบความรู้ด้วยตนเองจากปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการลงมือปฏิบัติ ที่มีการรวบรวมข้อมูล และสื่อสารกันอย่างมีเหตุผลจนสามารถสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบของปัญหาหรือสถานการณ์นั้นได้

3. การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อโต้ตอบบุคคลอื่นอย่างเป็นระบบ โดยนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบในรูปแบบของข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล เพื่อวิพากษ์ ประเมิน และทบทวนปรับปรุงข้อสรุปเบื้องต้น

4. การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มุ่งให้นักเรียนได้ลงมือค้นหาความรู้ด้วยตนเองโดยร่วมกันออกแบบแนวทางศึกษาสำรวจ ลงมือปฏิบัติเพื่อตรวจสอบ มีการสื่อสาร โต้ตอบ และแลกเปลี่ยนแนวคิดของตนเองกับผู้อื่นอย่างเป็นระบบ โดยใช้ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล และสรุปสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของสถานการณ์หรือปัญหาที่ศึกษานั้น ทั้งนี้การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบประกอบด้วยขั้นตอนที่เรียงลำดับต่อเนื่องกัน 3 ขั้น ดังนี้

4.1 ขั้นทำงานร่วมกัน (Work together) เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันคิด ออกแบบวิธีการศึกษาสำรวจเพื่อสร้างคำอธิบายหรือคำตอบของปัญหา และลงมือปฏิบัติตามวิธีการนั้น ซึ่งนักเรียนเป็นผู้รวบรวมข้อมูล โดยให้ความสำคัญกับข้อมูลและหลักฐาน เพื่อสร้างข้อสรุปที่เป็นข้อกล่าวอ้าง ทั้งนี้ครูอาจช่วยเหลือหรือชี้แนะเพื่อกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน

4.2 ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด (Think & Share) เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอผลงานและวิธีการที่ศึกษา มีการสะท้อนความคิดร่วมกันโดยใช้หลักฐานสนับสนุนอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนนำไปปรับปรุงและสรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เรียนได้

4.3 ขั้นประยุกต์ใช้ (Apply) เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้แล้ว ไปใช้เพื่อสร้างคำอธิบายในสถานการณ์อื่นเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล นักเรียนมีการเชื่อมโยงทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีการที่ใช้ศึกษา ซึ่งครูจะประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเพื่อตรวจสอบและชี้แนะ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

5. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่นักเรียนแสดงถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่อง งานและพลังงาน ซึ่งได้พัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ความรู้ความเข้าใจดังกล่าว จะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคน

6. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้ โดยเป็นข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ

7. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการได้มาซึ่งแนวคิดหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น โดยใช้การศึกษาสำรวจและทดลองเพื่อตรวจสอบจนได้หลักฐานเชิงประจักษ์ และเกิดเป็นข้อสรุปที่เป็นแนวคิดหรือคำอธิบาย

8. แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ปรับจาก Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning-CTSR ของลอว์สัน (Anton E. Lawson, 1995, pp. 436-445) และแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของจันทร์พร พรหมมาศ (2541, หน้า 166-169) เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีจำนวน 12 ข้อ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัย ในแต่ละข้อแบ่งออกเป็น 2 ตอน ข้อสอบทั้งหมดเป็นการวัดการให้เหตุผลใน 6 ด้าน คือ การให้เหตุผลในเชิงของการอนุรักษ์ การให้เหตุผลในเชิงของสัดส่วน การให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลในเชิงของความเป็นไปได้ การให้เหตุผลในเชิงของภาพรวม และการให้เหตุผลในเชิงของความสัมพันธ์ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน คือ นักเรียนจะได้ 1 คะแนน เมื่อเลือกได้ถูกต้องทั้งคำตอบและเหตุผล หรือเลือกคำตอบได้ถูกต้องและแสดงเหตุผลอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวเลือกเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล และนักเรียนจะได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำตอบและเหตุผลผิดหรือตอบอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

9. พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงออกหรือการปฏิบัติของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในแต่ละขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ขั้นทำงานร่วมกัน ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด และขั้นประยุกต์ใช้ ซึ่งวัดได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

10. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือในการบันทึกผลพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเป็นแบบตรวจสอบรายการ จำนวน 10 พฤติกรรม

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
2. การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
   - 2.1 การเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   - 2.2 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
3. ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism)
   - 3.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญา (Cognitive constructivism)
   - 3.2 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social constructivism)
   - 3.3 แนวทางการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์
4. การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบ (Inquiry approach)
   - 4.1 ความหมายของการสืบสอบ (Inquiry)
   - 4.2 ความหมายของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ
   - 4.3 ลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ
   - 4.4 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ
   - 4.5 ขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ
   - 4.6 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ
   - 4.7 ประโยชน์ของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ
5. การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation)
   - 5.1 ความหมายของการโต้แย้ง (Argumentation)
   - 5.2 ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
   - 5.3 ความสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
   - 5.4 องค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
   - 5.5 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

6. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific concept)
   6.1 ความหมายของมโนทัศน์
   6.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
   6.3 ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
   6.4 กระบวนการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
   6.5 แนวการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
7. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning)
   7.1 ความหมายของการให้เหตุผล
   7.2 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
   7.3 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
8. พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ (Science learning behavior)
   8.1 ความหมายของพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์
   8.2 การสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   9.1 งานวิจัยเกี่ยวการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบ
   9.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
   9.3 งานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
   9.4 งานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
   9.5 งานวิจัยเกี่ยวกับการสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

กระทรวงศึกษาธิการ (2560, หน้า 1-62) ได้กำหนดให้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จัดการเรียนการสอน โดยมุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบสอบและแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นประกอบด้วยสาระที่จะต้องเรียนทั้งหมด 4 สาระ ดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใช้สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพเป็นเนื้อหาในการศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงานการเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ มาตรฐาน ว 2.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ เรื่อง งานและพลังงาน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตัวชี้วัด	**สาระการเรียนรู้**
ว 2.3 ม.2/1 วิเคราะห์สถานการณ์ และคำนวณเกี่ยวกับงาน และกำลังที่เกิดจากแรงที่กระทำต่อวัตถุ โดยใช้สมการ $W = Fs$ และ $P = \frac{W}{t}$ จากข้อมูลที่รวบรวมได้	- เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุ แล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ โดยแรงอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ จะเกิดงาน งานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับขนาดของแรงและระยะทางในแนวเดียวกับแรง

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้
ว 2.3 **ม.**2/2 วิเคราะห์หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายจากข้อมูลที่รวบรวมได้ **ว** 2.3 **ม.**2/3 ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	- งานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า กำลัง หลักการของงานนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คาน พื้นเอียง รอกเดี่ยว ลิ่ม สกรู ล้อและเพลา ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน
ว 2.3 **ม.**2/4 ออกแบบและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง	- พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุที่เคลื่อนที่ พลังงานจลน์จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมวลและอัตราเร็ว ส่วนพลังงานศักย์โน้มถ่วงเกี่ยวข้องกับตำแหน่งของวัตถุ จะมีค่ามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับมวลและตำแหน่งของวัตถุ เมื่อวัตถุอยู่ในสนามโน้มถ่วง วัตถุจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานกล
ว 2.3 **ม.**2/5 แปลความหมายข้อมูลและอธิบายการเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุโดยพลังงานกลของวัตถุมีค่าคงตัวจากข้อมูลที่รวบรวมได้	- ผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์เป็นพลังงานกล พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุหนึ่ง ๆ สามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้ โดยผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์มีค่าคงตัว นั่นคือพลังงานกลของวัตถุมีค่าคงตัว

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้
ว 2.3 ม.2/6 วิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายการเปลี่ยน และการถ่ายโอนพลังงาน โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน	- พลังงานรวมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งอาจเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งเป็นอีกพลังงานหนึ่ง เช่น พลังงานกลเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานจลน์เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน พลังงานเสียง พลังงานแสง เนื่องมาจากแรงเสียดทาน พลังงานเคมีในอาหารเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ไปใช้ในการทำงานของสิ่งมีชีวิต - นอกจากนี้พลังงานยังสามารถถ่ายโอนไปยังอีกระบบหนึ่งหรือได้รับพลังงานจากระบบอื่นได้ เช่น การถ่ายโอนความร้อนระหว่างสสาร การถ่ายโอนพลังงานของการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงไปยังผู้ฟัง ทั้งการเปลี่ยนพลังงานและการถ่ายโอนพลังงาน พลังงานรวมทั้งหมดมีค่าเท่าเดิมตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นทั้งองค์ความรู้ กระบวนการค้นพบความรู้ และแนวทางในการคิดเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติและปรากฏการณ์ต่าง ๆ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งพัฒนาการคิด ความสามารถในการสืบสอบหาความรู้ และความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ฮัดซัน (Hudson, 1993 อ้างถึงใน จันทร์พร พรหมมาศ, 2558, หน้า 1-2) ได้อธิบายว่าการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีด้วยกัน 3 ลักษณะ คือ

1. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Learning science) เป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หรือปรับมโนทัศน์เดิม โดยผ่านประสบการณ์ที่ตนเองได้รับ

2. การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Learning about science) เป็นการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. การเรียนรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ (Doing science) เป็นการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติ ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาทักษะในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหา

คาริน และบาส (Carin & Bass, 1997 อ้างถึงใน ประสาท เนืองเฉลิม, 2558, หน้า 146) กล่าวว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะมีคุณค่าและมีความหมายที่แท้จริง เมื่อนักเรียนเข้าไปมีประสบการณ์ตรง โดยจะนำไปสู่การคิด การเข้าใจ การตัดสินใจ การลงมือทำ และการเข้าไปมีความรู้สึกกับสิ่งที่กระทำ นักเรียนต้องได้รับประสบการณ์มากกว่าแค่ออกความคิดเห็นทั่วไป ซึ่งธรรมชาติของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องมีลักษณะการพิสูจน์ ทดลอง อธิบาย และขยายความด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ การเรียนรู้เชิงประสบการณ์จึงเป็นแนวทางที่จะพัฒนานักเรียนเข้าใจและซึมซับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้

สรุปได้ว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนได้สร้างมโนทัศน์จากความเข้าใจธรรมชาติ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการลงมือปฏิบัติ ส่งผลให้นักเรียนมีโอกาสพัฒนาความสามารถในการสืบสอบ และสามารถแก้ปัญหาธรรมชาติของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้น มีลักษณะการพิสูจน์ ทดลอง อธิบาย และขยายความด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2541, หน้า 60) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง และมุ่งพัฒนานักเรียนให้เต็มศักยภาพ โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล และกระบวนการกลุ่ม และใช้วิธีการเรียนรู้ที่หลากหลาย ให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนากระบวนการคิดวิจารณญาณ คิดสร้างสรรค์ คิดแก้ปัญหา คิดตัดสินใจและการจัดการ ครูจึงต้องปรับบทบาทของตนเองจากผู้ถ่ายทอดเนื้อหาวิชามาเป็นผู้จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวเอง โดยเป็นผู้กระตุ้นและสร้างบรรยากาศให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจมากกว่าการบอกเล่าให้นักเรียนจดจำเนื้อหาวิชาต่าง ๆ พร้อมทั้งให้ครูได้ตระหนักถึงความรู้พื้นฐานและประสบการณ์เดิมที่นักเรียนเคยได้รับมาแล้วก่อนเข้าสู่ห้องเรียน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 181-182) ได้กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การเชื่อมโยงระหว่างครูกับนักเรียนและความรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ครูควรใช้เทคนิควิธีการสอน สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ ดังนี้

1. ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติหรือมีส่วนร่วมในการเรียน อาจเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มย่อย

2. ครูเป็นผู้ชี้แนะด้วยการใช้เทคนิคและสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม มีการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนทันทีเมื่อมีข้อสงสัย

3. ครูให้การเสริมแรงทางบวกเมื่อนักเรียนปฏิบัติถูกต้องตามวัตถุประสงค์หรืองดการเสริมแรงเมื่อนักเรียนไม่ประสบความสำเร็จ

4. จัดกิจกรรมเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอนเพื่อให้นักเรียนได้คิดและจัดกระบวนความรู้ได้ทันและเหมาะสม

กล่าวโดยสรุป การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมให้มีความหลากหลาย เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ และต้องคำนึงถึงนักเรียน ให้นักเรียนได้เป็นผู้คิดและลงมือปฏิบัติ เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ทั้งในด้านความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ โดยมีคำถามสำคัญคือ ความรู้คืออะไร และได้ความรู้มาอย่างไร การเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นกระบวนการที่สามารถควบคุมด้วยตัวของนักเรียนเอง นักเรียนจะต้องเป็นผู้คิดและลงมือกระทำด้วยตนเองเพื่อสร้างความหมายของสิ่งต่าง ๆ (construct meaning) โดยผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการแลกเปลี่ยนความคิดกับผู้อื่น

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญา (Cognitive constructivism) และทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social constructivism) ซึ่งมีการนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนมีบทบาทเชิงรุกในการเรียนรู้ของตนเอง โดยสร้างคำอธิบายหรือแสดงความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ จากการลงมือสำรวจตรวจสอบ

ทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญา (Cognitive constructivism)

ฌองเพียเจต์ (Jean Piaget) นักจิตวิทยาและนักชีววิทยาชาวสวิตเซอร์แลนด์ เชื่อว่าการที่บุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่องตั้งแต่แรกเกิด มีผลต่อการพัฒนาทาง

พุทธิปัญญาของบุคคลนั้น โดยตามแนวคิดของเพียเจต์ มองว่าพัฒนาการทางพุทธิปัญญาเกี่ยวข้องกับกระบวนการพื้นฐาน (Driscoll, 1994, p. 179; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554, หน้า 48) ดังนี้

1. กระบวนการจัดระบบโครงสร้าง (Organization) เมื่อนักเรียนรับข้อมูลต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิด จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องเท่าที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยโครงสร้างทางความคิดของนักเรียนเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของความคิดที่จัดเป็นระบบ และความรู้ในอดีต ซึ่งอาจจะรวมถึงความรู้และประสบการณ์

2. กระบวนการปรับข้อมูล (Adaption) เป็นกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิดที่อยู่ในภาวะไม่สมดุล เพื่อให้สอดคล้องกับประสบการณ์และความรู้ใหม่ ซึ่งทำให้เกิดภาวะสมดุล โดยมีกระบวนการพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง 2 กระบวนการ คือ

1) การดูดซึมเข้าสู่โครงสร้าง (Assimilation) เป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้ตีความหรือรับข้อมูลจากภายนอกเข้าสู่โครงสร้างทางความคิด โดยอาศัยความรู้หรือวิธีการที่มีอยู่แล้ว

2) การปรับโครงสร้าง (Accommodation) เป็นกระบวนการที่นักเรียนสังเกตคุณสมบัติตามความเป็นจริงของวัตถุหรือสิ่งแวดล้อม แล้วปรับโครงสร้างทางความคิดนั้นให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม

เพียเจต์ (Jean Piajet, 1972 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554, หน้า 48-49) อธิบายว่าพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของนักเรียนแต่ละคน จะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังต่อไปนี้

1. วุฒิภาวะทางกายภาพ (Physical maturation) หมายถึง การเจริญเติบโตทางชีววิทยาของระบบประสาทส่วนกลาง และส่วนต่าง ๆ ของร่างกายของนักเรียนแต่ละคนที่จะใช้สร้างมโนทัศน์ เมื่อนักเรียนมีพัฒนาการทางชีวภาพสูงขึ้น จะมีความสามารถในการแสดงพฤติกรรม และการเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมรอบตัวสูงขึ้นตามไปด้วย

2. ประสบการณ์ทางกายภาพ (Physical experience) หมายถึง ประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจากการที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว แล้วรับรู้และสร้างตัวแทนความคิดเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุ

3. ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Social interaction) หมายถึง ปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ซึ่งจะนำไปสู่การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม ทั้งนี้ความสามารถในการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมขึ้นอยู่กับพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของแต่ละคน

4. ภาวะสมดุลทางปัญญา (Equilibration) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้กับการกำกับตนเอง เกี่ยวกับการรับรู้ถึงความไม่สอดคล้องระหว่างภาวะความเป็นจริงกับความคิดของนักเรียนแต่ละคนตลอดจนการทำงานอย่างกระตือรือร้น และอดทนต่อการแก้ปัญหาความไม่สอดคล้อง

นอกจากนี้ เพียเจต์ (Piaget, 1970 cited in Llewellyn, 2005, p. 33) ได้จำแนกขั้นพัฒนาการทางพุทธิปัญญา ออกเป็น 4 ขั้น ตามช่วงอายุ ดังนี้

1. ขั้นการสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor: อายุ 0-2 ปี) ในขั้นนี้นักเรียนจะปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม และทำสิ่งต่าง ๆ จากการลองผิดลองถูก ซึ่งนักเรียนจะเริ่มพัฒนาและใช้ภาษาในการสื่อสารแสดงความต้องการและความรู้สึก

2. ขั้นก่อนการคิดแบบเหตุผล (Preoperational: อายุ 2-7 ปี) ขั้นนี้นักเรียนจะเริ่มรับรู้การกระทำของตนเองผ่านการคิด มีการพัฒนาความสามารถในการวางแผนและแก้ปัญหา ในขั้นนี้การให้เหตุผลและการโต้แย้งยังไม่เกิดขึ้นในการคิดของนักเรียน

3. ขั้นการคิดแบบเหตุผลเชิงรูปธรรม (Concrete Operational: อายุ 7-11 ปี) เป็นช่วงก่อนเข้าสู่วัยรุ่น นักเรียนเริ่มพัฒนาความสามารถในการคิดให้เหตุผล ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การวัด การจำแนก การทำนาย การตั้งสมมติฐาน การควบคุมตัวแปร และการสรุป นอกจากนี้ยังสามารถจัดลำดับรูปแบบการคิดและอธิบายถึงสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีนัยสำคัญ พร้อมทั้งคิดหาเหตุผลในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับสิ่งที่เป็นรูปธรรมได้

4. ขั้นการคิดแบบเหตุผลเชิงนามธรรม (Formal Operational: อายุ 12 ปีขึ้นไป) ช่วงวัยดังกล่าว นักเรียนสามารถคิดและปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอนเมื่อต้องใช้เหตุผล และสามารถเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่เป็นรูปธรรม โดยคิดถึงสิ่งที่มากกว่าความเป็นจริงที่นอกเหนือจากประสบการณ์ที่มีอยู่ และสามารถให้เหตุผลกับสิ่งที่ยังไม่เคยพบเห็นได้อย่างเข้าใจ

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social constructivism)

เลฟ เซเมโนวิช ไวก็อตสกี้ (Lev Semenovich Vygotsky) นักจิตวิทยาชาวรัสเซีย ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางพุทธิปัญญาโดยให้ความสำคัญกับการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมว่ามีบทบาทต่อการพัฒนาพุทธิปัญญาของบุคคล แต่ละคนได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ที่มีทั้งสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมทางสังคมหรือวัฒนธรรมที่แต่ละสังคมสร้างขึ้น (ทิศนา แขมมณี, 2547, หน้า 91) ทั้งนี้ ไวก็อตสกี้ (Vygotsky, 1997 cited in Ormrod, 2012, pp. 318-323) อธิบายว่า การเรียนรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเองต้องอาศัยสื่อกลาง เช่น ภาษา การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและบุคคลอื่น วัฒนธรรม และการชี้แนะหรือการช่วยเหลือจากผู้อื่นที่มีความสามารถมากกว่า

ไวก็อตสกี้อธิบายว่าพื้นที่รอยต่อพัฒนาการ (Zone of Proximal Development-ZPD) เป็นขอบเขตที่นักเรียนสามารถทำงานหรือแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้โดยอาศัยความช่วยเหลือต่าง ๆ โดยระดับล่างของ ZPD เป็นระดับที่นักเรียนสามารถทำงานหรือแก้ปัญหาได้ด้วยตัวนักเรียนเอง และระดับสูงของ ZPD เป็นระดับที่นักเรียนคนนั้น จะทำงานหรือแก้ปัญหานั้นได้สำเร็จเมื่อได้รับความช่วยเหลือเท่านั้น ZPD จึงเป็นช่องว่างที่แสดงถึงความแตกต่างระหว่างความสามารถของนักเรียนที่แก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง กับความสามารถที่แก้ปัญหาได้หากได้รับความช่วยเหลือจากผู้อื่น ทั้งนี้ ZPD ของแต่ละคน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความสามารถของนักเรียนเอง รวมถึงวัฒนธรรม (Martin, 2006, pp. 195-196) ทั้งนี้การให้ความช่วยเหลือนักเรียนให้สามารถทำงานหรือแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองเรียกว่า การเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) ซึ่งครูควรมีการประเมินความรู้ ทักษะและความต้องการของนักเรียน เพื่อเตรียมกิจกรรมการช่วยเหลือที่เหมาะสมกับระดับความสามารถและความต้องการของนักเรียน การเสริมต่อการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา การรู้คิด (metacognition) และการให้เหตุผล (Ormrod, 2014, p. 323)

แนวทางการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ซาโฮริค (Zahoric, 1995 อ้างถึงใน จันทร์พร พรหมมาศ, 2562, หน้า 3) เสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ดังนี้

1. ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนรู้สิ่งใหม่

2. ให้นักเรียนได้รับความรู้ในลักษณะที่เป็นองค์รวมก่อนที่จะเรียนรู้สิ่งย่อย ๆ

3. ให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น

4. ให้นักเรียนได้ขยายความรู้ของตนเองด้วยการนำความรู้ไปใช้

5. ให้นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้ที่นำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียน

สุมาลี กาญจนชาตรี (2543, หน้า 38) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเกิดความขัดแย้งทางปัญญา เป็นขั้นที่นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางความคิดเป็นผลมาจากความรู้เดิมกับสิ่งที่รับรู้ใหม่ไม่สอดคล้องกัน ผู้สอนควรกระตุ้นและชักจูงให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง

2. ขั้นแสวงหาคำตอบ เป็นขั้นที่นักเรียนดำเนินการค้นหาคำตอบเพื่อลดความขัดแย้งทางปัญญาที่เกิดขึ้น นักเรียนจัดกลุ่มเพื่อทำการวิเคราะห์งาน รวมทั้งกำหนดจุดมุ่งหมาย วางแผนเพื่อรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์และตีความ จนสามารถสรุปคำตอบเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการจะรู้และกระบวนการเรียนรู้ของกลุ่ม

3. ขั้นตรวจสอบความเข้าใจ เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องศึกษาข้อค้นพบ และกระบวนการเรียนรู้ของเพื่อนกลุ่มต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ ตีความ และลงข้อสรุป ผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับข้อค้นพบ และแนวคิด จนสามารถสรุปคำตอบที่เป็นข้อตกลงร่วมกัน สามารถสร้างความรู้และกระบวนการเรียนรู้ของตนเองขึ้นมา

4. ขั้นใช้ความรู้ที่เรียนมา เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปแล้วมาใช้อธิบาย ตัดสิน แก้ปัญหาสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนได้อย่างเหมาะสม นักเรียนอาจจะศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากเรื่องที่เรียน หรือผู้สอนนำเสนอข้อมูล สถานการณ์ คำถามใหม่ซึ่งสัมพันธ์กับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปแล้ว และดำเนินการศึกษาค้นคว้าเพื่อตรวจสอบ ความเข้าใจตนเองต่อไป

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2551, หน้า 24-25) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นนำ นักเรียนจะรับรู้ถึงจุดมุ่งหมายและมีแรงจูงใจในการเรียน

2. ขั้นทบทวนความรู้เดิม นักเรียนแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน วิธีการให้นักเรียนแสดงออก อาจทำได้โดยการอภิปรายกลุ่มออกแบบโปสเตอร์ เสนอความรู้เดิมด้วยเทคนิคผังกราฟิก ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา

3. ขั้นปรับเปลี่ยนแนวความคิด เป็นขั้นตอนที่เป็นหัวใจสำคัญของแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน คือ

1) ทำความกระจ่างและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันและกัน นักเรียนจะเข้าใจได้ดีขึ้น เมื่อได้พิจารณาความแตกต่างระหว่างความคิดของตนเองกับของคนอื่น ครูมีหน้าที่อำนวยความสะดวก เช่น กำหนดประเด็น และกระตุ้นให้คิด เป็นต้น

2) สร้างความคิดใหม่ จากการอภิปราย และการสาธิต นักเรียนจะเห็นแนวทางที่หลากหลายในการตีความปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ แล้วกำหนดความคิดใหม่

3) ประเมินความคิดใหม่ โดยการทดลองหรือการคิดไตร่ตรองอย่างลึกซึ้ง นักเรียนควรหาแนวทางที่ดีที่สุดในการทดสอบความคิด หรือความรู้ นักเรียนอาจจะรู้สึกไม่พึงพอใจความรู้ความเข้าใจที่เคยมีอยู่เนื่องจากหลักฐานการทดลองสนับสนุนแนวคิดใหม่มากกว่า

4. ขั้นนำความคิดไปใช้ นักเรียนมีโอกาสใช้แนวคิดหรือความรู้ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ในสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งที่คุ้นเคยหรือไม่คุ้นเคยเป็นการแสดงว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

5. ขั้นทบทวน นักเรียนได้ทบทวนว่า ความรู้ของตนเองได้เปลี่ยนไปอย่างไร โดยการเปรียบเทียบความรู้เมื่อตอนเริ่มต้นบทเรียนกับความรู้ของตนเองเมื่อสิ้นสุดบทเรียน ความรู้ที่นักเรียนสร้างด้วยตนเองนั้นจะทำให้เกิดโครงสร้างทางปัญญาปรากฏในช่วงความจำระยะยาวเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมายนักเรียนสามารถจำได้ถาวรและนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ตลอดจนใช้เป็นพื้นฐานสำคัญในการสร้างโครงสร้างทางปัญญาใหม่

จากแนวทางการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์จะต้องให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางความคิด ความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่กับสิ่งที่รับรู้ใหม่ไม่สอดคล้องกัน นักเรียนจึงต้องค้นหาคำตอบด้วยตนเอง เพื่อลดความขัดแย้งทางความคิดที่เกิดขึ้น ด้วยวิธีการต่าง ๆ รวมทั้งกำหนดจุดมุ่งหมาย วางแผน รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และตีความ จนสรุปเป็นความรู้ใหม่ที่ได้รับ จากนั้นตรวจสอบความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับนักเรียนคนอื่นเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจที่ตรงกัน เมื่อได้รับความรู้หรือแนวคิดใหม่ที่ถูกต้องแล้ว นักเรียนต้องนำความรู้ไปใช้ในการอธิบาย ตัดสิน หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบ

โดยทั่วไปเป็นที่ยอมรับกันว่า การสืบสอบเป็นกระบวนการหรือวิธีการที่ใช้ในการแสวงหาคำตอบด้วยตนเอง ได้นำมาใช้เป็นพื้นฐานสำคัญในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ความหมายของการสืบสอบ (Inquiry)

ซุคแมน (Suchman, 1966 cited in Trowbridge & Bybee, 1990, p. 207) ได้อธิบายถึงการสืบสอบ (Inquiry) ว่าเป็นวิธีการพื้นฐานในการเรียนรู้ของมนุษย์

กู๊ด (Good, 1973, p. 303) ได้อธิบายความหมายของการสืบสอบไว้ 3 แนวทาง ดังนี้

1. เป็นวิธีการหนึ่งในการศึกษา โดยดำเนินการเพื่อให้ได้ความรู้ที่เป็นมโนทัศน์ใหม่

2. เป็นเทคนิคหรือกลวิธีหนึ่ง โดยมีการกระตุ้นให้เกิดความอยากรู้ อยากเห็น ตั้งคำถามแล้วหาคำตอบด้วยตนเอง

3. เป็นกิจกรรมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ โดยเผชิญกับเหตุการณ์ที่ท้าทายความคิด วิธีการนี้เริ่มต้นด้วยการสังเกตอย่างเป็นระบบ ออกแบบ คิดหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และทดสอบได้ และสรุปผลอย่างมีเหตุผล

โทรว์บริด์จ และบิบี (Trowbridge & Bybee, 1990, p. 209) อธิบายว่า การสืบสอบเป็นกระบวนการในการกำหนดและสืบสวนสอบสวนปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง รวบรวมข้อมูล และสร้างข้อสรุปเพื่อตอบปัญหานั้น

ออลิช (Orlich, 2001, p. 314) อธิบายว่าการสืบสอบเป็นกระบวนการที่บุคคลใช้เมื่อพบปัญหา มีการตั้งสมมติฐานหรือคาดคะเนคำตอบจากข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยอาศัยกระบวนการพื้นฐาน ได้แก่ การสังเกต การจัดกลุ่ม การคำนวณ การวัดและการเชื่อมโยงความสัมพันธ์

ไมเนอร์ เลวี และเซ็นจูรี (Minner, Levy, & Century, 2009, p. 476) ให้ความหมายว่า การสืบสอบเป็นการทำกิจกรรมใน 3 เรื่อง คือ 1) การทำงานเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นการสำรวจตรวจสอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2) วิธีที่นักเรียนใช้ในการเรียนรู้ ซึ่งมีทั้งการคิดและการลงมือปฏิบัติเพื่อศึกษาปัญหา หรือ 3) วิธีสอนที่ครูออกแบบและใช้ เพื่อให้นักเรียนได้มีการศึกษาสำรวจเพื่อตรวจสอบปัญหา

คิลเบน และมิลแมน (Kilbane & Milman, 2014, pp. 244-245) ได้ให้ความหมายว่า การสืบสอบ หมายถึง กระบวนการที่มีการจัดการความคิดอย่างเป็นระบบ ทำให้เกิดการสำรวจตรวจสอบ ด้วยการตั้งสมมติฐาน การวิเคราะห์ข้อมูล และการทดสอบสมมติฐาน และสรุปเป็นมโนทัศน์ที่ได้จากการค้นหาข้อมูลด้วยตนเอง

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531, หน้า 125) ได้ให้ความหมายของการสืบสอบว่า เป็นวิธีการค้นหาข้อมูล ความรู้หรือข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ด้วยการพิจารณา สำรวจตรวจสอบอย่างถี่ถ้วนหรือด้วยการวิจัย

จันทร์พร พรหมมาศ เด่นชัย ปราบจันดี วทัญญู วุฒิวรรณ์ พัชรี ทองอำไพ และจารุวรรณ รักษ์เริ่มวงษ์ (2562, หน้า 28) ได้อธิบายว่า การสืบสอบเป็นทั้งวิธีการ กระบวนการหรือการคิดที่บุคคลใช้ในการศึกษาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ หรือหาคำตอบของปัญหาต่าง ๆ และสร้างความรู้ใหม่

สรุปได้ว่า การสืบสอบ หมายถึง วิธีการหรือกระบวนการที่ใช้ในการค้นหาหรือสำรวจตรวจสอบปัญหา ปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ โดยมีการรวบรวมหลักฐานและสื่อสารอย่างมีเหตุผล จนสรุปสร้างความรู้ที่ได้ด้วยตนเอง

ความหมายของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ (Inquiry-Based Instruction) ไว้ดังนี้

คาริน และซันด์ (Carin & Sund, 1985, p. 8) ได้อธิบายว่า การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ หมายถึง การเรียนการสอนที่เน้นการค้นหาความจริง โดยการสืบค้นและการพัฒนาทักษะความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสำคัญ

โคลเบิร์น (Colburn, 2000, p. 42) ได้อธิบายว่า การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ หมายถึง การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ และมีกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และสร้างคำอธิบายบนพื้นฐานของหลักฐานที่ได้จากการปฏิบัติ ซึ่งทำให้นักเรียนพัฒนาความรู้ และความเข้าใจในทางวิทยาศาสตร์

ลีเวลลิน (Llewellyn, 2005, pp. 24-25) ได้อธิบายว่า การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบเป็นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นหรือสงสัยสิ่งที่สังเกตเห็น ซึ่งนักเรียนได้สำรวจและค้นหาคำอธิบาย โดยมีการใช้การวิพากษ์ การให้เหตุผล และการคิดอย่างสร้างสรรค์

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 123) อธิบายเกี่ยวกับการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบว่าเป็นการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการในการแสวงหาความรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2556, หน้า 53) ได้ให้ความหมายของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ หมายถึง การจัดการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย วิธีสอนตามแนวสืบสอบจะเน้นนักเรียนเป็นสำคัญของการเรียน

จันทร์พร พรหมมาศ และคณะ (2562, หน้า 29) ได้ให้ความหมายของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง มีการตั้งคำถาม คิดหาวิธีการศึกษาสำรวจเพื่อหาคำตอบของคำถามหรือปัญหานั้น ลงมือทำตามวิธีการหรือแนวทางที่คิดไว้ รวบรวมข้อมูล และสรุปเพื่อสร้างคำอธิบายหรือคำตอบเกี่ยวกับคำถามหรือปัญหานั้น

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้เกิดความสงสัย และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาหรือสำรวจตรวจสอบความรู้ด้วยตนเองจากปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการลงมือ

ปฏิบัติ ที่มีการรวบรวมข้อมูล และสื่อสารกันอย่างมีเหตุผลจนสามารถสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบปัญหาหรือสถานการณ์นั้นได้

ลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ

สภาวิจัย ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 1996 อ้างถึงใน สุพัตรา จันทรโฆษิต, 2552, หน้า 22) ได้กำหนดลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบไว้ 5 ประการ ดังนี้

1. ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์ คือ การที่ผู้เรียนมีส่วนในการกำหนดปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยตั้งคำถามด้วยตนเองเพื่อให้เกิดความเข้าใจ ซึ่งคำถามที่ตั้งขึ้นต้องสามารถสืบค้นได้ด้วยการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

2. ผู้เรียนเก็บรวบรวมหลักฐานและลำดับความสำคัญของหลักฐาน คือ การที่ผู้เรียนทำความเข้าใจและวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนการทดลอง การอธิบาย และสรุปผลได้

3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ คือ การที่ผู้เรียนยืนยันหรือสรุปคำตอบจากคำถามอย่างมีเหตุผล โดยสร้างความสัมพันธ์จากหลักฐานที่ได้จากการสังเกตและทดลอง

4. ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การที่ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างเหตุผลของตนเองกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการประเมินและเปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับคำอธิบายของนักวิทยาศาสตร์

5. ผู้เรียนสื่อสารและแสดงเหตุผลเพื่อตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง คือ การที่ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับผู้อื่น โดยการสื่อสารและการอธิบายอย่างมีเหตุผล

ลีเวลลิน (Llewellyn, 2005, p. 24) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบไว้ดังนี้

1. สร้างคำถามหรือปัญหาที่ต้องการแก้ไข
2. ระดมความคิดเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้
3. ระบุสมมติฐานเพื่อทำการทดสอบ
4. เลือกแนวทางการปฏิบัติและดำเนินการตามขั้นตอนของการสืบสอบ
5. รวบรวมและบันทึกข้อมูลผ่านการสังเกตและการใช้เครื่องมือเพื่อหาข้อสรุปที่เหมาะสม
6. สื่อสารหรืออธิบายข้อค้นพบ

ปาร์ค (Park, 2015, p. 50) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบไว้ดังนี้

1. การเรียนการสอนแบบสืบสอบในชั้นเรียนต้องให้เวลากับนักเรียนในการคิด

2. มีการใช้หลักฐานเพื่อปรับปรุงหรือแก้ไขคำอธิบาย

3. มีการดำเนินการสืบสอบเพื่อพัฒนาความเข้าใจ ความสามารถ และความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์

4. การสื่อสารเป็นแบบการมีอิสระทางความคิดเกี่ยวกับแนวคิดของนักเรียนและผลงานของเพื่อนร่วมชั้น

5. มีการสื่อสารโดยใช้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบข้างต้น สรุปได้ว่าการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบมีลักษณะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. การสร้างความสนใจเพื่อให้นักเรียนกำหนดปัญหาโดยใช้คำถามเชิงวิทยาศาสตร์

2. การทำความเข้าใจและแสดงหลักฐานเพื่อใช้ในการอธิบายคำตอบ

3. การสร้างคำอธิบายจากหลักฐานโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

4. การประเมินความรู้ความเข้าใจจากคำอธิบายที่ได้

5. การสื่อสารเพื่อนำเสนอผลและแลกเปลี่ยนข้อค้นพบกับผู้อื่นอย่างมีเหตุผล

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ

โยเซฟ ชว็อบ (Joseph Schwab, 1962 cited in Ebru, 2010, p. 4256) กล่าวถึงแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ (Level of inquiry) ไว้ 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 0 ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา รวมถึงวิธีการศึกษาและคำตอบของปัญหา เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนทำกิจกรรมตามที่ครูกำหนด

ระดับที่ 1 นักเรียนหาคำตอบของปัญหาด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาและวิธีการศึกษาเพื่อช่วยให้นักเรียนค้นพบความสัมพันธ์ของปัญหา

ระดับที่ 2 นักเรียนมีอิสระในการใช้วิธีการศึกษาเพื่อหาคำตอบของปัญหา โดยครูจะกำหนดปัญหาหรือตั้งคำถามเท่านั้น

ระดับที่ 3 นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา รวมถึงออกแบบวิธีการศึกษาจากปัญหาที่ตั้งขึ้นและค้นหาคำตอบของปัญหาตามแนวทางที่ตนเองกำหนดไว้

คาริน และซันด์ (Carin & Sund, 1975 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2556, หน้า 55-57) ได้แบ่งวิธีการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบเป็น 3 ระดับ โดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ ดังนี้

ระดับที่ 1 guided inquiry เป็นวิธีสอนที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหาวางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือไว้เรียบร้อย นักเรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการทดลอง ทำกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้

ระดับที่ 2 less guided inquiry เป็นวิธีสอนที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา หรือร่วมกันกับนักเรียนกำหนดปัญหา แต่ให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเองโดยเริ่มตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลองจนถึงสรุปผลการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก

ระดับที่ 3 unguided inquiry เป็นวิธีการที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง วางแผนการทดลองเอง เก็บข้อมูล ดำเนินการทดลอง ตลอดจนสรุปผลด้วยตัวนักเรียนเอง วิธีนี้นักเรียนมีอิสระเต็มที่ในการศึกษาตามความสนใจ ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นเท่านั้น

เบล และบันชี (Bell & Banchi, 2008, pp. 27-28) ได้กล่าวถึงระดับของการสืบสอบไว้ 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 การสืบสอบแบบยืนยัน (Confirmed inquiry) เป็นการสืบสอบที่นักเรียนเป็นผู้ตรวจสอบความรู้ เพื่อยืนยันความรู้หรือแนวคิดที่ถูกค้นพบมาแล้ว โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วิธีการศึกษาและให้นักเรียนทำกิจกรรมตามที่ครูกำหนด

ระดับที่ 2 การสืบสอบแบบโครงสร้าง (Structured inquiry) เป็นการสืบสอบที่นักเรียนค้นพบความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหา สาธิตหรืออธิบายการสำรวจตรวจสอบแล้วให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามวิธีการที่กำหนด

ระดับที่ 3 การสืบสอบแบบชี้แนะ (Guided inquiry) เป็นการสืบสอบที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และค้นพบความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ

ระดับที่ 4 การสืบสอบแบบเปิด (Open inquiry) เป็นการสืบสอบที่นักเรียนค้นพบความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยนักเรียนมีอิสระในการคิด กำหนดปัญหา ออกแบบ และลงมือปฏิบัติเพื่อตรวจสอบปัญหาดังกล่าว

จากที่กล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ มีแนวทาง 4 ระดับที่ขึ้นอยู่กับบทบาทของนักเรียน ดังนี้

ระดับที่ 1 เป็นการสืบสอบที่นักเรียนเป็นผู้ตรวจสอบความรู้ เพื่อยืนยันความรู้หรือแนวคิดที่ถูกค้นพบมาแล้ว ทั้งนี้ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา รวมถึงวิธีการศึกษาและคำตอบของปัญหาเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนทำกิจกรรมตามที่ครูกำหนด

ระดับที่ 2 เป็นการสืบสอบที่นักเรียนต้องหาคำตอบของปัญหาด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาและวิธีการศึกษา แล้วให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามวิธีการที่กำหนด

ระดับที่ 3 เป็นการสืบสอบที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดวิธีการศึกษาและหาคำตอบของปัญหาด้วยตนเอง โดยครูจะทำหน้าที่กำหนดปัญหาหรือตั้งคำถาม

ระดับที่ 4 เป็นการสืบสอบที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาหรือตั้งคำถาม รวมถึงออกแบบวิธีการศึกษาจากปัญหาที่ตั้งขึ้น และค้นหาคำตอบของปัญหาตามแนวทางที่ตนเองกำหนดไว้

ขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบ

ไฮสส์ และคณะ (Heiss et al., 1950 cited in Lawson, 1995, p. 157) ได้อธิบายขั้นตอนของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploring the unit) เป็นขั้นที่นำเสนอปัญหาเพื่อตั้งคำถาม กำหนดสมมติฐานเพื่อหาคำตอบ และวางแผนการทำงานร่วมกัน

2. ขั้นการได้รับประสบการณ์ (Experience getting) เป็นการทดสอบสมมติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูล และสรุปผล

3. ขั้นการจัดการความรู้ (Organization of learning) เป็นการนำข้อสรุปที่ค้นพบมาสรุปเป็นมโนทัศน์

4. ขั้นการประยุกต์ใช้ความรู้ (Application of learning) เป็นการนำความรู้ ทักษะและที่ได้จากการเรียนรู้มาใช้ตอบคำถามในสถานการณ์ใหม่

เรนเนอร์ และสตาฟฟอร์ด (Renner & Stafford, 1972, pp. 107-113) ได้เสนอว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นศึกษาสำรวจ (Exploration) ครูเสนอปัญหาให้นักเรียนหาคำตอบ รวมถึงจัดเตรียมอุปกรณ์และให้แนวทางในการใช้อุปกรณ์ เพื่อสังเกตและสำรวจหาคำตอบตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้

2. ขั้นสร้าง (Invention) นักเรียนนำผลจากการศึกษา สำรวจ และวิเคราะห์ มารายงานผลเพื่อที่จะสร้างความรู้ขึ้นมาได้

3. ขั้นค้นคว้า (Discovery) ครูตั้งปัญหาและจัดเตรียมอุปกรณ์ จากนั้นครูนำอภิปราย โดยให้นักเรียนใช้ความรู้เดิม หรือวิธีการในการค้นคว้าหาคำตอบ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในความรู้ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

คาร์พลัส (Karplus, 1977 อ้างถึงในจันทร์พร พรหมมาศ, 2541, หน้า 18-19) ได้เสนอการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ ซึ่งรู้จักกันอย่างแพร่หลาย คือ การสอนแบบวงจรการเรียนรู้ (Learning cycle) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) ขั้นการสร้างความรู้ (Invention) และขั้นการค้นพบ (Discovery) ซึ่งในเวลาต่อมาได้มีการปรับชื่อขั้นตอนการเรียนการสอน ซึ่งแต่ละขั้นมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนประเมินความรู้เดิมของตนเองที่สัมพันธ์กับปัญหาที่กำลังศึกษา แล้วจัดระบบโครงสร้างความคิดของตนเองใหม่ เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการศึกษา ลงมือปฏิบัติ และสำรวจอย่างอิสระ ขั้นนี้เมื่อนักเรียนเกิดความสงสัยที่ไม่สามารถใช้แบบแผนการให้เหตุผลแบบเดิม ต้องแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยน และอภิปรายระหว่างกัน

2. ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (Concept invention) เป็นขั้นที่ต่อจากการศึกษาสำรวจ และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างผลที่ได้กับการอธิบายถ่ายทอดความรู้ เน้นการถ่ายทอดความรู้ทางสังคมที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการอธิบาย และได้รับความรู้เพิ่มเติม ครูมีบทบาทช่วยแนะนำคำศัพท์ หลักการทางวิทยาศาสตร์ ตำราและสื่อต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง นักเรียนต้องดำเนินการปรับและจัดโครงสร้างทางความคิด พร้อมกับเชื่อมโยงความรู้ นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้พัฒนาเหตุผลใหม่ ๆ จึงช่วยให้นักเรียนสามารถดำเนินการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง

3. ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนทัศน์หรือทักษะที่เกิดไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ โดยการลงมือปฏิบัติอีกครั้ง เพื่อค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ของนักเรียน อาจจะมีบางคนที่สร้างความหมายแบบนามธรรม หรือนำมโนทัศน์ไปใช้สรุปไม่ได้ ขั้นนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนที่เรียนช้า จึงเป็นการเรียนรู้จากการทำซ้ำ และเป็นการฝึกปฏิบัติเพิ่ม

มาร์ติน และคณะ (Martin et al., 1994, pp. 193-197) ได้เสนอขั้นตอนการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเอง ซึ่งมีการรวบรวมและบันทึกข้อมูลสำหรับนำมาใช้ในการสร้างมโนทัศน์ทาง

วิทยาศาสตร์ ครูทำหน้าที่เป็นผู้แนะนำการสังเกต ชักจูงให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือทักษะการคิด ตลอดจนดูแลการทำกิจกรรมให้เป็นไปด้วยดี

2. ขั้นการอธิบาย (Explanation) ในขั้นนี้สามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง จากความรู้ที่ได้รับจากการสังเกตและการลงมือปฏิบัติ ซึ่งครูทำหน้าที่แนะนำแนวทางและจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมแก่นักเรียน

3. ขั้นการขยายมโนทัศน์ (Expansion) เป็นขั้นที่ส่งเสริมการเรียนแบบกลุ่มร่วมมือ นักเรียนจัดและรวบรวมประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับเชื่อมโยงเข้ากับสถานการณ์เดิมที่มีอยู่ และนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้ไปใช้ ในขั้นนี้ครูอาจจะเสนอตัวอย่างสำหรับศึกษาเพิ่มเติมให้แก่นักเรียน

4. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นที่สามารถทำได้ในทุกขั้นตอนของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูควรกำหนดสิ่งต่าง ๆ ได้แก่ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง วิธีประเมินผลการปฏิบัติในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในขั้นพื้นฐานและขั้นผสม การใช้แผนภาพเพื่อให้นักเรียนแสดงวิธีการคิด คำถามต่าง ๆ ที่ช่วยให้นักเรียนแสดงถึงความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ไปแล้ว

บิบี และคณะ (Bybee et al., 2006, pp. 8-10) ได้ระบุขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ (BSCS 5E Instructional Model) โดยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ที่นักเรียนถูกกระตุ้นให้เกิดความสงสัยจากสถานการณ์ชวนสงสัย (Discrepant event) เพื่อกำหนดปัญหา ซึ่งกิจกรรมนี้เชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เรียนรู้ที่นักเรียนมีอยู่เดิมกับประสบการณ์เรียนรู้ใหม่

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ (hands on) กับสิ่งต่าง ๆ หรือสถานการณ์ โดยคิดวางแผนการศึกษาสำรวจ ตั้งสมมติฐาน ลงมือตรวจสอบสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล อภิปรายร่วมกับผู้อื่นและสร้างคำอธิบายอย่างหลากหลาย

3. ขั้นอธิบาย (Explanation) ในขั้นนี้ นักเรียนนำเสนอคำอธิบายที่ได้ รับฟังและซักถามเกี่ยวกับคำอธิบายของผู้อื่นอย่างพินิจพิเคราะห์ และประเมินคำอธิบายของตนเอง ในขณะที่ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความรู้ มโนทัศน์ ทักษะหรือกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งทำให้นักเรียนสรุปเป็นคำอธิบายได้ถูกต้องตามหลักวิชาการ

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นนี้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์และทักษะหรือกระบวนการเพิ่มเติม โดยการใช้ความรู้ มโนทัศน์หรือทักษะที่ได้เรียนรู้แล้วไปอธิบายในสถานการณ์ใหม่

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นที่นักเรียนมีการประเมินความเข้าใจและความสามารถของตนเอง พร้อมทั้งครูทำการประเมินผลการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์

ตารางที่ 2 ขั้นตอนของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบในแบบต่าง ๆ

การแสดงขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบในแบบต่าง ๆ				
Heiss et al. (1950)	Renner and Stafford (1972)	Karplus (1977)	Martin et al. (1994)	Bybee et al. (2006)
1) ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploring the unit)	1) ขั้นศึกษาสำรวจ (Exploration)	1) ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration)	1) ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration)	1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)
2) ขั้นการได้รับประสบการณ์ (Experience getting)	2) ขั้นสร้าง (Invention)	2) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (Concept invention)	2) ขั้นการอธิบาย (Explanation)	2) ขั้นศึกษาสำรวจ (Exploration)
3) ขั้นการจัดการการเรียนรู้ (Organization of learning)	3) ขั้นค้นคว้า (Discovery)	3) ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application)	3) ขั้นการขยายมโนทัศน์ (Expansion)	3) ขั้นอธิบาย (Explanation)
4) ขั้นการประยุกต์ใช้ความรู้ (Application of learning)			4) ขั้นการประเมินผล (Evaluation)	4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
				5) ขั้นประเมินผล (Evaluation)

กล่าวโดยสรุป ขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบมีหลายรูปแบบ ซึ่งในแต่ละรูปแบบจะเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สรุปสร้างมโนทัศน์และนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้ไปใช้

บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ

บทบาทครูในการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ

เรนเนอร์ และสตาฟฟอร์ด (Renner & Stafford, 1972, pp. 107-113) เสนอว่า ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ ครูควรมีบทบาทหน้าที่ ดังนี้

1. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และจัดทำคำแนะนำในการสำรวจพอสังเขป

2. ครูต้องรับฟังและสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

3. ซักถามเพื่อให้สามารถตีความหมายของข้อมูล หรือนำไปสู่วิธีการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

4. ซักถามเกี่ยวกับการทดสอบสมมติฐาน

5. จัดหาวัสดุอุปกรณ์สำหรับการขยายมโนทัศน์ และซักถามถึงความสัมพันธ์ของหลักการหรือความรู้ที่ได้รับ

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531, หน้า 128) กล่าวถึงบทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบสอบว่า ครูเป็นผู้แนะแนวทาง คอยช่วยเหลือ และสร้างสถานการณ์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ดังนั้น ครูจึงมีหน้าที่ 3 ประการ คือ

1. ป้อนคำถามให้แก่นักเรียนเพื่อนำไปสู่การค้นคว้า ครูจะต้องป้อนคำถาม รู้ว่าต้องถามอะไร นักเรียนจึงจะเกิดความคิด ความเข้าใจ หรือความจำ และควรตอบคำถามนักเรียนเป็นบางครั้ง

2. เมื่อได้ปัญหาแล้ว ให้นักเรียนในชั้นเรียนอภิปรายร่วมกันวางแผนแก้ปัญหา หรือกำหนดวิธีการแก้ปัญหาเองได้ แล้วจึงลงมือปฏิบัติการ

3. ถ้าปัญหายากเกินไป นักเรียนไม่สามารถวางแผนหรือกำหนดวิธีการแก้ปัญหาเองได้ ครูกับนักเรียนจะต้องร่วมกันแก้ปัญหาต่อไป

จากบทบาทครูที่ได้ศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า ครูมีหน้าที่แนะแนวทาง คอยช่วยเหลือ สร้างสถานการณ์นำนักเรียนไปสู่การเรียนรู้ กำหนดปัญหา ตั้งคำถามเกี่ยวกับการตีความหมายของข้อมูลหรือความสัมพันธ์ของหลักการหรือความรู้ที่ได้รับ รับฟังปัญหาและสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

บทบาทนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ

ไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003, pp. 56-59) ได้อธิบายถึงบทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ มีดังนี้

1. ตรวจสอบความรู้เดิม โดยการนำเสนอปัญหา หรือตอบคำถามตามความเข้าใจเดิม รวมทั้งแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระกับครูและนักเรียนด้วยกัน

2. มีการตั้งคำถามเพื่ออภิปรายในประเด็นที่สงสัย

3. คิดอย่างอิสระภายใต้ขอบเขตของการศึกษาสำรวจ และค้นหาทางเลือกต่าง ๆ สำหรับการแก้ปัญหา

4. รับฟังทำความเข้าใจกับสิ่งที่ครูนำเสนอ รวมถึงคิดวิเคราะห์และสำรวจในประเด็นที่นำเสนอ

5. ตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสำรวจและนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

6. ตอบคำถามโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และคำอธิบายที่มีเหตุผลเหมาะสมได้

ลีเวลลิน (Llewellyn, 2013, p. 217) อธิบายว่าในการเรียนการสอนแบบสืบสอบนักเรียนควรมีบทบาท ดังนี้

1. กระตือรือร้นในการตั้งคำถามและแสดงความต้องการในการเรียนรู้

2. เป็นเสมือนนักวิจัยแต่มีมุมมองเป็นแบบนักวิทยาศาสตร์

3. ทำศึกษาสำรวจเพื่อค้นหาคำตอบจากการคำถามที่นักเรียนกำหนดไว้

4. มีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเอง

5. ซักถามเพื่อยืนยันว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องหรือทำให้ความเข้าใจนั้นชัดเจนยิ่งขึ้น

6. ให้ความร่วมมือในการทำงานและแสดงความคิดเห็นในระหว่างทำงานกับผู้อื่น

7. แก้ปัญหาหรือตัดสินใจในการศึกษาสำรวจโดยใช้ทักษะการคิดขั้นสูง

8. มีมุมมองอย่างหลากหลายในการศึกษาสำรวจเพื่อค้นหาคำตอบ

9. ใช้ข้อกล่าวอ้างและหลักฐานอย่างมีเหตุผลเพื่อสร้างคำอธิบายและโต้แย้งระหว่างทำงานร่วมกับผู้อื่น

10. เชื่อมโยงความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นเข้ากับความรู้เดิมที่ตนเองมีอยู่

11. เลือกใช้วิธีการในการนำเสนอคำอธิบายหรือข้อค้นพบอย่างเหมาะสม

12. สามารถอธิบายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หรือทำการศึกษาสำรวจได้หลากหลายรูปแบบ

13. ประเมินจุดแข็งและข้อจำกัดในการทำงานของกลุ่ม

14. มีความเชื่อมั่นในการเรียนรู้ของตนเอง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 126-127) ได้อธิบายเกี่ยวกับบทบาทของนักเรียนในการเรียนแบบสืบสอบว่าจะต้องเป็นผู้สืบสอบหาความรู้ด้วยตนเอง ดังนี้

1. ควรศึกษาวัสดุอุปกรณ์ และเอกสารให้เข้าใจก่อนเริ่มทำกิจกรรม

2. สังเกต และรายงานข้อมูลที่ได้จากการสังเกต

3. ร่วมกันตั้งสมมติฐาน

4. ร่วมกันหาแนวทางในการทดลองและวิธีการทดสอบสมมติฐาน

5. รายงานผลการศึกษาค้นคว้า

6. ร่วมกันปรับปรุงความรู้ที่ได้รับ และขยายความรู้เพิ่มเติม

จากบทบาทนักเรียนข้างต้นสรุปได้ว่า ในระหว่างการเรียนตามแนวสืบสอบ นักเรียนต้องให้ความสนใจในประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา ตั้งสมมติฐาน ทดสอบสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล รายงานผลการศึกษา และสรุปมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ พร้อมกับนำไปใช้ได้

ประโยชน์ของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ

เยเกอร์ และอัคเคย์ (Yager & Akcay, 2010, p. 11) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ สรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนได้พัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

2. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ สามารถแสดงเหตุผลเพื่อทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้

4. นักเรียนและครูมีเจตคติเชิงบวกต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

5. นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

6. นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น

คิลเบน และมิลแมน (Kilbane & Milman, 2014, pp. 251-252) ได้กล่าวว่าการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ เป็นประโยชน์ต่อนักเรียนดังนี้

1. นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการในการแก้ปัญหา และได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา

2. นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางพุทธิปัญญา เช่น ทักษะการวิเคราะห์ ทักษะการประเมินผล เป็นต้น

3. การเรียนการสอนทำให้นักเรียนมีโอกาสสะท้อนการคิดกับผู้อื่นและประเมินการคิดตนเองซึ่งช่วยพัฒนาการรู้คิด (metacognition) ที่จัดว่าเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการทำงานและการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 156-157) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ สรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้ตลอดเวลา

2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิด ฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีการจัดการระบบความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อีกด้วย

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนทัศน์ และหลักการได้เร็วขึ้น รวมทั้งมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

5. นักเรียนเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอน

6. ส่งเสริมการค้นคว้าหาความรู้และสร้างสรรค์ความเป็นประชาธิปไตยในตัวนักเรียน

ทิศนา แขมมณี (2546, หน้า 39) กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ สรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนสามารถค้นพบความรู้ด้วยตนเอง จึงทำให้เกิดความเข้าใจและจดจำได้ดียิ่งขึ้น

2. นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการเรียนรู้

3. นักเรียนได้ทั้งความรู้และกระบวนการ ซึ่งนักเรียนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเรียนรู้เรื่องอื่น ๆ

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2552, หน้า 332) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ สรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ทำให้สามารถพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่

2. ความรู้ที่ได้รับจากการสืบสอบมีความคงทน ทำให้นักเรียนจดจำได้นานและสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการจัดการเรียนการสอน

4. นักเรียนเรียนรู้มโนทัศน์ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น

5. นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

จากข้างต้น การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทั้งความรู้และกระบวนการ เช่น มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการคิด ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการแก้ปัญหา การรู้คิด ความคงทนในการเรียนรู้ การนำความรู้ไปใช้ และเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ความหมายของการโต้แย้ง (Argumentation)

คุห์น และอูเดล (Kuhn & Udell, 2003, p. 1245) อธิบายว่า การโต้แย้ง หมายถึง การสนทนาระหว่างบุคคลเพื่อสร้างข้อโต้แย้งสำหรับสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นการสนทนาที่บุคคลทั้งสองฝ่ายหรือมากกว่ามีส่วนร่วมในการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างที่ตรงข้ามกับความคิด

บริคเกอร์ และเบลล์ (Bricker & Bell, 2008, p. 474) อธิบายว่า การโต้แย้ง หมายถึง การอภิปรายหรือโต้แย้งที่หมายรวมถึงการค้นหาความหมาย ทำความเข้าใจและการใช้เหตุผล

แมคเนล (McNeill, 2009, p. 235) อธิบายว่า การโต้แย้งมีความหมาย 2 มุมมอง คือ 1) การโต้แย้งในมุมมองส่วนบุคคล หมายถึง การให้เหตุผลของบุคคลโดยใช้ความรู้เพื่อกล่าวอ้างข้อสรุป โดยใช้เหตุผล แนวคิด ทฤษฎี และหลักฐานเชิงประจักษ์ และ 2) การโต้แย้งในมุมมองทางสังคม หมายถึง การที่บุคคลพยายามโน้มน้าวผู้อื่นด้วยการพูดหรือการเขียนเพื่อการยืนยันความถูกต้อง

แซมสัน และคลาร์ค (Sampson & Clark, 2009, p. 456) อธิบายว่า การโต้แย้งเป็นกระบวนการในการสร้างคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้ง ร่วมกับมีการวิพากษ์กระบวนการ เนื้อหา และผลผลิตที่ได้จากการสืบสอบ

สรุปได้ว่า การโต้แย้ง หมายถึง กระบวนการที่บุคคลใช้ในการสร้างคำอธิบายโดยใช้เหตุผล แนวคิด ทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งเป็นทั้งมุมมองส่วนบุคคล และมุมมองทางสังคมที่ต้องการโน้มน้าวและวิพากษ์กับผู้อื่นที่เพื่อยืนยันความถูกต้อง

ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ไดรเวอร์ นิวตัน และออสบอร์น (Driver, Newton, & Osborne, 2000, p. 290) กล่าวว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการทางสังคมที่นักวิทยาศาสตร์มีการนำเสนอสิ่งที่ได้จากการสังเกต หรืออ้างอิงจากทฤษฎีด้วยการจัดการกับหลักฐาน ผ่านการนำเสนอในรูปของการโต้แย้ง

นอร์ริส และคณะ (Norris et al, 2007 cited in Sampson & Gerbino, 2010, p. 427) อธิบายว่าการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่แสดงถึงความพยายามในการสร้าง

หรือตรวจสอบความถูกต้องของข้อกล่าวอ้างบนพื้นฐานของการให้เหตุผล หรือเป็นกระบวนการของการเสนอ การสนับสนุน การประเมิน และการกลั่นกรองหลักฐาน ซึ่งสะท้อนคุณค่าของวิทยาศาสตร์

ดอร์สัน และเวนไวล์ (Dawson & Venvile, 2010, p. 135) ได้อธิบายว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการยืนยันข้อกล่าวอ้างด้วยการพิสูจน์ข้อเท็จจริง โดยทำการลงข้อสรุปที่ได้รับการสนับสนุนจากเหตุผลผ่านกระบวนการทำงานกลุ่ม แลกเปลี่ยน และทำการวิพากษ์วิจารณ์ และประเมินแนวคิด เพื่อสามารถใช้ในการนำเสนอต่อผู้อื่นได้

แซมซัน กรูมส์ และวอคเกอร์ (Sampson, Grooms, & Walker, 2010, pp. 220-223) เสนอว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นรูปแบบของการแสดงออกโดยใช้เหตผุลของแต่ละบุคคล อาจเป็นส่วนบุคคล หรือกิจกรรมทางสังคมที่แสดงออกทางความคิด วาจา การกระทำที่มีเหตผุล โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความรู้ ด้วยการตัดสินจากข้อสรุป

ลีเวนลิน (Llewellyn, 2013, pp. 19-20) ให้ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบในรูปของข้อคำถาม ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การอธิบาย และการพิสูจน์แย้ง โดยประเด็นเกิดจากการสังเกตปรากฏการณ์ หรือเกิดจากเหตุการณ์ที่ความคิดไม่ตรงกัน

สรุปได้ว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อโต้ตอบบุคคลอื่นอย่างเป็นระบบ โดยนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบในรูปแบบของข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล เพื่อวิพากษ์ ประเมิน และทบทวนปรับปรุงข้อสรุปเบื้องต้น

ความสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

เบอร์แลน และไรเซอร์ (Berland & Reiser, 2009, p. 27) กล่าวว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เน้นความรอบรู้และการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ควรให้ความสำคัญในการให้นักเรียนใช้ข้อมูลและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตรในการสร้างรูปแบบหรือคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และนักเรียนควรมีส่วนร่วมในการอภิปรายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำเสนอและโต้แย้งทางความคิด

ดอร์สัน และเวนไวล์ (Dawson & Venvile, 2010, p. 134) ได้อธิบายว่า สิ่งสำคัญในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์คือ นักเรียนสามารถใช้ความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในการโต้แย้งทางสังคมและการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพิจารณาและตัดสินใจโดยผ่านกระบวนการโต้แย้ง

ลีเวนลิน (Llewellyn, 2013, pp. 19-20) ได้อธิบายไว้ว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสนับสนุนข้อมูล การวิพากษ์ การกลั่นกรอง การแสดงข้อเท็จจริง และการอธิบายประเด็นที่ต้องการนำเสนอ จากการสังเกต และ วิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นหลักฐานของตนเอง และสร้างเป็นข้อกล่าวอ้าง เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลให้เป็นกระบวนการต่อเนื่อง

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2558, หน้า 204) ได้อธิบายว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาการเสนอความคิดเห็นของตนเอง โดยจะต้องเสนอความคิดเห็นที่เป็นข้อเท็จจริงที่ชัดเจน ตรงประเด็น มีเหตผุลและหลักฐานประกอบเพื่อให้น่าเชื่อถือ ไม่ควรใช้ความรู้สึกส่วนตัวเสนอความคิดจะทำให้เป็นการโต้เถียง และไม่เกิดประโยชน์

สรุปได้ว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ช่วยส่งเสริมความสามารถของนักเรียน ทั้งการสร้างความรู้และความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยผ่านการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนหลักฐานที่ได้ รวมถึงส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้

องค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

เบอแลนด์ และไรเซอร์ (Berland & Reiser, 2009, pp. 33-34) ได้อธิบายสรุปไว้ว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบ 3 ด้าน ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อความที่ใช้ตอบคำถาม ซึ่งสามารถอธิบายหรือระบุที่มาของปัจจัยต่าง ๆ นอกจากนี้หลักฐานและการให้เหตผุล ยังเป็นสิ่งที่ช่วยยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อกล่าวอ้างที่เกี่ยวข้องกับการอธิบายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่นักวิทยาศาสตร์ยึดถือเป็นเกณฑ์ในการตัดสินจากทฤษฎีที่ค้นพบ และช่วยยืนยันข้อกล่าวอ้าง หรือข้อเท็จจริงที่ได้จากอภิปราย

3. การให้เหตผุล (Reasoning) เป็นสิ่งที่ช่วยสนับสนุนการสืบสอบ จากการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติให้มีความสอดคล้องกัน และยังส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยง และจัดลำดับหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างผ่านการนำเสนอหรือการอธิบาย

ดอร์สัน และเวนไวล์ (Dawson & Venvile, 2010, pp. 134-135) ได้อธิบายสรุปไว้ว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบ 5 ด้าน ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claims) เป็นประโยคสรุปที่ได้จากการอนุมานจากข้อเท็จจริง โดยข้อกล่าวอ้างอาจอยู่ในรูปของข้อสรุป ข้อเสนอ หรือคำยืนยัน

2. ข้อมูล (Data) เป็นข้อมูลที่เป็นหลักฐานได้จากการสำรวจหรือค้นหา โดยอาจอยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ หรือการอธิบายข้อพิจารณาเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ

3. ข้อยืนยัน (Warrants) เป็นคำอธิบายเพื่อแสดงเหตผุลในการประเมินข้อมูล เพื่อให้หลักฐานนั้นเป็นที่จำเป็น และเพียงพอที่จะนำไปสู่การนำไปใช้เป็นข้ออ้างต่อไป

4. หลักฐานสนับสนุน (Backing) เป็นข้อมูลที่ใช้สนับสนุน ยืนยัน หรือตรวจพิสูจน์กล่าวอ้างของตนเอง เพื่อให้มีน้ำหนักและความน่าเชื่อถือมากขึ้น

5. ข้อคัดค้าน (Rebuttals) เป็นข้อความที่เกิดขึ้น เมื่อเงื่อนไขที่ไม่ตรงกันกับข้อกล่าวอ้าง โดยทำการโต้แย้งกลับต่อบุคคลที่เสนอข้อกล่าวอ้างที่ตนเองไม่เห็นด้วย

แซมสัน และชเลท (Sampson & Schleigh, 2012, pp. 4-6) อธิบายสรุปไว้ว่าการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบ 3 ด้าน ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claims) เป็นองค์ประกอบที่นักเรียนสร้าง หรือหาคำตอบจากคำถามการสำรวจ โดยคำถามจะเป็นตัวชี้นำไปสู่การตรวจสอบ และหาคำตอบได้

2. หลักฐาน (Evidences) เป็นองค์ประกอบที่ได้จากการวัดและสังเกต มาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างซึ่งอาจแสดงในรูปแนวโน้ม ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

3. หลักฐานสนับสนุน (A justification of the evidence) เป็นองค์ประกอบที่แสดงให้เห็นว่าหลักฐานที่นำมาใช้สามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และการโต้แย้งได้

จากการศึกษาเกี่ยวกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถสรุปองค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claims) เป็นข้อความที่สร้างขึ้น โดยอ้างอิงจากสมมติฐาน หรือการคาดคะเนทางวิทยาศาสตร์ผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งข้อกล่าวอ้างที่ดีต้องได้รับการสนับสนุนจากหลักฐานที่น่าเชื่อถือ

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่ได้จากสังเกต และรวบรวมจาก หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอาจแสดงในรูปของความสัมพันธ์หรือค่าสถิติ เพื่อใช้ยืนยันและปกป้องข้อกล่าวอ้าง ซึ่งหลักฐานที่ดีต้องสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นข้อความที่นำเสนอออกมาในรูปของการเขียนหรือการพูดอธิบาย และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือและให้เกิดการยอมรับ

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ดอร์สัน และเวนไวล์ (Dawson & Venvile, 2010, pp. 20-22) เสนอการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ควรมีแนวทาง ดังนี้

1. ครูควรมีการสนทนา รับฟังความคิดเห็นจากนักเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระต่อประเด็นที่กำลังสนทนา เป็นการสะท้อนความรู้เดิมของนักเรียน

2. นักเรียนควรมีการเรียนรู้และเข้าใจความหมายขององค์ประกอบ ตลอดจนเข้าใจบทบาทของตนเองในการดำเนินกิจกรรมการโต้แย้ง

3. นักเรียนควรกำหนดมุมมอง หรือประเด็นที่จะโต้แย้ง การสนทนาทำให้เกิดมุมมองและประเด็นที่หลากหลาย ครูมีหน้าที่นำนักเรียนเข้าสู่ประเด็นที่เรียนรู้ในขอบเขตที่กำหนด

4. นักเรียนควรมีการแสดงเหตุผลโดยการใช้หลักฐานยืนยัน ต้องทำการวางแผนและออกแบบการทดลอง ตรวจสอบ และค้นหา เพื่อให้ได้ข้อมูลมาใช้เพื่อเป็นหลักฐาน

5. นักเรียนควรสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งเป็นการนำเสนอข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักฐานเพื่อให้เหตุผลในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง

6. นักเรียนควรโต้แย้งกลับ หากผู้อื่นไม่เห็นด้วย หรือมีการนำเสนอแนวทางที่แตกต่างจากข้อกล่าวอ้างของตนเอง

7. ครูและนักเรียนควรร่วมกันสะท้อนผลของกระบวนการโต้แย้งจากการเรียนรู้

คณะกรรมการมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (NSES, 1996 cited in Llewellyn, 2013, pp. 22-23) ได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. นักเรียนควรมีการใช้หลักฐาน และกลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงคำอธิบาย

2. นักเรียนควรใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และการสร้างคำอธิบาย

3. นักเรียนควรสื่อสารคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์

4. นักเรียนต้องร่วมกันวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลหลังจากแสดงความคิดเกี่ยวกับข้อสรุป

5. นักเรียนนำผลที่ได้มาใช้ในการโต้แย้งและการสร้างคำอธิบาย

6. นักเรียนต้องมีการนำเสนอผลและแนวความคิดต่อเพื่อนร่วมชั้นเรียน

โดยสรุปในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ครูควรมีบทบาทเป็นผู้สนับสนุนและให้ผลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนเกิดมุมมองการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดย

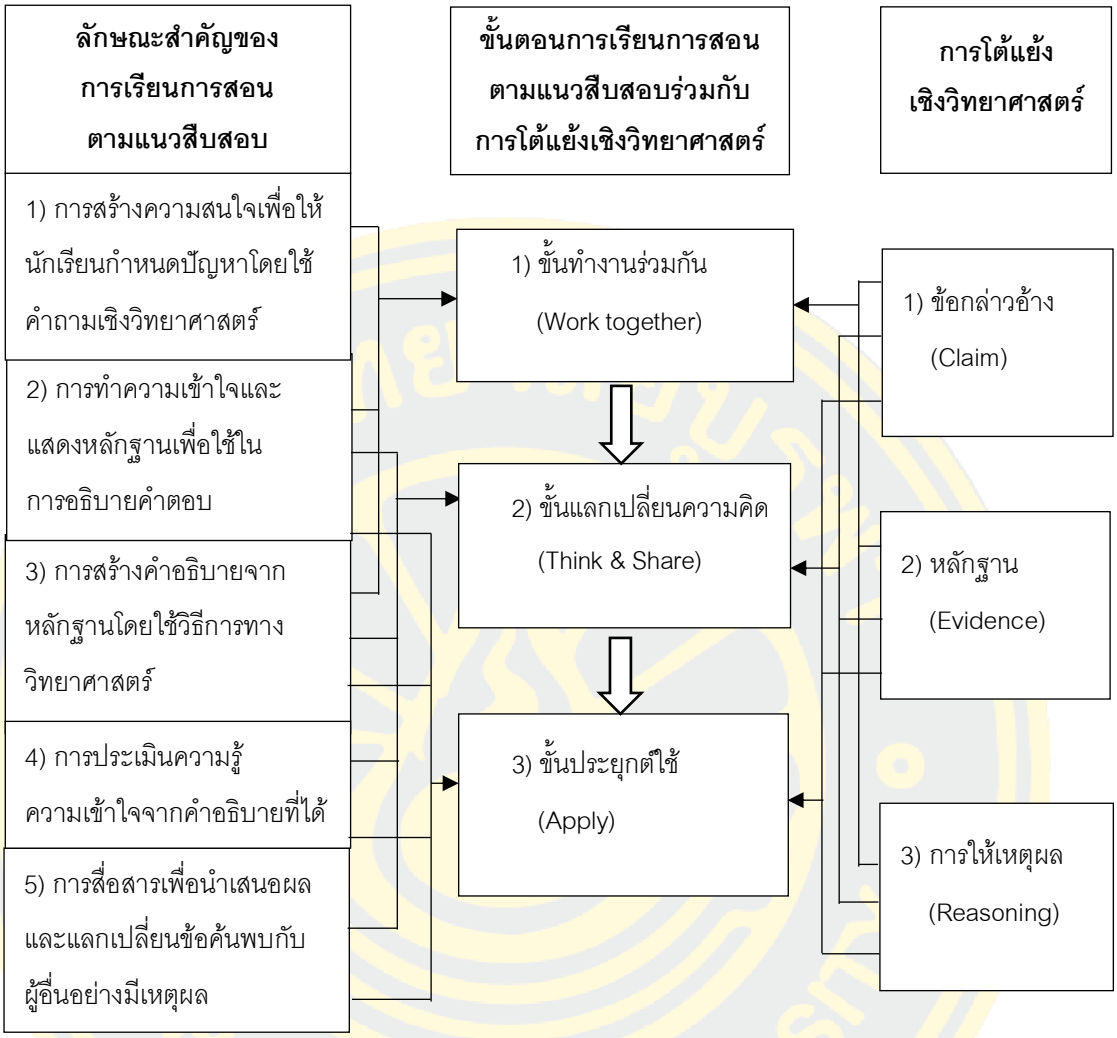
กิจกรรมต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการโต้แย้ง แสดงเหตุผลโดยใช้หลักฐานอ้างอิง รวมถึงสะท้อนความคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่ได้จากการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยมีพื้นฐานจากลักษณะสำคัญและแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบและและการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

1. ขั้นทำงานร่วมกัน (Work together) เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันคิด ออกแบบวิธีการศึกษาสำรวจเพื่อสร้างคำอธิบายหรือคำตอบของปัญหา และลงมือปฏิบัติตามวิธีการนั้น ซึ่งนักเรียนเป็นผู้รวบรวมข้อมูล โดยให้ความสำคัญกับข้อมูลและหลักฐาน เพื่อสร้างข้อสรุปที่เป็นข้อกล่าวอ้าง ทั้งนี้ครูอาจช่วยเหลือหรือชี้แนะเพื่อกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน

2. ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด (Think & Share) เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอผลงานและวิธีการที่ศึกษา มีการสะท้อนความคิดร่วมกันโดยใช้หลักฐานสนับสนุนอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนนำไปปรับปรุงและสรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เรียนได้

3. ขั้นประยุกต์ใช้ (Apply) เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้แล้ว ไปใช้เพื่อสร้างคำอธิบายในสถานการณ์อื่นเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล นักเรียนมีการเชื่อมโยงทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีการที่ใช้ศึกษา ซึ่งครูจะประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเพื่อตรวจสอบและชี้แนะ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2 ความเชื่อมโยงของขั้นตอนการเรียนการสอนกับลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบและการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 3 บทบาทครู และบทบาทนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นทำงานร่วมกัน : นักเรียนร่วมกันคิดออกแบบวิธีการศึกษาสำรวจเพื่อสร้างคำอธิบายหรือคำตอบของปัญหา และลงมือปฏิบัติตามวิธีการนั้น ซึ่งนักเรียนเป็นผู้รวบรวมข้อมูล โดยให้ความสำคัญกับข้อมูลและหลักฐาน เพื่อสร้างข้อสรุปที่เป็นข้อกล่าวอ้าง ทั้งนี้ครูอาจช่วยเหลือหรือชี้แนะเพื่อกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน	1) เปิดโอกาสให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาตามแนวทางของนักเรียน 2) กระตุ้นนักเรียนโดยใช้คำถามเพื่อให้เกิดกระบวนการคิด	1) แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา 2) ตั้งสมมติฐาน 3) ลงมือทำงานร่วมกัน 4) แสดงความคิดเห็นเพื่อโต้แย้งโดยใช้หลักฐานสนับสนุน
ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอผลงานและวิธีการที่ศึกษา มีการสะท้อนความคิดร่วมกันโดยใช้หลักฐานสนับสนุนอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนนำไปปรับปรุงและสรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เรียนได้	1) กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำอธิบายจากการลงมือปฏิบัติ 2) อภิปรายร่วมกับนักเรียน 3) อธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมตามหลักวิทยาศาสตร์	1) นำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ 2) สะท้อนความคิดร่วมกับนักเรียนคนอื่น โดยใช้หลักฐานสนับสนุน 3) สรุปสร้างคำอธิบายหรือความรู้
ขั้นประยุกต์ใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้แล้ว ไปใช้เพื่อสร้างคำอธิบายในสถานการณ์อื่นเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล นักเรียนมีการเชื่อมโยง ทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีการที่ใช้ศึกษา ซึ่งครูจะประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเพื่อตรวจสอบและชี้แนะ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น	1) กระตุ้นนักเรียนสร้างคำอธิบายโดยนำเสนอสถานการณ์หรือปัญหาอื่นเพิ่มเติม 2) ประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียน	1) แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล 2) ลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาคำตอบ 2) สรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของมโนทัศน์

มโนทัศน์ มาจากคำว่า Concept ในภาษาอังกฤษ ซึ่งมีการใช้ทั้งคำว่า มโนทัศน์ ความคิดรวบยอด มโนมติ มโนภาพ มโนคติ และสังกัป สำหรับการวิจัยนี้ ใช้คำว่า มโนทัศน์ นักการศึกษาได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ดังต่อไปนี้

เลคอฟ และจอห์นสัน (Lakoff & Johnson, 1980 อ้างถึงใน กัญญรัตน์ เวชชศาสตร์, 2551, หน้า 92) ได้อธิบายสรุปได้ว่า มโนทัศน์เป็นความคิดหลัก และความรู้ความเข้าใจที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง มโนทัศน์จะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของบุคคล

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525, หน้า 28-30) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ได้จากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วใช้คุณลักษณะร่วมของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันทำให้เป็นข้อสรุป

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 123) อธิบายว่า มโนทัศน์เป็นข้อความที่แสดงถึงแก่นของเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการรวบรวมลักษณะเฉพาะของเรื่องนั้น หรือเป็นการจัดลักษณะที่เหมือน ๆ กันของสิ่งของ เหตุการณ์ ประสบการณ์ หรือกระบวนการเข้าด้วยกันอย่างมีระเบียบขึ้นเป็นหน่วยของความคิด ประเภท หมวดหมู่ หรือกลุ่มคล้ายคำจำกัดความ

กล่าวโดยสรุป มโนทัศน์ หมายถึง ข้อความที่แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดจากประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วทำการจัดลำดับ เชื่อมโยง และรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุ สิ่งของ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ รอบตัวอย่างเป็นระบบ มาประมวลเข้าด้วยกันเป็นความคิดของตนเองในเรื่องนั้น ๆ แล้วสรุปเป็นความเข้าใจของตนเองได้

ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

คลอพเฟอร์ (Klopfer, 1973 อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 100) อธิบายว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความคิดสำคัญในการทำความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือการได้รับประสบการณ์ที่มีการนำมาประมวลเป็นข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์

เจคอบสัน และเบิร์กแมน (Jacobson & Bergman, 1991, p. 120) ให้ความหมายว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ สามารถพัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ซึ่งมโนทัศน์เป็นความคิดที่สำคัญของวิทยาศาสตร์

วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531, หน้า 4) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดหลักที่มนุษย์มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ซึ่งมโนทัศน์แบ่งตามการนำไปใช้ในทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การนำไปบรรยาย การพยากรณ์ และการอธิบาย

กล่าวสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดสำคัญเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล สำหรับการวิจัยครั้งนี้ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่แสดงถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่อง งาน และพลังงาน ซึ่งได้พัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และทั้งนี้ความรู้ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคน

ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

กิ๊บสัน (Gibson, 1980, p. 276) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (Concrete concepts) คือ ความคิดที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่กลุ่มของวัตถุที่สามารถสังเกตได้

2. มโนทัศน์เชิงนามธรรม (Abstract concepts) คือ ความคิดที่ไม่สามารถเชื่อมโยงไปสู่วัตถุที่สังเกตได้โดยตรง

กาเย่ (Gagne, 1970 cited in Nitko & Brookhart, 2007, pp. 209-210) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (Concrete concept) คือ กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะทางกายภาพสามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัส คล้ายคลึงกันตั้งแต่หนึ่งลักษณะหรือมากกว่า

2. มโนทัศน์เชิงคำอธิบาย (Defined concept) คือ กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะเป็นการกำหนดนิยามหรือคำจำกัดความ โดยใช้ลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งลักษณะเหล่านี้ไม่สามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัส และมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่น ๆ บางครั้งจึงเรียกว่า มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (Relation concept)

วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531, หน้า 4-5) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับการแบ่งประเภท เป็นการกำหนดคุณสมบัติร่วมของสิ่งต่าง ๆ ไว้เป็นหมวดหมู่ หรือใช้ในการบรรยายถึงสิ่งนั้นให้เข้าใจตรงกัน

2. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ย่อยที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งจะช่วยในการพยากรณ์หรือคาดการณ์ล่วงหน้าในเหตุการณ์นั้นได้

3. มโนทัศน์ทางทฤษฎี เป็นการกำหนดสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่รู้ว่าสิ่งนั้นมีจริง เพราะมีหลักฐานสนับสนุน

จากที่นำเสนอข้างต้น สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม คือ มโนทัศน์ที่สามารถสังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัสโดยตรง ซึ่งเป็นความคิดที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่กลุ่มของวัตถุที่สามารถสังเกตได้

2. มโนทัศน์เชิงนามธรรม คือ มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัส แต่มีลักษณะเป็นการกำหนดนิยามหรือคำจำกัดความ โดยใช้ลักษณะที่คล้ายคลึงกันและมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่น ๆ

กระบวนการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จอยส์ และเวล (Joyce & Weil, 1972, pp. 22-23) ได้สรุปเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ 2 ส่วน ดังนี้

1. การจำแนก (Category formation) โดยใช้การค้นคว้า การแยกแยะสิ่งต่าง ๆ เช่น การแบ่งแยกสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยใช้ลักษณะที่เหมือนกันและต่างกันเป็นเกณฑ์ในการจำแนก

2. การเกิดมโนทัศน์ (Concept attainment) โดยสามารถบอกคุณสมบัติพื้นฐานหรือสมบัติเฉพาะและยกตัวอย่างของมโนทัศน์นั้นได้

คลอสเมียร์ และซิปเปิล (Klausmeier & Sipple, 1980 cited in Crowl, Kaminsky, & Podell, 1997, p. 147) ได้เสนอกระบวนการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 สิ่งที่เป็นรูปธรรม (Concrete level) เป็นระดับที่นักเรียนจำวัตถุสิ่งต่าง ๆ ได้ และนึกถึงชื่อของสิ่งนั้น ๆ ได้ การเกิดมโนทัศน์เกี่ยวข้องกับการพิจารณาวัตถุ

ระดับที่ 2 ระบุลักษณะ (Identify level) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถจดจำสิ่งใดสิ่งหนึ่งในสภาพการณ์และเวลาที่แตกต่างกันได้ ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ระดับนี้คือ ความสามารถสรุปคล้ายคลึงและแผ่ขยายมโนทัศน์ได้

ระดับที่ 3 แบ่งประเภท (Classificatory level) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถจำแนกประเภทสิ่งที่มีลักษณะร่วมกันเข้าด้วยกัน ของตัวอย่างหรือวัตถุตั้งแต่สองชนิดหรือมากกว่า

ระดับที่ 4 จัดระเบียบ (Formal level) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถใช้มโนทัศน์อธิบายความหมาย จำแนกความแตกต่างกับมโนทัศน์อื่น ๆ

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531, หน้า 17) ได้เสนอเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เมื่อพบข้อมูลชุดใดชุดหนึ่ง หรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ต้องสามารถหามโนทัศน์ของสิ่งนั้นได้ภายใต้การใช้ 3 รูปแบบของข้อมูลหรือปรากฏการณ์ ดังนี้

1. มองให้เห็นสมบัติร่วมของข้อมูล หรือปรากฏการณ์

2. มองให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูล หรือปรากฏการณ์

3. มองให้เห็นแนวโน้มของข้อมูล หรือปรากฏการณ์

กล่าวโดยสรุป กระบวนการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เกิดจากการที่นักเรียนสร้างความคิดรวบยอด สามารถแยกแยะสิ่งต่าง ๆ โดยใช้ลักษณะที่เหมือนกันหรือต่างกันเป็นเกณฑ์ หรือระบุความสัมพันธ์ของข้อมูล และสรุปเป็นคุณสมบัติพื้นฐาน สามารถอธิบายความหมาย จำแนกความแตกต่างกับมโนทัศน์อื่น ๆ

แนวการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ครูคแชงค์ เบนเนอร์ และเมทคาล์ฟ (Cruickshank, Bainer, & Metcalf, 1995, pp. 308-312) ได้เสนอประเภทของแบบวัด 2 ประเภท เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. แบบวัดที่สร้างการตอบสนองเอง (Created Response Items) ได้แก่ แบบอัตนัยซึ่งต้องการให้นักเรียนเรียบเรียงคำตอบด้วยคำของตนเองมากกว่าการเลือกคำตอบที่เหมาะสมจากที่กำหนดให้ ซึ่งการเขียนตอบจะแสดงออกถึงระดับสติปัญญา องค์ความรู้ที่มี และมโนทัศน์ของนักเรียนได้

2. แบบวัดที่ตอบสนองจากสิ่งที่กำหนดให้ (Selected Response Items) ได้แก่ แบบจับคู่ แบบถูก-ผิด หรือแบบเลือกตอบ ในส่วนของแบบเลือกตอบจะสามารถประเมินการเรียนรู้ลงในขอบเขตเนื้อหาและระดับสติปัญญาได้กว้างกว่าเนื่องจากใช้เวลาในการทำแบบวัดน้อย และครูประเมินผลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ จึงสามารถนำมาวัดมโนทัศน์ได้

โอดัม และเคลลี่ (Odom & Kelly, 2001, pp. 619-620) ได้เสนอลำดับขั้นในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และสรุปได้ดังนี้

1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนโดยทำแบบวัดมโนทัศน์แบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกตอบ

2. สร้างแบบวัดมโนทัศน์แบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา ซึ่งอาจมี 2-4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นส่วนที่เกี่ยวกับเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1

3. นำแบบวัดมโนทัศน์ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

จากข้างต้น การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยใช้แบบปรนัย เนื่องจากสามารถประเมินการเรียนรู้ในขอบเขตเนื้อหาได้ดี ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบเหมาะสมกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และสามารถประเมินผลได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ความหมายของการให้เหตุผล

จอห์น (John, 1987, p. 66) ได้อธิบายว่าการให้เหตุผล หมายถึง ข้อความทางความคิดที่เชื่อมโยงกันระหว่างความคิดหนึ่งกับอีกความคิดหนึ่งโดยใช้หลักฐานสนับสนุน

วอลตัน (Walton, 1990, p. 403) ได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลว่า เป็นการสร้างหรือสนับสนุนข้อสันนิษฐานที่เรียกว่า หลักฐาน และกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุป จากการยืนยันในข้อสันนิษฐานเหล่านี้

สเติร์นเบอร์ก (Sternberg, 1996, p. 422) ระบุว่า การให้เหตุผลเป็นกระบวนการทางพุทธิปัญญาที่บุคคลแต่ละคนใช้ในการลงข้อสรุป จากหลักฐานที่เลือกสรรหรือหลักการต่าง ๆ

วิชัย เสวกงาม (2557, หน้า 207) อธิบายว่า การให้เหตุผลเป็นความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล และเป็นการแก้ปัญหาอย่างอิสระจากความรู้เดิมที่ได้มา การให้เหตุผลยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาองค์ความรู้ และช่วยพัฒนาความสามารถด้านอื่น

สรุปได้ว่า การให้เหตุผล หมายถึง กระบวนการหรือความสามารถในการคิดของแต่ละบุคคลที่ใช้ในการลงข้อสรุปจากข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ รวมถึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาความรู้

ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ลอว์สัน (Lawson, 2000, p. 491) อธิบายเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเป็นกระบวนการให้เหตุผลที่เป็นแนวทางในการค้นหาและการประเมินหลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานของปัญหานั้น ๆ โดยบุคคลสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา สร้างสมมติฐาน ทำการทดสอบสมมติฐานที่มีการระบุและควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการทดสอบ รวบรวมข้อมูล และประเมินผลที่ได้จากข้อมูลหลักฐาน เพื่อสร้างข้อสรุปหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ที่สมเหตุสมผล

เมเยอร์ (Mayer, 2003, p. 213) ให้ความหมายว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทดสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบโดยใช้กระบวนการคิดและอธิบายถึงเหตุผลให้เป็นที่ยอมรับ หรือเป็นการสร้างสมมติฐานเพื่อทดสอบปรากฏการณ์ เมื่อพบว่าสมมติฐานไม่สอดคล้องกับผลการทดสอบแล้วถูกปฏิเสธ จะก่อให้เกิดการสร้างสมมติฐานใหม่และทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีการใหม่

ลี และชี (Lee & She, 2009, p. 479) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึงกระบวนการในการสร้างข้อสรุปจากหลักการ และหลักฐานนั้นไปสู่ข้อสรุปใหม่

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542, หน้า 71) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการที่จะได้แนวคิดที่เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ ซึ่งการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการรู้ หรือเป็นการสรุปความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้โดยใช้เหตุและผล

สรุปได้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการได้มาซึ่งแนวคิดหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น โดยใช้การศึกษาสำรวจและทดลองเพื่อตรวจสอบจนได้หลักฐานเชิงประจักษ์ และเกิดเป็นข้อสรุปที่เป็นแนวคิดหรือคำอธิบาย

ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีนักการศึกษาแบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้แตกต่างดังนี้

ลอว์สัน (Lawson, 1995, pp. 436-445 อ้างถึงใน จันทร์พร พรหมมาศ, 2541, หน้า 52) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 6 แบบดังนี้

1. การให้เหตุผลในเชิงของการอนุรักษ์ (Conservatory Reasoning) เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ในการรับรู้หรือทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติการคงตัวของวัตถุ หรือสสารว่าปริมาณหรือจำนวนของวัตถุหรือสสารจะคงที่ แม้ว่าวัตถุหรือสสารมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือจำนวนของวัตถุนั้น

2. การให้เหตุผลในเชิงของสัดส่วน (Proportional Reasoning) เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ในการพิจารณา และตีความหมายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสถานที่หนึ่ง ๆ โดยแสดงในรูปของตัวแปรที่สังเกตได้ หรือตัวแปรเชิงทฤษฎี

3. การให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร (Hypothetical-deductive Reasoning) เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ในการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดในการทดสอบสมมติฐาน และออกแบบการทดลองเพื่อวางแผนควบคุมตัวแปรตัวอื่นทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง ยกเว้นตัวแปรเพียงตัวเดียวที่ต้องการศึกษา

4. การให้เหตุผลในเชิงของความเป็นไปได้ (Probabilistic Reasoning) เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้พิจารณาโอกาสที่เป็นไปได้ของการเกิดเหตุการณ์หนึ่ง ๆ

5. การให้เหตุผลในเชิงของภาพรวม (Combinatorial Reasoning) เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ เพื่อพิจารณาอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดภายใต้เงื่อนไขของการทดลองหรือเงื่อนไขเชิงทฤษฎี

6. การให้เหตุผลในเชิงของความสัมพันธ์ (Correlational Reasoning) เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ในการพิจารณาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ในเหตุการณ์ที่กำลังศึกษา

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542, หน้า 71-76) ได้จำแนกประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 3 แบบคือ

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงจากความรู้ทั่วไปสู่เรื่องที่เฉพาะเจาะจง โดยใช้หลักการทางตรรกะ นั่นคือ การใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ เพื่ออธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุป คำอธิบายหรือข้อสรุปที่ได้รับคือความรู้ใหม่

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดที่เชื่อมโยงหาข้อสรุป จากความจริงที่รวบรวมได้จากการสังเกตโดยตรง นั่นคือ การสรุปอ้างอิงจากเหตุการณ์เฉพาะหน่วยเพื่อให้ได้หลักการทั่วไป ซึ่งเป็นกระบวนการที่ตรงข้ามกับการให้เหตุผลเชิงนิรนัย

3. การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย (Inductive-deductive method) เป็นกระบวนการคิดเพื่อหาข้อสรุป ที่เริ่มจากการสังเกตแล้วสรุปความรู้ที่ได้ โดยการคิดหรือให้เหตุผลเชิงอุปนัยแล้วตั้งสมมติฐานตามข้อสรุปที่อุปนัยได้ แล้วทำการทดสอบสมมติฐานโดยการรวบรวมข้อมูลเพื่อเติมเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้จะสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่ ข้อมูลที่รวบรวมไว้เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานคือ การให้เหตุผลเชิงนิรนัย

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการให้เหตุผลในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ การให้เหตุผลในเชิงของการอนุรักษ์ การให้เหตุผลในเชิงของสัดส่วน การให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลในเชิงของความเป็นไปได้ การให้เหตุผลในเชิงของภาพรวม และการให้เหตุผลในเชิงของความสัมพันธ์

พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

ความหมายของพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

สำหรับพฤติกรรมการเรียน มีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

ไวน์สเตน และเมเยอร์ (Weinstein & Mayer, 1986, p. 315) อธิบายว่า พฤติกรรมการเรียน เป็นพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีกระบวนการศึกษาหาความรู้อย่างไร เช่น การสรุปประเด็นสำคัญของสิ่งที่เรียน หรือการแสวงหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อทำให้สิ่งที่เรียนกระจ่างขึ้น

มาร์ติน และแพร์ (Martin & Pear, 1992, p. 3) ให้ความหมายว่า พฤติกรรมการเรียนเป็นการกระทำกิจกรรม การแสดงออก การปฏิบัติ และการตอบสนอง ที่นักเรียนแสดงด้วยคำพูดหรือการกระทำ

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2534, หน้า 30) กล่าวว่า พฤติกรรมการเรียนเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยไม่ใช่ผลจากการตอบสนองตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญ แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงในด้านความรู้ ความรู้สึกและทักษะ

จากข้างต้น นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเรียน เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงด้านความรู้ ความรู้สึก และทักษะโดยผ่านกระบวนการเรียนรู้

สำหรับพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ได้มีผู้ให้ความหมายไว้ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

แครนส์ตันและบาร์คเลย์ (Cranston & Barcley, 1985, p. 136) ให้ความหมายของพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า เป็นวิธีการเรียนรู้ที่มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าขณะนั้นของนักเรียน

ธีรยุทธ์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา (2525 อ้างถึงใน ประวีณ สุทธิสง่า, 2540, หน้า 47) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า เป็นการกระทำหรือกิจกรรมที่นักเรียนแสดงออกเพื่อมุ่งพัฒนานักเรียนในด้านความรู้ เจตคติ และทักษะ ตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดในการเรียนวิทยาศาสตร์

โสภา ชูพิกุลชัย (2529, หน้า 111) ได้ให้ความหมายว่า พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์หมายถึง การตอบสนองหรือปฏิกิริยาที่นักเรียนมีต่อประสบการณ์ สิ่งแวดล้อม ในขณะที่นักเรียนกำลังเรียนรู้ ดังนั้น พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์จึงขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของนักเรียนเป็นสำคัญ

สรุปได้ว่า พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ จึงเป็นการแสดงออกหรือการปฏิบัติของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยประสบการณ์ของนักเรียนมีผลต่อการแสดงพฤติกรรมเหล่านี้

การสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

ปารัคห์ (Parakh, 1971, p. 171) ได้กล่าวถึงการสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน สรุปได้ 3 ประการ ดังนี้

1. พฤติกรรมและบุคลิกของครู ซึ่งรวมถึงวิธีการสอน การใช้สื่อการสอน เป็นต้น

2. ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในห้องเรียนระหว่างครูและนักเรียน การมีกิจกรรมร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน ในแง่ของการปฏิบัติการและในแง่ของจิตวิทยา

3. สถานภาพของห้องเรียน ซึ่งหมายถึง ขนาด ลักษณะ ความแตกต่างทางระดับคะแนนระดับสติปัญญาของนักเรียนในชั้นเรียน

สุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2535, หน้า 490-500 อ้างถึงใน จันทร์พร พรหมมาศ, 2541, หน้า 56-57) ได้อธิบายเกี่ยวกับการสังเกตพฤติกรรมการเรียน สรุปได้ดังนี้

1. การสังเกตโดยตรง เป็นการสังเกตที่ตัวบุคคลหรือนักเรียนว่ามีพฤติกรรมและคุณสมบัติเป็นอย่างไร รวมถึงการสังเกตผลงานที่นักเรียนได้ทำออกมา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1.1 การสังเกตตัวบุคคล สังเกตลักษณะของพฤติกรรมว่านักเรียนมีหรือไม่มี ทำหรือไม่ทำพฤติกรรมที่กำหนดไว้ หรือสังเกตปริมาณมากน้อยของพฤติกรรมนักเรียน

1.2 การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยละเอียด สังเกตรายละเอียดของพฤติกรรมที่แสดงออก โดยยังไม่ประเมินว่าพฤติกรรมนั้นดีหรือไม่ดี

2. การสังเกตผลงาน เป็นการสังเกตผลผลิตที่นักเรียนทำออกมา ซึ่งอาจประเมินคุณภาพของงานเพียงอย่างเดียวโดยสังเกตคุณภาพ หรือประเมินคุณภาพของงานเพียงอย่างเดียวโดยนับจำนวนงาน หรือประเมินทั้งปริมาณและคุณภาพประกอบกัน

จากการนำเสนอเกี่ยวกับการสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ครูอาจเลือกใช้วิธีการสังเกตได้หลากหลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการสังเกต และพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนที่แสดงออกจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบ

งานวิจัยในประเทศ

วรัญตี การะเกตุ (2555, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารและสมบัติของสาร ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นวางแผนการปฏิบัติ ขั้นปฏิบัติการ ขั้นสังเกตการณ์ และ ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ผลการวิจัยพบว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ นักเรียนร้อยละ 56.82 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์รองลงมาร้อยละ 30.68 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 7.72 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 3.86 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ และร้อยละ 1.36 จะไม่ตอบคำถาม

เกษศิรินทร์ เซ็นบัว (2556, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ประกอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ประกอบ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศักดิ์สิทธิ์ เหมแก้ว (2558, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง มีคะแนนหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง มีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลหลังทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการอื่นในหลักสูตรเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศศิวิมล สนิทบุญ (2559, บทคัดย่อ) ทำศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ที่มีต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

งานวิจัยต่างประเทศ

บากัส (Bagus, 2019, p. 689) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการพัฒนาการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่มีต่อทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 76 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 38 คน ที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่ ประกอบด้วย ขั้นสืบสอบแบบมีโครงสร้าง (Structured inquiry) ขั้นสืบสอบแบบมีการชี้นำ (Guided inquiry) และขั้นสืบสอบอย่างอิสระ (Free inquiry) ส่วนกลุ่มควบคุม 38 คน ที่เรียนแบบสืบสอบทั่วไป ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 3 ขั้น มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 3 ขั้น ช่วยพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในด้านการวิเคราะห์ การประเมินผล และความคิดสร้างสรรค์

ลอร์เล (Lorelei, 2019, Abstract) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่เสริมด้วยการโต้แย้งเพื่อพัฒนาความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบที่เสริมด้วยการโต้แย้ง ช่วยพัฒนาการใช้หลักฐานสนับสนุนการโต้แย้ง แนวทางหรือวิธีการในการค้นหาหลักฐานสนับสนุน และ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่ดี

คาร์โมน่า (Carmona, 2020, p. 443) ได้ศึกษาผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบที่มีต่อทักษะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้ผลสรุปว่าการเรียนการสอนแบบสืบสอบส่งเสริมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานสนับสนุน การวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาแนวทางหรือวิธีการค้นหาคำตอบ การมองปัญหาในภาพรวม และ การสะท้อนความคิดและให้ข้อเสนอแนะ

ซิงห์ และกอชิก (Singh & Kaushik, 2020, p. 867) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบในวิชาเคมี โดยมีกลุ่มทดลองที่เรียนตามแนวสืบสอบและกลุ่มควบคุมที่เรียนแบบปกติ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนตามแนวสืบสอบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบสรุปได้ว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผล และการสะท้อนความคิด

งานวิจัยเกี่ยวกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

สันติชัย อนุวรชัย (2553, บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง และ เปรียบเทียบความมีเหตุผลระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ผลการศึกษาพบได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ นักเรียนกลุ่มทดลองมีความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนทดลอง และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 4 ครั้ง จากการสังเกตจำนวน 5 ครั้ง

ภคพร อิสระ (2557, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยสรุปว่า 1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประภา สมสุข กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ ณสวรรค์ ผลโภค และมนัส บุญประกอบ (2558, หน้า 170) ได้ทำการศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งผลการวิจัยสรุป

ได้ว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เอกภูมิ จันทรขันตี (2559, หน้า 217) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมทักษะการโต้แย้งในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่า แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการโต้แย้งในวิชาวิทยาศาสตร์ ควรเริ่มจากการสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ เพื่อทำให้เกิดประเด็นการโต้แย้ง จากนั้นจึงใช้คำถามกระตุ้นความคิดเชิงเหตุผลของนักเรียน เพื่อนำไปสู่การรวบรวมและเชื่อมโยงหลักฐาน จากสถานการณ์การเรียนรู้เข้ากับข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนได้สร้างขึ้น สำหรับนำไปใช้โต้แย้งกับข้อกล่าวอ้างของนักเรียนกลุ่มอื่นที่มีความคิดเห็นแตกต่างไป จนนำไปสู่การลงข้อสรุปที่ถูกต้อง และเป็นที่ยอมรับร่วมกันของนักเรียนทั้งสองฝ่ายต่อประเด็นการโต้แย้งที่เกิดขึ้น

พรพิมล คงเจริญสุข จันทร์พร พรหมมาศ และสมศิริ สิงห์ลพ (2562, หน้า 62) ได้ทำการศึกษาผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลวิจัยสรุปได้ว่า 1) ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ ผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนที่เรียน ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงขึ้นจากระดับปานกลางไปสู่ระดับสูง

งานวิจัยต่างประเทศ

แซมสัน และคลาร์ค (Sampson & Clark, 2009, p. 448) ทำการศึกษาผลของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการทำงานกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพข้อโต้แย้งของนักเรียนที่สร้างจากการทำงานกลุ่มไม่แตกต่างกับคุณภาพข้อโต้แย้งของนักเรียนที่สร้างจากรายบุคคล และนักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งจากการทำงานกลุ่มมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาและการถ่ายทอดความรู้มากกว่านักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งรายบุคคล

อีฟริม (Evrim, 2020, p. 2) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งสรุปผลได้ว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอน

วิทยาศาสตร์แบบโต้แย้ง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้น พบว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มโนทัศน์ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผล และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น

งานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

สุทธินี เพชรทองคำ (2556, บทคัดย่อ) ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปราญชลี นนทะวัน (2558, บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์และทักษะการทดลอง เรื่องสารชีวโมเลกุล โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบมีคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเรียงลำดับมโนทัศน์ที่ถูกต้องสมบูรณ์รายเนื้อหาจากคะแนนมากไปหาน้อยได้แก่ กรดนิวคลีอิก คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และลิพิด ตามลำดับ ในเรื่อง ลิพิด นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 18.75 เพราะนักเรียนขาดความสามารถในการเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนมโนทัศน์กับความมั่นใจในการตอบคำถามมีความสัมพันธ์เชิงบวกอยู่ในระดับสูง ส่วนผลการทดลองด้านทักษะการทดลอง พบว่า ร้อยละของคะแนนทักษะการปฏิบัติการทดลองมากที่สุดและร้อยละของคะแนนทักษะการบันทึกผลการทดลองน้อยที่สุด และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น อยู่ในระดับมาก

ประภัสสร สาระธนะ (2559, บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาเคมี เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดาบรรพ์และผลิตภัณฑ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นเกิดความขัดแย้งทางปัญญา ขั้นแสวงหาคำตอบ ขั้นตรวจสอบความเข้าใจ และ ขั้นใช้ความรู้ที่เรียนมา ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และมโนทัศน์

ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจตคติต่อวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

เนียซ (Niaz, 2002, p. 505) ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ผ่านการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างอะตอม ซึ่งได้ผลว่า กลุ่มทดลองมีมโนทัศน์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นผลมาจากการที่กลุ่มทดลองได้มีโอกาสในการโต้แย้งและอภิปราย ทำให้เกิดความเข้าใจในมโนทัศน์นอกเหนือไปจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และยังช่วยปรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยการพิสูจน์และการคิดพิจารณาภายในกลุ่ม

เคปนี ซาฮิน และอีเปค (Cepni, Sahin, & Ipek, 2010, p. 2) ได้ศึกษามโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ร่วมกับเทคนิคทำนายสังเกตอธิบาย และการเปลี่ยนกรอบมโนทัศน์ โดยกลุ่มทดลองได้รับการเรียนรู้แบบ 5E ร่วมกับหลายเทคนิค และกลุ่มควบคุมใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E พบว่า กลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่ถูกต้องหลังได้รับการสอนด้วยรูปแบบดังกล่าว สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่เกิดความคลาดเคลื่อนมากไปสู่มโนทัศน์ที่เกิดความคลาดเคลื่อนน้อย และเกิดเป็นมโนทัศน์ที่สมบูรณ์มากขึ้น

งานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

จุฑามาศ นุชิต และนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2554, หน้า 124) ได้ศึกษาผลของปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์สืบสอบแบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสะท้อนของแสงและการเกิดภาพในกระจกเงาระนาบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์สืบสอบแบบเปิด สนับสนุนให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น แต่ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งอาจเนื่องมาจากในกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนยังไม่ถูกเน้นให้นักเรียนแต่ละคน ได้มีโอกาสสร้างคำอธิบายของตนเองอย่างเพื่อให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อผลปฏิบัติ การทดลองที่ได้จากการดำเนินงานตามวิถีคิดของกลุ่มตนเองอย่างเป็นแบบแผน และผู้สอนไม่ได้เน้นให้เกิดกระบวนการสะท้อนผลต่อคำอธิบายเชิงความเป็นเหตุเป็นผลของนักเรียนอย่างทั่วถึงในทุกมโนมติที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

ณัฐมน สุชัยรัตน์ (2558, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการถ่ายโยงการเรียนรู้อย่างชัดเจน โดยนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ดีขึ้นจากก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน นักเรียนสามารถให้เหตุผลและนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้มากขึ้น

ศรัณย์ อัมระนันท์ กิตติมา พันธ์พฤกษา ภัทรภร ชัยประเสริฐ และธนาวุฒิ ลาตวงษ์ (2558, หน้า 56) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุทธิชาติ เปรมกมล (2558, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งได้ผลสรุปว่า 1) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 18.55 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก 2) นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนที่เรียนโดยใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผล สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทศพล สุวรรณพุฒ (2562, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ผลการวิจัยพบว่า 1) ครูควรนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่มีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันและเนื้อหาในบทเรียน 2) ครูควรสนับสนุนการแสดงถึงข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การให้เหตุผลและข้อสรุปของนักเรียนในการโต้แย้ง 3) ครูควรปรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนโดยเชื่อมโยงการโต้แย้งเข้ากับเนื้อหา และ 4) ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงของข้อมูลในการเขียนรายงาน หรือการประเมินชิ้นงานได้ สำหรับผลการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนสามารถแสดงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ร้อยละ 73.44 โดยมีองค์ประกอบสำคัญ คือ การให้เหตุผลแบบสมมตินัยได้สูงสุดร้อยละ 85.23 รองลงมา คือ การให้เหตุผลแบบอธิบายได้ร้อยละ 84.09 รองลงมา คือ การให้เหตุผลแบบอุปนัยได้เป็นร้อยละ 64.77 และการให้เหตุผลแบบนิรนัยได้เป็นร้อยละ 60.23 ตามลำดับ

งานวิจัยต่างประเทศ

เจนเซ็น (Jensen, 2008, Abstract) ได้ศึกษาผลของการเรียนรู้แบบร่วมกันและการเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา โดยแบ่งนักเรียนเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่มีสมาชิกที่มีลักษณะแตกต่างกันโดยใช้การสอนแบบสืบสอบ 2) กลุ่มที่มีสมาชิกที่มีลักษณะเหมือนกันโดยใช้การสอนแบบสืบสอบ 3) กลุ่มที่มีสมาชิกมีลักษณะแตกต่างกันโดยการสอนแบบไม่สืบสอบ และ 4) กลุ่มที่มีสมาชิกที่มีลักษณะเหมือนกันโดยใช้การสอนแบบไม่สืบสอบ โดยศึกษาระดับการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจบการเรียนการสอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มาตรฐาน (The California Achievement Test) แบบทดสอบความเข้าใจทักษะพื้นฐาน (The Comprehensive Test of Basic Skills) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ (The Science Subject Achievement Test) แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (The Classroom Test of Scientific Reasoning) และแบบทดสอบวิชาชีววิทยา (The NABT/NSTA Biology Exam) ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่มีสมาชิกที่มีลักษณะแตกต่างกันโดยใช้การสอนแบบไม่สืบสอบ มีคะแนนเฉลี่ยของการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่มีสมาชิกเหมือนกัน และนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบ มีการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบไม่สืบสอบ แสดงให้เห็นว่าการสอนแบบสืบสอบ ให้ผลดีกว่าการสอนแบบ

ไม่สืบสอบในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล ทั้งนี้ นักเรียนที่มีความสามารถต่ำ จะมีการให้เหตุผลสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีสมาชิกลักษณะเหมือนกัน และการสอนแบบสืบสอบทำให้นักเรียนมีความมั่นใจในตัวเองมากขึ้นในการให้เหตุผลและมีเจตคติทางบวกต่อการเรียนรู้ร่วมกัน

เชน และชี (Chen & She, 2015, p. 2) ได้ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบที่มีต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนเฉลี่ยการให้เหตุผลมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้กลุ่มทดลองยังมีการแสดงออกของทักษะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งสมมติฐาน การทดสอบสมมติฐาน การอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานสนับสนุน และการให้เหตุผลในระดับที่สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลสูงขึ้นและส่งเสริมนักเรียนให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งสมมติฐาน การทดสอบสมมติฐาน และการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานสนับสนุน

งานวิจัยเกี่ยวกับการสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

จันทร์พร พรหมมาศ (2541, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิผลและพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมที่ส่งเสริมการเรียนวิทยาศาสตร์ในขั้นการสร้างมโนทัศน์ อยู่ในระดับที่ดีกว่าในขั้นการศึกษาสำรวจ และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ ในทุกระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง มีพฤติกรรมที่ส่งเสริมการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ดีกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ปานกลาง และต่ำในทุกขั้นตอนการเรียนการสอน

อนุวัตร สุธรรม (2548, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการปรับปรุงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1) ผลการปรับปรุงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มี 3 ทักษะ คือ

1.1) ทักษะการสังเกต จำนวน 3 ครั้ง พบว่านักเรียนจำนวน 9 คน ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีผลสะท้อนในเชิงบวก 8 คน และเชิงลบ 1 คน 1.2) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล จำนวน 3 ครั้ง พบว่านักเรียนจำนวน 9 คน ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีผลสะท้อนในเชิงบวก 8 คน และ เชิงลบ 1 คน และ 1.3) ทักษะการจำแนก จำนวน 3 ครั้ง พบว่า นักเรียนจำนวน 9 คน ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีผลสะท้อนในเชิงบวก 8 คน และเชิงลบ 1 คน และ 2) ผลการประเมินผลลัพธ์จากการปฏิบัติการปรับปรุงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้ง 3 ทักษะ คือ การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล และการจำแนกประเภท โดยการเปรียบเทียบผลการปฏิบัติการก่อนหลัง พบว่า นักเรียนทั้ง 9 คน ที่เคยมีปัญหาการเรียนวิทยาศาสตร์มีผลการประเมินหลังการปรับปรุงผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทั้ง 9 คน

ทิพย์รัตน์ มังกรทอง (2558, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้วิชาชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมการเรียนรู้วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพฤติกรรมการเรียนรู้วิชาชีววิทยาหลังเรียนอยู่ในเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป

งานวิจัยต่างประเทศ

ฟลอรี่ และแอทเวล (Flory & Atwelll, 2006, p. 50) ได้ศึกษาการประเมินผลการใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบของนักเรียนและครูที่แสดงพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งได้ผลการวิจัยว่า พฤติกรรมของนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบ มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่มากกว่าการสอนแบบดั้งเดิม และการใช้คำถามของครูสามารถส่งเสริมให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ส่วนข้อค้นพบเกี่ยวกับครูคือ กิจกรรมการเรียนที่สร้างความสนใจแก่นักเรียน ควรจัดให้อยู่ในช่วงกลางหรือช่วงท้ายของภาคเรียน เนื่องจากเมื่อดำเนินการเรียนการสอนในช่วงต้นภาคเรียน ความสนใจของนักเรียนจะค่อย ๆ ลดลง ทำให้ครูจึงต้องจัดกิจกรรมในช่วงกลางภาคเรียนเพื่อกระตุ้นพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน

ฮาน และฮุสเซน (Khan & Hussain, 2011, p. 955) ได้ทำการศึกษาผลการเรียนการสอนแบบสืบสอบในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ผลการวิจัยสรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

และนักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกแตกต่างจากกลุ่มควบคุม คือ การตั้งสมมติฐาน การวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ และการอธิบายเหตุผลโดยใช้หลักฐานสนับสนุน

เดเมท (Demet, 2014, p. 1601) ได้ศึกษาพฤติกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ ซึ่งกลุ่มทดลองได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบ และกลุ่มควบคุมได้รับการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม ผลการวิจัยสรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตามคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุม และการติดตามสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองพบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมในเชิงบวกที่ได้รับการยอมรับอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การเรียนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบส่งเสริมให้นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้และมีการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสอนแบบสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ และส่งเสริมให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ในเชิงบวกมากขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. วิธีดำเนินการทดลอง
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 18 จังหวัดชลบุรี จำนวน 10 โรงเรียน

2. กลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) ดังนี้

2.1 สุ่มโดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม ได้โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม จังหวัดชลบุรี

2.2 สุ่มโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม จากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งมีทั้งหมด 8 ห้องเรียน ได้ห้อง 2/3 ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 40 คน

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) โดยมีแบบแผนการวิจัยแบบ One group pretest - posttest design (Creswell, 2012, p. 310) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิจัยกึ่งทดลองแบบ One group pretest - posttest design

กลุ่มตัวอย่าง	สอบก่อนเรียน	ทดลอง	สอบหลังเรียน
G	O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

G แทน กลุ่มทดลอง

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

X แทน การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและการรวบรวมข้อมูล 4 ชนิด ได้แก่ แผนการเรียนการสอน แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แผนการเรียนการสอน

แผนการเรียนการสอนที่ใช้ในการทดลอง มีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาสาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และวิเคราะห์เนื้อหาเรื่อง งานและพลังงาน และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1.2 สร้างแผนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 แผน รวม 15 คาบ ซึ่งแผนการเรียนการสอน มีองค์ประกอบ คือ

- มาตรฐานการเรียนรู้
- ผลการเรียนรู้
- สาระสำคัญ
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- สาระการเรียนรู้
- กิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งมี 3 ขั้นตอน ที่จัดเรียงตามลำดับต่อเนื่องดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำงานร่วมกัน เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันคิด ออกแบบวิธีการศึกษาสำรวจเพื่อสร้างคำอธิบายหรือคำตอบของปัญหา และลงมือปฏิบัติตามวิธีการนั้น ซึ่งนักเรียนเป็นผู้รวบรวมข้อมูล โดยให้ความสำคัญกับข้อมูลและหลักฐานเพื่อสร้างข้อสรุปที่เป็นข้อกล่าวอ้าง ทั้งนี้ครูอาจช่วยเหลือหรือชี้แนะเพื่อกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน

ขั้นที่ 2 แลกเปลี่ยนความคิด เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอผลงานและวิธีการที่ศึกษา มีการสะท้อนความคิดร่วมกันโดยใช้หลักฐานสนับสนุนอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนนำไปปรับปรุงและสรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เรียนได้

ขั้นที่ 3 ประยุกต์ใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้แล้ว ไปใช้เพื่อสร้างคำอธิบายในสถานการณ์อื่นเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล นักเรียนมีการเชื่อมโยง ทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีการที่ใช้ศึกษา ซึ่งครูจะประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเพื่อตรวจสอบและชี้แนะ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

- สื่อ/แหล่งการเรียนรู้
- การวัดผลและประเมินผล

1.3 นำแผนการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และความสอดคล้องของทุกองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบและการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขในประเด็นที่อาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะ คือ การปรับกิจกรรมให้สอดคล้องกับขั้นตอนการเรียนการสอน และการใช้ภาษาให้มีความชัดเจนและเหมาะสำหรับนักเรียนมากยิ่งขึ้น

1.4 ทดลองใช้ (try out) แผนการเรียนการสอนครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน ทั้งหมด 3 คาบ ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนมากมีความพึงพอใจในการทำกิจกรรมตามขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น แต่ช่วงแรกอาจเพราะนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการแสดงความคิดเห็นโดยใช้หลักฐานและการให้เหตุผล ผู้วิจัยจึงต้องคอยกระตุ้นเพื่อถามหาเหตุผลของนักเรียน จึงทำให้ใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานเกินไป นอกจากนี้คำถามที่ครูใช้เพื่อกระตุ้นการคิดของนักเรียนยังไม่ชัดเจน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับแก้ไขแล้ว

1.5 ตรวจสอบคุณภาพของแผนการเรียนการสอน โดยการพิจารณาความตรงตามเนื้อหา (Content validity) ของผู้เชี่ยวชาญที่ประกอบด้วย ด้านหลักสูตรและการสอน

ด้านการสอนวิทยาศาสตร์และด้านการวัดผลและประเมินผล จำนวน 5 คน (รายชื่อดังภาพผนวก ก) แล้วนำผลมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งมีเกณฑ์พิจารณา ดังนี้

เห็นว่าสอดคล้อง	ให้คะแนน	1
ไม่แน่ใจ	ให้คะแนน	0
เห็นว่าไม่สอดคล้อง	ให้คะแนน	-1

หากค่าเฉลี่ยเป็นรายข้อมีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่ามีความสอดคล้อง ไม่ต้องปรับแก้ไข แต่หากข้อใดมีค่า IOC น้อยกว่า 0.5 ถือว่าไม่สอดคล้อง ต้องปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

จากการคำนวณ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีค่า 0.8 ซึ่งแสดงว่าแผนการเรียนการสอนมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด สามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้มีการปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญในประเด็นเกี่ยวกับความชัดเจนในการเขียนสาระการเรียนรู้บางแผน และการเพิ่มตัวอย่างการคำนวณ

1.6 ทดลองใช้ (try out) แผนการเรียนการสอนครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและไม่ใช่กลุ่มที่ทดลองใช้ครั้งที่ 1 จำนวน 40 คน เนื่องจากช่วงเวลาที่ผู้วิจัยได้รับอนุญาตให้ทำการทดลองใช้ครั้งที่ 2 นั้น อยู่ในช่วงของสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) ในจังหวัดชลบุรี ผู้วิจัยจึงได้ปรึกษาหัวหน้ากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ชั้นดังกล่าว เพื่อทำความเข้าใจและรับทราบแนวปฏิบัติของโรงเรียน พร้อมทั้งปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดตามมาตรการป้องกันวิกฤติการณ์จากโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) ของคณะกรรมการโรคติดต่อจังหวัดชลบุรี เกี่ยวกับการให้เว้นระยะห่างทางสังคม (social distancing) และการห้ามมิให้โรงเรียนใช้อาคารสถานที่ทำการ โดยให้มีการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์เท่านั้น ดังนั้นในทดลองใช้ครั้งที่ 2 ผู้วิจัยจึงจัดการเรียนการสอนออนไลน์ ผ่านโปรแกรม Google meet ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ครูและนักเรียนใช้ในการเรียนการสอนอยู่แล้ว จำนวน 3 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง ซึ่งผลการเรียนการสอนออนไลน์ครั้งนี้ พบว่า ในช่วงคาบแรก นักเรียนยังแลกเปลี่ยนความคิดกับสมาชิกในกลุ่มไม่มากนัก ผู้วิจัยต้องใช้คำถามเพื่อท้าทายความคิดและกระตุ้นนักเรียนให้แสดงเหตุผล ซึ่งปรากฏในคาบต่อมาว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการให้เหตุผล และร่วมกันคิดและทำงานในกลุ่มมากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยนำประเด็นนี้ไปพิจารณาเพื่อเตรียมตัวและปรับคำถามให้กระชับและชัดเจนก่อนการใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยเป็นข้อสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก ตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาจากสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน ซึ่งพบว่าเนื้อหาเรื่องนี้มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

- การเกิดงาน
- งานในสถานการณ์ต่าง ๆ
- การคำนวณหางาน
- การเกิดกำลัง
- การคำนวณหากำลัง
- หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย
- เครื่องกลอย่างง่ายในชีวิตประจำวัน
- การเกิดพลังงานศักย์โน้มถ่วง
- การเกิดพลังงานจลน์
- การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์
- กฎการอนุรักษ์พลังงาน

2.2 สร้างตารางวิเคราะห์โครงสร้างข้อสอบจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน โดยวัดในด้านความรู้ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ รวมทั้งหมด 60 ข้อ รายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์โครงสร้างของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

สาระการเรียนรู้/ มโนทัศน์	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อคำถาม		
		ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้
1. การเกิดงาน	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายเกี่ยวกับงานได้	2	2	-
2. งานในสถานการณ์ต่าง ๆ	2. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกิดงานได้อย่างถูกต้อง	-	2	2
3. การคำนวณหางาน	3. นักเรียนสามารถคำนวณหางานในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้	-	-	2
4. การเกิดกำลัง	4. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายเกี่ยวกับกำลังได้	2	2	2
5. การคำนวณหากำลัง	5. นักเรียนสามารถคำนวณหากำลังในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้	2	-	2
6. หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย	6. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายได้	2	2	2
7. เครื่องกลอย่างง่ายในชีวิตประจำวัน	7. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายในชีวิตประจำวันได้	2	-	2
8. การเกิดพลังงานศักย์โน้มถ่วง	8. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้	2	2	-
	9. นักเรียนสามารถอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้	2	2	2

ตารางที่ 5 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้/ มโนทัศน์	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อคำถาม		
		ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้
9. การเกิดพลังงานจลน์	10. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของพลังงานจลน์ได้	2	2	-
	11. นักเรียนสามารถอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์ได้	2	2	2
10. การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์	12. นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ได้	2	2	2
11. กฎการอนุรักษ์พลังงาน	13. นักเรียนสามารถอธิบายการถ่ายโอนพลังงาน โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานได้	-	2	2
	รวม	20	20	20

2.3 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

2.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาในเรื่องความสอดคล้องข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2.5 ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ โดยการพิจารณาความตรงตามเนื้อหา (Content validity) ของผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดผลและประเมินผล จำนวน 5 คน (รายชื่อดังภาพผนวก ก) แล้วนำผลมาคำนวณหา

ค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งมีเกณฑ์พิจารณา ดังนี้

เห็นว่าสอดคล้อง	ให้คะแนน	1
ไม่แน่ใจ	ให้คะแนน	0
เห็นว่าไม่สอดคล้อง	ให้คะแนน	-1

หากค่าเฉลี่ยเป็นรายข้อมีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่ามีความสอดคล้อง ไม่ต้องปรับแก้ไข แต่หากข้อใดมีค่า IOC น้อยกว่า 0.5 ถือว่าไม่สอดคล้อง ต้องปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

จากการคำนวณ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ มีค่า 0.8 ซึ่งผู้วิจัยจึงใช้ข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตามเกณฑ์ 0.5-1.0 (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559, หน้า 108) ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขข้อสอบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในเรื่องการปรับภาษาให้กระชับชัดเจน และปรับตัวเลือกบางข้อให้สอดคล้องกับข้อคำถาม

2.6 ทดลองใช้ (try out) แบบทดสอบดังกล่าวกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคมจำนวน 40 คน เพื่อวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 50% กลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ พบว่า แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22-0.70 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.60 (ดังแสดงในภาคผนวก ค) ซึ่งถือว่านำไปใช้ได้ตามเกณฑ์ค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

2.7 คำนวณหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยคำนวณจากสูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson พบว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80 ซึ่งถือว่านำไปใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่าง

3. แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

สำหรับแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และแนวทางการวัดและประเมินผลการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากตำรา และเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ

3.2 ศึกษาหลักการและลักษณะของแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Classroom Test of Scientific Reasoning -CTSR) ของลอว์สัน (Anton E. Lawson, 1995) และแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของจันทร์พร พรหมมาศ (2541, หน้า 166-169)

ซึ่งผู้วิจัยนำมาปรับรายละเอียดข้อคำถาม เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบบทดสอบมีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบที่มีการตอบ 2 ขั้นตอน ข้อสอบแต่ละข้อจะถามเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั่วไปซึ่งกำหนดสัดส่วนจำนวนข้อสอบการให้เหตุผลด้านละ 2 ข้อ รวมทั้งฉบับ 12 ข้อ ในแต่ละข้อจะเสนอสถานการณ์ปัญหา ซึ่งอาจมีรูปภาพหรือคำอธิบายประกอบรูปภาพเพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่นำไปสู่คำถาม นักเรียนจะต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องและเลือกเหตุผลในการเลือกคำตอบนั้น สำหรับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่วัดในแบบทดสอบนี้ ประกอบด้วย 6 ด้าน ดังนี้

- การให้เหตุผลในเชิงของการอนุรักษ์ (Conservatory Reasoning) ซึ่งเป็นความสามารถที่นักเรียนใช้ในการรับรู้หรือทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติการคงตัวของวัตถุหรือสสาร ว่าปริมาณหรือจำนวนของวัตถุหรือสสารจะคงที่ แม้ว่าวัตถุหรือสสารมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือจำนวนของวัตถุนั้น

- การให้เหตุผลในเชิงของสัดส่วน (Proportional Reasoning) ซึ่งเป็นความสามารถที่นักเรียนใช้พิจารณาและตีความหมายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสถานที่หนึ่ง ๆ โดยแสดงในรูปของตัวแปรที่สังเกตได้ หรือตัวแปรเชิงทฤษฎี

- การให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร (Hypothetical-deductive Reasoning) ซึ่งเป็นความสามารถที่นักเรียนใช้พิจารณาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดในการทดสอบสมมติฐาน และออกแบบการศึกษาสำรวจหรือทดลองเพื่อวางแผนควบคุมตัวแปรตัวอื่นทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง ยกเว้นตัวแปรเพียงตัวเดียวที่ต้องการศึกษา

- การให้เหตุผลในเชิงของความเป็นไปได้ (Probabilistic Reasoning) ซึ่งเป็นความสามารถที่นักเรียนใช้พิจารณาโอกาสที่เป็นไปได้ของการเกิดเหตุการณ์หนึ่ง ๆ

- การให้เหตุผลในเชิงของภาพรวม (Combinatorial Reasoning) ซึ่งเป็นความสามารถที่นักเรียนใช้พิจารณาอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดภายใต้เงื่อนไขของการศึกษาสำรวจ การทดลองหรือเงื่อนไขเชิงทฤษฎี

- การให้เหตุผลในเชิงของความสัมพันธ์ (Correlational Reasoning) ซึ่งเป็นเป็นความสามารถที่นักเรียนใช้พิจารณาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ในเหตุการณ์ที่กำลังศึกษา

3.3 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนคือ นักเรียนจะได้ 1 คะแนน เมื่อเลือกได้ถูกต้องทั้งคำตอบและเหตุผล หรือเลือกคำตอบได้ถูกต้องและแสดงเหตุผลอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวเลือก

เหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล และนักเรียนจะได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำตอบและเหตุผลผิดหรือตอบอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

3.4 นำแบบทดสอบเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะอาจารย์ที่ปรึกษาในประเด็นความชัดเจนของข้อคำถามและภาษาที่ใช้

3.5 ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ โดยการพิจารณาความตรงตามเนื้อหา (Content validity) ของผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดผลและประเมินผล จำนวน 5 คน (รายชื่อดังภาพผนวก ก) แล้วนำผลมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งมีเกณฑ์พิจารณา ดังนี้

เห็นว่าสอดคล้อง	ให้คะแนน	1
ไม่แน่ใจ	ให้คะแนน	0
เห็นว่าไม่สอดคล้อง	ให้คะแนน	-1

หากค่าเฉลี่ยเป็นรายข้อมีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่ามีความสอดคล้อง ไม่ต้องปรับแก้ไข แต่หากข้อใดมีค่า IOC น้อยกว่า 0.5 ถือว่าไม่สอดคล้อง ต้องปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

จากการคำนวณ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีค่า 1.0 ซึ่งมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด สามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญในประเด็นการเพิ่มคำอธิบายให้ชัดเจนว่านักเรียนควรตอบอย่างไร และการปรับรูปภาพให้สื่อความได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3.6 ทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน เพื่อวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 50% กลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ ซึ่งพบว่าแบบทดสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.28-0.68 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.24-0.56 (ดังแสดงในภาคผนวก ค) ซึ่งถือว่านำไปใช้ได้ตามเกณฑ์ค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

3.7 คำนวณหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach' Alpha) พบว่า แบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.78 ซึ่งถือว่านำไปใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่าง

4. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้บันทึกการแสดงออกหรือการปฏิบัติของนักเรียน ระหว่างการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 กำหนดขอบเขตเนื้อหาสาระของแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย โดยเขียนเป็นพฤติกรรมย่อยที่นักเรียนแสดงออกหรือปฏิบัติ ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ระหว่างทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ตารางที่ 6 แสดงพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนการเรียนการสอน

ขั้นตอนการเรียนการสอน	พฤติกรรมการเรียน
ขั้นที่ 1 ทำงานร่วมกัน	1. แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา 2. ตั้งสมมติฐาน 3. ลงมือทำงานร่วมกัน 4. แสดงความคิดเห็นเพื่อโต้แย้งโดยใช้หลักฐานสนับสนุน
ขั้นที่ 2 แลกเปลี่ยนความคิด	1. นำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ 2. สะท้อนความคิดร่วมกับนักเรียนคนอื่นโดยใช้หลักฐานสนับสนุน 3. สรุปสร้างคำอธิบายหรือความรู้
ขั้นที่ 3 ประยุกต์ใช้	1. แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล 2. ลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาคำตอบ 3. สรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

4.2 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นแบบตรวจสอบรายการ ซึ่งแบ่งเป็น 3 สดมภ์ ดังนี้

สดมภ์ที่ 1 เป็นขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

สดมภ์ที่ 2 เป็นพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนควรแสดงออกหรือปฏิบัติในแต่ละขั้น

สดมภ์ที่ 3 เป็นช่องว่างที่มีสดมภ์ย่อย 6 สดมภ์ เพื่อใช้บันทึกการแสดงออกหรือปฏิบัติพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ

4.3 กำหนดการสังเกตในระหว่างการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 แผน โดยผู้วิจัยทำการสังเกตนักเรียน 1 กลุ่ม ที่ได้จากการสุ่ม ซึ่งมีนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ปานกลางและต่ำ ระดับละ 2 คน หากพบว่านักเรียนมีพฤติกรรมใดเกิดขึ้น ผู้วิจัยจะบันทึกโดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างพฤติกรรมนั้นตามความถี่ที่นักเรียนแสดงออกหรือปฏิบัติ

4.4 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยให้ 1 คะแนน เมื่อสังเกตเห็นนักเรียนแสดงหรือมีพฤติกรรมย่อยนั้น เกิดขึ้น 1 ครั้ง และให้ 0 คะแนน เมื่อนักเรียนไม่มีหรือแสดงพฤติกรรม ซึ่งผู้วิจัยนำคะแนนพฤติกรรมที่ได้จากการสังเกตมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนพฤติกรรม โดยมีเกณฑ์ดังนี้

คะแนนร้อยละ 75 ขึ้นไป หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับดี

คะแนนร้อยละ 74-50 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับพอใช้

คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับที่ควรปรับปรุง

4.5 นำแบบสังเกตที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาในประเด็นความครอบคลุมของพฤติกรรมการเรียนที่คาดว่าจะเกิดขึ้น และความชัดเจนของภาษาที่แสดงออกถึงพฤติกรรมของนักเรียน

4.6 ทดลองใช้ (try out) แบบสังเกตพฤติกรรมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ขณะที่ทดลองใช้แผนการเรียนการสอน ซึ่งพบว่าข้อความที่ระบุบางพฤติกรรมย่อยไม่สามารถวัดได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขปรับปรุง

4.7 ตรวจสอบคุณภาพของแบบสังเกตพฤติกรรม โดยการพิจารณาความตรงของเนื้อหา (Content validity) ของผู้เชี่ยวชาญที่ประกอบด้วยด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอน

วิทยาศาสตร์ และด้านการวัดผลและประเมินผล จำนวน 5 คน แล้วนำผลมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยกำหนดเกณฑ์พิจารณา ดังนี้

เห็นว่าสอดคล้อง	ให้คะแนน	1
ไม่แน่ใจ	ให้คะแนน	0
เห็นว่าไม่สอดคล้อง	ให้คะแนน	-1

หากค่าเฉลี่ยเป็นรายข้อมีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่ามีความสอดคล้อง ไม่ต้องปรับปรุงแก้ไข แต่หากข้อใดมีค่า IOC น้อยกว่า 0.5 ถือว่าไม่สอดคล้อง ต้องปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

จากการวิเคราะห์แบบสังเกตพฤติกรรม ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.0 ซึ่งมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด สามารถนำไปใช้ได้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

วิธีดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนการเรียนการสอนที่สังเคราะห์ขึ้น โดยเป็นลักษณะการเรียนการสอนแบบออนไลน์ตามมาตรการป้องกันจากโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ของกระทรวงศึกษาธิการและคณะกรรมการโรคติดต่อจังหวัดชลบุรี ที่ให้งดการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษา และงดการจัดกิจกรรมใด ๆ ที่ต้องมีการรวมกลุ่มของนักเรียน โดยก่อนการทดลองสอนจริง ผู้วิจัยได้ชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจถึงเหตุผลของการวิจัย แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ขั้นตอนการเรียนการสอน บทบาทของนักเรียนและครู และประโยชน์ที่นักเรียนจะได้รับจากการเรียนการสอน โดยผ่านโปรแกรม Google Meet ทั้งนี้การจัดการเรียนการสอนดังกล่าวตลอดทั้ง 15 คาบ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Google Meet และสำหรับการจัดกิจกรรมกลุ่มในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยได้สร้าง Link ของแต่ละกลุ่มไว้ ซึ่งผู้วิจัยได้เข้าไปสังเกต กำกับดูแลและชี้แนะตาม Link ของแต่ละกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มที่เป็นเป้าหมายสำหรับการสังเกตพฤติกรรม และเมื่อทำกิจกรรมทั้งชั้น ทุกกลุ่มได้กลับมาใช้ Link รวมเพื่อเรียนในขั้นตอนต่อไป

2. ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ด้วยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนเริ่มการเรียนการสอน โดยผ่าน Google Form

3. ดำเนินการสอนตามแผนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น จำนวน 6 แผน เป็นเวลา 15 คาบ คาบละ 50 นาที ทั้งนี้ในระหว่างการเรียนการสอน ผู้วิจัยจะทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิจัย

4. ทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้ฉบับเดิม หลังสิ้นสุดการเรียนการสอนทั้งหมด 6 แผน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้ t-test แบบ Dependent sample

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้ t-test แบบ Dependent sample

3. วิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ปรากฏผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

กลุ่มทดลอง	n	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	40	12.05	2.38	39	40.451	.000*
หลังเรียน	40	22.13	3.47			

*p < .05

จากตารางที่ 7 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียน ($\bar{X}$ = 22.13, SD = 3.47) ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 12.05, SD = 2.38) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 แสดงว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ปรากฏผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

กลุ่มทดลอง	n	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	40	4.40	1.50	39	24.082	.000*
หลังเรียน	40	7.95	1.62			

*p < .05

จากตารางที่ 8 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($\bar{X}$ = 7.95, SD = 1.62) ด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 4.40, SD = 1.50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 แสดงว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยร้อยละของพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ปรากฏผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพฤติกรรมและระดับพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์	พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	ระดับที่พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์
ขั้นทำงานร่วมกัน	1. แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา	69.44	พอใช้
	2. ตั้งสมมติฐาน	72.22	พอใช้
	3. ลงมือทำงานร่วมกัน	77.78	ดี
	4. แสดงความคิดเห็นเพื่อโต้แย้งโดยใช้หลักฐานสนับสนุน	80.56	ดี
	ค่าเฉลี่ย	75.00	ดี
ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด	5. นำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ	69.44	พอใช้
	6. สะท้อนความคิดร่วมกับนักเรียนคนอื่น โดยใช้หลักฐานสนับสนุน	80.56	ดี
	7. สรุปสร้างคำอธิบายหรือความรู้	77.78	ดี
	ค่าเฉลี่ย	75.93	ดี

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์	พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	ระดับพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์
ขั้นประยุกต์ใช้	8. แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล	80.56	ดี
	9. ลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาคำตอบ	75.00	ดี
	10. สรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	83.33	ดี
	ค่าเฉลี่ย	79.63	ดี
	ค่าเฉลี่ยร้อยละรวม	76.85	ดี

จากตารางที่ 9 พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละของพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวม อยู่ในระดับดี (76.85%) โดยแสดงพฤติกรรมในขั้นประยุกต์ใช้มากที่สุด (79.63%) รองลงมา คือ ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด (75.93%) และขั้นทำงานร่วมกัน (75.00%) ตามลำดับ ทั้งนี้ พฤติกรรมย่อยที่นักเรียนแสดงออกมากที่สุด คือ สรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (83.33%) และพฤติกรรมย่อยที่นักเรียนแสดงออกน้อยที่สุด คือ แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา (69.44%) และนำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ (69.44%)

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อมโนทัศน์ และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม จังหวัดชลบุรี จำนวน 40 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการเรียนการสอน เรื่อง งานและพลังงาน แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ขั้นทำงานร่วมกัน ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด และขั้นประยุกต์ใช้ จำนวน 6 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 15 คาบ และเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทดสอบก่อนและหลังเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ รวมถึงสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนระหว่างการเรียนด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และสถิติทดสอบค่า t-test แบบ Dependent sample

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ระหว่างการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ในภาพรวม อยู่ในระดับดี โดยแสดงพฤติกรรมในขั้นประยุกต์ใช้ มากที่สุด รองลงมา คือ ขั้นแลกเปลี่ยนความคิดและขั้นทำงานร่วมกัน ตามลำดับ ทั้งนี้พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนแสดงออกมากที่สุด คือ สรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกน้อยที่สุด คือ แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา และนำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประเด็นอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1.1 การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาสำรวจเพื่อตรวจสอบและค้นหาความรู้ด้วยตนเองจากปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการลงมือคิดและปฏิบัติที่มีการรวบรวมข้อมูล และสื่อสารกันอย่างมีเหตุผล จนสามารถสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือความรู้เพื่อตอบปัญหาหรือสถานการณ์นั้นได้ ดังเห็นได้จากข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนระบุไว้ในขั้นทำงานร่วมกัน เช่น “ลูกบาสจะตกถึงพื้นก่อน พื้นทรายจะยุบลงไป น่าจะเพราะว่าลูกบาสหนักกว่าลูกวอลเลย์” “ลูกบอลทั้งสองลูกจะตกถึงพื้นพร้อมกัน พื้นทรายก็จะยุบเหมือนกัน เพราะตอนที่ลูกบอลตกถึงพื้นพร้อมกัน การตกลงมามีความเร็วเท่ากัน พื้นทรายจึง น่าจะยุบเท่า ๆ กัน” หรือในขั้นแลกเปลี่ยนความคิด ที่นักเรียนนำเสนอวิธีการศึกษาและคำอธิบายที่ได้จากการศึกษา เช่น “วิธีการคือใช้ลูกเปตองเพียงชนิดเดียวที่มีน้ำหนักเท่ากัน แต่ปล่อยลงมาพร้อมกันจากระดับความสูงต่างกัน ได้ผลการทดลองว่าเมื่อปล่อยลูกเปตองจากที่ระดับความสูงมาก พื้นทรายจะยุบลึกกว่าที่ระดับความสูงน้อย เพราะที่ระดับความสูงมาก ลูกเปตองจะมีความเร็วตกกระทบพื้นทรายได้มากกว่าที่ระดับความสูงน้อย” หรือขั้นประยุกต์ใช้ นักเรียนสรุปมโนทัศน์ในเรื่องที่ศึกษาได้ ดังเช่น “พลังงานศักย์โน้มถ่วง หมายถึง พลังงานที่เกิดจากวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของระดับ

ความสูง โดยปริมาณพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมวลและความสูงของวัตถุ เช่น ลูกมะพร้าวตกลงมาจากบนต้น พลังงานศักย์โน้มถ่วงของลูกมะพร้าวจะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จนกลายเป็นศูนย์เมื่อถึงพื้นดิน" สอดคล้องดังที่ ไมเนอร์ และคณะ (Minner et al., 2009, p.476) กล่าวว่า การสืบสอบเป็นวิธีที่นักเรียนใช้ในการเรียนรู้ ซึ่งมีทั้งการคิดและการลงมือปฏิบัติเพื่อศึกษาปัญหา และ คิลเบนและมิลแมน (Kilbane & Milman, 2014, pp. 244-245) ที่กล่าวว่า การสืบสอบเป็นกระบวนการที่มีการจัดการความคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งทำให้เกิดการสำรวจโดยมีการตั้งและทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปเป็นมโนทัศน์ ทั้งนี้ยังเป็นไปตามที่ว่านักเรียนสามารถขยายความรู้ของตนเองหากได้นำความรู้ไปใช้ (Zahoric, 1995 อ้างถึงใน จันทร์พร พรหมมาศ, 2562, หน้า 3)

1.2 ในแต่ละขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่สะท้อนถึงลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบซึ่งประกอบด้วยการสร้างความสนใจเพื่อกำหนดปัญหาโดยใช้คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ การทำความเข้าใจและแสดงหลักฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย การสร้างคำอธิบายจากหลักฐานโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การประเมินความรู้ความเข้าใจจากคำอธิบาย และการสื่อสารเพื่อนำเสนอผลและแลกเปลี่ยนข้อค้นพบกับผู้อื่นอย่างมีเหตุผล (National Research Council, 1996 อ้างถึงใน สุพัตรา จันทรโฆษิต, 2552, หน้า 22; Llewellyn, 2005, p. 24; Park, 2015, p. 50) และแสดงให้เห็นถึงการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Learning science) ที่นักเรียนมีการสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หรือปรับมโนทัศน์เดิมโดยผ่านประสบการณ์ที่ได้รับ (Hudson, 1993 อ้างถึงใน จันทร์พร พรหมมาศ, 2558, หน้า 1-2) และสอดคล้องดังที่ คลอพเฟอร์ (Klopfer, 1973 อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 100) ระบุว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะเกิดจากการได้รับประสบการณ์ที่มีการนำมาประมวลเป็นข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์

1.3 กิจกรรมในทุกขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ กระตุ้นและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดของตนเองและแลกเปลี่ยนกับผู้อื่นอย่างมีเหตุผล ซึ่งเป็นดังที่ เจคอบสัน และเบิร์กแมน (Jacobson & Bergman, 1991, p. 120) ระบุว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย และ ดอร์สันและเวนไวล์ (Dawson & Venvile, 2010, p. 135) ที่ระบุว่าการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ทำให้ได้ข้อสรุปที่มีเหตุผลโดยผ่านกระบวนการทำงานกลุ่มที่มีการแลกเปลี่ยน วิพากษ์วิจารณ์และประเมินแนวคิด นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ลอร์เล (Lorelei, 2019, Abstract)

ที่พบว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบที่เสริมด้วยการโต้แย้ง ช่วยพัฒนาการใช้หลักฐานสนับสนุนการโต้แย้ง และพัฒนาแนวทางหรือวิธีการในการค้นหาหลักฐานสนับสนุน และเนียซ (Niaz, 2002, p. 505) ที่ศึกษาพบว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบโต้แย้งสามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ รวมถึงผลการศึกษาของศักดิ์สิทธิ์ เหมแก้ว (2558, บทคัดย่อ) และพรพิมล คงเจริญสุข และคณะ (2562, หน้า 62) ที่พบผลเช่นเดียวกันว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

1.4 ในระหว่างการลงมือปฏิบัติทั้งภายในกลุ่มหรือทั้งชั้นเรียน นักเรียนได้อภิปรายและโต้แย้งความคิดกับผู้อื่น อีกทั้งครูมีการอธิบายเพิ่มเติมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้นักเรียนประเมินและปรับความเข้าใจหรือคำอธิบายที่ได้จากการศึกษาสำรวจ จนเป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่อธิบายว่า บุคคลเกิดการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัวและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่นโดยผ่านกระบวนการจัดระบบโครงสร้างความคิด และกระบวนการปรับข้อมูลจนเกิดภาวะสมดุลทางความคิด (Driscoll, 1994, p. 179; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554, หน้า 48) และแนวการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีนี้ นักเรียนจะเมีความข้าใจได้ดีขึ้น เมื่อนักเรียนได้ทำความกระจ่าง พิจารณาความแตกต่างระหว่างความคิดของตนเองกับของคนอื่น และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันและกัน (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2551, หน้า 24-25)

2. นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

2.1 กิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และมีประสบการณ์เกี่ยวกับการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนแนวคิดหรือคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังเห็นได้จากที่นักเรียนพูดว่า “พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปล่อยวัตถุในระดับความสูงที่มากขึ้น ดังจะเห็นได้จากการทดลองที่ปล่อยลูกเปตองที่ความสูงเพิ่มขึ้นแล้วพื้นทรายยุบมากกว่าเดิม” หรือ “แต่ฉันคิดว่าน้ำหนักก็มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงเหมือนกัน เห็นหรือไม่ว่าจากการทดลองที่ปล่อยลูกเปตองกับลูกเทนนิส ถ้าปล่อยวัตถุจากที่ระดับความสูงเดียวกัน วัตถุที่มีน้ำหนักกว่าก็จะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่า” เป็นดังที่ว่า

ขณะที่เรียนตามแนวสืบสอบ นักเรียนจะมีการคิดอย่างมีเหตุผล โดยใช้ข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเพื่อสร้างคำอธิบายและโต้แย้งระหว่างทำงานร่วมกับผู้อื่น (Llewellyn, 2013, p. 217)

2.2 ในขั้นทำงานร่วมกัน และขั้นแลกเปลี่ยนความคิด นักเรียนช่วยกันคิดหาวิธีการเพื่อศึกษาค้นคว้าและการนำผลที่ได้มาแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน โดยใช้หลักฐานอย่างมีเหตุผล ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถสร้างเป็นคำอธิบายได้ ส่วนขั้นประยุกต์ใช้ นักเรียนต้องพยายามหาเหตุผลมาสนับสนุนเพื่อใช้สร้างคำอธิบายอีกครั้ง ดังนั้น นักเรียนจึงมีการคิดและให้เหตุผลอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และเมื่อพิจารณาจากคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนการให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปรน้อยที่สุด อาจเป็นเพราะว่า ในการทำกิจกรรมต้องมีการกำหนดตัวแปรที่ศึกษา ซึ่งบางกิจกรรมอาจมีตัวแปรอื่นที่นอกเหนือ จากตัวแปรควบคุมที่นักเรียนกำหนดไว้ ส่งผลให้การทดลองมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ทำให้นักเรียนมีคะแนนการให้เหตุผลในด้านนี้ยังไม่ดีพอ และนักเรียนมีคะแนนการให้เหตุผลในเชิงของความสัมพันธ์มากที่สุด อาจเป็นเพราะว่า เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและเกิดประสบการณ์เกี่ยวกับการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น และนักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ เป็นดังที่ สเติร์นเบอร์ก (Sternberg, 1996, p. 422) อธิบายว่า การให้เหตุผลเป็นกระบวนการทางพุทธิปัญญาที่บุคคลใช้เพื่อลงข้อสรุปจากหลักฐานที่เลือกสรรหรือหลักการต่าง ๆ และ ลอว์สัน (Lawson, 2000, p. 491) ที่อธิบายว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นแนวทางในการค้นหาและการประเมินข้อมูลจากหลักฐาน เพื่อสร้างข้อสรุปหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล ทั้งนี้มีผลการศึกษาต่าง ๆ สนับสนุน เช่น บากัส (Bagus, 2019, p. 689) ที่ศึกษาพบว่า การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์และทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ และผลการศึกษาของ สันติชัย อนุวรชัย (2553, บทคัดย่อ) และภคพร อิสระ (2557, บทคัดย่อ) ที่พบเช่นเดียวกันว่า การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้ง ช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลของนักเรียนได้

3. นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ระหว่างการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ในภาพรวม อยู่ในระดับดี โดยนักเรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ในขั้นประยุกต์ใช้ มากที่สุด รองลงมา คือ ขั้นแลกเปลี่ยนความคิดและขั้นทำงานร่วมกัน ตามลำดับ ทั้งนี้พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนแสดงออกมากที่สุด คือ สรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ส่วนพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกน้อยที่สุด คือ แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา และนำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ อาจเป็นเพราะว่า

3.1 การเรียนการสอนทั้ง 3 ขั้นตอนเหล่านี้ นักเรียนมีการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยคิดวิธีการ (Minds on) และลงมือปฏิบัติ (Hands on) ซึ่งนักเรียนมีการตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูลหรือหลักฐาน โต้แย้ง และแลกเปลี่ยนความคิดกันโดยใช้หลักฐานอย่างมีเหตุผล และสรุปสร้างเป็นคำอธิบายหรือความรู้ เพื่อตอบปัญหาหรือสถานการณ์นั้นได้ ดังนั้นจึงทำให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ในภาพรวม อยู่ในระดับดี โดยเฉพาะในขั้นประยุกต์ใช้ นักเรียนมีการแสดงพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์มากที่สุด ซึ่งกล่าวได้ว่านักเรียนแสดงพฤติกรรมเพื่อตอบสนองหรือปฏิกิริยาที่มีต่อประสบการณ์สิ่งแวดล้อมในขณะที่นักเรียนกำลังเรียนรู้ (โสภา ชูพิกุลชัย, 2529, หน้า 111) นอกจากนี้ยังสอดคล้องตามที่ เรนเนอร์ และสตาฟฟอร์ด (Renner & Stafford, 1972, pp. 107-113) ไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003, pp. 56-59) ลีเวลลิน (Llewellyn, 2013, p. 217) และภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 126-127) อธิบายว่า นักเรียนมีการทำกิจกรรมระหว่างเรียนตามแนวสืบสอบ โดยเริ่มตั้งแต่การตั้งคำถามในประเด็นที่สงสัยหรือปัญหา คิดอย่างอิสระเพื่อค้นหาทางเลือกสำหรับการแก้ปัญหา ตั้งสมมติฐาน ทำการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ รวบรวมข้อมูล โต้แย้งในระหว่างทำงานร่วมกับผู้อื่น ใช้ข้อกล่าวอ้างและหลักฐานอย่างมีเหตุผลเพื่อสร้างคำอธิบาย สร้างความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และขยายมโนทัศน์หรือความรู้เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น และเห็นได้จากการศึกษาของณัฐมน สุชัยรัตน์ (2558, บทคัดย่อ) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ดีขึ้นจากก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน รวมถึงนักเรียนสามารถให้เหตุผลและนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้มากขึ้น

3.2 ระหว่างการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีการแสดงพฤติกรรมการเรียนมากที่สุดคือ สรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในขั้นประยุกต์ใช้ ในขณะที่พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงน้อยที่สุด คือ การแสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษาซึ่งอยู่ในขั้นทำงานร่วมกันและการนำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติซึ่งอยู่ในขั้นแลกเปลี่ยนความคิด จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถส่งเสริมให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องดังที่เยเกอร์ และอัคเคย์ (Yager & Akcay, 2010, p. 11) อธิบายว่า การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเบอร์แลนและไรเซอร์ (Berland & Reiser, 2009, p. 27) ที่ระบุว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบสอบ ทำให้นักเรียนใช้ข้อมูลและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างรูปแบบหรือคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ แต่จากการที่นักเรียนยังมีพฤติกรรมในการแสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษาและนำเสนอผลการศึกษาไม่มากนัก อาจเป็นเพราะในกลุ่มที่ร่วมกันทำงาน

ประกอบด้วยนักเรียนที่คละความสามารถ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่นักเรียนบางคนกำลังอยู่ระหว่างการพัฒนาไปสู่ระดับศักยภาพที่จะไปถึงได้ ซึ่งการมีปฏิสัมพันธ์กับสมาชิกภายในกลุ่มจะช่วยเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding) ให้นักเรียนเหล่านี้เกิดการเรียนรู้ในพื้นที่รอยต่อพัฒนาการ (Zone of Proximal Development) ได้ สอดคล้องดังที่ สุรางค์ โค้วตระกูล (2554, หน้า 61) อธิบายว่า การได้รับการชี้แนะช่วยเหลือในการเรียนรู้ หรือทำงานร่วมกับผู้ที่มีความชำนาญกว่าในเรื่องนั้น เพื่อลดช่องว่างระดับพัฒนาการทางความรู้ที่นักเรียนมีอยู่ขณะนั้น จะส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาด้วยตนเองได้ในเวลาต่อมา

3.3 จากผลการสังเกตพฤติกรรมในระหว่างเรียน ที่พบว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งมีทั้งความชัดเจนและจำนวนครั้งที่แสดงออกเพิ่มขึ้น เกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป เมื่อพิจารณาจากภาพรวมแล้ว นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงมีพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับที่ดีกว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ปานกลางและต่ำในทุกขั้นตอนการเรียนการสอน ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง คิดออกแบบวิธีการในการสืบสอบและคิดหาเหตุผลเพื่อนำไปสู่การสรุปคำอธิบายได้ รวมถึงมีความตั้งใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนตลอดเวลา ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางและต่ำอาจมีความสามารถไม่เพียงพอที่เรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และขาดความมั่นใจในการแสดงความคิดเห็นเพื่อ โต้แย้งกับผู้อื่น ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาที่เพียเจต์ (Piaget, 1970 cited in Llewellyn, 2005, p. 33) อธิบายว่า ในขั้นการคิดแบบเหตุผลเชิงนามธรรม นักเรียนสามารถคิดถึงสิ่งที่มากกว่าความเป็นจริงที่นอกเหนือจากประสบการณ์ที่มี และสามารถให้เหตุผลกับสิ่งที่ไม่เคยพบเห็นได้อย่างเข้าใจ รวมถึงเป็นไปตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคมที่ไวก็อตสกี้ (Vygotsky, 1997 cited in Ormrod, 2012, pp. 318-323) อธิบายว่า การเรียนรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเอง ต้องอาศัยสื่อกลาง ซึ่งมีทั้งภาษา การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและบุคคลอื่น วัฒนธรรมรวมถึงการชี้แนะหรือการช่วยเหลือจากผู้อื่นที่มีความสามารถมากกว่า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับโสภา ชูพิกุลชัย (2529, หน้า 111) ที่กล่าวว่า พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่มีอยู่ของนักเรียนอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไปสำหรับการนำไปใช้

1.1 จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนแล้วพบว่า พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนแสดงออกน้อยที่สุด คือ แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา และนำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ ดังนั้นครูควรกระตุ้นและท้าทายโดยอาจใช้คำถามเชิงวิทยาศาสตร์หรือการนำเสนอสถานการณ์ชวนสงสัย (Discrepant event) เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากรู้อยากเห็น และนำไปสู่การแสดงความคิดเห็นหรือสนทนา อภิปรายและโต้แย้งกันมากขึ้น รวมถึงการสร้างแรงจูงใจเพื่อให้นักเรียนกล้าที่จะแสดงความคิดหรือนำเสนอผลงานที่ตนเองค้นพบ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเอง

1.2 เนื่องจากเกิดสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) หรือในยุคการเรียนรู้ที่ก้าวทันผลกระทบจากเทคโนโลยีสมัยใหม่ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนจึงควรเตรียมความพร้อมหรือปรับตัวให้เหมาะกับยุควิถีชีวิตใหม่ (New normal) ซึ่งอาจจำเป็นต้องผสมผสานทั้งการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน และการเรียนการสอนออนไลน์ ดังนั้นครูควรเสริมการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ในกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนมีโอกาสได้เรียนรู้และฝึกทักษะในการใช้สื่อเหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกิจกรรมการทดลอง และสามารถเรียนออนไลน์ได้เต็มประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากผลการวิจัยที่พบว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้ แต่เมื่อพิจารณาประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีการให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปรน้อยที่สุด ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์กับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้านนี้อีกครั้ง เพื่อยืนยันผล หรือทำการศึกษาเพื่อพัฒนากิจกรรมที่เสริมสร้างการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการบ่งชี้และควบคุมตัวแปรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2.2 ครูหรือผู้เกี่ยวข้องอาจนำขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ไปศึกษาสมรรถนะด้านอื่นของนักเรียน เช่น การคิดนอกกรอบ (Lateral thinking) เพราะความสามารถด้านนี้ ช่วยให้นักเรียนมีการคิดแตกต่างจากแบบแผนเดิมที่ใช้อยู่ ทำให้นักเรียนสามารถออกแบบวิธีการสืบสอบได้หลายแนวทาง รวมถึงสร้างคำอธิบายได้

อย่างหลากหลายโดยไม่จำกัดขอบเขตการคิด ซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดี หรือการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self Efficacy) เพราะเป็นสิ่งที่ช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดและแรงจูงใจที่ทำให้นักเรียนสามารถดำเนินชีวิตได้ดีและประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพในอนาคต

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. เข้าถึงได้จาก http://www.ipst.ac.th/images/2017/CoreCurriculum2551/TH.pdf

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กัญญรัตน์ เวชชศาสตร์. (2551). ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์: ภาพรวมจากการสังเคราะห์งานวิจัย. *วารสารมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 5*(1), 91-100.

เกษศิรินทร์ เซ็นบัว. (2556). *ผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ประกอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการหลักสูตรและการเรียนรู้, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. (2525). *ชุดเสริมประสบการณ์สำหรับครูวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ทบวงมหาวิทยาลัย.

จันทร์พร พรหมมาศ. (2541). *ผลการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิผล และพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทร์พร พรหมมาศ. (2558). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นนักเรียนมีส่วนร่วม* [เอกสารที่ไม่ได้ตีพิมพ์]. ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์: มหาวิทยาลัยบูรพา.

จันทร์พร พรหมมาศ. (2562). *ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้* [เอกสารที่ไม่ได้ตีพิมพ์]. ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์: มหาวิทยาลัยบูรพา.

จันทร์พร พรหมมาศ เด่นชัย ปราบจันดี วทัญญู วุฒิวรรณ์ พัชรี ทองอำไพ และจารุวรรณ รักษ์เริ่มวงษ์. (2562). *รายงานวิจัยและพัฒนาศักยภาพด้านการเรียนการสอนของครูสังกัดเทศบาลนครแหลมฉบัง: ความสามารถด้านการสอนโดยใช้ภาษาอังกฤษเป็นสื่อในการสอนเนื้อหาวิชา ระยะที่ 3*. คณะศึกษาศาสตร์: มหาวิทยาลัยบูรพา.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). *แนวคิดทางวิทยาศาสตร์: กระบวนการพื้นฐานในการวิจัย ประมวลบทความการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฑามาศ นุชิต และนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2554). ผลของปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์สืบสอบแบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสะท้อนของแสงและการเกิดภาพในกระจกเงาระนาบสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 34*(1), 124-134.

ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิด (ทฤษฎีและการนำไปใช้)* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). *80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

ณัฐมน สุชัยรัตน์. (2558). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทศพล สุวรรณพุฒ. (2562). *การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ทิพย์รัตน์ มังกรทอง. (2558). *การศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้วิชาชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ทิศนา แขมมณี. (2546). *รูปแบบการเรียนการสอน : ทางเลือกที่หลากหลาย* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2547). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนิกา วศินยานุวัฒน์ และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2561). ความเข้าใจต่อการสืบเสาะความรู้ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 5*, 62-72.

ประภัสสร สาระธนะ. (2559). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาเคมี เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ประภา สมสุข กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ ณสวรรค์ ผลโภค และมนัส บุญประกอบ. (2558). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 26*(1), 170-182.

ประวีณ สุทธิสง่า. (2540). *การเปรียบเทียบผลของการให้คำปรึกษาเป็นกลุ่มและรายบุคคลแบบเผชิญความจริงที่มีต่อพฤติกรรมการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอัสสัมชัญ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาจิตวิทยาการแนะแนว, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: แอคทีฟ พริ้นท์.

ปราญชลี นนทะวัน. (2558). *การศึกษาความเข้าใจเชิงมโนมติและทักษะการทดลอง เรื่องสารชีวโมเลกุล โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2534). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

พรพิมล คงเจริญสุข จันทร์พร พรหมมาศ และสมศิริ สิงห์ลพ. (2562). ผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 30*(1), 62-77.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2551). *ทักษะ 5C เพื่อการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2556). *สอนเขียนแผนบูรณาการบนฐานเด็กเป็นสำคัญ* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภคพร อิสระ. (2557). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2541). *ทฤษฎีการสร้างความรู้กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์*. ในการเรียนการสอน (น.44-60): กองทุนศาสตราจารย์ ดร.อุบล เรียงสุวรรณ.

วรัญญา จีระวิพูลวรรณ. (2563). การโต้แย้งและวิทยาศาสตร์ศึกษา. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 8*(1), 1-25.

วรัญตี การะเกตุ. (2555). *การพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารและสมบัติของสาร ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิชัย เสวกงาม. (2557). ความสามารถในการให้เหตุผล : ความสามารถที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. *วารสารครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 42*(2), 207-223.

วีระชาติ สวนไพรินทร์. (2531). *การสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศรัณย์ อัมระนันท์ กิตติมา พันธ์พฤกษา ภัทรภร ชัยประเสริฐ และธนาวุฒิ ลาตวงษ์. (2558). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 26*(2), 56-70.

ศศิวิมล สนิทบุญ. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ มโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศักดิ์สิทธิ์ เหมแก้ว. (2558). *ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ องค์การมหาชน. (2563). *ค่าสถิติพื้นฐานผลการสอบ O-NET ม.3 ปีการศึกษา 2557-2563*. เข้าถึงได้จาก https://www.niets.or.th/uploads/editor/files/O-NET/3%20%E0%B9%80%E0%B8%9C%E0%B8%A2%E0%B9%81%E0%B8%9E%E0%B8%E0%B9%88%20rapid%20report%20M3-2563.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *ผลการประเมิน PISA 2015*. เข้าถึงได้จาก https://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786163627179/

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *ผลการประเมิน PISA 2018*. เข้าถึงได้จาก https://pisathailand.ipst.ac.th/news-12/

สมโภชน์ อเนกสุข. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา (Educational Research)* (พิมพ์ครั้งที่ 8). ชลบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยบูรพา.

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2558). *การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่ เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธิชาติ เปรมกมล. (2558). *ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธินี เพชรทองคำ. (2556). *ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพัตรา จันทรโฆษิต. (2552). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศัยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุมาลี กาญจนชาตรี. (2543). *การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมคุณลักษณะของนักเรียนระดับประถมศึกษาในการสร้างความรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึม*. ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2554). *จิตวิทยาการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวัฒก์ นิยมค้า. (2531). *ทฤษฎีและแนวทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้*. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊คส์เซนเตอร์.

โสภา ชูพิกุลชัย. (2529). *ความรู้เบื้องต้นทางจิตวิทยา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์รุ่งเรืองธรรม.

อนุวัตร สุธรรม. (2548). *การปรับปรุงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการคุณภาพ, วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

เอกภูมิ จันทรขันตี. (2559). การจัดการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมทักษะการโต้แย้งในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 11*(1), 217-232.

Bagus, Y. (2019). Improving students' scientific reasoning skills through the three levels of inquiry. *International Journal of Instruction, 12*(4), 689-704.

Bell, R., & Banchi, H. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children, 46*(2), 26-29.

Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Journal of Science Education, 93*, 765-793.

Bricker, L. A., & Bell, P. (2008). Conceptualizations of argumentation from science studies and the learning sciences and their implications for the practices of science education. *Journal of Science Education, 92*, 473-498.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Spring, Co: BSCS.

Carin, A. A., & Sund, R. B. (1985). *Teaching science through discovery* (3rd ed.). Columbus: Merrill Publishing Company.

Carmona, G. (2020). From inquiry-based science education to the approach based on scientific practices. *Journal of Science and Education, 29*, 443-463.

Cepni, S., Sahin, C. C., & Ipek, H. (2010). Teaching floating and sinking concepts with different methods and techniques based on the 5E instructional model. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 11*(2), 1-39.

Chen, C., & She, H. C. (2015). The effectiveness of scientific inquiry with/without integration of scientific reasoning. *Journal of Science and Mathematics Education, 20*, 1-20.

Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Journal of science scope, 23*(6), 42-44.

Cranston, C. M., & Barcley, M. (1985). A learner analysis experiment: Cognitive style versus learning style in undergraduate nursing education. *Journal of Nursing Education, 24*(4), 136-138.

Creswell, J. W. (2012). *Educational research : Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (4th ed.). Boston: Pearson Education.

Crowl, T., Kaminsky, S., & Podell, D. (1997). *Educational psychology : Windows on teaching*. New York: McGraw-Hill.

Cruickshank, D. R., Bainer, D., & Metcalf, K. K. (1995). *The act of teaching* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.

Dawson, V. M., & Venvile, G. (2010). Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. *Journal of Research in Science Education, 40*, 133-148.

Demet, S. (2014). Effect of inquiry-based learning approach on student resistance in a science and technology course. *Educational Science, 14*(4), 1601-1605.

Driscoll, M. P. (1994). *Psychology of learning for instruction*. Boston: Pearson Education.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Journal of Science Education, 84*, 287-312.

Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Journal of Studies in Science Education, 13*(1), 105-122.

Ebru, M. (2010). Pre-service science teachers' competence to design an inquiry based lab lesson. *Procedia Social and Behavioral Sciences, 2*, 4255-4259.

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The science teacher, 70*(6), 56-59.

Evrim, U. (2020). The effect of argumentation-based science teaching approach on 8th graders' learning in the subject of acids-bases, their attitudes towards science class and scientific process skills. *Journal of Environmental and Science Education, 16*(1), 1-15.

Flory, L., & Atwelll, J. (2006). Evaluating the use of inquiry-based activities: Do student and teacher behaviors really change. *Journal of College Science Teaching, 36*(3), 50-55.

Gibson, J. T. (1980). *Psychology for the classroom*. New Jersey: Prentice-Hall.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of education* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.

Jacobson, W. J., & Bergman, A. B. (1991). *Science for children a book for the teacher* (3rd ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

Jensen, J. L. (2008). *Effects of collaboration and inquiry on reasoning and achievement in biology*. Doctoral dissertation, College of Philosophy, Arizona State University.

John, T. G. (1987). *The shape of reason*. New York: Macmillan.

Joyce, B., & Weil, M. (1972). Conceptual complexity, Teaching style and model of teaching. *National Council for The Social Studies, 72*, 1-25.

Khan, S., & Hussain, S. (2011). Effect of inquiry method on achievement of students in chemistry at secondary level. *Journal of Academic Research, 3*(1), 955-959.

Kilbane, R. C., & Milman, B. N. (2014). *Teaching models: Designing instruction for 21st century learners*. Boston: Pearson Education.

Kuhn, D., & Udell, W. (2003). The development of argument skills. *Journal of Child Development, 74*(5), 1245-1260.

Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont: Wadsworth Publishing Company.

Lawson, A. E. (2000). The generality of hypothetico-deductive reasoning: Making scientific thinking Explicit. *Journal of American Biology Teacher, 62*(7), 482-495.

Lee, C. Q., & She, H. C. (2009). Facilitating students' conceptual change and scientific reasoning involving the unit of combustion. *Research in Science Education, 40*(4), 479-504.

Lee, C. K., & Shea, M. (2016). An analysis of pre-service elementary teachers' understanding of inquiry-based science teaching. *Science Education International, 27*(2), 217-237.

Llewellyn, D. (2005). *Teaching high school science through inquiry*. Thousand Oaks: A Sage Publishing.

Llewellyn, D. (2013). *Teaching high school science through inquiry and argumentation* (2nd ed.). Thousand Oaks: A Sage Publishing.

Lorelei, R. (2019). *Using an argument driven inquiry model to develop scientific proficiency in the middle school classroom.* Doctoral dissertation, Curriculum and Instruction, College of Education, University of South Carolina.

Martin, D. J. (2006). *Elementary science methods a constructivist approach* (4th ed.). Belmont: Thomson Wadworth.

Martin, G., & Pear, J. (1992). *Behavior modification: What it is and how to do it*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Martin, Sexton, C., Franklin, T., Gerlovich, J., & McElroy, D. (1994). *Teaching science for all children*. Boston: Allyn and Bacon.

Mayer, R. E. (2003). *Learning and instruction*. Boston: Pearson Education.

McNeill, K. (2009). Teachers' use of curriculum to support students in writing scientific arguments to explain phenomena. *Journal of Science Education, 93*, 233-268.

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2009). Inquiry-based science instruction-What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(4), 474-496.

National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: The National Academies Press.

Niaz, M. (2002). Arguments, contradictions, resistances, and conceptual change in students' understanding of atomic structure. *Journal of Science Education, 86*, 505-525.

Nitko, A. J., & Brookhart, S. M. (2007). *Educational assessment of students*. Boston: Pearson Education.

Odom, L. A., & Kelly, V. P. (2001). Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students. *Journal of Science Education, 85*, 615-635.

Orlich, D. C. (2001). *Teaching strategies: A guide to better instruction* (6th ed.). Boston: Houghton Mifflin.

Ormrod, J. E. (2012). *Human learning* (6th ed.). Boston: Pearson Education.

Parakh, J. S. (1971). Some reflections and perspectives on the study of teaching. *Journal of Science Education, 55*(2), 171-175.

Park, D. Y. (2015). *Inquiry-based STEM education for mathematics and science teacher through globe [Unpublished manuscript]*. Faculty of Education: Burapha University.

Renner, J. W., & Stafford, D. G. (1972). *Teaching science in the secondary school*. New York: Harper & Row.

Sampson, V., & Clark, D. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Journal of Science Education, 93*, 448-484.

Sampson, V., & Gerbino, F. (2010). Two instructional models that teachers can use to promote & support scientific argumentation in the biology classroom. *Journal of American Biology Teacher, 72*(7), 427-431.

Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2010). Argument-driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments. *Journal of Science Education, 95*, 217-257.

Sampson, V., & Schleigh, S. (2012). *Scientific argumentation in biology: 30 classroom activities*. Alington: National Science Teachers Association.

Singh, J., & Kaushik, V. (2020). The study of the effectiveness of the inquiry based learning method in chemistry teaching learning process. *Journal of Computer and Mathematics Education, 11*(3), 867-875.

Sternberg, R. J. (1996). *Cognitive psychology*. Fort Worth: Harcourt Brace Collage.

Trowbridge, L. W., & Bybee, R. W. (1990). *Becoming a secondary school science teacher* (6th ed.). Columbus: Merrill Publishing Company.

Walton, D. N. (1990). What is reasoning? What is an argument? *Journal of Philosophy, 87*(8), 399-419.

Weinstein, C., & Mayer, R. (1986). *The teaching of learning strategies*. New York: Macmillan.

Yager, R. E., & Akcay, H. (2010). The advantages of an inquiry approach for science instruction in middle grades. *Journal of School Science and Mathematics, 110*(1), 5-12.

Zeidler, D. L. (2003). The role of argument during discourse about socioscientific issues. *Journal of Science Education, 19*, 97-116.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย
- เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. อาจารย์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์	อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. อาจารย์ ดร.ประภิชญา สร้อยจิตร	อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
4. ดร.ณัฐนันท์ ทรวงสมบูรณ์	ศึกษานิเทศก์ชำนาญการ สำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษาสระแก้ว เขต 2
5. อาจารย์ไพศาล เสริมศรี	ครูปฏิบัติการสอนฟิสิกส์ โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม จังหวัดชลบุรี

(สำเนา)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน มหาวิทยาลัยบูรพา บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๒๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗

ที่ อว ๘๑๓๗/๑๙๘๕ **วันที่** ๒๙ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน (แสดงดังรายชื่อผู้เชี่ยวชาญ หน้า 105)

ด้วย นายศุภชัย ฉิมมารักษ์ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๒๐๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒” โดยมี ดร.จันทร์พร พรหมมาศ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัยนั้น

เนื่องจากท่านเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวิจัยดังกล่าวอย่างดียิ่ง ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัยดังเอกสารแนบ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

นุจรี ไชยมงคล

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(สำเนา)

ที่ อว ๘๑๓๗/๑๕๕๔

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๕ สิงหาคม ๒๕๖๔

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

เรียน คุณชัยพัฒน์ เชื่อมชิด ผู้อำนวยการโรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (หาคุณภาพ)

ด้วยนายศุภชัย ฉิมมารักษ์ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๒๐๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒” โดยมี ดร.จันทร์พร พรหมมาศ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้น ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒/๓ จำนวน ๔๐ คน ระหว่างวันที่ ๙ สิงหาคม - ๑๐ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๔ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๒-๖๑๙๒๙๐๗ หรือที่ E-mail : 62910200@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นุจรี ไชยมงคล

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๑
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

(สำเนา)

เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย : G-HU 106/2564

โครงการวิจัยเรื่อง : ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายศุภชัย ฉิมมารักษ์

หน่วยงานที่สังกัด : คณะศึกษาศาสตร์

คณะกรรมการการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภยันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

1. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	ฉบับที่ 2 วันที่ 29 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2564
2. เอกสารโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย	ฉบับที่ 1 วันที่ 25 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2564
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วันที่ 29 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2564
4. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 1 วันที่ 25 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2564
5. เอกสารแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	ฉบับที่ 1 วันที่ 25 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2564
6. เอกสารอื่น ๆ (ถ้ามี)	ฉบับที่...-…วันที่…-…เดือน...-...พ.ศ. …-…

วันที่รับรอง : วันที่ 13 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2564

วันที่หมดอายุ : วันที่ 13 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2565

ลงนาม *นางสาวพิมลพรรณ เลิศล้ำ*

(นางสาวพิมลพรรณ เลิศล้ำ)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชุดที่ 4 (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)

ภาคผนวก ข

- ตัวอย่างแผนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน
- ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
- ตัวอย่างแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
- ตัวอย่างแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างแผนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบ
ร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **รายวิชา** วิทยาศาสตร์พื้นฐาน
ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 **ภาคเรียนที่** 1 **ปีการศึกษา** 2564
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 งานและพลังงาน **เวลาเรียน** 3 คาบ
เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง **ผู้สอน** นายศุภชัย ฉิมมารักษ์

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียงแสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 2.3 ม.2/4 ออกแบบและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้

สาระสำคัญ

พลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานของวัตถุที่อยู่ภายใต้สนามโน้มถ่วงซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมวลและความสูงของวัตถุจากระดับอ้างอิง ถ้าวัตถุที่มีมวลแตกต่างกันแต่อยู่สูงจากระดับอ้างอิงเท่ากัน วัตถุที่มีมวลมากกว่าจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย และถ้าวัตถุที่มีมวลเท่ากันแต่อยู่สูงจากระดับอ้างอิงแตกต่างกัน วัตถุที่อยู่สูงจากระดับอ้างอิงมากกว่าจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่าวัตถุที่อยู่สูงจากระดับอ้างอิงน้อย

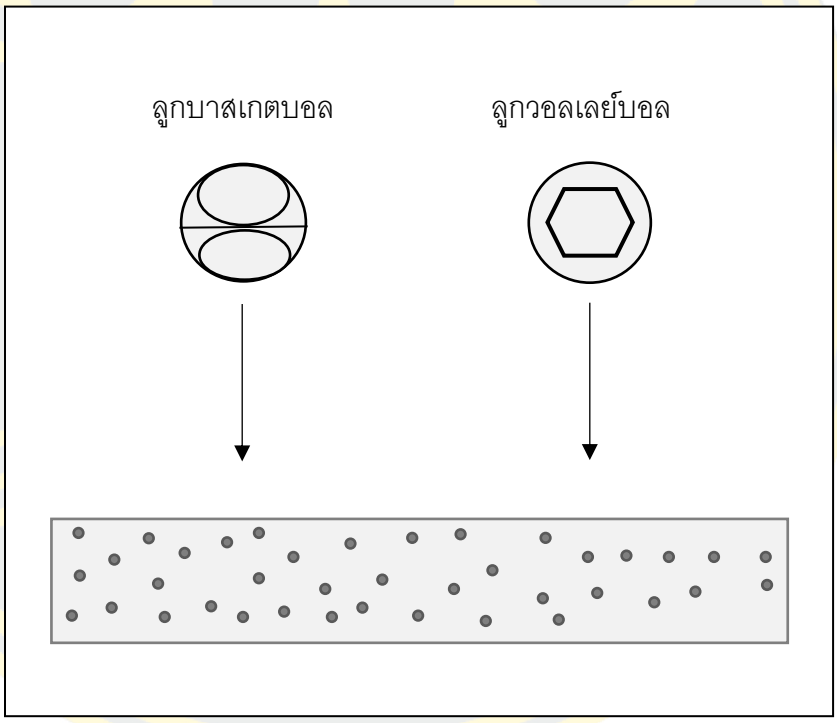
สาระการเรียนรู้

พลังงานศักย์โน้มถ่วง (Gravitational Potential Energy) เป็นพลังงานศักย์ที่สะสมในวัตถุ เมื่ออยู่บน ที่สูง พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่ามาก หรือค่าน้อย ขึ้นอยู่กับระดับความสูงจากพื้นโลก สามารถหาค่าได้จากงานที่ทำหรือการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในแนวดิ่ง เช่น การตกของลูกมะพร้าวจากต้น การปล่อยตุ้มตอกเสาเข็ม เป็นต้น

กระบวนการเรียนการสอน

1. ขั้นทำงานร่วมกัน

1.1 ครูยกตัวอย่างสถานการณ์พร้อมกับสาธิตให้นักเรียนดู ดังนี้ เมื่อปล่อยลูกบาสเกตบอลและลูกวอลเลย์บอลพร้อมกัน ที่ความสูงเท่ากัน ให้ตกลงบนพื้นทราย นักเรียนคิดว่าลูกบอลชนิดใดจะตกถึงพื้นก่อน และพื้นทรายจะมีลักษณะเป็นอย่างไร ทั้งนี้ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระและยังไม่เฉลยคำตอบ *(แนวคำตอบ: ลูกบาสจะตกถึงพื้นก่อนและพื้นทรายจะยุบลงไป หรือทั้งลูกบาสและลูกวอลเลย์จะตกถึงพื้นพร้อมกัน และพื้นทรายจะยุบเหมือนกัน)*



1.2 นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน โดยแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบวิธีการศึกษาพร้อมกับตั้งสมมติฐานเพื่อตอบคำถามจากสถานการณ์ข้างต้นตามแนวทางของนักเรียน *(แนวคำตอบ: 1) ถ้าเราลองเปลี่ยนลูกบอลเป็นวัตถุอื่นที่มีลักษณะคล้ายกัน เช่น ลูกเปตอง ลูกเทนนิส ผลการทดลองที่ได้จะแตกต่างกันอย่างไร และ 2) เราคิดว่าลูกเปตองจะตกถึงพื้นก่อนและพื้นทรายจะยุบมากกว่า เพราะมีน้ำหนักมากกว่า)*

1.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือปฏิบัติร่วมกันเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้น โดยมีแนวคำตอบดังตารางต่อไปนี้

วัตถุที่ใช้	มวลที่ชั่งได้ (กรัม)	ระดับความสูงที่ปล่อย (เซนติเมตร)	ลักษณะของพื้นทราย
ลูกเปตอง	700 กรัม	100	ยุบลงไป 3 เซนติเมตร
ลูกเทนนิส	70 กรัม	100	ยุบลงไป 1 เซนติเมตร
ลูกเปตอง	700 กรัม	200	ยุบลงไป 5 เซนติเมตร
ลูกเทนนิส	70 กรัม	200	ยุบลงไป 2 เซนติเมตร

2. ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด

2.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลที่ได้จากการทดลองตามความเข้าใจของตนเอง และเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม โต้ตอบ และแลกเปลี่ยนความคิดร่วมกันเพื่อหาข้อสรุป

2.2 นักเรียนและครูอภิปรายความรู้ร่วมกัน *(แนวคำตอบ: จากการทดลอง เมื่อปล่อยลูกเปตองขนาด 700 กรัม ที่ความสูง 100 เซนติเมตร พื้นทรายยุบลงไป 3 เซนติเมตร จากนั้นเพิ่มความสูงในการปล่อยลูกเปตองเป็น 200 เซนติเมตร พื้นทรายยุบลงไป 5 เซนติเมตร แสดงว่าเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นพื้นทรายจะยุบมากขึ้น และเมื่อใช้ลูกเทนนิสที่มีขนาดใกล้เคียงกัน แต่มีมวล 70 กรัม โดยปล่อยที่ระดับความสูงเดิมคือ 100 และ 200 เซนติเมตร พบว่า พื้นทรายยุบลงไป 1 เซนติเมตร และ 2 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงว่ามวลของวัตถุก็มีผลต่อการยุบของพื้นทราย)*

2.3 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมตามหลักวิทยาศาสตร์ ดังนี้ จากการทดลองการที่พื้นทรายจะยุบได้นั้น จะต้องมีพลังงานบางอย่างเกิดขึ้นกับวัตถุที่กำลังตกลงมา ซึ่งพลังงานนั้นเรียกว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วง คือ พลังงานที่เกิดจากวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งความสูงจากระดับหนึ่งไปสู่ระดับหนึ่ง มีหน่วยเป็นจูล ปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วง คือ มวลของวัตถุและระดับความสูง

2.4 นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้รับร่วมกันอีกครั้งหนึ่ง (แนวคำตอบ: พลังงานศักย์โน้มถ่วง คือ พลังงานที่เกิดจากวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งความสูงจากระดับหนึ่งไปสู่ระดับหนึ่ง หน่วยของพลังงานศักย์โน้มถ่วง คือ จูล เช่นเดียวกับหน่วยของงาน พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่ามากหรือค่าน้อย ขึ้นอยู่กับมวลและตำแหน่งในแนวดิ่ง)

3. ขั้นประยุกต์ใช้

3.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เรียนไปแล้ว และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากพลังงานศักย์โน้มถ่วง มากลุ่มละอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง พร้อมกับให้เหตุผลได้อย่างถูกต้อง

(แนวคำตอบ: 1) การตอกเสาเข็ม โดยการปล่อยลูกตุ้มจากที่สูง

2) การวางแท็งก์น้ำบนดาดฟ้าของอาคารสูง น้ำจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมาก เมื่อนำน้ำมาใช้น้ำจะไหลเร็ว

3) การกักเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ถ้ากักเก็บน้ำไว้ได้สูงน้ำจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมาก

4) การเล่นสเก็ตบอร์ด เมื่อปล่อยตัวจากที่สูง ตัวเราจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง ทำให้สามารถเคลื่อนที่ลงมาได้

5) น้ำตกจากภูเขาที่ไหลลงมาตามลำธาร เกิดจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงที่สะสมอยู่ในน้ำและไหลลงมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก)

3.2 นักเรียนสรุปมโนทัศน์ที่ถูกต้องร่วมกัน *(แนวคำตอบ: พลังงานศักย์โน้มถ่วง คือ พลังงานที่เกิดจากวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งความสูงจากระดับหนึ่งไปสู่ระดับหนึ่ง หน่วยของพลังงานศักย์โน้มถ่วงในระบบเอสไอ (SI) คือ จูล เช่นเดียวกับหน่วยของงาน พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่ามากหรือค่าน้อย ขึ้นอยู่กับมวลและตำแหน่งในแนวดิ่ง เช่น การตกของลูกมะพร้าวจากต้น การยืนอยู่บนที่สูง การปล่อยตุ้มตอกเสาเข็ม)*

สื่อและแหล่งการเรียนรู้/วัสดุอุปกรณ์

1. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. Power Point เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง
3. แบบฝึกหัด เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง
4. อุปกรณ์ในการทดลอง เช่น ลูกบาสเกตบอล ลูกวอลเลย์บอล ลูกเทนนิส ลูกเปตอง เป็นต้น
5. ตลับเมตร

การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์	วิธีการประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้	การตอบคำถามในชั้นเรียนและแบบฝึกหัด	คำถามในชั้นเรียน	ตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
		แบบฝึกหัด เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
2. นักเรียนสามารถอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้	การตอบคำถามในชั้นเรียนและแบบฝึกหัด	คำถามในชั้นเรียน	ตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
		แบบฝึกหัด เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนสามารถอธิบายความหมายเกี่ยวกับงานได้

1. งานสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ใด

ก. ผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับขนาดการกระจัดตามแนวแรง

ข. ผลต่างระหว่างขนาดของแรงกับขนาดการกระจัดตามแนวแรง

ค. ผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับขนาดระยะทางตามแนวแรง

ง. ผลต่างระหว่างขนาดของแรงกับขนาดระยะทางตามแนวแรง

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 2 นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกิดงานได้อย่างถูกต้อง

3. การกระทำในข้อใดไม่ถือว่าทำให้เกิดงาน

ก. พายเรือทวนน้ำ

ข. เข็นครกขึ้นภูเขา

ค. ถือของขึ้นบันได

ง. แบกของเดินไปในแนวราบ

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนสามารถคำนวณหางานในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

5. ชายคนหนึ่งออกแรงแบกวัตถุ 100 นิวตัน แล้วเดินขึ้นบันไดสูง 5 เมตร จงหางานที่ชายคนนี้ทำ

ก. 500 จูล

ข. 1,500 จูล

ค. 2,050 จูล

ง. 2,500 จูล

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนสามารถอธิบายความหมายเกี่ยวกับกำลังได้

6. ความสัมพันธ์ในข้อใดเป็นการหาค่าของกำลัง

ก. ผลคูณของแรงและระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ตามแนวแรง

ข. ผลหารของแรงและระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ตามแนวแรง

ค. ผลคูณระหว่างงานที่ทำได้และเวลาที่ใช้

ง. ผลหารระหว่างงานที่ทำได้และเวลาที่ใช้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 5 นักเรียนสามารถคำนวณหากำลังในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

9. เด็กชายอาร์ม ดึงถังน้ำหนัก 30 นิวตัน ขึ้นจากบ่อน้ำลึก 10 เมตร ด้วยเวลา 5 วินาที เด็กชายอาร์มมีกำลังเท่าใด

ก. 6 วัตต์

ข. 60 วัตต์

ค. 300 วัตต์

ง. 600 วัตต์

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 6 นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายได้

12. เครื่องใช้ประเภทใดจัดเป็นเครื่องกลประเภทเดียวกัน

ก. รถเข็นทราย , คีมคีบน้ำแข็ง , กรรไกรตัดผ้า

ข. ชะแลง , ไม้กวาด , ตะปู

ค. กรรไกรตัดผ้า , ชะแลง , พวงมาลัยรถยนต์

ง. คีมคีบถ่าน , เครื่องคั้นน้ำส้ม , รถจักรยาน

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 7 นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายในชีวิตประจำวันได้

14. ถ้าต้องการให้ลิ่มผ่อนแรงได้มากขึ้นควรทำอย่างไร

ก. ลดมวลของลิ่ม

ข. เพิ่มมวลของลิ่ม

ค. เพิ่มความยาวของลิ่ม

ง. เพิ่มความกว้างของลิ่ม

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 8 นักเรียนสามารถบอกความหมายของพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้

16. พลังงานศักย์หมายถึงข้อใด

ก. พลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ข. พลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ

ค. พลังงานที่สะสมอยู่ในวัตถุซึ่งพร้อมที่จะทำงานได้

ง. พลังงานที่สะสมอยู่ในโครงสร้างอะตอม

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 9 นักเรียนสามารถอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้

18. พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่ามากขึ้นในกรณีใด

ก. ปรับให้วัตถุมีความเร่งลดลง

ข. ปล่อยวัตถุในจุดที่สูงกว่าเดิม

ค. ปรับระดับอ้างอิงให้อยู่สูงกว่าเดิม

ง. วัตถุมีขนาดเพิ่มขึ้นแต่มวลเท่าเดิม

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 10 นักเรียนสามารถบอกความหมายของพลังงานจลน์ได้

21. พลังงานจลน์คืออะไร

ก. พลังงานของวัตถุที่กำลังหยุดนิ่ง

ข. พลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่

ค. พลังงานของวัตถุที่กำลังจะเคลื่อนที่

ง. พลังงานของวัตถุที่กำลังตกจากที่สูง

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 11 นักเรียนสามารถอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์ได้

24. พลังงานจลน์จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยในข้อใด

1. มวลของวัตถุ 2. ความเร็วของวัตถุ

3. ความสูงจากระดับอ้างอิง 4. ระยะยืดหรือหดของวัตถุ

ก. ข้อ 1 และ 2 ข. ข้อ 1 และ 3

ค. ข้อ 2 และ 3 ง. ข้อ 3 และ 4

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 12 นักเรียนสามารถบอกการเปลี่ยนแปลงพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ได้

26. การเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์มีลักษณะใด

ก. พลังงานศักย์โน้มถ่วงเพิ่มขึ้น พลังงานจลน์ลดลง

ข. พลังงานศักย์โน้มถ่วงลดลง พลังงานจลน์ลดลง

ค. พลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่าเดิม พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น

ง. พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์มีค่าเท่ากันเสมอ

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 13 นักเรียนสามารถอธิบายการถ่ายโอนพลังงาน โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานได้

29. ข้อใดอธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานได้ถูกต้อง

ก. พลังงานรวมของระบบจะไม่สูญหาย แต่อาจเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่ง

ข. พลังงานทั้งระบบจะไม่สูญหาย โดยส่วนใหญ่ของพลังงานในระบบเป็นพลังงานจลน์

ค. พลังงานรวมของระบบเกิดการสูญหาย ขณะที่เปลี่ยนจากพลังงานศักย์เป็นพลังงานจลน์

ง. พลังงานรวมของระบบขณะเริ่มเคลื่อนที่ไม่เท่ากับหลังจากเคลื่อนที่

ตัวอย่างแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1. สมมติว่านักเรียนมีดินน้ำมัน 2 ก้อน ซึ่งมีน้ำหนักเท่ากัน แล้วนำมาปั้นเป็นก้อนกลมที่มีขนาดและรูปร่างเหมือนกัน เมื่อทำให้ดินน้ำมันก้อนหนึ่งเปลี่ยนรูปร่างให้แบนแล้ว นักเรียนคิดว่าข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

ก. ดินน้ำมันก้อนกลมจะมีน้ำหนักมากกว่าดินน้ำมันก้อนแบน

ข. ดินน้ำมันทั้งสองก้อนจะมีน้ำหนักเท่ากัน

ค. ดินน้ำมันก้อนแบนจะมีน้ำหนักมากกว่าดินน้ำมันก้อนกลม

จงบอกเหตุผลในการเลือกคำตอบข้างต้น

1. ดินน้ำมันก้อนแบนมีเนื้อดินน้ำมันมากกว่าดินน้ำมันก้อนกลม
2. การทำให้ดินน้ำมันแบน จะทำให้น้ำหนักของดินน้ำมันลดลง
3. ไม่มีการเพิ่มหรือเอาดินน้ำมันออกไป
4. อื่น ๆ โปรดระบุ

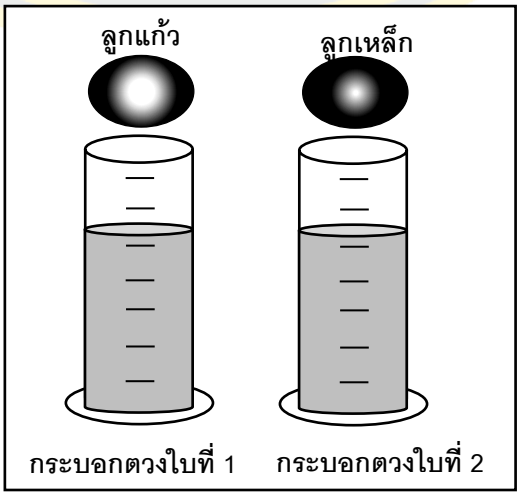
.....

.....

.....

.....

2. กระบอกตวง 2 ใบ ดังภาพ บรรจุน้ำอยู่ในระดับเดียวกัน กระบอกตวงทั้งสองใบมีขนาดและรูปร่างเหมือนกัน ขณะเดียวกันมีวัตถุทรงกลมสองลูก โดยลูกหนึ่งทำจากแก้ว และอีกลูกหนึ่งทำจากเหล็ก ทั้งสองลูกมีขนาดเท่ากัน แต่ลูกเหล็กจะมีน้ำหนักมากกว่าลูกแก้ว



เมื่อใส่ลูกแก้วลงในกระบอกตวงใบที่ 1 ปรากฏว่าลูกแก้วจมลงไปที่ด้านล่างและระดับน้ำเพิ่มขึ้นถึงขีดที่ 6 ถ้านักเรียนใส่ลูกเหล็กลงในกระบอกตวงใบที่ 2 ระดับน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อเทียบกับกระบอกตวงใบที่ 1

ก. ระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 2 จะอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 1

ข. ระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 2 จะอยู่สูงกว่าระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 1

ค. ระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 2 จะอยู่ระดับเดียวกันกับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 1

จงบอกเหตุผลในการเลือกคำตอบข้างต้น

1. ลูกเหล็กมีน้ำหนักมากกว่าลูกแก้ว ทำให้ระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 2 สูงกว่าใบที่ 1
2. ทั้งลูกแก้วและลูกเหล็กมีขนาดเท่ากัน ทำให้ปริมาตรแทนที่ในน้ำเท่ากันด้วย
3. ลูกแก้วมีน้ำหนักเบากว่าลูกเหล็ก ทำให้ระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 2 ต่ำกว่าใบที่ 1
4. อื่น ๆ โปรดระบุ

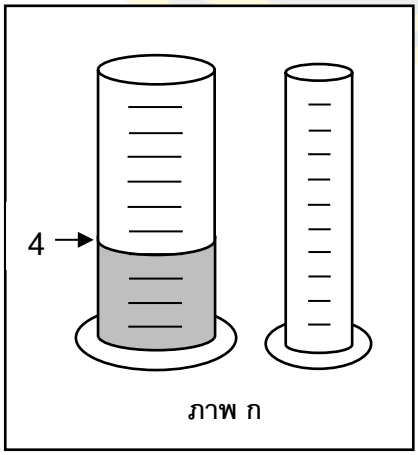
.....

.....

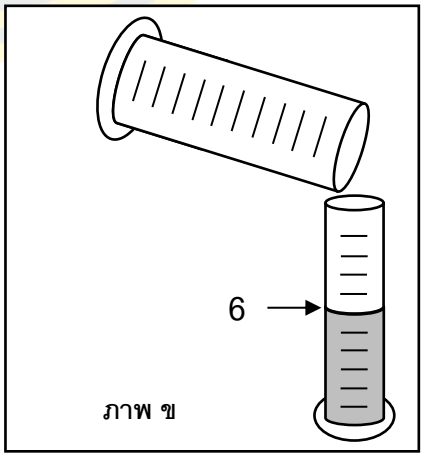
.....

.....

3. กระบอกตวง 2 ใบ มีจำนวนขีดแสดงปริมาตรเท่ากัน แต่ใบที่ 1 มีขนาดกว้างกว่าใบที่ 2 เมื่อเทน้ำลงในกระบอกตวงใบที่ 1 ให้สูงเท่ากับขีดที่ 4 (ภาพ ก) แล้วเทน้ำจากกระบอกตวงใบที่ 1 ลงในกระบอกตวงใบที่ 2 ซึ่งไม่มีน้ำอยู่ ระดับน้ำจะสูงเท่ากับขีดที่ 6 (ภาพ ข) หลังจากนั้นเทน้ำลงในกระบอกตวงใบที่ 1 อีกครั้งให้สูงถึงขีดที่ 6 นักเรียนคิดว่า เมื่อเทน้ำดังกล่าวจากกระบอกตวงใบที่ 1 ลงในกระบอกตวงใบที่ 2 ที่ไม่มีน้ำแล้ว ระดับน้ำใน กระบอกตวงใบที่ 2 จะสูงถึงขีดใด



ภาพ ก



ภาพ ข

ก. ขีดที่ 8

ข. ขีดที่ 9

ค. ขีดที่ 10

จงบอกเหตุผลในการเลือกคำตอบข้างต้น

1. สัดส่วนของระดับน้ำระหว่างกระบอกตวงใบที่ 1 กับกระบอกตวงใบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2/3 เสมอ
2. ระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 2 มีค่าเท่ากับระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 1 บวกด้วย 2
3. ระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 2 มีค่าเท่ากับระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 1 บวกด้วย 4
4. อื่น ๆ โปรดระบุ

.....

.....

.....

4. จากข้อที่ 3 ถ้าน้ำถูกเทลงในกระบอกตวงใบที่ 2 จนถึงขีดที่ 11 ระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 1 จะสูงถึงขีดใด

ก. ขีดที่ 7

ข. ขีดที่ 7.5

ค. ขีดที่ 9

จงบอกเหตุผลในการเลือกคำตอบข้างต้น

1. ระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 1 มีค่าเท่ากับระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 2 ลบด้วย 2
2. ระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 1 มีค่าเท่ากับระดับน้ำในกระบอกตวงใบที่ 2 ลบด้วย 4
3. สัดส่วนของระดับน้ำระหว่างกระบอกตวงใบที่ 1 กับกระบอกตวงใบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2/3
4. อื่น ๆ โปรดระบุ

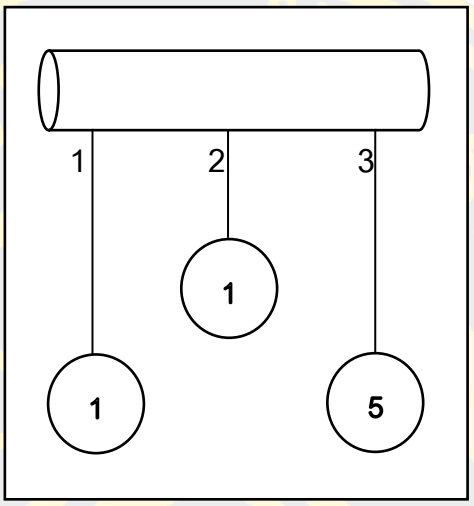
.....

.....

.....

.....

5. จากภาพแสดงเชือก 3 เส้นแขวนลงมาจากคาน มีลูกตุ้มเหล็กถ่วงอยู่ที่ปลายเชือก โดยเชือกเส้นที่ 1 และ 3 มีความยาวเท่ากัน แต่เชือกเส้นที่ 2 มีขนาดสั้นกว่า และลูกตุ้มน้ำหนัก 10 หน่วย ถูกแขวนไว้กับเชือกเส้นที่ 1 และ 2 ลูกตุ้มน้ำหนัก 5 หน่วยถูกแขวนไว้กับเชือกเส้นที่ 3 เชือกสามารถแกว่งไปมาได้อย่างอิสระ สมมติว่านักเรียนต้องการทดลองหาว่าความยาวของเชือกมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการแกว่งไปมาหรือไม่ นักเรียนจะใช้เชือกเส้นใดในการทดลองครั้งนี้



ก. เส้นที่ 1 และเส้นที่ 2

ข. เส้นที่ 2 และเส้นที่ 3

ค. เส้นที่ 1 และเส้นที่ 3

จงบอกเหตุผลในการเลือกคำตอบข้างต้น

1. เชือกเส้นที่ 1 และ 3 มีความยาวเท่ากันและมีน้ำหนักต่างกัน
2. เชือกเส้นที่ 1 และ 2 มีน้ำหนักเท่ากัน และมีความยาวต่างกัน
3. เชือกเส้นที่ 2 และ 3 มีความยาวต่างกัน และมีน้ำหนักต่างกัน
4. อื่น ๆ โปรดระบุ

……

……

……

……

6. จากข้อที่ 5 สมมติว่านักเรียนต้องการทราบว่าจำนวนน้ำหนักมีผลต่อเวลาที่เชือกแกว่งไปมาหรือไม่ นักเรียนจะเลือกใช้เชือกเส้นใดบ้างใด

ก. เส้นที่ 1 และเส้นที่ 2

ข. เส้นที่ 2 และเส้นที่ 3

ค. เส้นที่ 1 และเส้นที่ 3

จงบอกเหตุผลในการเลือกคำตอบข้างต้น

1. เชือกเส้นที่ 1 และ 3 มีความยาวเท่ากันและมีน้ำหนักต่างกัน
2. เชือกเส้นที่ 1 และ 2 มีน้ำหนักเท่ากัน และมีความยาวต่างกัน
3. เชือกเส้นที่ 2 และ 3 มีความยาวต่างกัน และมีน้ำหนักต่างกัน
4. อื่น ๆ โปรดระบุ

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์	พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์	จำนวนพฤติกรรมที่แสดงออกหรือปฏิบัติ					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6
ขั้นทำงานร่วมกัน	1. แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา						
	2. ตั้งสมมติฐาน						
	3. ลงมือทำงานร่วมกัน						
	4. แสดงความคิดเห็นเพื่อโต้แย้งโดยใช้หลักฐานสนับสนุน						
ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด	5. นำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ						
	6. สะท้อนความคิดร่วมกับนักเรียนคนอื่นโดยใช้หลักฐานสนับสนุน						
	7. สรุปสร้างคำอธิบายหรือความรู้						
ขั้นประยุกต์ใช้	8. แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล						
	9. ลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาคำตอบ						
	10. สรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์						

ภาคผนวก ค

- ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
- ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์
- ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ตารางการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน

ตารางที่ 10 ตัวอย่างผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการเรียนการสอน เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					R	IOC (ΣR/N)	**ผลการประเมิน**
	คนที่ 1	**คนที่** 2	**คนที่** 3	**คนที่** 4	**คนที่** 5			
1. องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนมีความสอดคล้องและสัมพันธ์กัน	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4. ขั้นตอนการเรียนการสอนมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
5. วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 11 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC (ΣR/N)	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2	1	0	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
5	1	-1	1	1	1	3	0.6	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
9	1	-1	1	1	1	3	0.6	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
13	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
14	1	0	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
15	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
16	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
17	1	1	1	1	-1	3	0.6	ใช้ได้
18	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
19	1	1	1	1	-1	3	0.6	ใช้ได้
20	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
22	1	-1	1	0	1	2	0.4	ใช้ไม่ได้

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC (ΣR/N)	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
23	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
24	1	1	1	-1	1	3	0.6	ใช้ได้
25	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
26	1	-1	1	1	1	3	0.6	ใช้ได้
27	1	0	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
28	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
29	1	1	1	-1	1	3	0.6	ใช้ได้
30	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
31	1	0	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
32	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
33	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
34	1	1	1	0	1	4	0.8	ใช้ได้
35	1	0	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
36	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
37	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
38	1	1	1	0	1	4	0.8	ใช้ได้
39	1	-1	1	1	1	3	0.6	ใช้ได้
40	1	0	1	1	-1	2	0.4	ใช้ไม่ได้
41	1	1	1	1	-1	3	0.6	ใช้ได้
42	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
43	-1	0	1	1	1	2	0.4	ใช้ไม่ได้
44	0	1	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
45	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
46	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		(ΣR/N)	
47	1	0	1	1	-1	2	0.4	ใช้ไม่ได้
48	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
49	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
50	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
51	1	0	1	-1	1	2	0.4	ใช้ไม่ได้
52	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
53	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
54	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
55	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
56	1	1	0	1	1	4	0.8	ใช้ได้
57	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
58	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
59	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
60	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 60 ข้อ

ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.76	0.24	ใช้ได้	-	22	0.14	0.12	ใช้ไม่ได้	-
2	0.66	0.20	ใช้ได้	-	23	0.60	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 12
3	0.66	0.36	ใช้ได้	ข้อที่ 1	24	0.40	0.56	ใช้ได้	-
4	0.68	0.48	ใช้ได้	ข้อที่ 2	25	0.70	0.36	ใช้ได้	ข้อที่ 13
5	0.42	0.28	ใช้ได้	-	26	0.74	0.20	ใช้ได้	-
6	0.60	0.40	ใช้ได้	ข้อที่ 3	27	0.22	0.28	ใช้ได้	-
7	0.66	0.28	ใช้ได้	ข้อที่ 4	28	0.50	0.28	ใช้ได้	ข้อที่ 14
8	0.60	0.32	ใช้ได้	ข้อที่ 5	29	0.36	0.32	ใช้ได้	-
9	0.54	-0.04	ใช้ไม่ได้	-	30	0.54	0.20	ใช้ได้	ข้อที่ 15
10	0.64	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 6	31	0.68	0.32	ใช้ได้	-
11	0.60	0.00	ใช้ไม่ได้	-	32	0.62	0.44	ใช้ได้	ข้อที่ 16
12	0.70	0.36	ใช้ได้	ข้อที่ 7	33	0.22	0.28	ใช้ได้	ข้อที่ 17
13	0.66	0.44	ใช้ได้	-	34	0.72	0.00	ใช้ไม่ได้	-
14	0.68	0.08	ใช้ไม่ได้	-	35	0.74	0.12	ใช้ไม่ได้	-
15	0.68	0.40	ใช้ได้	ข้อที่ 8	36	0.54	0.60	ใช้ได้	ข้อที่ 18
16	0.52	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 9	37	0.50	0.28	ใช้ได้	ข้อที่ 19
17	0.74	0.04	ใช้ไม่ได้	-	38	0.60	0.24	ใช้ได้	-
18	0.54	0.44	ใช้ได้	ข้อที่ 10	39	0.38	0.20	ใช้ได้	-
19	0.30	0.28	ใช้ได้	-	40	0.14	0.04	ใช้ไม่ได้	-
20	0.60	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 11	41	0.22	0.20	ใช้ได้	-
21	0.80	0.24	ใช้ได้	-	42	0.64	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 20

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
43	0.18	-0.12	ใช้ไม่ได้	-	52	0.46	0.20	ใช้ได้	ข้อที่ 25
44	0.66	0.04	ใช้ไม่ได้	-	53	0.56	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 26
45	0.70	0.28	ใช้ได้	ข้อที่ 21	54	0.70	0.04	ใช้ไม่ได้	-
46	0.66	0.36	ใช้ได้	ข้อที่ 22	55	0.60	0.48	ใช้ได้	ข้อที่ 27
47	0.16	0.16	ใช้ไม่ได้	-	56	0.74	0.12	ใช้ไม่ได้	-
48	0.30	0.28	ใช้ได้	ข้อที่ 23	57	0.58	0.28	ใช้ได้	ข้อที่ 28
49	0.66	0.30	ใช้ได้	ข้อที่ 24	58	0.60	0.32	ใช้ได้	ข้อที่ 29
50	0.78	0.04	ใช้ไม่ได้	-	59	0.70	0.12	ใช้ไม่ได้	-
51	0.18	0.12	ใช้ไม่ได้	-	60	0.38	0.28	ใช้ได้	ข้อที่ 30

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ข้อที่	ค่า p	ค่า r
1	0.66	0.36	16	0.62	0.44
2	0.68	0.48	17	0.22	0.28
3	0.60	0.40	18	0.54	0.60
4	0.66	0.28	19	0.50	0.28
5	0.60	0.32	20	0.64	0.24
6	0.64	0.24	21	0.70	0.28
7	0.70	0.36	22	0.66	0.36
8	0.68	0.40	23	0.30	0.28
9	0.52	0.24	24	0.66	0.30
10	0.54	0.44	25	0.46	0.20
11	0.60	0.24	26	0.56	0.24
12	0.60	0.24	27	0.60	0.48
13	0.70	0.36	28	0.58	0.28
14	0.50	0.28	29	0.60	0.32
15	0.54	0.20	30	0.38	0.28

จากตารางที่ 13 เมื่อนำคะแนนของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ มาวิเคราะห์พบว่า ค่าความยากง่าย (p) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.70 ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20-0.60 และหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้สูตรคูเดอร์ริชาร์ดสัน (KR-20) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.80 ซึ่งถือว่านำไปใช้ได้

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 14 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC (ΣR/N)	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)
ของแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการประเมิน
1	0.64	0.28	ใช้ได้
2	0.60	0.40	ใช้ได้
3	0.68	0.32	ใช้ได้
4	0.52	0.40	ใช้ได้
5	0.56	0.28	ใช้ได้
6	0.50	0.40	ใช้ได้
7	0.40	0.56	ใช้ได้
8	0.28	0.24	ใช้ได้
9	0.48	0.32	ใช้ได้
10	0.42	0.28	ใช้ได้
11	0.54	0.44	ใช้ได้
12	0.46	0.36	ใช้ได้

จากตารางที่ 15 เมื่อนำคะแนนของแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 12 ข้อ มาวิเคราะห์พบว่า ค่าความยากง่าย (p) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.28-0.68 ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.24-0.56 และหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach' Alpha) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.78 ซึ่งถือว่านำไปใช้ได้

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสังเกตพฤติกรรม
การเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง งานและพลังงาน

ตารางที่ 16 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง งานและพลังงาน

รายการประเมิน		คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC (ΣR/N)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ขั้นทำงานร่วมกัน	1. แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา	1	1	1	1	1	5	1
	2. ตั้งสมมติฐาน	1	1	1	1	1	5	1
	3. ลงมือทำงานร่วมกัน	1	1	1	1	1	5	1
	4. แสดงความคิดเห็นเพื่อโต้แย้งโดยใช้หลักฐานสนับสนุน	1	1	1	1	1	5	1
ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด	5. นำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ	1	1	1	1	1	5	1
	6. สะท้อนความคิดร่วมกับนักเรียนคนอื่นโดยใช้หลักฐานสนับสนุน	1	1	1	1	1	5	1
	7. สรุปสร้างคำอธิบายหรือความรู้	1	1	1	1	1	5	1
ขั้นประยุกต์ใช้	8. แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล	1	1	1	1	1	5	1
	9. ลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาคำตอบ	1	1	1	1	1	5	1
	10. สรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5	1

ภาคผนวก ง

- ตารางคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
- ตารางคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนจากแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
- ตารางแสดงผลการคำนวณหาค่า t-test
- ตารางคะแนนพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 17 คะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนที่ได้จากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	12	19	21	10	16
2	11	20	22	16	28
3	9	18	23	18	30
4	10	22	24	15	27
5	13	23	25	14	24
6	8	15	26	11	22
7	10	20	27	9	20
8	15	26	28	10	22
9	11	20	29	13	23
10	11	19	30	12	22
11	10	17	31	15	27
12	9	19	32	10	20
13	14	25	33	14	24
14	12	22	34	9	18
15	12	21	35	11	21
16	15	26	36	12	22
17	16	29	37	11	23
18	14	25	38	13	23
19	15	25	39	10	20
20	11	22	40	11	20
			$\bar{x}$	12.05	22.13
			SD	2.38	3.47

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test แบบ Dependent sample

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest	22.13	40	3.465	.548
	Pretest	12.05	40	2.375	.375

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Posttest & Pretest	40	.922	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest & Pretest	10.075	1.575	.249

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Posttest & Pretest	9.571	10.579	40.451	39	.000

ตารางที่ 19 คะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนที่ได้จากแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	3	6	21	2	6
2	5	9	22	6	10
3	6	8	23	7	12
4	6	10	24	3	7
5	5	8	25	5	9
6	1	6	26	4	8
7	4	9	27	2	6
8	3	6	28	4	7
9	4	6	29	2	6
10	7	10	30	4	8
11	2	6	31	6	10
12	3	9	32	4	6
13	6	9	33	5	8
14	4	7	34	3	6
15	5	8	35	5	8
16	6	9	36	5	7
17	6	11	37	5	8
18	6	10	38	4	7
19	6	10	39	5	7
20	4	8	40	3	7
			$\bar{x}$	4.40	7.95
			SD	1.50	1.62

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์คะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test แบบ Dependent sample

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest	7.95	40	1.616	.256
	Pretest	4.40	40	1.499	.237

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Posttest & Pretest	40	.823	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest & Pretest	3.550	.932	.147

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Posttest & Pretest	3.252	3.848	24.082	39	.000

ตารางที่ 21 คะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน โดยพิจารณาตามประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 6 ด้าน

คนที่	ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ด้านละ 2 คะแนน)						รวม
	การอนุรักษ์	สัดส่วน	การบ่งชี้และควบคุมตัวแปร	ความเป็นไปได้	ภาพรวม	ความสัมพันธ์	
1	1	1	1	1	1	1	6
2	2	1	1	1	2	2	9
3	2	1	1	1	1	2	8
4	2	2	1	2	1	2	10
5	1	2	1	1	1	2	8
6	1	1	-	1	1	2	6
7	2	1	1	1	2	2	9
8	1	1	-	1	1	2	6
9	1	1	1	1	1	1	6
10	2	1	1	2	2	2	10
11	2	1	-	1	1	1	6
12	2	2	1	1	1	2	9
13	2	1	1	1	2	2	9
14	2	1	1	1	1	1	7
15	1	1	1	2	1	2	8
16	2	1	1	2	1	2	9
17	2	2	1	2	2	2	11
18	2	1	1	2	2	2	10
19	2	2	1	1	2	2	10
20	1	1	1	1	2	2	8

ตารางที่ 21 (ต่อ)

คนที่	ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ด้านละ 2 คะแนน)						รวม
	การอนุรักษ์	สัดส่วน	การบ่งชี้และควบคุมตัวแปร	ความเป็นไปได้	ภาพรวม	ความสัมพันธ์	
21	2	-	1	1	1	1	6
22	2	2	1	1	2	2	10
23	2	2	2	2	2	2	12
24	1	1	-	1	2	2	7
25	2	1	1	1	2	2	9
26	1	1	1	1	2	2	8
27	2	1	-	1	1	1	6
28	1	1	1	1	1	2	7
29	1	-	1	1	1	2	6
30	2	1	1	1	1	2	8
31	2	1	1	2	2	2	10
32	2	1	-	1	1	1	6
33	2	1	1	1	1	2	8
34	1	1	-	1	1	2	6
35	2	1	1	1	1	2	8
36	1	1	1	1	1	2	7
37	1	1	1	1	2	2	8
38	2	1	-	1	1	2	7
39	1	1	1	1	1	2	7
40	2	1	1	1	1	1	7
รวม	65	45	33	48	55	72	

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสืบสอบร่วมกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการเรียนการสอน	พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์	จำนวนพฤติกรรมที่แสดงออกหรือปฏิบัติ						ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6		
ขั้นทำงานร่วมกัน	1. แสดงความคิดเห็นเพื่อออกแบบวิธีการศึกษา	5	5	4	4	4	3	4.17	69.44
	2. ตั้งสมมติฐาน	5	5	4	4	4	4	4.33	72.22
	3. ลงมือทำงานร่วมกัน	5	6	5	5	3	4	4.67	77.78
	4. แสดงความคิดเห็นเพื่อโต้แย้งโดยใช้หลักฐานสนับสนุน	6	5	5	5	4	4	4.83	80.56
ขั้นแลกเปลี่ยนความคิด	5. นำเสนอผลการศึกษาหรือการลงมือปฏิบัติ	5	5	4	4	3	4	4.17	69.44
	6. สะท้อนความคิดร่วมกับนักเรียนคนอื่นโดยใช้หลักฐานสนับสนุน	6	6	5	5	4	3	4.83	80.56
	7. สรุปสร้างคำอธิบายหรือความรู้	6	6	5	4	3	4	4.67	77.78

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์	จำนวนพฤติกรรมที่แสดงออกหรือปฏิบัติ						ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6		
ขั้นประยุกต์ใช้	8. แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล	6	5	5	5	4	4	4.83	80.56
	9. ลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาคำตอบ	5	6	5	4	4	3	4.50	75.00
	10. สรุปสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	6	6	5	5	4	4	5.00	83.33